



# RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

**spogliatoi**

Monza (MB)



## Indice

1. Premessa
2. Descrizione opera
3. Dati generali relativi alla struttura
4. Riferimenti legislativi
5. Parametri dei materiali utilizzati
6. Combinazioni di carico
7. Azione sismica
8. Metodi di verifica e caratteristiche del codice di calcolo
9. 1
10. 2
11. 3
12. 4
13. 5
14. 6
15. 7
16. 10
17. Conclusione
18. Principali risultati
19. Allegati



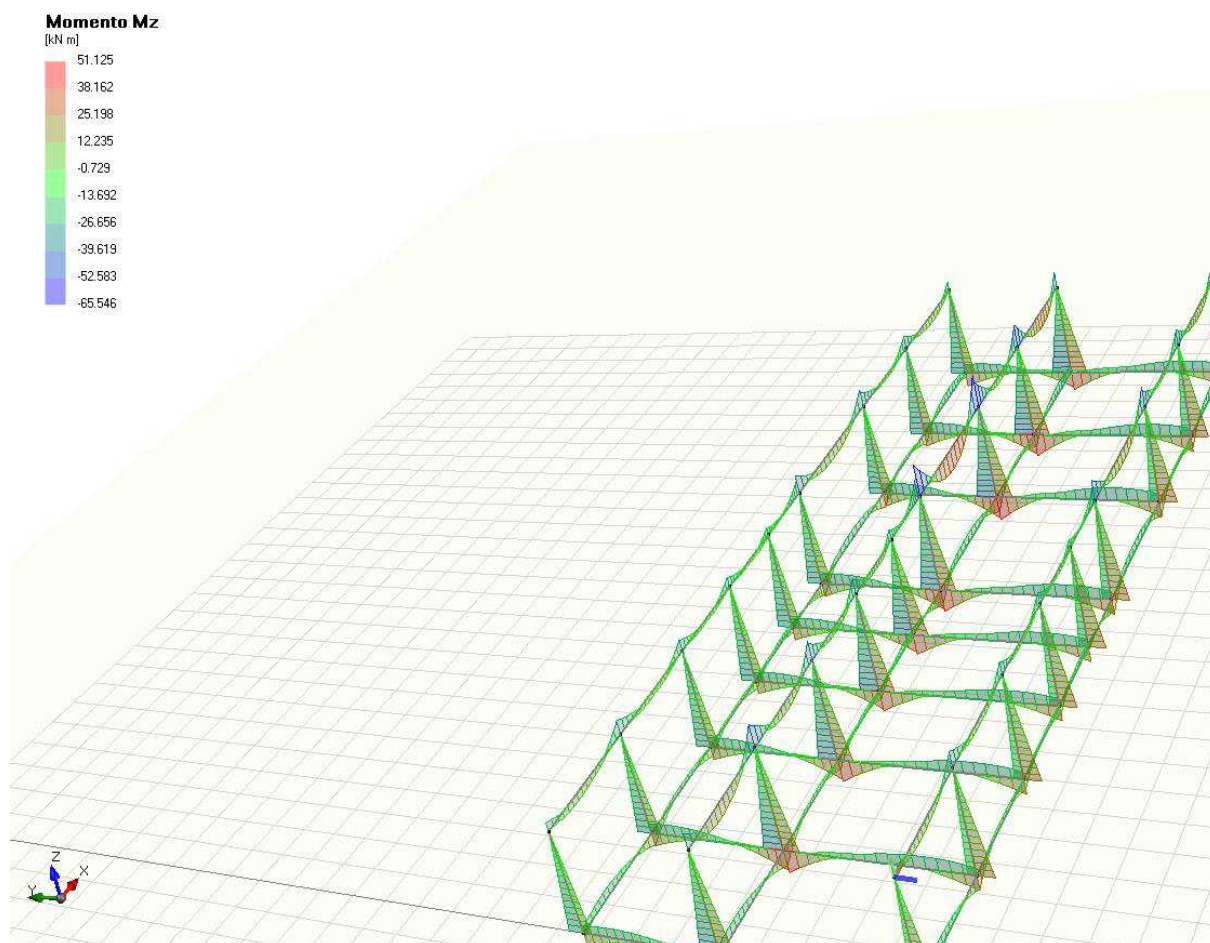
## 1. Premessa

Il presente elaborato costituisce la relazione di calcolo strutturale, comprensiva di una descrizione generale dell'opera e dei criteri generali di analisi e verifica, in accordo con le prescrizioni contenute nel paragrafo 10.1 delle "Norme Tecniche" per le Costruzioni. Relativamente al progetto in oggetto il documento descrive in particolare le modalità operative di applicazione della normativa vigente. Le fasi di progetto, analisi, calcolo e verifica sono state svolte a "regola d'arte" dal progettista, secondo i dettami della scienza e tecnica delle costruzioni. Per verificare gli elementi strutturali e le sezioni sollecitate dalle azioni di modello ed al fine di garantire la sicurezza della costruzione è stato utilizzato il metodo agli stati limite, rispettando le prescrizioni previste dalle normative di riferimento elencate nel documento. Si riporta di seguito in proposito l'insieme delle verifiche strutturali, atte a garantire la resistenza ed il comportamento della struttura sia in condizioni di esercizio che sotto l'azione di eventi di carico straordinari. Secondo le indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni la relazione di calcolo riporta infine una sezione relativa alle analisi svolte con l'ausilio di codici di calcolo automatico, al fine di facilitare l'interpretazione e la verifica dei calcoli svolti e di consentire elaborazioni indipendenti da parte di soggetti diversi dal redattore del documento.

## 2. Descrizione dell'opera

Oggetto di questa analisi è una struttura costituita da un corpo di fabbrica, un piano interrato e due piani fuori terra.

La struttura portante è in calcestruzzo armato con elementi di copertura in legno. Gli elementi di fondazione sono realizzati in cemento armato e sono collegati fra loro. I solai degli impalcati sono realizzati in laterocemento. Le tamponature sono realizzate con elementi alleggeriti.



### 3 Dati generali

In questo paragrafo si riportano le caratteristiche generali relative all'opera, alla località di ubicazione ed i dati anagrafici dei soggetti coinvolti nell'intervento.

#### 3.1 Caratteristiche

<b>Nome Progetto:</b>	spogliatoi		
<b>Tipologia opera:</b>	Edificio residenziale	<b>Tipologia di intervento:</b>	Nuova costruzione
<b>Normativa di riferimento:</b>	Stati limite Norme Tecniche 2008		
<b>Tipo di analisi:</b>	Dinamica modale FEM	<b>Classe d'uso dell'edificio:</b>	II

#### 3.2 Località

**Descrizione area:**

<b>Comune:</b>	Monza	<b>Provincia:</b>	(MB)
<b>Longitudine:</b>	9.2759 °	<b>Latitudine:</b>	45.5834 °
<b>Altitudine:</b>	162		
<b>Indirizzo:</b>			

#### 3.3 Dati per analisi sismica

<b>Vita nominale della struttura:</b> 50 anni	<b>Zona Sismica:</b> 3
---	------------------------

#### 3.4 Soggetti coinvolti

**Progettista strutture:** Roselli Cesare

**Progettista opera:** Arch. Matteo Esposito

**Proprietà:** GES MONZA 1946 SSD srl

**Progettista architettonico:** Arch. Matteo Esposito

**Direttore Lavori:** Arch. Matteo Esposito

**Committente:** GES MONZA 1946 SSD srl

## 4. Riferimenti normativi

I calcoli della presente relazione fanno riferimento alla normativa vigente ed in particolare:

### Normativa nazionale

- *Decreto Ministeriale 14 Gennaio 2008*  
"Norme Tecniche per le Costruzioni 2008", pubblicato sul S.O. n° 30 alla G.U. n° 29 del 4 febbraio 2008.
- *Circolare 2 febbraio 2009, n. 617*  
"Circolare applicativa delle NTC2008 D.M. 14.01.2008 - Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27)"
- *Decreto Ministeriale 16 gennaio 1996.*  
"Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche. (G.U. 5-2-1996, N. 29)"
- *Circolare 10 aprile 1997, n. 65/AA.GG.*  
"Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996"
- *Decreto Ministeriale 16 Gennaio 1996*  
"Carichi e sovraccarichi - Norme tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni, e dei carichi e sovraccarichi'. (G.U. 5-2-1996, N. 29)"
- *Circolare 4 luglio 1996, n. 156 AA.GG./STC.*  
"Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996. (G.U. 16-9-1996, n. 217 - supplemento)"
- *Decreto Ministeriale 9 Gennaio 1996*  
"Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche. (Da utilizzarsi nel calcolo col metodo degli stati limite) (G.U. 5-2-1996, N. 29)"
- *Circolare 15 ottobre 1996, n. 252 AA.GG./S.T.C.*  
"Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996. (G.U. 26-11-1996, n. 277 - suppl.)"
- *Decreto Ministeriale 20 novembre 1987*  
"Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento. (Suppl. Ord. alla G.U. 5-12-1987, n. 285)"
- *Decreto Ministeriale dell'11-3-1988*  
"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle opere di fondazione"
- *Decreto Ministeriale del 14-2-1992 \**  
"Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche". (G.U. 18-3-1992, N. 65)

### Eurocodici

- *UNI EN 1993-1-1: 2005*  
"Eurocodice 3, parte 1-1 - Progettazione delle strutture di acciaio. Regole generali e regole per gli edifici".
- *UNI EN 1993-1-2: 2005*  
"Eurocodice 3, parte 1-2 - Progettazione delle strutture di acciaio. Regole generali. Progettazione della resistenza all'incendio".
- *UNI EN 1993-1-3: 2007*  
"Eurocodice 3, parte 1-3 - Progettazione delle strutture di acciaio. Regole generali. Regole supplementari per l'impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegati a freddo".
- *UNI ENV 1993-1-4: 2007*  
"Eurocodice 3, parte 1-4 - Progettazione delle strutture di acciaio. Regole generali. Criteri supplementari per acciai inossidabili".

\* *Metodo di calcolo alle tensioni ammissibili, con riferimento al § 2.7 delle Norme Tecniche del 2008*

Relativamente ai metodi di calcolo, è d'obbligo il Metodo agli stati limite di cui al § 2.6 delle Norme Tecniche del 2008.

È ammesso il Metodo di verifica alle Tensioni Ammissibili limitatamente ai casi che ricalcano i seguenti criteri:

- costruzioni di tipo 1 (opere provvisorie, opere provvisionali, strutture in fase costruttiva con vita nominale < 10 anni) e di tipo 2 (opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale con vita nominale > 50 anni);
- costruzioni di classe d'uso I (costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.) o di classe d'uso II (costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in classe d'uso III o in classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti);
- costruzioni in siti ricadenti in Zona 4.

Le norme dette si debbono in tal caso applicare integralmente, salvo per i materiali e i prodotti, le azioni e il collaudo statico, per i quali valgono le prescrizioni riportate nelle norme tecniche del 2008.

## 5. I materiali

I materiali ed i prodotti ad uso strutturale, utilizzati nelle opere oggetto della presente relazione, rispondono ai requisiti indicati dal capitolo 11 delle "Norme Tecniche per le Costruzioni". Questi sono stati identificati univocamente dal produttore, qualificati sotto la sua responsabilità ed accettati dal direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

Sulla base delle verifiche effettuate in sito ed in conformità alle disposizioni normative vigenti si prevede per la realizzazione del progetto in analisi l'adozione dei materiali di seguito descritti.

### Calcestruzzo

Nome: **C25/30**

Tipologia del materiale: calcestruzzo

Classe di resistenza: C25/30

Descrizione:

### Caratteristiche del calcestruzzo

Densità  $\rho$ : 24.525 kN/m<sup>3</sup>

Resistenza caratteristica cilindrica a compressione  $f_{ck}$ : 24.900 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza media a trazione semplice  $f_{ctm}$ : 2.558 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza caratt. trazione semplice, frattile 5%  $f_{ctk,5}$ : 1.791 N/mm<sup>2</sup>

Modulo Elastico  $E_{cm}$ : 30045.089 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente di dilatazione termica lineare  $\alpha_t$ : 1E-05

Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo  $\gamma_c$ : 1,5

Resistenza a trazione di progetto, frattile 5%  $f_{ctd,5}$ : 1.194 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza caratteristica cubica a compressione  $R_{ck}$ : 30.000 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza cilindrica media  $f_{cm}$ : 32.903 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza media a flessione  $f_{ctm}$ : 3.070 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza caratt. trazione semplice, frattile 95%  $f_{ctk,95}$ : 3.326 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente di Poisson  $\nu$ : 0.20

Coefficiente correttivo per la resistenza a compressione  $\alpha_{cc}$ : 0,85

Resistenza a compressione di progetto  $f_{cd}$ : 14.110 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza a trazione di progetto, frattile 95%  $f_{ctd,95}$ : 2.217 N/mm<sup>2</sup>

### Acciaio per cemento armato

Nome: **B450C**

Tipologia del materiale: acciaio per cemento armato

Descrizione:

### Caratteristiche dell'acciaio

Tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk}$ : 450.000 N/mm<sup>2</sup>

Modulo elastico  $E_S$ : 206000.000 N/mm<sup>2</sup>

Allungamento sotto carico massimo  $A_{gt}$ : 67.5 %

Coefficiente di omogeneizzazione  $n$ : 15

Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio  $\gamma_s$ : 1,15

Densità  $\rho$ : 76.518 kN/m<sup>3</sup>

Tensione ammissibile  $\sigma_s$ : 260.000 N/mm<sup>2</sup>

## 6. Azioni e Carichi sulla struttura

Con riferimento al paragrafo 2.5.1.3 delle NTC 2008, le azioni che investono la struttura sono classificate in relazione alla durata della loro presenza nell'arco della vita di progetto come:

- **permanenti (G):** azioni con sufficiente approssimazione costanti nel tempo, tra le quali:
  - peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno);
  - peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
  - spostamenti e deformazioni imposti, previsti dal progetto e realizzati all'atto della costruzione;
- **variabili (Q):** azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo:
  - di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;
  - di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura;
- **sismiche (E):** azioni derivanti dai terremoti.

L'effetto delle azioni viene valutato ai fini delle verifiche con l'approccio semiprobabilistico agli stati limite, secondo diverse combinazioni:

- **Combinazione fondamentale SLU** dei carichi, impiegata per gli stati limite ultimi (nei risultati SLU statica)

$$\gamma G1 \cdot G1 + \gamma G2 \cdot G2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q1 \cdot Qk1 + \gamma Q2 \cdot \psi 02 \cdot Qk2 + \gamma Q3 \cdot \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

- **Combinazione caratteristica CA rara**, impiegata per gli stati limite di esercizio irreversibili (nei risultati SLE rara)

$$G1 + G2 + P + Qk1 + \psi 02 \cdot Qk2 + \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

- **Combinazione frequente FR**, impiegata per gli stati limite di esercizio reversibili (nei risultati SLE frequente)

$$G1 + G2 + P + \psi 11 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

- **Combinazione quasi permanente QP**, impiegata per gli effetti a lungo termine (nei risultati SLE quasi permanente)

$$G1 + G2 + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

- **Combinazione sismica**, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (nei risultati SLU sisma)

$$E + G1 + G2 + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \dots$$

### Dettagli per la combinazione sismica

La valutazione dell'azione sismica E è condotta secondo le specifiche del capitolo 3.2 e in accordo con le prescrizioni del capitolo 7.3.3 delle NTC 2008 per i tipi di analisi sismica lineare sia dinamica che statica.

I risultati così ottenuti per ciascuna direzione, X e Y (eventualmente anche Z), vengono poi combinati secondo le indicazioni del capitolo 7.3.5 delle NTC 2008, ovvero vengono sommati i contributi secondo il seguente criterio:

$$E1 = 1,00 \times Ex + 0,30 \times Ey + 0,30 \times Ez$$

$$E2 = 0,30 \times Ex + 1,00 \times Ey + 0,30 \times Ez$$

$$E3 = 0,30 \times Ex + 0,30 \times Ey + 1,00 \times Ez$$

la rotazione dei coefficienti moltiplicativi permette l'individuazione degli effetti più gravosi, la direzione Z è opzionale in virtù delle prescrizioni al paragrafo 7.2.1 delle NTC 2008.

Nella verifica allo stato limite ultimo si distinguono le combinazioni **EQU**, **STR** e **GEO** (cfr NTC 2008 § 2.6.1), rispettivamente definite come: stato limite di equilibrio EQU, che considera la struttura ed il terreno come corpi rigidi; stato limite di resistenza della struttura STR, da riferimento per tutti gli elementi strutturali, e stato limite di resistenza del terreno GEO.

Nelle verifiche STR e GEO possono essere adottati in alternativa, due diversi approcci progettuali: per l'approccio 1 si considerano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti di sicurezza parziali per le azioni, per i materiali e per la resistenza complessiva, nell'approccio 2 si definisce un'unica combinazione per le azioni, per la resistenza dei materiali e per la resistenza globale.

Coefficienti parziali per le azioni [cfr. NTC 2008 Tabella 2.6.I].

		Coefficiente $\gamma_f$	EQU	STR	GEO
Carichi permanenti	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

Le Norme Tecniche prescrivono i valori dei coefficienti  $\psi$  in dipendenza dalle caratteristiche della funzione di ripartizione di ciascuna azione: si ammette infatti che, assieme alle azioni permanenti, esistano combinazioni di azioni in cui una sola azione è presente al valore caratteristico mentre le altre hanno intensità ridotte  $\psi Q_k$ .

Le categorie di azioni variabili ed i rispettivi coefficienti di combinazione utilizzati nell'applicazione dei carichi al modello sono riportati nella tabella seguente:

Destinazione d'uso/azione	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Permanenti	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	1.00	1.00	1.00
Categoria A (domestici e residenziali)	0.70	0.50	0.30
Categoria B (uffici)	0.70	0.50	0.30
Categoria C (aree di congresso)	0.70	0.70	0.60
Categoria D (aree di acquisto)	0.70	0.70	0.60
Categoria E (magazzini, Archivi, scale)	1.00	0.90	0.80
Categoria F (Peso veicoli $\leq 30kN$ )	0.70	0.70	0.60
Categoria G (Peso veicoli $\leq 160kN$ )	0.70	0.50	0.30
Categoria H (tetti)	0.00	0.00	0.00
Carichi da Neve	0.70	0.50	0.20
Carichi da Neve sotto 1000m	0.50	0.20	0.00
Carichi da Vento	0.60	0.20	0.00
Variazioni Termiche	0.60	0.50	0.00

## Dettagli per le combinazioni di calcolo ed il progetto dell'armatura.

Per il progetto e la verifica della armature vengono distinti i risultati dell'analisi in condizione statica da quelli dell'analisi sismica.

### Progetto dell'armatura in condizione statica

Il progetto iniziale dell'armatura è condotta considerando i risultati di ciascuna combinazione delle azioni di calcolo in condizione statica, ovvero vengono considerati ed involuppati i risultati massimi e minimi delle seguenti combinazioni:

- Combinazione fondamentale SLU
- Combinazione SLE caratteristica rara
- Combinazione SLE frequente
- Combinazione SLE quasi permanente

Per ciascuna combinazione elencata vengono valutate le distinte configurazioni di carico distinguendo i diversi gruppi di carico e considerando tutte le possibili varianti secondo i metodi del calcolo combinatorio ottenendo così  $2^n + 1$  combinazioni, dove 'n' coincide con il numero di carichi accidentali considerati nell'analisi, qui di seguito un esempio esplicativo.

Carico permanente	P
Carico accidentale residenziale	A

Le combinazioni dedotte sono:

P	solo carico permanente
P A	carico permanente + carico accidentale A

Inoltre per le combinazioni SLU e SLE caratteristica vengono individuate in aggiunta le permutazioni di tali configurazioni aventi di volta in volta un carico accidentale principale differente fra quelli considerati, qui di seguito un esempio esplicativo.

Carico permanente	P
Carico accidentale residenziale	A1
Carico accidentale tipo neve	A2
Carico accidentale tipo vento	A3

Le combinazioni dedotte sono:

P	solo carico permanente
P A1	carico permanente + carico accidentale A1
P A2	carico permanente + carico accidentale A2
P A3	carico permanente + carico accidentale A3
P A1 A2	carico permanente + carico accidentale A1 (principale) + carico accidentale A2
P A2 A1	carico permanente + carico accidentale A1 + carico accidentale A2 (principale)
P A1 A3	carico permanente + carico accidentale A1 (principale) + carico accidentale A3
P A3 A1	carico permanente + carico accidentale A1 + carico accidentale A3 (principale)
P A2 A3	carico permanente + carico accidentale A2 (principale) + carico accidentale A3
P A3 A2	carico permanente + carico accidentale A2 + carico accidentale A3 (principale)
P A1 A2 A3	carico permanente + carico accidentale A1 (principale) + carico accidentale A2 + carico accidentale A3
P A2 A1 A3	carico permanente + carico accidentale A1 + carico accidentale A2 (principale) + carico accidentale A3
P A3 A1 A2	carico permanente + carico accidentale A1 + carico accidentale A2 + carico accidentale A3 (principale)

Le effettive combinazioni generate per i diversi stati limite sono riportate nei paragrafi seguenti.

Per gli elementi trave e pilastro vengono involuppati i risultati di ciascuna combinazione e vengono individuati i valori massimi e minimi dando luogo alle seguenti sollecitazioni:

- massima e minima per l'azione assiale N,
- massima e minima per le azioni di flessione attorno agli assi principali di inerzia di ciascun elemento Mz e My,
- massima e minima per le azioni taglianti lungo gli assi principali d'inerzia Tz e Ty.

Nella progettazione delle armature di travi e pilastri queste 6 sollecitazioni (N<sup>+</sup>, N<sup>-</sup>, Mz<sup>+</sup>, Mz<sup>-</sup>, My<sup>+</sup>, My<sup>-</sup>) vengono considerate in condizione di pressoflessione deviata e vengono ulteriormente combinate tra di loro in modo da garantire la copertura delle condizioni più gravose, dando luogo alle seguenti 8 combinazioni:

- N<sup>+</sup>, Mz<sup>+</sup>, My<sup>+</sup>
- N<sup>+</sup>, Mz<sup>+</sup>, My<sup>-</sup>
- N<sup>+</sup>, Mz<sup>-</sup>, My<sup>+</sup>
- N<sup>+</sup>, Mz<sup>-</sup>, My<sup>-</sup>
- N<sup>-</sup>, Mz<sup>+</sup>, My<sup>+</sup>
- N<sup>-</sup>, Mz<sup>+</sup>, My<sup>-</sup>
- N<sup>-</sup>, Mz<sup>-</sup>, My<sup>+</sup>
- N<sup>-</sup>, Mz<sup>-</sup>, My<sup>-</sup>

Per il progetto delle sezioni a taglio vengono individuati i valori massimi in modulo per ciascuna direzione principale scegliendo tra i valori involuppati di progetto ( $T_z^+$ ,  $T_z^-$ ,  $T_y^+$ ,  $T_y^-$ ).

Per gli elementi shell vengono individuati i seguenti valori di progetto:

- massimi e minimi per le tensioni membranali  $\sigma_x$  e  $\sigma_y$ ,
- massimi e minimi per le tensioni membranali  $\tau_{xy}$ ,
- massimi e minimi per le azioni flessionali  $M_x$ ,  $M_y$  e  $M_{xy}$ ,
- massimi e minimi per le azioni taglianti  $T_{zx}$  e  $T_{zy}$ .

Il progetto dell'armatura degli elementi shell di tipo piastra è condotto valutando i valori massimi e minimi delle azioni involupate di flessione  $M_x$ ,  $M_y$  e  $M_{xy}$ . Gli elementi bidimensionali a comportamento membranale vengono progettati combinando le sollecitazioni involupate in un calcolo sezionale indipendente.

### **Progetto dell'armatura in condizione sismica**

L'armatura progettata in condizione statica è verificata ed integrata con i risultati della combinazione sismica (anche SLU sisma) e secondo le specifiche delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, § 7.4.

I risultati dell'azione sismica E danno luogo a sollecitazioni involupate e prive di segno in accordo con la combinazione quadratica completa (CQC, § C7.3.3 della Circolare Ministeriale 617 del 2009) necessarie per considerare le correlazioni tra i massimi contributi modali. La combinazione dei risultati nelle diverse direzioni, attraverso gli opportuni coefficienti di interazione, dà luogo alla combinazione sismica più gravosa (E1, E2, E3).

Per la progettazione di travi e pilastri la componente E della combinazione sismica individuata viene considerata positiva e negativa; la combinazione sismica dà luogo quindi alle sollecitazioni di progetto le quali vengono considerate in condizione di pressoflessione deviata ( $NE^+$ ,  $NE^-$ ,  $ME1^+$ ,  $ME1^-$ ,  $ME2^+$ ,  $ME2^-$ ) e vengono ulteriormente combinate tra di loro in modo da garantire la copertura delle condizioni più gravose, dando luogo alle seguenti 8 combinazioni:

- $NE^+$ ,  $MEz^+$ ,  $MEy^+$
- $NE^+$ ,  $MEz^+$ ,  $MEy^-$
- $NE^+$ ,  $MEz^-$ ,  $MEy^+$
- $NE^+$ ,  $MEz^-$ ,  $MEy^-$
- $NE^-$ ,  $MEz^+$ ,  $MEy^+$
- $NE^-$ ,  $MEz^+$ ,  $MEy^-$
- $NE^-$ ,  $MEz^-$ ,  $MEy^+$
- $NE^-$ ,  $MEz^-$ ,  $MEy^-$

Per il progetto delle sezioni a taglio vengono individuati i valori massimi in modulo per ciascuna direzione principale scegliendo tra i valori involuppati di progetto ( $TEz^+$ ,  $TEz^-$ ,  $TEy^+$ ,  $TEy^-$ ).

Per gli elementi shell vengono individuati i seguenti valori di progetto:

- massimi e minimi per le tensioni membranali  $\sigma_x$  e  $\sigma_y$ ,
- massimi e minimi per le tensioni membranali  $\tau_{xy}$ ,
- massimi e minimi per le azioni flessionali  $M_x$ ,  $M_y$  e  $M_{xy}$ ,
- massimi e minimi per le azioni taglianti  $T_{zx}$  e  $T_{zy}$ .

Il progetto dell'armatura degli elementi shell di tipo piastra è condotto valutando i valori massimi e minimi delle azioni involupate di flessione  $M_x$ ,  $M_y$  e  $M_{xy}$ . Gli elementi bidimensionali a comportamento membranale vengono progettati combinando le sollecitazioni involupate in un calcolo sezionale indipendente.

## 6.1 Combinazioni SLU statica

Sono presenti 12 diverse combinazioni. Saranno riportate solo le prime 10.

1.3\*Permanenti+1.5\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1+1.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1+1.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 2

1\*Permanenti+1.5\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1+1.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1+1.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 2

1.3\*Permanenti+1.5\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1+1.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1

1\*Permanenti+1.5\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1+1.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1

1.3\*Permanenti+1.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1

1.3\*Permanenti+1.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 2

1\*Permanenti+1.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1

1\*Permanenti+1.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 2

1.3\*Permanenti+1.5\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1

1\*Permanenti+1.5\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1

1.3\*Permanenti

## 6.2 Combinazioni SLE caratteristica

1\*Permanenti+1\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1+1\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1+1\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 2

1\*Permanenti+1\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1+1\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1

1\*Permanenti+1\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1

1\*Permanenti+1\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 2

1\*Permanenti+1\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1

1\*Permanenti

## 6.3 Combinazioni SLE frequente

1\*Permanenti+1\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1+0.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1+0.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 2

1\*Permanenti+1\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1+0.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1

1\*Permanenti+0.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1

1\*Permanenti+0.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 2

1\*Permanenti+1\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1

1\*Permanenti

#### 6.4 Combinazioni SLE quasi permanente

1\*Permanenti+1\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1+0.3\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1+0.3\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 2

1\*Permanenti+1\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1+0.3\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1

1\*Permanenti+0.3\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1

1\*Permanenti+0.3\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 2

1\*Permanenti+1\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1

1\*Permanenti

#### 6.5 Analisi dei carichi

La struttura è soggetta oltre che ai pesi propri anche a carichi esterni dovuti alla presenza di elementi non strutturali ed alla distribuzione di carichi permanenti e variabili legati alla funzione stessa dell'opera. Tra i carichi variabili inoltre vengono considerate le azioni del vento e della neve. Di seguito, in dettaglio la composizione delle azioni e la loro applicazione sulla struttura in esame.

##### Solaio in lastre predalles + cat. A

###### Carichi permanenti

peso proprio	3.4335 kN/m <sup>2</sup>
<b>Totale</b>	<b>3.4335 kN/m<sup>2</sup></b>

###### Carichi permanenti non strutturali

pavimento e sottofondo	3.6297 kN/m <sup>2</sup>
<b>Totale</b>	<b>3.6297 kN/m<sup>2</sup></b>

###### Carichi accidentali

carico variabile +neve	1.962 kN/m <sup>2</sup>
<b>Totale</b>	<b>1.962 kN/m<sup>2</sup></b>

##### Solaio in latero cemento (Norme Tecniche 2008)

###### Carichi permanenti

Peso proprio solaio	0.031392 kN/m <sup>2</sup>
Pavimento	0.003924 kN/m <sup>2</sup>
Malta di allettamento	0.0061803 kN/m <sup>2</sup>
Sottofondo calcestruzzo	0.0096138 kN/m <sup>2</sup>
Intonaco	0.001962 kN/m <sup>2</sup>
Tramezzi	0.00981 kN/m <sup>2</sup>
<b>Totale</b>	<b>0.0628821 kN/m<sup>2</sup></b>

###### Carichi permanenti non strutturali

- -

### Carichi accidentali

Categoria A	0.01962 kN/m <sup>2</sup>
<b>Totale</b>	<b>0.01962 kN/m<sup>2</sup></b>

## 6.6 Carichi variabili da vento

Vengono qui di seguito riportati i parametri utilizzati per la valutazione della pressione del vento in conformità a quanto descritto nel paragrafo 3.3 delle NTC2008:

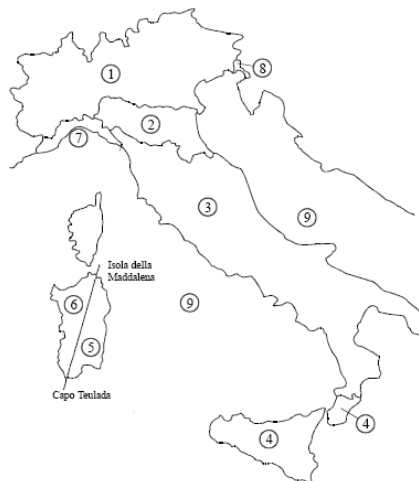
$$p = q_b C_e C_p C_d$$

con

$q_b = \frac{1}{2} \rho \cdot v_b^2$	pressione cinetica di riferimento
$C_e$	coefficiente di esposizione
$C_p$	coefficiente di forma
$C_d$	coefficiente dinamico

Per il sito e la struttura in esame si individuano i seguenti requisiti

Altitudine s.l.m.	$a_s$	0 m
Zona di vento		0



Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

essendo

$v_b = v_{b0}$	per $a_s \leq a_0$
$v_b = v_{b0} + k_a (a_s - a_0)$	per $a_0 < a_s \leq 1500$ m

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_a$ [1/s]
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,010
2	Emilia Romagna	25	750	0,015
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,020
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,020
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,015
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,020
7	Liguria	28	1000	0,015
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,010
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,020

Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_a$

velocità di riferimento	$v_b$	0 m/s
pressione cinetica di riferimento	$q_b$	0 N/m <sup>2</sup>

ZONE 1,2,3,4,5						
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

ZONA 9		
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

ZONA 6				
A	--	III	IV	V
B	--	II	III	IV
C	--	II	III	IV
D	I	I	II	III

ZONE 7,8		
A	--	IV
B	--	IV
C	--	III
D	I	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7		

### Definizione delle categorie di esposizione

classe di rugosità del terreno A  
 categoria di esposizione del sito I  
 altezza dal suolo di calcolo z 0

Categoria di esposizione del sito	$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

### Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

essendo poi

$$ce(z) = kr^2 \cdot ct \cdot \ln(z/z_0) \cdot [7 + ct \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

$$ce(z) = ce(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

coefficiente di esposizione  $ce$  1.00  
 coefficiente di forma  $cp$  1

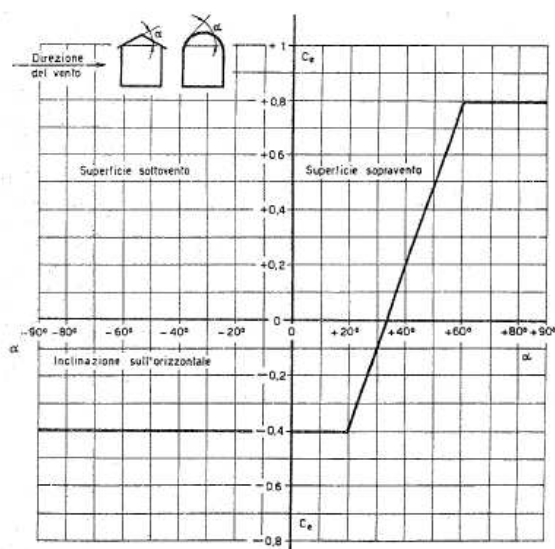


Figura C3.3.2 Valori assunti da  $c_{pe}$  al variare di  $\alpha$

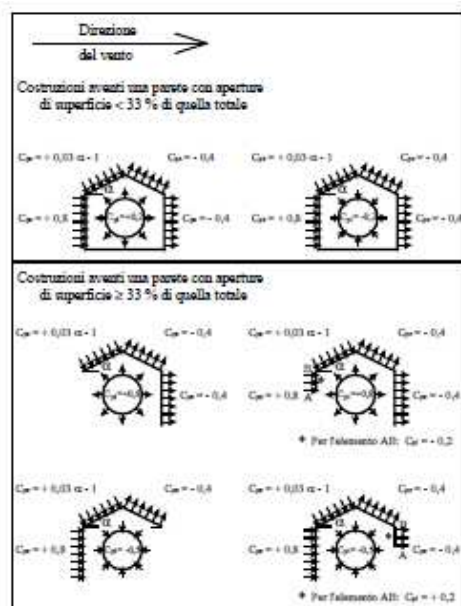


Figura C3.3.3 Coefficienti di forma per gli edifici

pressione del vento  $p$  0.00 N/m<sup>2</sup>

## 6.7 Carichi variabili da neve

Vengono qui di seguito riportati i parametri utilizzati per la valutazione della pressione della neve in conformità a quanto descritto nel paragrafo 3.4 delle NTC2008:

$$q_s = \mu_i q_{sk} c_E c_t$$

con

$q_s$	carico neve sulla copertura
$\mu_i$	coefficiente di forma della copertura
$q_{sk}$	valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [ $\text{kN/m}^2$ ] per un periodo di ritorno di 50 anni
$c_E$	coefficiente di esposizione
$c_t$	coefficiente termico

Si ipotizza che il carico agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie della copertura.

Per il sito e la struttura in esame si individuano i seguenti requisiti

Altitudine s.l.m.	as	0 m
Zona		0



Mapa delle zone di carico da neve al suolo in cui è suddiviso il territorio italiano

valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo  $q_{sk}$  0.00  $\text{kN/m}^2$

Topografia	Descrizione	$C_E$
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti.	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

Valori di  $C_E$  per diverse classi di topografia

coefficiente di esposizione  $c_E$  1  
coefficiente termico  $c_t$  1

angolo della falda  $\alpha$  0

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_i$	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Valori del coefficiente di forma

coefficiente di forma della copertura  $\mu_i$  1.00

pressione della neve  $p$  1.20  $\text{kN/m}^2$

## 6.6 Azioni della temperatura

Vengono qui di seguito riportati i parametri utilizzati per la valutazione delle azioni della temperatura sulla struttura in esame in conformità a quanto descritto nel paragrafo 3.5 delle NTC2008:

## 7. Dati azione sismica

Nei seguenti paragrafi vengono riportati i parametri utilizzati per la valutazione dell'azione sismica sulla struttura in esame, in accordo alle specifiche definite al capitolo 3.2 e 7.3 delle Norme Tecniche per le Costruzioni. In particolare gli spettri elastici considerati si basano sui dati e le correlazioni definite per il reticolo di riferimento così come definito nell'allegato alle Norme Tecniche per le Costruzioni.

### 7.1 Caratteristiche del sito

Comune: Monza	Provincia: MB
Longitudine: 9.2759 °	Latitudine: 45.5834 °
Categoria di sottosuolo: D	Amplificazione topografica: T1

### 7.2 Caratteristiche dell'edificio

Vita nominale Vn: 50 anni	Classe d'uso: II
Coefficiente d'uso Cu: 1	Periodo di riferimento VR: 50.00 anni

	PVR	TR	ag	F0	TC*
Stato Limite di Operatività	81 %	30.00	0.19	2.56	0.16
Stato Limite di Danno	63 %	50.00	0.25	2.55	0.19
Stato Limite di Salvaguardia della Vita	10 %	475.00	0.53	2.63	0.28
Stato Limite di Prevenzione del Collasso	5 %	975.00	0.65	2.66	0.30

### 7.3 Parametri sismici

#### Componente orizzontale

Coefficiente di amplificazione topografica ST: 1	Fattore di utilizzazione dello spettro elastico $\eta$ : 1
--	--

	SS	S	CC	TB	TC	TD
Stato Limite di Operatività	1.80	1.80	3.13	0.17	0.50	1.68
Stato Limite di Danno	1.80	1.80	2.87	0.18	0.54	1.70
Stato Limite di Salvaguardia della Vita	1.80	1.80	2.36	0.22	0.66	1.81
Stato Limite di Prevenzione del Collasso	1.80	1.80	2.28	0.23	0.68	1.86

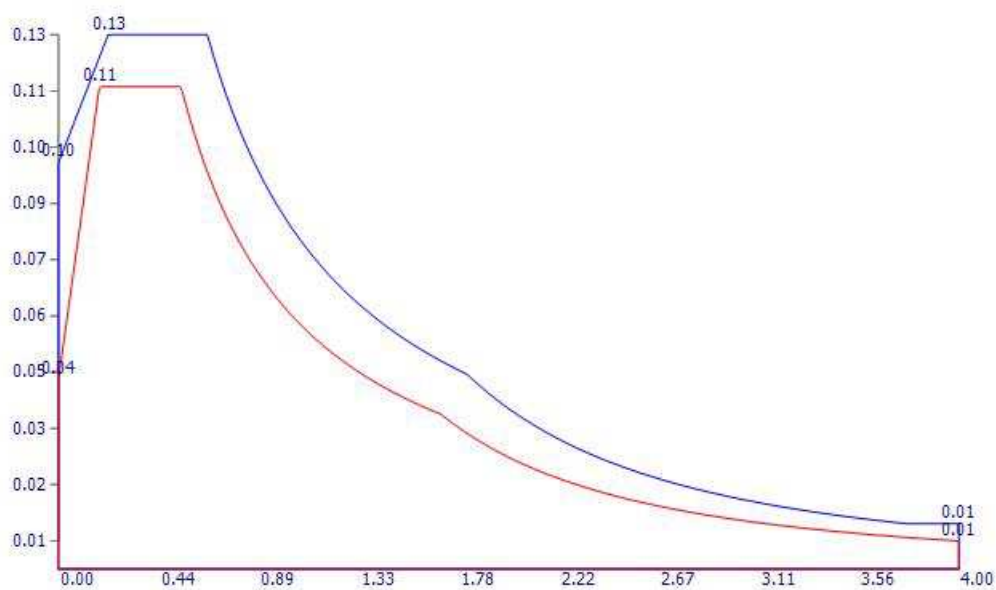
#### Componente verticale

	SS	S	TB	TC	TD	Fv
Parametri dello spettro di risposta elastico verticale	1,0	1.80	0,05	0,15	1,0	2.60

con SS coefficiente di amplificazione stratigrafica  
S coefficiente di amplificazione topografica e stratigrafica  
Fo fattore di amplificazione spettrale massima su sito rigido orizzontale  
Fv fattore di amplificazione spettrale massima  
TC periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro, in [s]  
TB periodo di inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro, in [s]  
TD periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, in [s]

## 7.4 Spettro di risposta in accelerazione

Direzione X

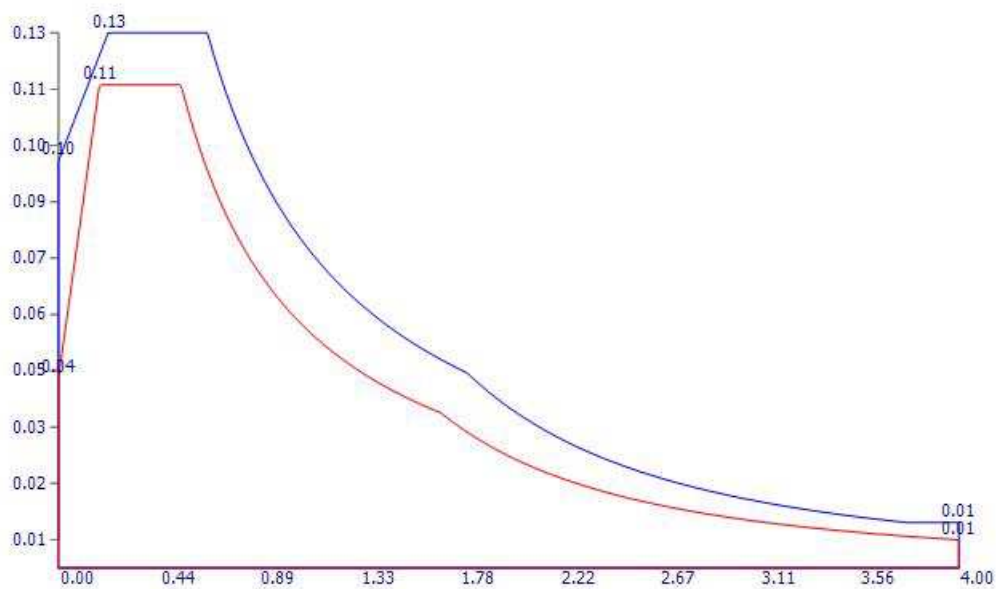


Spettro di risposta di progetto orizzontale per SLU

Spettro di risposta elastico orizzontale per SLE

Spettro di risposta di progetto verticale per SLU

Direzione Y



Spettro di risposta di progetto orizzontale per SLU

Spettro di risposta elastico orizzontale per SLE

Spettro di risposta di progetto verticale per SLU

## 7.5 Fattore di struttura (NTC §7.3.1)

Qui di seguito vengono riportati i parametri utilizzati per stimare il valore del fattore di struttura 'q' adottato nel calcolo.

