

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J47I09000030009

**U.O. INFRASTRUTTURE NORD**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO-GENOVA  
QUADRUPPLICAMENTO MILANO-ROGOREDO-PAVIA  
FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA**

**OPERE PRINCIPALI - CAVALCAFERROVIA**

IV01 - Nuovo cavalcaferrovia SP40 km 12+373,85

Relazione di calcolo travi in c.a.p.

SCALA:

-

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

N M 0 Z    2 0    D    2 6    C L    I V 0 1 0 7    0 0 1    A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	CONSORZIO INTEGRA	Novembre 2018	F.Coppini/A.Maran 	Novembre 2018	S.Borelli 	Novembre 2018	F. Borelli Novembre 2018 	Novembre 2018

ITALFERR - UO INFRASTRUTTURE NORD  
Dot. Ing. Francesco Borelli  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
n. 23172 Sez. I

File: NM0Z20D26CLIV0107001A

n. Elab.:

*INDICE*

1	PREMESSA .....	5
2	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	8
2.1	NORMATIVA E ISTRUZIONI .....	8
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI .....	9
3.1	CALCESTRUZZO .....	9
3.2	ACCIAIO .....	9
	3.2.1 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO .....	9
	3.2.2 ACCIAIO TREFOLI DI PRECOMPRESSIONE .....	10
4	FASI COSTRUTTIVE .....	11
5	CARATTERISTICHE DELLE TRAVI .....	12
5.1	CARATTERISTICHE SENZA SOLETTA COLLABORANTE .....	12
5.2	CARATTERISTICHE CON SOLETTA COLLABORANTE .....	13
6	CARATTERISTICHE DEI TRASVERSI .....	17
6.1	TRASVERSI DI TESTATA .....	17
6.2	TRASVERSI DI CAMPATA .....	18
7	MODELLO DI CALCOLO .....	19
8	ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO .....	19
9	COMBINAZIONI DI CARICO .....	19
10	SOLLECITAZIONI .....	21
11	VERIFICHE .....	22
11.1	TRAVI .....	22
	11.1.1 ARMATURA .....	22
	11.1.1.1 Armatura di precompressione .....	22
	11.1.1.2 Armatura lenta della trave .....	25
	11.1.1.3 Armatura lenta della soletta .....	25
	11.1.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	25

11.1.3	LIMITI TENSIONALI .....	27
11.1.4	SEZIONI DI VERIFICA .....	27
11.1.4.1	Trave di bordo – Sezione a “Le” dalla testata.....	28
11.1.4.2	Trave di bordo – Sezione di campata.....	29
11.1.4.3	Trave interna – Sezione a “Le” dalla testata.....	31
11.1.4.4	Trave interna – Sezione di campata.....	32
11.1.5	VERIFICA TENSIONALE AL RILASCIO DEI TREFOLI.....	34
11.1.6	CALCOLO DELLE CADUTE DI TENSIONE AL GETTO DELLA SOLETTA.....	34
11.1.6.1	Ritiro del calcestruzzo.....	35
11.1.6.2	Viscosità del calcestruzzo.....	35
11.1.6.3	Rilassamento dell'acciaio.....	35
11.1.6.4	Totale delle cadute di tensione.....	36
11.1.7	CALCOLO DELLE TENSIONI NELLE ARMATURE DI PRECOMPRESSIONE.....	36
11.1.8	EFFETTO DEL RITIRO E VISCOSITÀ DELLA SOLETTA.....	36
11.1.9	VERIFICHE TENSIONALI .....	38
11.1.9.1	Verifiche al rilascio dei trefoli .....	38
	Trave di bordo.....	38
	Sezione ad “Le” .....	38
	Sezione di mezzeria .....	39
	Trave INTERNA.....	39
	Sezione ad “Le” .....	39
	Sezione di mezzeria .....	40
11.1.9.2	Verifiche al sollevamento.....	40
	Trave di bordo.....	40
	Sezione ad “Le” .....	40
	Sezione di mezzeria .....	41
	Trave INTERNA.....	41
	Sezione ad “Le” .....	41
	Sezione di mezzeria .....	42
11.1.9.3	Verifiche in esercizio.....	43
	Trave di bordo.....	44
	Sezione ad “Le” .....	44
	Sezione di mezzeria .....	48
	Trave INTERNA.....	53
	Sezione ad “Le” .....	53
	Sezione di mezzeria .....	58
11.1.10	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSOFLESSIONE.....	63
11.1.11	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO .....	66
11.1.11.1	Sezione di appoggio .....	66
11.1.11.2	Sezione a 2.1m dalla testata.....	66
11.1.12	DETERMINAZIONE DELL'ARMATURA LONGITUDINALE ALL'APPOGGIO.....	67

<i>11.1.13 BURSTING (FENDITURA).....</i>	<i>68</i>
<i>11.1.14 SPALLING.....</i>	<i>69</i>
<i>11.1.15 SPREADING (DIFFUSIONE).....</i>	<i>70</i>
<i>11.1.16 RIEPILOGO ARMATURE TRASVERSALI ALL'ESTREMITA' DELLA TRAVE.....</i>	<i>71</i>

## 1 PREMESSA

La presente relazione si riferisce alla WBS IV01 (Nuovo cavalcaferrovia SP40 km 12+350) sulla tratta ferroviaria Milano Rogoredo – Pavia al km 12+350.

Il presente documento costituisce la relazione di calcolo delle travi in c.a.p. dell'opera.

L'impalcato è costituito da 8 travi in cemento armato precompresso, la larghezza complessiva dell'impalcato è pari a 12.5m.

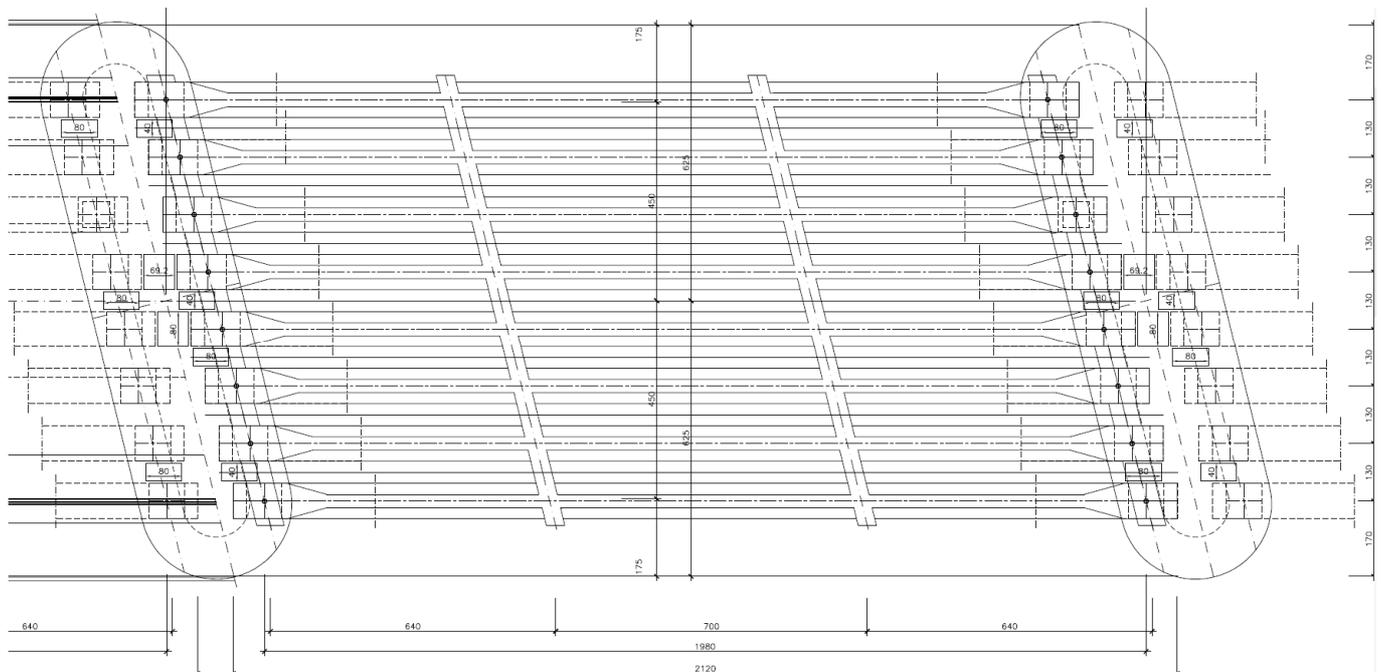
Il ponte è formato da 8 campate in semplice appoggio.

Le luci delle campate del ponte misurate tra gli appoggi sono pari a 19.8m.

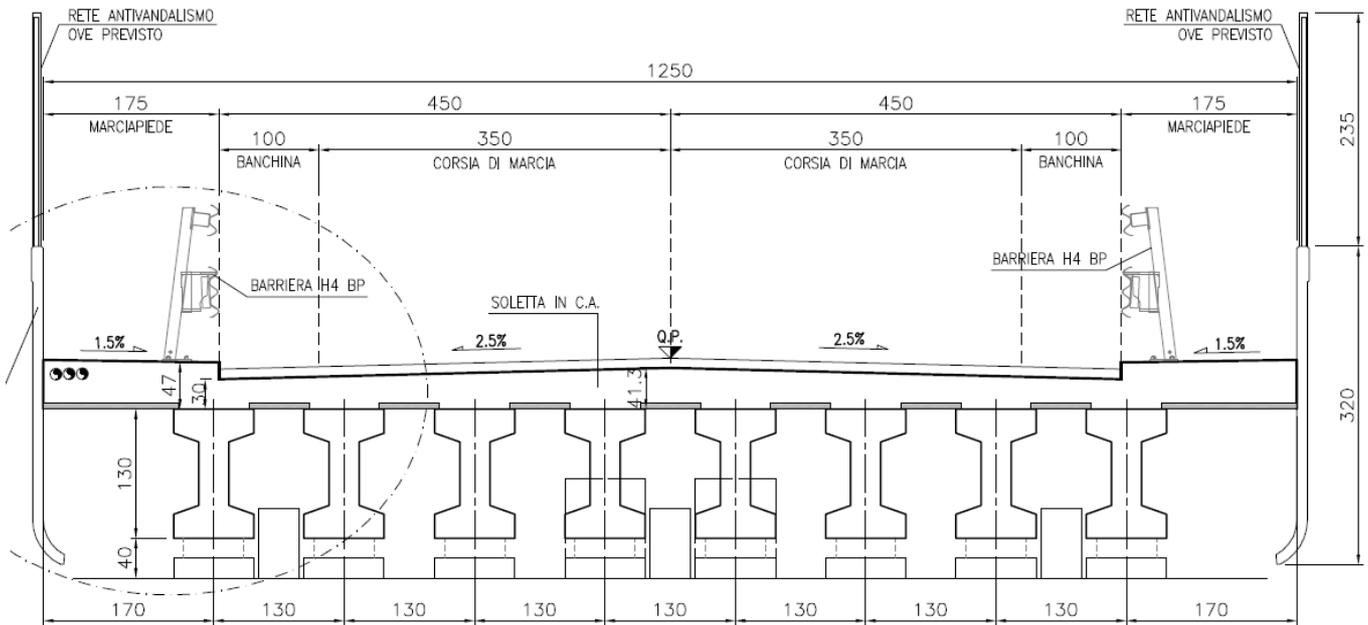
Le lunghezze complessive degli impalcati in asse alle pile sono pari a 22m.

Le travi sono del tipo a doppio "T" di altezza pari a 1.3m. La lunghezza delle travi è pari a 21.2m.

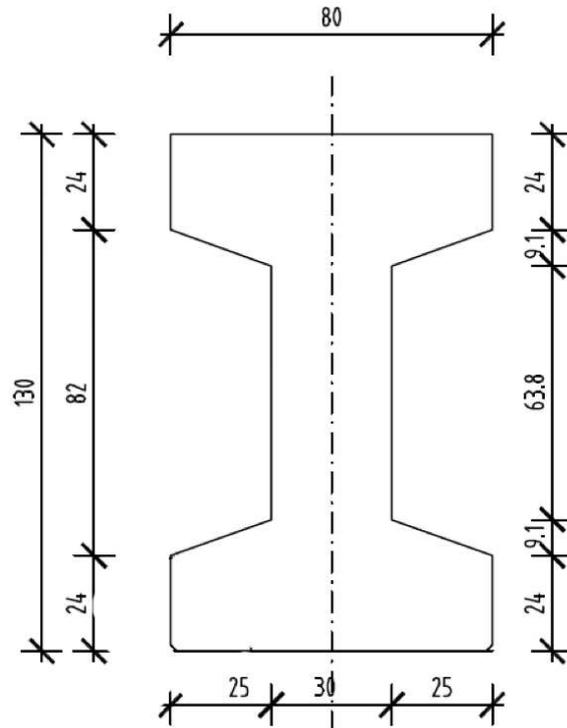
Alle estremità delle travi per una lunghezza pari a 1.2m sono presenti dei ringrossi che rendono la sezione trasversale della trave rettangolare.



*Pianta impalcato*



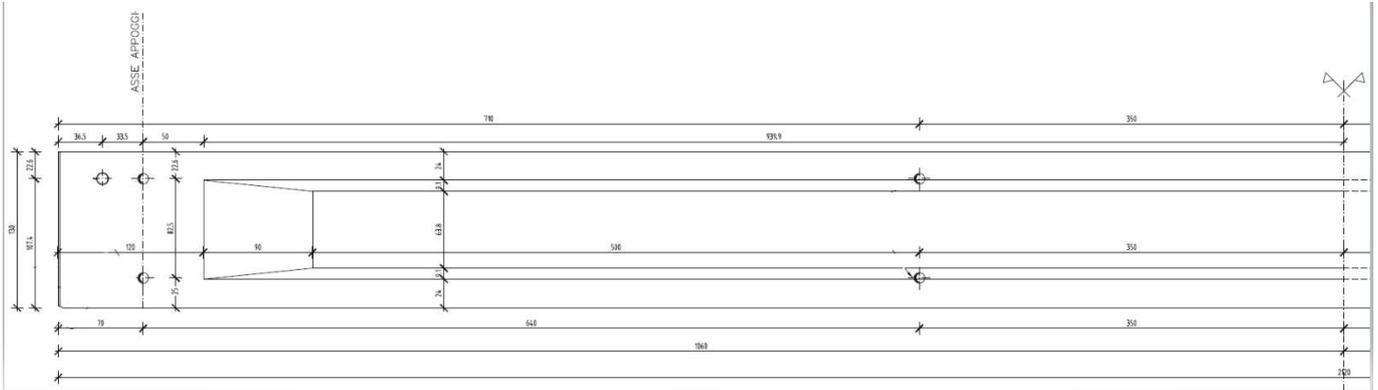
*Sezione trasversale impalcato*



*Sezione corrente della trave*

**RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLIV0107001	A	7 di 71



*Vista laterale della trave*

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA</b> <b>FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE-PAVIA</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.</b>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLIV0107001	REV. A

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

### 2.1 NORMATIVA E ISTRUZIONI

La progettazione è conforme alle normative vigenti.

Ferrovie dello Stato hanno emanato nel tempo varie normative e linee guida riguardanti sia i sovraccarichi che le prescrizioni relative ai ponti ferroviari.

Le normative rilevanti per la redazione del progetto di messa in sicurezza sono ovviamente le normative ora vigenti per le strutture, e per i ponti ferroviari in particolare, elencate nel seguito.

- *Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17.01.2008 (NTC-2008);*
- *Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008;*
- *RFI DTC SI PS MA IFS 001 B "MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI. PARTE II – SEZIONE 2. PONTI E STRUTTURE"*
- *Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea;*
- *Regolamento (UE) N. 1300/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per l’accessibilità del sistema ferroviario dell’Unione per le persone con disabilità e le persone a mobilità ridotta;*
- *Regolamento (UE) N. 1301/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “energia” del sistema ferroviario dell’Unione europea;*
- *Regolamento (UE) N. 1303/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità concernente la “sicurezza nelle gallerie ferroviarie” del sistema ferroviario dell’Unione europea;*
- *Regolamento (UE) 2016/919 della Commissione del 27 maggio 2016 relativo alla specifica tecnica di interoperabilità per i sottosistemi “controllo-comando e segnalamento” del sistema ferroviario nell’Unione europea.*

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

I materiali utilizzati nella realizzazione delle strutture in funzione della utilizzazione sono descritti in seguito.

#### 3.1 CALCESTRUZZO

**Classe C45/55 (Trave)**

$$R_{ck} = 55 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 45,65 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a compressione: } f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 45,65 \cdot 0,85 / 1,5 = 25,87 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a trazione: } f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 3,83 \text{ N/mm}^2$$

**Classe C32/40 (Soletta)**

$$R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 32,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a compressione: } f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 32,2 \cdot 0,85 / 1,5 = 18,81 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Resistenza di calcolo a trazione: } f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 3,10 \text{ N/mm}^2$$

#### 3.2 ACCIAIO

##### 3.2.1 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

Si utilizzano barre ad aderenza migliorata in acciaio con le seguenti caratteristiche meccaniche:

acciaio	<b>B450C</b>
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$ ;
tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$ ;
resistenza di calcolo a trazione	$f_{yd} = 391,30 \text{ N/mm}^2$ ;
modulo elastico	$E_s = 206.000 \text{ N/mm}^2$ .

### 3.2.2 ACCIAIO TREFOLI DI PRECOMPRESSIONE

Trefoli  $\phi$  0.6"

Area nominale: 1.39 cm<sup>2</sup>

$f_{ptk} \geq 1860$  N/mm<sup>2</sup>      tensione caratteristica di rottura

$f_{p(1)k} \geq 1670$  N/mm<sup>2</sup>      tensione caratteristica allo 1% di deformazione

#### 4 FASI COSTRUTTIVE

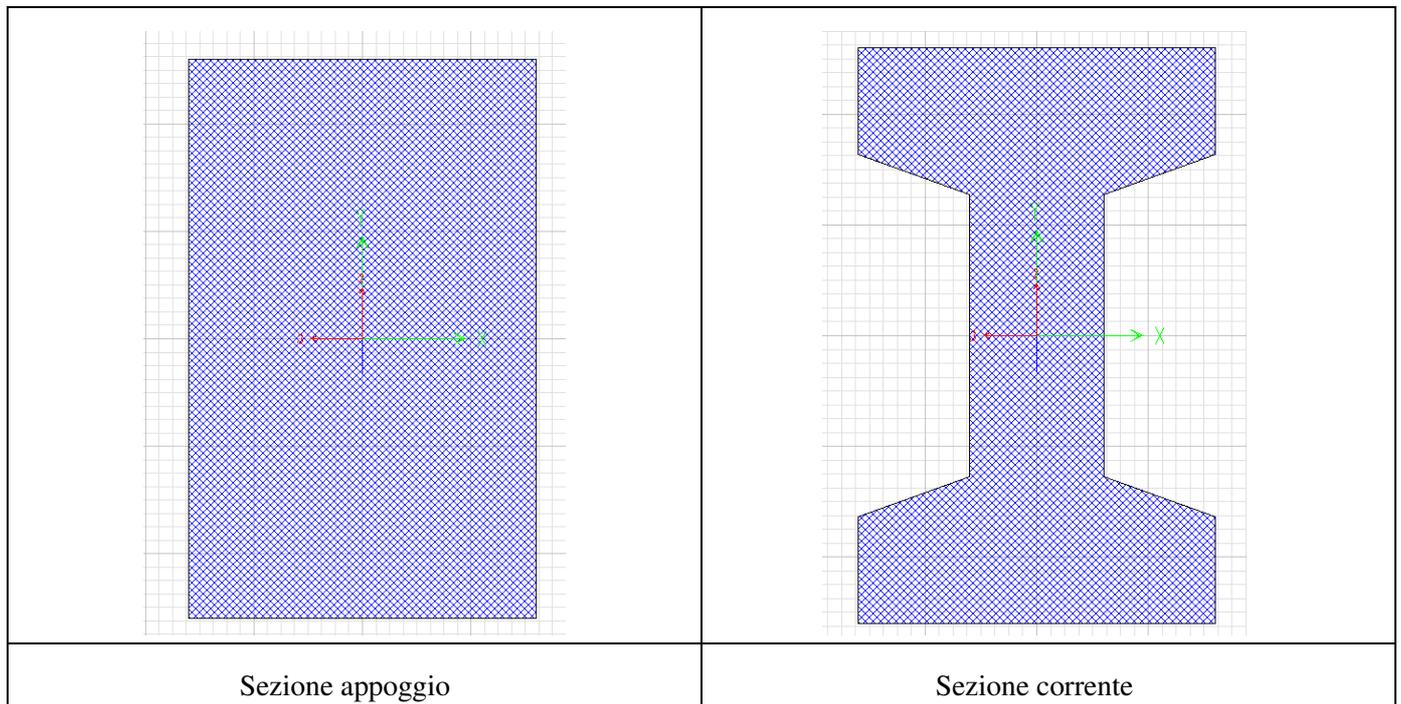
Sono previste le seguenti fasi di costruzione:

- fase 1: posizionamento apparecchi di appoggio
- fase 2: varo delle travi
- fase 3: inserimento tubi in gomma a tenuta d'aria nelle guaine dei trefoli dei traversi e loro gonfiaggio
- fase 4: posa predalles interne sulle travi  
sigillatura dei traversi con malta  
sgonfiaggio tubi in gomma e loro sfilaggio
- fase 5: inserimento trefoli di precompressione nei traversi  
tesatura al 10% dei cavi nei traversi di testata e sbloccaggio degli apparecchi di appoggio  
completamento tesatura contemporanea dei 2 cavi dei traversi di testata  
completamento tesatura contemporanea dei 2 cavi dei traversi di campata  
iniezione delle guaine sotto vuoto entro 15 gg dalla tesatura dei trefoli e sigillatura terminali di ancoraggio
- fase 6: inghisaggio zanche inferiori appoggi e loro bloccaggio
- fase 7: posa cassero per getto soletta a sbalzo  
posa in opera delle predalles sullo sbalzo e sigillatura elementi contigui con mastice  
posa armatura soletta
- fase 8: prima fase di getto della soletta (soletta strutturale)
- fase 9: posizionamento velette  
completamento getto soletta  
getto marciapiedi
- fase 10: posizionamento giunti  
posizionamento pluviali di scarico

realizzazione pavimenti e opere di impermeabilizzazione e protezione.

## 5 CARATTERISTICHE DELLE TRAVI

### 5.1 CARATTERISTICHE SENZA SOLETTA COLLABORANTE



CARATTERISTICHE MECCANICHE TRAVI			
	Sezione su appoggio		Sezione corrente
$A_{\text{travv}}$ (area)	1.04	m <sup>2</sup>	0.6755 m <sup>2</sup>
$Y_g$ (Baricentro dal fondo trave)	0.65	m	0.65 m
$J_2$ (Momento d'inerzia attorno all'asse 2)	0.1465	m <sup>4</sup>	0.1301 m <sup>4</sup>
$J_3$ (Momento d'inerzia attorno all'asse 3)	0.0555	m <sup>4</sup>	0.025 m <sup>4</sup>
$A_{t2}$ (area di taglio in direzione 2)	0.8701	m <sup>2</sup>	0.3933 m <sup>2</sup>
$A_{t3}$ (area di taglio in direzione 3)	0.8667	m <sup>2</sup>	0.6124 m <sup>2</sup>

## 5.2 CARATTERISTICHE CON SOLETTA COLLABORANTE

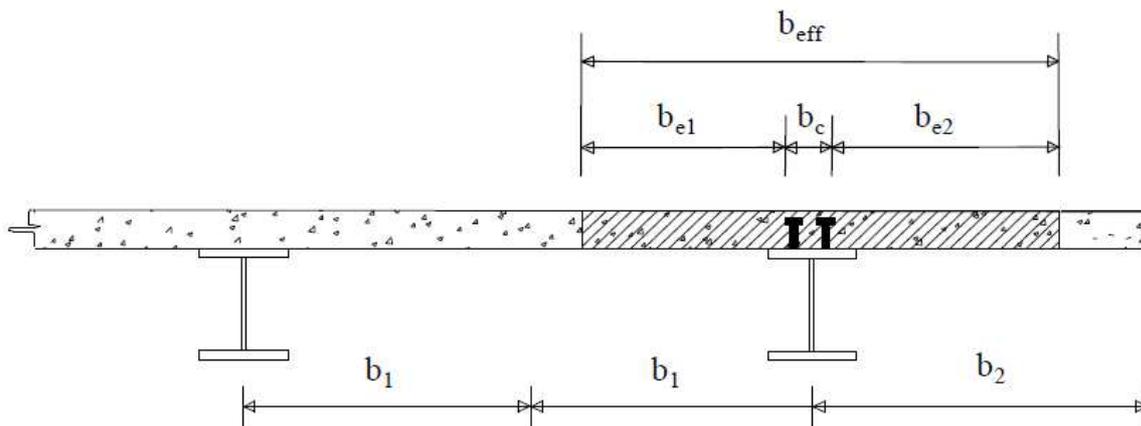
### Determinazione della soletta collaborante.