Tale parametro è espressione della presenza di sistemi strutturali dissipativi e dalla loro valutazione agli stati limite ultimi per ciascuna direzione dell'azione sismica, in funzione della tipologia strutturale, del grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e prende in conto le non linearità del materiale.

L'espressione più generica per il calcolo del fattore di struttura è:

$$q = q_0 K_R K_W$$

Parametri di calcolo	
Classe di duttilità: -	Regolarità in pianta: -
Tipologia di modello strutturale: -	Rapporto di sovrarresistenza $\alpha_u/\alpha_1$ : -
Tipologia strutturale: -	Fattore di struttura massimo $q_0$ : -
Regolarità in altezza: -	Fattore riduttivo $K_R$ : -
Rapporto tra altezza a larghezza delle pareti $\alpha_0$ : -	Fattore correttivo $k_w$ : -
Fattore di struttura	
Fattore di struttura $q_x$ – componente orizzontale in direzione X: 2 (valore imposto)	
Fattore di struttura $q_y$ – componente orizzontale in direzione Y: 2 (valore imposto)	
Fattore di struttura $q$ – componente verticale: 1,5	
Coefficiente di amplificazione	
Coefficiente di amplificazione dell'azione sismica in direzione X: 1	
Coefficiente di amplificazione dell'azione sismica in direzione Y: 1	

## 8. Caratteristiche dell'Analisi e del Codice di Calcolo

L'analisi strutturale del progetto e le relative verifiche effettuate sono state condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. In conformità con quanto richiesto dalle NTC § 10.2 si riportano di seguito le caratteristiche riguardanti la tipologia di analisi svolta ed il codice di calcolo utilizzato.

### 8.1 Analisi svolta

L'analisi condotta per la valutazione dell'azione sismica è di tipo lineare, in particolare è stata eseguita un'analisi dinamica modale.

### 8.2 Metodo di verifica

Le verifiche condotte si basano sul metodo degli Stati Limite sia per le condizioni ultime che di esercizio della struttura, così come definito al capitolo 4 e 7 delle Norme Tecniche per le Costruzioni.

### 8.2 Origine e Caratteristiche del Codice di Calcolo

Software	<b>TRAVILOG TITANIUM 5 18</b>
Autore, produttore e distributore	<b>Logical Soft s.r.l</b> – via Garibaldi 253, 20832 Desio (MB)
Metodo numerico adottato	Metodo di calcolo agli elementi finiti
Solutore ad elementi finiti adottato	Xfinest di Harpaceas

La licenza di utilizzo del codice di calcolo è concessa da Logical Soft s.r.l a:

CESARE ROSELLI, Codice Cliente: 36217  
VIA MONTANDON 13, 22030, PUSIANO - CO  
Numero di serie: 3807 Chiave HARDWARE  
Codice di abilitazione: 5YHG 657C Q3K9 8S8J GBVG FVQS GX4F 42B7

### 8.3 Caratteristiche dell'Elaboratore

Sistema Operativo	Sistema Operativo Nome: Microsoft Windows 7 Professional Versione: 6.1.7601.65536 RAM: 3969 MByte
Processore	Processore computer Tipo CPU: Intel(R) Core(TM) i3-4160 CPU @ 3.60GHz Intel64 Family 6 Model 60 Stepping 3 Velocità CPU: 2088 MHz
Scheda Video	Scheda grafica Descrizione: Intel(R) HD Graphics 4400 Versione Driver: 10.18.10.3412 Modalità video: 1920 x 1080 x 4294967296 colori Processore video: Intel(R) HD Graphics Family Accelerazione: sconosciuta RAM: 1793 MByte

(cfr. NTC - § 10.2)

### 8. Descrizione del codice di calcolo

In questo paragrafo si fornisce un inquadramento teorico relativo alle metodologie di calcolo ed all'impostazione generale impiegata nel software di calcolo ad elementi finiti *TRAVILOG*, utilizzato nella modellazione della struttura.

#### Codice di calcolo

Il codice di *TRAVILOG* è stato sviluppato da Logical Soft s.r.l. in linguaggio Visual Studio 2015 e .Net Framework 4.5 e non può essere modificato o manipolato dall'utente. In allegato alla relazione si accludono alcuni test effettuati al fine di certificare l'affidabilità del codice di calcolo relativamente ad alcuni semplici casi prova, riportando analisi teorica, soluzione fornita da *TRAVILOG* ed altro codice di calcolo di confronto. Il solutore a elementi finiti utilizzato dal programma è Xfinest 8.5, prodotto da Harpaceas s.r.l. La bontà del solutore è certificata direttamente da CEAS s.r.l., produttore di XFinest 8.5. Per maggiori dettagli in merito si consiglia di consultare le specifiche relative al solutore di calcolo.

#### Metodo numerico adottato

Il software esegue l'analisi della struttura tramite **metodo di calcolo agli elementi finiti**, ovvero mediante la costruzione di un modello matematico costituito da un numero definito di elementi discreti, per ognuno dei quali è stata definita analiticamente una relazione tra forze e spostamenti. Da queste relazioni il programma assembla quindi la matrice di rigidezza e calcola la risposta dell'intera struttura.

#### Caratteristiche del modello

Ogni telaio, realizzato con materiali caratterizzati da comportamento perfettamente elastico, è modellato con 2 tipologie di elemento finito:

- **Tipo asta**, adatto per elementi aventi proprietà riconducibili ad un comportamento unidirezionale.

L'elemento asta è calcolato mediante funzioni di forma cubiche. Le matrici di rigidezza e di massa associate all'elemento sono costituite sulla base della teoria delle travi snelle, tipo Eulero – Bernoulli. Il programma mostra i diagrammi delle azioni interne discretizzando l'elemento in 17 punti di calcolo.

Se l'asta ha proprietà di suolo elastico, il software valuta le azioni interne e le pressioni sul terreno secondo la teoria delle travi su suolo elastico alla Winkler.

L'elemento finito di XFinest, al cui manuale si rimanda per maggiori dettagli, è l'elemento MBEAM.

- **Tipo shell** (elemento finito tipo QF46) per elementi aventi proprietà riconducibili ad un comportamento bidimensionale.

Il tipo di elemento utilizzato può lavorare in regime membranale e flessionale e, grazie alla linearità del sistema, i due effetti possono essere considerati separatamente.

L'elemento finito QF46 utilizzato è isoparametrico, basato sulla teoria dei gusci secondo Mindlin – Reissner. E' adatto sia per gusci spessi

che sottili, non contiene modi spuri, consente di valutare i tagli fuori piano e può degenerare in un triangolo. Tutte le componenti del tensore delle deformazioni sono integrate nel piano medio con ordine di integrazione gaussiana  $2 \times 2$ . Per maggiori dettagli si può fare riferimento al manuale di XFinest.

### Tipologie di analisi svolte dal software

La scelta del metodo di analisi è effettuata dal progettista a seconda delle prescrizioni previste dalla normativa. Tali prescrizioni dipendono in generale dalla destinazione d'utilizzo della struttura, dalla forma in pianta e dallo sviluppo in altezza della stessa, nonché dalla zona sismica di riferimento. Il software esegue i seguenti metodi di analisi:

- **Analisi statica.** La struttura è soggetta a carichi statici, distribuiti o concentrati, applicati alle aste, ai nodi o agli elementi shell. L'equazione risolvibile in tal caso ha la seguente forma:

$$F = K x$$

dove:

$F$  è il vettore dei carichi agenti sulla struttura

$K$  è la matrice di rigidezza

$x$  è il vettore di spostamenti e rotazioni (gradi di libertà del sistema).

- **Analisi sismica statica.** Se la struttura possiede le caratteristiche previste dalla normativa, l'azione del sisma può essere modellata con un sistema di forze di piano equivalenti, valutate e assegnate in funzione della rigidezza degli elementi. La precedente diventa pertanto:

$$F + F_s = K x$$

dove:

$F_s$  è il vettore dei carichi sismici equivalenti agenti sulla struttura, valutati in base alle relative norme di riferimento.

- **Analisi sismica dinamica modale.** In questo caso il programma valuta un comportamento inerziale della struttura, attribuendo un'accelerazione al sistema di riferimento terreno, secondo uno spettro sismico previsto dalla normativa in funzione della classificazione del territorio e altri parametri.

$$M \ddot{x} + K x = - M \ddot{u}$$

dove:

$M$  è la matrice di massa della struttura

$K$  è la matrice di rigidezza

$u$  è il vettore delle accelerazioni imposte

Gli effetti dinamici dovuti al comportamento inerziale della struttura e l'effetto dei carichi statici vengono successivamente combinati, secondo opportuni coefficienti stabiliti dalla norma.

### Formulazione del metodo

Il software esegue il calcolo ad elementi finiti formulando un'**analisi di tipo lineare**. In questo caso la matrice di rigidezza non varia durante lo sviluppo dell'analisi, considerando l'approssimazione per piccoli spostamenti. Sotto tali ipotesi valgono i seguenti benefici:

- Vale il principio di sovrapposizione degli effetti.
- Non influisce la sequenza di applicazione dei carichi sulla struttura.
- La precedente storia di carico della struttura non ha alcuna influenza, pertanto gli sforzi residui possono essere trascurati.

L'applicazione del principio di sovrapposizione degli effetti permette di considerare indipendentemente le ipotesi di carico elementari, per poi combinarle secondo opportuni coefficienti di partecipazione. In questo modo è possibile calcolare la risposta come una combinazione lineare di carichi elementari, rendendo il processo di analisi estremamente efficiente. Le non linearità trascurate in questo tipo di analisi sono le seguenti:

- Non linearità dovuta a effetti geometrici. Grandi spostamenti e rotazioni possono introdurre significativi cambiamenti di forma e orientamento, variando drasticamente la rigidezza totale delle strutture.
- Non linearità delle caratteristiche dei materiali, legate al legame costitutivo o a eventuali anisotropie.
- Non linearità delle condizioni di vincolo.
- Non linearità dei carichi. La direzione di applicazione può variare in funzione della deformata della struttura.

### Metodo di risoluzione del problema dinamico

La risoluzione del problema dinamico a  $n$  gradi di libertà si basa su un **metodo di sovrapposizione modale**. Tale metodo permette di trasformare un sistema di equazioni accoppiate a un sistema di equazioni disaccoppiate, utilizzando le proprietà di ortogonalità di autovalori e autovettori, ovvero i modi di vibrare della struttura. Lo studio della struttura non necessita dell'estrazione di tutti gli autovalori, ma solo di una parte significativa di essi, secondo limiti previsti dalle norme. Il metodo utilizzato dal software per l'estrazione degli autovalori è il metodo di *Lanczos*, adatto anche per matrici non simmetriche a termini complessi. Nel calcolo della risposta sismica i contributi derivanti dai singoli modi sono combinati secondo il metodo *CQC*, che consente di tener conto delle singole componenti modali  $X_k$ , ottenute da una combinazione quadratica delle componenti  $X_{kj}$  secondo opportuni coefficienti.

### Metodi di verifica svolti dal software

*TRAVILOG* è in grado di eseguire analisi di sezioni e di verificare il comportamento delle strutture secondo due metodi principali di verifica:

- **Tensioni ammissibili.** I carichi sono applicati alla struttura con il loro valore nominale. Le tensioni caratteristiche dei materiali vengono divise per opportuni coefficienti ottenendo delle tensioni massime a cui potranno lavorare i materiali stessi. Tali tensioni risultano al di

sotto del limite elastico convenzionale.

- **Stati limite.** Le tensioni caratteristiche dei materiali vengono divise per dei coefficienti di sicurezza ottenendo dei valori limite in campo plastico. I carichi di esercizio, accidentali o permanenti vengono incrementati secondo opportuni coefficienti definiti dalla normativa (vedi in seguito). Il programma valuta diverse condizioni di stato limite:
  - o **Stato limite ultimo.** La normativa prevede in questo caso che la struttura sia soggetta in condizioni straordinarie a carichi che possano causare il collasso della stessa, quali ad esempio l'evento sismico.
  - o **Stato limite di esercizio.** Anche in questo caso il calcolo della struttura è effettuato incrementando i carichi secondo opportuni coefficienti. A differenza del caso precedente però la struttura è soggetta a carichi in condizioni di esercizio, sotto l'azione dei quali devono prodursi deformazioni controllate, che non impediscano il funzionamento previsto. Esistono tre diverse condizioni di esercizio: **Rara, Frequente, Quasi permanente.**
  - o **Stato limite di danno.** E' il caso in cui la struttura è soggetta a forze di natura sismica. La verifica al danno è da effettuarsi sugli spostamenti.

La scelta dell'uno o dell'altro metodo dipende dalle prescrizioni previste dalle normative vigenti.

### Sistemi di riferimento

Il programma possiede 2 diversi tipi di sistema di riferimento:

- **Riferimento globale.**

Il sistema di riferimento è definito da una terna cartesiana destrorsa, valido per tutti gli elementi della struttura e non dipende dal particolare orientamento di parti di essa.

I vincoli esterni, le reazioni vincolari e gli spostamenti nodali calcolati sono riferiti alla terna globale

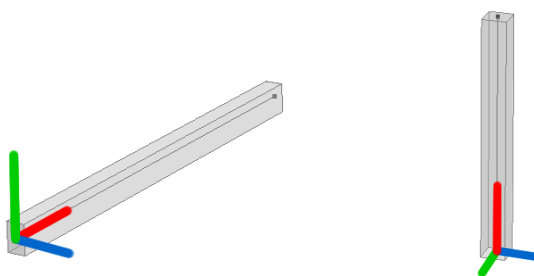


*La terna di riferimento globale*

- **Riferimento locale.**

In questo caso il sistema di riferimento è ancora definito da una terna cartesiana destrorsa, l'orientamento del quale varia elemento per elemento. Le azioni interne sono sempre riferite alla terna locale

- o **Riferimento locale per le Aste.** Per l'elemento asta la direzione x è coincidente con l'asse baricentrico dell'asta stessa, mentre y e z sono perpendicolari ad x e diretti secondo gli assi principali d'inerzia della sezione assegnata all'asta. Secondo l'impostazione di default y è diretto secondo la direzione di azione del peso, a meno di rotazioni assegnate alla sezione. Selezionando un'asta TRAVILOG mostra la terna locale: asse locale X rosso, asse locale Y verde, asse locale Z blu.



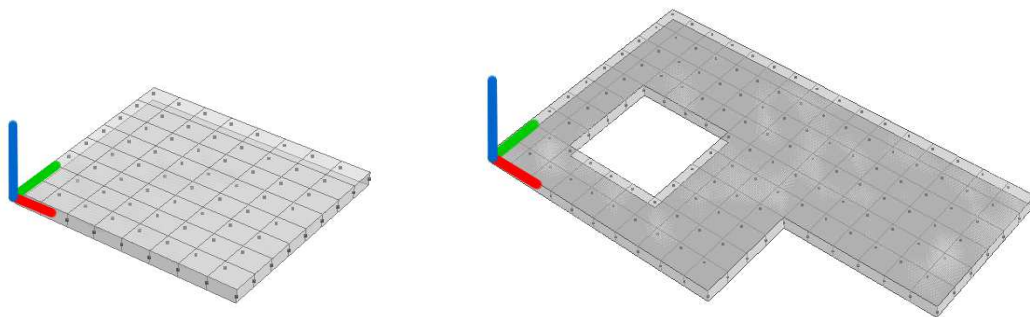
*Terne locali dell'elemento asta (trave e pilastro)*

- o **Riferimento locale per gli elementi shell.** Per gli elementi bidimensionali TRAVILOG trasforma le azioni interne in un unico sistema di riferimento.

Il riferimento adottato dipende da come vengono costruiti i macro elementi dai quali verrà generata automaticamente la mesh di calcolo:

Elemento poligonale. Si tratta di un macro elemento poligonale o quadrangolare a mesh regolare. La terna locale è così definita:

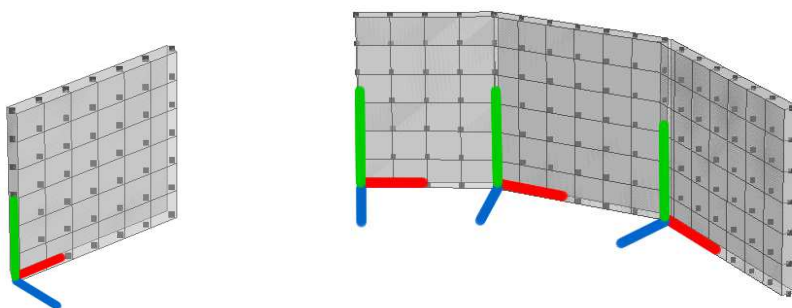
asse X locale (rosso) con origine nel primo nodo cliccato e in direzione primo nodo – secondo nodo. Asse Y locale (verde) ortogonale a X locale, complanare all'elemento ed in direzione del terzo nodo. Asse Z locale (blu) ortogonale al macro elemento. Per questo tipo di elemento è anche possibile definire fori poligonali. La mesh può essere generata manualmente (solo per elementi quadrangolari) o automaticamente.



*Esempi terna locale elemento poligonale ed elemento quadrangolare*

Elemento estruso (Muro o Nucleo):

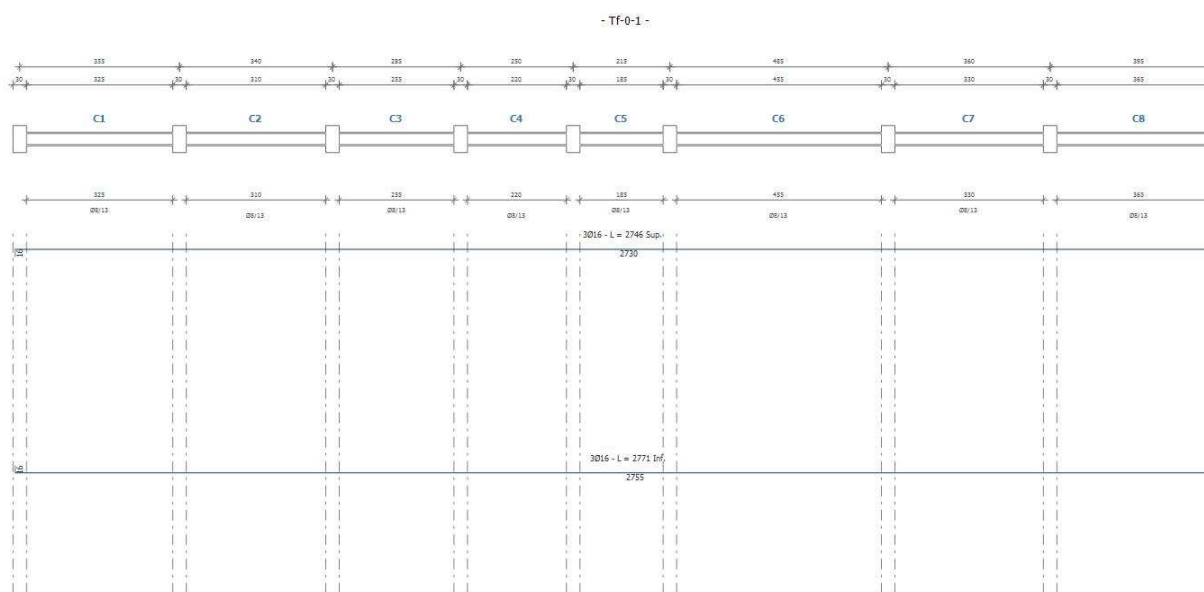
Si tratta di un macro elemento a mesh regolare generato per estrusione in direzione delle forze peso a partire da una traccia. Per ciascuna faccia piana la terna locale è definita nel seguente modo: Asse locale X (rosso) lungo i nodi della traccia. Asse locale Y (verde) diretto come la direzione di estrusione. Asse locale Z (blu) ortogonale alla faccia a formare una terna destra con X e Y.



*Esempio terne locali elementi estrusi*

## 9. Tf-0-1

### Caratteristiche dell'armatura



Lunghezza totale: 26.85 m

Calcestruzzo: C25/30

Numero di campate: 8

Acciaio d'armatura: B450C

### Armatura longitudinale

Posizione	Tipologia di ferro	Barre	As [cm <sup>2</sup> ]	Lunghezza di calcolo [cm]	Ancoraggio [cm]	Lunghezza complessiva [cm]
1	Corrente - Superiore	3 Ø 16	6.03	2700	46	2746
2	Corrente - Inferiore	3 Ø 16	6.03	2725	46	2771

La lunghezza di calcolo delle barre è al netto dell'ancoraggio.

Armatura trasversale

Campata	Ampiezza campo [cm]	Φ [mm]	Passo s [cm]	Ast [cm <sup>2</sup> ]	Bracci
1	325	8	13	1.01	2
2	310	8	13	1.01	2
3	255	8	13	1.01	2
4	220	8	13	1.01	2
5	185	8	13	1.01	2
6	455	8	13	1.01	2
7	330	8	13	1.01	2
8	365	8	13	1.01	2

Verifiche agli stati limite ultimi (cfr NTC § 4.1.2.1)

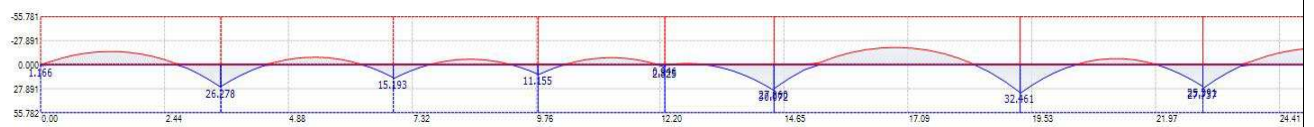
Campo di rottura

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	ε <sub>c</sub> [‰]	ε <sub>s</sub> [‰]	Campo	ξ	ξ <sub>lim</sub>	Verifica
1	0.00	1.166	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
1	1.33	-15.280	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
1	3.55	26.278	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
2	0.00	25.467	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
2	1.91	-8.623	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
2	3.40	15.193	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
3	0.00	16.344	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
3	1.43	-6.213	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
3	2.85	11.155	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
4	0.00	11.903	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
4	1.41	-8.077	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
4	2.50	2.825	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
5	0.00	0.946	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
5	0.40	-1.349	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
5	0.54	-0.070	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
5	2.15	30.072	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
6	0.00	27.860	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
6	2.42	-19.973	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
6	4.85	32.461	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
7	0.00	33.351	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
7	1.80	-7.017	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
7	3.60	25.391	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	0.00	27.737	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	2.22	-7.027	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	2.47	-19.206	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	3.95	2.523	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI

La verifica assicura un comportamento duttile per strutture iperstatiche e si intende soddisfatta quando ξ< ξ<sub>lim</sub>

Verifica di resistenza a flessione (cfr NTC § 4.1.2.1.2)

Andamento della sollecitazione flessionale: momento sollecitante e momento resistente.



Momento massimo

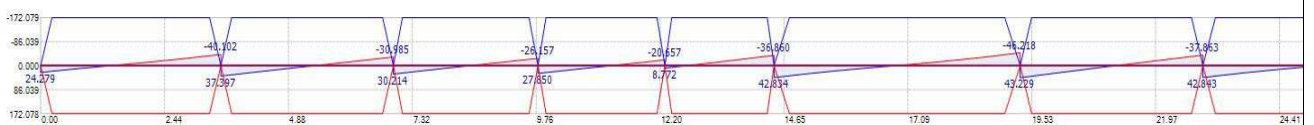
Momento minimo

Momento resistente

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	Mrd [kN m]	Mrd/Msd	Verifica
1	0.00	1.166	6.03	6.03	56.029	48.04	SI
1	1.33	-15.280	6.03	6.03	-56.029	3.67	SI
1	3.55	26.278	6.03	6.03	56.029	2.13	SI
2	0.00	25.467	6.03	6.03	56.029	2.20	SI
2	1.91	-8.623	6.03	6.03	-56.029	6.50	SI
2	3.40	15.193	6.03	6.03	56.029	3.69	SI
3	0.00	16.344	6.03	6.03	56.029	3.43	SI
3	1.43	-6.213	6.03	6.03	-56.029	9.02	SI
3	2.85	11.155	6.03	6.03	56.029	5.02	SI
4	0.00	11.903	6.03	6.03	56.029	4.71	SI
4	1.41	-8.077	6.03	6.03	-56.029	6.94	SI
4	2.50	2.825	6.03	6.03	56.029	19.83	SI
5	0.00	0.946	6.03	6.03	56.029	59.24	SI
5	0.40	-1.349	6.03	6.03	-56.029	41.54	SI
5	0.54	-0.070	6.03	6.03	-56.029	797.36	SI
5	2.15	30.072	6.03	6.03	56.029	1.86	SI
6	0.00	27.860	6.03	6.03	56.029	2.01	SI
6	2.42	-19.973	6.03	6.03	-56.029	2.81	SI
6	4.85	32.461	6.03	6.03	56.029	1.73	SI
7	0.00	33.351	6.03	6.03	56.029	1.68	SI
7	1.80	-7.017	6.03	6.03	-56.029	7.98	SI
7	3.60	25.391	6.03	6.03	56.029	2.21	SI
8	0.00	27.737	6.03	6.03	56.029	2.02	SI
8	2.22	-7.027	6.03	6.03	-56.029	7.97	SI
8	2.47	-19.206	6.03	6.03	-56.029	2.92	SI
8	3.95	2.523	6.03	6.03	56.029	22.21	SI

#### Verifica di resistenza a taglio (cfr NTC § 4.1.2.1.3)

Andamento della sollecitazione tagliante.



Taglio massimo

Taglio minimo

Taglio resistente

Campata	Ascissa [m]	$\alpha$	$\theta$	Vsd [kN]	VRd [kN]	VRsd [kN]	VRcd [kN]	Verifica
1	0.15	90°	21.8	21.289	65.532	172.078	279.067	SI
1	3.40	90°	21.8	36.792	65.532	172.078	279.067	SI
2	0.15	90°	21.8	34.058	65.532	172.078	279.067	SI

2	3.25	90°	21.8	27.718	65.532	172.078	279.067	SI
3	0.15	90°	21.8	26.944	65.532	172.077	279.067	SI
3	2.70	90°	21.8	23.004	65.532	172.077	279.067	SI
4	0.15	90°	21.8	24.701	65.532	172.077	279.067	SI
4	2.35	90°	21.8	17.464	65.532	172.077	279.067	SI
5	0.15	90°	21.8	5.546	65.532	172.077	279.067	SI
5	2.00	90°	21.8	33.387	65.532	172.077	279.067	SI
6	0.15	90°	21.8	39.437	65.532	172.079	279.067	SI
6	4.70	90°	21.8	42.572	65.532	172.079	279.067	SI
7	0.15	90°	21.8	39.500	65.532	172.079	279.067	SI
7	3.45	90°	21.8	34.348	65.532	172.079	279.067	SI
8	0.15	90°	21.8	39.394	65.532	172.076	279.067	SI
8	3.80	90°	21.8	25.006	65.532	172.076	279.067	SI

$\alpha$ : angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave.

$\theta$ : inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave.  $\theta$  rispetta il limite:  $1 \leq \cotan\theta \leq 2,5$  (cfr NTC § 4.1.2.1.3.2)

Verifiche agli stati limite di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2)

Verifica di fessurazione (cfr NTC § 4.1.2.2.4)

CONDIZIONI AMBIENTALI: Ambiente Ordinario

Combinazione frequente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	0.846	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
1	1.33	-9.982	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
1	3.55	17.011	6.03	6.03	0.060	0.102	0.400	SI
2	0.00	16.560	6.03	6.03	0.053	0.091	0.400	SI
2	1.91	-5.622	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
2	3.40	9.897	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
3	0.00	10.633	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
3	1.43	-4.052	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
3	2.85	7.301	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
4	0.00	7.761	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
4	1.41	-5.243	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
4	2.50	1.870	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.00	0.723	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.40	-0.779	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
5	2.15	19.488	6.03	6.03	0.094	0.160	0.400	SI
6	0.00	18.133	6.03	6.03	0.076	0.129	0.400	SI
6	2.42	-13.009	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
6	4.85	21.028	6.03	6.03	0.114	0.193	0.400	SI
7	0.00	21.651	6.03	6.03	0.122	0.207	0.400	SI
7	1.80	-4.544	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
7	3.60	16.536	6.03	6.03	0.053	0.090	0.400	SI
8	0.00	17.967	6.03	6.03	0.073	0.125	0.400	SI
8	2.22	-12.545	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
8	3.95	1.663	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI

Combinazione quasi permanente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	0.835	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
1	1.33	-9.603	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
1	3.55	16.329	6.03	6.03	0.050	0.085	0.300	SI
2	0.00	15.911	6.03	6.03	0.044	0.074	0.300	SI
2	1.91	-5.407	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
2	3.40	9.515	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
3	0.00	10.219	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
3	1.43	-3.897	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI

3	2.85	7.029	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
4	0.00	7.463	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
4	1.41	-5.034	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
4	2.50	1.806	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.00	0.721	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.40	-0.723	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
5	2.15	18.708	6.03	6.03	0.084	0.142	0.300	SI
6	0.00	17.431	6.03	6.03	0.066	0.112	0.300	SI
6	2.42	-12.507	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
6	4.85	20.188	6.03	6.03	0.103	0.175	0.300	SI
7	0.00	20.793	6.03	6.03	0.111	0.188	0.300	SI
7	1.80	-4.362	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
7	3.60	15.896	6.03	6.03	0.043	0.074	0.300	SI
8	0.00	17.249	6.03	6.03	0.063	0.108	0.300	SI
8	2.22	-12.068	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
8	3.95	1.604	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI

#### Verifica delle tensioni di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2.5)

##### Combinazione rara.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	σc [N/mm <sup>2</sup> ]	σc limite [N/mm <sup>2</sup> ]	σs trazione [N/mm <sup>2</sup> ]	σs comp. [N/mm <sup>2</sup> ]	σs limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	0.873	6.03	6.03	-0.176	-14.940	6.406	-1.001	360.000	SI
1	1.33	-10.928	6.03	6.03	-2.202	-14.940	80.179	-12.531	360.000	SI
1	3.55	18.718	6.03	6.03	-3.772	-14.940	137.327	-21.462	360.000	SI
2	0.00	18.183	6.03	6.03	-3.664	-14.940	133.403	-20.849	360.000	SI
2	1.91	-6.161	6.03	6.03	-1.242	-14.940	45.201	-7.064	360.000	SI
2	3.40	10.851	6.03	6.03	-2.187	-14.940	79.608	-12.441	360.000	SI
3	0.00	11.666	6.03	6.03	-2.351	-14.940	85.589	-13.376	360.000	SI
3	1.43	-4.440	6.03	6.03	-0.895	-14.940	32.572	-5.091	360.000	SI
3	2.85	7.983	6.03	6.03	-1.609	-14.940	58.569	-9.153	360.000	SI
4	0.00	8.504	6.03	6.03	-1.714	-14.940	62.394	-9.751	360.000	SI
4	1.41	-5.766	6.03	6.03	-1.162	-14.940	42.302	-6.611	360.000	SI
4	2.50	2.032	6.03	6.03	-0.409	-14.940	14.906	-2.330	360.000	SI
5	0.00	0.726	6.03	6.03	-0.146	-14.940	5.330	-0.833	360.000	SI
5	0.40	-0.916	6.03	6.03	-0.185	-14.940	6.724	-1.051	360.000	SI
5	0.54	-0.096	6.03	6.03	-0.019	-14.940	0.703	-0.110	360.000	SI
5	2.15	21.439	6.03	6.03	-4.320	-14.940	157.289	-24.582	360.000	SI
6	0.00	19.890	6.03	6.03	-4.008	-14.940	145.930	-22.807	360.000	SI
6	2.42	-14.263	6.03	6.03	-2.874	-14.940	104.647	-16.355	360.000	SI
6	4.85	23.128	6.03	6.03	-4.661	-14.940	169.686	-26.519	360.000	SI
7	0.00	23.797	6.03	6.03	-4.795	-14.940	174.589	-27.286	360.000	SI
7	1.80	-4.999	6.03	6.03	-1.007	-14.940	36.677	-5.732	360.000	SI
7	3.60	18.137	6.03	6.03	-3.655	-14.940	133.066	-20.796	360.000	SI
8	0.00	19.762	6.03	6.03	-3.982	-14.940	144.988	-22.660	360.000	SI
8	2.22	-13.739	6.03	6.03	-2.769	-14.940	100.799	-15.753	360.000	SI
8	3.95	1.811	6.03	6.03	-0.365	-14.940	13.285	-2.076	360.000	SI

σc limite: tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.40 § 4.1.2.2.5

σs limite: tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.42 § 4.1.2.2.5

##### Combinazione quasi permanente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Ac [cm <sup>2</sup> ]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	σc [N/mm <sup>2</sup> ]	σc limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	0.835	1500.00	6.03	6.03	-0.168	-11.205	SI
1	1.33	-9.603	1500.00	6.03	6.03	-1.935	-11.205	SI
1	3.55	16.329	1500.00	6.03	6.03	-3.291	-11.205	SI
2	0.00	15.911	1500.00	6.03	6.03	-3.206	-11.205	SI
2	1.91	-5.407	1500.00	6.03	6.03	-1.090	-11.205	SI
2	3.40	9.515	1500.00	6.03	6.03	-1.917	-11.205	SI
3	0.00	10.219	1500.00	6.03	6.03	-2.059	-11.205	SI

3	1.43	-3.897	1500.00	6.03	6.03	-0.785	-11.205	SI
3	2.85	7.029	1500.00	6.03	6.03	-1.416	-11.205	SI
4	0.00	7.463	1500.00	6.03	6.03	-1.504	-11.205	SI
4	1.41	-5.034	1500.00	6.03	6.03	-1.014	-11.205	SI
4	2.50	1.806	1500.00	6.03	6.03	-0.364	-11.205	SI
5	0.00	0.721	1500.00	6.03	6.03	-0.145	-11.205	SI
5	0.40	-0.723	1500.00	6.03	6.03	-0.146	-11.205	SI
5	0.54	-0.131	1500.00	6.03	6.03	-0.026	-11.205	SI
5	2.15	18.708	1500.00	6.03	6.03	-3.770	-11.205	SI
6	0.00	17.431	1500.00	6.03	6.03	-3.513	-11.205	SI
6	2.42	-12.507	1500.00	6.03	6.03	-2.520	-11.205	SI
6	4.85	20.188	1500.00	6.03	6.03	-4.068	-11.205	SI
7	0.00	20.793	1500.00	6.03	6.03	-4.190	-11.205	SI
7	1.80	-4.362	1500.00	6.03	6.03	-0.879	-11.205	SI
7	3.60	15.896	1500.00	6.03	6.03	-3.203	-11.205	SI
8	0.00	17.249	1500.00	6.03	6.03	-3.476	-11.205	SI
8	2.22	-12.068	1500.00	6.03	6.03	-2.432	-11.205	SI
8	3.95	1.604	1500.00	6.03	6.03	-0.323	-11.205	SI

$\sigma_c$  limite: tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.41 § 4.1.2.2.5

## 9. Verifiche geometriche dell'armatura Tf-0-1

Verifiche di dettaglio costruttivo (cfr NTC § 4.1.6)

Lunghezze critiche e vincoli geometrici (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Lunghezza [m]	Sezione	B [cm]	H [cm]	B/H	Zona Critica [cm]
1	355	R50X30	50	30	1.7	30
2	340	R50X30	50	30	1.7	30
3	285	R50X30	50	30	1.7	30
4	250	R50X30	50	30	1.7	30
5	215	R50X30	50	30	1.7	30
6	485	R50X30	50	30	1.7	30
7	360	R50X30	50	30	1.7	30
8	395	R50X30	50	30	1.7	30

### CRITERIO STATICO

Armatura longitudinale (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Ascissa [cm]	As,c [cm <sup>2</sup> ]	As,c,max [cm <sup>2</sup> ]	As,t,min [cm <sup>2</sup> ]	As,t [cm <sup>2</sup> ]	As,t,max [cm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
1	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
1	estremo dx	3.4	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
2	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
2	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
2	estremo dx	3.3	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
3	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
3	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
3	estremo dx	2.7	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
4	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
4	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
4	estremo dx	2.4	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
5	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
5	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
5	estremo dx	2.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI

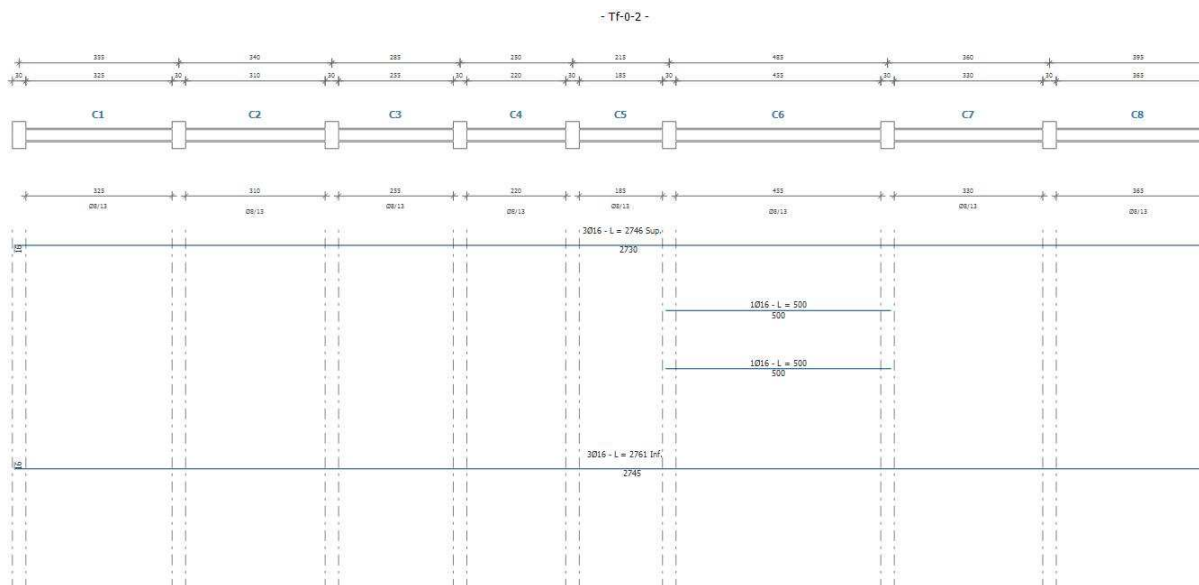
6	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
6	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
6	estremo dx	4.7	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
7	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
7	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
7	estremo dx	3.5	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
8	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
8	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
8	estremo dx	3.8	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI

**Armatura trasversale** (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Astiffe,min [cm <sup>2</sup> /m]	Astiffe [cm <sup>2</sup> /m]	Verifica	Passo [cm]	Passomax [cm]	Verifica
1	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
1	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
1	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
3	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
3	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
3	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
4	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
4	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
4	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
5	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
5	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
5	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
6	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
6	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
6	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
7	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
7	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
7	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
8	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
8	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
8	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI

## 10. Tf-0-2

### Caratteristiche dell'armatura



Lunghezza totale: 26.85 m

Calcestruzzo: C25/30

Numero di campate: 8

Acciaio d'armatura: B450C

#### Armatura longitudinale

Posizione	Tipologia di ferro	Barre	As [cm <sup>2</sup> ]	Lunghezza di calcolo [cm]	Ancoraggio [cm]	Lunghezza complessiva [cm]
1	Corrente - Superiore	3 Ø 16	6.03	2700	46	2746
2	Corrente - Inferiore	3 Ø 16	6.03	2715	46	2761
3	Ferro in campata - Inferiore	1 Ø 16	2.01	500	0	500
4	Ferro in campata - Superiore	1 Ø 16	2.01	500	0	500

La lunghezza di calcolo delle barre è al netto dell'ancoraggio.