La determinazione della soletta collaborante è stata effettuata nel rispetto di quanto previsto dal § 4.3.2.3 del DM 14/01/2008:

La larghezza efficace,  $b_{eff}$ , di una soletta in calcestruzzo può essere determinata mediante l'espressione

$$b_{eff} = b_0 + b_{e1} + b_{e2}, \quad (4.3.2)$$

dove  $b_0$  è la distanza tra gli assi dei connettori e  $b_{ei} = \min(L_e/8, b_i)$  è il valore della larghezza collaborante da ciascun lato della sezione composta (vedi fig. 4.3.1).



**Figura 4.3.1.** - Definizione della larghezza efficace  $b_{eff}$  e delle aliquote  $b_{ei}$ .

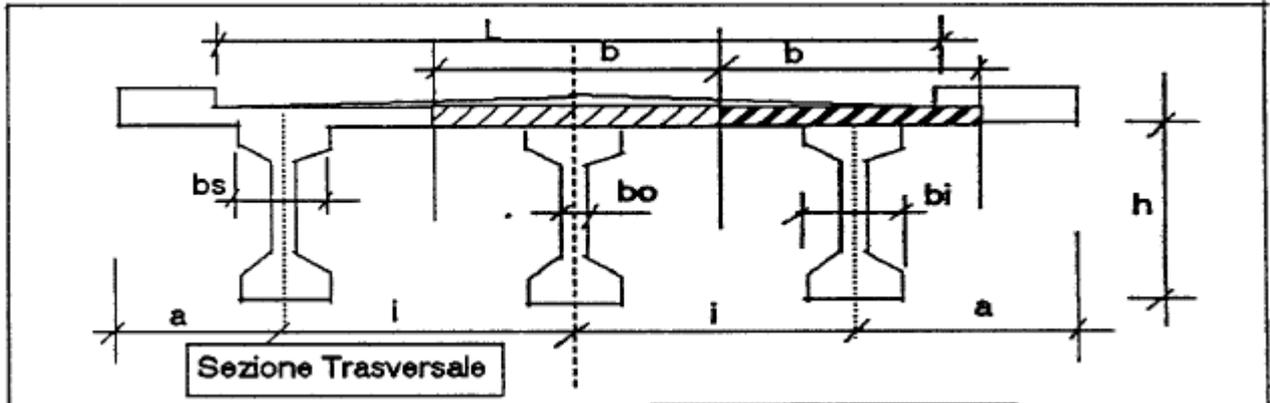
$L_e$  nelle travi semplicemente appoggiate è la luce della trave, nelle travi continue è la distanza indicata in fig. 4.3.2.

Per gli appoggi di estremità la formula diviene

$$b_{eff} = b_0 + \beta_1 b_{e1} + \beta_2 b_{e2}, \quad (4.3.3)$$

dove  $\beta_i = \left( 0,55 + 0,025 \cdot \frac{L_e}{b_{ei}} \right) \leq 1,0$ .

Inoltre sono stati rispettati i seguenti limiti:



Travi interne  $b = i$

Travi di riva:  $b = i/2 + a/2$

In tal modo si ha:

Tr. Esterna		Tr. Interna	
$b_0$	0.55 m	$b_0$	0.55 m
$b_1$	1.425 m	$b_1$	0.375 m
$b_2$	0.375 m	$b_2$	0.375 m
$b_{e1}$	1.425 m	$b_{e1}$	0.375 m
$b_{e2}$	0.375 m	$b_{e2}$	0.375 m
$\beta_1$	0.90 m	$b_{eff}$	<b>1.3</b> m
$\beta_2$	1.00 m	$i$	1.3 m
$b_{eff}$	<b>2.20</b> m	$b_{eff}$	<b>1.30</b> m
$i$	1.3 m		
$a$	1.7 m		
$i/2+a/2$	<b>1.5</b> m		
$b_{eff}$	<b>1.50</b> m		

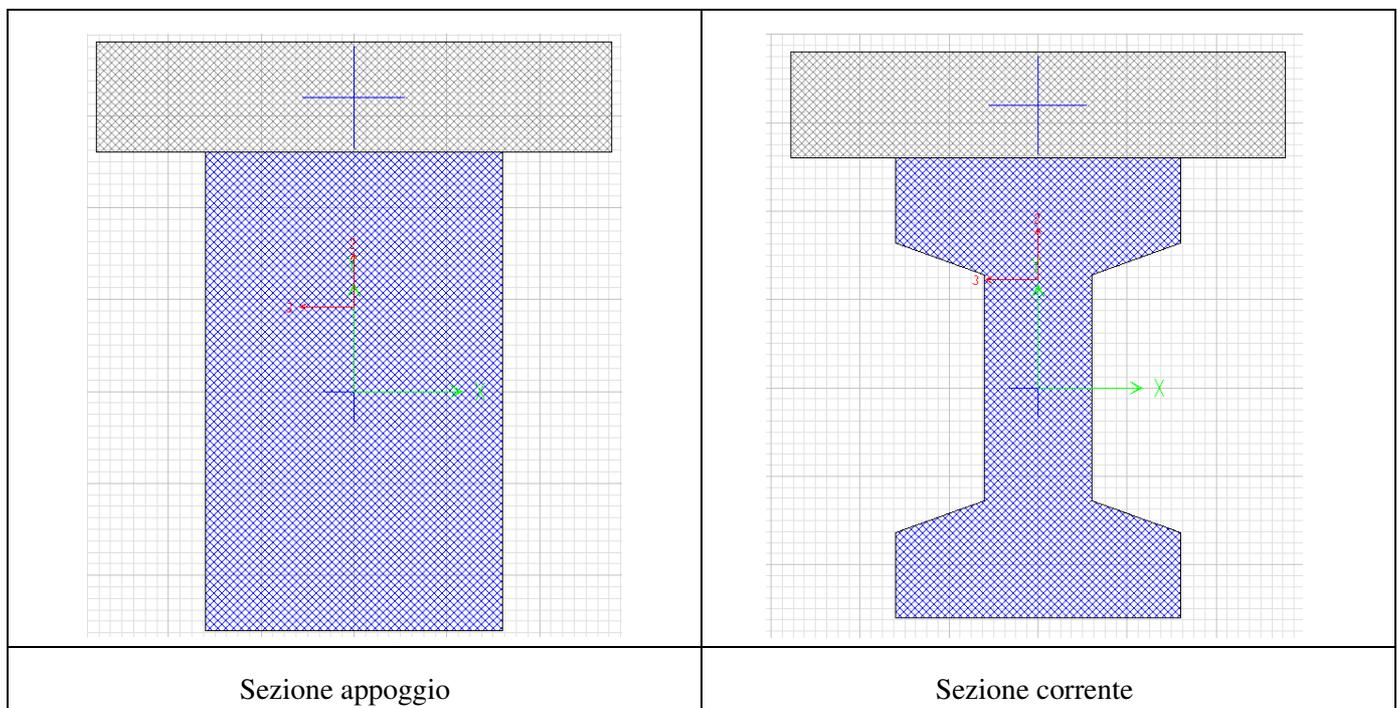
Omogeneizzando la soletta alle travi si hanno le seguenti larghezze collaboranti omogeneizzate:

	E
Trave	36416
Soletta	33643
n	1.082

	Tr. Esterna	Tr. Interna
L collaborante (m)	1.50	1.3
L coll. Omogeneizzata (m)	1.39	1.20

### TRAVE ESTERNA

S soletta = 30



CARATTERISTICHE MECCANICHE TRAVE ESTERNA				
	Sezione su appoggio		Sezione corrente	
$A_{\text{trav}} (area)$	1.457	m <sup>2</sup>	1.0925	m <sup>2</sup>
$Y_g$ (Baricentro dal fondo trave)	0.88	m	0.96	m
$J_2$ (Momento d'inerzia attorno all'asse 2)	0.3401	m <sup>4</sup>	0.2982	m <sup>4</sup>
$J_3$ (Momento d'inerzia attorno all'asse 3)	0.1226	m <sup>4</sup>	0.0921	m <sup>4</sup>

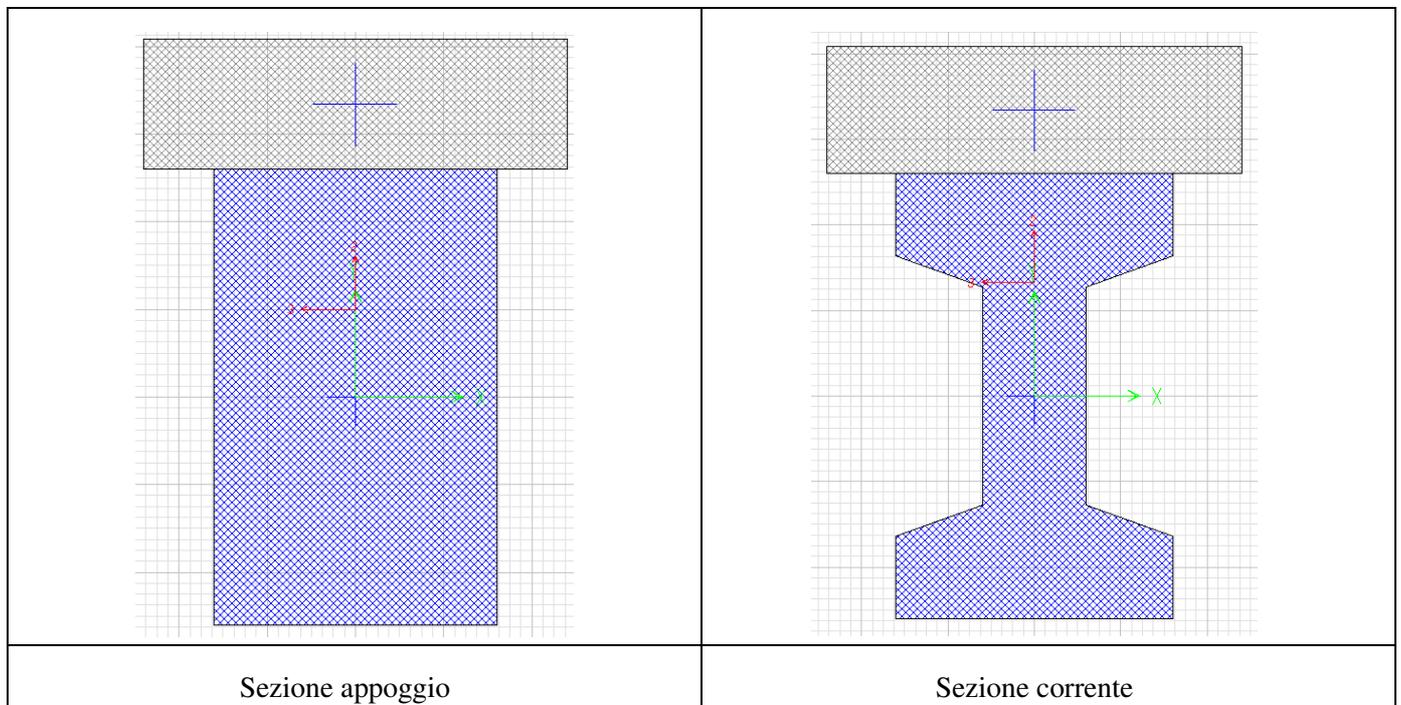
**RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0107001	A	16 di 71

$A_{t2}$ (area di taglio in direzione 2)	1.1208	m <sup>2</sup>	0.5758	m <sup>2</sup>
$A_{t3}$ (area di taglio in direzione 3)	1.3212	m <sup>2</sup>	1.0221	m <sup>2</sup>

**TRAVE INTERNA**

S soletta = 36



Sezione appoggio

Sezione corrente

**CARATTERISTICHE MECCANICHE TRAVE INTERNA**

	Sezione su appoggio		Sezione corrente	
$A_{trav}$ (area)	1.484	m <sup>2</sup>	1.1195	m <sup>2</sup>
$Y_g$ (Baricentro dal fondo trave)	0.90	m	0.98	m
$J_2$ (Momento d'inerzia attorno all'asse 2)	0.3685	m <sup>4</sup>	0.3219	m <sup>4</sup>
$J_3$ (Momento d'inerzia attorno all'asse 3)	0.1087	m <sup>4</sup>	0.0782	m <sup>4</sup>
$A_{t2}$ (area di taglio in direzione 2)	1.1664	m <sup>2</sup>	0.6114	m <sup>2</sup>

$A_{13}$  (area di taglio in direzione 3)

1.3327

$m^2$

1.0626

$m^2$

## 6 CARATTERISTICHE DEI TRASVERSI

### 6.1 TRASVERSI DI TESTATA

Si considera una larghezza collaborante di soletta pari a :

$$B = b_{est} + 5 \cdot s + b_{w,trasverso} = 0.8 + 5 \cdot 0.3 + 0.60 = 2.9 \text{ m}$$

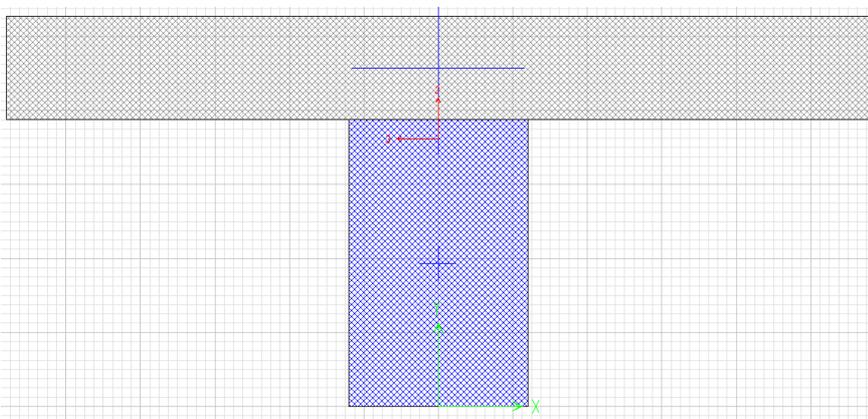
dove:  $b_{est} = 0.8 \text{ m}$  (sbalzo retro trasverso)

$s = 0.3 \text{ m}$  (spessore della soletta)

$b_{w,trasverso} = 0.60 \text{ m}$  (spessore del traverso)

La larghezza collaborante omogeneizzata è pari a:

$$B_{omog.} = n B = 1 \cdot 2.9 = 2.9 \text{ m}$$



### CARATTERISTICHE MECCANICHE

$A_{trasv}$ (area)	1.5964 $m^2$
$Y_g$ (Baricentro dal fondo trave)	0.90 $m$
$J_2$ (Momento d'inerzia attorno all'asse 2)	0.2166 $m^4$
$J_3$ (Momento d'inerzia attorno all'asse 3)	0.7288 $m^4$
$A_{12}$ (area di taglio in direzione 2)	0.8109 $m^2$

$A_{13}$ (area di taglio in direzione 3)	1.2059 m <sup>2</sup>
--	-----------------------

## 6.2 TRASVERSI DI CAMPATA

Si considera una larghezza collaborante di soletta pari a:

Si considera una larghezza collaborante di soletta pari a :

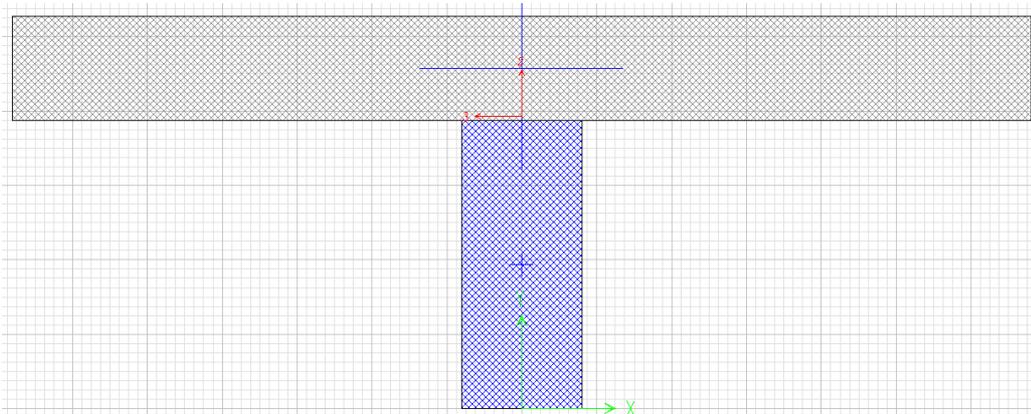
$$B = 2 \cdot (5 \cdot s + b_{w,transverso}/2) = 2 \cdot (5 \cdot 0.30 + 0.40/2) = 3.40 \text{ m}$$

con  $s = 0.30$  m (spessore medio della soletta)

$b_{w,transverso} = 0.40$  m (spessore del traverso)

La larghezza collaborante omogeneizzata è pari a:

$$B_{omog.} = n B = 1 \cdot 3.4 = 3.4 \text{ m}$$



### CARATTERISTICHE MECCANICHE

$A_{trav}$ (area)	1.5776 m <sup>2</sup>
$Y_g$ (Baricentro dal fondo trave)	0.98 m
$J_2$ (Momento d'inerzia attorno all'asse 2)	0.1696 m <sup>4</sup>
$J_3$ (Momento d'inerzia attorno all'asse 3)	1.1515 m <sup>4</sup>
$A_{12}$ (area di taglio in direzione 2)	0.5827 m <sup>2</sup>
$A_{13}$ (area di taglio in direzione 3)	1.1937 m <sup>2</sup>

	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA</b> <b>FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE-PAVIA</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.</b>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLIV0107001	REV. A

## 7 MODELLO DI CALCOLO

Per la modellazione si utilizza il programma di calcolo agli elementi finiti “SAP 2000 NonLinear” della Computer and Structures, Inc.

La struttura viene analizzata mediante un modello a graticcio con elementi BEAM sia longitudinali che trasversali che schematizzano le travi, i traversi e la soletta.

Per i dettagli del modello di calcolo si rimanda al §5 dell’elaborato NM0Z20D26CLIV0107002A “Relazione di calcolo impalcato e appoggi”.

## 8 ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO

Per l’analisi dei carichi si rimanda al §6 dell’elaborato NM0Z20D26CLIV0107002A.

## 9 COMBINAZIONI DI CARICO

Sono stati definiti i seguenti gruppi di azione relativi al traffico stradale:

gruppo di azione 1:

schema di carico 1: carico tandem Qik e carico distribuito qik presi con il valore caratteristico

schema di carico 5: carico folla sui marciapiedi preso con il valore di combinazione di 2.5 kN/mq

gruppo di azione 2a:

schema di carico 1: carico tandem Qik e carico distribuito qik presi con il valore frequente

frenatura al valore caratteristico.

Sono state definite le seguenti combinazioni di carico.

Ciascuna delle seguenti combinazioni è stata definita sia con il carico tandem Qik posto in mezzzeria (massimizzazione dei momenti flettenti) che in prossimità dell’appoggio (massimizzazione dei tagli).

Combinazioni allo SLU

**RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0107001	A	20 di 71

	Permanenti	Permanenti non strutturali	Gruppo azione 1	Gruppo azione 2a	Vento
SLU STR 1-2	1.35	1.5	1.35	-	0.9
SLU STR 2-3	1.35	1.5	-	1.35	0.9

Combinazioni allo SLE RARA

	Permanenti	Permanenti non strutturali	Gruppo azione 1	Gruppo azione 2a	Vento
SLE RARA 1-2	1	1	1	-	0.6
SLE RARA 2-3	1	1	-	1	0.6

Combinazioni allo SLE FREQUENTE

	Permanenti	Permanenti non strutturali	Schema di carico qk	Schema di carico Qk
SLE FREQ. 1-2	1	1	0.4	0.75

Combinazioni allo SLE QUASI PERMANENTE

	Permanenti	Permanenti non strutturali
SLE Q.P.	1	1

Combinazioni SISMICHE

	Permanenti	Permanenti non strutturali	Spettro oriz. X	Spettro oriz. Y	Spettro vert. Z
SISMA X SLV	1	1	1	0.3	0.3
SISMA Y SLV	1	1	0.3	1	0.3
SISMA Z SLV	1	1	0.3	0.3	1

## 10 SOLLECITAZIONI

Si riportano di seguito le sollecitazioni elementari in termini di momento flettente e taglio per la trave di bordo e per la trave interna.

	Trave di bordo					
	Mezzeria		Appoggio		a L <sub>e</sub> da testa trave	
	M	V	M	V	M	V
	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]
PP trave	827.6	0.0	0.0	167.2	125.6	154.0
PP trasversi	46.9	0.0	0.0	7.3	5.7	7.3
PP soletta	863.7	0.0	0.0	174.5	131.1	160.7
Permanenti portati	440.0	0.0	0.0	125.0	40.0	113.0
Accidentali traffico	1231.0	0.0	-10.0	256.0	90.0	85.0
Vento ponte scarico	8.0	0.0	0.0	9.0	-1.5	9.0
Vento ponte carico	8.0	0.0	0.0	9.0	-1.5	9.0

	Trave interna					
	Mezzeria		Appoggio		a L <sub>e</sub> da testa trave	
	M	V	M	V	M	V
	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]
PP trave	827.6	0.0	0.0	167.2	125.6	154.0
PP trasversi	52.9	0.0	0.0	8.3	6.5	8.3
PP soletta	579.3	0.0	0.0	117.0	87.9	107.8
Permanenti portati	364.0	0.0	0.0	55.0	70.0	50.0
Accidentali traffico	1263.0	0.0	28.0	376.0	125.0	120.0
Vento ponte scarico	8.0	0.0	0.0	5.0	0.6	5.0
Vento ponte carico	8.0	0.0	0.0	5.0	0.6	5.0

Gli effetti dei pesi propri sono stati valutati attraverso lo schema di trave appoggiata.

Le sollecitazioni dei permanenti portati, accidentali e vento derivano dal modello a graticcio.

## 11 VERIFICHE

### 11.1 TRAVI

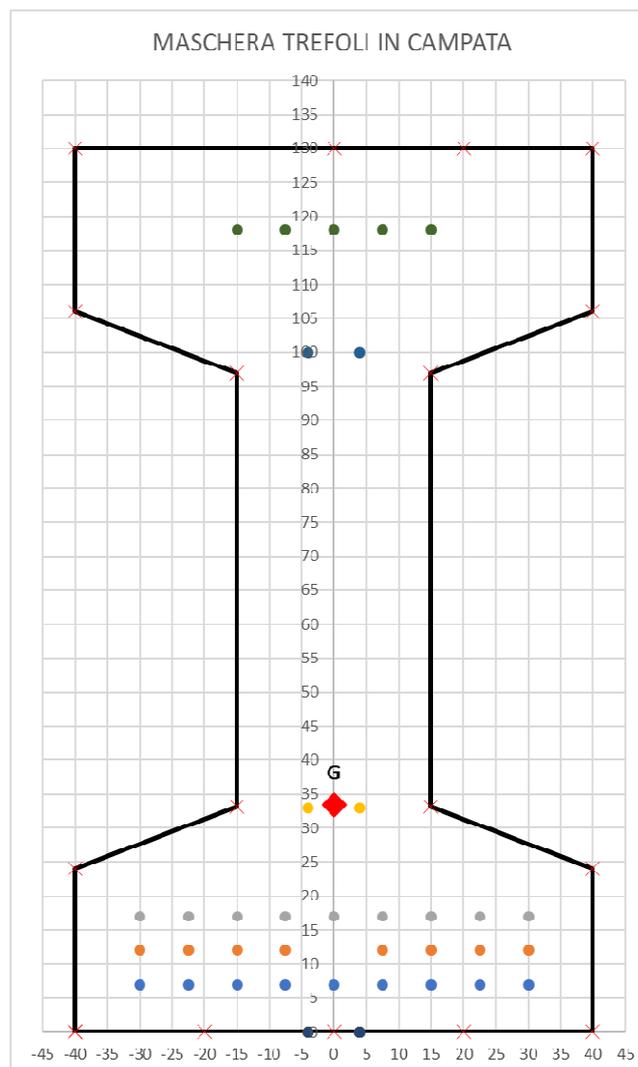
#### 11.1.1 ARMATURA

##### 11.1.1.1 Armatura di precompressione

L'armatura di precompressione nella trave è costituita da:

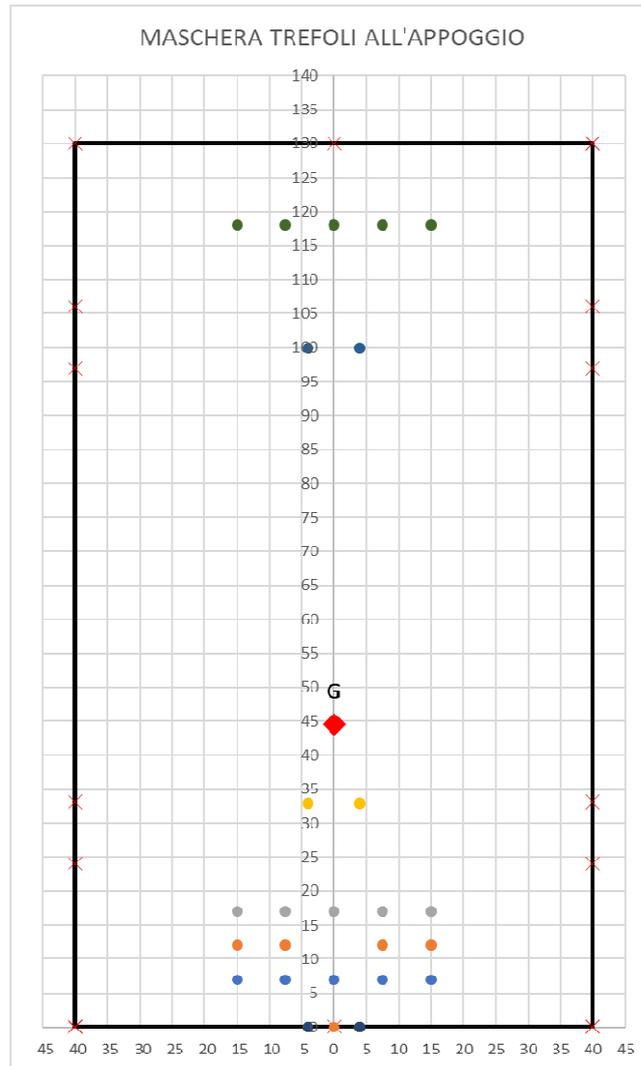
Mezzeria trave: **35 trefoli 0.6"**, aventi area nominale di 1.39 cm<sup>2</sup>

baricentro armatura di precompressione da intradosso trave: 33cm;



Estremità trave: **23 trefoli 0.6''**, aventi area nominale di 1.39 cm<sup>2</sup>

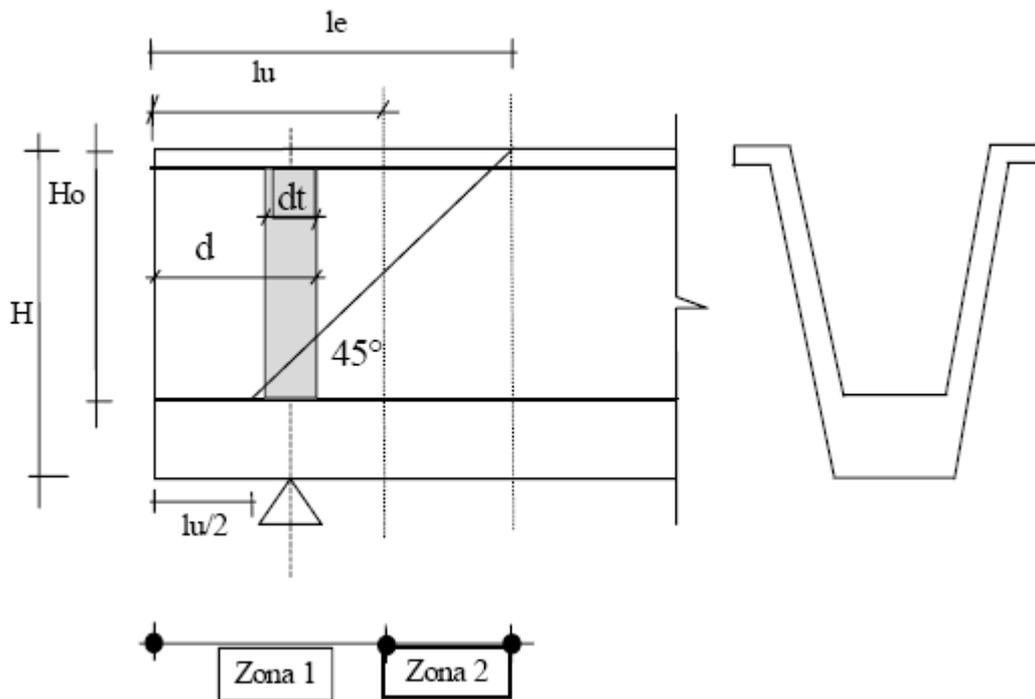
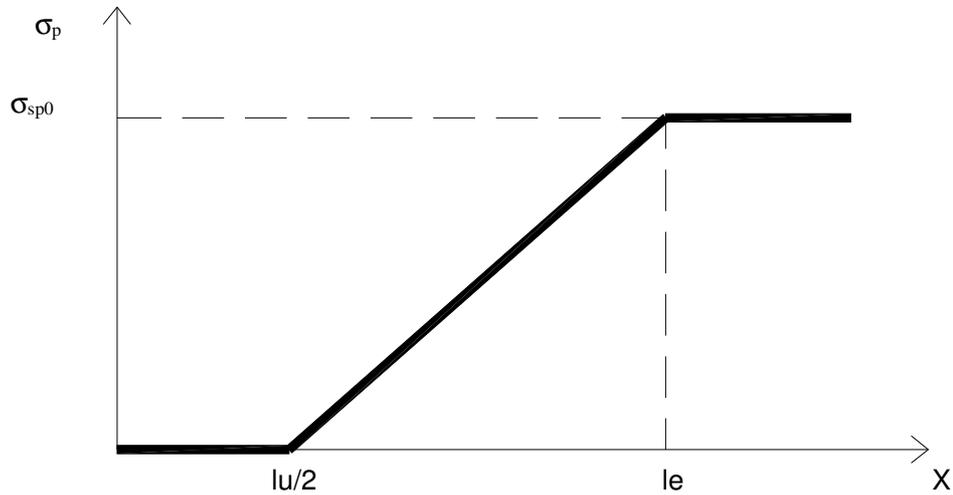
baricentro armatura di precompressione da intradosso trave: 45cm;



La tensione di tesatura dei trefoli è stata assunta pari a:

$$\sigma_{sp0} = 1410 \text{ MPa} \leq 0.9 f_{p(1)k} = 0.9 \times 1670 = 1503 \text{ MPa}$$

Il trasferimento della precompressione nella zona di ancoraggio dei trefoli presenta il seguente andamento:



Dove:

- $H$  = altezza della trave
- $H_0$  = altezza utile relativa al baricentro trefoli
- $l_u$  = lunghezza di trasferimento

**RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0107001	A	25 di 71

- $l_e$  = lunghezza di introduzione  
 $d_t$  = spessore del traverso di testata  
 $d$  = distanza testata trave-estremità traverso  
 $y_{G,trefoli}$  = baricentro dei trefoli all'appoggio da intradosso trave

in corrispondenza della testata della trave si ha:

$$H = 1.30 \text{ m}$$

$$y_{G,trefoli} = 0.45 \text{ m}$$

$$H_0 = 1.30 - 0.45 = 0.85 \text{ m}$$

$$l_u = 70 \phi \text{ (trefolo)} = 70 \times 0.0152 = 1.064 \text{ m}$$

$$l_e = 35 \phi + H_0 = 1.064/2 + 0.85 = 1.382 \text{ m}$$

**11.1.1.2 Armatura lenta della trave**

Campata: 45  $\phi$  16  
 Appoggio: 45  $\phi$  16

**11.1.1.3 Armatura lenta della soletta**

Campata:	$\phi$ 14/20 sup.	$c = 4.5 \text{ cm}$
	$\phi$ 14/20 inf.	$c = 2.0 \text{ cm}$
Appoggio:	$\phi$ 14/20 sup.	$c = 4.5 \text{ cm}$
	$\phi$ 14/20 inf.	$c = 2.0 \text{ cm}$

**11.1.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI**

**TRAVERE**

**CALCESTRUZZO**

$R_{ck}$  550 kg/cm<sup>2</sup>

**RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLIV0107001	A	26 di 71

$R_{ckj}$	<b>490</b>	kg/cm <sup>2</sup>	Rck raggiunta dal cls al momento del rilascio dei trefoli (che quindi avviene prima di 28 gg di stagionatura) modulo a t <sub>0</sub>
E	<b>364161</b>	kg/cm <sup>2</sup>	

**ACCIAIO TREFOLI**

$f_{ptk}$	<b>1860</b>	MPa	tensione caratteristica a rottura
$f_{p(1)k}$	<b>1670</b>	MPa	tensione caratteristica che corrisponde ad una deformazione dell'1% sotto carico
E	<b>2100000</b>	kg/cm <sup>2</sup>	
$\sigma_{sp0}$	<b>1410</b>	MPa	tensione di tiro applicata ad un trefolo
$A_{nominale}$	<b>1.39</b>	cm <sup>2</sup>	area nominale di 1 trefolo
$\phi$	<b>15.2</b>	mm	diametro nominale trefoli
rilass. iniz.	<b>1.5</b>	%	della tensione di tiro (rilassamento iniziale che avviene tra la tesatura dei cavi ed il loro rilascio)

**ARMATURA LENTA**

$\sigma_{amm}$	<b>3311</b>	kg/cm <sup>2</sup>
----------------	-------------	--------------------

**SOLETTA**

**CALCESTRUZZO**

$R_{ck}$	<b>400</b>	kg/cm <sup>2</sup>
E	<b>336428</b>	kg/cm <sup>2</sup>
coeff. omog	<b>0.92384</b>	-

**ARMATURA**

$\sigma_{amm}$	<b>3311</b>	kg/cm <sup>2</sup>
----------------	-------------	--------------------

### 11.1.3 LIMITI TENSIONALI

Ai lembi della sezione di verifica della trave, nella combinazione di carico caratteristica (rara), è ammessa una tensione di trazione fino a  $0,35 f_{ctk} = 0,94 \text{ Mpa}$  (§2.6.2.2 della RFI DTC SI PS MA IFS 001 B). Nella presente progettazione definitiva è stato effettuato un dimensionamento conservativo assumendo un limite tensionale di trazione pari a 0 MPa.

### VERIFICHE A VUOTO E AL SOLLEVAMENTO

	TRAZIONE [kg/cm <sup>2</sup> ]			COMPRESSIONE [kg/cm <sup>2</sup> ]		
CALCESTRUZZO TRAVE	0	0	$R_{ckj}$	244.0	0.498	$R_{ckj}$
TREFOLI	$\sigma_{spi} \leq \min[0.9 f_{p(1)k}; 0.8 f_{ptk}] =$			14880		
	14880	0.9	$f_{p(1)k}$			
		0.8	$f_{ptk}$			
ARMATURE	3311			3311		

### VERIFICHE IN ESERCIZIO

	TRAZIONE [kg/cm <sup>2</sup> ]			COMPRESSIONE [kg/cm <sup>2</sup> ]		
CALCESTRUZZO TRAVE	0	0	$R_{ck}$	251	0.457	$R_{ck}$ RARA
				183	0.332	$R_{ck}$ Q.PERM.
TREFOLI	$\sigma_{sp} \leq 0.8 f_{p(1)k} =$			13360		
	13360	0.8	$f_{p(1)k}$			
ARMATURE	3311			3311		
CALCESTRUZZO SOLETTA	26.53	$f_{ctk}$		182.60	0.457	$R_{ck}$ RARA
				132.80	0.332	$R_{ck}$ Q.PERM.

### 11.1.4 SEZIONI DI VERIFICA

Le verifiche vengono effettuate ad una distanza  $L_e$  dalla testata della trave (presenza della maschera dei trefoli ridotta – precompressione 100%) ed in mezzzeria (maschera dei trefoli piena – precompressione 100%).

11.1.4.1 Trave di bordo – Sezione a “Le” dalla testata

**Sezione solo trave:**

<b>R<sub>ckj</sub>:</b>	n =	5.2705	-	(coefficiente di omogeneizzazione acciaio-clc)
	A =	1.0313	m <sup>2</sup>	(area omogeneizzata della sezione)
	y <sub>G</sub> =	0.6511	m	(baricentro della sezione omogeneizzata da intradosso trave)
	J <sub>3</sub> =	0.1447	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse orizzontale)
	J <sub>2</sub> =	0.0467	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse verticale)
	W <sub>inf</sub> =	0.2222	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave inferiore)
	W <sub>sup</sub> =	0.2229	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave superiore)

<b>t<sub>0</sub>:</b>	n =	4.9747	-	(coefficiente di omogeneizzazione acciaio-clc)
	A =	1.0277	m <sup>2</sup>	(area omogeneizzata della sezione)
	y <sub>G</sub> =	0.6510	m	(baricentro della sezione omogeneizzata da intradosso trave)
	J <sub>3</sub> =	0.1446	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse orizzontale)
	J <sub>2</sub> =	0.0467	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse verticale)
	W <sub>inf</sub> =	0.2221	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave inferiore)
	W <sub>sup</sub> =	0.2228	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave superiore)

<b>t<sub>∞</sub>:</b>	n =	21.3993	-	(coefficiente di omogeneizzazione acciaio-clc)
	A =	1.2288	m <sup>2</sup>	(area omogeneizzata della sezione)
	y <sub>G</sub> =	0.6544	m	(baricentro della sezione omogeneizzata da intradosso trave)
	J <sub>3</sub> =	0.1482	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse orizzontale)
	J <sub>2</sub> =	0.0467	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse verticale)
	W <sub>inf</sub> =	0.2264	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave inferiore)
	W <sub>sup</sub> =	0.2295	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave superiore)

**Sezione trave con soletta collaborante:**

<b>t<sub>0</sub>:</b>	n =	4.9747	-	(coefficiente di omogeneizzazione acciaio-clc)
	A =	1.4109	m <sup>2</sup>	(area omogeneizzata della sezione)

**RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLIV0107001	A	29 di 71

$y_G =$	0.8716	m	(baricentro della sezione omogeneizzata da intradosso trave)
$J_3 =$	0.3312	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse orizzontale)
$J_2 =$	0.1016	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse verticale)
$W_{inf} =$	0.3800	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave inferiore)
$W_{sup} =$	0.7732	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave superiore)
$W_{sup,soletta} =$	0.4547	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra superiore della soletta)
$n_{soletta} =$	0.9238	-	(coefficiente di omogeneizzazione cls soletta-cls traverso)

$t_{\infty}$ : $n =$	16.1459	-	(coefficiente di omogeneizzazione acciaio-cls)
$A =$	1.5717	m <sup>2</sup>	(area omogeneizzata della sezione)
$y_G =$	0.8633	m	(baricentro della sezione omogeneizzata da intradosso trave)
$J_3 =$	0.3476	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse orizzontale)
$J_2 =$	0.1016	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse verticale)
$W_{inf} =$	0.4026	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave inferiore)
$W_{sup} =$	0.7961	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave superiore)
$W_{sup,soletta} =$	0.4719	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra superiore della soletta)
$n_{soletta} =$	0.9238	-	(coefficiente di omogeneizzazione cls soletta-cls traverso)

*11.1.4.2 Trave di bordo – Sezione di campata*

**Sezione solo trave:**

$R_{ckj}$ : $n =$	5.2705	-	(coefficiente di omogeneizzazione acciaio-cls)
$A =$	0.7349	m <sup>2</sup>	(area omogeneizzata della sezione)
$y_G =$	0.6462	m	(baricentro della sezione omogeneizzata da intradosso trave)
$J_3 =$	0.1326	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse orizzontale)
$J_2 =$	0.0250	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse verticale)
$W_{inf} =$	0.2052	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave inferiore)
$W_{sup} =$	0.2028	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave superiore)

$t_o$ : $n =$	4.9747	-	(coefficiente di omogeneizzazione acciaio-cls)
$A =$	0.7308	m <sup>2</sup>	(area omogeneizzata della sezione)
$y_G =$	0.6465	m	(baricentro della sezione omogeneizzata da intradosso trave)

**RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0107001	A	30 di 71

J3 =	0.1324	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse orizzontale)
J2 =	0.0250	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse verticale)
Winf =	0.2048	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave inferiore)
Wsup =	0.2026	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave superiore)

t <sub>∞</sub> : n =	22.4192	-	(coefficiente di omogeneizzazione acciaio-clc)
A =	0.9734	m <sup>2</sup>	(area omogeneizzata della sezione)
yG =	0.6356	m	(baricentro della sezione omogeneizzata da intradosso trave)
J3 =	0.1425	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse orizzontale)
J2 =	0.0250	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse verticale)
Winf =	0.2241	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave inferiore)
Wsup =	0.2145	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave superiore)

**Sezione trave con soletta collaborante:**

t <sub>0</sub> : n =	4.9747	-	(coefficiente di omogeneizzazione acciaio-clc)
A =	1.1139	m <sup>2</sup>	(area omogeneizzata della sezione)
yG =	0.9274	m	(baricentro della sezione omogeneizzata da intradosso trave)
J3 =	0.3026	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse orizzontale)
J2 =	0.0799	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse verticale)
Winf =	0.3263	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave inferiore)
Wsup =	0.8121	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave superiore)
Wsup,soletta =	0.4499	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra superiore della soletta)
n soletta =	0.9238	-	(coefficiente di omogeneizzazione clc soletta-clc trasverso)

t <sub>∞</sub> : n =	17.2303	-	(coefficiente di omogeneizzazione acciaio-clc)
A =	1.3108	m <sup>2</sup>	(area omogeneizzata della sezione)
yG =	0.8961	m	(baricentro della sezione omogeneizzata da intradosso trave)
J3 =	0.3339	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse orizzontale)
J2 =	0.0799	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse verticale)
Winf =	0.3726	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave inferiore)
Wsup =	0.8268	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave superiore)
Wsup,soletta =	0.4744	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra superiore della soletta)

**RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLIV0107001	A	31 di 71

n soletta = 0.9238 - (coefficiente di omogeneizzazione cls soletta-cls trasverso)

11.1.4.3 Trave interna – Sezione a “Le” dalla testata

**Sezione solo trave:**

**R<sub>ckj</sub>:** n = 5.2705 - (coefficiente di omogeneizzazione acciaio-cls)  
 A = 1.0313 m<sup>2</sup> (area omogeneizzata della sezione)  
 yG = 0.6511 m (baricentro della sezione omogeneizzata da intradosso trave)  
 J3 = 0.1447 m<sup>4</sup> (momento d'inerzia rispetto all'asse orizzontale)  
 J2 = 0.0467 m<sup>4</sup> (momento d'inerzia rispetto all'asse verticale)  
 Winf = 0.2222 m<sup>3</sup> (momento di resistenza fibra trave inferiore)  
 Wsup = 0.2229 m<sup>3</sup> (momento di resistenza fibra trave superiore)

**t<sub>o</sub>:** n = 4.9747 - (coefficiente di omogeneizzazione acciaio-cls)  
 A = 1.0277 m<sup>2</sup> (area omogeneizzata della sezione)  
 yG = 0.6510 m (baricentro della sezione omogeneizzata da intradosso trave)  
 J3 = 0.1446 m<sup>4</sup> (momento d'inerzia rispetto all'asse orizzontale)  
 J2 = 0.0467 m<sup>4</sup> (momento d'inerzia rispetto all'asse verticale)  
 Winf = 0.2221 m<sup>3</sup> (momento di resistenza fibra trave inferiore)  
 Wsup = 0.2228 m<sup>3</sup> (momento di resistenza fibra trave superiore)

**t<sub>∞</sub>:** n = 21.3974 - (coefficiente di omogeneizzazione acciaio-cls)  
 A = 1.2288 m<sup>2</sup> (area omogeneizzata della sezione)  
 yG = 0.6544 m (baricentro della sezione omogeneizzata da intradosso trave)  
 J3 = 0.1482 m<sup>4</sup> (momento d'inerzia rispetto all'asse orizzontale)  
 J2 = 0.0467 m<sup>4</sup> (momento d'inerzia rispetto all'asse verticale)  
 Winf = 0.2264 m<sup>3</sup> (momento di resistenza fibra trave inferiore)  
 Wsup = 0.2295 m<sup>3</sup> (momento di resistenza fibra trave superiore)

**Sezione trave con soletta collaborante:**

**RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0107001	A	32 di 71

$t_0$ :	n =	4.9747	-	(coefficiente di omogeneizzazione acciaio-clc)
	A =	1.4419	m <sup>2</sup>	(area omogeneizzata della sezione)
	yG =	0.8929	m	(baricentro della sezione omogeneizzata da intradosso trave)
	J3 =	0.3581	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse orizzontale)
	J2 =	0.0922	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse verticale)
	Winf =	0.4010	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave inferiore)
	Wsup =	0.8797	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave superiore)
	Wsup,soletta =	0.4646	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra superiore della soletta)
	n soletta =	0.9238	-	(coefficiente di omogeneizzazione clc soletta-clc trasverso)

$t_{\infty}$ :	n =	16.1436	-	(coefficiente di omogeneizzazione acciaio-clc)
	A =	1.5992	m <sup>2</sup>	(area omogeneizzata della sezione)
	yG =	0.8818	m	(baricentro della sezione omogeneizzata da intradosso trave)
	J3 =	0.3748	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse orizzontale)
	J2 =	0.0922	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse verticale)
	Winf =	0.4250	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave inferiore)
	Wsup =	0.8962	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave superiore)
	Wsup,soletta =	0.4793	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra superiore della soletta)
	n soletta =	0.9238	-	(coefficiente di omogeneizzazione clc soletta-clc trasverso)

*11.1.4.4 Trave interna – Sezione di campata*

**Sezione solo trave:**

$R_{ckj}$ :	n =	5.2705	-	(coefficiente di omogeneizzazione acciaio-clc)
	A =	0.7349	m <sup>2</sup>	(area omogeneizzata della sezione)
	yG =	0.6462	m	(baricentro della sezione omogeneizzata da intradosso trave)
	J3 =	0.1326	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse orizzontale)
	J2 =	0.0250	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse verticale)
	Winf =	0.2052	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave inferiore)
	Wsup =	0.2028	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave superiore)

$t_0$ :	n =	4.9747	-	(coefficiente di omogeneizzazione acciaio-clc)
---------	-----	--------	---	--

**RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLIV0107001	A	33 di 71

A =	0.7308	m <sup>2</sup>	(area omogeneizzata della sezione)
yG =	0.6465	m	(baricentro della sezione omogeneizzata da intradosso trave)
J3 =	0.1324	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse orizzontale)
J2 =	0.0250	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse verticale)
Winf =	0.2048	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave inferiore)
Wsup =	0.2026	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave superiore)

t <sub>∞</sub> : n =	22.4192	-	(coefficiente di omogeneizzazione acciaio-clc)
A =	0.9734	m <sup>2</sup>	(area omogeneizzata della sezione)
yG =	0.6356	m	(baricentro della sezione omogeneizzata da intradosso trave)
J3 =	0.1425	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse orizzontale)
J2 =	0.0250	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse verticale)
Winf =	0.2241	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave inferiore)
Wsup =	0.2145	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave superiore)

**Sezione trave con soletta collaborante:**

t <sub>0</sub> : n =	4.9747	-	(coefficiente di omogeneizzazione acciaio-clc)
A =	1.1449	m <sup>2</sup>	(area omogeneizzata della sezione)
yG =	0.9527	m	(baricentro della sezione omogeneizzata da intradosso trave)
J3 =	0.3261	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse orizzontale)
J2 =	0.0705	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse verticale)
Winf =	0.3422	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave inferiore)
Wsup =	0.9390	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave superiore)
Wsup,soletta =	0.4586	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra superiore della soletta)
n soletta =	0.9238	-	(coefficiente di omogeneizzazione cls soletta-clc traverso)

t <sub>∞</sub> : n =	17.2303	-	(coefficiente di omogeneizzazione acciaio-clc)
A =	1.3381	m <sup>2</sup>	(area omogeneizzata della sezione)
yG =	0.9174	m	(baricentro della sezione omogeneizzata da intradosso trave)
J3 =	0.3591	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse orizzontale)
J2 =	0.0705	m <sup>4</sup>	(momento d'inerzia rispetto all'asse verticale)

W <sub>inf</sub> =	0.3914	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave inferiore)
W <sub>sup</sub> =	0.9386	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra trave superiore)
W <sub>sup,soletta</sub> =	0.4811	m <sup>3</sup>	(momento di resistenza fibra superiore della soletta)
n soletta =	0.9238	-	(coefficiente di omogeneizzazione cls soletta-cls trasverso)

### 11.1.5 VERIFICA TENSIONALE AL RILASCIO DEI TREFOLI

Precompressione iniziale:

$$P_{m,o} = P_o - \Delta P_{ir} - \Delta P_c$$

dove:

$$P_o = A_p \cdot \sigma_{sp0}$$

$A_p$  = armatura di precompressione

$\sigma_{sp0}$  = tensione di tiro dell'armatura di precompressione = 1410 MPa

con  $\sigma_{sp0} \leq 0.9 f_{p(1)k} = 0.9 \cdot 1670 = 1503$  MPa

$$P_o = 1.39 \times 1410 / 1000 = 195.9 \text{ kN}$$

$\Delta P_{ir}$  = perdita per rilassamento iniziale tra la tesatura dei cavi ed il rilascio dei trefoli, pari all' 1.5% del carico iniziale

$\Delta P_c$  = perdita per deformazione elastica del calcestruzzo valutata in sede di verifica applicando alla sezione trave la precompressione iniziale ( $\sigma_{sp0}$ ) depurata delle perdite per rilassamento iniziale ( $\sigma_{spi} = \sigma_{sp0} - 1.5\% \sigma_{sp0} = (1 - 0.015) \times 1410 = 1388.9$  MPa).