#### Armatura trasversale

Campata	Ampiezza campo [cm]	Φ [mm]	Passo s [cm]	Ast [cm <sup>2</sup> ]	Bracci
1	325	8	13	1.01	2
2	310	8	13	1.01	2
3	255	8	13	1.01	2
4	220	8	13	1.01	2
5	185	8	13	1.01	2
6	455	8	13	1.01	2
7	330	8	13	1.01	2
8	365	8	13	1.01	2

Verifiche agli stati limite ultimi (cfr NTC § 4.1.2.1)

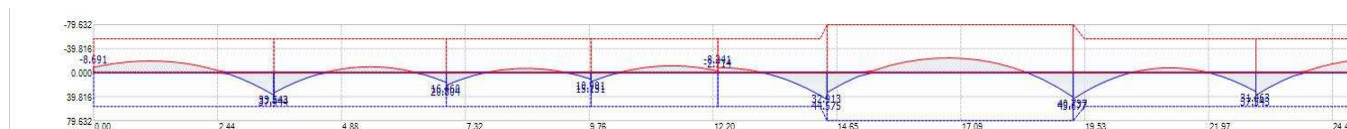
Campo di rottura

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	$\varepsilon_c$ [‰]	$\varepsilon_s$ [‰]	Campo	$\xi$	$\xi_{lim}$	Verifica
1	0.00	-8.691	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
1	1.11	-19.363	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
1	3.55	37.444	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
2	0.00	33.543	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
2	1.91	-9.748	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
2	3.40	16.460	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
3	0.00	20.804	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
3	1.60	-7.064	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
3	2.85	10.981	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
4	0.00	15.151	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
4	1.56	-11.255	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
4	2.50	-2.714	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
5	0.00	-8.241	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
5	2.15	44.575	3.50	19.89	III	0.150	0.45	SI
6	0.00	32.913	3.50	19.89	III	0.150	0.45	SI
6	2.42	-24.377	3.50	19.89	III	0.150	0.45	SI
6	4.85	40.737	3.50	19.89	III	0.150	0.45	SI
7	0.00	43.677	3.50	19.89	III	0.150	0.45	SI
7	1.80	-7.849	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
7	3.60	31.463	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	0.00	37.543	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	2.47	-23.610	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	3.95	-7.091	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI

La verifica assicura un comportamento duttile per strutture iperstatiche e si intende soddisfatta quando  $\xi < \xi_{lim}$

Verifica di resistenza a flessione (cfr NTC § 4.1.2.1.2)

Andamento della sollecitazione flessionale: momento sollecitante e momento resistente.



Momento massimo

Momento minimo

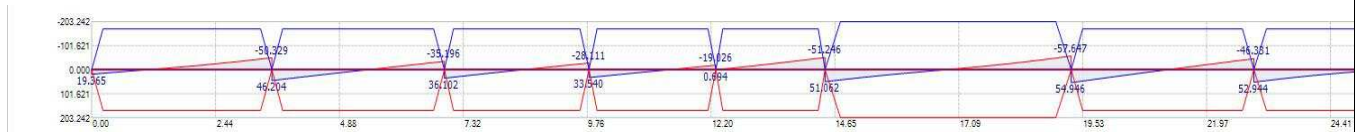
Momento resistente

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	Mrd [kN m]	Mrd/Msd	Verifica
1	0.00	-8.691	6.03	6.03	-56.029	6.45	SI
1	1.11	-19.363	6.03	6.03	-56.029	2.89	SI
1	3.55	37.444	6.03	6.03	56.029	1.50	SI
2	0.00	33.543	6.03	6.03	56.029	1.67	SI
2	1.91	-9.748	6.03	6.03	-56.029	5.75	SI
2	3.40	16.460	6.03	6.03	56.029	3.40	SI
3	0.00	20.804	6.03	6.03	56.029	2.69	SI
3	1.60	-7.064	6.03	6.03	-56.029	7.93	SI
3	2.85	10.981	6.03	6.03	56.029	5.10	SI
4	0.00	15.151	6.03	6.03	56.029	3.70	SI
4	1.56	-11.255	6.03	6.03	-56.029	4.98	SI
4	2.50	-2.714	6.03	6.03	-56.029	20.64	SI

5	0.00	-8.241	6.03	6.03	-56.029	6.80	SI
5	2.15	44.575	8.04	8.04	79.632	1.79	SI
6	0.00	32.913	8.04	8.04	79.632	2.42	SI
6	2.42	-24.377	8.04	8.04	-79.632	3.27	SI
6	4.85	40.737	8.04	8.04	79.632	1.95	SI
7	0.00	43.677	8.04	8.04	79.632	1.82	SI
7	1.80	-7.849	6.03	6.03	-56.029	7.14	SI
7	3.60	31.463	6.03	6.03	56.029	1.78	SI
8	0.00	37.543	6.03	6.03	56.029	1.49	SI
8	2.47	-23.610	6.03	6.03	-56.029	2.37	SI
8	3.95	-7.091	6.03	6.03	-56.029	7.90	SI

#### Verifica di resistenza a taglio (cfr NTC § 4.1.2.1.3)

Andamento della sollecitazione tagliante.



Taglio massimo

Taglio minimo

Taglio resistente

Campata	Ascissa [m]	$\alpha$	$\theta$	Vsd [kN]	VRd [kN]	VRsd [kN]	VRcd [kN]	Verifica
1	0.15	90°	21.8	16.479	65.532	172.078	279.067	SI
1	3.40	90°	21.8	46.371	65.532	172.078	279.067	SI
2	0.15	90°	21.8	42.199	65.532	172.078	279.067	SI
2	3.25	90°	21.8	31.379	65.532	172.078	279.067	SI
3	0.15	90°	21.8	32.287	65.532	172.077	279.067	SI
3	2.70	90°	21.8	24.617	65.532	172.077	279.067	SI
4	0.15	90°	21.8	30.060	65.532	172.077	279.067	SI
4	2.35	90°	21.8	15.587	65.532	172.077	279.067	SI
5	0.15	90°	21.8	3.014	65.532	172.077	279.067	SI
5	2.00	90°	21.8	47.158	65.532	172.077	279.067	SI
6	0.15	90°	21.8	47.054	77.566	203.242	329.607	SI
6	4.70	90°	21.8	53.058	77.566	203.242	329.607	SI
7	0.15	90°	21.8	50.245	65.532	172.079	279.067	SI
7	3.45	90°	21.8	42.038	65.532	172.079	279.067	SI
8	0.15	90°	21.8	48.751	65.532	172.076	279.067	SI
8	3.80	90°	21.8	21.360	65.532	172.076	279.067	SI

$\alpha$ : angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave.

$\theta$ : inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave.  $\theta$  rispetta il limite:  $1 \leq \cotan\theta \leq 2,5$  (cfr NTC § 4.1.2.1.3.2)

#### Verifiche agli stati limite di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2)

#### Verifica di fessurazione (cfr NTC § 4.1.2.2.4)

CONDIZIONI AMBIENTALI: Ambiente Ordinario

Combinazione frequente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	-5.562	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
1	1.11	-12.650	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
1	3.55	24.384	6.03	6.03	0.154	0.262	0.400	SI
2	0.00	21.864	6.03	6.03	0.124	0.211	0.400	SI
2	1.91	-6.381	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI

2	3.40	10.777	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
3	0.00	13.577	6.03	6.03	0.005	0.009	0.400	SI
3	1.60	-4.621	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
3	2.85	7.214	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
4	0.00	9.903	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
4	1.56	-7.324	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
4	2.50	-1.685	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.00	-5.258	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
5	2.15	29.013	8.04	8.04	0.091	0.155	0.400	SI
6	0.00	21.494	8.04	8.04	0.048	0.082	0.400	SI
6	2.42	-15.917	8.04	8.04	0.010	0.018	0.400	SI
6	4.85	26.564	8.04	8.04	0.078	0.132	0.400	SI
7	0.00	28.462	8.04	8.04	0.088	0.150	0.400	SI
7	1.80	-5.132	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
7	3.60	20.536	6.03	6.03	0.108	0.183	0.400	SI
8	0.00	24.467	6.03	6.03	0.155	0.264	0.400	SI
8	2.47	-15.432	6.03	6.03	0.036	0.061	0.400	SI
8	3.95	-4.521	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI

**Combinazione quasi permanente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	-5.272	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
1	1.11	-12.073	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
1	3.55	23.246	6.03	6.03	0.141	0.240	0.300	SI
2	0.00	20.852	6.03	6.03	0.112	0.190	0.300	SI
2	1.91	-6.094	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
2	3.40	10.293	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
3	0.00	12.954	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
3	1.60	-4.412	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
3	2.85	6.898	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
4	0.00	9.452	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
4	1.56	-6.981	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
4	2.50	-1.580	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.00	-4.977	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
5	2.15	27.656	8.04	8.04	0.084	0.142	0.300	SI
6	0.00	20.510	8.04	8.04	0.042	0.072	0.300	SI
6	2.42	-15.189	8.04	8.04	0.005	0.008	0.300	SI
6	4.85	25.337	8.04	8.04	0.071	0.121	0.300	SI
7	0.00	27.142	8.04	8.04	0.081	0.138	0.300	SI
7	1.80	-4.899	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
7	3.60	19.594	6.03	6.03	0.095	0.162	0.300	SI
8	0.00	23.331	6.03	6.03	0.142	0.241	0.300	SI
8	2.47	-14.731	6.03	6.03	0.025	0.042	0.300	SI
8	3.95	-4.280	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI

**Verifica delle tensioni di esercizio** (cfr NTC § 4.1.2.2.5)

**Combinazione rara.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	σc [N/mm <sup>2</sup> ]	σc limite [N/mm <sup>2</sup> ]	σs trazione [N/mm <sup>2</sup> ]	σs comp. [N/mm <sup>2</sup> ]	σs limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	-6.288	6.03	6.03	-1.267	-14.940	46.135	-7.210	360.000	SI
1	1.11	-14.092	6.03	6.03	-2.840	-14.940	103.386	-16.158	360.000	SI
1	3.55	27.227	6.03	6.03	-5.487	-14.940	199.760	-31.220	360.000	SI
2	0.00	24.396	6.03	6.03	-4.916	-14.940	178.988	-27.973	360.000	SI
2	1.91	-7.099	6.03	6.03	-1.430	-14.940	52.081	-8.139	360.000	SI
2	3.40	11.986	6.03	6.03	-2.415	-14.940	87.941	-13.744	360.000	SI
3	0.00	15.137	6.03	6.03	-3.050	-14.940	111.054	-17.356	360.000	SI
3	1.60	-5.143	6.03	6.03	-1.036	-14.940	37.731	-5.897	360.000	SI
3	2.85	8.005	6.03	6.03	-1.613	-14.940	58.727	-9.178	360.000	SI

4	0.00	11.029	6.03	6.03	-2.223	-14.940	80.920	-12.647	360.000	SI
4	1.56	-8.182	6.03	6.03	-1.649	-14.940	60.028	-9.382	360.000	SI
4	2.50	-1.949	6.03	6.03	-0.393	-14.940	14.296	-2.234	360.000	SI
5	0.00	-5.960	6.03	6.03	-1.201	-14.940	43.728	-6.834	360.000	SI
5	2.15	32.408	8.04	8.04	-4.931	-14.940	198.691	-73.960	360.000	SI
6	0.00	23.952	8.04	8.04	-3.644	-14.940	146.848	-54.662	360.000	SI
6	2.42	-17.738	8.04	8.04	-2.699	-14.940	108.751	-40.481	360.000	SI
6	4.85	29.632	8.04	8.04	-4.508	-14.940	181.671	-67.625	360.000	SI
7	0.00	31.763	8.04	8.04	-4.833	-14.940	194.739	-72.489	360.000	SI
7	1.80	-5.714	6.03	6.03	-1.152	-14.940	41.924	-6.552	360.000	SI
7	3.60	22.891	6.03	6.03	-4.613	-14.940	167.948	-26.248	360.000	SI
8	0.00	27.305	6.03	6.03	-5.503	-14.940	200.333	-31.309	360.000	SI
8	2.47	-17.184	6.03	6.03	-3.463	-14.940	126.076	-19.704	360.000	SI
8	3.95	-5.125	6.03	6.03	-1.033	-14.940	37.600	-5.876	360.000	SI

**$\sigma_c$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.40 § 4.1.2.2.5

**$\sigma_s$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.42 § 4.1.2.2.5

**Combinazione quasi permanente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Ac [cm <sup>2</sup> ]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	-5.272	1500.00	6.03	6.03	-1.062	-11.205	SI
1	1.11	-12.073	1500.00	6.03	6.03	-2.433	-11.205	SI
1	3.55	23.246	1500.00	6.03	6.03	-4.685	-11.205	SI
2	0.00	20.852	1500.00	6.03	6.03	-4.202	-11.205	SI
2	1.91	-6.094	1500.00	6.03	6.03	-1.228	-11.205	SI
2	3.40	10.293	1500.00	6.03	6.03	-2.074	-11.205	SI
3	0.00	12.954	1500.00	6.03	6.03	-2.610	-11.205	SI
3	1.60	-4.412	1500.00	6.03	6.03	-0.889	-11.205	SI
3	2.85	6.898	1500.00	6.03	6.03	-1.390	-11.205	SI
4	0.00	9.452	1500.00	6.03	6.03	-1.905	-11.205	SI
4	1.56	-6.981	1500.00	6.03	6.03	-1.407	-11.205	SI
4	2.50	-1.580	1500.00	6.03	6.03	-0.318	-11.205	SI
5	0.00	-4.977	1500.00	6.03	6.03	-1.003	-11.205	SI
5	2.15	27.656	1500.00	8.04	8.04	-4.208	-11.205	SI
6	0.00	20.510	1500.00	8.04	8.04	-3.121	-11.205	SI
6	2.42	-15.189	1500.00	8.04	8.04	-2.311	-11.205	SI
6	4.85	25.337	1500.00	8.04	8.04	-3.855	-11.205	SI
7	0.00	27.142	1500.00	8.04	8.04	-4.130	-11.205	SI
7	1.80	-4.899	1500.00	6.03	6.03	-0.987	-11.205	SI
7	3.60	19.594	1500.00	6.03	6.03	-3.948	-11.205	SI
8	0.00	23.331	1500.00	6.03	6.03	-4.702	-11.205	SI
8	2.47	-14.731	1500.00	6.03	6.03	-2.968	-11.205	SI
8	3.95	-4.280	1500.00	6.03	6.03	-0.862	-11.205	SI

**$\sigma_c$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.41 § 4.1.2.2.5

## 10. Verifiche geometriche dell'armatura Tf-0-2

Verifiche di dettaglio costruttivo (cfr NTC § 4.1.6)

Lunghezze critiche e vincoli geometrici (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Lunghezza [m]	Sezione	B [cm]	H [cm]	B/H	Zona Critica [cm]
1	355	R50X30	50	30	1.7	30
2	340	R50X30	50	30	1.7	30
3	285	R50X30	50	30	1.7	30
4	250	R50X30	50	30	1.7	30
5	215	R50X30	50	30	1.7	30
6	485	R50X30	50	30	1.7	30
7	360	R50X30	50	30	1.7	30
8	395	R50X30	50	30	1.7	30

### CRITERIO STATICO

Armatura longitudinale (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Ascissa [cm]	As,c [cm <sup>2</sup> ]	As,c,max [cm <sup>2</sup> ]	As,t,min [cm <sup>2</sup> ]	As,t [cm <sup>2</sup> ]	As,t,max [cm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
1	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
1	estremo dx	3.4	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
2	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
2	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
2	estremo dx	3.3	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
3	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
3	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
3	estremo dx	2.7	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
4	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
4	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
4	estremo dx	2.4	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
5	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
5	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
5	estremo dx	2.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
6	estremo sx	0.2	8.04	60.00	2.00	8.04	49.00	SI
6	campata	0.0	8.04	60.00	2.00	8.04	49.00	SI
6	estremo dx	4.7	8.04	60.00	2.00	8.04	49.00	SI
7	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
7	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
7	estremo dx	3.5	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
8	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
8	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
8	estremo dx	3.8	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI

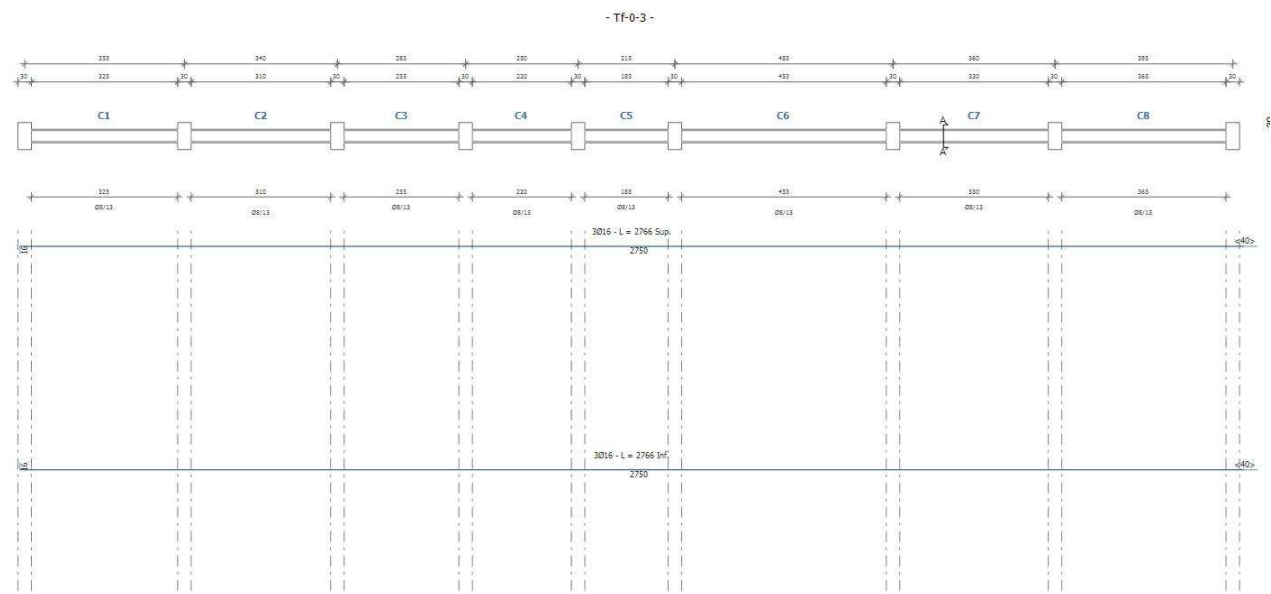
Armatura trasversale (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Astiffe,min [cm <sup>2</sup> /m]	Astiffe [cm <sup>2</sup> /m]	Verifica	Passo [cm]	Passomax [cm]	Verifica
1	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
1	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
1	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI

3	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
3	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
3	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
4	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
4	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
4	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
5	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
5	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
5	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
6	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
6	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
6	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
7	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
7	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
7	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
8	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
8	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
8	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI

11. Tf-0-3

Caratteristiche dell'armatura



Lunghezza totale: 26.85 m
Numero di campate: 8

Calcestruzzo: C25/30
Acciaio d'armatura: B450C

Armatura longitudinale

Posizione	Tipologia di ferro	Barre	As [cm <sup>2</sup> ]	Lunghezza di calcolo [cm]	Ancoraggio [cm]	Lunghezza complessiva [cm]
1	Corrente - Superiore	3 Ø 16	6.03	2720	46	2766
2	Corrente - Inferiore	3 Ø 16	6.03	2720	46	2766

La lunghezza di calcolo delle barre è al netto dell'ancoraggio.

Armatura trasversale

Campata	Ampiezza campo [cm]	Φ [mm]	Passo s [cm]	Ast [cm <sup>2</sup> ]	Bracci
---------	------------------------	-----------	-----------------	---------------------------	--------

1	325	8	13	1.01	2
2	310	8	13	1.01	2
3	255	8	13	1.01	2
4	220	8	13	1.01	2
5	185	8	13	1.01	2
6	455	8	13	1.01	2
7	330	8	13	1.01	2
8	365	8	13	1.01	2

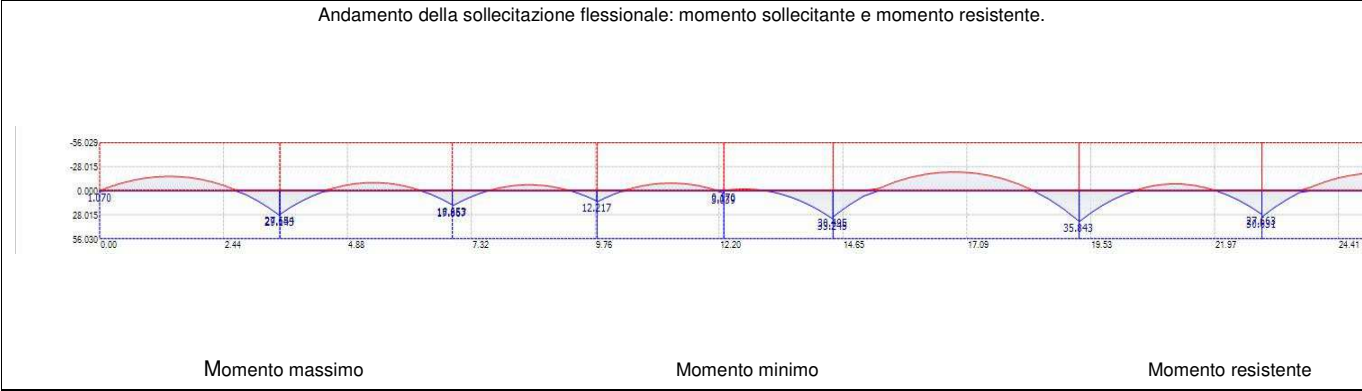
Verifiche agli stati limite ultimi (cfr NTC § 4.1.2.1)

Campo di rottura

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	$\epsilon_c$ [%]	$\epsilon_s$ [%]	Campo	$\xi$	$\xi_{lim}$	Verifica
1	0.00	1.070	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
1	0.00	-0.070	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
1	1.33	-16.668	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
1	3.55	29.143	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
2	0.00	27.654	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
2	1.91	-9.466	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
2	3.40	16.653	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
3	0.00	17.867	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
3	1.43	-6.788	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
3	1.60	-3.848	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
3	2.85	12.217	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
4	0.00	13.113	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
4	1.41	-8.728	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
4	2.50	3.039	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
5	0.00	0.170	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
5	0.00	-0.274	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
5	0.40	-1.945	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
5	2.15	33.245	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
6	0.00	30.495	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
6	2.42	-21.835	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
6	4.85	35.843	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
7	0.00	36.242	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
7	1.80	-7.801	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
7	3.60	27.663	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	0.00	30.631	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	2.22	-20.744	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	2.47	-12.260	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	3.95	2.907	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI

La verifica assicura un comportamento duttile per strutture iperstatiche e si intende soddisfatta quando  $\xi < \xi_{lim}$

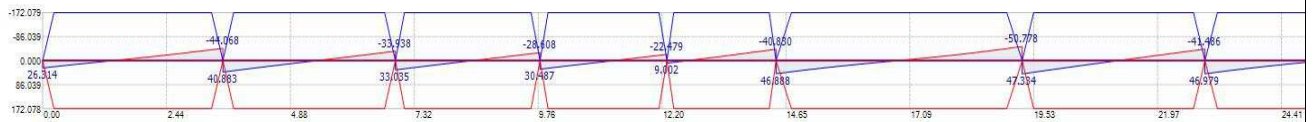
Verifica di resistenza a flessione (cfr NTC § 4.1.2.1.2)



Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	Mrd [kN m]	Mrd/Msd	Verifica
1	0.00	1.070	6.03	6.03	56.029	52.37	SI
1	0.00	-0.070	6.03	6.03	-56.029	804.98	SI
1	1.33	-16.668	6.03	6.03	-56.029	3.36	SI
1	3.55	29.143	6.03	6.03	56.029	1.92	SI
2	0.00	27.654	6.03	6.03	56.029	2.03	SI
2	1.91	-9.466	6.03	6.03	-56.029	5.92	SI
2	3.40	16.653	6.03	6.03	56.029	3.36	SI
3	0.00	17.867	6.03	6.03	56.029	3.14	SI
3	1.43	-6.788	6.03	6.03	-56.029	8.25	SI
3	1.60	-3.848	6.03	6.03	-56.029	14.56	SI
3	2.85	12.217	6.03	6.03	56.029	4.59	SI
4	0.00	13.113	6.03	6.03	56.029	4.27	SI
4	1.41	-8.728	6.03	6.03	-56.029	6.42	SI
4	2.50	3.039	6.03	6.03	56.029	18.44	SI
5	0.00	0.170	6.03	6.03	56.029	329.21	SI
5	0.00	-0.274	6.03	6.03	-56.029	204.46	SI
5	0.40	-1.945	6.03	6.03	-56.029	28.81	SI
5	2.15	33.245	6.03	6.03	56.029	1.69	SI
6	0.00	30.495	6.03	6.03	56.029	1.84	SI
6	2.42	-21.835	6.03	6.03	-56.029	2.57	SI
6	4.85	35.843	6.03	6.03	56.029	1.56	SI
7	0.00	36.242	6.03	6.03	56.029	1.55	SI
7	1.80	-7.801	6.03	6.03	-56.029	7.18	SI
7	3.60	27.663	6.03	6.03	56.029	2.03	SI
8	0.00	30.631	6.03	6.03	56.029	1.83	SI
8	2.22	-20.744	6.03	6.03	-56.029	2.70	SI
8	2.47	-12.260	6.03	6.03	-56.029	4.57	SI
8	3.95	2.907	6.03	6.03	56.029	19.28	SI

#### Verifica di resistenza a taglio (cfr NTC § 4.1.2.1.3)

Andamento della sollecitazione tagliante.



Taglio massimo

Taglio minimo

Taglio resistente

Campata	Ascissa [m]	$\alpha$	$\theta$	Vsd [kN]	VRd [kN]	VRsd [kN]	VRcd [kN]	Verifica
1	0.15	90°	21.8	23.057	65.532	172.078	279.067	SI
1	3.40	90°	21.8	40.443	65.532	172.078	279.067	SI
2	0.15	90°	21.8	37.227	65.532	172.078	279.067	SI
2	3.25	90°	21.8	30.365	65.532	172.078	279.067	SI
3	0.15	90°	21.8	29.458	65.532	172.077	279.067	SI
3	2.70	90°	21.8	25.162	65.532	172.077	279.067	SI
4	0.15	90°	21.8	27.044	65.532	172.077	279.067	SI
4	2.35	90°	21.8	18.997	65.532	172.077	279.067	SI
5	0.15	90°	21.8	5.485	65.532	172.077	279.067	SI
5	2.00	90°	21.8	37.030	65.532	172.077	279.067	SI
6	0.15	90°	21.8	43.170	65.532	172.079	279.067	SI
6	4.70	90°	21.8	46.780	65.532	172.079	279.067	SI

7	0.15	90°	21.8	43.246	65.532	172.079	279.067	SI
7	3.45	90°	21.8	37.634	65.532	172.079	279.067	SI
8	0.15	90°	21.8	43.198	65.532	172.076	279.067	SI
8	3.80	90°	21.8	27.289	65.532	172.076	279.067	SI

$\alpha$ : angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave.

$\theta$ : inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave.  $\theta$  rispetta il limite:  $1 \leq \cotan\theta \leq 2,5$  (cfr NTC § 4.1.2.1.3.2)

### Verifiche agli stati limite di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2)

#### Verifica di fessurazione (cfr NTC § 4.1.2.2.4)

**CONDIZIONI AMBIENTALI: Ambiente Ordinario**

**Combinazione frequente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	0.823	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
1	1.33	-11.207	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
1	3.55	19.479	6.03	6.03	0.094	0.160	0.400	SI
2	0.00	18.536	6.03	6.03	0.081	0.138	0.400	SI
2	1.91	-6.366	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
2	3.40	11.191	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
3	0.00	11.980	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
3	1.43	-4.564	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
3	2.85	8.239	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
4	0.00	8.815	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
4	1.41	-5.846	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
4	2.50	2.097	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.00	0.131	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.00	0.131	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.40	-1.239	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
5	2.15	22.235	6.03	6.03	0.129	0.219	0.400	SI
6	0.00	20.470	6.03	6.03	0.107	0.181	0.400	SI
6	2.42	-14.650	6.03	6.03	0.024	0.040	0.400	SI
6	4.85	23.988	6.03	6.03	0.150	0.255	0.400	SI
7	0.00	24.265	6.03	6.03	0.153	0.260	0.400	SI
7	1.80	-5.233	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
7	3.60	18.558	6.03	6.03	0.082	0.139	0.400	SI
8	0.00	20.489	6.03	6.03	0.107	0.182	0.400	SI
8	2.22	-13.951	6.03	6.03	0.012	0.020	0.400	SI
8	3.95	2.048	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI

**Combinazione quasi permanente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	0.823	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
1	1.33	-10.713	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
1	3.55	18.581	6.03	6.03	0.082	0.139	0.300	SI
2	0.00	17.699	6.03	6.03	0.070	0.118	0.300	SI
2	1.91	-6.086	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
2	3.40	10.695	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
3	0.00	11.440	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
3	1.43	-4.362	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
3	2.85	7.884	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
4	0.00	8.426	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
4	1.41	-5.581	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
4	2.50	2.024	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.00	0.131	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.40	-1.161	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
5	2.15	21.214	6.03	6.03	0.116	0.197	0.300	SI
6	0.00	19.556	6.03	6.03	0.095	0.161	0.300	SI

6	2.42	-13.994	6.03	6.03	0.013	0.022	0.300	SI
6	4.85	22.892	6.03	6.03	0.137	0.232	0.300	SI
7	0.00	23.159	6.03	6.03	0.140	0.238	0.300	SI
7	1.80	-4.998	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
7	3.60	17.725	6.03	6.03	0.070	0.119	0.300	SI
8	0.00	19.549	6.03	6.03	0.095	0.161	0.300	SI
8	2.22	-13.337	6.03	6.03	0.001	0.002	0.300	SI
8	3.95	1.990	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI

**Verifica delle tensioni di esercizio** (cfr NTC § 4.1.2.2.5)

**Combinazione rara.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	σc [N/mm <sup>2</sup> ]	σc limite [N/mm <sup>2</sup> ]	σs trazione [N/mm <sup>2</sup> ]	σs comp. [N/mm <sup>2</sup> ]	σs limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	0.823	6.03	6.03	-0.166	-14.940	6.037	-0.944	360.000	SI
1	1.33	-12.442	6.03	6.03	-2.507	-14.940	91.281	-14.266	360.000	SI
1	3.55	21.726	6.03	6.03	-4.378	-14.940	159.398	-24.912	360.000	SI
2	0.00	20.628	6.03	6.03	-4.157	-14.940	151.345	-23.653	360.000	SI
2	1.91	-7.066	6.03	6.03	-1.424	-14.940	51.844	-8.102	360.000	SI
2	3.40	12.429	6.03	6.03	-2.505	-14.940	91.189	-14.251	360.000	SI
3	0.00	13.329	6.03	6.03	-2.686	-14.940	97.790	-15.283	360.000	SI
3	1.43	-5.067	6.03	6.03	-1.021	-14.940	37.173	-5.810	360.000	SI
3	2.85	9.125	6.03	6.03	-1.839	-14.940	66.947	-10.463	360.000	SI
4	0.00	9.788	6.03	6.03	-1.972	-14.940	71.811	-11.223	360.000	SI
4	1.41	-6.509	6.03	6.03	-1.312	-14.940	47.758	-7.464	360.000	SI
4	2.50	2.281	6.03	6.03	-0.460	-14.940	16.736	-2.616	360.000	SI
5	0.00	0.131	6.03	6.03	-0.026	-14.940	0.961	-0.150	360.000	SI
5	0.00	-0.139	6.03	6.03	-0.028	-14.940	1.020	-0.159	360.000	SI
5	0.40	-1.436	6.03	6.03	-0.289	-14.940	10.533	-1.646	360.000	SI
5	2.15	24.788	6.03	6.03	-4.995	-14.940	181.861	-28.422	360.000	SI
6	0.00	22.755	6.03	6.03	-4.585	-14.940	166.946	-26.091	360.000	SI
6	2.42	-16.291	6.03	6.03	-3.283	-14.940	119.526	-18.680	360.000	SI
6	4.85	26.729	6.03	6.03	-5.386	-14.940	196.101	-30.648	360.000	SI
7	0.00	27.028	6.03	6.03	-5.447	-14.940	198.298	-30.991	360.000	SI
7	1.80	-5.820	6.03	6.03	-1.173	-14.940	42.698	-6.673	360.000	SI
7	3.60	20.639	6.03	6.03	-4.159	-14.940	151.420	-23.665	360.000	SI
8	0.00	22.839	6.03	6.03	-4.603	-14.940	167.567	-26.188	360.000	SI
8	2.22	-15.485	6.03	6.03	-3.120	-14.940	113.607	-17.755	360.000	SI
8	2.47	-12.299	6.03	6.03	-2.478	-14.940	90.235	-14.102	360.000	SI
8	3.95	2.192	6.03	6.03	-0.442	-14.940	16.080	-2.513	360.000	SI

**σc limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.40 § 4.1.2.2.5

**σs limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.42 § 4.1.2.2.5

**Combinazione quasi permanente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Ac [cm <sup>2</sup> ]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	σc [N/mm <sup>2</sup> ]	σc limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	0.823	1500.00	6.03	6.03	-0.166	-11.205	SI
1	1.33	-10.713	1500.00	6.03	6.03	-2.159	-11.205	SI
1	3.55	18.581	1500.00	6.03	6.03	-3.744	-11.205	SI
2	0.00	17.699	1500.00	6.03	6.03	-3.567	-11.205	SI
2	1.91	-6.086	1500.00	6.03	6.03	-1.227	-11.205	SI
2	3.40	10.695	1500.00	6.03	6.03	-2.155	-11.205	SI
3	0.00	11.440	1500.00	6.03	6.03	-2.305	-11.205	SI
3	1.43	-4.362	1500.00	6.03	6.03	-0.879	-11.205	SI
3	2.85	7.884	1500.00	6.03	6.03	-1.589	-11.205	SI
4	0.00	8.426	1500.00	6.03	6.03	-1.698	-11.205	SI
4	1.41	-5.581	1500.00	6.03	6.03	-1.125	-11.205	SI
4	2.50	2.024	1500.00	6.03	6.03	-0.408	-11.205	SI
5	0.00	0.131	1500.00	6.03	6.03	-0.026	-11.205	SI
5	0.40	-1.161	1500.00	6.03	6.03	-0.234	-11.205	SI

5	2.15	21.214	1500.00	6.03	6.03	-4.275	-11.205	SI
6	0.00	19.556	1500.00	6.03	6.03	-3.941	-11.205	SI
6	2.42	-13.994	1500.00	6.03	6.03	-2.820	-11.205	SI
6	4.85	22.892	1500.00	6.03	6.03	-4.613	-11.205	SI
7	0.00	23.159	1500.00	6.03	6.03	-4.667	-11.205	SI
7	1.80	-4.998	1500.00	6.03	6.03	-1.007	-11.205	SI
7	3.60	17.725	1500.00	6.03	6.03	-3.572	-11.205	SI
8	0.00	19.549	1500.00	6.03	6.03	-3.940	-11.205	SI
8	2.22	-13.337	1500.00	6.03	6.03	-2.688	-11.205	SI
8	2.47	-12.318	1500.00	6.03	6.03	-2.482	-11.205	SI
8	3.95	1.990	1500.00	6.03	6.03	-0.401	-11.205	SI

**$\sigma_c$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.41 § 4.1.2.2.5

## 11. Verifiche geometriche dell'armatura Tf-0-3

Verifiche di dettaglio costruttivo (cfr NTC § 4.1.6)

**Lunghezze critiche e vincoli geometrici** (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Lunghezza [m]	Sezione	B [cm]	H [cm]	B/H	Zona Critica [cm]
1	355	R50X30	50	30	1.7	30
2	340	R50X30	50	30	1.7	30
3	285	R50X30	50	30	1.7	30
4	250	R50X30	50	30	1.7	30
5	215	R50X30	50	30	1.7	30
6	485	R50X30	50	30	1.7	30
7	360	R50X30	50	30	1.7	30
8	395	R50X30	50	30	1.7	30

### CRITERIO STATICO

**Armatura longitudinale** (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Ascissa [cm]	As,c [cm <sup>2</sup> ]	As,c,max [cm <sup>2</sup> ]	As,t,min [cm <sup>2</sup> ]	As,t [cm <sup>2</sup> ]	As,t,max [cm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
1	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
1	estremo dx	3.4	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
2	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
2	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
2	estremo dx	3.3	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
3	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
3	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
3	estremo dx	2.7	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
4	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
4	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
4	estremo dx	2.4	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
5	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
5	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
5	estremo dx	2.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
6	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
6	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
6	estremo dx	4.7	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
7	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
7	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
7	estremo dx	3.5	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
8	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI

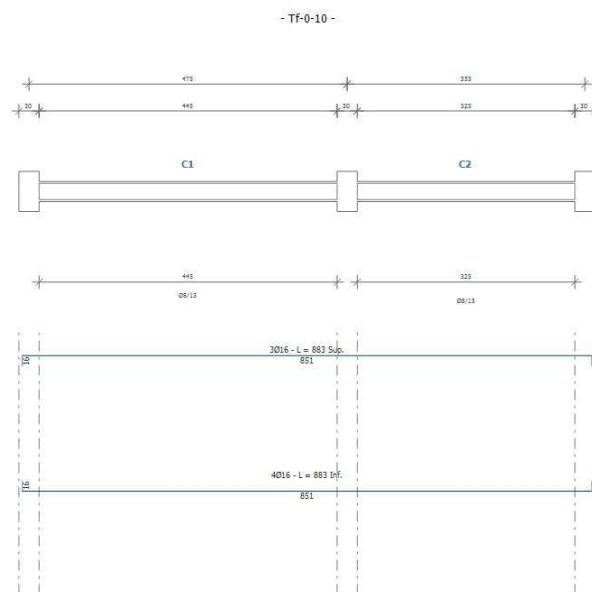
8	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
8	estremo dx	3.8	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI

Armatura trasversale (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Astiffe,min [cm <sup>2</sup> /m]	Astiffe [cm <sup>2</sup> /m]	Verifica	Passo [cm]	Passomax [cm]	Verifica
1	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
1	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
1	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
3	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
3	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
3	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
4	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
4	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
4	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
5	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
5	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
5	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
6	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
6	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
6	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
7	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
7	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
7	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
8	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
8	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
8	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI

## 12. Tf-0-10

### Caratteristiche dell'armatura



Lunghezza totale: 8.30 m  
Calcestruzzo: C25/30

Numero di campate: 2  
Acciaio d'armatura: B450C

### Armatura longitudinale

Posizione	Tipologia di ferro	Barre	As [cm <sup>2</sup> ]	Lunghezza di calcolo [cm]	Ancoraggio [cm]	Lunghezza complessiva [cm]
1	Corrente - Superiore	3 Ø 16	6.03	851	32	883
2	Corrente - Inferiore	4 Ø 16	8.04	851	32	883

La lunghezza di calcolo delle barre è al netto dell'ancoraggio.

### Armatura trasversale

Campata	Ampiezza campo [cm]	$\Phi$ [mm]	Passo s [cm]	Ast [cm <sup>2</sup> ]	Bracci
1	445	8	13	1.01	2
2	325	8	13	1.01	2

Verifiche agli stati limite ultimi (cfr NTC § 4.1.2.1)

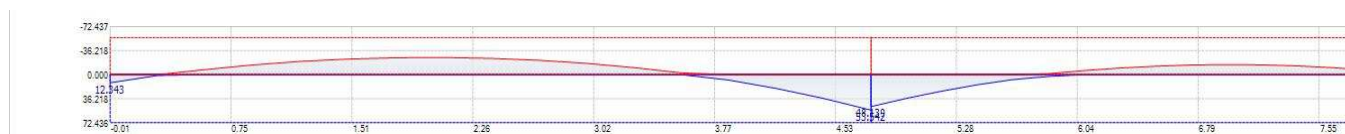
### Campo di rottura

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	$\varepsilon_c$ [‰]	$\varepsilon_s$ [‰]	Campo	$\xi$	$\xi_{lim}$	Verifica
1	0.00	12.343	3.50	14.20	III	0.198	0.45	<b>SI</b>
1	2.08	-25.819	3.50	16.30	III	0.177	0.45	<b>SI</b>
1	4.75	53.542	3.50	14.20	III	0.198	0.45	<b>SI</b>
2	0.00	48.139	3.50	14.20	III	0.198	0.45	<b>SI</b>
2	2.22	-15.231	3.50	16.30	III	0.177	0.45	<b>SI</b>
2	3.55	4.965	3.50	14.20	III	0.198	0.45	<b>SI</b>

La verifica assicura un comportamento duttile per strutture iperstatiche e si intende soddisfatta quando  $\xi < \xi_{lim}$

**Verifica di resistenza a flessione** (cfr NTC § 4.1.2.1.2)

Andamento della sollecitazione flessionale: momento sollecitante e momento resistente.



Momento massimo

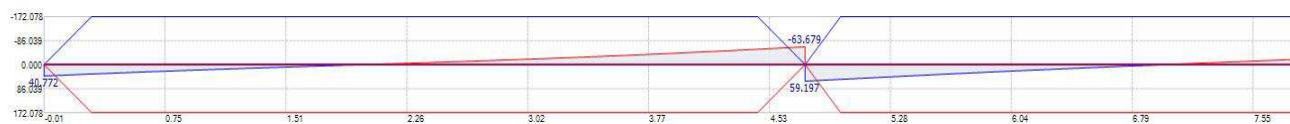
Momento minimo

Momento resistente

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	Mrd [kN m]	Mrd/Msd	Verifica
1	0.00	12.343	8.04	6.03	72.437	5.87	<b>SI</b>
1	2.08	-25.819	8.04	6.03	-55.656	2.16	<b>SI</b>
1	4.75	53.542	8.04	6.03	72.437	1.35	<b>SI</b>
2	0.00	48.139	8.04	6.03	72.437	1.50	<b>SI</b>
2	2.22	-15.231	8.04	6.03	-55.656	3.65	<b>SI</b>
2	3.55	4.965	8.04	6.03	72.437	14.59	<b>SI</b>

**Verifica di resistenza a taglio** (cfr NTC § 4.1.2.1.3)

Andamento della sollecitazione tagliante.



Taglio massimo

Taglio minimo

Taglio resistente

Campata	Ascissa [m]	$\alpha$	$\theta$	Vsd [kN]	VRd [kN]	VRsd [kN]	VRcd [kN]	Verifica
1	0.15	90°	21.8	36.917	72.127	172.078	279.067	SI
1	4.60	90°	21.8	59.053	72.127	172.078	279.067	SI
2	0.15	90°	21.8	54.528	72.127	172.077	279.067	SI
2	3.40	90°	21.8	26.256	72.127	172.077	279.067	SI

$\alpha$ : angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave.

$\theta$ : inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave.  $\theta$  rispetta il limite:  $1 \leq \cotan\theta \leq 2,5$  (cfr NTC § 4.1.2.1.3.2)

Verifiche agli stati limite di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2)

Verifica di fessurazione (cfr NTC § 4.1.2.2.4)

CONDIZIONI AMBIENTALI: Ambiente Ordinario

Combinazione frequente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	8.356	8.04	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
1	2.08	-17.132	8.04	6.03	0.059	0.101	0.400	SI
1	4.75	34.903	8.04	6.03	0.166	0.282	0.400	SI
2	0.00	31.257	8.04	6.03	0.142	0.241	0.400	SI
2	2.22	-9.891	8.04	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
2	3.55	3.151	8.04	6.03	0.000	0.000	0.400	SI

Combinazione quasi permanente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	8.023	8.04	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
1	2.08	-16.356	8.04	6.03	0.048	0.081	0.300	SI
1	4.75	33.222	8.04	6.03	0.155	0.263	0.300	SI
2	0.00	29.753	8.04	6.03	0.132	0.224	0.300	SI
2	2.22	-9.482	8.04	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
2	3.55	3.008	8.04	6.03	0.000	0.000	0.300	SI

Verifica delle tensioni di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2.5)

Combinazione rara.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ limite [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_s$ trazione [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_s$ comp. [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_s$ limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	9.190	8.04	6.03	-1.658	-14.940	51.167	-11.105	360.000	SI
1	2.08	-19.071	8.04	6.03	-3.744	-14.940	140.199	-20.600	360.000	SI
1	4.75	39.103	8.04	6.03	-7.057	-14.940	217.717	-47.254	360.000	SI
2	0.00	35.016	8.04	6.03	-6.319	-14.940	194.958	-42.314	360.000	SI
2	2.22	-10.914	8.04	6.03	-2.143	-14.940	80.234	-11.789	360.000	SI
2	3.55	3.507	8.04	6.03	-0.633	-14.940	19.526	-4.238	360.000	SI

$\sigma_c$  limite: tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.40 § 4.1.2.2.5

$\sigma_s$  limite: tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.42 § 4.1.2.2.5

Combinazione quasi permanente.

Campata	Ascissa	Msd	Ac	Asinf	Assup	$\sigma_c$	$\sigma_c$ limite	Verifica
---------	---------	-----	----	-------	-------	------------	-------------------	----------

	[m]	[kN m]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
1	0.00	8.023	1500.00	8.04	6.03	-1.448	-11.205	SI
1	2.08	-16.356	1500.00	8.04	6.03	-3.211	-11.205	SI
1	4.75	33.222	1500.00	8.04	6.03	-5.996	-11.205	SI
2	0.00	29.753	1500.00	8.04	6.03	-5.369	-11.205	SI
2	2.22	-9.482	1500.00	8.04	6.03	-1.862	-11.205	SI
2	3.55	3.008	1500.00	8.04	6.03	-0.543	-11.205	SI

$\sigma_c$  limite: tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.41 § 4.1.2.2.5

## 12. Verifiche geometriche dell'armatura Tf-0-10

Verifiche di dettaglio costruttivo (cfr NTC § 4.1.6)

Lunghezze critiche e vincoli geometrici (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Lunghezza [m]	Sezione	B [cm]	H [cm]	B/H	Zona Critica [cm]
1	475	R50X30	50	30	1.7	30
2	355	R50X30	50	30	1.7	30

### CRITERIO STATICO

Armatura longitudinale (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

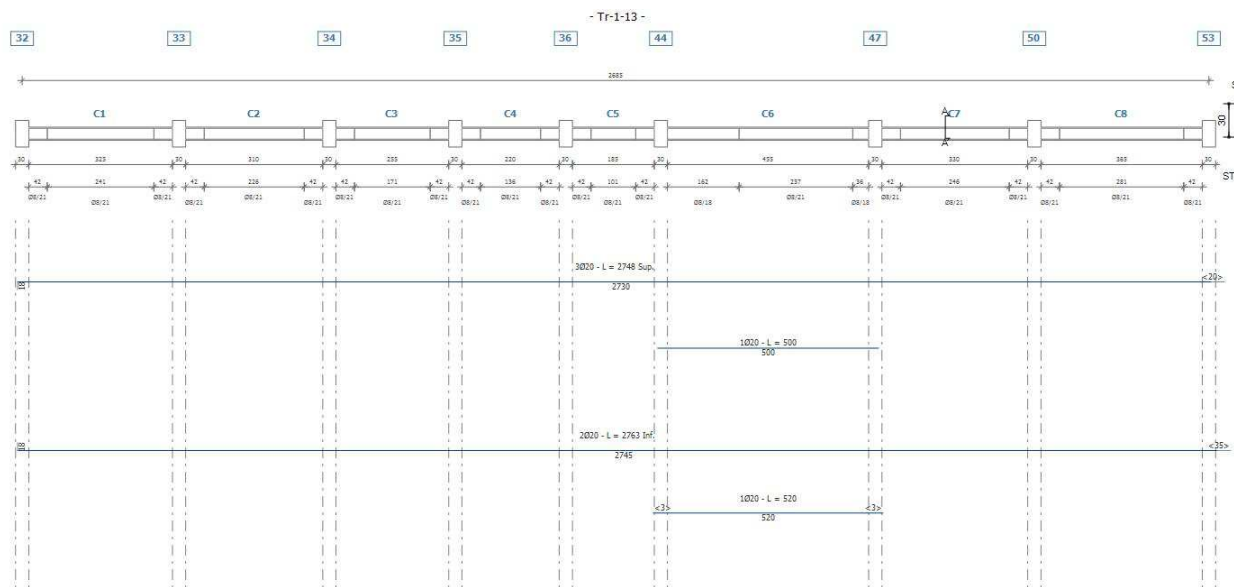
Campata	Zona	Ascissa [cm]	As,c [cm <sup>2</sup> ]	As,c,max [cm <sup>2</sup> ]	As,t,min [cm <sup>2</sup> ]	As,t [cm <sup>2</sup> ]	As,t,max [cm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	8.04	49.00	SI
1	campata	0.0	8.04	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
1	estremo dx	4.6	6.03	60.00	2.00	8.04	49.00	SI
2	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	8.04	49.00	SI
2	campata	0.0	8.04	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
2	estremo dx	3.4	8.04	60.00	2.00	6.03	49.00	SI

Armatura trasversale (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Astiffe,min [cm <sup>2</sup> /m]	Astiffe [cm <sup>2</sup> /m]	Verifica	Passo [cm]	Passomax [cm]	Verifica
1	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
1	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
1	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI

## 13. Tr-1-13

### Caratteristiche dell'armatura



Lunghezza totale: 26.85 m

Calcestruzzo: C25/30

Numero di campate: 8

Acciaio d'armatura: B450C

#### Armatura longitudinale

Posizione	Tipologia di ferro	Barre	As [cm <sup>2</sup> ]	Lunghezza di calcolo [cm]	Ancoraggio [cm]	Lunghezza complessiva [cm]
1	Corrente - Superiore	3 Ø 20	9.42	2700	48	2748
2	Corrente - Inferiore	2 Ø 20	6.28	2715	48	2763
3	Ferro in campata - Inferiore	1 Ø 20	3.14	520	0	520
4	Ferro in campata - Superiore	1 Ø 20	3.14	500	0	500

La lunghezza di calcolo delle barre è al netto dell'ancoraggio.

#### Armatura trasversale

Campata	Ampiezza campo [cm]	Φ [mm]	Passo s [cm]	Ast [cm <sup>2</sup> ]	Bracci
1	42	8	21	1.01	2
1	241	8	21	1.01	2
1	42	8	21	1.01	2
2	42	8	21	1.01	2
2	226	8	21	1.01	2
2	42	8	21	1.01	2
3	42	8	21	1.01	2
3	171	8	21	1.01	2
3	42	8	21	1.01	2
4	42	8	21	1.01	2
4	136	8	21	1.01	2
4	42	8	21	1.01	2
5	42	8	21	1.01	2
5	101	8	21	1.01	2
5	42	8	21	1.01	2
6	162	8	18	1.01	2
6	257	8	21	1.01	2

6	36	8	18	1.01	2
7	42	8	21	1.01	2
7	246	8	21	1.01	2
7	42	8	21	1.01	2
8	42	8	21	1.01	2
8	281	8	21	1.01	2
8	42	8	21	1.01	2

Verifiche agli stati limite ultimi (cfr NTC § 4.1.2.1)

**Campo di rottura**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	$\epsilon_c$ [‰]	$\epsilon_s$ [‰]	Campo	$\xi$	$\xi_{lim}$	Verifica
1	0.00	-34.250	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
1	1.55	37.305	3.50	13.05	III	0.211	0.45	SI
1	3.55	-57.740	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
2	0.00	-55.539	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
2	1.70	25.822	3.50	13.05	III	0.211	0.45	SI
2	3.40	-45.326	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
3	0.00	-38.442	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
3	1.43	16.721	3.50	13.05	III	0.211	0.45	SI
3	2.85	-35.275	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
4	0.00	-31.913	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
4	1.41	14.927	3.50	13.05	III	0.211	0.45	SI
4	2.50	-20.789	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
5	0.00	-18.299	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
5	0.81	-3.290	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
5	2.15	-54.504	3.50	11.64	III	0.231	0.45	SI
6	0.00	-90.468	3.50	11.64	III	0.231	0.45	SI
6	2.42	62.387	3.50	16.20	III	0.178	0.45	SI
6	4.85	-95.087	3.50	11.64	III	0.231	0.45	SI
7	0.00	-71.174	3.50	11.64	III	0.231	0.45	SI
7	1.80	19.626	3.50	13.05	III	0.211	0.45	SI
7	3.60	-60.554	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
8	0.00	-68.781	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
8	1.98	46.855	3.50	13.05	III	0.211	0.45	SI
8	2.22	20.976	3.50	13.05	III	0.211	0.45	SI
8	3.95	-43.350	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI

La verifica assicura un comportamento duttile per strutture iperstatiche e si intende soddisfatta quando  $\xi < \xi_{lim}$

**Verifica di resistenza a flessione** (cfr NTC § 4.1.2.1.2)

Andamento della sollecitazione flessionale: momento sollecitante e momento resistente.



Momento massimo

Momento minimo

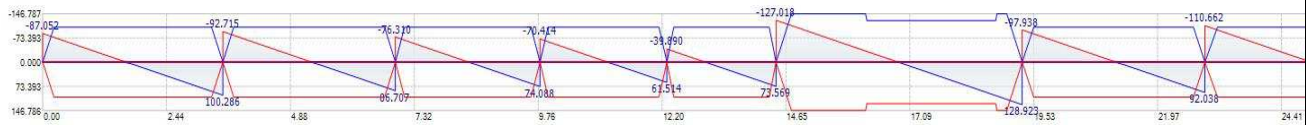
Momento resistente

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	Mrd [kN m]	Mrd/Msd	Verifica
1	0.00	-34.250	6.28	9.42	-79.805	2.33	SI
1	1.55	37.305	6.28	9.42	54.593	1.46	SI

1	3.55	-57.740	6.28	9.42	-79.805	1.38	SI
2	0.00	-55.539	6.28	9.42	-79.805	1.44	SI
2	1.70	25.822	6.28	9.42	54.593	2.11	SI
2	3.40	-45.326	6.28	9.42	-79.805	1.76	SI
3	0.00	-38.442	6.28	9.42	-79.805	2.08	SI
3	1.43	16.721	6.28	9.42	54.593	3.26	SI
3	2.85	-35.275	6.28	9.42	-79.805	2.26	SI
4	0.00	-31.913	6.28	9.42	-79.805	2.50	SI
4	1.41	14.927	6.28	9.42	54.593	3.66	SI
4	2.50	-20.789	6.28	9.42	-79.805	3.84	SI
5	0.00	-18.299	6.28	9.42	-79.805	4.36	SI
5	0.81	-3.290	6.28	9.42	-79.805	24.26	SI
5	2.15	-54.504	9.42	12.57	-116.685	2.14	SI
6	0.00	-90.468	9.42	12.57	-116.685	1.29	SI
6	2.42	62.387	9.42	12.57	91.473	1.47	SI
6	4.85	-95.087	9.42	12.57	-116.685	1.23	SI
7	0.00	-71.174	9.42	12.57	-116.685	1.64	SI
7	1.80	19.626	6.28	9.42	54.593	2.78	SI
7	3.60	-60.554	6.28	9.42	-79.805	1.32	SI
8	0.00	-68.781	6.28	9.42	-79.805	1.16	SI
8	1.98	46.855	6.28	9.42	54.593	1.17	SI
8	2.22	20.976	6.28	9.42	54.593	2.60	SI
8	3.95	-43.350	6.28	9.42	-79.805	1.84	SI

#### Verifica di resistenza a taglio (cfr NTC § 4.1.2.1.3)

Andamento della sollecitazione tagliante.



Taglio massimo

Taglio minimo

Taglio resistente

Campata	Ascissa [m]	$\alpha$	$\theta$	Vsd [kN]	VRd [kN]	VRsd [kN]	VRcd [kN]	Verifica
1	0.15	90°	21.8	78.609	53.911	105.685	166.122	SI
1	0.57	90°	21.8	57.500	47.096	105.685	166.122	SI
1	0.57	90°	21.8	56.445	47.096	105.685	166.122	SI
1	2.98	90°	21.8	69.679	53.911	105.685	166.122	SI
1	2.98	90°	21.8	70.734	53.911	105.685	166.122	SI
1	3.40	90°	21.8	91.843	53.911	105.685	166.122	SI
2	0.15	90°	21.8	84.271	53.911	105.685	166.122	SI
2	0.57	90°	21.8	63.163	53.911	105.685	166.122	SI
2	0.57	90°	21.8	62.108	53.911	105.685	166.122	SI
2	2.83	90°	21.8	56.100	53.911	105.685	166.122	SI
2	2.83	90°	21.8	57.156	53.911	105.685	166.122	SI
2	3.25	90°	21.8	78.264	53.911	105.685	166.122	SI
3	0.15	90°	21.8	67.867	53.911	105.685	166.122	SI
3	0.57	90°	21.8	46.758	53.911	105.685	166.122	SI
3	0.57	90°	21.8	45.703	53.911	105.685	166.122	SI
3	2.28	90°	21.8	43.481	53.911	105.685	166.122	SI
3	2.28	90°	21.8	44.536	53.911	105.685	166.122	SI
3	2.70	90°	21.8	65.645	53.911	105.685	166.122	SI
4	0.15	90°	21.8	61.970	53.911	105.685	166.122	SI

4	0.57	90°	21.8	40.862	47.096	105.685	166.122	SI
4	0.57	90°	21.8	39.806	47.096	105.685	166.122	SI
4	1.93	90°	21.8	30.907	47.096	105.685	166.122	SI
4	1.93	90°	21.8	31.963	47.096	105.685	166.122	SI
4	2.35	90°	21.8	53.071	53.911	105.685	166.122	SI
5	0.15	90°	21.8	31.446	53.911	105.685	166.122	SI
5	0.57	90°	21.8	10.338	53.911	105.685	166.122	SI
5	0.57	90°	21.8	9.282	53.911	105.685	166.122	SI
5	1.58	90°	21.8	42.961	53.911	105.685	166.122	SI
5	1.58	90°	21.8	44.017	53.911	105.685	166.122	SI
5	2.00	90°	21.8	65.125	53.911	105.685	166.122	SI
6	0.15	90°	21.8	118.574	64.030	146.786	197.764	SI
6	1.77	90°	21.8	34.140	58.175	146.786	197.764	SI
6	1.77	90°	21.8	33.085	58.175	125.815	197.764	SI
6	4.34	90°	21.8	101.482	64.030	125.815	197.764	SI
6	4.34	90°	21.8	102.537	64.030	146.787	197.764	SI
6	4.70	90°	21.8	120.479	64.030	146.787	197.764	SI
7	0.15	90°	21.8	89.495	53.911	105.686	166.122	SI
7	0.57	90°	21.8	68.386	53.911	105.686	166.122	SI
7	0.57	90°	21.8	67.331	53.911	105.686	166.122	SI
7	3.03	90°	21.8	61.431	53.911	105.686	166.122	SI
7	3.03	90°	21.8	62.487	53.911	105.685	166.122	SI
7	3.45	90°	21.8	83.595	53.911	105.685	166.122	SI
8	0.15	90°	21.8	102.218	53.911	105.685	166.122	SI
8	0.57	90°	21.8	81.110	53.911	105.685	166.122	SI
8	0.57	90°	21.8	80.054	53.911	105.685	166.122	SI
8	3.38	90°	21.8	67.178	47.096	105.685	166.122	SI
8	3.38	90°	21.8	68.233	47.096	105.686	166.122	SI
8	3.80	90°	21.8	89.342	53.911	105.686	166.122	SI

$\alpha$ : angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave.

$\theta$ : inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave.  $\theta$  rispetta il limite:  $1 \leq \cotan\theta \leq 2,5$  (cfr NTC § 4.1.2.1.3.2)

Verifiche agli stati limite di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2)

Verifica di fessurazione (cfr NTC § 4.1.2.2.4)

CONDIZIONI AMBIENTALI: Ambiente Ordinario

Combinazione frequente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	-22.134	6.28	9.42	0.048	0.081	0.400	SI
1	1.55	24.187	6.28	9.42	0.095	0.162	0.400	SI
1	3.55	-37.463	6.28	9.42	0.109	0.185	0.400	SI
2	0.00	-36.014	6.28	9.42	0.103	0.175	0.400	SI
2	1.70	16.725	6.28	9.42	0.042	0.072	0.400	SI
2	3.40	-29.362	6.28	9.42	0.076	0.130	0.400	SI
3	0.00	-24.918	6.28	9.42	0.059	0.100	0.400	SI
3	1.43	10.835	6.28	9.42	0.000	0.000	0.400	SI
3	2.85	-22.851	6.28	9.42	0.050	0.086	0.400	SI
4	0.00	-20.689	6.28	9.42	0.042	0.071	0.400	SI
4	1.41	9.682	6.28	9.42	0.000	0.000	0.400	SI
4	2.50	-13.449	6.28	9.42	0.008	0.013	0.400	SI
5	0.00	-11.827	6.28	9.42	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.81	-2.126	6.28	9.42	0.000	0.000	0.400	SI
5	2.15	-35.355	9.42	12.57	0.048	0.081	0.400	SI
6	0.00	-58.618	9.42	12.57	0.093	0.158	0.400	SI
6	2.42	40.429	9.42	12.57	0.077	0.130	0.400	SI
6	4.85	-61.620	9.42	12.57	0.099	0.168	0.400	SI
7	0.00	-46.128	9.42	12.57	0.069	0.117	0.400	SI
7	1.80	12.707	6.28	9.42	0.009	0.015	0.400	SI

7	3.60	-39.253	6.28	9.42	0.116	0.197	0.400	SI
8	0.00	-44.609	6.28	9.42	0.137	0.233	0.400	SI
8	1.98	30.373	6.28	9.42	0.140	0.239	0.400	SI
8	3.95	-28.031	6.28	9.42	0.071	0.121	0.400	SI

**Combinazione quasi permanente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	-21.045	6.28	9.42	0.043	0.073	0.300	SI
1	1.55	23.023	6.28	9.42	0.087	0.148	0.300	SI
1	3.55	-35.668	6.28	9.42	0.101	0.172	0.300	SI
2	0.00	-34.282	6.28	9.42	0.096	0.163	0.300	SI
2	1.70	15.915	6.28	9.42	0.036	0.062	0.300	SI
2	3.40	-27.940	6.28	9.42	0.071	0.120	0.300	SI
3	0.00	-23.717	6.28	9.42	0.054	0.092	0.300	SI
3	1.43	10.311	6.28	9.42	0.000	0.000	0.300	SI
3	2.85	-21.745	6.28	9.42	0.046	0.078	0.300	SI
4	0.00	-19.693	6.28	9.42	0.038	0.064	0.300	SI
4	1.41	9.217	6.28	9.42	0.000	0.000	0.300	SI
4	2.50	-12.792	6.28	9.42	0.002	0.004	0.300	SI
5	0.00	-11.246	6.28	9.42	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.81	-2.022	6.28	9.42	0.000	0.000	0.300	SI
5	2.15	-33.658	9.42	12.57	0.044	0.075	0.300	SI
6	0.00	-55.784	9.42	12.57	0.087	0.148	0.300	SI
6	2.42	38.476	9.42	12.57	0.072	0.122	0.300	SI
6	4.85	-58.643	9.42	12.57	0.093	0.158	0.300	SI
7	0.00	-43.902	9.42	12.57	0.064	0.109	0.300	SI
7	1.80	12.090	6.28	9.42	0.000	0.000	0.300	SI
7	3.60	-37.361	6.28	9.42	0.108	0.184	0.300	SI
8	0.00	-42.466	6.28	9.42	0.129	0.218	0.300	SI
8	1.98	28.909	6.28	9.42	0.130	0.220	0.300	SI
8	3.95	-26.658	6.28	9.42	0.066	0.112	0.300	SI

**Verifica delle tensioni di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2.5)**

**Combinazione rara.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	σc [N/mm <sup>2</sup> ]	σc limite [N/mm <sup>2</sup> ]	σs trazione [N/mm <sup>2</sup> ]	σs comp. [N/mm <sup>2</sup> ]	σs limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	-24.856	6.28	9.42	-6.485	-14.940	57.697	-67.756	360.000	SI
1	1.55	27.098	6.28	9.42	-6.966	-14.940	94.225	-66.639	360.000	SI
1	3.55	-41.951	6.28	9.42	-10.469	-14.940	139.061	-100.641	360.000	SI
2	0.00	-40.344	6.28	9.42	-10.097	-14.940	131.279	-97.605	360.000	SI
2	1.70	18.752	6.28	9.42	-4.831	-14.940	39.245	-51.192	360.000	SI
2	3.40	-32.917	6.28	9.42	-8.371	-14.940	95.558	-83.449	360.000	SI
3	0.00	-27.922	6.28	9.42	-7.204	-14.940	71.930	-73.780	360.000	SI
3	1.43	12.144	6.28	9.42	-3.218	-14.940	5.326	-38.057	360.000	SI
3	2.85	-25.617	6.28	9.42	-6.664	-14.940	61.201	-69.257	360.000	SI
4	0.00	-23.180	6.28	9.42	-6.091	-14.940	50.047	-64.427	360.000	SI
4	1.41	10.844	6.28	9.42	-2.941	-14.940	0.846	-35.553	360.000	SI
4	2.50	-15.093	6.28	9.42	-4.195	-14.940	15.773	-47.940	360.000	SI
5	0.00	-13.280	6.28	9.42	-3.783	-14.940	9.222	-44.177	360.000	SI
5	0.81	-2.387	6.28	9.42	-1.753	-14.940	-23.951	-13.991	360.000	SI
5	2.15	-39.596	9.42	12.57	-7.459	-14.940	112.848	-111.890	360.000	SI
6	0.00	-65.702	9.42	12.57	-11.718	-14.940	220.683	-175.772	360.000	SI
6	2.42	45.310	9.42	12.57	-8.169	-14.940	164.101	-122.535	360.000	SI
6	4.85	-69.062	9.42	12.57	-12.264	-14.940	234.648	-183.954	360.000	SI
7	0.00	-51.695	9.42	12.57	-9.439	-14.940	162.615	-141.579	360.000	SI
7	1.80	14.251	6.28	9.42	-3.706	-14.940	14.388	-42.258	360.000	SI
7	3.60	-43.983	6.28	9.42	-10.940	-14.940	148.924	-104.471	360.000	SI
8	0.00	-49.967	6.28	9.42	-12.321	-14.940	178.078	-115.697	360.000	SI

8	1.98	34.033	6.28	9.42	-8.722	-14.940	142.823	-78.706	360.000	SI
8	2.22	20.976	6.28	9.42	-5.401	-14.940	53.199	-55.448	360.000	SI
8	3.95	-31.466	6.28	9.42	-8.033	-14.940	88.652	-80.656	360.000	SI

**$\sigma_c$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.40 § 4.1.2.2.5

**$\sigma_s$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.42 § 4.1.2.2.5

**Combinazione quasi permanente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Ac [cm <sup>2</sup> ]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	-21.045	900.00	6.28	9.42	-5.588	-11.205	SI
1	1.55	23.023	900.00	6.28	9.42	-5.925	-11.205	SI
1	3.55	-35.668	900.00	6.28	9.42	-9.012	-11.205	SI
2	0.00	-34.282	900.00	6.28	9.42	-8.689	-11.205	SI
2	1.70	15.915	900.00	6.28	9.42	-4.114	-11.205	SI
2	3.40	-27.940	900.00	6.28	9.42	-7.208	-11.205	SI
3	0.00	-23.717	900.00	6.28	9.42	-6.217	-11.205	SI
3	1.43	10.311	900.00	6.28	9.42	-2.835	-11.205	SI
3	2.85	-21.745	900.00	6.28	9.42	-5.753	-11.205	SI
4	0.00	-19.693	900.00	6.28	9.42	-5.270	-11.205	SI
4	1.41	9.217	900.00	6.28	9.42	-2.630	-11.205	SI
4	2.50	-12.792	900.00	6.28	9.42	-3.674	-11.205	SI
5	0.00	-11.246	900.00	6.28	9.42	-3.338	-11.205	SI
5	0.81	-2.022	900.00	6.28	9.42	-1.692	-11.205	SI
5	2.15	-33.658	900.00	9.42	12.57	-6.482	-11.205	SI
6	0.00	-55.784	900.00	9.42	12.57	-10.105	-11.205	SI
6	2.42	38.476	900.00	9.42	12.57	-7.048	-11.205	SI
6	4.85	-58.643	900.00	9.42	12.57	-10.571	-11.205	SI
7	0.00	-43.902	900.00	9.42	12.57	-8.165	-11.205	SI
7	1.80	12.090	900.00	6.28	9.42	-3.206	-11.205	SI
7	3.60	-37.361	900.00	6.28	9.42	-9.405	-11.205	SI
8	0.00	-42.466	900.00	6.28	9.42	-10.589	-11.205	SI
8	1.98	28.909	900.00	6.28	9.42	-7.426	-11.205	SI
8	2.22	20.976	900.00	6.28	9.42	-5.401	-11.205	SI
8	3.95	-26.658	900.00	6.28	9.42	-6.908	-11.205	SI

**$\sigma_c$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.41 § 4.1.2.2.5

## 13. Verifiche geometriche dell'armatura Tr-13

Verifiche di dettaglio costruttivo (cfr NTC § 4.1.6)

**Lunghezze critiche e vincoli geometrici** (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Lunghezza [m]	Sezione	B [cm]	H [cm]	B/H	Zona Critica [cm]
1	355	R 30 X 30	30	30	1.0	30
2	340	R 30 X 30	30	30	1.0	30
3	285	R 30 X 30	30	30	1.0	30
4	250	R 30 X 30	30	30	1.0	30
5	215	R 30 X 30	30	30	1.0	30
6	485	R 30 X 30	30	30	1.0	30
7	360	R 30 X 30	30	30	1.0	30
8	395	R 30 X 30	30	30	1.0	30

### CRITERIO STATICO

**Armatura longitudinale** (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Ascissa	As,c	As,c,max	As,t,min	As,t	As,t,max	Verifica
---------	------	---------	------	----------	----------	------	----------	----------

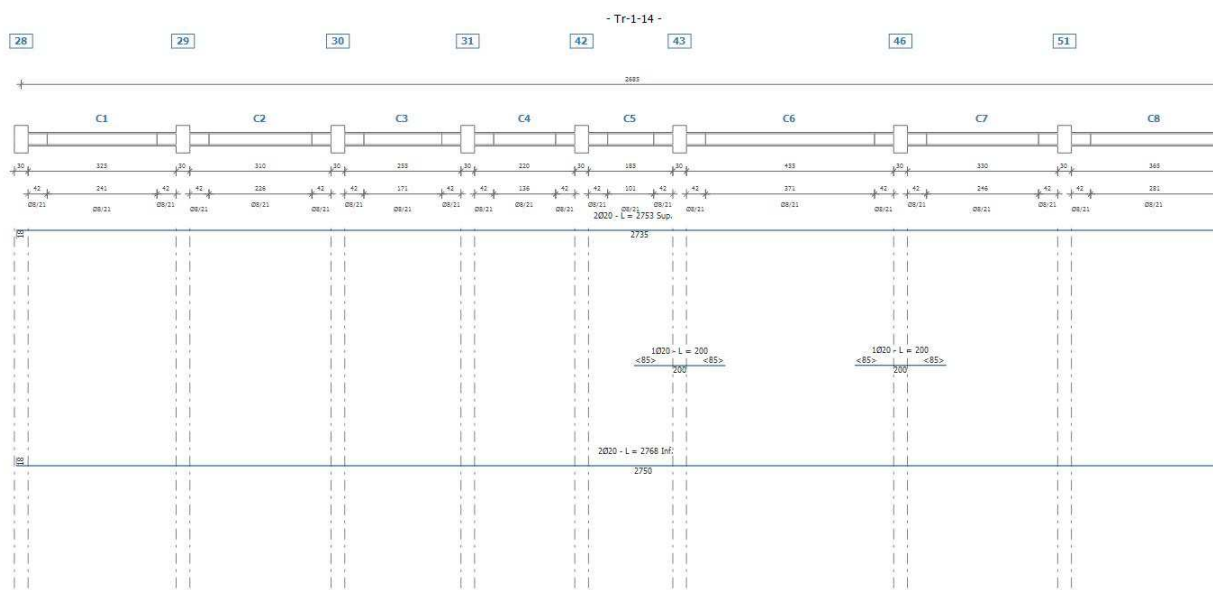
		[cm]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	
1	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
1	campata	0.0	9.42	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
1	estremo dx	3.4	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
2	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
2	campata	0.0	9.42	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
2	estremo dx	3.3	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
3	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
3	campata	0.0	9.42	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
3	estremo dx	2.7	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
4	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
4	campata	0.0	9.42	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
4	estremo dx	2.4	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
5	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
5	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
5	estremo dx	2.0	9.42	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
6	estremo sx	0.2	9.42	60.00	1.20	12.57	29.40	SI
6	campata	0.0	12.57	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
6	estremo dx	4.7	9.42	60.00	1.20	12.57	29.40	SI
7	estremo sx	0.2	9.42	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
7	campata	0.0	9.42	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
7	estremo dx	3.5	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
8	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
8	campata	0.0	9.42	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
8	estremo dx	3.8	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI

**Armatura trasversale** (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Astiffe,min [cm <sup>2</sup> /m]	Astiffe [cm <sup>2</sup> /m]	Verifica	Passo [cm]	Passomax [cm]	Verifica
1	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
1	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
1	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
2	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
2	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
2	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
3	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
3	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
3	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
4	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
4	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
4	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
5	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
5	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
5	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
6	estremo sx	4.5	5.6	SI	18	21.6	SI
6	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
6	estremo dx	4.5	5.6	SI	18	21.6	SI
7	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
7	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
7	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
8	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
8	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
8	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI

## 14. Tr-1-14

### Caratteristiche dell'armatura



Lunghezza totale: 26.85 m

Calcestruzzo: C25/30

Numero di campate: 8

Acciaio d'armatura: B450C

#### Armatura longitudinale

Posizione	Tipologia di ferro	Barre	As [cm <sup>2</sup> ]	Lunghezza di calcolo [cm]	Ancoraggio [cm]	Lunghezza complessiva [cm]
1	Corrente - Superiore	2 Ø 20	6.28	2705	48	2753
2	Corrente - Inferiore	2 Ø 20	6.28	2720	48	2768
3	Ferro in appoggio - Superiore	1 Ø 20	3.14	200	0	200
4	Ferro in appoggio - Superiore	1 Ø 20	3.14	200	0	200

La lunghezza di calcolo delle barre è al netto dell'ancoraggio.

#### Armatura trasversale

Campata	Ampiezza campo [cm]	Φ [mm]	Passo s [cm]	Ast [cm <sup>2</sup> ]	Bracci
1	42	8	21	1.01	2
1	241	8	21	1.01	2
1	42	8	21	1.01	2
2	42	8	21	1.01	2
2	226	8	21	1.01	2
2	42	8	21	1.01	2
3	42	8	21	1.01	2
3	171	8	21	1.01	2
3	42	8	21	1.01	2
4	42	8	21	1.01	2
4	136	8	21	1.01	2
4	42	8	21	1.01	2
5	42	8	21	1.01	2
5	101	8	21	1.01	2
5	42	8	21	1.01	2
6	42	8	21	1.01	2
6	371	8	21	1.01	2

6	42	8	21	1.01	2
7	42	8	21	1.01	2
7	246	8	21	1.01	2
7	42	8	21	1.01	2
8	42	8	21	1.01	2
8	281	8	21	1.01	2
8	42	8	21	1.01	2

Verifiche agli stati limite ultimi (cfr NTC § 4.1.2.1)

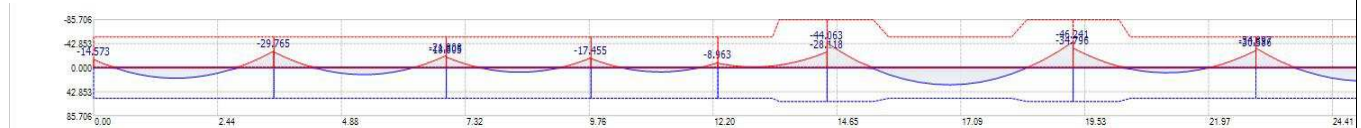
#### Campo di rottura

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	$\epsilon_c$ [‰]	$\epsilon_s$ [‰]	Campo	$\xi$	$\xi_{lim}$	Verifica
1	0.00	-14.573	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
1	1.55	18.785	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
1	3.55	-29.765	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
2	0.00	-27.996	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
2	1.70	12.374	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
2	3.40	-21.808	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
3	0.00	-18.805	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
3	1.43	8.094	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
3	2.85	-17.455	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
4	0.00	-16.304	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
4	1.41	7.667	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
4	2.50	-8.963	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
5	0.00	-7.898	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
5	0.67	-1.413	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
5	2.15	-28.118	3.50	11.64	III	0.231	0.45	SI
6	0.00	-44.063	3.50	11.64	III	0.231	0.45	SI
6	2.42	30.677	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
6	4.85	-46.241	3.50	11.64	III	0.231	0.45	SI
7	0.00	-34.796	3.50	11.64	III	0.231	0.45	SI
7	1.80	9.114	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
7	3.60	-30.586	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
8	0.00	-34.897	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
8	2.22	23.614	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
8	3.95	-18.947	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI

La verifica assicura un comportamento duttile per strutture iperstatiche e si intende soddisfatta quando  $\xi < \xi_{lim}$

#### Verifica di resistenza a flessione (cfr NTC § 4.1.2.1.2)

Andamento della sollecitazione flessionale: momento sollecitante e momento resistente.