### 11.1.6 CALCOLO DELLE CADUTE DI TENSIONE AL GETTO DELLA SOLETTA

Le perdite di tensione dipendenti dal tempo sono dovute a:

- 1) Ritiro del calcestruzzo;
- 2) Viscosità del calcestruzzo;
- 3) Rilassamento dell'acciaio.

Si ipotizza, operando in favore di sicurezza, che la totalità delle perdite sia esaurita prima del getto della soletta.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA</b> <b>FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE-PAVIA</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.</b>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLIV0107001	REV. A

### 11.1.6.1 Ritiro del calcestruzzo

Per il calcolo delle cadute di tensione è prevista una deformazione finale pari a 0.0003 in caso di struttura precompressa prima di 14 gg di stagionatura:

$$\Delta\sigma_{rit.} = 63 \text{ MPa.}$$

### 11.1.6.2 Viscosità del calcestruzzo

Per il calcolo delle cadute di tensione è prevista una deformazione finale pari a 2.3 volte la deformata elastica (caso di struttura precompressa prima di 14gg di stagionatura); la caduta di tensione corrispondente, valutata considerando la deformazione media al livello del baricentro dei trefoli è riportata nella tabella seguente in MPa:

	sezione ad Le	Campata
Trave bordo	65	148
Trave interna	65	148

Caduta di tensione per viscosità del calcestruzzo

### 11.1.6.3 Rilassamento dell'acciaio

In assenza di dati sperimentali afferenti al lotto considerato, la caduta di tensione per rilassamento, a tempo infinito, può assumersi, per una tensione iniziale  $\sigma_{spi} = 0.75 f_{ptk}$ , pari a :

$$\Delta\sigma_{r\infty} = 0.18\sigma_{spi} = 0.18 \times 0.75 \times 1860 = 251.1 \text{ MPa}$$

Si ammette che, al variare della tensione iniziale, la caduta per rilassamento vari con legge parabolica e che il relativo diagramma, tracciato in funzione di  $\sigma_{spi}$ , abbia ordinata nulla e tangente orizzontale per  $\sigma_{spi} = 0.5 f_{ptk}$ .

Per tener conto dell'influenza reciproca tra le cadute di tensione per ritiro, viscosità del calcestruzzo e rilassamento dell'acciaio, si può per questa ultima adottare un valore ridotto pari a :

$$\Delta'\sigma_{r\infty} = \Delta\sigma_{r\infty} \left( 1 - \frac{2.5\Delta\sigma_{ssf}}{\sigma_{spi}} \right), \text{ con } \Delta\sigma_{ssf} = \Delta\sigma_{rit.} + \Delta\sigma_{visc.}$$

$$\Delta\sigma_{r\infty} = 244.5 \text{ MPa}$$

Nella tabella seguente si riporta la caduta di tensione per rilassamento dell'acciaio nella in MPa:

	sezione ad Le	Campata
Trave bordo	188.2	151.7
Trave interna	188.2	151.7

Caduta di tensione per rilassamento dell'acciaio ( $\Delta\sigma_{r,s}$ )

#### 11.1.6.4 Totale delle cadute di tensione

Nella tabella seguente si riporta le perdite totali in MPa:

	sezione ad Le	Campata
Trave bordo	316.2	362.6
Trave interna	316.2	362.6

Perdita di tensione totale

#### 11.1.7 CALCOLO DELLE TENSIONI NELLE ARMATURE DI PRECOMPRESSIONE

Occorre verificare che la tensione nelle armature di precompressione, al netto delle perdite di tensione, sia inferiore al limite di norma:  $\sigma_{sp} \leq 0.8 f_{p(1)k} = 1336.0$  MPa.

Il tabulato di verifica riporta la tensione finale nelle varie combinazioni di carico.

#### 11.1.8 EFFETTO DEL RITIRO E VISCOSITÀ DELLA SOLETTA

Nelle verifiche si considera il  $\Delta\epsilon$  tra la soletta e la trave.

Il calcolo della deformazione dovuta al ritiro e del coefficiente di viscosità  $\phi$  è stato effettuato in accordo rispettivamente ai §§ 11.2.10.6 e 11.2.10.7 del DM 14/01/2008.

Per la soletta si assume l'età  $t_0$  del conglomerato a partire dalla quale si considera l'effetto del ritiro compresa tra 1 e 7 gg, per cui il coefficiente di ritiro nonché quello di fluage della soletta, ipotizzando un'atmosfera con umidità relativa pari al 60%, è:

$$h_0 = 2A_c / u = 61.4\text{cm}$$

$$\epsilon_{c0} = -0.417 \times 10^{-3}$$

**RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0107001	A	37 di 71

$$\varepsilon_{cd,oo} = k_h \varepsilon_{c0} = 0.7 \times -0.417/1000 = -2.92 \times 10^{-4}$$

$$\phi = 3.162$$

Per la trave si assume l'età del conglomerato maggiore di 60 gg (si ipotizza il getto della soletta avvenga dopo tale periodo). Per cui il coefficiente di ritiro e di viscosità della trave è:

$$h_0 = 2A_c / u = 46.18\text{cm} \quad \text{Sezione a Le}$$

$$h_0 = 2A_c / u = 27.57\text{cm} \quad \text{Sezione in mezzzeria}$$

$$\varepsilon_{c0} = -0.357 \times 10^{-3} \quad \text{Sezione a Le}$$

$$\varepsilon_{c0} = -0.357 \times 10^{-3} \quad \text{Sezione in mezzzeria}$$

$$\varepsilon_{cd,oo} = k_h \varepsilon_{c0} = 0.71 \times -0.357 \times 10^{-3} = -2.54 \times 10^{-4} \quad \text{Sezione a Le}$$

$$\varepsilon_{cd,oo} = k_h \varepsilon_{c0} = 0.77 \times -0.357 \times 10^{-3} = -2.77 \times 10^{-4} \quad \text{Sezione in mezzzeria}$$

$$\phi = 3.302 \quad \text{Sezione a Le}$$

$$\phi = 3.507 \quad \text{Sezione in mezzzeria}$$

$$t = 60\text{gg} \quad t_s = 7\text{gg}$$

$$\beta_{ds} = 0.1178 \quad \text{Sezione a Le}$$

$$\beta_{ds} = 0.2245 \quad \text{Sezione in mezzzeria}$$

$$\varepsilon_{cd,t} = \beta_{ds} (t-t_s) \quad \varepsilon_{cd,oo} = -2.99 \times 10^{-5} \quad \text{Sezione a Le}$$

$$\varepsilon_{cd,t} = \beta_{ds} (t-t_s) \quad \varepsilon_{cd,oo} = -6.21 \times 10^{-5} \quad \text{Sezione in mezzzeria}$$

Per cui la differenza di deformazione dovuta la ritiro tra trave e soletta è pari a:

$$\Delta\varepsilon (t_{\infty}, t_0) = 2.92 \times 10^{-4} - 2.99 \times 10^{-5} = 2.62 \times 10^{-4} \quad \text{Sezione a Le}$$

$$\Delta\varepsilon (t_{\infty}, t_0) = 2.92 \times 10^{-4} - 6.21 \times 10^{-5} = 2.30 \times 10^{-4} \quad \text{Sezione in mezzzeria}$$

L'azione  $\Delta\varepsilon$  tra la soletta e la trave fa nascere sulla soletta una tensione di trazione pari a:

$$\sigma_{rit} = E_{t_{\infty}} \times \Delta\varepsilon \quad \text{con } E_{t_{\infty}} = E / (1+\phi)$$

$\sigma_{rit} = -2.12$  MPa Sezione a Le

$\sigma_{rit} = -1.86$  MPa Sezione in mezzeria

ed uno sforzo normale di compressione  $N_{rit}$  ed un momento flettente  $M_{rit} = N_{rit} \cdot e$  e sulla sezione omogeneizzata pari a:

	$N_{rit}$ (kN)	$M_{rit}$ (kNm)
Trave di <b>bordo</b> sezione al Le	1017.8	615.1
Trave di <b>bordo</b> sezione mezzeria	892.7	491.7
Trave <b>interna</b> sezione al Le	1017.8	626.4
Trave <b>interna</b> sezione mezzeria	892.7	498.1

Nelle verifiche condotte a  $t=0$  la percentuale di ritiro già avvenuta è assunta pari al 20% di quella totale.

## 11.1.9 VERIFICHE TENSIONALI

### 11.1.9.1 Verifiche al rilascio dei trefoli

#### TRAVE DI BORDO

##### Sezione ad "Le"

<b>Trefoli</b>	$\sigma_{a, min}$ :	<b>-1380.84</b> MPa	<b>VERIFICATO</b>
	$\sigma_{a, traz adm}$	-1488.00 MPa	

<b>Armatura lenta trave</b>	$\sigma_{a, min}$ :	<b>6.68</b> MPa	<b>VERIFICATO</b>
	$\sigma_{a, max}$ :	<b>38.76</b> MPa	<b>VERIFICATO</b>
	$\sigma_{a, adm}$	331.09 MPa	

<b>Calcestruzzo trave</b>	$\sigma_{cls, max}$	<b>7.73</b> MPa	<b>VERIFICATO</b>
---------------------------	---------------------	-----------------	-------------------

**RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLIV0107001	A	39 di 71

$\sigma_{cls,min}$       **0.89**    MPa      **VERIFICATO**

$\sigma_c$  traz, adm =      0.00    MPa

$\sigma_c$  compr, adm =    24.40    MPa

Sezione di mezzeria

**Trefoli**       $\sigma_a, min:$       **-1367.17**    MPa      **VERIFICATO**

$\sigma_a$ , traz adm      -1488.00    MPa

□

**Armatura lenta trave**       $\sigma_a,min:$       **19.27**    MPa      **VERIFICATO**

$\sigma_a,max:$       **77.27**    MPa      **VERIFICATO**

□

$\sigma_a,adm$       331.09    MPa

**Calcestruzzo trave**       $\sigma_{cls,max}$       **15.35**    MPa      **VERIFICATO**

$\sigma_{cls,min}$       **2.97**    MPa      **VERIFICATO**

$\sigma_c$  traz, adm =      0.00    MPa

$\sigma_c$  compr, adm =    24.40    MPa

TRAVE INTERNA

Sezione ad "Le"

**Trefoli**       $\sigma_a, min:$       **-1380.82**    MPa      **VERIFICATO**

$\sigma_a$ , traz adm      -1488.00    MPa

□

**Armatura lenta trave**       $\sigma_a,min:$       **6.70**    MPa      **VERIFICATO**

$\sigma_a,max:$       **38.74**    MPa      **VERIFICATO**

□

$\sigma_a,adm$       331.09    MPa

Calcestruzzo trave	$\sigma_{cls,max}$	<b>7.73</b>	MPa	<b>VERIFICATO</b>
	$\sigma_{cls,min}$	<b>0.89</b>	MPa	<b>VERIFICATO</b>
	$\sigma_c \text{ traz, adm} =$	0.00	MPa	
	$\sigma_c \text{ compr, adm} =$	24.40	MPa	

**Sezione di mezzeria**

Trefoli	$\sigma_a, \text{ min}:$	<b>-1367.05</b>	MPa	<b>VERIFICATO</b>
	$\sigma_a, \text{ traz adm}$	-1488.00	MPa	

Armatura lenta trave	$\sigma_a, \text{ min}:$	<b>19.41</b>	MPa	<b>VERIFICATO</b>
	$\sigma_a, \text{ max}:$	<b>77.13</b>	MPa	<b>VERIFICATO</b>
	$\sigma_a, \text{ adm}$	331.09	MPa	

Calcestruzzo trave	$\sigma_{cls,max}$	<b>15.32</b>	MPa	<b>VERIFICATO</b>
	$\sigma_{cls,min}$	<b>3.00</b>	MPa	<b>VERIFICATO</b>
	$\sigma_c \text{ traz, adm} =$	0.00	MPa	
	$\sigma_c \text{ compr, adm} =$	24.40	MPa	

**11.1.9.2 Verifiche al sollevamento**

Per tener conto degli effetti dinamici connessi alle operazioni di sollevamento e trasporto, le azioni da peso proprio vengono amplificate con un fattore  $\pm 0.15$ .

**TRAVE DI BORDO**

**Sezione ad "Le"**

Trefoli	$\sigma_a, \text{ min}:$	<b>-1381.22</b>	MPa	<b>VERIFICATO</b>
	$\sigma_a, \text{ traz adm}$	-1488.00	MPa	

**RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLIV0107001	A	41 di 71

□

Armatura lenta trave	$\sigma_{a,min}$ :	<b>6.27</b>	MPa	<b>VERIFICATO</b>
	$\sigma_{a,max}$ :	<b>39.18</b>	MPa	<b>VERIFICATO</b>
	$\sigma_{a,adm}$	331.09	MPa	

□

Calcestruzzo trave	$\sigma_{cls,max}$	<b>7.82</b>	MPa	<b>VERIFICATO</b>
	$\sigma_{cls,min}$	<b>0.80</b>	MPa	<b>VERIFICATO</b>
	$\sigma_c \text{ traz, adm} =$	0.00	MPa	
	$\sigma_c \text{ compr, adm} =$	24.40	MPa	

Sezione di mezzeria

Trefoli	$\sigma_a, min$ :	<b>-1369.96</b>	MPa	<b>VERIFICATO</b>
	$\sigma_a, \text{traz adm}$	-1488.00	MPa	

□

Armatura lenta trave	$\sigma_{a,min}$ :	<b>16.23</b>	MPa	<b>VERIFICATO</b>
	$\sigma_{a,max}$ :	<b>80.26</b>	MPa	<b>VERIFICATO</b>
	$\sigma_{a,adm}$	331.09	MPa	

Calcestruzzo trave	$\sigma_{cls,max}$	<b>15.99</b>	MPa	<b>VERIFICATO</b>
	$\sigma_{cls,min}$	<b>2.32</b>	MPa	<b>VERIFICATO</b>
	$\sigma_c \text{ traz, adm} =$	0.00	MPa	
	$\sigma_c \text{ compr, adm} =$	24.40	MPa	

TRAVE INTERNA

Sezione ad "Le"

Trefoli	$\sigma_a, min$ :	<b>-1381.20</b>	MPa	<b>VERIFICATO</b>
---------	-------------------	-----------------	-----	-------------------

**RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLIV0107001	A	42 di 71

$\sigma_a$ , traz adm -1488.00 MPa

Armatura lenta trave	$\sigma_{a,min}$ :	<b>6.28</b>	MPa	<b>VERIFICATO</b>
	$\sigma_{a,max}$ :	<b>39.16</b>	MPa	<b>VERIFICATO</b>
	$\sigma_{a,adm}$	331.09	MPa	

Calcestruzzo trave	$\sigma_{cls,max}$	<b>7.82</b>	MPa	<b>VERIFICATO</b>
	$\sigma_{cls,min}$	<b>0.80</b>	MPa	<b>VERIFICATO</b>
	$\sigma_c$ traz, adm =	0.00	MPa	
	$\sigma_c$ compr, adm =	24.40	MPa	

Sezione di mezzeria

Trefoli	$\sigma_a$ , min:	<b>-1369.85</b>	MPa	<b>VERIFICATO</b>
	$\sigma_a$ , traz adm	-1488.00	MPa	

Armatura lenta trave	$\sigma_{a,min}$ :	<b>16.35</b>	MPa	<b>VERIFICATO</b>
	$\sigma_{a,max}$ :	<b>80.14</b>	MPa	<b>VERIFICATO</b>
	$\sigma_{a,adm}$	331.09	MPa	

Calcestruzzo trave	$\sigma_{cls,max}$	<b>15.96</b>	MPa	<b>VERIFICATO</b>
	$\sigma_{cls,min}$	<b>2.35</b>	MPa	<b>VERIFICATO</b>
	$\sigma_c$ traz, adm =	0.00	MPa	
	$\sigma_c$ compr, adm =	24.40	MPa	

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b> <b>POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA</b> <b>QUADRUPPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO-PAVIA</b> <b>FASE 2 - QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE-PAVIA</b>					
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.</b>	COMMESSA NMOZ	LOTTO 20	CODIFICA D 26	DOCUMENTO CLIV0107001	REV. A

### 11.1.9.3 Verifiche in esercizio

Di seguito, si riportano tabellate le tensioni massime e minime in MPa ricavate dalle verifiche sulle travi, tenendo conto delle varie fasi di costruzione.

#### **Legenda:**

$y_{\text{trefolo}}$  = Ordinata del generico livello di trefoli rispetto all'intradosso della trave

$y_{\text{s,inf.soletta}}$  = Ordinata del lembo inferiore dell'armatura lenta della soletta

$y_{\text{s,sup.soletta}}$  = Ordinata del lembo superiore dell'armatura lenta della soletta

$y_{\text{s,inf.trave}}$  = Ordinata del lembo inferiore dell'armatura lenta della trave in c.a.p.

$y_{\text{s,sup.trave}}$  = Ordinata del lembo superiore dell'armatura lenta della trave in c.a.p.

$y_{\text{inf.soletta}}$  = Ordinata del lembo inferiore della soletta

$y_{\text{sup.soletta}}$  = Ordinata del lembo superiore della soletta

$y_{\text{inf.trave}}$  = Ordinata del lembo inferiore della trave in c.a.p.