Momento massimo

Momento minimo

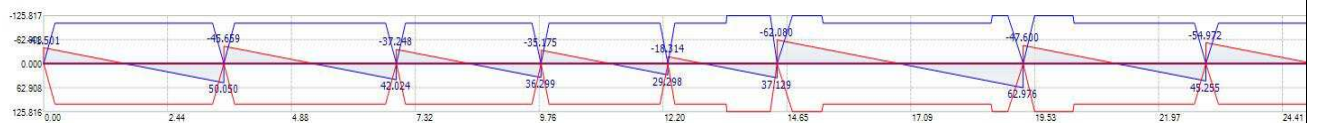
Momento resistente

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	Mrd [kN m]	Mrd/Msd	Verifica
1	0.00	-14.573	6.28	6.28	-54.818	3.76	SI
1	1.55	18.785	6.28	6.28	54.818	2.92	SI

1	3.55	-29.765	6.28	6.28	-54.818	1.84	SI
2	0.00	-27.996	6.28	6.28	-54.818	1.96	SI
2	1.70	12.374	6.28	6.28	54.818	4.43	SI
2	3.40	-21.808	6.28	6.28	-54.818	2.51	SI
3	0.00	-18.805	6.28	6.28	-54.818	2.92	SI
3	1.43	8.094	6.28	6.28	54.818	6.77	SI
3	2.85	-17.455	6.28	6.28	-54.818	3.14	SI
4	0.00	-16.304	6.28	6.28	-54.818	3.36	SI
4	1.41	7.667	6.28	6.28	54.818	7.15	SI
4	2.50	-8.963	6.28	6.28	-54.818	6.12	SI
5	0.00	-7.898	6.28	6.28	-54.818	6.94	SI
5	0.67	-1.413	6.28	6.28	-54.818	38.79	SI
5	2.15	-28.118	6.28	9.42	-85.706	3.05	SI
6	0.00	-44.063	6.28	9.42	-85.706	1.95	SI
6	2.42	30.677	6.28	6.28	54.818	1.79	SI
6	4.85	-46.241	6.28	9.42	-85.706	1.85	SI
7	0.00	-34.796	6.28	9.42	-85.706	2.46	SI
7	1.80	9.114	6.28	6.28	54.818	6.01	SI
7	3.60	-30.586	6.28	6.28	-54.818	1.79	SI
8	0.00	-34.897	6.28	6.28	-54.818	1.57	SI
8	2.22	23.614	6.28	6.28	54.818	2.32	SI
8	3.95	-18.947	6.28	6.28	-54.818	2.89	SI

**Verifica di resistenza a taglio** (cfr NTC § 4.1.2.1.3)

Andamento della sollecitazione tagliante.



Taglio massimo

Taglio minimo

Taglio resistente

Campata	Ascissa [m]	$\alpha$	$\theta$	Vsd [kN]	VRd [kN]	VRsd [kN]	VRcd [kN]	Verifica
1	0.15	90°	21.8	37.376	47.096	105.685	166.122	SI
1	0.57	90°	21.8	27.062	47.096	105.685	166.122	SI
1	0.57	90°	21.8	26.546	47.096	105.685	166.122	SI
1	2.98	90°	21.8	35.095	47.096	105.685	166.122	SI
1	2.98	90°	21.8	35.611	47.096	105.685	166.122	SI
1	3.40	90°	21.8	45.925	47.096	105.685	166.122	SI
2	0.15	90°	21.8	41.533	47.096	105.685	166.122	SI
2	0.57	90°	21.8	31.220	47.096	105.685	166.122	SI
2	0.57	90°	21.8	30.704	47.096	105.685	166.122	SI
2	2.83	90°	21.8	27.069	47.096	105.685	166.122	SI
2	2.83	90°	21.8	27.585	47.096	105.685	166.122	SI
2	3.25	90°	21.8	37.898	47.096	105.685	166.122	SI
3	0.15	90°	21.8	33.122	47.096	105.685	166.122	SI
3	0.57	90°	21.8	22.808	47.096	105.685	166.122	SI
3	0.57	90°	21.8	22.293	47.096	105.685	166.122	SI
3	2.28	90°	21.8	21.344	47.096	105.685	166.122	SI
3	2.28	90°	21.8	21.859	47.096	105.685	166.122	SI
3	2.70	90°	21.8	32.173	47.096	105.685	166.122	SI
4	0.15	90°	21.8	31.050	47.096	105.685	166.122	SI
4	0.57	90°	21.8	20.736	47.096	105.685	166.122	SI

4	0.57	90°	21.8	20.220	47.096	105.685	166.122	SI
4	1.93	90°	21.8	14.344	47.096	105.685	166.122	SI
4	1.93	90°	21.8	14.859	47.096	105.685	166.122	SI
4	2.35	90°	21.8	25.173	47.096	105.685	166.122	SI
5	0.15	90°	21.8	14.188	47.096	105.685	166.122	SI
5	0.57	90°	21.8	3.874	47.096	105.685	166.122	SI
5	0.57	90°	21.8	3.359	47.096	105.685	166.122	SI
5	1.58	90°	21.8	22.174	58.175	125.816	197.764	SI
5	1.58	90°	21.8	22.690	58.175	125.816	197.764	SI
5	2.00	90°	21.8	33.003	58.175	125.816	197.764	SI
6	0.15	90°	21.8	57.954	58.175	125.816	197.764	SI
6	0.57	90°	21.8	47.640	58.175	125.816	197.764	SI
6	0.57	90°	21.8	47.125	58.175	125.817	197.764	SI
6	4.28	90°	21.8	48.021	58.175	125.817	197.764	SI
6	4.28	90°	21.8	48.537	58.175	125.815	197.764	SI
6	4.70	90°	21.8	58.850	58.175	125.815	197.764	SI
7	0.15	90°	21.8	43.474	58.175	125.817	197.764	SI
7	0.57	90°	21.8	33.161	58.175	125.817	197.764	SI
7	0.57	90°	21.8	32.645	58.175	125.817	197.764	SI
7	3.03	90°	21.8	30.300	47.096	105.686	166.122	SI
7	3.03	90°	21.8	30.816	47.096	105.685	166.122	SI
7	3.45	90°	21.8	41.130	47.096	105.685	166.122	SI
8	0.15	90°	21.8	50.847	47.096	105.685	166.122	SI
8	0.57	90°	21.8	40.533	47.096	105.685	166.122	SI
8	0.57	90°	21.8	40.017	47.096	105.685	166.122	SI
8	3.38	90°	21.8	31.952	47.096	105.685	166.122	SI
8	3.38	90°	21.8	32.468	47.096	105.686	166.122	SI
8	3.80	90°	21.8	42.782	47.096	105.686	166.122	SI

$\alpha$ : angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave.

$\theta$ : inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave.  $\theta$  rispetta il limite:  $1 \leq \cotan\theta \leq 2,5$  (cfr NTC § 4.1.2.1.3.2)

### Verifiche agli stati limite di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2)

#### Verifica di fessurazione (cfr NTC § 4.1.2.2.4)

**CONDIZIONI AMBIENTALI: Ambiente Ordinario**

**Combinazione frequente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	-9.241	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
1	1.55	12.080	6.28	6.28	0.005	0.008	0.400	SI
1	3.55	-19.186	6.28	6.28	0.063	0.107	0.400	SI
2	0.00	-17.999	6.28	6.28	0.055	0.093	0.400	SI
2	1.70	7.929	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
2	3.40	-13.987	6.28	6.28	0.025	0.042	0.400	SI
3	0.00	-12.059	6.28	6.28	0.004	0.007	0.400	SI
3	1.43	5.194	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
3	2.85	-11.191	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
4	0.00	-10.474	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
4	1.41	4.934	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
4	2.50	-5.719	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.00	-5.016	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.67	-0.888	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
5	2.15	-18.106	6.28	9.42	0.022	0.038	0.400	SI
6	0.00	-28.264	6.28	9.42	0.052	0.089	0.400	SI
6	2.42	19.693	6.28	6.28	0.067	0.113	0.400	SI
6	4.85	-29.690	6.28	9.42	0.056	0.096	0.400	SI
7	0.00	-22.335	6.28	9.42	0.035	0.060	0.400	SI
7	1.80	5.828	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
7	3.60	-19.657	6.28	6.28	0.066	0.113	0.400	SI

8	0.00	-22.453	6.28	6.28	0.087	0.147	0.400	SI
8	2.22	15.184	6.28	6.28	0.034	0.058	0.400	SI
8	3.95	-12.054	6.28	6.28	0.004	0.007	0.400	SI

Combinazione quasi permanente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	-8.821	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
1	1.55	11.574	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
1	3.55	-18.396	6.28	6.28	0.057	0.098	0.300	SI
2	0.00	-17.246	6.28	6.28	0.049	0.084	0.300	SI
2	1.70	7.589	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
2	3.40	-13.393	6.28	6.28	0.020	0.034	0.300	SI
3	0.00	-11.547	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
3	1.43	4.974	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
3	2.85	-10.711	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
4	0.00	-10.033	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
4	1.41	4.728	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
4	2.50	-5.467	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.00	-4.790	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.67	-0.845	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
5	2.15	-17.355	6.28	9.42	0.020	0.033	0.300	SI
6	0.00	-27.064	6.28	9.42	0.049	0.083	0.300	SI
6	2.42	18.860	6.28	6.28	0.061	0.103	0.300	SI
6	4.85	-28.436	6.28	9.42	0.053	0.090	0.300	SI
7	0.00	-21.390	6.28	9.42	0.032	0.055	0.300	SI
7	1.80	5.576	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
7	3.60	-18.829	6.28	6.28	0.061	0.103	0.300	SI
8	0.00	-21.517	6.28	6.28	0.080	0.136	0.300	SI
8	2.22	14.548	6.28	6.28	0.029	0.050	0.300	SI
8	3.95	-11.515	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI

Verifica delle tensioni di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2.5)

Combinazione rara.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	σc [N/mm <sup>2</sup> ]	σc limite [N/mm <sup>2</sup> ]	σs trazione [N/mm <sup>2</sup> ]	σs comp. [N/mm <sup>2</sup> ]	σs limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	-10.291	6.28	6.28	-3.139	-14.940	0.170	-38.087	360.000	SI
1	1.55	13.344	6.28	6.28	-3.862	-14.940	11.744	-44.660	360.000	SI
1	3.55	-21.163	6.28	6.28	-5.959	-14.940	55.997	-61.691	360.000	SI
2	0.00	-19.883	6.28	6.28	-5.609	-14.940	47.898	-58.983	360.000	SI
2	1.70	8.777	6.28	6.28	-2.829	-14.940	-3.852	-35.082	360.000	SI
2	3.40	-15.475	6.28	6.28	-4.415	-14.940	22.213	-49.386	360.000	SI
3	0.00	-13.341	6.28	6.28	-3.861	-14.940	11.730	-44.653	360.000	SI
3	1.43	5.744	6.28	6.28	-2.294	-14.940	-9.488	-29.665	360.000	SI
3	2.85	-12.391	6.28	6.28	-3.625	-14.940	7.652	-42.562	360.000	SI
4	0.00	-11.575	6.28	6.28	-3.430	-14.940	4.484	-40.792	360.000	SI
4	1.41	5.447	6.28	6.28	-2.243	-14.940	-10.010	-29.144	360.000	SI
4	2.50	-6.347	6.28	6.28	-2.398	-14.940	-30.725	-8.428	360.000	SI
5	0.00	-5.583	6.28	6.28	-2.266	-14.940	-29.383	-9.771	360.000	SI
5	0.67	-0.996	6.28	6.28	-1.477	-14.940	-21.327	-17.827	360.000	SI
5	2.15	-19.984	6.28	9.42	-5.049	-14.940	47.689	-55.988	360.000	SI
6	0.00	-31.264	6.28	9.42	-7.407	-14.940	105.082	-76.512	360.000	SI
6	2.42	21.775	6.28	6.28	-6.126	-14.940	59.937	-62.973	360.000	SI
6	4.85	-32.822	6.28	9.42	-7.731	-14.940	113.281	-79.279	360.000	SI
7	0.00	-24.696	6.28	9.42	-6.037	-14.940	71.092	-64.686	360.000	SI
7	1.80	6.458	6.28	6.28	-2.417	-14.940	-8.234	-30.920	360.000	SI
7	3.60	-21.726	6.28	6.28	-6.113	-14.940	59.621	-62.870	360.000	SI
8	0.00	-24.793	6.28	6.28	-6.951	-14.940	79.870	-69.189	360.000	SI
8	2.22	16.773	6.28	6.28	-4.763	-14.940	29.321	-52.252	360.000	SI

8	3.95	-13.401	6.28	6.28	-3.876	-14.940	11.999	-44.784	360.000	SI
---	------	---------	------	------	--------	---------	--------	---------	---------	----

**$\sigma_c$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.40 § 4.1.2.2.5

**$\sigma_s$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.42 § 4.1.2.2.5

**Combinazione quasi permanente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Ac [cm <sup>2</sup> ]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	-8.821	900.00	6.28	6.28	-2.837	-11.205	SI
1	1.55	11.574	900.00	6.28	6.28	-3.430	-11.205	SI
1	3.55	-18.396	900.00	6.28	6.28	-5.203	-11.205	SI
2	0.00	-17.246	900.00	6.28	6.28	-4.891	-11.205	SI
2	1.70	7.589	900.00	6.28	6.28	-2.612	-11.205	SI
2	3.40	-13.393	900.00	6.28	6.28	-3.874	-11.205	SI
3	0.00	-11.547	900.00	6.28	6.28	-3.423	-11.205	SI
3	1.43	4.974	900.00	6.28	6.28	-2.162	-11.205	SI
3	2.85	-10.711	900.00	6.28	6.28	-3.232	-11.205	SI
4	0.00	-10.033	900.00	6.28	6.28	-3.084	-11.205	SI
4	1.41	4.728	900.00	6.28	6.28	-2.119	-11.205	SI
4	2.50	-5.467	900.00	6.28	6.28	-2.246	-11.205	SI
5	0.00	-4.790	900.00	6.28	6.28	-2.130	-11.205	SI
5	0.67	-0.845	900.00	6.28	6.28	-1.451	-11.205	SI
5	2.15	-17.355	900.00	6.28	9.42	-4.499	-11.205	SI
6	0.00	-27.064	900.00	6.28	9.42	-6.532	-11.205	SI
6	2.42	18.860	900.00	6.28	6.28	-5.329	-11.205	SI
6	4.85	-28.436	900.00	6.28	9.42	-6.818	-11.205	SI
7	0.00	-21.390	900.00	6.28	9.42	-5.344	-11.205	SI
7	1.80	5.576	900.00	6.28	6.28	-2.265	-11.205	SI
7	3.60	-18.829	900.00	6.28	6.28	-5.321	-11.205	SI
8	0.00	-21.517	900.00	6.28	6.28	-6.056	-11.205	SI
8	2.22	14.548	900.00	6.28	6.28	-4.171	-11.205	SI
8	3.95	-11.515	900.00	6.28	6.28	-3.416	-11.205	SI

**$\sigma_c$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.41 § 4.1.2.2.5

## 14. Verifiche geometriche dell'armatura Tr-1-14

Verifiche di dettaglio costruttivo (cfr NTC § 4.1.6)

**Lunghezze critiche e vincoli geometrici** (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Lunghezza [m]	Sezione	B [cm]	H [cm]	B/H	Zona Critica [cm]
1	355	R 30 X 30	30	30	1.0	30
2	340	R 30 X 30	30	30	1.0	30
3	285	R 30 X 30	30	30	1.0	30
4	250	R 30 X 30	30	30	1.0	30
5	215	R 30 X 30	30	30	1.0	30
6	485	R 30 X 30	30	30	1.0	30
7	360	R 30 X 30	30	30	1.0	30
8	395	R 30 X 30	30	30	1.0	30

### CRITERIO STATICO

**Armatura longitudinale** (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Ascissa [cm]	As,c [cm <sup>2</sup> ]	As,c,max [cm <sup>2</sup> ]	As,t,min [cm <sup>2</sup> ]	As,t [cm <sup>2</sup> ]	As,t,max [cm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
1	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI

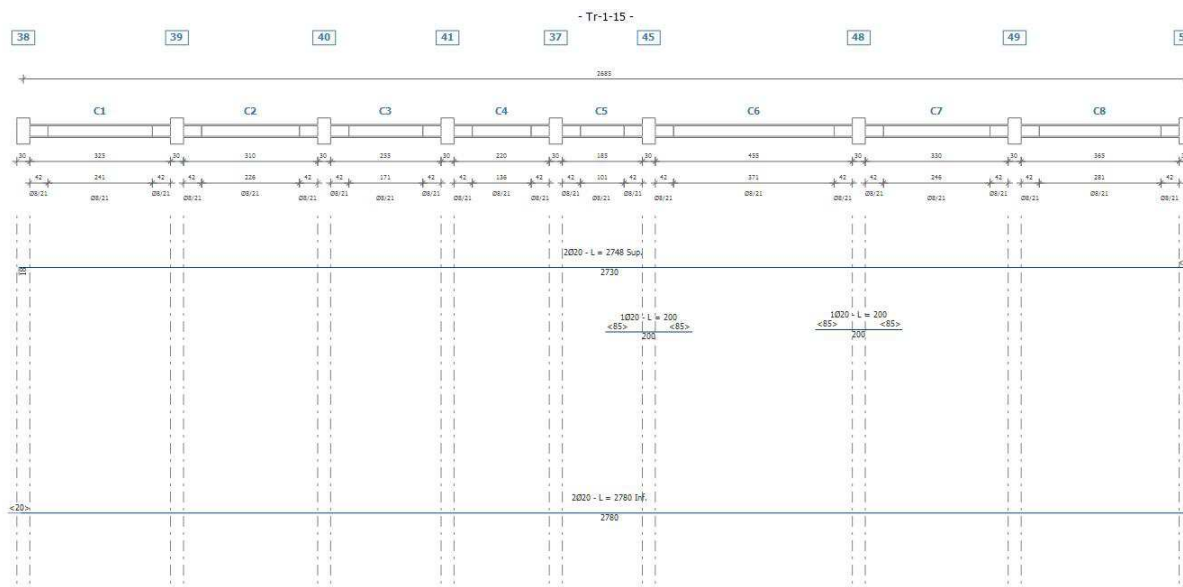
1	estremo dx	3.4	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
2	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
2	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
2	estremo dx	3.3	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
3	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
3	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
3	estremo dx	2.7	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
4	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
4	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
4	estremo dx	2.4	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
5	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
5	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
5	estremo dx	2.0	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
6	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
6	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
6	estremo dx	4.7	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
7	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
7	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
7	estremo dx	3.5	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
8	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
8	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
8	estremo dx	3.8	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI

**Armatura trasversale** (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Astaffe,min [cm <sup>2</sup> /m]	Astaffe [cm <sup>2</sup> /m]	Verifica	Passo [cm]	Passomax [cm]	Verifica
1	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
1	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
1	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
2	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
2	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
2	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
3	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
3	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
3	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
4	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
4	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
4	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
5	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
5	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
5	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
6	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
6	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
6	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
7	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
7	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
7	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
8	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
8	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
8	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI

## 15. Tr-1-15

### Caratteristiche dell'armatura



Lunghezza totale: 26.85 m

Calcestruzzo: C25/30

Numero di campate: 8

Acciaio d'armatura: B450C

#### Armatura longitudinale

Posizione	Tipologia di ferro	Barre	As [cm <sup>2</sup> ]	Lunghezza di calcolo [cm]	Ancoraggio [cm]	Lunghezza complessiva [cm]
1	Corrente - Superiore	2 Ø 20	6.28	2700	48	2748
2	Corrente - Inferiore	2 Ø 20	6.28	2720	60	2780
3	Ferro in appoggio - Inferiore	1 Ø 20	3.14	200	0	200
4	Ferro in appoggio - Superiore	1 Ø 20	3.14	200	0	200

La lunghezza di calcolo delle barre è al netto dell'ancoraggio.

#### Armatura trasversale

Campata	Ampiezza campo [cm]	Φ [mm]	Passo s [cm]	Ast [cm <sup>2</sup> ]	Bracci
1	42	8	21	1.01	2
1	241	8	21	1.01	2
1	42	8	21	1.01	2
2	42	8	21	1.01	2
2	226	8	21	1.01	2
2	42	8	21	1.01	2
3	42	8	21	1.01	2
3	171	8	21	1.01	2
3	42	8	21	1.01	2
4	42	8	21	1.01	2
4	136	8	21	1.01	2
4	42	8	21	1.01	2
5	42	8	21	1.01	2
5	101	8	21	1.01	2
5	42	8	21	1.01	2
6	42	8	21	1.01	2
6	371	8	21	1.01	2

6	42	8	21	1.01	2
7	42	8	21	1.01	2
7	246	8	21	1.01	2
7	42	8	21	1.01	2
8	42	8	21	1.01	2
8	281	8	21	1.01	2
8	42	8	21	1.01	2

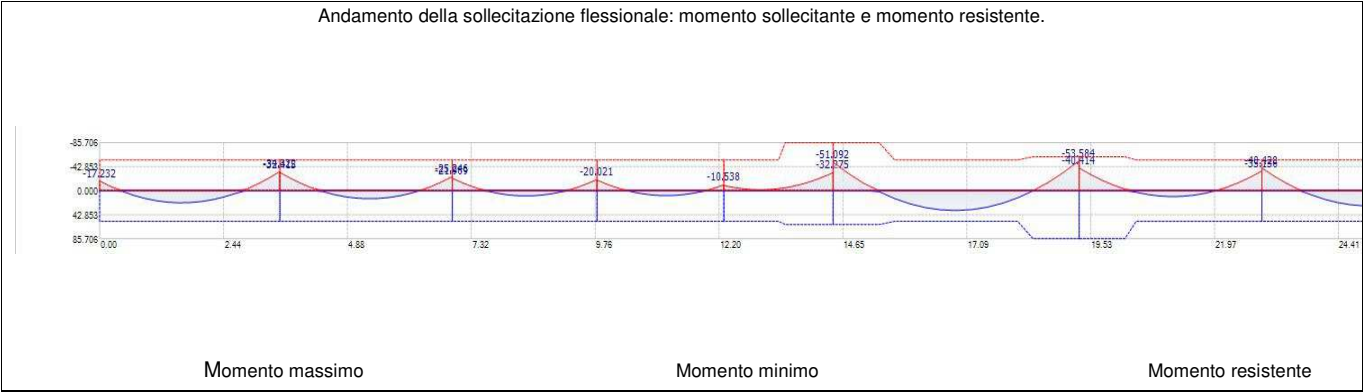
Verifiche agli stati limite ultimi (cfr NTC § 4.1.2.1)

Campo di rottura

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	$\epsilon_c$ [%]	$\epsilon_s$ [‰]	Campo	$\xi$	$\xi_{lim}$	Verifica
1	0.00	-17.232	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
1	1.55	21.633	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
1	3.55	-34.322	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
2	0.00	-32.415	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
2	1.70	14.352	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
2	3.40	-25.246	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
3	0.00	-21.969	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
3	1.43	9.390	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
3	2.85	-20.021	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
4	0.00	-18.827	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
4	1.41	8.846	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
4	2.50	-10.538	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
5	0.00	-9.322	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
5	0.67	-1.662	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
5	2.15	-32.275	3.50	11.64	III	0.231	0.45	SI
6	0.00	-51.092	3.50	11.64	III	0.231	0.45	SI
6	2.42	35.467	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
6	4.85	-53.584	3.50	15.98	III	0.180	0.45	SI
7	0.00	-40.414	3.50	15.98	III	0.180	0.45	SI
7	1.80	10.637	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
7	3.60	-35.136	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
8	0.00	-40.428	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
8	2.22	27.216	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
8	3.95	-22.200	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI

La verifica assicura un comportamento duttile per strutture iperstatiche e si intende soddisfatta quando  $\xi < \xi_{lim}$

Verifica di resistenza a flessione (cfr NTC § 4.1.2.1.2)

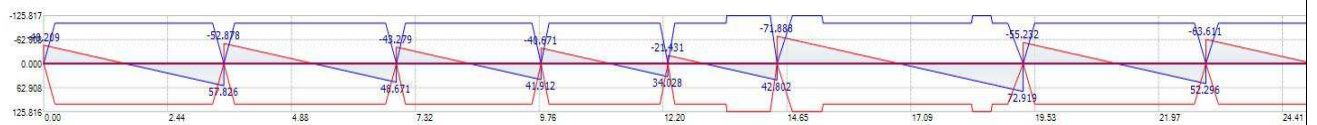


Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	Mrd [kN m]	Mrd/Msd	Verifica
1	0.00	-17.232	6.28	6.28	-54.818	3.18	SI
1	1.55	21.633	6.28	6.28	54.818	2.53	SI
1	3.55	-34.322	6.28	6.28	-54.818	1.60	SI

2	0.00	-32.415	6.28	6.28	-54.818	1.69	SI
2	1.70	14.352	6.28	6.28	54.818	3.82	SI
2	3.40	-25.246	6.28	6.28	-54.818	2.17	SI
3	0.00	-21.969	6.28	6.28	-54.818	2.50	SI
3	1.43	9.390	6.28	6.28	54.818	5.84	SI
3	2.85	-20.021	6.28	6.28	-54.818	2.74	SI
4	0.00	-18.827	6.28	6.28	-54.818	2.91	SI
4	1.41	8.846	6.28	6.28	54.818	6.20	SI
4	2.50	-10.538	6.28	6.28	-54.818	5.20	SI
5	0.00	-9.322	6.28	6.28	-54.818	5.88	SI
5	0.67	-1.662	6.28	6.28	-54.818	32.99	SI
5	2.15	-32.275	6.28	9.42	-85.706	2.66	SI
6	0.00	-51.092	6.28	9.42	-85.706	1.68	SI
6	2.42	35.467	6.28	6.28	54.818	1.55	SI
6	4.85	-53.584	9.42	6.28	-60.437	1.13	SI
7	0.00	-40.414	9.42	6.28	-60.437	1.50	SI
7	1.80	10.637	6.28	6.28	54.818	5.15	SI
7	3.60	-35.136	6.28	6.28	-54.818	1.56	SI
8	0.00	-40.428	6.28	6.28	-54.818	1.36	SI
8	2.22	27.216	6.28	6.28	54.818	2.01	SI
8	3.95	-22.200	6.28	6.28	-54.818	2.47	SI

**Verifica di resistenza a taglio** (cfr NTC § 4.1.2.1.3)

Andamento della sollecitazione tagliante.



Taglio massimo

Taglio minimo

Taglio resistente

Campata	Ascissa [m]	$\alpha$	$\theta$	Vsd [kN]	VRd [kN]	VRsd [kN]	VRcd [kN]	Verifica
1	0.15	90°	21.8	43.432	47.096	105.685	166.122	SI
1	0.57	90°	21.8	31.490	47.096	105.685	166.122	SI
1	0.57	90°	21.8	30.893	47.096	105.685	166.122	SI
1	2.98	90°	21.8	40.510	47.096	105.685	166.122	SI
1	2.98	90°	21.8	41.107	47.096	105.685	166.122	SI
1	3.40	90°	21.8	53.049	47.096	105.685	166.122	SI
2	0.15	90°	21.8	48.101	47.096	105.685	166.122	SI
2	0.57	90°	21.8	36.158	47.096	105.685	166.122	SI
2	0.57	90°	21.8	35.561	47.096	105.685	166.122	SI
2	2.83	90°	21.8	31.354	47.096	105.685	166.122	SI
2	2.83	90°	21.8	31.951	47.096	105.685	166.122	SI
2	3.25	90°	21.8	43.894	47.096	105.685	166.122	SI
3	0.15	90°	21.8	38.502	47.096	105.685	166.122	SI
3	0.57	90°	21.8	26.559	47.096	105.685	166.122	SI
3	0.57	90°	21.8	25.962	47.096	105.685	166.122	SI
3	2.28	90°	21.8	24.595	47.096	105.685	166.122	SI
3	2.28	90°	21.8	25.192	47.096	105.685	166.122	SI
3	2.70	90°	21.8	37.135	47.096	105.685	166.122	SI
4	0.15	90°	21.8	35.894	47.096	105.685	166.122	SI
4	0.57	90°	21.8	23.951	47.096	105.685	166.122	SI
4	0.57	90°	21.8	23.354	47.096	105.685	166.122	SI

4	1.93	90°	21.8	16.711	47.096	105.685	166.122	SI
4	1.93	90°	21.8	17.308	47.096	105.685	166.122	SI
4	2.35	90°	21.8	29.250	47.096	105.685	166.122	SI
5	0.15	90°	21.8	16.654	47.096	105.685	166.122	SI
5	0.57	90°	21.8	4.712	47.096	105.685	166.122	SI
5	0.57	90°	21.8	4.115	47.096	105.685	166.122	SI
5	1.58	90°	21.8	25.485	58.175	125.816	197.764	SI
5	1.58	90°	21.8	26.082	58.175	125.816	197.764	SI
5	2.00	90°	21.8	38.025	58.175	125.816	197.764	SI
6	0.15	90°	21.8	67.111	58.175	125.816	197.764	SI
6	0.57	90°	21.8	55.169	58.175	125.816	197.764	SI
6	0.57	90°	21.8	54.571	58.175	125.817	197.764	SI
6	4.28	90°	21.8	55.603	47.096	105.686	166.122	SI
6	4.28	90°	21.8	56.200	47.096	105.685	166.122	SI
6	4.70	90°	21.8	68.142	47.096	105.685	166.122	SI
7	0.15	90°	21.8	50.455	47.096	105.686	166.122	SI
7	0.57	90°	21.8	38.513	47.096	105.686	166.122	SI
7	0.57	90°	21.8	37.916	47.096	105.686	166.122	SI
7	3.03	90°	21.8	34.979	47.096	105.686	166.122	SI
7	3.03	90°	21.8	35.576	47.096	105.685	166.122	SI
7	3.45	90°	21.8	47.519	47.096	105.685	166.122	SI
8	0.15	90°	21.8	58.834	47.096	105.685	166.122	SI
8	0.57	90°	21.8	46.891	47.096	105.685	166.122	SI
8	0.57	90°	21.8	46.294	47.096	105.685	166.122	SI
8	3.38	90°	21.8	37.076	47.096	105.685	166.122	SI
8	3.38	90°	21.8	37.673	47.096	105.686	166.122	SI
8	3.80	90°	21.8	49.616	47.096	105.686	166.122	SI

$\alpha$ : angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave.

$\theta$ : inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave.  $\theta$  rispetta il limite:  $1 \leq \cotan\theta \leq 2,5$  (cfr NTC § 4.1.2.1.3.2)

Verifiche agli stati limite di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2)

Verifica di fessurazione (cfr NTC § 4.1.2.2.4)

CONDIZIONI AMBIENTALI: Ambiente Ordinario

Combinazione frequente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	-11.367	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
1	1.55	14.401	6.28	6.28	0.028	0.048	0.400	SI
1	3.55	-22.891	6.28	6.28	0.090	0.153	0.400	SI
2	0.00	-21.582	6.28	6.28	0.080	0.137	0.400	SI
2	1.70	9.531	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
2	3.40	-16.775	6.28	6.28	0.046	0.078	0.400	SI
3	0.00	-14.614	6.28	6.28	0.030	0.051	0.400	SI
3	1.43	6.244	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
3	2.85	-13.291	6.28	6.28	0.019	0.032	0.400	SI
4	0.00	-12.525	6.28	6.28	0.011	0.018	0.400	SI
4	1.41	5.892	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
4	2.50	-6.974	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.00	-6.152	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.67	-1.087	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
5	2.15	-21.504	6.28	9.42	0.033	0.055	0.400	SI
6	0.00	-33.959	6.28	9.42	0.068	0.116	0.400	SI
6	2.42	23.583	6.28	6.28	0.095	0.161	0.400	SI
6	4.85	-35.640	9.42	6.28	0.163	0.277	0.400	SI
7	0.00	-26.881	9.42	6.28	0.103	0.175	0.400	SI
7	1.80	7.058	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
7	3.60	-23.374	6.28	6.28	0.093	0.159	0.400	SI
8	0.00	-26.936	6.28	6.28	0.119	0.203	0.400	SI

8	2.22	18.117	6.28	6.28	0.055	0.094	0.400	SI
8	3.95	-14.670	6.28	6.28	0.030	0.052	0.400	SI

**Combinazione quasi permanente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	-10.791	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
1	1.55	13.715	6.28	6.28	0.023	0.039	0.300	SI
1	3.55	-21.817	6.28	6.28	0.082	0.139	0.300	SI
2	0.00	-20.556	6.28	6.28	0.073	0.124	0.300	SI
2	1.70	9.069	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
2	3.40	-15.967	6.28	6.28	0.040	0.068	0.300	SI
3	0.00	-13.915	6.28	6.28	0.024	0.041	0.300	SI
3	1.43	5.944	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
3	2.85	-12.648	6.28	6.28	0.012	0.021	0.300	SI
4	0.00	-11.926	6.28	6.28	0.002	0.004	0.300	SI
4	1.41	5.613	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
4	2.50	-6.629	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.00	-5.842	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.67	-1.030	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
5	2.15	-20.487	6.28	9.42	0.030	0.050	0.300	SI
6	0.00	-32.325	6.28	9.42	0.064	0.108	0.300	SI
6	2.42	22.451	6.28	6.28	0.087	0.147	0.300	SI
6	4.85	-33.934	9.42	6.28	0.151	0.257	0.300	SI
7	0.00	-25.594	9.42	6.28	0.094	0.160	0.300	SI
7	1.80	6.714	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
7	3.60	-22.258	6.28	6.28	0.085	0.145	0.300	SI
8	0.00	-25.663	6.28	6.28	0.110	0.187	0.300	SI
8	2.22	17.254	6.28	6.28	0.049	0.084	0.300	SI
8	3.95	-13.936	6.28	6.28	0.025	0.042	0.300	SI

**Verifica delle tensioni di esercizio** (cfr NTC § 4.1.2.2.5)

**Combinazione rara.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	σc [N/mm <sup>2</sup> ]	σc limite [N/mm <sup>2</sup> ]	σs trazione [N/mm <sup>2</sup> ]	σs comp. [N/mm <sup>2</sup> ]	σs limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	-12.808	6.28	6.28	-3.728	-14.940	9.392	-43.477	360.000	SI
1	1.55	16.113	6.28	6.28	-4.586	-14.940	25.649	-50.798	360.000	SI
1	3.55	-25.576	6.28	6.28	-7.164	-14.940	85.148	-70.775	360.000	SI
2	0.00	-24.146	6.28	6.28	-6.774	-14.940	75.538	-67.871	360.000	SI
2	1.70	10.684	6.28	6.28	-3.226	-14.940	1.401	-38.902	360.000	SI
2	3.40	-18.795	6.28	6.28	-5.312	-14.940	41.197	-56.652	360.000	SI
3	0.00	-16.361	6.28	6.28	-4.652	-14.940	27.017	-51.346	360.000	SI
3	1.43	6.993	6.28	6.28	-2.509	-14.940	-7.295	-31.859	360.000	SI
3	2.85	-14.897	6.28	6.28	-4.263	-14.940	19.212	-48.104	360.000	SI
4	0.00	-14.021	6.28	6.28	-4.035	-14.940	14.887	-46.160	360.000	SI
4	1.41	6.590	6.28	6.28	-2.440	-14.940	-8.003	-31.151	360.000	SI
4	2.50	-7.835	6.28	6.28	-2.655	-14.940	-33.342	-5.802	360.000	SI
5	0.00	-6.928	6.28	6.28	-2.498	-14.940	-31.745	-7.409	360.000	SI
5	0.67	-1.231	6.28	6.28	-1.517	-14.940	-21.740	-17.414	360.000	SI
5	2.15	-24.045	6.28	9.42	-5.900	-14.940	67.794	-63.496	360.000	SI
6	0.00	-38.044	6.28	9.42	-8.812	-14.940	140.976	-88.473	360.000	SI
6	2.42	26.411	6.28	6.28	-7.392	-14.940	90.816	-72.458	360.000	SI
6	4.85	-39.906	9.42	6.28	-9.181	-14.940	169.523	-137.713	360.000	SI
7	0.00	-30.098	9.42	6.28	-6.996	-14.940	103.492	-104.935	360.000	SI
7	1.80	7.918	6.28	6.28	-2.669	-14.940	-5.647	-33.490	360.000	SI
7	3.60	-26.164	6.28	6.28	-7.324	-14.940	89.136	-71.961	360.000	SI
8	0.00	-30.119	6.28	6.28	-8.398	-14.940	116.352	-79.812	360.000	SI
8	2.22	20.272	6.28	6.28	-5.715	-14.940	50.337	-59.809	360.000	SI
8	3.95	-16.504	6.28	6.28	-4.691	-14.940	27.812	-51.661	360.000	SI

**σc limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.40 § 4.1.2.2.5  
**σs limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.42 § 4.1.2.2.5

Combinazione quasi permanente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Ac [cm <sup>2</sup> ]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	σc [N/mm <sup>2</sup> ]	σc limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	-10.791	900.00	6.28	6.28	-3.250	-11.205	SI
1	1.55	13.715	900.00	6.28	6.28	-3.956	-11.205	SI
1	3.55	-21.817	900.00	6.28	6.28	-6.138	-11.205	SI
2	0.00	-20.556	900.00	6.28	6.28	-5.793	-11.205	SI
2	1.70	9.069	900.00	6.28	6.28	-2.886	-11.205	SI
2	3.40	-15.967	900.00	6.28	6.28	-4.547	-11.205	SI
3	0.00	-13.915	900.00	6.28	6.28	-4.007	-11.205	SI
3	1.43	5.944	900.00	6.28	6.28	-2.329	-11.205	SI
3	2.85	-12.648	900.00	6.28	6.28	-3.688	-11.205	SI
4	0.00	-11.926	900.00	6.28	6.28	-3.513	-11.205	SI
4	1.41	5.613	900.00	6.28	6.28	-2.272	-11.205	SI
4	2.50	-6.629	900.00	6.28	6.28	-2.447	-11.205	SI
5	0.00	-5.842	900.00	6.28	6.28	-2.311	-11.205	SI
5	0.67	-1.030	900.00	6.28	6.28	-1.482	-11.205	SI
5	2.15	-20.487	900.00	6.28	9.42	-5.155	-11.205	SI
6	0.00	-32.325	900.00	6.28	9.42	-7.627	-11.205	SI
6	2.42	22.451	900.00	6.28	6.28	-6.311	-11.205	SI
6	4.85	-33.934	900.00	9.42	6.28	-7.854	-11.205	SI
7	0.00	-25.594	900.00	9.42	6.28	-5.979	-11.205	SI
7	1.80	6.714	900.00	6.28	6.28	-2.461	-11.205	SI
7	3.60	-22.258	900.00	6.28	6.28	-6.258	-11.205	SI
8	0.00	-25.663	900.00	6.28	6.28	-7.188	-11.205	SI
8	2.22	17.254	900.00	6.28	6.28	-4.893	-11.205	SI
8	3.95	-13.936	900.00	6.28	6.28	-4.013	-11.205	SI

**σc limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.41 § 4.1.2.2.5

# 15. Verifiche geometriche dell’armatura Tr-1-15

Verifiche di dettaglio costruttivo (cfr NTC § 4.1.6)

Lunghezze critiche e vincoli geometrici (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Lunghezza [m]	Sezione	B [cm]	H [cm]	B/H	Zona Critica [cm]
1	355	R 30 X 30	30	30	1.0	30
2	340	R 30 X 30	30	30	1.0	30
3	285	R 30 X 30	30	30	1.0	30
4	250	R 30 X 30	30	30	1.0	30
5	215	R 30 X 30	30	30	1.0	30
6	485	R 30 X 30	30	30	1.0	30
7	360	R 30 X 30	30	30	1.0	30
8	395	R 30 X 30	30	30	1.0	30

## CRITERIO STATICO

Armatura longitudinale (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Ascissa [cm]	As,c [cm <sup>2</sup> ]	As,c,max [cm <sup>2</sup> ]	As,t,min [cm <sup>2</sup> ]	As,t [cm <sup>2</sup> ]	As,t,max [cm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
1	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
1	estremo dx	3.4	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI

2	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
2	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
2	estremo dx	3.3	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
3	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
3	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
3	estremo dx	2.7	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
4	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
4	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
4	estremo dx	2.4	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
5	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
5	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
5	estremo dx	2.0	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
6	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
6	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
6	estremo dx	4.7	9.42	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
7	estremo sx	0.2	9.42	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
7	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
7	estremo dx	3.5	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
8	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
8	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
8	estremo dx	3.8	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI

**Armatura trasversale** (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Astaffe,min [cm <sup>2</sup> /m]	Astaffe [cm <sup>2</sup> /m]	Verifica	Passo [cm]	Passomax [cm]	Verifica
1	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
1	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
1	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
2	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
2	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
2	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
3	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
3	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
3	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
4	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
4	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
4	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
5	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
5	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
5	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
6	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
6	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
6	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
7	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
7	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
7	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
8	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
8	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
8	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI

## 16. Pilastro 2

### Caratteristiche dell'armatura

Pilastro 2

Altezza totale: 3.00 m

Calcestruzzo: C25/30

Numero di piani: 1

Acciaio d'armatura: B450C

### Armatura longitudinale

Posizione	Tipologia di ferro	Barre	Lunghezza di calcolo [cm]	Ancoraggio [cm]	Lunghezza complessiva [cm]
1	Corrente	8 Æ 12	300	0	300

La lunghezza di calcolo delle barre è al netto dell'ancoraggio, per i pilastri all'ultimo impalcato è al netto anche del copriferro

### Dettagli costruttivi per analisi statica (cfr NTC § 4.1.6.1.2)

Campata	$\Phi_{min}$ [mm]	$\Phi$ [mm]	$i_{max}$ [cm]	$i$ [cm]	$A_{s,min}$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_s$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_{s,max}$ [cm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	12	12	30	21.2	2.7	9.04	36.0	SI

### Dettagli costruttivi per analisi sismica (cfr NTC § 7.4.6.2.2)

Campata	Base [cm]	Altezza [cm]	L min [cm]	$\rho_{min}$ [%]	$\rho$ [%]	$\rho_{max}$ [%]	$i_{max}$ [cm]	$i$ [cm]	Verifica
1	30.0	30.0	25	1	1	4	25	21.2	SI

### Armatura trasversale

### Dettagli costruttivi per analisi statica (cfr NTC § 4.1.6.1.2)

Campata	Ampiezza campo [cm]	Bracci X/Y	$\Phi_{min}$ [mm]	$\Phi$ [mm]	Passo max [cm]	Passo [cm]	$A_{st X/Y}$ [cm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	56	2/2	6	8	14.4	9	1.0/1.0	SI
1	173	2/2	6	8	14.4	14	1.0/1.0	SI
1	56	2/2	6	8	14.4	9	1.0/1.0	SI

### Dettagli costruttivi per analisi sismica (cfr NTC § 7.4.6.2.2)

Campata	Ampiezza campo [cm]	Bracci X/Y	$\Phi_{min}$ [mm]	$\Phi$ [mm]	Passo max [cm]	Passo [cm]	$A_{st X/Y}$ [cm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	56	2/2	6	8	9.6	9	1.0/1.0	SI
1	173	2/2	6	8	14.4	14	1.0/1.0	SI
1	56	2/2	6	8	9.6	9	1.0/1.0	SI

Verifiche agli stati limite ultimi (cfr NTC § 4.1.2)

Verifica di resistenza a flessione e pressoflessione (cfr NTC § 4.1.2.1.3)

Campata	Ascissa [m]	Nsd [kN m]	Mxsd [kN m]	Mysd [kN m]	comb.	CMyk	CMxk	CMxMyk	CsMin	Verifica
1	0.00	-108.055	-2.516	4.442	Invilupp o	9.591	16.720	8.387	8.387	SI
1	0.00	-108.055	-6.520	1.929	Invilupp o	21.501	6.560	6.135	6.135	SI
1	0.00	-108.055	-2.516	1.929	Invilupp o	22.081	16.999	13.408	13.408	SI
1	0.00	-108.055	-6.520	4.442	Invilupp o	9.339	6.452	5.386	5.386	SI
1	0.00	-235.469	-2.516	4.442	Invilupp o	12.047	20.977	9.893	9.893	SI
1	0.00	-235.469	-6.520	1.929	Invilupp o	26.940	8.242	7.505	7.505	SI
1	0.00	-235.469	-2.516	1.929	Invilupp o	27.735	21.359	15.639	15.639	SI
1	0.00	-235.469	-6.520	4.442	Invilupp o	11.702	8.095	6.295	6.295	SI
1	0.94	-105.985	-4.488	-2.013	Invilupp o	20.790	9.481	8.521	8.521	SI
1	0.94	-105.985	-4.488	-4.419	Invilupp o	9.469	9.328	6.812	6.812	SI
1	0.94	-232.779	-4.488	-2.013	Invilupp o	26.163	11.945	10.339	10.339	SI
1	0.94	-232.779	-4.488	-4.419	Invilupp o	11.917	11.740	7.921	7.921	SI
1	1.69	-107.641	-6.113	2.670	Invilupp o	15.566	6.959	6.296	6.296	SI
1	1.69	-107.641	-6.113	1.141	Invilupp o	36.422	7.030	6.724	6.724	SI
1	1.69	-234.931	-6.113	2.670	Invilupp o	19.528	8.744	7.634	7.634	SI
1	1.69	-234.931	-6.113	1.141	Invilupp o	45.693	8.839	8.316	8.316	SI
1	2.25	-103.088	-1.644	-7.532	Invilupp o	5.617	24.755	5.357	5.357	SI
1	2.25	-103.088	-1.644	-16.825	Invilupp o	2.515	23.209	2.475	2.475	SI
1	2.25	-229.013	-1.644	-7.532	Invilupp o	7.100	31.167	6.633	6.633	SI
1	2.25	-229.013	-1.644	-16.825	Invilupp o	3.178	29.020	3.100	3.100	SI
1	3.00	-101.433	0.018	-10.686	Invilupp o	4.001	2235.158	3.999	3.999	SI
1	3.00	-101.433	-0.019	-23.913	Invilupp o	1.788	1839.759	1.788	1.788	SI
1	3.00	-101.433	0.018	-23.913	Invilupp o	1.788	1942.070	1.788	1.788	SI
1	3.00	-101.433	-0.019	-10.686	Invilupp o	4.001	2117.406	3.999	3.999	SI
1	3.00	-226.861	0.018	-10.686	Invilupp o	5.050	2806.751	5.048	5.048	SI
1	3.00	-226.861	-0.019	-23.913	Invilupp o	2.257	2328.687	2.256	2.256	SI
1	3.00	-226.861	0.018	-23.913	Invilupp	2.257	2458.188	2.256	2.256	SI

					o					
1	3.00	-226.861	-0.019	-10.686	Inviluppo	5.050	2658.887	5.048	5.048	SI

I coefficienti di sicurezza si riferiscono al dominio di rottura della sezione ottenuto ad azione assiale N costante.