$y_{\text{sup.trave}}$  = Ordinata del lembo superiore della trave in c.a.p.

prec. iniz. = precompressione

$p \cdot p \cdot \text{trv } t_{\infty}$  = peso proprio trave + traversi (verifica a  $t_{\infty}$ )

$p \cdot p \cdot \text{trv } t_0$  = peso proprio trave + traversi (verifica a  $t_0$ )

perdite  $I_{\text{fase}}$  = perdite di prima fase (per le ipotesi fatte sono le perdite totali)

$p \cdot p \cdot \text{soletta } t_{\infty}$  = peso proprio soletta strutturale (verifica a  $t_{\infty}$ )

$p \cdot p \cdot \text{soletta } t_0$  = peso proprio soletta strutturale (verifica a  $t_0$ )

perm.port.  $t_{\infty}$  = permanenti portati + soletta non strutturale (verifica a  $t_{\infty}$ )

perm.port.  $t_0$  = permanenti portati + soletta non strutturale (verifica a  $t_0$ )

**RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0107001	A	44 di 71

ritiro	=	ritiro della soletta
vento p. scarico	=	vento a ponte scarico
vento p. carico	=	vento a ponte carico
accidentali	=	accidentali
centrifuga	=	centrifuga

Le verifiche in esercizio sono state condotte definendo lo stato tensionale derivante dalle combinazioni QUASI PERMANENTE e RARA:

**TRAVE DI BORDO**

**Sezione ad "Le"**

Riepilogo sollecitazioni:

R <sub>SM</sub>	Sez. resistente solo trave cap										Sez. resistente trave cap + soletta collaborante							
	prec.iniz	p.p. trav	0.85 p.p. trav	1.15 p.p. trav	p.p. trav t <sub>0</sub>	perdite I fase	p.p. soletta t <sub>0</sub>	p.p. trav L	p.p. soletta L	perm. port.t <sub>0</sub>	temp<0	+vento p. scarico	+vento p. carico	accidentali	centrifuga	perdite 2a fase	perm. port.t <sub>0</sub>	ritiro
N (kN) =	4440.2	0.0	0.0	0.0	0.0	-1010.8	0.0	0.0	0.0	0.0	807.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1017.8
d (m) =	-0.2011	-	-	-	-	-0.2010	-	-	-	-	0.6084	-	-	-	-	-	-	0.6167
M (kNm) =	-892.9	131.3	111.6	151.0	131.3	203.2	131.1	131.3	131.1	40.0	491.2	-1.5	-1.5	90.0	0.0	0.0	40.0	627.6

Riepilogo verifiche:

*combinazione quasi permanente*

t <sub>∞</sub>		ΔT < 0		ΔT > 0	
		min	max	min	max
Trefoli	min	-1071.52	verif	-1068.46	verif
	max	-1035.47	verif	-1040.59	verif
Armatura lenta trave	min	1.21	verif	4.26	verif
	max	38.76	verif	33.29	verif
Armatura soletta	min	-58.51	verif	5.95	verif
	max	-55.83	verif	7.64	verif
Calcestruzzo trave	min	2.74	verif	1.54	verif
	max	4.35	verif	5.07	verif
Calcestruzzo soletta	min	-0.54	verif	-0.05	verif
	max	-0.15	verif	0.01	verif

t <sub>0</sub>	ΔT < 0	ΔT > 0
----------------	--------	--------

**RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLIV0107001	A	45 di 71

Trefoli	min	-1058.89	verif	-1064.01	verif
	max	-1048.56	verif	-1045.49	verif
Armatura lenta trave	min	13.33	verif	7.86	verif
	max	24.09	verif	27.15	verif
Armatura soletta	min	-26.23	verif	0.16	verif
	max	-25.27	verif	0.18	verif
Calcestruzzo trave	min	2.21	verif	0.90	verif
	max	4.69	verif	5.46	verif
Calcestruzzo soletta	min	-0.26	verif	0.13	verif
	max	-0.03	verif	0.23	verif

*combinazione rara*

$t_{\infty}$		$\Delta T < 0$		$\Delta T > 0$	
Trefoli	min	-1074.19	verif	-1070.51	verif
	max	-1032.56	verif	-1038.71	verif
Armatura lenta trave	min	-1.45	verif	2.22	verif
	max	41.91	verif	35.33	verif
Armatura soletta	min	-38.96	verif	13.33	verif
	max	-34.92	verif	15.51	verif
Calcestruzzo trave	min	3.12	verif	1.67	verif
	max	3.95	verif	4.82	verif
Calcestruzzo soletta	min	-0.53	verif	0.05	verif
	max	-0.01	verif	0.18	verif

$t_0$		$\Delta T < 0$		$\Delta T > 0$	
Trefoli	min	-1057.57	verif	-1063.72	verif
	max	-1050.19	verif	-1046.51	verif
Armatura lenta trave	min	14.78	verif	8.21	verif
	max	22.47	verif	26.13	verif
Armatura soletta	min	-0.19	verif	0.87	verif
	max	1.82	verif	1.02	verif
Calcestruzzo trave	min	2.47	verif	1.02	verif
	max	4.36	verif	5.23	verif

**RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0107001	A	46 di 71

Calcestruzzo soletta	min	-0.20	verif	0.32	verif
	max	0.14	verif	0.39	verif

Riepilogo tensioni elementari:

**TREFOLI**

**Tensioni elementari**

y trefolo (m)	prec.iniz.	p.p. trav t <sub>0</sub>	p.p. trav t <sub>∞</sub>	perdite I fase	p.p. soletta t <sub>0</sub>	p.p. soletta t <sub>∞</sub>	perm. port.t <sub>0</sub>	perm. port.t <sub>∞</sub>	ritiro	temp<0	+vento p. scarico	+vento p. carico	accidentali	centrifuga
0.070	-1347.3	-2.6	-11.1	307.2	-2.6	-11.1	-0.5	-1.5	-12.7	-3.1	0.0	0.0	-1.1	0.0
1.180	-1383.4	2.4	10.0	315.0	2.4	10.0	0.2	0.6	19.7	5.1	0.0	0.0	0.4	0.0
0.45	-1359.6	-0.9	-3.9	309.9	-0.9	-3.9	-0.3	-0.8	-1.6	-0.3	0.0	0.0	-0.6	0.0

**ARMATURA LENTA TRAVE E SOLETTA**

**Tensioni elementari**

y verifica (m)	prec.iniz.	p.p. trav t <sub>0</sub>	p.p. trav t <sub>∞</sub>	perdite I fase	p.p. soletta t <sub>0</sub>	p.p. soletta t <sub>∞</sub>	perm. port.t <sub>0</sub>	perm. port.t <sub>∞</sub>	ritiro	temp<0	+vento p. scarico	+vento p. carico	accidentali	centrifuga
Ys.inf soletta	-	-	-	-	-	-	0.32	1.00	26.13	6.75	-0.01	-0.01	0.72	0.00
Ys.sup soletta	-	-	-	-	-	-	0.40	1.25	30.01	7.73	-0.01	-0.01	0.90	0.00
Ys.inf trave	41.53	-2.62	-11.05	-8.94	-2.61	-11.03	-0.48	-1.47	-12.61	-3.05	0.02	0.02	-1.08	0.00
Ys.sup trave	3.92	2.61	10.88	-0.86	2.60	10.86	0.21	0.68	21.09	5.48	-0.01	-0.01	0.48	0.00

**CLS TRAVE E SOLETTA**

**Tensioni elementari**

y verifica	prec.iniz.	p.p. trav t <sub>0</sub>	p.p. trav t <sub>∞</sub>	perdite I fase	p.p. soletta t <sub>0</sub>	p.p. soletta t <sub>∞</sub>	perm. port.t <sub>0</sub>	perm. port.t <sub>∞</sub>	ritiro	temp<0	+vento p. scarico	+vento p. carico	accidentali	centrifuga
Yinf.soletta	-	-	-	-	-	-	0.05	0.05	1.43	1.20	0.00	0.00	0.12	0.00
Ysup.soletta	-	-	-	-	-	-	0.08	0.08	1.83	1.53	0.00	0.00	0.18	0.00
Yinf.trave	8.32	-0.59	-0.58	-1.90	-0.59	-0.58	-0.11	-0.10	-0.91	-0.72	0.00	0.00	-0.24	0.00
Ysup.trave	0.30	0.59	0.57	-0.07	0.59	0.57	0.05	0.05	1.44	1.21	0.00	0.00	0.12	0.00
YG.trefoli	5.55	-0.18	-0.18	-1.27	-0.18	-0.18	-0.05	-0.05	-0.10	-0.05	0.00	0.00	-0.11	0.00

σ traz soletta, ritiro + ΔT	-3.80	(ΔT < 0)
t = ∞	-0.44	(ΔT > 0)

σ traz soletta, ritiro + ΔT	-2.11	(ΔT < 0)
t = 0	1.26	(ΔT > 0)

Riepilogo tensioni in esercizio:

VERIFICA  $t = \infty$

**TREFOLI:**

**Tensioni elementari**

Y verif (m)	prec.iniz.	P.P. trav L	perdite <sub>soletta</sub>	P.P. soletta L	perm. port.L	ritiro	vento p. scaric	+vento p. carico	accidentali	centrifuga	temp<0
0.070	-1347.25	-11.08	307.22	-11.07	-1.47	-12.67	0.02	0.02	-1.08	0.00	-3.1
1.180	-1383.37	9.97	314.99	9.95	0.59	19.69	-0.01	-0.01	0.42	0.00	5.1
0.4500	-1359.62	-3.88	309.88	-3.87	-0.77	-1.59	0.01	0.01	-0.57	0.00	-0.3

RITIRO 0.5 RITIRO 0.6  
Combinaz DT 0.5 DT 0.6

$\Delta T < 0$  VENTO 0 VENTO 0.6

Y verif (m)	QUASI PERM		RARA		0.0	0.0	0.0	0.0
	+vento*0	-vento*0	+0.6vento	-0.6vento				
0.070	-1071.5	-1071.5	-1074.2	-1074.2	0.0	0.0	0.0	0.0
1.180	-1035.5	-1035.5	-1032.6	-1032.6	0.0	0.0	0.0	0.0
0.450	-1059.2	-1059.2	-1059.9	-1059.9	0.0	0.0	0.0	0.0

$\Delta T > 0$

Y verif (m)	QUASI PERM		RARA		0.0	0.0	0.0	0.0
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
0.070	-1068.5	-1068.5	-1070.5	-1070.5	0.0	0.0	0.0	0.0
1.180	-1040.6	-1040.6	-1038.7	-1038.7	0.0	0.0	0.0	0.0
0.450	-1058.9	-1058.9	-1059.6	-1059.6	0.0	0.0	0.0	0.0

**ARMATURA LENTA TRAVE E SOLETTA:**

**Tensioni elementari**

Y verif (m)	prec.iniz.	P.P. trav L	perdite <sub>soletta</sub>	P.P. soletta L	perm. port.L	ritiro	vento p. scaric	+vento p. carico	accidentali	centrifuga	temp<0
Y <sub>soletta</sub>	-	-	-	-	1.00	26.13	-0.01	-0.01	0.72	0.00	6.8
Y <sub>sup soletta</sub>	-	-	-	-	1.25	30.01	-0.01	-0.01	0.90	0.00	7.7
Y <sub>soletta trave</sub>	41.53	-11.05	-8.94	-11.03	-1.47	-12.61	0.02	0.02	-1.08	0.00	-3.1
Y <sub>sup soletta trave</sub>	3.92	10.88	-0.86	10.86	0.68	21.09	-0.01	-0.01	0.48	0.00	5.5

**Combinazioni**

$\Delta T < 0$

Y verif (m)	QUASI PERM		RARA		0.0	0.0	0.0	0.0
	+vento*0	-vento*0	+0.6vento	-0.6vento				
Y <sub>soletta</sub>	-58.5	-58.5	-39.0	-38.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>sup soletta</sub>	-55.8	-55.8	-35.6	-34.9	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>soletta trave</sub>	1.2	1.2	-1.4	-1.4				
Y <sub>sup soletta trave</sub>	38.8	38.8	41.9	41.9				

$\Delta T > 0$

Y verif (m)	QUASI PERM		RARA		0.0	0.0	0.0	0.0
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
Y <sub>soletta</sub>	5.9	5.9	13.3	13.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>sup soletta</sub>	7.6	7.6	15.5	15.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>soletta trave</sub>	4.3	4.3	2.2	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>sup soletta trave</sub>	33.3	33.3	35.3	35.3	0.0	0.0	0.0	0.0

**CLS TRAVE E SOLETTA:**

**Tensioni elementari**

Y verif (m)	prec.iniz.	P.P. trav L	perdite <sub>soletta</sub>	P.P. soletta L	perm. port.L	ritiro	vento p. scaric	+vento p. carico	accidentali	centrifuga	temp<0
Y <sub>soletta</sub>	-	-	-	-	0.05	1.43	0.00	0.00	0.12	0.00	1.2
Y <sub>sup soletta</sub>	-	-	-	-	0.08	1.83	0.00	0.00	0.18	0.00	1.5
Y <sub>soletta trave</sub>	8.32	-0.58	-1.90	-0.58	-0.10	-0.91	0.00	0.00	-0.24	0.00	-0.7
Y <sub>sup soletta trave</sub>	0.30	0.57	-0.07	0.57	0.05	1.44	0.00	0.00	0.12	0.00	1.2
Y <sub>G, trefoli</sub>	5.55	-0.18	-1.27	-0.18	-0.05	-0.10	0.00	0.00	-0.11	0.00	-0.1

$\sigma$  traz soletta, ritiro -3.80 ( $\Delta T < 0$ )  
-0.44 ( $\Delta T > 0$ )

RITIRO 0.5 RITIRO 0.6

Combinaz DT 0.5 DT 0.6

$\Delta T < 0$  VENTO 0.0 VENTO 0.6

Y verif (m)	QUASI PERM		RARA		0.0	0.0	0.0	0.0
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
Y <sub>soletta</sub>	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>sup soletta</sub>	-0.1	-0.1	0.0	0.0				
Y <sub>soletta trave</sub>	4.4	4.4	4.0	3.9				
Y <sub>sup soletta trave</sub>	2.7	2.7	3.1	3.1				
Y <sub>G, trefoli</sub>	3.8	3.8	3.7	3.7				

$\Delta T > 0$

Y verif (m)	QUASI PERM		RARA		0.0	0.0	0.0	0.0
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
Y <sub>soletta</sub>	-0.1	-0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>sup soletta</sub>	0.0	0.0	0.2	0.2				
Y <sub>soletta trave</sub>	5.1	5.1	4.8	4.8				
Y <sub>sup soletta trave</sub>	1.5	1.5	1.7	1.7				
Y <sub>G, trefoli</sub>	3.8	3.8	3.7	3.7				

$\sigma$ media	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	MPa	$\sigma$ media	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	MPa
N traz sull'armatura	-163746	-163746	-130214	-128748	0	0	0	0	N	raz sull'armatura	-10224	-10224	0	0	0	0	0	0	N
$\sigma$ traz sull'armatura	-76	-76	-60	-60	0	0	0	0	MPa	raz sull'armatura	-5	-5	0	0	0	0	0	0	MPa

**VERIFICA t = 0**

**TREFOLI:**

**Tensioni elementari**

Y veraso (m)	prec.iniz.	p.p. tv l <sub>0</sub>	perdite l <sub>1</sub> fase	p.p. soletta l <sub>0</sub>	perm. port.l.	20%ritiro	vento p. scaric.	+vento p. carico	accidentali	centrifuga	temp<0
0.070	-1347.25	-2.62	307.22	-2.62	-0.48	-2.53	0.02	0.02	-1.08	0.00	-3.1
1.180	-1383.37	2.39	314.99	2.39	0.19	3.94	-0.01	-0.01	0.42	0.00	5.1
0.450	-1359.62	-0.91	309.88	-0.91	-0.25	-0.32	0.01	0.01	-0.57	0.00	-0.3

RITIRO 0.5 RITIRO 0.6  
DT 0.5 DT 0.6  
Combinaz VENTO 0.0 VENTO 0.6

ΔT < 0

Y veraso (m)	QUASI PERM		RARA					
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
0.070	-1048.6	-1048.6	-1050.2	-1050.2				
1.180	-1058.9	-1058.9	-1057.6	-1057.6				
0.450	-1052.1	-1052.1	-1052.7	-1052.7				

ΔT > 0

Y veraso (m)	QUASI PERM		RARA					
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
0.070	-1045.5	-1045.5	-1046.5	-1046.5				
1.180	-1064.0	-1064.0	-1063.7	-1063.7				
0.450	-1051.8	-1051.8	-1052.4	-1052.4				

**ARMATURA LENTA TRAVE E SOLETTA:**

**Tensioni elementari**

Y verifica	prec.iniz.	p.p. tv l <sub>0</sub>	perdite l <sub>1</sub> fase	p.p. soletta l <sub>0</sub>	perm. port.l.	20%ritiro	vento p. scaric.	+vento p. carico	accidentali	centrifuga	temp<0
Y <sub>inf soletta</sub>	-	-	-	-	0.32	5.23	-0.01	-0.01	0.72	0.00	6.8
Y <sub>sup soletta</sub>	-	-	-	-	0.40	6.00	-0.01	-0.01	0.90	0.00	7.7
Y <sub>inf trave</sub>	41.53	-2.62	-8.94	-2.61	-0.48	-2.52	0.02	0.02	-1.08	0.00	-3.1
Y <sub>sup trave</sub>	3.92	2.61	-0.86	2.60	0.21	4.22	-0.01	-0.01	0.48	0.00	5.5

RITIRO 0.5 RITIRO 0.6  
DT 0.5 DT 0.6  
Combinaz VENTO 0.0 VENTO 0.6

ΔT < 0

Y verifica	QUASI PERM		RARA					
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
Y <sub>inf soletta</sub>	-26.2	-26.2	-0.2	0.5				
Y <sub>sup soletta</sub>	-25.3	-25.3	1.1	1.8				
Y <sub>inf trave</sub>	24.1	24.1	22.5	22.4				
Y <sub>sup trave</sub>	13.3	13.3	14.8	14.8				

ΔT > 0

Y verifica	QUASI PERM		RARA					
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
Y <sub>inf soletta</sub>	0.2	0.2	0.9	0.9				
Y <sub>sup soletta</sub>	0.2	0.2	1.0	1.0				
Y <sub>inf trave</sub>	27.1	27.1	26.1	26.1				
Y <sub>sup trave</sub>	7.9	7.9	8.2	8.2				

**CLS TRAVE E SOLETTA:**

**Tensioni elementari**

Y verifica	prec.iniz.	p.p. tv l <sub>0</sub>	perdite l <sub>1</sub> fase	p.p. soletta l <sub>0</sub>	perm. port.l.	20%ritiro	vento p. scaric.	+vento p. carico	accidentali	centrifuga	temp<0
Y <sub>inf soletta</sub>	-	-	-	-	0.05	0.29	0.00	0.00	0.12	0.00	1.2
Y <sub>sup soletta</sub>	-	-	-	-	0.08	0.37	0.00	0.00	0.18	0.00	1.5
Y <sub>inf trave</sub>	8.32	-0.59	-1.90	-0.59	-0.11	-0.18	0.00	0.00	-0.24	0.00	-0.7
Y <sub>sup trave</sub>	0.30	0.59	-0.07	0.59	0.05	0.29	0.00	0.00	0.12	0.00	1.2
Y <sub>G trefoli</sub>	5.55	-0.18	-1.27	-0.18	-0.05	-0.02	0.00	0.00	-0.11	0.00	-0.1

σ trax soletta, ritiro -2.11 (ΔT < 0)

1.26 (ΔT > 0)

RITIRO 0.5 RITIRO 0.6  
DT 0.5 DT 0.6  
Combinaz VENTO 0.0 VENTO 0.6

ΔT < 0

Y verifica	QUASI PERM		RARA					
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
Y <sub>inf soletta</sub>	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>sup soletta</sub>	0.0	0.0	0.1	0.1				
Y <sub>inf trave</sub>	4.7	4.7	4.4	4.4				
Y <sub>sup trave</sub>	2.2	2.2	2.5	2.5				
Y <sub>G trefoli</sub>	3.8	3.8	3.7	3.7				

ΔT > 0

Y verifica	QUASI PERM		RARA					
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
Y <sub>inf soletta</sub>	0.2	0.2	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>sup soletta</sub>	0.1	0.1	0.3	0.3				
Y <sub>inf trave</sub>	5.5	5.5	5.2	5.2				
Y <sub>sup trave</sub>	0.9	0.9	1.0	1.0				
Y <sub>G trefoli</sub>	3.9	3.9	3.8	3.8				

	σ media									MPa	σ media								MPa
N trax sull'armatura	-67670	-67670	-15385	-13919	0	0	0	0	0	N	trax sull'armatura	0	0	0	0	0	0	0	N
σ trax sull'armatura	-31	-31	-7	-6	0	0	0	0	0	MPa	trax sull'armatura	0	0	0	0	0	0	0	MPa

**Sezione di mezzeria**

**Riepilogo sollecitazioni:**

	Sez. resistente solo trave cap										Sez. resistente trave cap + soletta collaborante									
	prec.iniz	p.p. tv	0.85 p.p. tv	1.15 p.p. tv	p.p. tv l <sub>0</sub>	perdite l <sub>1</sub> fase	p.p. soletta l <sub>0</sub>	p.p. tv l <sub>0</sub>	p.p. soletta l <sub>0</sub>	perm. port.l <sub>0</sub>	temp<0	+vento p. scaric.	+vento p. carico	accidentali	centrifuga	perdite 2a fase	perm. port.l <sub>0</sub>	ritiro		
N (kN)	6756.8	0.0	0.0	0.0	0.0	-1764.1	0.0	0.0	0.0	0.0	807.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	892.7		
d (m)	-0.3162	-	-	-	-	-0.3165	-	-	-	-	0.5526	-	-	-	-	-	-	0.5839		
M (kNm)	-2136.6	874.5	743.3	1005.6	874.5	558.2	863.7	874.5	863.7	440.0	446.2	8.0	8.0	1231.0	0.0	0.0	440.0	521.2		

**Riepilogo verifiche:**

*combinazione quasi permanente*

**RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0107001	A	49 di 71

$t_{\infty}$		$\Delta T < 0$		$\Delta T > 0$	
Trefoli	min	-1132.99	verif	-1130.31	verif
	max	-856.20	verif	-861.66	verif
Armatura lenta trave	min	-106.25	verif	-103.58	verif
	max	182.01	verif	176.20	verif
Armatura soletta	min	27.66	verif	20.58	verif
	max	32.96	verif	24.90	verif
Calcestruzzo trave	min	4.85	verif	5.50	verif
	max	10.71	verif	7.65	verif
Calcestruzzo soletta	min	0.07	verif	0.50	verif
	max	0.70	verif	0.80	verif

$t_0$		$\Delta T < 0$		$\Delta T > 0$	
Trefoli	min	-999.18	verif	-996.50	verif
	max	-982.61	verif	-988.07	verif
Armatura lenta trave	min	27.09	verif	29.76	verif
	max	44.36	verif	38.54	verif
Armatura soletta	min	8.47	verif	3.07	verif
	max	10.28	verif	3.90	verif
Calcestruzzo trave	min	4.24	verif	4.92	verif
	max	8.89	verif	7.52	verif
Calcestruzzo soletta	min	0.31	verif	0.74	verif
	max	0.83	verif	0.93	verif

*combinazione rara*

$t_{\infty}$		$\Delta T < 0$		$\Delta T > 0$	
Trefoli	min	-1151.73	verif	-1148.51	verif
	max	-848.59	verif	-855.14	verif
Armatura lenta trave	min	-124.94	verif	-121.73	verif
	max	190.76	verif	183.79	verif

**RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLIV0107001	A	50 di 71

Armatura soletta	min	<b>40.45</b>	<b>verif</b>	<b>31.95</b>	<b>verif</b>
	max	<b>48.97</b>	<b>verif</b>	<b>39.31</b>	<b>verif</b>
Calcestruzzo trave	min	<b>0.93</b>	<b>verif</b>	<b>1.70</b>	<b>verif</b>
	max	<b>10.71</b>	<b>verif</b>	<b>9.18</b>	<b>verif</b>
Calcestruzzo soletta	min	<b>1.59</b>	<b>verif</b>	<b>2.10</b>	<b>verif</b>
	max	<b>3.21</b>	<b>verif</b>	<b>3.32</b>	<b>verif</b>

$t_0$		$\Delta T < 0$		$\Delta T > 0$	
Trefoli	min	<b>-1017.08</b>	<b>verif</b>	<b>-1013.86</b>	<b>verif</b>
	max	<b>-976.54</b>	<b>verif</b>	<b>-983.09</b>	<b>verif</b>
Armatura lenta trave	min	<b>9.24</b>	<b>verif</b>	<b>12.44</b>	<b>verif</b>
	max	<b>51.46</b>	<b>verif</b>	<b>44.48</b>	<b>verif</b>
Armatura soletta	min	<b>19.03</b>	<b>verif</b>	<b>12.55</b>	<b>verif</b>
	max	<b>23.78</b>	<b>verif</b>	<b>16.13</b>	<b>verif</b>
Calcestruzzo trave	min	<b>0.37</b>	<b>verif</b>	<b>1.15</b>	<b>verif</b>
	max	<b>10.56</b>	<b>verif</b>	<b>9.04</b>	<b>verif</b>
Calcestruzzo soletta	min	<b>1.88</b>	<b>verif</b>	<b>2.39</b>	<b>verif</b>
	max	<b>3.36</b>	<b>verif</b>	<b>3.47</b>	<b>verif</b>

Riepilogo tensioni elementari:

**RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0107001	A	51 di 71

**TREFOLI**

**Tensioni elementari**

y trefolo (m)	prec.iniz.	p.p. trav t <sub>0</sub>	p.p. trav t <sub>∞</sub>	perdite l fase	p.p. soletta t <sub>0</sub>	p.p. soletta t <sub>∞</sub>	perm. port.t <sub>0</sub>	perm. port.t <sub>∞</sub>	ritiro	temp<0	+vento p. scarico	+vento p. carico	accidentali	centrifuga
0.070	-1291.5	-18.9	-77.8	338.5	-18.7	-76.9	-6.2	-18.8	-10.5	-2.7	-0.1	-0.1	-17.4	0.0
1.180	-1385.7	17.5	74.9	361.8	17.3	74.0	1.8	6.4	19.4	5.5	0.0	0.0	5.1	0.0
0.33	-1313.5	-10.4	-42.1	344.0	-10.3	-41.5	-4.3	-12.9	-3.5	-0.8	-0.1	-0.1	-12.1	0.0

**ARMATURA LENTA TRAVE E SOLETTA**

**Tensioni elementari**

y verifica (m)	prec.iniz.	p.p. trav t <sub>0</sub>	p.p. trav t <sub>∞</sub>	perdite l fase	p.p. soletta t <sub>0</sub>	p.p. soletta t <sub>∞</sub>	perm. port.t <sub>0</sub>	perm. port.t <sub>∞</sub>	ritiro	temp<0	+vento p. scarico	+vento p. carico	accidentali	centrifuga
Ys.inf soletta	-	-	-	-	-	-	3.43	11.46	25.31	7.08	0.06	0.06	9.58	0.00
Ys.sup soletta	-	-	-	-	-	-	4.39	14.48	28.89	8.06	0.08	0.08	12.28	0.00
Ys.inf trave	97.23	-18.87	-77.56	-24.06	-18.64	-76.60	-6.19	-18.71	-10.43	-2.67	-0.11	-0.11	-17.31	0.00
Ys.sup trave	-0.96	19.11	81.51	0.19	18.87	80.50	2.17	7.54	20.66	5.81	0.04	0.04	6.08	0.00

**CLS TRAVE E SOLETTA**

**Tensioni elementari**

y verifica	prec.iniz.	p.p. trav t <sub>0</sub>	p.p. trav t <sub>∞</sub>	perdite l fase	p.p. soletta t <sub>0</sub>	p.p. soletta t <sub>∞</sub>	perm. port.t <sub>0</sub>	perm. port.t <sub>∞</sub>	ritiro	temp<0	+vento p. scarico	+vento p. carico	accidentali	centrifuga
Yinf soletta	-	-	-	-	-	-	0.58	0.56	1.30	1.26	0.01	0.01	1.63	0.00
Ysup soletta	-	-	-	-	-	-	0.90	0.86	1.64	1.59	0.02	0.02	2.53	0.00
Yinf trave	19.61	-4.27	-3.90	-5.14	-4.22	-3.85	-1.35	-1.18	-0.72	-0.64	-0.02	-0.02	-3.77	0.00
Ysup trave	-1.34	4.32	4.08	0.34	4.26	4.03	0.54	0.53	1.31	1.27	0.01	0.01	1.52	0.00
YG, trefoli	14.29	-2.09	-1.88	-3.75	-2.06	-1.85	-0.87	-0.75	-0.20	-0.16	-0.02	-0.02	-2.43	0.00

σ trave soletta, ritiro + ΔT	-3.54	(ΔT < 0)
t = ∞	-0.18	(ΔT > 0)

σ trave soletta, ritiro + ΔT	-2.05	(ΔT < 0)
t = 0	1.31	(ΔT > 0)

Riepilogo tensioni in esercizio:

VERIFICA  $t = \infty$

**TREFOLI:**

**Tensioni elementari**

Y verica (m)	prec.iniz.	P.P. trav L <sub>0</sub>	perdite <sub>trava</sub>	P.P. soletta L <sub>0</sub>	perm. port.L <sub>0</sub>	ritiro	vento p. scaric	+vento p. carico	accidentali	centrifuga	temp<0
0.070	-1291.45	-77.83	338.51	-76.87	-18.76	-10.49	-0.11	-0.11	-17.35	0.00	-2.7
1.180	-1385.73	74.90	361.79	73.98	6.45	19.37	0.03	0.03	5.11	0.00	5.5
0.3300	-1313.53	-42.06	343.96	-41.54	-12.85	-3.49	-0.08	-0.08	-12.09	0.00	-0.8

RITIRO 0.5 RITIRO 0.6  
DT 0.5 DT 0.6

Combinaz VENTO 0 VENTO 0.6

ΔT < 0

Y verica (m)	QUASI PERM		RARA		0.0	0.0	0.0	0.0
	+vento*0	-vento*0	+0.6vento	-0.6vento				
0.070	-1133.0	-1133.0	-1151.7	-1151.6	0.0	0.0	0.0	0.0
1.180	-856.2	-856.2	-848.6	-848.6	0.0	0.0	0.0	0.0
0.330	-1068.2	-1068.2	-1080.7	-1080.6	0.0	0.0	0.0	0.0

ΔT > 0

Y verica (m)	QUASI PERM		RARA		0.0	0.0	0.0	0.0
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
0.070	-1130.3	-1130.3	-1148.5	-1148.4	0.0	0.0	0.0	0.0
1.180	-861.7	-861.7	-855.1	-855.2	0.0	0.0	0.0	0.0
0.330	-1067.4	-1067.4	-1079.8	-1079.7	0.0	0.0	0.0	0.0

**ARMATURA LENTA TRAVE E SOLETTA:**

**Tensioni elementari**

Y verica (m)	prec.iniz.	P.P. trav L <sub>0</sub>	perdite <sub>trava</sub>	P.P. soletta L <sub>0</sub>	perm. port.L <sub>0</sub>	ritiro	vento p. scaric	+vento p. carico	accidentali	centrifuga	temp<0
Y <sub>inf</sub> soletta	-	-	-	-	11.46	25.31	0.06	0.06	9.58	0.00	7.1
Y <sub>sup</sub> soletta	-	-	-	-	14.48	28.89	0.08	0.08	12.28	0.00	8.1
Y <sub>inf</sub> trave	97.23	-77.56	-24.06	-76.60	-18.71	-10.43	-0.11	-0.11	-17.31	0.00	-2.7
Y <sub>sup</sub> trave	-0.96	81.51	0.19	80.50	7.54	20.66	0.04	0.04	6.08	0.00	5.8

**Combinazioni**

ΔT < 0

Y verica (m)	QUASI PERM		RARA		0.0	0.0	0.0	0.0
	+vento*0	-vento*0	+0.6vento	-0.6vento				
Y <sub>inf</sub> soletta	27.7	27.7	40.5	40.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>sup</sub> soletta	33.0	33.0	49.0	48.9	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>inf</sub> trave	-106.2	-106.2	-124.9	-124.8				
Y <sub>sup</sub> trave	182.0	182.0	190.8	190.7				

ΔT > 0

Y verica (m)	QUASI PERM		RARA		0.0	0.0	0.0	0.0
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
Y <sub>inf</sub> soletta	20.6	20.6	32.0	32.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>sup</sub> soletta	24.9	24.9	39.3	39.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>inf</sub> trave	-103.6	-103.6	-121.7	-121.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>sup</sub> trave	176.2	176.2	183.8	183.7	0.0	0.0	0.0	0.0

**CLS TRAVE E SOLETTA:**

**Tensioni elementari**

Y verica	prec.iniz.	P.P. trav L <sub>0</sub>	perdite <sub>trava</sub>	P.P. soletta L <sub>0</sub>	perm. port.L <sub>0</sub>	ritiro	vento p. scaric	+vento p. carico	accidentali	centrifuga	temp<0
Y <sub>inf</sub> soletta	-	-	-	-	0.56	1.30	0.01	0.01	1.63	0.00	1.3
Y <sub>sup</sub> soletta	-	-	-	-	0.86	1.64	0.02	0.02	2.53	0.00	1.6
Y <sub>inf</sub> trave	19.61	-3.90	-5.14	-3.85	-1.18	-0.72	-0.02	-0.02	-3.77	0.00	-0.6
Y <sub>sup</sub> trave	-1.34	4.08	0.34	4.03	0.53	1.31	0.01	0.01	1.52	0.00	1.3
Y <sub>G</sub> trefoli	14.29	-1.88	-3.75	-1.85	-0.75	-0.20	-0.02	-0.02	-2.43	0.00	-0.2

σ traz soletta, ritro -3.54 (ΔT < 0)

-0.18 (ΔT > 0)

RITIRO 0.5 RITIRO 0.6

DT 0.5 DT 0.6

Combinaz VENTO 0.0 VENTO 0.6

ΔT < 0

Y verica (m)	QUASI PERM		RARA		0.0	0.0	0.0	0.0
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
Y <sub>inf</sub> soletta	0.1	0.1	1.6	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>sup</sub> soletta	0.7	0.7	3.2	3.2				
Y <sub>inf</sub> trave	4.9	4.9	0.9	1.0				
Y <sub>sup</sub> trave	8.9	8.9	10.7	10.7				
Y <sub>G</sub> trefoli	5.9	5.9	3.4	3.4				

ΔT > 0

Y verica (m)	QUASI PERM		RARA		0.0	0.0	0.0	0.0
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
Y <sub>inf</sub> soletta	0.5	0.5	2.1	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>sup</sub> soletta	0.8	0.8	3.3	3.3				
Y <sub>inf</sub> trave	5.5	5.5	1.7	1.7				
Y <sub>sup</sub> trave	7.7	7.7	9.2	9.2				
Y <sub>G</sub> trefoli	6.0	6.0	3.6	3.6				

	σ media	0.4	0.4	2.4	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	MPa	σ media	0.6	0.6	2.7	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	MPa
N traz sull'armatura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	N	raz sull'armatura	0	0	0	0	0	0	0	0	N
σ traz sull'armatura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	MPa	raz sull'armatura	0	0	0	0	0	0	0	0	MPa

**VERIFICA t = 0**

**TREFOLI:**

**Tensioni elementari**

Y soletta (m)	prec.iniz.	p.p. tv t <sub>0</sub>	perdite i fase	p.p. soletta t <sub>0</sub>	perm. port. t <sub>0</sub>	20%ritiro	vento p. scarico	+vento p. carico	accidentali	centrifuga	temp<0
0.070	-1291.45	-18.94	338.51	-18.71	-6.20	-2.10	-0.11	-0.11	-17.35	0.00	-2.7
1.180	-1385.73	17.53	361.79	17.31	1.83	3.87	0.03	0.03	5.11	0.00	5.5
0.330	-1313.53	-10.40	343.96	-10.27	-4.32	-0.70	-0.08	-0.08	-12.09	0.00	-0.8

RITIRO 0.5 RITIRO 0.6  
DT 0.5 DT 0.6  
Combinaz VENTO 0.0 VENTO 0.6

Y soletta (m)	QUASI PERM		RARA					
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
0.070	-999.2	-999.2	-1017.1	-1016.9				
1.180	-982.6	-982.6	-976.5	-976.6				
0.330	-995.3	-995.3	-1007.6	-1007.5				

ΔT > 0

Y soletta (m)	QUASI PERM		RARA					
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
0.070	-996.5	-996.5	-1013.9	-1013.7				
1.180	-988.1	-988.1	-983.1	-983.1				
0.330	-994.5	-994.5	-1006.7	-1006.6				

**ARMATURA LENTA TRAVE E SOLETTA:**

**Tensioni elementari**

Y verifica	prec.iniz.	p.p. tv t <sub>0</sub>	perdite i fase	p.p. soletta t <sub>0</sub>	perm. port. t <sub>0</sub>	20%ritiro	vento p. scarico	+vento p. carico	accidentali	centrifuga	temp<0
Y <sub>inf</sub> soletta	-	-	-	-	3.43	5.06	0.06	0.06	9.58	0.00	7.1
Y <sub>sup</sub> soletta	-	-	-	-	4.39	5.78	0.08	0.08	12.28	0.00	8.1
Y <sub>inf</sub> trave	97.23	-18.87	-24.06	-18.64	-6.19	-2.09	-0.11	-0.11	-17.31	0.00	-2.7
Y <sub>sup</sub> trave	-0.96	19.11	0.19	18.87	2.17	4.13	0.04	0.04	6.08	0.00	5.8

RITIRO 0.5 RITIRO 0.6  
DT 0.5 DT 0.6  
Combinaz VENTO 0.0 VENTO 0.6

Y soletta	QUASI PERM		RARA					
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
Y <sub>inf</sub> soletta	8.5	8.5	19.1	19.0				
Y <sub>sup</sub> soletta	10.3	10.3	23.8	23.7				
Y <sub>inf</sub> trave	27.1	27.1	9.2	9.4				
Y <sub>sup</sub> trave	44.4	44.4	51.5	51.4				

ΔT > 0

Y soletta	QUASI PERM		RARA					
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
Y <sub>inf</sub> soletta	3.1	3.1	12.6	12.5				
Y <sub>sup</sub> soletta	3.9	3.9	16.1	16.0				
Y <sub>inf</sub> trave	29.8	29.8	12.4	12.6				
Y <sub>sup</sub> trave	38.5	38.5	44.5	44.4				

**CLS TRAVE E SOLETTA:**

**Tensioni elementari**

Y verifica	prec.iniz.	p.p. tv t <sub>0</sub>	perdite i fase	p.p. soletta t <sub>0</sub>	perm. port. t <sub>0</sub>	20%ritiro	vento p. scarico	+vento p. carico	accidentali	centrifuga	temp<0
Y <sub>inf</sub> soletta	-	-	-	-	0.58	0.26	0.01	0.01	1.63	0.00	1.3
Y <sub>sup</sub> soletta	-	-	-	-	0.90	0.33	0.02	0.02	2.53	0.00	1.6
Y <sub>inf</sub> trave	19.61	-4.27	-5.14	-4.22	-1.35	-0.14	-0.02	-0.02	-3.77	0.00	-0.6
Y <sub>sup</sub> trave	-1.34	4.32	0.34	4.26	0.54	0.26	0.01	0.01	1.52	0.00	1.3
Y <sub>G</sub> trefoli	14.29	-2.09	-3.75	-2.06	-0.87	-0.04	-0.02	-0.02	-2.43	0.00	-0.2

σ<sub>traz soletta, ritiro</sub> -2.05 (ΔT < 0)  
1.31 (ΔT > 0)

RITIRO 0.5 RITIRO 0.6  
DT 0.5 DT 0.6  
Combinaz VENTO 0.0 VENTO 0.6

Y soletta	QUASI PERM		RARA					
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
Y <sub>inf</sub> soletta	0.3	0.3	1.9	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>sup</sub> soletta	0.8	0.8	3.4	3.3				
Y <sub>inf</sub> trave	4.2	4.2	0.4	0.4				
Y <sub>sup</sub> trave	8.9	8.9	10.6	10.6				
Y <sub>G</sub> trefoli	5.4	5.4	3.0	3.0				

ΔT > 0

Y soletta	QUASI PERM		RARA					
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
Y <sub>inf</sub> soletta	0.7	0.7	2.4	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>sup</sub> soletta	0.9	0.9	3.5	3.5				
Y <sub>inf</sub> trave	4.9	4.9	1.1	1.2				
Y <sub>sup</sub> trave	7.5	7.5	9.0	9.0				
Y <sub>G</sub> trefoli	5.6	5.6	3.1	3.2				

	σ media	0.6	0.6	2.6	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	MPa	σ media	0.8	0.8	2.9	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	MPa
N traz sull'armatura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	N	raz sull'armatura	0	0	0	0	0	0	0	0	N
σ traz sull'armatura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	MPa	raz sull'armatura	0	0	0	0	0	0	0	0	MPa

**TRAVE INTERNA**

**Sezione ad "Le"**

**Riepilogo sollecitazioni:**

R <sub>Ed</sub>	Sez. resistente solo trave cap										Sez. resistente trave cap + soletta collaborante									
	prec.iniz	p.p. tv	0.85 p.p. tv	1.15 p.p. tv	p.p. tv t <sub>0</sub>	perdite i fase	p.p. soletta t <sub>0</sub>	p.p. tv L	p.p. soletta L	perm. port. t <sub>0</sub>	temp<0	+vento p. scarico	+vento p. carico	accidentali	centrifuga	perdite 2a fase	perm. port. t <sub>0</sub>	ritiro		
N (kN)	4440.2	0.0	0.0	0.0	0.0	-1010.8	0.0	0.0	0.0	0.0	807.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1018.0		
d (m)	-0.2011	-	-	-	-	-0.2010	-	-	-	-	0.6189	-	-	-	-	-	-	0.6300		
M (kNm)	-892.9	132.1	112.3	151.9	132.1	203.2	87.9	132.1	87.9	70.0	499.8	0.6	0.6	125.0	0.0	0.0	70.0	641.4		

**Riepilogo verifiche:**

*combinazione quasi permanente*

$t_{\infty}$		$\Delta T < 0$		$\Delta T > 0$	
Trefoli	min	-1068.59	verif	-1065.67	verif
	max	-1039.14	verif	-1043.92	verif
Armatura lenta trave	min	4.14	verif	7.05	verif
	max	34.81	verif	29.70	verif
Armatura soletta	min	-72.05	verif	10.72	verif
	max	-68.06	verif	13.35	verif
Calcestruzzo trave	min	2.51	verif	1.38	verif
	max	4.51	verif	5.20	verif
Calcestruzzo soletta	min	-0.59	verif	-0.02	verif
	max	-0.10	verif	0.07	verif

$t_0$		$\Delta T < 0$		$\Delta T > 0$	
Trefoli	min	-1059.86	verif	-1064.64	verif
	max	-1047.91	verif	-1044.99	verif
Armatura lenta trave	min	12.30	verif	7.18	verif
	max	24.74	verif	27.66	verif
Armatura soletta	min	-27.48	verif	0.43	verif
	max	-26.06	verif	0.48	verif
Calcestruzzo trave	min	1.99	verif	0.78	verif
	max	4.83	verif	5.57	verif
Calcestruzzo soletta	min	-0.27	verif	0.20	verif
	max	0.02	verif	0.29	verif

*combinazione rara*

$t_{\infty}$		$\Delta T < 0$		$\Delta T > 0$	
Trefoli	min	-1071.54	verif	-1068.02	verif
	max	-1036.31	verif	-1042.05	verif
Armatura lenta trave	min	1.21	verif	4.70	verif
	max	37.89	verif	31.75	verif

**RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLIV0107001	A	55 di 71

Armatura soletta	min	<b>-39.85</b>	<b>verif</b>	<b>13.43</b>	<b>verif</b>
	max	<b>-34.53</b>	<b>verif</b>	<b>16.81</b>	<b>verif</b>
Calcestruzzo trave	min	<b>2.89</b>	<b>verif</b>	<b>1.54</b>	<b>verif</b>
	max	<b>4.04</b>	<b>verif</b>	<b>4.87</b>	<b>verif</b>
Calcestruzzo soletta	min	<b>-0.57</b>	<b>verif</b>	<b>0.10</b>	<b>verif</b>
	max	<b>0.10</b>	<b>verif</b>	<b>0.31</b>	<b>verif</b>

$t_o$		$\Delta T < 0$		$\Delta T > 0$	
Trefoli	min	<b>-1058.52</b>	<b>verif</b>	<b>-1064.25</b>	<b>verif</b>
	max	<b>-1049.88</b>	<b>verif</b>	<b>-1046.36</b>	<b>verif</b>
Armatura lenta trave	min	<b>13.78</b>	<b>verif</b>	<b>7.65</b>	<b>verif</b>
	max	<b>22.79</b>	<b>verif</b>	<b>26.28</b>	<b>verif</b>
Armatura soletta	min	<b>6.85</b>	<b>verif</b>	<b>1.30</b>	<b>verif</b>
	max	<b>8.86</b>	<b>verif</b>	<b>1.67</b>	<b>verif</b>
Calcestruzzo trave	min	<b>2.28</b>	<b>verif</b>	<b>0.92</b>	<b>verif</b>
	max	<b>4.43</b>	<b>verif</b>	<b>5.26</b>	<b>verif</b>
Calcestruzzo soletta	min	<b>-0.20</b>	<b>verif</b>	<b>0.45</b>	<b>verif</b>
	max	<b>0.25</b>	<b>verif</b>	<b>0.48</b>	<b>verif</b>

Riepilogo tensioni elementari:

**RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0107001	A	56 di 71

**TREFOLI**

**Tensioni elementari**

y trefolo (m)	prec.iniz.	p.p. trav t <sub>0</sub>	p.p. trav t <sub>∞</sub>	perdite l fase	p.p. soletta t <sub>0</sub>	p.p. soletta t <sub>∞</sub>	perm. port.t <sub>0</sub>	perm. port.t <sub>∞</sub>	ritiro	temp<0	+vento p. scarico	+vento p. carico	accidentali	centrifuga
0.070	-1347.3	-2.6	-11.1	307.2	-1.8	-7.4	-0.8	-2.4	-12.2	-2.9	0.0	0.0	-1.4	0.0
1.180	-1383.4	2.4	10.0	315.0	1.6	6.7	0.3	0.9	18.5	4.8	0.0	0.0	0.5	0.0
0.45	-1359.6	-0.9	-3.9	309.9	-0.6	-2.6	-0.4	-1.3	-1.7	-0.3	0.0	0.0	-0.8	0.0

**ARMATURA LENTA TRAVE E SOLETTA**

**Tensioni elementari**

y verifica (m)	prec.iniz.	p.p. trav t <sub>0</sub>	p.p. trav t <sub>∞</sub>	perdite l fase	p.p. soletta t <sub>0</sub>	p.p. soletta t <sub>∞</sub>	perm. port.t <sub>0</sub>	perm. port.t <sub>∞</sub>	ritiro	temp<0	+vento p. scarico	+vento p. carico	accidentali	centrifuga
Ys.inf soletta	-	-	-	-	-	-	0.49	1.57	24.62	6.31	0.00	0.00	0.88	0.00
Ys.sup soletta	-	-	-	-	-	-	0.69	2.16	30.06	7.68	0.01	0.01	1.22	0.00
Ys.inf trave	41.53	-2.63	-11.11	-8.94	-1.75	-7.39	-0.80	-2.44	-12.10	-2.91	-0.01	-0.01	-1.43	0.00
Ys.sup trave	3.92	2.62	10.94	-0.86	1.74	7.28	0.33	1.04	19.84	5.11	0.00	0.00	0.58	0.00

**CLS TRAVE E SOLETTA**

**Tensioni elementari**

y verifica	prec.iniz.	p.p. trav t <sub>0</sub>	p.p. trav t <sub>∞</sub>	perdite l fase	p.p. soletta t <sub>0</sub>	p.p. soletta t <sub>∞</sub>	perm. port.t <sub>0</sub>	perm. port.t <sub>∞</sub>	ritiro	temp<0	+vento p. scarico	+vento p. carico	accidentali	centrifuga
Yinf soletta	-	-	-	-	-	-	0.08	0.08	1.34	1.12	0.00	0.00	0.15	0.00
Ysup soletta	-	-	-	-	-	-	0.14	0.13	1.82	1.51	0.00	0.00	0.25	0.00
Yinf trave	8.32	-0.59	-0.58	-1.90	-0.40	-0.39	-0.17	-0.16	-0.87	-0.69	0.00	0.00	-0.31	0.00
Ysup trave	0.30	0.59	0.58	-0.07	0.39	0.38	0.08	0.08	1.35	1.13	0.00	0.00	0.14	0.00
YG, trefoli	5.55	-0.18	-0.18	-1.27	-0.12	-0.12	-0.09	-0.08	-0.10	-0.06	0.00	0.00	-0.15	0.00

σ trave soletta, ritiro + ΔT	-3.80	(ΔT < 0)
t = ∞	-0.44	(ΔT > 0)

σ trave soletta, ritiro + ΔT	-2.11	(ΔT < 0)
t = 0	1.26	(ΔT > 0)

Riepilogo tensioni in esercizio:

VERIFICA  $t = \infty$

**TREFOLI:**

**Tensioni elementari**

Y verica (m)	prec.iniz.	P.P. trav L	perdite <sub>base</sub>	P.P. soletta L	perm. port.1.	ritiro	vento p. scaric	+vento p. carico	accidentali	centrifuga	tempo <sup>0</sup>
0.070	-1347.25	-11.15	307.22	-7.42	-2.45	-12.15	-0.01	-0.01	-1.43	0.00	-2.9
1.180	-1383.37	10.03	314.98	6.67	0.90	18.51	0.00	0.00	0.50	0.00	4.8
0.4500	-1359.62	-3.90	309.87	-2.59	-1.30	-1.65	0.00	0.00	-0.77	0.00	-0.3

**Combinaz**

RI TIRO	0.5	RI TIRO	0.6	
DT	0.5	DT	0.6	
$\Delta T < 0$	VENTO	0	VENTO	0.6

$\Delta T < 0$

Y verica (m)	QUASI PERM		RARA					
	+vento <sup>0</sup>	-vento <sup>0</sup>	+0.6vento	-0.6vento				
0.070	-1068.6	-1068.6	-1071.5	-1071.5	0.0	0.0	0.0	0.0
1.180	-1039.1	-1039.1	-1036.3	-1036.3	0.0	0.0	0.0	0.0
0.450	-1058.5	-1058.5	-1059.5	-1059.5	0.0	0.0	0.0	0.0