**CMxk:** coefficiente di sicurezza calcolato a momento Mx costante

**CMyk:** coefficiente di sicurezza calcolato a momento My costante

**CMxMyk:** coefficiente di sicurezza calcolato a rapporto Mx/My costante

**CsMin:** coefficiente di sicurezza minimo tra i tre CMxk, CMyk, CMxMyk

#### Legenda combinazioni

n° comb.	combinazione
1	Inviluppo

#### Verifica di resistenza a taglio (cfr NTC § 4.1.2.1.3)

Campata	Ascissa [m]	Staffe	Vsdx [kN]	VRdx [kN]	θx	Vsdy [kN]	VRdy [kN]	θy	Verifica
1	0.00	Ø 8/9	9.452	196.796	27.1	2.167	196.796	27.1	SI
1	0.94	Ø 8/14	9.452	161.044	21.8	2.167	161.044	21.8	SI
1	1.69	Ø 8/14	9.452	161.044	21.8	2.167	161.044	21.8	SI
1	2.25	Ø 8/14	9.452	161.044	21.8	2.167	161.044	21.8	SI
1	3.00	Ø 8/9	9.452	196.796	27.1	2.167	196.796	27.1	SI

θ: inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse. θ rispetta il limite:  $1 \leq \cotan \theta \leq 2,5$  (cfr NTC § 4.1.2.1.3.2)

#### Verifiche agli stati limite di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2)

#### Verifica delle tensioni di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2.5)

#### Combinazione rara.

Campata	Ascissa [m]	comb.	σc [N/mm²]	σc limite [N/mm²]	σs trazione [N/mm²]	σs comp. [N/mm²]	σs limite [N/mm²]	Verifica
1	0.00	Inviluppo	-2.271	-14.940	-3.534	-28.820	360.000	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.419	-14.940	-1.918	-30.382	360.000	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.026	-14.940	-6.142	-26.216	360.000	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.696	-14.940	1.228	-33.275	360.000	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.903	-14.940	-13.028	-38.296	360.000	SI
1	0.00	Inviluppo	-3.043	-14.940	-11.536	-39.788	360.000	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.658	-14.940	-15.625	-35.699	360.000	SI
1	0.00	Inviluppo	-3.288	-14.940	-8.940	-42.384	360.000	SI
1	0.94	Inviluppo	-2.105	-14.940	-4.766	-26.972	360.000	SI
1	0.94	Inviluppo	-2.338	-14.940	-2.272	-29.436	360.000	SI
1	0.94	Inviluppo	-2.738	-14.940	-14.249	-36.455	360.000	SI
1	0.94	Inviluppo	-2.966	-14.940	-11.829	-38.876	360.000	SI
1	1.69	Inviluppo	-2.351	-14.940	-2.557	-29.649	360.000	SI
1	1.69	Inviluppo	-2.197	-14.940	-4.216	-28.018	360.000	SI
1	1.69	Inviluppo	-2.980	-14.940	-12.108	-39.093	360.000	SI
1	1.69	Inviluppo	-2.829	-14.940	-13.701	-37.500	360.000	SI
1	2.25	Inviluppo	-2.831	-14.940	5.035	-34.297	360.000	SI
1	2.25	Inviluppo	-4.427	-14.940	37.843	-48.484	360.000	SI
1	2.25	Inviluppo	-3.336	-14.940	-7.166	-42.671	360.000	SI
1	2.25	Inviluppo	-4.398	-14.940	6.196	-53.565	360.000	SI
1	3.00	Inviluppo	-3.487	-14.940	21.223	-39.662	360.000	SI
1	3.00	Inviluppo	-5.889	-14.940	89.500	-57.768	360.000	SI
1	3.00	Inviluppo	-5.887	-14.940	89.479	-57.747	360.000	SI
1	3.00	Inviluppo	-3.488	-14.940	21.238	-39.677	360.000	SI
1	3.00	Inviluppo	-3.717	-14.940	-2.092	-46.528	360.000	SI
1	3.00	Inviluppo	-5.666	-14.940	34.544	-64.449	360.000	SI
1	3.00	Inviluppo	-5.665	-14.940	34.528	-64.434	360.000	SI
1	3.00	Inviluppo	-3.718	-14.940	-2.082	-46.539	360.000	SI

**σc limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.40 § 4.1.2.2.5  
**σs limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.42 § 4.1.2.2.5

Legenda combinazioni

n° comb.	combinazione
1	Inviluppo

Combinazione quasi permanente.

Campata	Ascissa [m]	comb.	σc [N/mm²]	σc limite [N/mm²]	Verifica
1	0.00	Inviluppo	-2.210	-11.205	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.251	-11.205	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.064	-11.205	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.402	-11.205	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.594	-11.205	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.634	-11.205	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.448	-11.205	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.781	-11.205	SI
1	0.94	Inviluppo	-1.995	-11.205	SI
1	0.94	Inviluppo	-2.135	-11.205	SI
1	0.94	Inviluppo	-2.379	-11.205	SI
1	0.94	Inviluppo	-2.519	-11.205	SI
1	1.69	Inviluppo	-2.135	-11.205	SI
1	1.69	Inviluppo	-2.046	-11.205	SI
1	1.69	Inviluppo	-2.519	-11.205	SI
1	1.69	Inviluppo	-2.430	-11.205	SI
1	2.25	Inviluppo	-2.779	-11.205	SI
1	2.25	Inviluppo	-3.687	-11.205	SI
1	2.25	Inviluppo	-3.053	-11.205	SI
1	2.25	Inviluppo	-3.732	-11.205	SI
1	3.00	Inviluppo	-3.485	-11.205	SI
1	3.00	Inviluppo	-4.933	-11.205	SI
1	3.00	Inviluppo	-4.931	-11.205	SI
1	3.00	Inviluppo	-3.487	-11.205	SI
1	3.00	Inviluppo	-3.557	-11.205	SI
1	3.00	Inviluppo	-4.809	-11.205	SI
1	3.00	Inviluppo	-4.808	-11.205	SI
1	3.00	Inviluppo	-3.558	-11.205	SI

**σc limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.41 § 4.1.2.2.5

Legenda combinazioni

n° comb.	combinazione
1	Inviluppo

Verifiche allo stato limite ultimo sismico

Campata	Ascissa [m]	Nsd [kN m]	Mxsd [kN m]	Mysd [kN m]	comb.	CMyk	CMxk	CMxMyk	CsMin	Verifica
1	0.00	-144.370	31.162	17.772	Inviluppo	1.857	1.322	1.255	1.255	SI
1	0.00	-144.370	-38.048	-12.376	Inviluppo	1.918	1.127	1.115	1.115	SI
1	0.00	-144.370	31.162	-12.376	Inviluppo	2.666	1.376	1.335	1.335	SI
1	0.00	-144.370	-38.048	17.772	Inviluppo	1.336	1.083	1.073	1.073	SI
1	0.00	-148.683	31.162	17.772	Inviluppo	1.885	1.336	1.265	1.265	SI

					o					
1	0.00	-148.683	-38.048	-12.376	Invilupp o	1.963	1.139	1.126	1.126	SI
1	0.00	-148.683	31.162	-12.376	Invilupp o	2.707	1.390	1.347	1.347	SI
1	0.00	-148.683	-38.048	17.772	Invilupp o	1.367	1.094	1.082	1.082	SI
1	0.94	-142.301	21.388	3.228	Invilupp o	12.323	2.131	2.080	2.080	SI
1	0.94	-142.301	-26.121	-8.731	Invilupp o	4.250	1.679	1.616	1.616	SI
1	0.94	-142.301	21.388	-8.731	Invilupp o	4.556	2.051	1.933	1.933	SI
1	0.94	-142.301	-26.121	3.228	Invilupp o	11.495	1.745	1.717	1.717	SI
1	0.94	-146.614	21.388	3.228	Invilupp o	12.448	2.153	2.101	2.101	SI
1	0.94	-146.614	-26.121	-8.731	Invilupp o	4.284	1.697	1.631	1.631	SI
1	0.94	-146.614	21.388	-8.731	Invilupp o	4.602	2.072	1.951	1.951	SI
1	0.94	-146.614	-26.121	3.228	Invilupp o	11.588	1.763	1.734	1.734	SI
1	1.69	-143.956	29.207	14.863	Invilupp o	2.387	1.442	1.382	1.382	SI
1	1.69	-143.956	-35.663	-11.647	Invilupp o	2.314	1.209	1.190	1.190	SI
1	1.69	-143.956	29.207	-11.647	Invilupp o	3.046	1.476	1.424	1.424	SI
1	1.69	-143.956	-35.663	14.863	Invilupp o	1.813	1.181	1.160	1.160	SI
1	1.69	-148.269	29.207	14.863	Invilupp o	2.402	1.457	1.394	1.394	SI
1	1.69	-148.269	-35.663	-11.647	Invilupp o	2.353	1.221	1.201	1.201	SI
1	1.69	-148.269	29.207	-11.647	Invilupp o	3.066	1.491	1.436	1.436	SI
1	1.69	-148.269	-35.663	14.863	Invilupp o	1.844	1.193	1.171	1.171	SI
1	2.25	-139.404	7.707	-3.625	Invilupp o	12.132	5.874	5.245	5.245	SI
1	2.25	-139.404	-9.424	-17.138	Invilupp o	2.535	4.352	2.297	2.297	SI
1	2.25	-139.404	7.707	-17.138	Invilupp o	2.566	5.321	2.372	2.372	SI
1	2.25	-139.404	-9.424	-3.625	Invilupp o	11.982	4.803	4.392	4.392	SI
1	2.25	-143.716	7.707	-3.625	Invilupp o	12.230	5.918	5.290	5.290	SI
1	2.25	-143.716	-9.424	-17.138	Invilupp o	2.556	4.394	2.315	2.315	SI
1	2.25	-143.716	7.707	-17.138	Invilupp o	2.587	5.373	2.392	2.392	SI
1	2.25	-143.716	-9.424	-3.625	Invilupp o	12.083	4.840	4.429	4.429	SI
1	3.00	-137.748	0.220	-0.709	Invilupp o	65.121	209.670	59.555	59.555	SI
1	3.00	-137.748	-0.213	-28.774	Invilupp o	1.605	158.800	1.604	1.604	SI

1	3.00	-137.748	0.220	-28.774	Invilupp o	1.605	154.180	1.603	1.603	SI
1	3.00	-137.748	-0.213	-0.709	Invilupp o	65.123	215.953	59.706	59.706	SI
1	3.00	-142.061	0.220	-0.709	Invilupp o	65.582	211.154	59.932	59.932	SI
1	3.00	-142.061	-0.213	-28.774	Invilupp o	1.616	160.341	1.615	1.615	SI
1	3.00	-142.061	0.220	-28.774	Invilupp o	1.616	155.676	1.615	1.615	SI
1	3.00	-142.061	-0.213	-0.709	Invilupp o	65.585	217.482	60.085	60.085	SI

I coefficienti di sicurezza si riferiscono al dominio di rottura della sezione ottenuto ad azione assiale N costante.

**CMxk:** coefficiente di sicurezza calcolato a momento Mx costante

**CMyk:** coefficiente di sicurezza calcolato a momento My costante

**CMxMyk:** coefficiente di sicurezza calcolato a rapporto Mx/My costante

**CsMin:** coefficiente di sicurezza minimo tra i tre CMxk, CMyk, CMxMyk

#### Legenda combinazioni

n° comb.	combinazione
1	Inviluppo

#### Verifica di resistenza a taglio

Campata	Ascissa [m]	Staffe	Vsdx [kN]	VRdx [kN]	$\theta_x$	Vsdy [kN]	VRdy [kN]	$\theta_y$	Verifica
1	0.00	Ø 8/9	15.515	196.796	27.1	12.723	196.796	27.1	SI
1	0.94	Ø 8/14	15.515	161.044	21.8	12.723	161.044	21.8	SI
1	1.69	Ø 8/14	15.515	161.044	21.8	12.723	161.044	21.8	SI
1	2.25	Ø 8/14	15.515	161.044	21.8	12.723	161.044	21.8	SI
1	3.00	Ø 8/9	15.515	196.796	27.1	12.723	196.796	27.1	SI

$\theta$ : inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse.  $\theta$  rispetta il limite:  $1 \leq \cotan\theta \leq 2,5$  (cfr NTC § 4.1.2.1.3.2)

#### Verifiche allo stato limite ultimo sismico in gerarchia delle resistenze

Campata	Ascissa [m]	Nsd [kN m]	Mxsd [kN m]	Mysd [kN m]	CMyk	CMxk	CMxMyk	CsMin	Verifica

I coefficienti di sicurezza si riferiscono al dominio di rottura della sezione ottenuto ad azione assiale N costante.

**Msd,i:** azione sollecitante valutata in gerarchia delle resistenze (cfr NTC § 7.4.4.2.1)

**CMxk:** coefficiente di sicurezza calcolato a momento Mx costante

**CMyk:** coefficiente di sicurezza calcolato a momento My costante

**CMxMyk:** coefficiente di sicurezza calcolato a rapporto Mx/My costante

**CsMin:** coefficiente di sicurezza minimo tra i tre CMxk, CMyk, CMxMyk

#### Verifica di resistenza a taglio

Campata	Ascissa [m]	Staffe	Vsdx [kN]	VRdx [kN]	$\theta_x$	Vsdy [kN]	VRdy [kN]	$\theta_y$	Verifica

$\theta$ : inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse.  $\theta$  rispetta il limite:  $1 \leq \cotan\theta \leq 2,5$  (cfr NTC § 4.1.2.1.3.2)

**Vsd,i:** azione sollecitante valutata in gerarchia delle resistenze (cfr NTC § 7.4.4.2.1)

## Conclusione

Nel rispetto di quanto richiesto nel capitolo 10 dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 ed al fine di fornire un giudizio motivato di accettabilità dei valori raggiunti, alla luce delle verifiche e dei calcoli effettuati, di cui è data spiegazione nel presente documento, il progettista strutturale ritiene che i risultati ottenuti relativamente al progetto in oggetto siano conformi a quanto previsto dai regolamenti e dalle leggi vigenti in materia.

A supporto di tale affermazione il progettista dichiara di aver controllato accuratamente i tabulati ottenuti mediante codice di calcolo, di aver preliminarmente esaminato il software di calcolo, ritenendolo affidabile ed idoneo alla struttura in oggetto, di aver confrontato i risultati ottenuti da analisi computazionale con semplici calcoli di massima svolti dallo stesso progettista e di aver infine esaminato gli stati tensionali e deformativi, ritenendoli consistenti e coerenti con la modellazione della struttura analizzata.



# RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

**spogliatoi**

Monza (MB)



## Indice

1. Premessa
2. Descrizione opera
3. Dati generali relativi alla struttura
4. Riferimenti legislativi
5. Parametri dei materiali utilizzati
6. Combinazioni di carico
7. Azione sismica
8. Metodi di verifica e caratteristiche del codice di calcolo
9. 1
10. 2
11. 3
12. 4
13. 5
14. 6
15. 7
16. 10
17. Conclusione
18. Principali risultati
19. Allegati



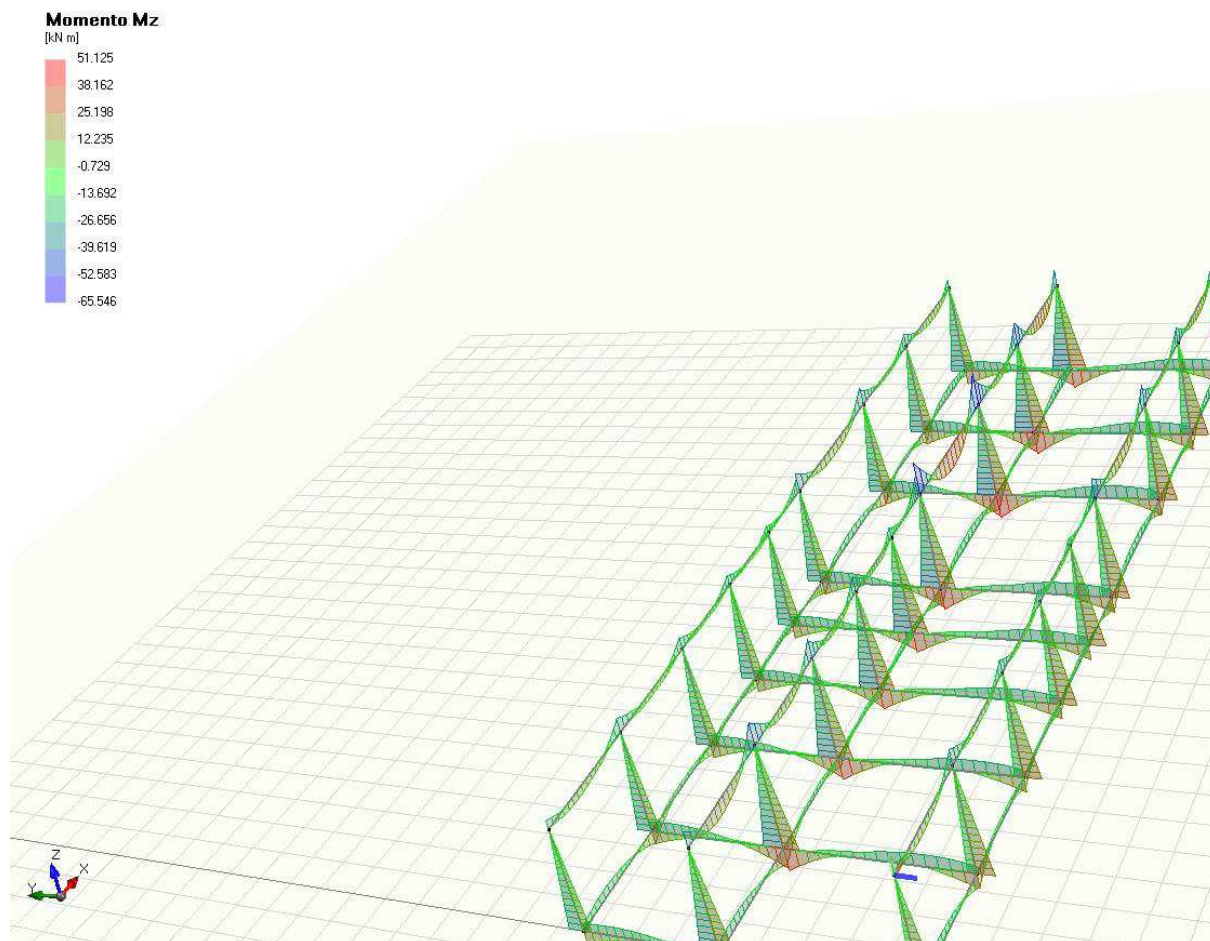
## 1. Premessa

Il presente elaborato costituisce la relazione di calcolo strutturale, comprensiva di una descrizione generale dell'opera e dei criteri generali di analisi e verifica, in accordo con le prescrizioni contenute nel paragrafo 10.1 delle "Norme Tecniche" per le Costruzioni. Relativamente al progetto in oggetto il documento descrive in particolare le modalità operative di applicazione della normativa vigente. Le fasi di progetto, analisi, calcolo e verifica sono state svolte a "regola d'arte" dal progettista, secondo i dettami della scienza e tecnica delle costruzioni. Per verificare gli elementi strutturali e le sezioni sollecitate dalle azioni di modello ed al fine di garantire la sicurezza della costruzione è stato utilizzato il metodo agli stati limite, rispettando le prescrizioni previste dalle normative di riferimento elencate nel documento. Si riporta di seguito in proposito l'insieme delle verifiche strutturali, atte a garantire la resistenza ed il comportamento della struttura sia in condizioni di esercizio che sotto l'azione di eventi di carico straordinari. Secondo le indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni la relazione di calcolo riporta infine una sezione relativa alle analisi svolte con l'ausilio di codici di calcolo automatico, al fine di facilitare l'interpretazione e la verifica dei calcoli svolti e di consentire elaborazioni indipendenti da parte di soggetti diversi dal redattore del documento.

## 2. Descrizione dell'opera

Oggetto di questa analisi è una struttura costituita da un corpo di fabbrica, un piano interrato e due piani fuori terra.

La struttura portante è in calcestruzzo armato con elementi di copertura in legno. Gli elementi di fondazione sono realizzati in cemento armato e sono collegati fra loro. I solai degli impalcati sono realizzati in laterocemento. Le tamponature sono realizzate con elementi alleggeriti.



### 3 Dati generali

In questo paragrafo si riportano le caratteristiche generali relative all'opera, alla località di ubicazione ed i dati anagrafici dei soggetti coinvolti nell'intervento.

#### 3.1 Caratteristiche

<b>Nome Progetto:</b>	spogliatoi		
<b>Tipologia opera:</b>	Edificio residenziale	<b>Tipologia di intervento:</b>	Nuova costruzione
<b>Normativa di riferimento:</b>	Stati limite Norme Tecniche 2008		
<b>Tipo di analisi:</b>	Dinamica modale FEM	<b>Classe d'uso dell'edificio:</b>	II

#### 3.2 Località

Descrizione area:			
Comune:	Monza	Provincia:	(MB)
Longitudine:	9.2759 °	Latitudine:	45.5834 °
Altitudine:	162		
Indirizzo:			

#### 3.3 Dati per analisi sismica

<b>Vita nominale della struttura:</b> 50 anni	<b>Zona Sismica:</b> 3
---	------------------------

#### 3.4 Soggetti coinvolti

**Progettista strutture:** Roselli Cesare

**Progettista opera:** Arch. Matteo Esposito

**Proprietà:** GES MONZA 1946 SSD srl

**Progettista architettonico:** Arch. Matteo Esposito

**Direttore Lavori:** Arch. Matteo Esposito

**Committente:** GES MONZA 1946 SSD srl

## 4. Riferimenti normativi

I calcoli della presente relazione fanno riferimento alla normativa vigente ed in particolare:

### Normativa nazionale

- *Decreto Ministeriale 14 Gennaio 2008*  
"Norme Tecniche per le Costruzioni 2008", pubblicato sul S.O. n° 30 alla G.U. n° 29 del 4 febbraio 2008.
- *Circolare 2 febbraio 2009, n. 617*  
"Circolare applicativa delle NTC2008 D.M. 14.01.2008 - Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27)"
- *Decreto Ministeriale 16 gennaio 1996.*  
"Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche. (G.U. 5-2-1996, N. 29)"
- *Circolare 10 aprile 1997, n. 65/AA.GG.*  
"Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996"
- *Decreto Ministeriale 16 Gennaio 1996*  
"Carichi e sovraccarichi - Norme tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni, e dei carichi e sovraccarichi'. (G.U. 5-2-1996, N. 29)"
- *Circolare 4 luglio 1996, n. 156 AA.GG./STC.*  
"Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996. (G.U. 16-9-1996, n. 217 - supplemento)"
- *Decreto Ministeriale 9 Gennaio 1996*  
"Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche. (Da utilizzarsi nel calcolo col metodo degli stati limite) (G.U. 5-2-1996, N. 29)"
- *Circolare 15 ottobre 1996, n. 252 AA.GG./S.T.C.*  
"Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996. (G.U. 26-11-1996, n. 277 - suppl.)"
- *Decreto Ministeriale 20 novembre 1987*  
"Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento. (Suppl. Ord. alla G.U. 5-12-1987, n. 285)"
- *Decreto Ministeriale dell'11-3-1988*  
"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle opere di fondazione"
- *Decreto Ministeriale del 14-2-1992 \**  
"Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche". (G.U. 18-3-1992, N. 65)

### Eurocodici

- *UNI EN 1993-1-1: 2005*  
"Eurocodice 3, parte 1-1 - Progettazione delle strutture di acciaio. Regole generali e regole per gli edifici".
- *UNI EN 1993-1-2: 2005*  
"Eurocodice 3, parte 1-2 - Progettazione delle strutture di acciaio. Regole generali. Progettazione della resistenza all'incendio".
- *UNI EN 1993-1-3: 2007*  
"Eurocodice 3, parte 1-3 - Progettazione delle strutture di acciaio. Regole generali. Regole supplementari per l'impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegati a freddo".
- *UNI ENV 1993-1-4: 2007*  
"Eurocodice 3, parte 1-4 - Progettazione delle strutture di acciaio. Regole generali. Criteri supplementari per acciai inossidabili".

\* *Metodo di calcolo alle tensioni ammissibili, con riferimento al § 2.7 delle Norme Tecniche del 2008*

Relativamente ai metodi di calcolo, è d'obbligo il Metodo agli stati limite di cui al § 2.6 delle Norme Tecniche del 2008.

È ammesso il Metodo di verifica alle Tensioni Ammissibili limitatamente ai casi che ricalcano i seguenti criteri:

- costruzioni di tipo 1 (opere provvisorie, opere provvisionali, strutture in fase costruttiva con vita nominale < 10 anni) e di tipo 2 (opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale con vita nominale > 50 anni);
- costruzioni di classe d'uso I (costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.) o di classe d'uso II (costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in classe d'uso III o in classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti);
- costruzioni in siti ricadenti in Zona 4.

Le norme dette si debbono in tal caso applicare integralmente, salvo per i materiali e i prodotti, le azioni e il collaudo statico, per i quali valgono le prescrizioni riportate nelle norme tecniche del 2008.

## 5. I materiali

I materiali ed i prodotti ad uso strutturale, utilizzati nelle opere oggetto della presente relazione, rispondono ai requisiti indicati dal capitolo 11 delle "Norme Tecniche per le Costruzioni". Questi sono stati identificati univocamente dal produttore, qualificati sotto la sua responsabilità ed accettati dal direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

Sulla base delle verifiche effettuate in sito ed in conformità alle disposizioni normative vigenti si prevede per la realizzazione del progetto in analisi l'adozione dei materiali di seguito descritti.

### Calcestruzzo

Nome: **C25/30**

Tipologia del materiale: calcestruzzo

Classe di resistenza: C25/30

Descrizione:

### Caratteristiche del calcestruzzo

Densità  $\rho$ : 24.525 kN/m<sup>3</sup>

Resistenza caratteristica cilindrica a compressione  $f_{ck}$ : 24.900 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza media a trazione semplice  $f_{ctm}$ : 2.558 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza caratt. trazione semplice, frattile 5%  $f_{ctk,5}$ : 1.791 N/mm<sup>2</sup>

Modulo Elastico  $E_{cm}$ : 30045.089 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente di dilatazione termica lineare  $\alpha_t$ : 1E-05

Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo  $\gamma_c$ : 1,5

Resistenza a trazione di progetto, frattile 5%  $f_{ctd,5}$ : 1.194 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza caratteristica cubica a compressione  $R_{ck}$ : 30.000 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza cilindrica media  $f_{cm}$ : 32.903 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza media a flessione  $f_{ctm}$ : 3.070 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza caratt. trazione semplice, frattile 95%  $f_{ctk,95}$ : 3.326 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente di Poisson  $\nu$ : 0.20

Coefficiente correttivo per la resistenza a compressione  $\alpha_{cc}$ : 0,85

Resistenza a compressione di progetto  $f_{cd}$ : 14.110 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza a trazione di progetto, frattile 95%  $f_{ctd,95}$ : 2.217 N/mm<sup>2</sup>

### Acciaio per cemento armato

Nome: **B450C**

Tipologia del materiale: acciaio per cemento armato

Descrizione:

### Caratteristiche dell'acciaio

Tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk}$ : 450.000 N/mm<sup>2</sup>

Modulo elastico  $E_S$ : 206000.000 N/mm<sup>2</sup>

Allungamento sotto carico massimo  $A_{gt}$ : 67.5 %

Coefficiente di omogeneizzazione  $n$ : 15

Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio  $\gamma_s$ : 1,15

Densità  $\rho$ : 76.518 kN/m<sup>3</sup>

Tensione ammissibile  $\sigma_s$ : 260.000 N/mm<sup>2</sup>

## 6. Azioni e Carichi sulla struttura

Con riferimento al paragrafo 2.5.1.3 delle NTC 2008, le azioni che investono la struttura sono classificate in relazione alla durata della loro presenza nell'arco della vita di progetto come:

- **permanenti (G):** azioni con sufficiente approssimazione costanti nel tempo, tra le quali:
  - peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno);
  - peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
  - spostamenti e deformazioni imposti, previsti dal progetto e realizzati all'atto della costruzione;
- **variabili (Q):** azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo:
  - di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;
  - di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura;
- **sismiche (E):** azioni derivanti dai terremoti.

L'effetto delle azioni viene valutato ai fini delle verifiche con l'approccio semiprobabilistico agli stati limite, secondo diverse combinazioni:

- **Combinazione fondamentale SLU** dei carichi, impiegata per gli stati limite ultimi (nei risultati SLU statica)

$$\gamma G1 \cdot G1 + \gamma G2 \cdot G2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q1 \cdot Qk1 + \gamma Q2 \cdot \psi 02 \cdot Qk2 + \gamma Q3 \cdot \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

- **Combinazione caratteristica CA rara**, impiegata per gli stati limite di esercizio irreversibili (nei risultati SLE rara)

$$G1 + G2 + P + Qk1 + \psi 02 \cdot Qk2 + \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

- **Combinazione frequente FR**, impiegata per gli stati limite di esercizio reversibili (nei risultati SLE frequente)

$$G1 + G2 + P + \psi 11 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

- **Combinazione quasi permanente QP**, impiegata per gli effetti a lungo termine (nei risultati SLE quasi permanente)

$$G1 + G2 + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

- **Combinazione sismica**, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (nei risultati SLU sisma)

$$E + G1 + G2 + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \dots$$

### Dettagli per la combinazione sismica

La valutazione dell'azione sismica E è condotta secondo le specifiche del capitolo 3.2 e in accordo con le prescrizioni del capitolo 7.3.3 delle NTC 2008 per i tipi di analisi sismica lineare sia dinamica che statica.

I risultati così ottenuti per ciascuna direzione, X e Y (eventualmente anche Z), vengono poi combinati secondo le indicazioni del capitolo 7.3.5 delle NTC 2008, ovvero vengono sommati i contributi secondo il seguente criterio:

$$E1 = 1,00 \times Ex + 0,30 \times Ey + 0,30 \times Ez$$

$$E2 = 0,30 \times Ex + 1,00 \times Ey + 0,30 \times Ez$$

$$E3 = 0,30 \times Ex + 0,30 \times Ey + 1,00 \times Ez$$

la rotazione dei coefficienti moltiplicativi permette l'individuazione degli effetti più gravosi, la direzione Z è opzionale in virtù delle prescrizioni al paragrafo 7.2.1 delle NTC 2008.

Nella verifica allo stato limite ultimo si distinguono le combinazioni **EQU**, **STR** e **GEO** (cfr NTC 2008 § 2.6.1), rispettivamente definite come: stato limite di equilibrio EQU, che considera la struttura ed il terreno come corpi rigidi; stato limite di resistenza della struttura STR, da riferimento per tutti gli elementi strutturali, e stato limite di resistenza del terreno GEO.

Nelle verifiche STR e GEO possono essere adottati in alternativa, due diversi approcci progettuali: per l'approccio 1 si considerano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti di sicurezza parziali per le azioni, per i materiali e per la resistenza complessiva, nell'approccio 2 si definisce un'unica combinazione per le azioni, per la resistenza dei materiali e per la resistenza globale.

Coefficienti parziali per le azioni [cfr. NTC 2008 Tabella 2.6.I].

		Coefficiente $\gamma_f$	EQU	STR	GEO
Carichi permanenti	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

Le Norme Tecniche prescrivono i valori dei coefficienti  $\psi$  in dipendenza dalle caratteristiche della funzione di ripartizione di ciascuna azione: si ammette infatti che, assieme alle azioni permanenti, esistano combinazioni di azioni in cui una sola azione è presente al valore caratteristico mentre le altre hanno intensità ridotte  $\psi_0 Q_k$ .

Le categorie di azioni variabili ed i rispettivi coefficienti di combinazione utilizzati nell'applicazione dei carichi al modello sono riportati nella tabella seguente:

Destinazione d'uso/azione	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Permanenti	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	1.00	1.00	1.00
Categoria A (domestici e residenziali)	0.70	0.50	0.30
Categoria B (uffici)	0.70	0.50	0.30
Categoria C (aree di congresso)	0.70	0.70	0.60
Categoria D (aree di acquisto)	0.70	0.70	0.60
Categoria E (magazzini, Archivi, scale)	1.00	0.90	0.80
Categoria F (Peso veicoli $\leq 30kN$ )	0.70	0.70	0.60
Categoria G (Peso veicoli $\leq 160kN$ )	0.70	0.50	0.30
Categoria H (tetti)	0.00	0.00	0.00
Carichi da Neve	0.70	0.50	0.20
Carichi da Neve sotto 1000m	0.50	0.20	0.00
Carichi da Vento	0.60	0.20	0.00
Variazioni Termiche	0.60	0.50	0.00

## Dettagli per le combinazioni di calcolo ed il progetto dell'armatura.

Per il progetto e la verifica della armature vengono distinti i risultati dell'analisi in condizione statica da quelli dell'analisi sismica.

### Progetto dell'armatura in condizione statica

Il progetto iniziale dell'armatura è condotta considerando i risultati di ciascuna combinazione delle azioni di calcolo in condizione statica, ovvero vengono considerati ed involuppati i risultati massimi e minimi delle seguenti combinazioni:

- Combinazione fondamentale SLU
- Combinazione SLE caratteristica rara
- Combinazione SLE frequente
- Combinazione SLE quasi permanente

Per ciascuna combinazione elencata vengono valutate le distinte configurazioni di carico distinguendo i diversi gruppi di carico e considerando tutte le possibili varianti secondo i metodi del calcolo combinatorio ottenendo così  $2^n + 1$  combinazioni, dove 'n' coincide con il numero di carichi accidentali considerati nell'analisi, qui di seguito un esempio esplicativo.

Carico permanente	P
Carico accidentale residenziale	A

Le combinazioni dedotte sono:

P	solo carico permanente
P A	carico permanente + carico accidentale A

Inoltre per le combinazioni SLU e SLE caratteristica vengono individuate in aggiunta le permutazioni di tali configurazioni aventi di volta in volta un carico accidentale principale differente fra quelli considerati, qui di seguito un esempio esplicativo.