$\Delta T > 0$

Y verica (m)	QUASI PERM		RARA					
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
0.070	-1065.7	-1065.7	-1068.0	-1068.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.180	-1043.9	-1043.9	-1042.0	-1042.1	0.0	0.0	0.0	0.0
0.450	-1058.2	-1058.2	-1059.1	-1059.1	0.0	0.0	0.0	0.0

**ARMATURA LENTA TRAVE E SOLETTA:**

**Tensioni elementari**

Y verica (m)	prec.iniz.	P.P. trav L	perdite <sub>base</sub>	P.P. soletta L	perm. port.1.	ritiro	vento p. scaric	+vento p. carico	accidentali	centrifuga	tempo <sup>0</sup>
Y <sub>inf</sub> soletta	-	-	-	-	1.57	24.62	0.00	0.00	0.88	0.00	6.3
Y <sub>sup</sub> soletta	-	-	-	-	2.16	30.06	0.01	0.01	1.22	0.00	7.7
Y <sub>inf</sub> trave	41.53	-11.11	-8.94	-7.39	-2.44	-12.10	-0.01	-0.01	-1.43	0.00	-2.9
Y <sub>sup</sub> trave	3.92	10.94	-0.86	7.28	1.04	19.84	0.00	0.00	0.58	0.00	5.1

**Combinazioni**

$\Delta T < 0$

Y verica (m)	QUASI PERM		RARA					
	+vento <sup>0</sup>	-vento <sup>0</sup>	+0.6vento	-0.6vento				
Y <sub>inf</sub> soletta	-72.1	-72.1	-39.5	-39.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>sup</sub> soletta	-68.1	-68.1	-34.5	-34.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>inf</sub> trave	4.1	4.1	1.2	1.2				
Y <sub>sup</sub> trave	34.8	34.8	37.9	37.9				

$\Delta T > 0$

Y verica (m)	QUASI PERM		RARA					
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
Y <sub>inf</sub> soletta	10.7	10.7	13.4	13.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>sup</sub> soletta	13.3	13.3	16.8	16.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>inf</sub> trave	7.1	7.1	4.7	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>sup</sub> trave	29.7	29.7	31.8	31.7	0.0	0.0	0.0	0.0

**CLS TRAVE E SOLETTA:**

**Tensioni elementari**

Y verica	prec.iniz.	P.P. trav L	perdite <sub>base</sub>	P.P. soletta L	perm. port.1.	ritiro	vento p. scaric	+vento p. carico	accidentali	centrifuga	tempo <sup>0</sup>
Y <sub>inf</sub> soletta	-	-	-	-	0.08	1.34	0.00	0.00	0.15	0.00	1.1
Y <sub>sup</sub> soletta	-	-	-	-	0.13	1.82	0.00	0.00	0.25	0.00	1.5
Y <sub>inf</sub> trave	8.32	-0.58	-1.90	-0.39	-0.16	-0.87	0.00	0.00	-0.31	0.00	-0.7
Y <sub>sup</sub> trave	0.30	0.58	-0.07	0.38	0.08	1.35	0.00	0.00	0.14	0.00	1.1
Y <sub>G</sub> trefol	5.55	-0.18	-1.27	-0.12	-0.08	-0.10	0.00	0.00	-0.15	0.00	-0.1

$\sigma$  traz soletta, ritiro

-3.80	( $\Delta T < 0$ )
-0.44	( $\Delta T > 0$ )

**Combinaz**

RI TIRO	0.5	RI TIRO	0.6	
DT	0.5	DT	0.6	
$\Delta T < 0$	VENTO	0.0	VENTO	0.6

$\Delta T < 0$

Y verica (m)	QUASI PERM		RARA					
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
Y <sub>inf</sub> soletta	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>sup</sub> soletta	-0.1	-0.1	0.1	0.1				
Y <sub>inf</sub> trave	4.5	4.5	4.0	4.0				
Y <sub>sup</sub> trave	2.5	2.5	2.9	2.9				
Y <sub>G</sub> trefol	3.8	3.8	3.6	3.6				

$\Delta T > 0$

Y verica (m)	QUASI PERM		RARA					
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
Y <sub>inf</sub> soletta	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>sup</sub> soletta	0.1	0.1	0.3	0.3				
Y <sub>inf</sub> trave	5.2	5.2	4.9	4.9				
Y <sub>sup</sub> trave	1.4	1.4	1.5	1.5				
Y <sub>G</sub> trefol	3.9	3.9	3.7	3.7				

	$\sigma$ media	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	MPa	$\sigma$ media	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	MPa
N traz sull'armatura	-164625	-164625	-111904	-112456	0	0	0	0	0	N	raz sull'armatura	0	0	0	0	0	0	0	0	N
$\sigma$ traz sull'armatura	-89	-89	-61	-61	0	0	0	0	0	MPa	raz sull'armatura	0	0	0	0	0	0	0	0	MPa

**RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0107001	A	58 di 71

**VERIFICA t = 0**

**TREFOLI:**

**Tensioni elementari**

Y soletta (m)	prec.iniz.	p.p. tv l <sub>0</sub>	perdite 1 fase	p.p. soletta l <sub>0</sub>	perm. port.l.	20%ritiro	vento p. scaric.	+vento p. carico	accidentali	centrifuga	temp<0
0.070	-1347.25	-2.64	307.22	-1.76	-0.80	-2.43	-0.01	-0.01	-1.43	0.00	-2.9
1.180	-1383.37	2.40	314.98	1.60	0.28	3.70	0.00	0.00	0.50	0.00	4.8
0.450	-1359.62	-0.91	309.87	-0.61	-0.43	-0.33	0.00	0.00	-0.77	0.00	-0.3

RITIRO	0.5	RITIRO	0.6	
DT	0.5	DT	0.6	
Combinaz	VENTO	0.0	VENTO	0.6

Y soletta (m)	QUASI PERM		RARA					
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
0.070	-1047.9	-1047.9	-1049.9	-1049.9				
1.180	-1059.9	-1059.9	-1058.5	-1058.5				
0.450	-1052.0	-1052.0	-1052.8	-1052.8				

ΔT > 0

Y soletta (m)	QUASI PERM		RARA					
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
0.070	-1045.0	-1045.0	-1046.4	-1046.4				
1.180	-1064.6	-1064.6	-1064.3	-1064.3				
0.450	-1051.7	-1051.7	-1052.5	-1052.5				

**ARMATURA LENTA TRAVE E SOLETTA:**

**Tensioni elementari**

Y verifica	prec.iniz.	p.p. tv l <sub>0</sub>	perdite 1 fase	p.p. soletta l <sub>0</sub>	perm. port.l.	20%ritiro	vento p. scaric.	+vento p. carico	accidentali	centrifuga	temp<0
Y inf soletta	-	-	-	-	0.49	4.92	0.00	0.00	0.88	0.00	6.3
Y sup soletta	-	-	-	-	0.69	6.01	0.01	0.01	1.22	0.00	7.7
Y inf trave	41.53	-2.63	-8.94	-1.75	-0.80	-2.42	-0.01	-0.01	-1.43	0.00	-2.9
Y sup trave	3.92	2.62	-0.86	1.74	0.33	3.97	0.00	0.00	0.58	0.00	5.1

RITIRO	0.5	RITIRO	0.6	
DT	0.5	DT	0.6	
Combinaz	VENTO	0.0	VENTO	0.6

Y verifica	QUASI PERM		RARA					
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
Y inf soletta	-27.5	-27.5	6.9	6.9				
Y sup soletta	-26.1	-26.1	8.9	8.9				
Y inf trave	24.7	24.7	22.8	22.8				
Y sup trave	12.3	12.3	13.8	13.8				

ΔT > 0

Y verifica	QUASI PERM		RARA					
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
Y inf soletta	0.4	0.4	1.3	1.3				
Y sup soletta	0.5	0.5	1.7	1.7				
Y inf trave	27.7	27.7	26.3	26.3				
Y sup trave	7.2	7.2	7.7	7.7				

**CLS TRAVE E SOLETTA:**

**Tensioni elementari**

Y verifica	prec.iniz.	p.p. tv l <sub>0</sub>	perdite 1 fase	p.p. soletta l <sub>0</sub>	perm. port.l.	20%ritiro	vento p. scaric.	+vento p. carico	accidentali	centrifuga	temp<0
Y inf soletta	-	-	-	-	0.08	0.27	0.00	0.00	0.15	0.00	1.1
Y sup soletta	-	-	-	-	0.14	0.36	0.00	0.00	0.25	0.00	1.5
Y inf trave	8.32	-0.59	-1.90	-0.40	-0.17	-0.17	0.00	0.00	-0.31	0.00	-0.7
Y sup trave	0.30	0.59	-0.07	0.39	0.08	0.27	0.00	0.00	0.14	0.00	1.1
Y <sub>0</sub> trefoli	5.55	-0.18	-1.27	-0.12	-0.09	-0.02	0.00	0.00	-0.15	0.00	-0.1

σ trave soletta, ritiro (ΔT < 0) -2.11

σ trave soletta, ritiro (ΔT > 0) 1.26

RITIRO	0.5	RITIRO	0.6	
DT	0.5	DT	0.6	
Combinaz	VENTO	0.0	VENTO	0.6

Y verifica	QUASI PERM		RARA					
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
Y inf soletta	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Y sup soletta	0.0	0.0	0.3	0.2				
Y inf trave	4.8	4.8	4.4	4.4				
Y sup trave	2.0	2.0	2.3	2.3				
Y <sub>0</sub> trefoli	3.8	3.8	3.7	3.7				

ΔT > 0

Y verifica	QUASI PERM		RARA					
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
Y inf soletta	0.3	0.3	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Y sup soletta	0.2	0.2	0.5	0.5				
Y inf trave	5.6	5.6	5.3	5.3				
Y sup trave	0.8	0.8	0.9	0.9				
Y <sub>0</sub> trefoli	3.9	3.9	3.8	3.8				

σ media	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	MPa	σ media	0.2	0.2	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	MPa
N trave sull'armatura	-60133	-60133	0	0	0	0	0	0	0	N	raz sull'armatura	0	0	0	0	0	0	0	0	N
σ trave sull'armatura	-33	-33	0	0	0	0	0	0	0	MPa	raz sull'armatura	0	0	0	0	0	0	0	0	MPa

**Sezione di mezzeria**

**Riepilogo sollecitazioni:**

Sez. resistente solo trave cap	Sez. resistente trave cap + soletta collaborante																		
	R <sub>ed</sub>	prec.iniz	p.p. tv	0.85 p.p. tv	1.15 p.p. tv	p.p. tv l <sub>0</sub>	perdite 1 fase	p.p. soletta l <sub>0</sub>	p.p. tv l <sub>0</sub>	p.p. soletta l <sub>0</sub>	perm. port.l <sub>0</sub>	temp<0	+vento p. scaric.	+vento p. carico	accidentali	centrifuga	perdite 2a fase	perm. port.l <sub>0</sub>	ritiro
N (kN)	6756.8	0.0	0.0	0.0	0.0	-1763.6	0.0	0.0	0.0	0.0	807.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	892.7
d (m)	-0.3162	-	-	-	-	-0.3165	-	-	-	-	0.5591	-	-	-	-	-	-	-	0.5944
M (kNm)	-2136.6	880.5	748.4	1012.5	880.5	558.1	579.7	880.5	579.7	364.0	451.5	8.0	8.0	1263.0	0.0	0.0	0.0	364.0	530.6

**Riepilogo verifiche:**

*combinazione quasi permanente*

**RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0107001	A	59 di 71

$t_{\infty}$		$\Delta T < 0$		$\Delta T > 0$	
Trefoli	min	-1104.13	verif	-1101.56	verif
	max	-882.76	verif	-887.83	verif
Armatura lenta trave	min	-77.39	verif	-74.83	verif
	max	153.16	verif	147.76	verif
Armatura soletta	min	23.65	verif	17.05	verif
	max	30.27	verif	22.32	verif
Calcestruzzo trave	min	6.37	verif	6.22	verif
	max	9.00	verif	6.99	verif
Calcestruzzo soletta	min	-0.16	verif	0.35	verif
	max	0.53	verif	0.65	verif

$t_0$		$\Delta T < 0$		$\Delta T > 0$	
Trefoli	min	-991.86	verif	-994.23	verif
	max	-989.15	verif	-989.29	verif
Armatura lenta trave	min	34.49	verif	31.90	verif
	max	37.31	verif	37.05	verif
Armatura soletta	min	7.14	verif	2.23	verif
	max	9.41	verif	3.14	verif
Calcestruzzo trave	min	5.90	verif	6.03	verif
	max	7.31	verif	6.58	verif
Calcestruzzo soletta	min	0.10	verif	0.61	verif
	max	0.65	verif	0.77	verif

*combinazione rara*

$t_{\infty}$		$\Delta T < 0$		$\Delta T > 0$	
Trefoli	min	-1122.47	verif	-1119.38	verif
	max	-876.04	verif	-882.12	verif
Armatura lenta trave	min	-95.68	verif	-92.61	verif
	max	160.96	verif	154.48	verif

**RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLIV0107001	A	60 di 71

Armatura soletta	min	<b>35.29</b>	<b>verif</b>	<b>27.38</b>	<b>verif</b>
	max	<b>46.42</b>	<b>verif</b>	<b>36.88</b>	<b>verif</b>
Calcestruzzo trave	min	<b>2.54</b>	<b>verif</b>	<b>3.28</b>	<b>verif</b>
	max	<b>9.00</b>	<b>verif</b>	<b>7.57</b>	<b>verif</b>
Calcestruzzo soletta	min	<b>1.18</b>	<b>verif</b>	<b>1.79</b>	<b>verif</b>
	max	<b>3.05</b>	<b>verif</b>	<b>3.19</b>	<b>verif</b>

$t_o$		$\Delta T < 0$		$\Delta T > 0$	
Trefoli	min	<b>-1009.39</b>	<b>verif</b>	<b>-1006.31</b>	<b>verif</b>
	max	<b>-983.89</b>	<b>verif</b>	<b>-989.97</b>	<b>verif</b>
Armatura lenta trave	min	<b>17.00</b>	<b>verif</b>	<b>20.07</b>	<b>verif</b>
	max	<b>43.56</b>	<b>verif</b>	<b>37.07</b>	<b>verif</b>
Armatura soletta	min	<b>16.68</b>	<b>verif</b>	<b>10.78</b>	<b>verif</b>
	max	<b>23.05</b>	<b>verif</b>	<b>15.53</b>	<b>verif</b>
Calcestruzzo trave	min	<b>2.12</b>	<b>verif</b>	<b>2.86</b>	<b>verif</b>
	max	<b>8.80</b>	<b>verif</b>	<b>7.38</b>	<b>verif</b>
Calcestruzzo soletta	min	<b>1.49</b>	<b>verif</b>	<b>2.10</b>	<b>verif</b>
	max	<b>3.19</b>	<b>verif</b>	<b>3.33</b>	<b>verif</b>

Riepilogo tensioni elementari:

**RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0107001	A	61 di 71

**TREFOLI**

**Tensioni elementari**

Y trefoli (m)	prec.iniz.	p.p. trav t <sub>0</sub>	p.p. trav t <sub>∞</sub>	perdite l fase	p.p. soletta t <sub>0</sub>	p.p. soletta t <sub>∞</sub>	perm. port.t <sub>0</sub>	perm. port.t <sub>∞</sub>	ritiro	temp<0	+vento p. scarico	+vento p. carico	accidentali	centrifuga
0.070	-1291.5	-19.1	-78.4	338.4	-12.6	-51.6	-4.9	-14.8	-10.1	-2.6	-0.1	-0.1	-17.0	0.0
1.180	-1385.7	17.7	75.4	361.7	11.6	49.7	1.3	4.6	18.2	5.1	0.0	0.0	4.4	0.0
0.33	-1313.5	-10.5	-42.3	343.9	-6.9	-27.9	-3.5	-10.3	-3.5	-0.8	-0.1	-0.1	-12.0	0.0

**ARMATURA LENTA TRAVE E SOLETTA**

**Tensioni elementari**

Y verifica (m)	prec.iniz.	p.p. trav t <sub>0</sub>	p.p. trav t <sub>∞</sub>	perdite l fase	p.p. soletta t <sub>0</sub>	p.p. soletta t <sub>∞</sub>	perm. port.t <sub>0</sub>	perm. port.t <sub>∞</sub>	ritiro	temp<0	+vento p. scarico	+vento p. carico	accidentali	centrifuga
Y <sub>s.inf soletta</sub>	-	-	-	-	-	-	2.49	8.45	23.81	6.60	0.05	0.05	8.64	0.00
Y <sub>s.sup soletta</sub>	-	-	-	-	-	-	3.58	11.88	28.82	7.95	0.08	0.08	12.43	0.00
Y <sub>s.inf trave</sub>	97.23	-19.00	-78.09	-24.05	-12.51	-51.42	-4.89	-14.77	-10.03	-2.56	-0.11	-0.11	-16.97	0.00
Y <sub>s.sup trave</sub>	-0.96	19.24	82.07	0.19	12.67	54.03	1.53	5.42	19.40	5.40	0.03	0.03	5.30	0.00

**CLS TRAVE E SOLETTA**

**Tensioni elementari**

Y verifica	prec.iniz.	p.p. trav t <sub>0</sub>	p.p. trav t <sub>∞</sub>	perdite l fase	p.p. soletta t <sub>0</sub>	p.p. soletta t <sub>∞</sub>	perm. port.t <sub>0</sub>	perm. port.t <sub>∞</sub>	ritiro	temp<0	+vento p. scarico	+vento p. carico	accidentali	centrifuga
Y <sub>inf soletta</sub>	-	-	-	-	-	-	0.42	0.41	1.22	1.17	0.01	0.01	1.46	0.00
Y <sub>sup soletta</sub>	-	-	-	-	-	-	0.73	0.70	1.64	1.56	0.02	0.02	2.54	0.00
Y <sub>inf trave</sub>	19.61	-4.30	-3.93	-5.14	-2.83	-2.59	-1.06	-0.93	-0.69	-0.61	-0.02	-0.02	-3.69	0.00
Y <sub>sup trave</sub>	-1.34	4.35	4.11	0.34	2.86	2.70	0.39	0.39	1.23	1.19	0.01	0.01	1.35	0.00
Y <sub>G, trefoli</sub>	14.29	-2.10	-1.89	-3.75	-1.39	-1.24	-0.70	-0.60	-0.20	-0.16	-0.02	-0.02	-2.41	0.00

σ trave soletta, ritiro + ΔT	-3.54	(ΔT < 0)
t = ∞	-0.18	(ΔT > 0)

σ trave soletta, ritiro + ΔT	-2.05	(ΔT < 0)
t = 0	1.31	(ΔT > 0)

Riepilogo tensioni in esercizio:

**RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0107001	A	62 di 71

VERIFICA  $t = \infty$

**TREFOLI:**

**Tensioni elementari**

Y variaz. (m)	prec.iniz.	p.p. trav.L.	perdite <sub>soletta</sub>	p.p. soletta.L.	perm. port.1.	ritiro	vento p. scaric.	+vento p. carico	accidentali	centrifuga	tempo
0.070	-1291.45	-78.37	338.41	-51.60	-14.80	-10.08	-0.11	-0.11	-17.01	0.00	-2.6
1.180	-1385.73	75.42	361.69	49.66	4.59	18.18	0.03	0.03	4.38	0.00	5.1
0.3300	-1313.53	-42.35	343.87	-27.88	-10.26	-3.46	-0.08	-0.08	-12.00	0.00	-0.8

**Combinaz**

RI TIRO	0.5	RI TIRO	0.6	
DT	0.5	DT	0.6	
$\Delta T < 0$	VENTO	0	VENTO	0.6

Y variaz. (m)	QUASI PERM		RARA		0.0	0.0	0.0	0.0
	+vento*0	-vento*0	+0.6vento	-0.6vento				
0.070	-1104.1	-1104.1	-1122.5	-1122.3	0.0	0.0	0.0	0.0
1.180	-882.8	-882.8	-876.0	-876.1	0.0	0.0	0.0	0.0
0.330	-1052.3	-1052.3	-1064.7	-1064.7	0.0	0.0	0.0	0.0

$\Delta T > 0$

Y variaz. (m)	QUASI PERM		RARA		0.0	0.0	0.0	0.0
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
0.070	-1101.6	-1101.6	-1119.4	-1119.3	0.0	0.0	0.0	0.0
1.180	-887.8	-887.8	-882.1	-882.2	0.0	0.0	0.0	0.0
0.330	-1051.5	-1051.5	-1063.8	-1063.7	0.0	0.0	0.0	0.0

**ARMATURA LENTA TRAVE E SOLETTA:**

**Tensioni elementari**

Y variaz. (m)	prec.iniz.	p.p. trav.L.	perdite <sub>soletta</sub>	p.p. soletta.L.	perm. port.1.	ritiro	vento p. scaric.	+vento p. carico	accidentali	centrifuga	tempo
Y <sub>inf soletta</sub>	-	-	-	-	8.45	23.81	0.05	0.05	8.64	0.00	6.6
Y <sub>sup soletta</sub>	-	-	-	-	11.88	28.82	0.08	0.08	12.43	0.00	8.0
Y <sub>inf trave</sub>	97.23	-78.09	-24.05	-51.42	-14.77	-10.03	-0.11	-0.11	-16.97	0.00	-2.6
Y <sub>sup trave</sub>	-0.96	82.07	0.19	54.03	5.42	19.40	0.03	0.03	5.30	0.00	5.4

**Combinazioni**

$\Delta T < 0$

Y variaz. (m)	QUASI PERM		RARA		0.0	0.0	0.0	0.0
	+vento*0	-vento*0	+0.6vento	-0.6vento				
Y <sub>inf soletta</sub>	23.6	23.6	35.4	35.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>sup soletta</sub>	30.3	30.3	46.4	46.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>inf trave</sub>	-77.4	-77.4	-95.7	-95.6				
Y <sub>sup trave</sub>	153.2	153.2	161.0	160.9				

$\Delta T > 0$

Y variaz. (m)	QUASI PERM		RARA		0.0	0.0	0.0	0.0
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
Y <sub>inf soletta</sub>	17.1	17.1	27.4	27.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>sup soletta</sub>	22.3	22.3	36.9	36.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>inf trave</sub>	-74.8	-74.8	-92.6	-92.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>sup trave</sub>	147.8	147.8	154.5	154.4	0.0	0.0	0.0	0.0

**CLS TRAVE E SOLETTA:**

**Tensioni elementari**

Y verifica	prec.iniz.	p.p. trav.L.	perdite <sub>soletta</sub>	p.p. soletta.L.	perm. port.1.	ritiro	vento p. scaric.	+vento p. carico	accidentali	centrifuga	tempo
Y <sub>inf soletta</sub>	-	-	-	-	0.41	1.22	0.01	0.01	1.46	0.00	1.2
Y <sub>sup soletta</sub>	-	-	-	-	0.70	1.64	0.02	0.02	2.54	0.00	1.6
Y <sub>inf trave</sub>	19.61	-3.93	-5.14	-2.59	-0.93	-0.69	-0.02	-0.02	-3.69	0.00	-0.6
Y <sub>sup trave</sub>	-1.34	4.11	0.34	2.70	0.39	1.23	0.01	0.01	1.35	0.00	1.2
Y <sub>G trefoli</sub>	14.29	-1.89	-3.75	-1.24	-0.60	-0.20	-0.02	-0.02	-2.41	0.00	-0.2

$\sigma$  trave soletta, ritiro

-3.54	( $\Delta T < 0$ )
-0.18	( $\Delta T > 0$ )

**Combinaz**

RI TIRO	0.5	RI TIRO	0.6	
DT	0.5	DT	0.6	
$\Delta T < 0$	VENTO	0.0	VENTO	0.6

Y variaz. (m)	QUASI PERM		RARA		0.0	0.0	0.0	0.0
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
Y <sub>inf soletta</sub>	-0.2	-0.2	1.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>sup soletta</sub>	0.5	0.5	3.0	3.0				
Y <sub>inf trave</sub>	6.4	6.4	2.5	2.6				
Y <sub>sup trave</sub>	7.4	7.4	9.0	9.0				
Y <sub>G trefoli</sub>	6.6	6.6	4.2	4.2				

$\Delta T > 0$

Y variaz. (m)	QUASI PERM		RARA		0.0	0.0	0.0	0.0
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
Y <sub>inf soletta</sub>	0.3	0.3	1.8	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>sup soletta</sub>	0.6	0.6	3.2	3.2				
Y <sub>inf trave</sub>	7.0	7.0	3.3	3.3				
Y <sub>sup trave</sub>	6.2	6.2	7.6	7.6				
Y <sub>G trefoli</sub>	6.8	6.8	4.4	4.4				

	$\sigma$ media	0.2	0.2	2.1	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	MPa	$\sigma$ media	0.5	0.5	2.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	MPa
N trave sull'armatura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	N	raz sull'armatura	0	0	0	0	0	0	0	0	N
$\sigma$ trave sull'armatura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	MPa	raz sull'armatura	0	0	0	0	0	0	0	0	MPa

VERIFICA t = 0

TREFOLI:

Tensioni elementari

Y verif. (m)	prec.iniz.	p.p. trav. l <sub>0</sub>	perdite r <sub>1 base</sub>	p.p. soletta l <sub>0</sub>	perm. port.l <sub>0</sub>	20%ritiro	vento p. scaric.	+vento p. carico	accidentali	centrifuga	temp<0
0.070	-1291.45	-19.07	338.41	-12.56	-4.90	-2.02	-0.11	-0.11	-17.01	0.00	-2.6
1.180	-1385.73	17.65	361.69	11.62	1.26	3.64	0.03	0.03	4.38	0.00	5.1
0.330	-1313.53	-10.47	343.87	-6.89	-3.46	-0.69	-0.08	-0.08	-12.00	0.00	-0.8

RITIRO 0.5 RITIRO 0.6  
DT 0.5 DT 0.6  
Combinaz VENTO 0.0 VENTO 0.6

ΔT < 0

Y verif. (m)	QUASI PERM		RARA					
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
0.070	-991.9	-991.9	-1009.4	-1009.3				
1.180	-989.2	-989.2	-983.9	-983.9				
0.330	-991.2	-991.2	-1003.4	-1003.3				

ΔT > 0

	QUASI PERM		RARA					
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
0.070	-989.3	-989.3	-1006.3	-1006.2				
1.180	-994.2	-994.2	-990.0	-990.0				
0.330	-990.4	-990.4	-1002.5	-1002.4				

ARMATURA LENTA TRAVE E SOLETTA:

Tensioni elementari

Y verifica	prec.iniz.	p.p. trav. l <sub>0</sub>	perdite r <sub>1 base</sub>	p.p. soletta l <sub>0</sub>	perm. port.l <sub>0</sub>	20%ritiro	vento p. scaric.	+vento p. carico	accidentali	centrifuga	temp<0
Y <sub>inf soletta</sub>	-	-	-	-	2.49	4.76	0.05	0.05	8.64	0.00	6.6
Y <sub>sup soletta</sub>	-	-	-	-	3.58	5.76	0.08	0.08	12.43	0.00	8.0
Y <sub>inf trave</sub>	97.23	-19.00	-24.05	-12.51	-4.89	-2.01	-0.11	-0.11	-16.97	0.00	-2.6
Y <sub>sup trave</sub>	-0.96	19.24	0.19	12.67	1.53	3.88	0.03	0.03	5.30	0.00	5.4

RITIRO 0.5 RITIRO 0.6  
DT 0.5 DT 0.6  
Combinaz VENTO 0.0 VENTO 0.6

ΔT < 0

Y verif. (m)	QUASI PERM		RARA					
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
Y <sub>inf soletta</sub>	7.1	7.1	16.7	16.7				
Y <sub>sup soletta</sub>	9.4	9.4	23.1	23.0				
Y <sub>inf trave</sub>	34.5	34.5	17.0	17.1				
Y <sub>sup trave</sub>	37.3	37.3	43.6	43.5				

ΔT > 0

Y verif. (m)	QUASI PERM		RARA					
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
Y <sub>inf soletta</sub>	2.2	2.2	10.8	10.8				
Y <sub>sup soletta</sub>	3.1	3.1	15.5	15.4				
Y <sub>inf trave</sub>	37.0	37.0	20.1	20.2				
Y <sub>sup trave</sub>	31.9	31.9	37.1	37.0				

CLS TRAVE E SOLETTA:

Tensioni elementari

Y verifica	prec.iniz.	p.p. trav. l <sub>0</sub>	perdite r <sub>1 base</sub>	p.p. soletta l <sub>0</sub>	perm. port.l <sub>0</sub>	20%ritiro	vento p. scaric.	+vento p. carico	accidentali	centrifuga	temp<0
Y <sub>inf soletta</sub>	-	-	-	-	0.42	0.24	0.01	0.01	1.46	0.00	1.2
Y <sub>sup soletta</sub>	-	-	-	-	0.73	0.33	0.02	0.02	2.54	0.00	1.6
Y <sub>inf trave</sub>	19.61	-4.30	-5.14	-2.83	-1.06	-0.14	-0.02	-0.02	-3.69	0.00	-0.6
Y <sub>sup trave</sub>	-1.34	4.35	0.34	2.86	0.39	0.25	0.01	0.01	1.35	0.00	1.2
Y <sub>G.trefoli</sub>	14.29	-2.10	-3.75	-1.39	-0.70	-0.04	-0.02	-0.02	-2.41	0.00	-0.2

σ traz soletta, ritiro -2.05 (ΔT < 0)

1.31 (ΔT > 0)  
RITIRO 0.5 RITIRO 0.6  
DT 0.5 DT 0.6  
Combinaz VENTO 0.0 VENTO 0.6

ΔT < 0

Y verif. (m)	QUASI PERM		RARA					
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
Y <sub>inf soletta</sub>	0.1	0.1	1.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>sup soletta</sub>	0.7	0.7	3.2	3.2				
Y <sub>inf trave</sub>	5.9	5.9	2.1	2.1				
Y <sub>sup trave</sub>	7.3	7.3	8.8	8.8				
Y <sub>G.trefoli</sub>	6.3	6.3	3.8	3.8				

ΔT > 0

Y verif. (m)	QUASI PERM		RARA					
	+vento	-vento	+0.6vento	-0.6vento				
Y <sub>inf soletta</sub>	0.6	0.6	2.1	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Y <sub>sup soletta</sub>	0.8	0.8	3.3	3.3				
Y <sub>inf trave</sub>	6.5	6.6	2.9	2.9				
Y <sub>sup trave</sub>	6.0	6.0	7.4	7.4				
Y <sub>G.trefoli</sub>	6.4	6.4	4.0	4.0				

	σ media	0.4	0.4	2.3	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	MPa	σ media	0.7	0.7	2.7	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	MPa
N traz sull'armatura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	N	raz sull'armatura	0	0	0	0	0	0	0	0	N
σ traz sull'armatura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	MPa	raz sull'armatura	0	0	0	0	0	0	0	0	MPa

11.1.10 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER PRESSOFLESSIONE

Le ipotesi assunte, nel rispetto delle prescrizioni regolamentari, sono:

- conservazione delle sezioni piane, con assenza di scorrimento tra acciaio e calcestruzzo; andamento delle deformazioni lineare;
- deformazione limite del conglomerato: 3.5 ‰;
- deformazione limite dell'acciaio: 10 ‰;

**RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLIV0107001	A	64 di 71

- legame costitutivo del calcestruzzo: diagramma parabola-rettangolo con tensione convenzionale di rottura del conglomerato pari a:  $0.85 f_{cd}$  (variabile parabolicamente per deformazioni inferiori al 2.0 ‰ e costante per valori della deformazione compresi tra il 2.0‰ e il 3.5‰);
- legame costitutivo dell'acciaio: lineare fino a  $f_{yd}$  con pendenza  $E_s$  e costante per valori della deformazione compresi tra il  $f_{yd}/E_s$  e il 10‰.

Si riportano di seguito i valori relativi alla trave di bordo – sezione di mezzzeria.

Valutazione delle sollecitazioni massime agli stati limite ultimi:

	N [kN]	M [kNm]	coefficienti	N [kN]	M [kNm]
Peso trave	0.00	874.47	1.35	0.00	1180.54
Peso soletta	0.00	863.70	1.35	0.00	1166.00
Permanenti	0.00	440.00	1.50	0.00	660.00
Ritiro	892.70	521.23	1.20	1071.24	625.47
Accidentali	0.00	1231.00	1.35	0.00	1661.85
Centrifuga	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vento	0.00	8.00	0.90	0.00	7.20
Precompressione	6756.76	-2136.55	1.00	6756.76	-2136.55
Perdite	-1764.07	558.24	1.00	-1764.07	558.24
Totale				<b>6063.92</b>	<b>3722.75</b>

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

N° Vertici  Zoom      N° barre  Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	-40	0	1	48.65	0	33
2	-20	0	2	90.45	0	75
3	20	0	3	10.78	0	140.1
4	40	0	4	10.78	0	153.4
5	40	24				
6	15	33.1				

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

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

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

**Materiali**  
B450C      C45/55

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>  ‰

M<sub>xRd</sub>  kN m  
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

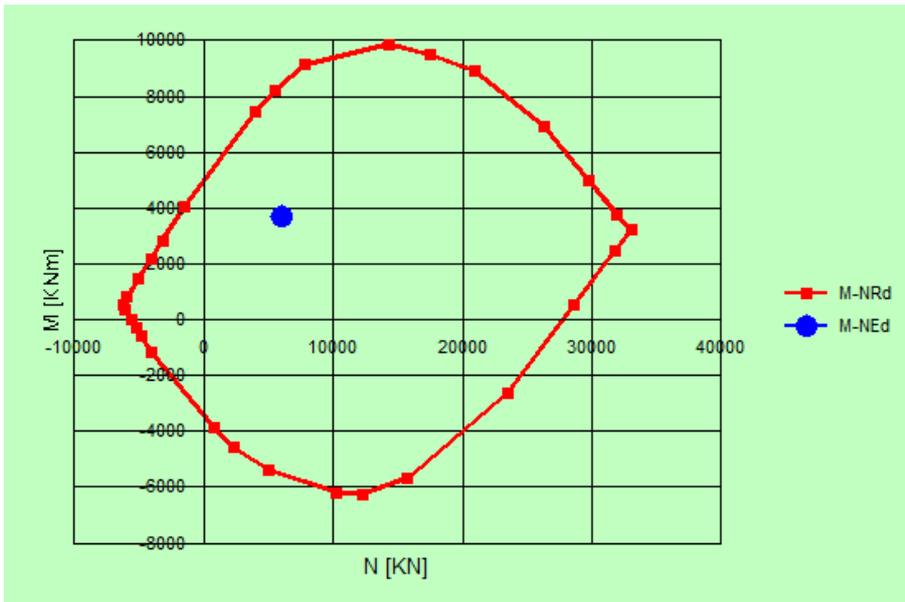
**Tipo Sezione**  
 Rettan.re     Trapezi  
 a T     Circolare  
 Rettangoli     Coord.

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

**Tipo flessione**  
 Retta     Deviata

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

Precompresso



La verifica è soddisfatta.

### 11.1.11 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO PER TAGLIO

Si riportano le verifiche a taglio nella sezione di appoggio (sezione rettangolare) e nella sezione in cui inizia la trave a T (2.1m dalla testata).

#### 11.1.11.1 Sezione di appoggio

Si dispone una staffatura costituita da  $\phi 14/15$  a 2 braccia

Altezza utile (d)	1528 mm	
$b_w$	0.8 m	
$f_{yd}$	391.3 MPa	
$f_{ck}$	45.65 MPa	
$f'_{cd} = 0.5f_{cd}$	12.9 MPa	
n. braccia	2	
$\phi$	14 mm	
$A_{sw}$	307.72 mm <sup>2</sup>	
Passo	0.15 m	20.51 cm <sup>2</sup> /m
$V_{Rsd}$	1103.9 kN	
$V_{Rcd}$	14229.7 kN	
$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$	<b>1103.9 kN</b>	
Taglio agente	1020.0 kN	
Verifica soddisfatta	<b>FS</b>	<b>1.08</b>

#### 11.1.11.2 Sezione a 2.1m dalla testata

Si dispone una staffatura costituita da  $\phi 14/20$  a 2 braccia

Altezza utile (d)	1528 mm	
$b_w$	0.3 m	
$f_{yd}$	391.3 MPa	
$f_{ck}$	45.65 MPa	
$f'_{cd} = 0.5f_{cd}$	12.9 MPa	
n. braccia	2	
$\phi$	14 mm	
$A_{sw}$	307.72 mm <sup>2</sup>	
Passo	0.2 m	15.39 cm <sup>2</sup> /m

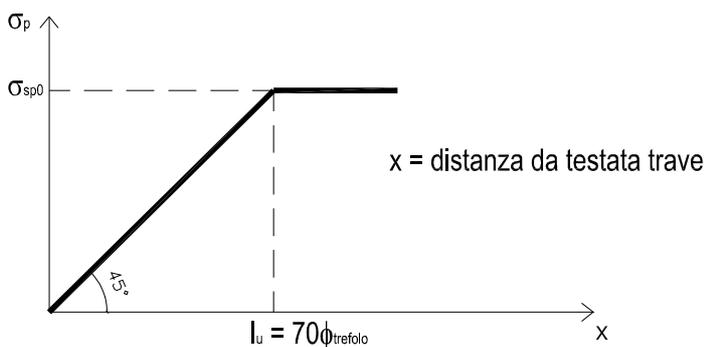
**RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	20	D 26	CLIV0107001	A	67 di 71

$V_{Rsd}$		828.0 kN
$V_{Rcd}$		5336.1 kN
$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$		<b>828.0 kN</b>
Taglio agente		610.0 kN
Verifica soddisfatta	<b>FS</b>	<b>1.36</b>

### 11.1.12 DETERMINAZIONE DELL'ARMATURA LONGITUDINALE ALL'APPOGGIO

Si ipotizza un andamento lineare dello sforzo di precompressione, da un valore pari a zero in testata, ad un valore pari a quello di progetto a distanza dalla testata pari a 70 volte il diametro del trefolo più grande ( $l_u$ ).



Azione sollecitante:

$R$  = reazione verticale massima in appoggio della singolo cassoncino;

$N$  = aliquota di sforzo di competenza della singola anima.

Azione resistente:

$\sigma_p$  = tensione finale a cadute avvenute nell'armatura di precompressione;

$n$  = numero trefoli efficaci, disposti al lembo inferiore, per anima;

$A_{tf}$  = area di ciascun trefolo;

$L$  = distanza asse appoggio dalla testata della trave;

$l_u$  = lunghezza di trasferimento.

Si riduce il valore efficace della precompressione del 30% per tener conto della riduzione delle  $\tau$  di aderenza per effetto della fatica:

$$N_p = 0.7 \times A_{tf} \times n \times \sigma_p \times L/l_u$$

Lo sforzo residuo da assorbire con opportuna armatura lenta è pari a:

$$\Delta N = N - N_p$$

L'area di armatura lenta longitudinale da inserire è pari a:

$$A'_s = \Delta N / \sigma_{adm}$$

R =	<b>748</b> kN	reazione verticale massima in appoggio del singolo cassoncino
N =	748 kN	aliquota dello sforzo di competenza della singola anima
$\sigma_p$ =	<b>495.3</b> MPa	tensione nell'armatura di precompressione a cadute avvenute
n =	<b>14</b> -	n° trefoli disposti al lembo inferiore per anima
$A_{tf}$ =	1.39 cm <sup>2</sup>	area di ciascun trefolo
L =	<b>0.7</b> m	distanza dell'asse appoggio dalla testata della trave
$l_u$ =	1.064 m	lunghezza di trasferimento
$N_p$ =	444 kN	sforzo assorbito dall'armatura di precompressione
$\Delta N_p$ =	304 kN	sforzo residuo da assorbire con apposita armatura lenta
$\sigma_{s,adm}$ =	337.5 MPa	tensione ammissibile dell'armatura da inserire
$A'_s$ =	<b>9.01</b> cm <sup>2</sup>	area dell'armatura da inserire per assorbire la forza $\Delta N_p$

Si dispongono 5  $\phi$  16: 10.05cm<sup>2</sup>

### 11.1.13 BURSTING (FENDITURA)

Tale verifica viene effettuata all'atto del rilascio dei trefoli. Le forze di bursting vengono assorbite da staffe disposte a partire dalla testata per un tratto pari alla lunghezza di trasferimento  $l_u$ .

Azione dovuta ad un trefolo :

$$P_{1,tr} = \sigma_{spi} \cdot A_{trefolo}$$

$$Z_{s1,tr} = 0.25 \cdot P_{1,tr}$$

Azione dovuta ai trefoli agenti :

$$Z_s = n_{trefoli,agenti} \cdot Z_{s1,tr}$$

$$A_{st} = Z_s / \sigma_{s,adm}$$

Le forze di fenditura di parecchi trefoli, disposti l'uno accanto all'altro su righe parallele, si elidono vicendevolmente, per cui, su un'anima, si ha:

$R_{ckj}$	49 MPa	
$\sigma_{spi}$	1389 MPa	
$H_0$	0.85 m	= $H_{trave} - Y_{g \text{ trefoli}}$
$l_u$	1.064 m	
$l_e$	1.382 m	
$A_{trefolo}$	139.0 mm <sup>2</sup>	
$P_{1,tr}$	193.1 kN	= $\sigma_{spi} \times A_{trefolo}$ Azione dovuta ad un trefolo
$Z_{s1,tr}$	48.3 kN	= 0.25 $P_{1,tr}$
n. trefoli agenti	12	
$Z_s$	579.2 kN	= $Z_{s1,tr} \times n. \text{ trefoli}$
$\sigma_{s,adm} =$	337.5 MPa	
$A_{st} =$	<b>17.16</b> cm <sup>2</sup>	
$A_{st}/l_u =$	<b>16.13</b> cm <sup>2</sup> /m	

#### 11.1.14 SPALLING

Tale verifica viene effettuata all'atto del rilascio dei trefoli. Le forze di spalling vengono assorbite da staffe disposte a partire dalla testata per un tratto pari a  $l_u/3$ .

La verifica dello spalling viene effettuata seguendo le indicazioni del Leonhardt (Vol. II pag. 66).

Si definiscono le seguenti grandezze geometriche :

$y_G$  = baricentro della sezione (trave cap)

$y_{G,trefoli}$  = baricentro dei trefoli all'appoggio da intradosso trave

$e$  = eccentricità del cavo risultante rispetto al baricentro

$d$  = altezza della sezione

$n_{trefoli,appoggio}$  = numero di trefoli presenti nella sezione di appoggio

$$P = n_{trefoli,appoggio} \cdot P_{1,tr}$$

$$Z_{Ry} = \frac{0.015P}{1 - \sqrt{2e/d}}$$

**RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLIV0107001	A	70 di 71

$$A_{st} = \frac{Z_{Ry}}{\sigma_s} =$$

$Y_G$	0.65 m	baricentro della sezione (trave cap)
$Y_{G,terefoli}$	0.45 m	baricentro dei trefoli all'appoggio da intradosso trave
$e$	0.20 m	eccentricità del cavo risultante rispetto al baricentro
$d$	1.30 m	altezza della sezione
$n_{terefoli}$ sezione appoggio	23	numero di trefoli presenti nella sezione di appoggio
$P$	4440.2 kN	$n_{terefoli,appoggio} \times P_{1,tr}$
$Z_{Ry}$	149.6 kN	$= 0.015P / (1 - (2e/d)^{0.5})$
$\sigma_{s,adm} =$	337.5 MPa	
$A_{st} =$	<b>4.43</b> cm <sup>2</sup>	Staffatura da disporre su $L_u/3$
$A_{st}/l_u/3 =$	<b>12.50</b> cm <sup>2</sup> /m	Staffatura da disporre a ml

### 11.1.15 SPREADING (DIFFUSIONE)

Tale verifica viene effettuata all'atto del rilascio dei trefoli. Le forze di spreading vengono assorbite da staffe disposte a partire dalla testata per un tratto pari alla distanza di introduzione  $l_e$ .

La diffusione ("spreading") delle forze di precompressione, avviene secondo delle traiettorie che, con sufficiente approssimazione, sono inclinate rispetto all'asse del cavo di precompressione di un angolo pari a  $\beta$ . Tale angolo può essere assunto pari a:

$$\beta = \arctg(2/3) = 34^\circ.$$

Lo sforzo di scorrimento all'attacco delle anime alla piattabanda, all'atto del taglio dei trefoli è pari a:

$$S = F_i - R_{cA}$$

$$T = S \times \operatorname{tg}\beta$$

$$A_s = T / \sigma_f$$

$n_{terefoli}$ bulbo =	<b>14</b> -	$n^\circ$ di trefoli presenti nel bulbo inferiore
$A_{bulbo} =$	<b>0.242</b> m <sup>2</sup>	area del bulbo inferiore
$l_u =$	1.064 m	lunghezza di trasferimento
$l_e =$	1.382 m	lunghezza di introduzione
$x = l_e =$	1.382 m	distanza dalla testata della trave della sez. di verifica

**RELAZIONE DI CALCOLO TRAVI IN C.A.P.**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLIV0107001	A	71 di 71

% P =	100% -	percentuale di precompressione
$F_i$ =	2702.7 kN	sforzo risultante nei trefoli presenti nel bulbo
$\sigma_{inf\ b}$ =	<b>1.58</b> MPa	tensione normale agente all'intradosso del bulbo nella sez. $x=l_e$
$\sigma_{sup\ b}$ =	<b>1.30</b> MPa	tensione normale agente all'estradosso del bulbo nella sez. $x=l_e$
$\sigma_{media}$ =	1.44 MPa	tensione normale media agente nel bulbo nella sez. $x=l_e$
$R_{CA}$ =	348.7 kN	risultante delle tensioni normali agenti nel bulbo nella sez. $x=l_e$
S =	2354.1 kN	forza di scorrimento
$\beta$ =	34 °	angolo di inclinaz. delle traiettorie delle forze di prec. rispetto all'asse dei cavi
$tg\beta$ =	0.6745 -	
T =	1587.8 kN	forza di trazione in direzione ortogonale ai cavi
$A_{st}$ =	<b>47.96</b> cm <sup>2</sup>	area dell'armatura da inserire per assorbire la forza T da disporre in $L_e$
$A_{st}/l_e$ =	34.70 cm <sup>2</sup> /m	area dell'armatura a ml

**11.1.16 RIEPILOGO ARMATURE TRASVERSALI ALL'ESTREMITA' DELLA TRAVE**

Si riporta nel seguito il riepilogo delle armature trasversali per anima nella zona di testata:

d	0.7 m	distanza asse appoggi da testata
$l_u$	1.064 m	
$l_e$	1.382 m	
$l_u/3$	0.35 m	

		0- $l_u/3$ [m]	$l_u/3$ -d [m]	d- $l_u$ [m]	$l_u$ - $l_e$ [m]	
		0.35	0.35	0.364	0.318	
Taglio	d- $l_e$	0	0	20.5	20.5	cm <sup>2</sup> /m
Bursting	$l_u$	16.13	16.13	16.13	0	cm <sup>2</sup> /m
Spalling	$l_u/3$	12.50	0	0	0	cm <sup>2</sup> /m
Spreading	$l_e$	34.70	34.70	34.70	34.70	cm <sup>2</sup> /m
<b>Totale</b>		<b>63.32</b>	<b>50.83</b>	<b>71.33</b>	<b>55.20</b>	cm <sup>2</sup> /m

**STAFFATURA:**

n. braccia		5.00	4.00	5.00	4	
$\emptyset$	mm	14.00	14.00	14.00	14	
Passo	m	0.10	0.10	0.10	0.1	
$A_{st}/m$	cm <sup>2</sup> /m	<b>76.93</b>	<b>61.54</b>	<b>76.93</b>	<b>61.54</b>	cm <sup>2</sup> /m