Carico permanente	P
Carico accidentale residenziale	A1
Carico accidentale tipo neve	A2
Carico accidentale tipo vento	A3

Le combinazioni dedotte sono:

P	solo carico permanente
P A1	carico permanente + carico accidentale A1
P A2	carico permanente + carico accidentale A2
P A3	carico permanente + carico accidentale A3
P A1 A2	carico permanente + carico accidentale A1 (principale) + carico accidentale A2
P A2 A1	carico permanente + carico accidentale A1 + carico accidentale A2 (principale)
P A1 A3	carico permanente + carico accidentale A1 (principale) + carico accidentale A3
P A3 A1	carico permanente + carico accidentale A1 + carico accidentale A3 (principale)
P A2 A3	carico permanente + carico accidentale A2 (principale) + carico accidentale A3
P A3 A2	carico permanente + carico accidentale A2 + carico accidentale A3 (principale)
P A1 A2 A3	carico permanente + carico accidentale A1 (principale) + carico accidentale A2 + carico accidentale A3
P A2 A1 A3	carico permanente + carico accidentale A1 + carico accidentale A2 (principale) + carico accidentale A3
P A3 A1 A2	carico permanente + carico accidentale A1 + carico accidentale A2 + carico accidentale A3 (principale)

Le effettive combinazioni generate per i diversi stati limite sono riportate nei paragrafi seguenti.

Per gli elementi trave e pilastro vengono involuppati i risultati di ciascuna combinazione e vengono individuati i valori massimi e minimi dando luogo alle seguenti sollecitazioni:

- massima e minima per l'azione assiale N,
- massima e minima per le azioni di flessione attorno agli assi principali di inerzia di ciascun elemento Mz e My,
- massima e minima per le azioni taglianti lungo gli assi principali d'inerzia Tz e Ty.

Nella progettazione delle armature di travi e pilastri queste 6 sollecitazioni (N<sup>+</sup>, N<sup>-</sup>, Mz<sup>+</sup>, Mz<sup>-</sup>, My<sup>+</sup>, My<sup>-</sup>) vengono considerate in condizione di pressoflessione deviata e vengono ulteriormente combinate tra di loro in modo da garantire la copertura delle condizioni più gravose, dando luogo alle seguenti 8 combinazioni:

- N<sup>+</sup>, Mz<sup>+</sup>, My<sup>+</sup>
- N<sup>+</sup>, Mz<sup>+</sup>, My<sup>-</sup>
- N<sup>+</sup>, Mz<sup>-</sup>, My<sup>+</sup>
- N<sup>+</sup>, Mz<sup>-</sup>, My<sup>-</sup>
- N<sup>-</sup>, Mz<sup>+</sup>, My<sup>+</sup>
- N<sup>-</sup>, Mz<sup>+</sup>, My<sup>-</sup>
- N<sup>-</sup>, Mz<sup>-</sup>, My<sup>+</sup>
- N<sup>-</sup>, Mz<sup>-</sup>, My<sup>-</sup>

Per il progetto delle sezioni a taglio vengono individuati i valori massimi in modulo per ciascuna direzione principale scegliendo tra i valori involuppati di progetto ( $T_z^+$ ,  $T_z^-$ ,  $T_y^+$ ,  $T_y^-$ ).

Per gli elementi shell vengono individuati i seguenti valori di progetto:

- massimi e minimi per le tensioni membranali  $\sigma_x$  e  $\sigma_y$ ,
- massimi e minimi per le tensioni membranali  $\tau_{xy}$ ,
- massimi e minimi per le azioni flessionali  $M_x$ ,  $M_y$  e  $M_{xy}$ ,
- massimi e minimi per le azioni taglianti  $T_{zx}$  e  $T_{zy}$ .

Il progetto dell'armatura degli elementi shell di tipo piastra è condotto valutando i valori massimi e minimi delle azioni involuppate di flessione  $M_x$ ,  $M_y$  e  $M_{xy}$ . Gli elementi bidimensionali a comportamento membranale vengono progettati combinando le sollecitazioni involuppate in un calcolo sezionale indipendente.

### **Progetto dell'armatura in condizione sismica**

L'armatura progettata in condizione statica è verificata ed integrata con i risultati della combinazione sismica (anche SLU sisma) e secondo le specifiche delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, § 7.4.

I risultati dell'azione sismica E danno luogo a sollecitazioni involuppate e prive di segno in accordo con la combinazione quadratica completa (CQC, § C7.3.3 della Circolare Ministeriale 617 del 2009) necessarie per considerare le correlazioni tra i massimi contributi modali. La combinazione dei risultati nelle diverse direzioni, attraverso gli opportuni coefficienti di interazione, dà luogo alla combinazione sismica più gravosa (E1, E2, E3).

Per la progettazione di travi e pilastri la componente E della combinazione sismica individuata viene considerata positiva e negativa; la combinazione sismica dà luogo quindi alle sollecitazioni di progetto le quali vengono considerate in condizione di pressoflessione deviata ( $NE^+$ ,  $NE^-$ ,  $ME1^+$ ,  $ME1^-$ ,  $ME2^+$ ,  $ME2^-$ ) e vengono ulteriormente combinate tra di loro in modo da garantire la copertura delle condizioni più gravose, dando luogo alle seguenti 8 combinazioni:

- $NE^+$ ,  $MEz^+$ ,  $MEy^+$
- $NE^+$ ,  $MEz^+$ ,  $MEy^-$
- $NE^+$ ,  $MEz^-$ ,  $MEy^+$
- $NE^+$ ,  $MEz^-$ ,  $MEy^-$
- $NE^-$ ,  $MEz^+$ ,  $MEy^+$
- $NE^-$ ,  $MEz^+$ ,  $MEy^-$
- $NE^-$ ,  $MEz^-$ ,  $MEy^+$
- $NE^-$ ,  $MEz^-$ ,  $MEy^-$

Per il progetto delle sezioni a taglio vengono individuati i valori massimi in modulo per ciascuna direzione principale scegliendo tra i valori involuppati di progetto ( $TEz^+$ ,  $TEz^-$ ,  $TEy^+$ ,  $TEy^-$ ).

Per gli elementi shell vengono individuati i seguenti valori di progetto:

- massimi e minimi per le tensioni membranali  $\sigma_x$  e  $\sigma_y$ ,
- massimi e minimi per le tensioni membranali  $\tau_{xy}$ ,
- massimi e minimi per le azioni flessionali  $M_x$ ,  $M_y$  e  $M_{xy}$ ,
- massimi e minimi per le azioni taglianti  $T_{zx}$  e  $T_{zy}$ .

Il progetto dell'armatura degli elementi shell di tipo piastra è condotto valutando i valori massimi e minimi delle azioni involuppate di flessione  $M_x$ ,  $M_y$  e  $M_{xy}$ . Gli elementi bidimensionali a comportamento membranale vengono progettati combinando le sollecitazioni involuppate in un calcolo sezionale indipendente.

## 6.1 Combinazioni SLU statica

Sono presenti 12 diverse combinazioni. Saranno riportate solo le prime 10.

1.3\*Permanenti+1.5\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1+1.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1+1.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 2

1\*Permanenti+1.5\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1+1.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1+1.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 2

1.3\*Permanenti+1.5\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1+1.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1

1\*Permanenti+1.5\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1+1.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1

1.3\*Permanenti+1.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1

1.3\*Permanenti+1.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 2

1\*Permanenti+1.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1

1\*Permanenti+1.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 2

1.3\*Permanenti+1.5\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1

1\*Permanenti+1.5\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1

1.3\*Permanenti

## 6.2 Combinazioni SLE caratteristica

1\*Permanenti+1\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1+1\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1+1\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 2

1\*Permanenti+1\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1+1\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1

1\*Permanenti+1\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1

1\*Permanenti+1\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 2

1\*Permanenti+1\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1

1\*Permanenti

## 6.3 Combinazioni SLE frequente

1\*Permanenti+1\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1+0.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1+0.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 2

1\*Permanenti+1\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1+0.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1

1\*Permanenti+0.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1

1\*Permanenti+0.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 2

1\*Permanenti+1\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1

1\*Permanenti

#### 6.4 Combinazioni SLE quasi permanente

1\*Permanenti+1\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1+0.3\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1+0.3\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 2

1\*Permanenti+1\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1+0.3\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1

1\*Permanenti+0.3\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1

1\*Permanenti+0.3\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 2

1\*Permanenti+1\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1

1\*Permanenti

#### 6.5 Analisi dei carichi

La struttura è soggetta oltre che ai pesi propri anche a carichi esterni dovuti alla presenza di elementi non strutturali ed alla distribuzione di carichi permanenti e variabili legati alla funzione stessa dell'opera. Tra i carichi variabili inoltre vengono considerate le azioni del vento e della neve. Di seguito, in dettaglio la composizione delle azioni e la loro applicazione sulla struttura in esame.

##### Solaio in lastre predalles + cat. A

###### Carichi permanenti

peso proprio	3.4335 kN/m <sup>2</sup>
<b>Totale</b>	<b>3.4335 kN/m<sup>2</sup></b>

###### Carichi permanenti non strutturali

pavimento e sottofondo	3.6297 kN/m <sup>2</sup>
<b>Totale</b>	<b>3.6297 kN/m<sup>2</sup></b>

###### Carichi accidentali

carico variabile +neve	1.962 kN/m <sup>2</sup>
<b>Totale</b>	<b>1.962 kN/m<sup>2</sup></b>

##### Solaio in latero cemento (Norme Tecniche 2008)

###### Carichi permanenti

Peso proprio solaio	0.031392 kN/m <sup>2</sup>
Pavimento	0.003924 kN/m <sup>2</sup>
Malta di allettamento	0.0061803 kN/m <sup>2</sup>
Sottofondo calcestruzzo	0.0096138 kN/m <sup>2</sup>
Intonaco	0.001962 kN/m <sup>2</sup>
Tramezzi	0.00981 kN/m <sup>2</sup>
<b>Totale</b>	<b>0.0628821 kN/m<sup>2</sup></b>

###### Carichi permanenti non strutturali

- -

### Carichi accidentali

Categoria A	0.01962 kN/m <sup>2</sup>
<b>Totale</b>	<b>0.01962 kN/m<sup>2</sup></b>

## 6.6 Carichi variabili da vento

Vengono qui di seguito riportati i parametri utilizzati per la valutazione della pressione del vento in conformità a quanto descritto nel paragrafo 3.3 delle NTC2008:

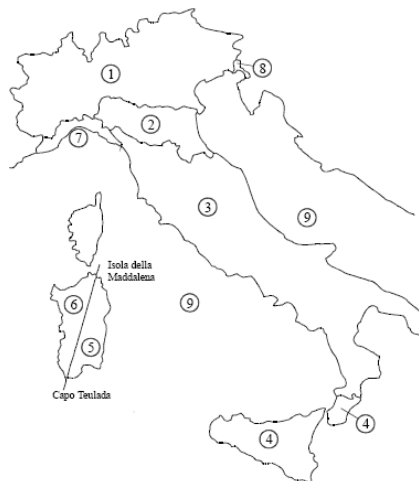
$$p = q_b C_e C_p C_d$$

con

$q_b = \frac{1}{2} \rho \cdot v_b^2$	pressione cinetica di riferimento
$C_e$	coefficiente di esposizione
$C_p$	coefficiente di forma
$C_d$	coefficiente dinamico

Per il sito e la struttura in esame si individuano i seguenti requisiti

Altitudine s.l.m.	$a_s$	0 m
Zona di vento		0



Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

essendo

$v_b = v_{b0}$	per $a_s \leq a_0$
$v_b = v_{b0} + k_a (a_s - a_0)$	per $a_0 < a_s \leq 1500$ m

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_a$ [1/s]
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,010
2	Emilia Romagna	25	750	0,015
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,020
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,020
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,015
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,020
7	Liguria	28	1000	0,015
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,010
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,020

Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_a$

velocità di riferimento	$v_b$	0 m/s
pressione cinetica di riferimento	$q_b$	0 N/m <sup>2</sup>

ZONE 1,2,3,4,5						
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

ZONA 9		
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

ZONA 6				
A	--	III	IV	V
B	--	II	III	IV
C	--	II	III	IV
D	I	I	II	III

ZONE 7,8			
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7			

### Definizione delle categorie di esposizione

classe di rugosità del terreno A  
 categoria di esposizione del sito I  
 altezza dal suolo di calcolo z 0

Categoria di esposizione del sito	$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

### Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

essendo poi

$$ce(z) = kr^2 \cdot ct \cdot \ln(z/z_0) \cdot [7 + ct \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

$$ce(z) = ce(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

coefficiente di esposizione  $ce$  1.00  
 coefficiente di forma  $cp$  1

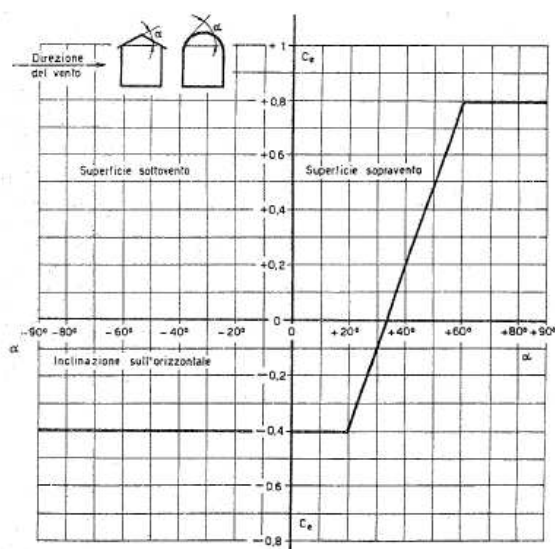


Figura C3.3.2 Valori assunti da  $c_{pe}$  al variare di  $\alpha$

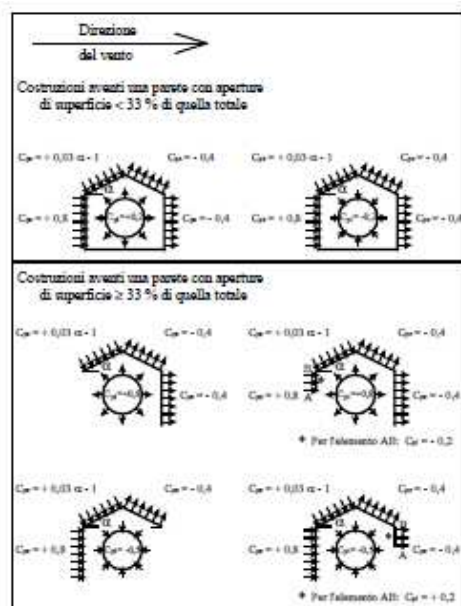


Figura C3.3.3 Coefficienti di forma per gli edifici

pressione del vento  $p$  0.00 N/m<sup>2</sup>

## 6.7 Carichi variabili da neve

Vengono qui di seguito riportati i parametri utilizzati per la valutazione della pressione della neve in conformità a quanto descritto nel paragrafo 3.4 delle NTC2008:

$$q_s = \mu_i q_{sk} c_E c_t$$

con

$q_s$	carico neve sulla copertura
$\mu_i$	coefficiente di forma della copertura
$q_{sk}$	valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [ $\text{kN/m}^2$ ] per un periodo di ritorno di 50 anni
$c_E$	coefficiente di esposizione
$c_t$	coefficiente termico

Si ipotizza che il carico agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie della copertura.

Per il sito e la struttura in esame si individuano i seguenti requisiti

Altitudine s.l.m.	as	0 m
Zona		0



Mapa delle zone di carico da neve al suolo in cui è suddiviso il territorio italiano

valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo	$q_{sk}$	0.00 $\text{kN/m}^2$
---	----------	----------------------

Topografia	Descrizione	$C_E$
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti.	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

Valori di  $C_E$  per diverse classi di topografia

coefficiente di esposizione	$c_E$	1
coefficiente termico	$c_t$	1

angolo della falda	$\alpha$	0
--------------------	----------	---

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_i$	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Valori del coefficiente di forma

coefficiente di forma della copertura	$\mu_i$	1.00
---------------------------------------	---------	------

pressione della neve	$p$	1.20 $\text{kN/m}^2$
----------------------	-----	----------------------

## 6.6 Azioni della temperatura

Vengono qui di seguito riportati i parametri utilizzati per la valutazione delle azioni della temperatura sulla struttura in esame in conformità a quanto descritto nel paragrafo 3.5 delle NTC2008:

## 7. Dati azione sismica

Nei seguenti paragrafi vengono riportati i parametri utilizzati per la valutazione dell'azione sismica sulla struttura in esame, in accordo alle specifiche definite al capitolo 3.2 e 7.3 delle Norme Tecniche per le Costruzioni. In particolare gli spettri elastici considerati si basano sui dati e le correlazioni definite per il reticolo di riferimento così come definito nell'allegato alle Norme Tecniche per le Costruzioni.

### 7.1 Caratteristiche del sito

Comune: Monza	Provincia: MB
Longitudine: 9.2759 °	Latitudine: 45.5834 °
Categoria di sottosuolo: D	Amplificazione topografica: T1

### 7.2 Caratteristiche dell'edificio

Vita nominale Vn: 50 anni	Classe d'uso: II
Coefficiente d'uso Cu: 1	Periodo di riferimento VR: 50.00 anni

	PVR	TR	ag	F0	TC*
Stato Limite di Operatività	81 %	30.00	0.19	2.56	0.16
Stato Limite di Danno	63 %	50.00	0.25	2.55	0.19
Stato Limite di Salvaguardia della Vita	10 %	475.00	0.53	2.63	0.28
Stato Limite di Prevenzione del Collasso	5 %	975.00	0.65	2.66	0.30

### 7.3 Parametri sismici

#### Componente orizzontale

Coefficiente di amplificazione topografica ST: 1	Fattore di utilizzazione dello spettro elastico $\eta$ : 1
--	--

	SS	S	CC	TB	TC	TD
Stato Limite di Operatività	1.80	1.80	3.13	0.17	0.50	1.68
Stato Limite di Danno	1.80	1.80	2.87	0.18	0.54	1.70
Stato Limite di Salvaguardia della Vita	1.80	1.80	2.36	0.22	0.66	1.81
Stato Limite di Prevenzione del Collasso	1.80	1.80	2.28	0.23	0.68	1.86

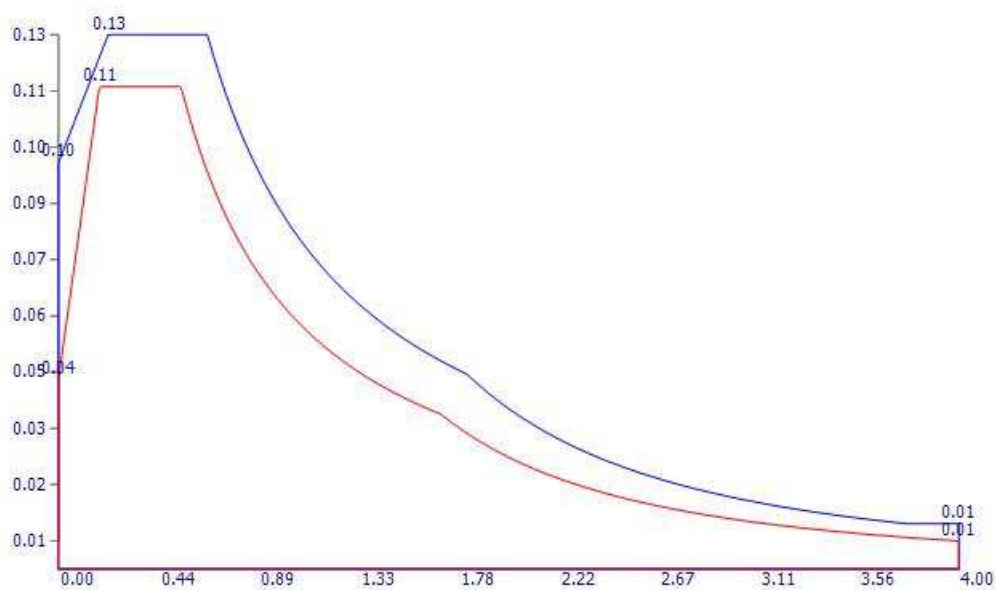
#### Componente verticale

	SS	S	TB	TC	TD	Fv
Parametri dello spettro di risposta elastico verticale	1,0	1.80	0,05	0,15	1,0	2.60

con SS coefficiente di amplificazione stratigrafica  
S coefficiente di amplificazione topografica e stratigrafica  
Fo fattore di amplificazione spettrale massima su sito rigido orizzontale  
Fv fattore di amplificazione spettrale massima  
TC periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro, in [s]  
TB periodo di inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro, in [s]  
TD periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, in [s]

## 7.4 Spettro di risposta in accelerazione

Direzione X

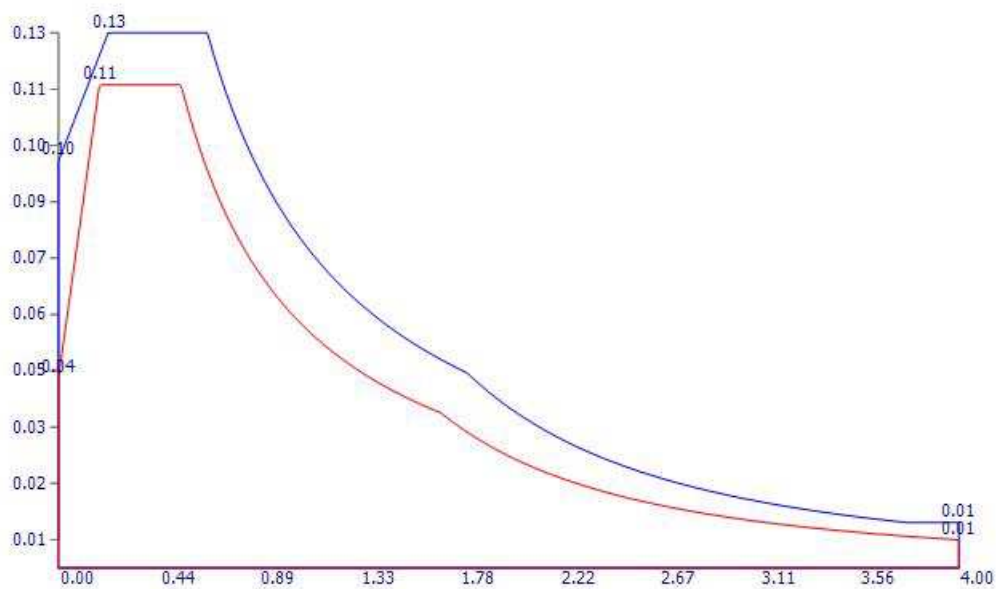


Spettro di risposta di progetto orizzontale per SLU

Spettro di risposta elastico orizzontale per SLE

Spettro di risposta di progetto verticale per SLU

Direzione Y



Spettro di risposta di progetto orizzontale per SLU

Spettro di risposta elastico orizzontale per SLE

Spettro di risposta di progetto verticale per SLU

## 7.5 Fattore di struttura (NTC §7.3.1)

Qui di seguito vengono riportati i parametri utilizzati per stimare il valore del fattore di struttura 'q' adottato nel calcolo.

Tale parametro è espressione della presenza di sistemi strutturali dissipativi e dalla loro valutazione agli stati limite ultimi per ciascuna direzione dell'azione sismica, in funzione della tipologia strutturale, del grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e prende in conto le non linearità del materiale.

L'espressione più generica per il calcolo del fattore di struttura è:

$$q = q_0 K_R K_W$$

Parametri di calcolo	
Classe di duttilità: -	Regolarità in pianta: -
Tipologia di modello strutturale: -	Rapporto di sovrarresistenza $\alpha_u/\alpha_1$ : -
Tipologia strutturale: -	Fattore di struttura massimo $q_0$ : -
Regolarità in altezza: -	Fattore riduttivo $K_R$ : -
Rapporto tra altezza a larghezza delle pareti $\alpha_0$ : -	Fattore correttivo $k_w$ : -
Fattore di struttura	
Fattore di struttura $q_x$ – componente orizzontale in direzione X: 2 (valore imposto)	
Fattore di struttura $q_y$ – componente orizzontale in direzione Y: 2 (valore imposto)	
Fattore di struttura $q$ – componente verticale: 1,5	
Coefficiente di amplificazione	
Coefficiente di amplificazione dell'azione sismica in direzione X: 1	
Coefficiente di amplificazione dell'azione sismica in direzione Y: 1	

## 8. Caratteristiche dell'Analisi e del Codice di Calcolo

L'analisi strutturale del progetto e le relative verifiche effettuate sono state condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. In conformità con quanto richiesto dalle NTC § 10.2 si riportano di seguito le caratteristiche riguardanti la tipologia di analisi svolta ed il codice di calcolo utilizzato.

### 8.1 Analisi svolta

L'analisi condotta per la valutazione dell'azione sismica è di tipo lineare, in particolare è stata eseguita un'analisi dinamica modale.

### 8.2 Metodo di verifica

Le verifiche condotte si basano sul metodo degli Stati Limite sia per le condizioni ultime che di esercizio della struttura, così come definito al capitolo 4 e 7 delle Norme Tecniche per le Costruzioni.

### 8.2 Origine e Caratteristiche del Codice di Calcolo

Software	TRAVILOG TITANIUM 5 18
Autore, produttore e distributore	Logical Soft s.r.l – via Garibaldi 253, 20832 Desio (MB)
Metodo numerico adottato	Metodo di calcolo agli elementi finiti
Solutore ad elementi finiti adottato	Xfinest di Harpaceas

La licenza di utilizzo del codice di calcolo è concessa da Logical Soft s.r.l a:

CESARE ROSELLI, Codice Cliente: 36217  
VIA MONTANDON 13, 22030, PUSIANO - CO  
Numero di serie: 3807 Chiave HARDWARE  
Codice di abilitazione: 5YHG 657C Q3K9 8S8J GBVG FVQS GX4F 42B7

### 8.3 Caratteristiche dell'Elaboratore

Sistema Operativo	Sistema Operativo Nome: Microsoft Windows 7 Professional Versione: 6.1.7601.65536 RAM: 3969 MByte
Processore	Processore computer Tipo CPU: Intel(R) Core(TM) i3-4160 CPU @ 3.60GHz Intel64 Family 6 Model 60 Stepping 3 Velocità CPU: 2088 MHz
Scheda Video	Scheda grafica Descrizione: Intel(R) HD Graphics 4400 Versione Driver: 10.18.10.3412 Modalità video: 1920 x 1080 x 4294967296 colori Processore video: Intel(R) HD Graphics Family Accelerazione: sconosciuta RAM: 1793 MByte

(cfr. NTC - § 10.2)

### 8. Descrizione del codice di calcolo

In questo paragrafo si fornisce un inquadramento teorico relativo alle metodologie di calcolo ed all'impostazione generale impiegata nel software di calcolo ad elementi finiti *TRAVILOG*, utilizzato nella modellazione della struttura.

#### Codice di calcolo

Il codice di *TRAVILOG* è stato sviluppato da Logical Soft s.r.l. in linguaggio Visual Studio 2015 e .Net Framework 4.5 e non può essere modificato o manipolato dall'utente. In allegato alla relazione si accludono alcuni test effettuati al fine di certificare l'affidabilità del codice di calcolo relativamente ad alcuni semplici casi prova, riportando analisi teorica, soluzione fornita da *TRAVILOG* ed altro codice di calcolo di confronto. Il solutore a elementi finiti utilizzato dal programma è Xfinest 8.5, prodotto da Harpaceas s.r.l. La bontà del solutore è certificata direttamente da CEAS s.r.l., produttore di XFinest 8.5. Per maggiori dettagli in merito si consiglia di consultare le specifiche relative al solutore di calcolo.

#### Metodo numerico adottato

Il software esegue l'analisi della struttura tramite **metodo di calcolo agli elementi finiti**, ovvero mediante la costruzione di un modello matematico costituito da un numero definito di elementi discreti, per ognuno dei quali è stata definita analiticamente una relazione tra forze e spostamenti. Da queste elazioni il programma assembla quindi la matrice di rigidezza e calcola la risposta dell'intera struttura.

#### Caratteristiche del modello

Ogni telaio, realizzato con materiali caratterizzati da comportamento perfettamente elastico, è modellato con 2 tipologie di elemento finito:

- **Tipo asta**, adatto per elementi aventi proprietà riconducibili ad un comportamento unidirezionale.

L'elemento asta è calcolato mediante funzioni di forma cubiche. Le matrici di rigidezza e di massa associate all'elemento sono costituite sulla base della teoria delle travi snelle, tipo Eulero – Bernoulli. Il programma mostra i diagrammi delle azioni interne discretizzando l'elemento in 17 punti di calcolo.

Se l'asta ha proprietà di suolo elastico, il software valuta le azioni interne e le pressioni sul terreno secondo la teoria delle travi su suolo elastico alla Winkler.

L'elemento finito di XFinest, al cui manuale si rimanda per maggiori dettagli, è l'elemento MBEAM.

- **Tipo shell** (elemento finito tipo QF46) per elementi aventi proprietà riconducibili ad un comportamento bidimensionale.

Il tipo di elemento utilizzato può lavorare in regime membranale e flessionale e, grazie alla linearità del sistema, i due effetti possono essere considerati separatamente.

L'elemento finito QF46 utilizzato è isoparametrico, basato sulla teoria dei gusci secondo Mindlin – Reissner. E' adatto sia per gusci spessi

che sottili, non contiene modi spuri, consente di valutare i tagli fuori piano e può degenerare in un triangolo. Tutte le componenti del tensore delle deformazioni sono integrate nel piano medio con ordine di integrazione gaussiana  $2 \times 2$ . Per maggiori dettagli si può fare riferimento al manuale di XFinest.

### Tipologie di analisi svolte dal software

La scelta del metodo di analisi è effettuata dal progettista a seconda delle prescrizioni previste dalla normativa. Tali prescrizioni dipendono in generale dalla destinazione d'utilizzo della struttura, dalla forma in pianta e dallo sviluppo in altezza della stessa, nonché dalla zona sismica di riferimento. Il software esegue i seguenti metodi di analisi:

- **Analisi statica.** La struttura è soggetta a carichi statici, distribuiti o concentrati, applicati alle aste, ai nodi o agli elementi shell. L'equazione risolvibile in tal caso ha la seguente forma:

$$F = K x$$

dove:

$F$  è il vettore dei carichi agenti sulla struttura

$K$  è la matrice di rigidezza

$x$  è il vettore di spostamenti e rotazioni (gradi di libertà del sistema).

- **Analisi sismica statica.** Se la struttura possiede le caratteristiche previste dalla normativa, l'azione del sisma può essere modellata con un sistema di forze di piano equivalenti, valutate e assegnate in funzione della rigidezza degli elementi. La precedente diventa pertanto:

$$F + F_s = K x$$

dove:

$F_s$  è il vettore dei carichi sismici equivalenti agenti sulla struttura, valutati in base alle relative norme di riferimento.

- **Analisi sismica dinamica modale.** In questo caso il programma valuta un comportamento inerziale della struttura, attribuendo un'accelerazione al sistema di riferimento terreno, secondo uno spettro sismico previsto dalla normativa in funzione della classificazione del territorio e altri parametri.

$$M \ddot{x} + K x = - M \ddot{u}$$

dove:

$M$  è la matrice di massa della struttura

$K$  è la matrice di rigidezza

$u$  è il vettore delle accelerazioni imposte

Gli effetti dinamici dovuti al comportamento inerziale della struttura e l'effetto dei carichi statici vengono successivamente combinati, secondo opportuni coefficienti stabiliti dalla norma.

### Formulazione del metodo

Il software esegue il calcolo ad elementi finiti formulando un'**analisi di tipo lineare**. In questo caso la matrice di rigidezza non varia durante lo sviluppo dell'analisi, considerando l'approssimazione per piccoli spostamenti. Sotto tali ipotesi valgono i seguenti benefici:

- Vale il principio di sovrapposizione degli effetti.
- Non influisce la sequenza di applicazione dei carichi sulla struttura.
- La precedente storia di carico della struttura non ha alcuna influenza, pertanto gli sforzi residui possono essere trascurati.

L'applicazione del principio di sovrapposizione degli effetti permette di considerare indipendentemente le ipotesi di carico elementari, per poi combinarle secondo opportuni coefficienti di partecipazione. In questo modo è possibile calcolare la risposta come una combinazione lineare di carichi elementari, rendendo il processo di analisi estremamente efficiente. Le non linearità trascurate in questo tipo di analisi sono le seguenti:

- Non linearità dovuta a effetti geometrici. Grandi spostamenti e rotazioni possono introdurre significativi cambiamenti di forma e orientamento, variando drasticamente la rigidezza totale delle strutture.
- Non linearità delle caratteristiche dei materiali, legate al legame costitutivo o a eventuali anisotropie.
- Non linearità delle condizioni di vincolo.
- Non linearità dei carichi. La direzione di applicazione può variare in funzione della deformata della struttura.

### Metodo di risoluzione del problema dinamico

La risoluzione del problema dinamico a  $n$  gradi di libertà si basa su un **metodo di sovrapposizione modale**. Tale metodo permette di trasformare un sistema di equazioni accoppiate a un sistema di equazioni disaccoppiate, utilizzando le proprietà di ortogonalità di autovalori e autovettori, ovvero i modi di vibrare della struttura. Lo studio della struttura non necessita dell'estrazione di tutti gli autovalori, ma solo di una parte significativa di essi, secondo limiti previsti dalle norme. Il metodo utilizzato dal software per l'estrazione degli autovalori è il metodo di *Lanczos*, adatto anche per matrici non simmetriche a termini complessi. Nel calcolo della risposta sismica i contributi derivanti dai singoli modi sono combinati secondo il metodo *CQC*, che consente di tener conto delle singole componenti modali  $X_k$ , ottenute da una combinazione quadratica delle componenti  $X_{kj}$  secondo opportuni coefficienti.

### Metodi di verifica svolti dal software

**TRAVILOG** è in grado di eseguire analisi di sezioni e di verificare il comportamento delle strutture secondo due metodi principali di verifica:

- **Tensioni ammissibili.** I carichi sono applicati alla struttura con il loro valore nominale. Le tensioni caratteristiche dei materiali vengono divise per opportuni coefficienti ottenendo delle tensioni massime a cui potranno lavorare i materiali stessi. Tali tensioni risultano al di

sotto del limite elastico convenzionale.

- **Stati limite.** Le tensioni caratteristiche dei materiali vengono divise per dei coefficienti di sicurezza ottenendo dei valori limite in campo plastico. I carichi di esercizio, accidentali o permanenti vengono incrementati secondo opportuni coefficienti definiti dalla normativa (vedi in seguito). Il programma valuta diverse condizioni di stato limite:
  - o **Stato limite ultimo.** La normativa prevede in questo caso che la struttura sia soggetta in condizioni straordinarie a carichi che possano causare il collasso della stessa, quali ad esempio l'evento sismico.
  - o **Stato limite di esercizio.** Anche in questo caso il calcolo della struttura è effettuato incrementando i carichi secondo opportuni coefficienti. A differenza del caso precedente però la struttura è soggetta a carichi in condizioni di esercizio, sotto l'azione dei quali devono prodursi deformazioni controllate, che non impediscano il funzionamento previsto. Esistono tre diverse condizioni di esercizio: **Rara, Frequente, Quasi permanente.**
  - o **Stato limite di danno.** E' il caso in cui la struttura è soggetta a forze di natura sismica. La verifica al danno è da effettuarsi sugli spostamenti.

La scelta dell'uno o dell'altro metodo dipende dalle prescrizioni previste dalle normative vigenti.

### Sistemi di riferimento

Il programma possiede 2 diversi tipi di sistema di riferimento:

- **Riferimento globale.**

Il sistema di riferimento è definito da una terna cartesiana destrorsa, valido per tutti gli elementi della struttura e non dipende dal particolare orientamento di parti di essa.

I vincoli esterni, le reazioni vincolari e gli spostamenti nodali calcolati sono riferiti alla terna globale

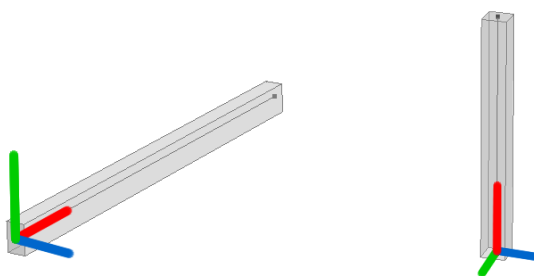


*La terna di riferimento globale*

- **Riferimento locale.**

In questo caso il sistema di riferimento è ancora definito da una terna cartesiana destrorsa, l'orientamento del quale varia elemento per elemento. Le azioni interne sono sempre riferite alla terna locale

- o **Riferimento locale per le Aste.** Per l'elemento asta la direzione x è coincidente con l'asse baricentrico dell'asta stessa, mentre y e z sono perpendicolari ad x e diretti secondo gli assi principali d'inerzia della sezione assegnata all'asta. Secondo l'impostazione di default y è diretto secondo la direzione di azione del peso, a meno di rotazioni assegnate alla sezione. Selezionando un'asta TRAVILOG mostra la terna locale: asse locale X rosso, asse locale Y verde, asse locale Z blu.



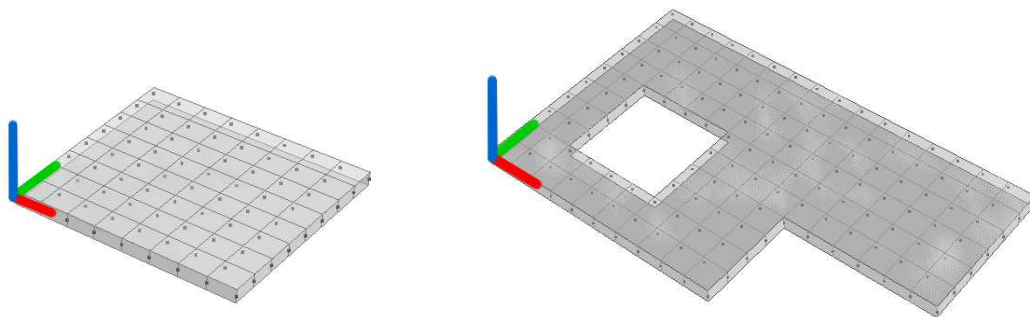
*Terne locali dell'elemento asta (trave e pilastro)*

- o **Riferimento locale per gli elementi shell.** Per gli elementi bidimensionali TRAVILOG trasforma le azioni interne in un unico sistema di riferimento.

Il riferimento adottato dipende da come vengono costruiti i macro elementi dai quali verrà generata automaticamente la mesh di calcolo:

Elemento poligonale. Si tratta di un macro elemento poligonale o quadrangolare a mesh regolare. La terna locale è così definita:

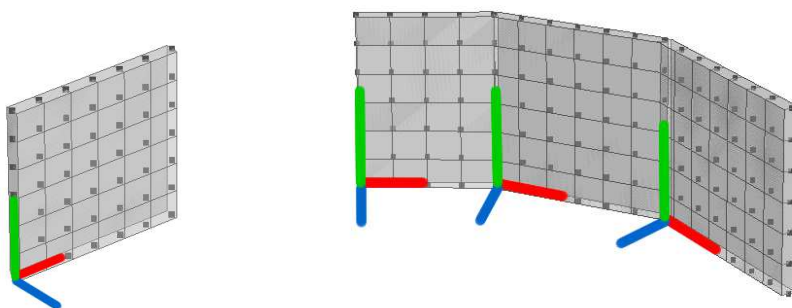
asse X locale (rosso) con origine nel primo nodo cliccato e in direzione primo nodo – secondo nodo. Asse Y locale (verde) ortogonale a X locale, complanare all'elemento ed in direzione del terzo nodo. Asse Z locale (blu) ortogonale al macro elemento. Per questo tipo di elemento è anche possibile definire fori poligonali. La mesh può essere generata manualmente (solo per elementi quadrangolari) o automaticamente.



*Esempi terna locale elemento poligonale ed elemento quadrangolare*

Elemento estruso (Muro o Nucleo):

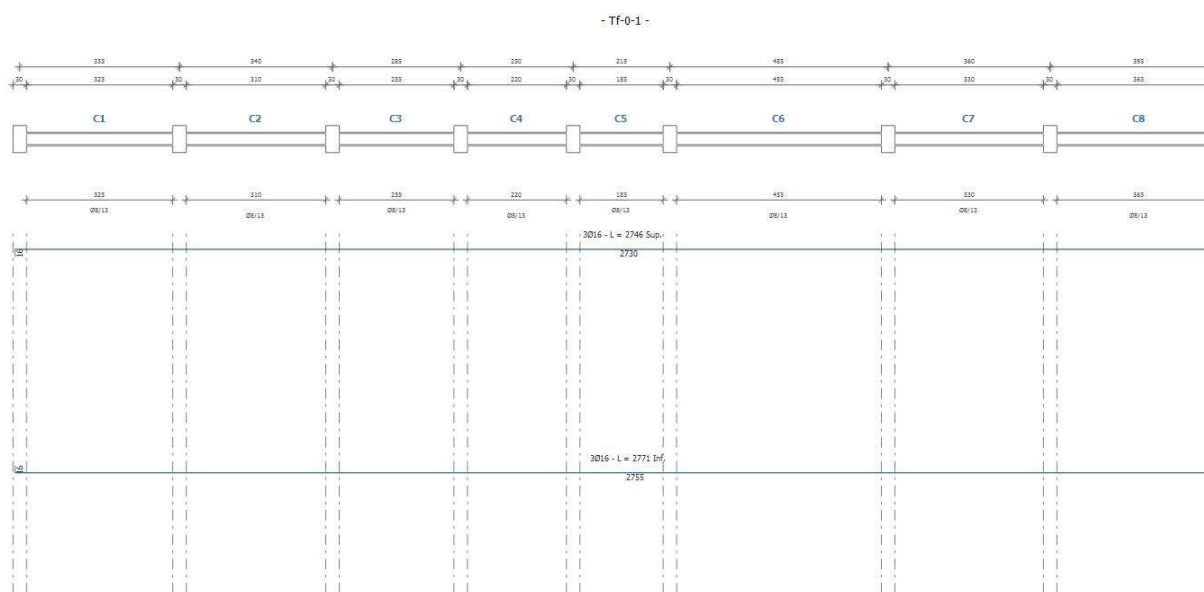
Si tratta di un macro elemento a mesh regolare generato per estrusione in direzione delle forze peso a partire da una traccia. Per ciascuna faccia piana la terna locale è definita nel seguente modo: Asse locale X (rosso) lungo i nodi della traccia. Asse locale Y (verde) diretto come la direzione di estrusione. Asse locale Z (blu) ortogonale alla faccia a formare una terna destra con X e Y.



*Esempio terne locali elementi estrusi*

## 9. Tf-0-1

### Caratteristiche dell'armatura



Lunghezza totale: 26.85 m

Calcestruzzo: C25/30

Numero di campate: 8

Acciaio d'armatura: B450C

### Armatura longitudinale

Posizione	Tipologia di ferro	Barre	As [cm <sup>2</sup> ]	Lunghezza di calcolo [cm]	Ancoraggio [cm]	Lunghezza complessiva [cm]
1	Corrente - Superiore	3 Ø 16	6.03	2700	46	2746
2	Corrente - Inferiore	3 Ø 16	6.03	2725	46	2771

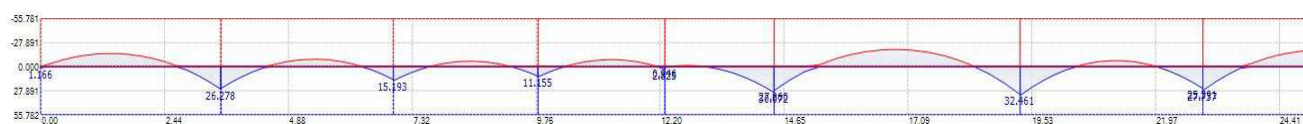
La lunghezza di calcolo delle barre è al netto dell'ancoraggio.

Armatura trasversale					
Campata	Ampiezza campo [cm]	Φ [mm]	Passo s [cm]	Ast [cm <sup>2</sup> ]	Bracci
1	325	8	13	1.01	2
2	310	8	13	1.01	2
3	255	8	13	1.01	2
4	220	8	13	1.01	2
5	185	8	13	1.01	2
6	455	8	13	1.01	2
7	330	8	13	1.01	2
8	365	8	13	1.01	2

Verifiche agli stati limite ultimi (cfr NTC § 4.1.2.1)								
Campo di rottura								
Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	ε <sub>c</sub> [‰]	ε <sub>s</sub> [‰]	Campo	ξ	ξ <sub>lim</sub>	Verifica
1	0.00	1.166	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
1	1.33	-15.280	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
1	3.55	26.278	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
2	0.00	25.467	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
2	1.91	-8.623	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
2	3.40	15.193	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
3	0.00	16.344	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
3	1.43	-6.213	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
3	2.85	11.155	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
4	0.00	11.903	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
4	1.41	-8.077	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
4	2.50	2.825	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
5	0.00	0.946	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
5	0.40	-1.349	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
5	0.54	-0.070	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
5	2.15	30.072	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
6	0.00	27.860	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
6	2.42	-19.973	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
6	4.85	32.461	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
7	0.00	33.351	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
7	1.80	-7.017	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
7	3.60	25.391	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	0.00	27.737	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	2.22	-7.027	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	2.47	-19.206	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	3.95	2.523	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI

La verifica assicura un comportamento duttile per strutture iperstatiche e si intende soddisfatta quando ξ< ξ<sub>lim</sub>

Verifica di resistenza a flessione (cfr NTC § 4.1.2.1.2)
Andamento della sollecitazione flessionale: momento sollecitante e momento resistente.



Momento massimo

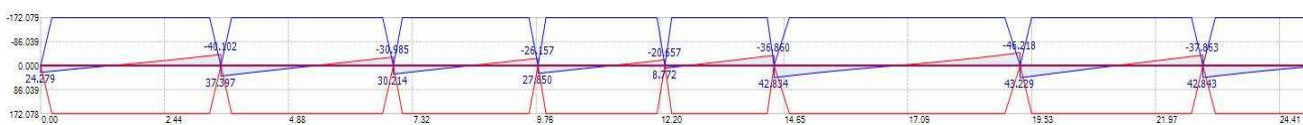
Momento minimo

Momento resistente

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	Mrd [kN m]	Mrd/Msd	Verifica
1	0.00	1.166	6.03	6.03	56.029	48.04	SI
1	1.33	-15.280	6.03	6.03	-56.029	3.67	SI
1	3.55	26.278	6.03	6.03	56.029	2.13	SI
2	0.00	25.467	6.03	6.03	56.029	2.20	SI
2	1.91	-8.623	6.03	6.03	-56.029	6.50	SI
2	3.40	15.193	6.03	6.03	56.029	3.69	SI
3	0.00	16.344	6.03	6.03	56.029	3.43	SI
3	1.43	-6.213	6.03	6.03	-56.029	9.02	SI
3	2.85	11.155	6.03	6.03	56.029	5.02	SI
4	0.00	11.903	6.03	6.03	56.029	4.71	SI
4	1.41	-8.077	6.03	6.03	-56.029	6.94	SI
4	2.50	2.825	6.03	6.03	56.029	19.83	SI
5	0.00	0.946	6.03	6.03	56.029	59.24	SI
5	0.40	-1.349	6.03	6.03	-56.029	41.54	SI
5	0.54	-0.070	6.03	6.03	-56.029	797.36	SI
5	2.15	30.072	6.03	6.03	56.029	1.86	SI
6	0.00	27.860	6.03	6.03	56.029	2.01	SI
6	2.42	-19.973	6.03	6.03	-56.029	2.81	SI
6	4.85	32.461	6.03	6.03	56.029	1.73	SI
7	0.00	33.351	6.03	6.03	56.029	1.68	SI
7	1.80	-7.017	6.03	6.03	-56.029	7.98	SI
7	3.60	25.391	6.03	6.03	56.029	2.21	SI
8	0.00	27.737	6.03	6.03	56.029	2.02	SI
8	2.22	-7.027	6.03	6.03	-56.029	7.97	SI
8	2.47	-19.206	6.03	6.03	-56.029	2.92	SI
8	3.95	2.523	6.03	6.03	56.029	22.21	SI

#### Verifica di resistenza a taglio (cfr NTC § 4.1.2.1.3)

Andamento della sollecitazione tagliante.



Taglio massimo

Taglio minimo

Taglio resistente

Campata	Ascissa [m]	$\alpha$	$\theta$	Vsd [kN]	VRd [kN]	VRsd [kN]	VRcd [kN]	Verifica
1	0.15	90°	21.8	21.289	65.532	172.078	279.067	SI
1	3.40	90°	21.8	36.792	65.532	172.078	279.067	SI
2	0.15	90°	21.8	34.058	65.532	172.078	279.067	SI

2	3.25	90°	21.8	27.718	65.532	172.078	279.067	SI
3	0.15	90°	21.8	26.944	65.532	172.077	279.067	SI
3	2.70	90°	21.8	23.004	65.532	172.077	279.067	SI
4	0.15	90°	21.8	24.701	65.532	172.077	279.067	SI
4	2.35	90°	21.8	17.464	65.532	172.077	279.067	SI
5	0.15	90°	21.8	5.546	65.532	172.077	279.067	SI
5	2.00	90°	21.8	33.387	65.532	172.077	279.067	SI
6	0.15	90°	21.8	39.437	65.532	172.079	279.067	SI
6	4.70	90°	21.8	42.572	65.532	172.079	279.067	SI
7	0.15	90°	21.8	39.500	65.532	172.079	279.067	SI
7	3.45	90°	21.8	34.348	65.532	172.079	279.067	SI
8	0.15	90°	21.8	39.394	65.532	172.076	279.067	SI
8	3.80	90°	21.8	25.006	65.532	172.076	279.067	SI

$\alpha$ : angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave.

$\theta$ : inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave.  $\theta$  rispetta il limite:  $1 \leq \cotan\theta \leq 2,5$  (cfr NTC § 4.1.2.1.3.2)

Verifiche agli stati limite di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2)

Verifica di fessurazione (cfr NTC § 4.1.2.2.4)

CONDIZIONI AMBIENTALI: Ambiente Ordinario

Combinazione frequente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	0.846	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
1	1.33	-9.982	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
1	3.55	17.011	6.03	6.03	0.060	0.102	0.400	SI
2	0.00	16.560	6.03	6.03	0.053	0.091	0.400	SI
2	1.91	-5.622	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
2	3.40	9.897	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
3	0.00	10.633	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
3	1.43	-4.052	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
3	2.85	7.301	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
4	0.00	7.761	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
4	1.41	-5.243	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
4	2.50	1.870	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.00	0.723	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.40	-0.779	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
5	2.15	19.488	6.03	6.03	0.094	0.160	0.400	SI
6	0.00	18.133	6.03	6.03	0.076	0.129	0.400	SI
6	2.42	-13.009	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
6	4.85	21.028	6.03	6.03	0.114	0.193	0.400	SI
7	0.00	21.651	6.03	6.03	0.122	0.207	0.400	SI
7	1.80	-4.544	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
7	3.60	16.536	6.03	6.03	0.053	0.090	0.400	SI
8	0.00	17.967	6.03	6.03	0.073	0.125	0.400	SI
8	2.22	-12.545	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
8	3.95	1.663	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI

Combinazione quasi permanente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	0.835	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
1	1.33	-9.603	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
1	3.55	16.329	6.03	6.03	0.050	0.085	0.300	SI
2	0.00	15.911	6.03	6.03	0.044	0.074	0.300	SI
2	1.91	-5.407	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
2	3.40	9.515	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
3	0.00	10.219	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
3	1.43	-3.897	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI

3	2.85	7.029	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
4	0.00	7.463	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
4	1.41	-5.034	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
4	2.50	1.806	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.00	0.721	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.40	-0.723	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
5	2.15	18.708	6.03	6.03	0.084	0.142	0.300	SI
6	0.00	17.431	6.03	6.03	0.066	0.112	0.300	SI
6	2.42	-12.507	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
6	4.85	20.188	6.03	6.03	0.103	0.175	0.300	SI
7	0.00	20.793	6.03	6.03	0.111	0.188	0.300	SI
7	1.80	-4.362	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
7	3.60	15.896	6.03	6.03	0.043	0.074	0.300	SI
8	0.00	17.249	6.03	6.03	0.063	0.108	0.300	SI
8	2.22	-12.068	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
8	3.95	1.604	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI

#### Verifica delle tensioni di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2.5)

##### Combinazione rara.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	σc [N/mm <sup>2</sup> ]	σc limite [N/mm <sup>2</sup> ]	σs trazione [N/mm <sup>2</sup> ]	σs comp. [N/mm <sup>2</sup> ]	σs limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	0.873	6.03	6.03	-0.176	-14.940	6.406	-1.001	360.000	SI
1	1.33	-10.928	6.03	6.03	-2.202	-14.940	80.179	-12.531	360.000	SI
1	3.55	18.718	6.03	6.03	-3.772	-14.940	137.327	-21.462	360.000	SI
2	0.00	18.183	6.03	6.03	-3.664	-14.940	133.403	-20.849	360.000	SI
2	1.91	-6.161	6.03	6.03	-1.242	-14.940	45.201	-7.064	360.000	SI
2	3.40	10.851	6.03	6.03	-2.187	-14.940	79.608	-12.441	360.000	SI
3	0.00	11.666	6.03	6.03	-2.351	-14.940	85.589	-13.376	360.000	SI
3	1.43	-4.440	6.03	6.03	-0.895	-14.940	32.572	-5.091	360.000	SI
3	2.85	7.983	6.03	6.03	-1.609	-14.940	58.569	-9.153	360.000	SI
4	0.00	8.504	6.03	6.03	-1.714	-14.940	62.394	-9.751	360.000	SI
4	1.41	-5.766	6.03	6.03	-1.162	-14.940	42.302	-6.611	360.000	SI
4	2.50	2.032	6.03	6.03	-0.409	-14.940	14.906	-2.330	360.000	SI
5	0.00	0.726	6.03	6.03	-0.146	-14.940	5.330	-0.833	360.000	SI
5	0.40	-0.916	6.03	6.03	-0.185	-14.940	6.724	-1.051	360.000	SI
5	0.54	-0.096	6.03	6.03	-0.019	-14.940	0.703	-0.110	360.000	SI
5	2.15	21.439	6.03	6.03	-4.320	-14.940	157.289	-24.582	360.000	SI
6	0.00	19.890	6.03	6.03	-4.008	-14.940	145.930	-22.807	360.000	SI
6	2.42	-14.263	6.03	6.03	-2.874	-14.940	104.647	-16.355	360.000	SI
6	4.85	23.128	6.03	6.03	-4.661	-14.940	169.686	-26.519	360.000	SI
7	0.00	23.797	6.03	6.03	-4.795	-14.940	174.589	-27.286	360.000	SI
7	1.80	-4.999	6.03	6.03	-1.007	-14.940	36.677	-5.732	360.000	SI
7	3.60	18.137	6.03	6.03	-3.655	-14.940	133.066	-20.796	360.000	SI
8	0.00	19.762	6.03	6.03	-3.982	-14.940	144.988	-22.660	360.000	SI
8	2.22	-13.739	6.03	6.03	-2.769	-14.940	100.799	-15.753	360.000	SI
8	3.95	1.811	6.03	6.03	-0.365	-14.940	13.285	-2.076	360.000	SI

σc limite: tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.40 § 4.1.2.2.5

σs limite: tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.42 § 4.1.2.2.5

##### Combinazione quasi permanente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Ac [cm <sup>2</sup> ]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	σc [N/mm <sup>2</sup> ]	σc limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	0.835	1500.00	6.03	6.03	-0.168	-11.205	SI
1	1.33	-9.603	1500.00	6.03	6.03	-1.935	-11.205	SI
1	3.55	16.329	1500.00	6.03	6.03	-3.291	-11.205	SI
2	0.00	15.911	1500.00	6.03	6.03	-3.206	-11.205	SI
2	1.91	-5.407	1500.00	6.03	6.03	-1.090	-11.205	SI
2	3.40	9.515	1500.00	6.03	6.03	-1.917	-11.205	SI
3	0.00	10.219	1500.00	6.03	6.03	-2.059	-11.205	SI

3	1.43	-3.897	1500.00	6.03	6.03	-0.785	-11.205	SI
3	2.85	7.029	1500.00	6.03	6.03	-1.416	-11.205	SI
4	0.00	7.463	1500.00	6.03	6.03	-1.504	-11.205	SI
4	1.41	-5.034	1500.00	6.03	6.03	-1.014	-11.205	SI
4	2.50	1.806	1500.00	6.03	6.03	-0.364	-11.205	SI
5	0.00	0.721	1500.00	6.03	6.03	-0.145	-11.205	SI
5	0.40	-0.723	1500.00	6.03	6.03	-0.146	-11.205	SI
5	0.54	-0.131	1500.00	6.03	6.03	-0.026	-11.205	SI
5	2.15	18.708	1500.00	6.03	6.03	-3.770	-11.205	SI
6	0.00	17.431	1500.00	6.03	6.03	-3.513	-11.205	SI
6	2.42	-12.507	1500.00	6.03	6.03	-2.520	-11.205	SI
6	4.85	20.188	1500.00	6.03	6.03	-4.068	-11.205	SI
7	0.00	20.793	1500.00	6.03	6.03	-4.190	-11.205	SI
7	1.80	-4.362	1500.00	6.03	6.03	-0.879	-11.205	SI
7	3.60	15.896	1500.00	6.03	6.03	-3.203	-11.205	SI
8	0.00	17.249	1500.00	6.03	6.03	-3.476	-11.205	SI
8	2.22	-12.068	1500.00	6.03	6.03	-2.432	-11.205	SI
8	3.95	1.604	1500.00	6.03	6.03	-0.323	-11.205	SI

$\sigma_c$  limite: tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.41 § 4.1.2.2.5

## 9. Verifiche geometriche dell'armatura Tf-0-1

Verifiche di dettaglio costruttivo (cfr NTC § 4.1.6)

Lunghezze critiche e vincoli geometrici (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Lunghezza [m]	Sezione	B [cm]	H [cm]	B/H	Zona Critica [cm]
1	355	R50X30	50	30	1.7	30
2	340	R50X30	50	30	1.7	30
3	285	R50X30	50	30	1.7	30
4	250	R50X30	50	30	1.7	30
5	215	R50X30	50	30	1.7	30
6	485	R50X30	50	30	1.7	30
7	360	R50X30	50	30	1.7	30
8	395	R50X30	50	30	1.7	30

### CRITERIO STATICO

Armatura longitudinale (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Ascissa [cm]	As,c [cm <sup>2</sup> ]	As,c,max [cm <sup>2</sup> ]	As,t,min [cm <sup>2</sup> ]	As,t [cm <sup>2</sup> ]	As,t,max [cm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
1	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
1	estremo dx	3.4	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
2	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
2	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
2	estremo dx	3.3	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
3	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
3	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
3	estremo dx	2.7	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
4	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
4	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
4	estremo dx	2.4	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
5	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
5	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
5	estremo dx	2.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI

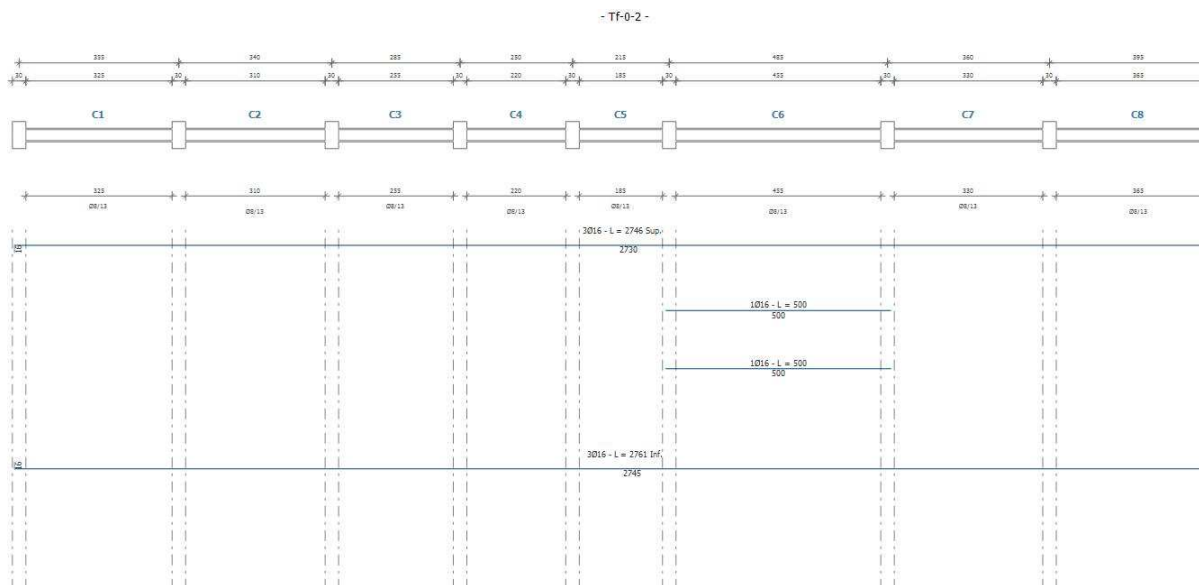
6	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
6	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
6	estremo dx	4.7	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
7	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
7	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
7	estremo dx	3.5	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
8	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
8	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
8	estremo dx	3.8	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI

**Armatura trasversale** (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Astiffe,min [cm <sup>2</sup> /m]	Astiffe [cm <sup>2</sup> /m]	Verifica	Passo [cm]	Passomax [cm]	Verifica
1	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
1	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
1	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
3	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
3	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
3	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
4	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
4	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
4	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
5	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
5	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
5	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
6	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
6	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
6	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
7	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
7	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
7	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
8	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
8	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
8	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI

## 10. Tf-0-2

### Caratteristiche dell'armatura



Lunghezza totale: 26.85 m

Calcestruzzo: C25/30

Numero di campate: 8

Acciaio d'armatura: B450C

#### Armatura longitudinale

Posizione	Tipologia di ferro	Barre	As [cm <sup>2</sup> ]	Lunghezza di calcolo [cm]	Ancoraggio [cm]	Lunghezza complessiva [cm]
1	Corrente - Superiore	3 Ø 16	6.03	2700	46	2746
2	Corrente - Inferiore	3 Ø 16	6.03	2715	46	2761
3	Ferro in campata - Inferiore	1 Ø 16	2.01	500	0	500
4	Ferro in campata - Superiore	1 Ø 16	2.01	500	0	500

La lunghezza di calcolo delle barre è al netto dell'ancoraggio.

#### Armatura trasversale

Campata	Ampiezza campo [cm]	Φ [mm]	Passo s [cm]	Ast [cm <sup>2</sup> ]	Bracci
1	325	8	13	1.01	2
2	310	8	13	1.01	2
3	255	8	13	1.01	2
4	220	8	13	1.01	2
5	185	8	13	1.01	2
6	455	8	13	1.01	2
7	330	8	13	1.01	2
8	365	8	13	1.01	2

Verifiche agli stati limite ultimi (cfr NTC § 4.1.2.1)

Campo di rottura

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	$\varepsilon_c$ [‰]	$\varepsilon_s$ [‰]	Campo	$\xi$	$\xi_{lim}$	Verifica
1	0.00	-8.691	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
1	1.11	-19.363	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
1	3.55	37.444	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
2	0.00	33.543	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
2	1.91	-9.748	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
2	3.40	16.460	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
3	0.00	20.804	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
3	1.60	-7.064	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
3	2.85	10.981	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
4	0.00	15.151	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
4	1.56	-11.255	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
4	2.50	-2.714	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
5	0.00	-8.241	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
5	2.15	44.575	3.50	19.89	III	0.150	0.45	SI
6	0.00	32.913	3.50	19.89	III	0.150	0.45	SI
6	2.42	-24.377	3.50	19.89	III	0.150	0.45	SI
6	4.85	40.737	3.50	19.89	III	0.150	0.45	SI
7	0.00	43.677	3.50	19.89	III	0.150	0.45	SI
7	1.80	-7.849	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
7	3.60	31.463	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	0.00	37.543	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	2.47	-23.610	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	3.95	-7.091	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI

La verifica assicura un comportamento duttile per strutture iperstatiche e si intende soddisfatta quando  $\xi < \xi_{lim}$

Verifica di resistenza a flessione (cfr NTC § 4.1.2.1.2)

Andamento della sollecitazione flessionale: momento sollecitante e momento resistente.



Momento massimo

Momento minimo

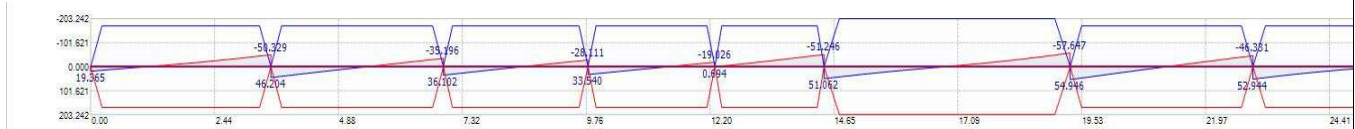
Momento resistente

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	Mrd [kN m]	Mrd/Msd	Verifica
1	0.00	-8.691	6.03	6.03	-56.029	6.45	SI
1	1.11	-19.363	6.03	6.03	-56.029	2.89	SI
1	3.55	37.444	6.03	6.03	56.029	1.50	SI
2	0.00	33.543	6.03	6.03	56.029	1.67	SI
2	1.91	-9.748	6.03	6.03	-56.029	5.75	SI
2	3.40	16.460	6.03	6.03	56.029	3.40	SI
3	0.00	20.804	6.03	6.03	56.029	2.69	SI
3	1.60	-7.064	6.03	6.03	-56.029	7.93	SI
3	2.85	10.981	6.03	6.03	56.029	5.10	SI
4	0.00	15.151	6.03	6.03	56.029	3.70	SI
4	1.56	-11.255	6.03	6.03	-56.029	4.98	SI
4	2.50	-2.714	6.03	6.03	-56.029	20.64	SI

5	0.00	-8.241	6.03	6.03	-56.029	6.80	SI
5	2.15	44.575	8.04	8.04	79.632	1.79	SI
6	0.00	32.913	8.04	8.04	79.632	2.42	SI
6	2.42	-24.377	8.04	8.04	-79.632	3.27	SI
6	4.85	40.737	8.04	8.04	79.632	1.95	SI
7	0.00	43.677	8.04	8.04	79.632	1.82	SI
7	1.80	-7.849	6.03	6.03	-56.029	7.14	SI
7	3.60	31.463	6.03	6.03	56.029	1.78	SI
8	0.00	37.543	6.03	6.03	56.029	1.49	SI
8	2.47	-23.610	6.03	6.03	-56.029	2.37	SI
8	3.95	-7.091	6.03	6.03	-56.029	7.90	SI

#### Verifica di resistenza a taglio (cfr NTC § 4.1.2.1.3)

Andamento della sollecitazione tagliante.



Taglio massimo

Taglio minimo

Taglio resistente

Campata	Ascissa [m]	$\alpha$	$\theta$	Vsd [kN]	VRd [kN]	VRsd [kN]	VRcd [kN]	Verifica
1	0.15	90°	21.8	16.479	65.532	172.078	279.067	SI
1	3.40	90°	21.8	46.371	65.532	172.078	279.067	SI
2	0.15	90°	21.8	42.199	65.532	172.078	279.067	SI
2	3.25	90°	21.8	31.379	65.532	172.078	279.067	SI
3	0.15	90°	21.8	32.287	65.532	172.077	279.067	SI
3	2.70	90°	21.8	24.617	65.532	172.077	279.067	SI
4	0.15	90°	21.8	30.060	65.532	172.077	279.067	SI
4	2.35	90°	21.8	15.587	65.532	172.077	279.067	SI
5	0.15	90°	21.8	3.014	65.532	172.077	279.067	SI
5	2.00	90°	21.8	47.158	65.532	172.077	279.067	SI
6	0.15	90°	21.8	47.054	77.566	203.242	329.607	SI
6	4.70	90°	21.8	53.058	77.566	203.242	329.607	SI
7	0.15	90°	21.8	50.245	65.532	172.079	279.067	SI
7	3.45	90°	21.8	42.038	65.532	172.079	279.067	SI
8	0.15	90°	21.8	48.751	65.532	172.076	279.067	SI
8	3.80	90°	21.8	21.360	65.532	172.076	279.067	SI

$\alpha$ : angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave.

$\theta$ : inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave.  $\theta$  rispetta il limite:  $1 \leq \cotan\theta \leq 2,5$  (cfr NTC § 4.1.2.1.3.2)

#### Verifiche agli stati limite di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2)

#### Verifica di fessurazione (cfr NTC § 4.1.2.2.4)

CONDIZIONI AMBIENTALI: Ambiente Ordinario

Combinazione frequente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	-5.562	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
1	1.11	-12.650	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
1	3.55	24.384	6.03	6.03	0.154	0.262	0.400	SI
2	0.00	21.864	6.03	6.03	0.124	0.211	0.400	SI
2	1.91	-6.381	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI

2	3.40	10.777	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
3	0.00	13.577	6.03	6.03	0.005	0.009	0.400	SI
3	1.60	-4.621	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
3	2.85	7.214	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
4	0.00	9.903	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
4	1.56	-7.324	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
4	2.50	-1.685	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.00	-5.258	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
5	2.15	29.013	8.04	8.04	0.091	0.155	0.400	SI
6	0.00	21.494	8.04	8.04	0.048	0.082	0.400	SI
6	2.42	-15.917	8.04	8.04	0.010	0.018	0.400	SI
6	4.85	26.564	8.04	8.04	0.078	0.132	0.400	SI
7	0.00	28.462	8.04	8.04	0.088	0.150	0.400	SI
7	1.80	-5.132	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
7	3.60	20.536	6.03	6.03	0.108	0.183	0.400	SI
8	0.00	24.467	6.03	6.03	0.155	0.264	0.400	SI
8	2.47	-15.432	6.03	6.03	0.036	0.061	0.400	SI
8	3.95	-4.521	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI

**Combinazione quasi permanente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	-5.272	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
1	1.11	-12.073	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
1	3.55	23.246	6.03	6.03	0.141	0.240	0.300	SI
2	0.00	20.852	6.03	6.03	0.112	0.190	0.300	SI
2	1.91	-6.094	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
2	3.40	10.293	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
3	0.00	12.954	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
3	1.60	-4.412	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
3	2.85	6.898	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
4	0.00	9.452	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
4	1.56	-6.981	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
4	2.50	-1.580	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.00	-4.977	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
5	2.15	27.656	8.04	8.04	0.084	0.142	0.300	SI
6	0.00	20.510	8.04	8.04	0.042	0.072	0.300	SI
6	2.42	-15.189	8.04	8.04	0.005	0.008	0.300	SI
6	4.85	25.337	8.04	8.04	0.071	0.121	0.300	SI
7	0.00	27.142	8.04	8.04	0.081	0.138	0.300	SI
7	1.80	-4.899	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
7	3.60	19.594	6.03	6.03	0.095	0.162	0.300	SI
8	0.00	23.331	6.03	6.03	0.142	0.241	0.300	SI
8	2.47	-14.731	6.03	6.03	0.025	0.042	0.300	SI
8	3.95	-4.280	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI

**Verifica delle tensioni di esercizio** (cfr NTC § 4.1.2.2.5)

**Combinazione rara.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	σc [N/mm <sup>2</sup> ]	σc limite [N/mm <sup>2</sup> ]	σs trazione [N/mm <sup>2</sup> ]	σs comp. [N/mm <sup>2</sup> ]	σs limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	-6.288	6.03	6.03	-1.267	-14.940	46.135	-7.210	360.000	SI
1	1.11	-14.092	6.03	6.03	-2.840	-14.940	103.386	-16.158	360.000	SI
1	3.55	27.227	6.03	6.03	-5.487	-14.940	199.760	-31.220	360.000	SI
2	0.00	24.396	6.03	6.03	-4.916	-14.940	178.988	-27.973	360.000	SI
2	1.91	-7.099	6.03	6.03	-1.430	-14.940	52.081	-8.139	360.000	SI
2	3.40	11.986	6.03	6.03	-2.415	-14.940	87.941	-13.744	360.000	SI
3	0.00	15.137	6.03	6.03	-3.050	-14.940	111.054	-17.356	360.000	SI
3	1.60	-5.143	6.03	6.03	-1.036	-14.940	37.731	-5.897	360.000	SI
3	2.85	8.005	6.03	6.03	-1.613	-14.940	58.727	-9.178	360.000	SI

4	0.00	11.029	6.03	6.03	-2.223	-14.940	80.920	-12.647	360.000	SI
4	1.56	-8.182	6.03	6.03	-1.649	-14.940	60.028	-9.382	360.000	SI
4	2.50	-1.949	6.03	6.03	-0.393	-14.940	14.296	-2.234	360.000	SI
5	0.00	-5.960	6.03	6.03	-1.201	-14.940	43.728	-6.834	360.000	SI
5	2.15	32.408	8.04	8.04	-4.931	-14.940	198.691	-73.960	360.000	SI
6	0.00	23.952	8.04	8.04	-3.644	-14.940	146.848	-54.662	360.000	SI
6	2.42	-17.738	8.04	8.04	-2.699	-14.940	108.751	-40.481	360.000	SI
6	4.85	29.632	8.04	8.04	-4.508	-14.940	181.671	-67.625	360.000	SI
7	0.00	31.763	8.04	8.04	-4.833	-14.940	194.739	-72.489	360.000	SI
7	1.80	-5.714	6.03	6.03	-1.152	-14.940	41.924	-6.552	360.000	SI
7	3.60	22.891	6.03	6.03	-4.613	-14.940	167.948	-26.248	360.000	SI
8	0.00	27.305	6.03	6.03	-5.503	-14.940	200.333	-31.309	360.000	SI
8	2.47	-17.184	6.03	6.03	-3.463	-14.940	126.076	-19.704	360.000	SI
8	3.95	-5.125	6.03	6.03	-1.033	-14.940	37.600	-5.876	360.000	SI

**$\sigma_c$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.40 § 4.1.2.2.5

**$\sigma_s$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.42 § 4.1.2.2.5

**Combinazione quasi permanente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Ac [cm <sup>2</sup> ]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	-5.272	1500.00	6.03	6.03	-1.062	-11.205	SI
1	1.11	-12.073	1500.00	6.03	6.03	-2.433	-11.205	SI
1	3.55	23.246	1500.00	6.03	6.03	-4.685	-11.205	SI
2	0.00	20.852	1500.00	6.03	6.03	-4.202	-11.205	SI
2	1.91	-6.094	1500.00	6.03	6.03	-1.228	-11.205	SI
2	3.40	10.293	1500.00	6.03	6.03	-2.074	-11.205	SI
3	0.00	12.954	1500.00	6.03	6.03	-2.610	-11.205	SI
3	1.60	-4.412	1500.00	6.03	6.03	-0.889	-11.205	SI
3	2.85	6.898	1500.00	6.03	6.03	-1.390	-11.205	SI
4	0.00	9.452	1500.00	6.03	6.03	-1.905	-11.205	SI
4	1.56	-6.981	1500.00	6.03	6.03	-1.407	-11.205	SI
4	2.50	-1.580	1500.00	6.03	6.03	-0.318	-11.205	SI
5	0.00	-4.977	1500.00	6.03	6.03	-1.003	-11.205	SI
5	2.15	27.656	1500.00	8.04	8.04	-4.208	-11.205	SI
6	0.00	20.510	1500.00	8.04	8.04	-3.121	-11.205	SI
6	2.42	-15.189	1500.00	8.04	8.04	-2.311	-11.205	SI
6	4.85	25.337	1500.00	8.04	8.04	-3.855	-11.205	SI
7	0.00	27.142	1500.00	8.04	8.04	-4.130	-11.205	SI
7	1.80	-4.899	1500.00	6.03	6.03	-0.987	-11.205	SI
7	3.60	19.594	1500.00	6.03	6.03	-3.948	-11.205	SI
8	0.00	23.331	1500.00	6.03	6.03	-4.702	-11.205	SI
8	2.47	-14.731	1500.00	6.03	6.03	-2.968	-11.205	SI
8	3.95	-4.280	1500.00	6.03	6.03	-0.862	-11.205	SI

**$\sigma_c$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.41 § 4.1.2.2.5

## 10. Verifiche geometriche dell'armatura Tf-0-2

Verifiche di dettaglio costruttivo (cfr NTC § 4.1.6)

Lunghezze critiche e vincoli geometrici (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Lunghezza [m]	Sezione	B [cm]	H [cm]	B/H	Zona Critica [cm]
1	355	R50X30	50	30	1.7	30
2	340	R50X30	50	30	1.7	30
3	285	R50X30	50	30	1.7	30
4	250	R50X30	50	30	1.7	30
5	215	R50X30	50	30	1.7	30
6	485	R50X30	50	30	1.7	30
7	360	R50X30	50	30	1.7	30
8	395	R50X30	50	30	1.7	30

### CRITERIO STATICO

Armatura longitudinale (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Ascissa [cm]	As,c [cm <sup>2</sup> ]	As,c,max [cm <sup>2</sup> ]	As,t,min [cm <sup>2</sup> ]	As,t [cm <sup>2</sup> ]	As,t,max [cm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
1	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
1	estremo dx	3.4	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
2	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
2	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
2	estremo dx	3.3	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
3	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
3	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
3	estremo dx	2.7	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
4	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
4	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
4	estremo dx	2.4	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
5	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
5	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
5	estremo dx	2.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
6	estremo sx	0.2	8.04	60.00	2.00	8.04	49.00	SI
6	campata	0.0	8.04	60.00	2.00	8.04	49.00	SI
6	estremo dx	4.7	8.04	60.00	2.00	8.04	49.00	SI
7	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
7	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
7	estremo dx	3.5	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
8	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
8	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
8	estremo dx	3.8	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI

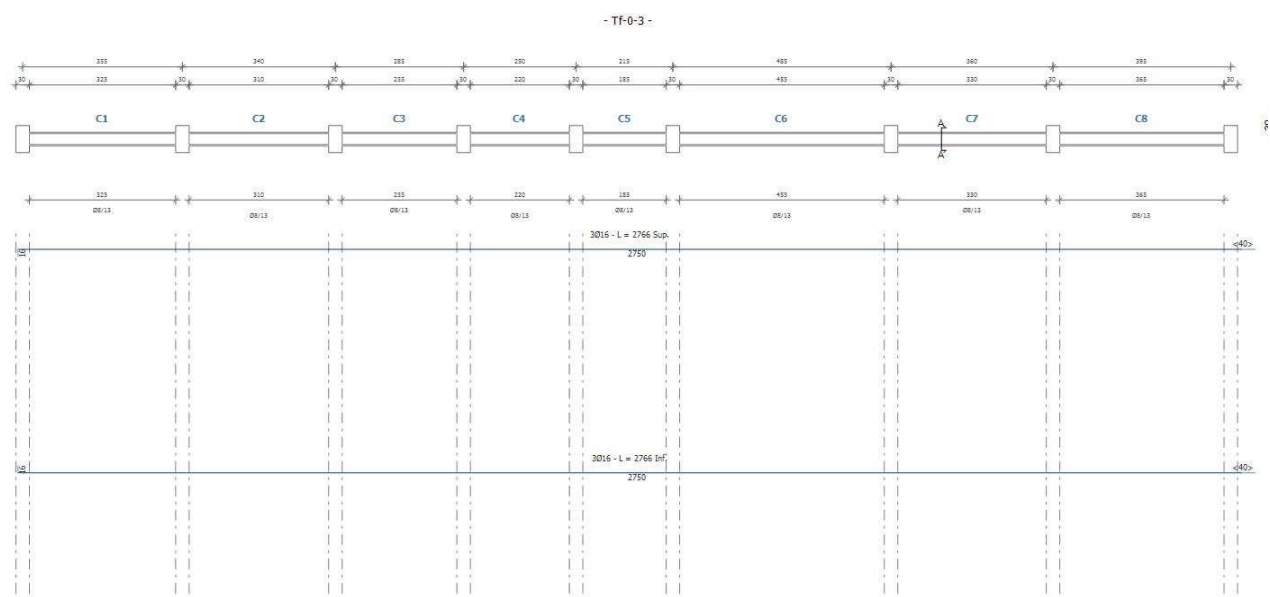
Armatura trasversale (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Astiffe,min [cm <sup>2</sup> /m]	Astiffe [cm <sup>2</sup> /m]	Verifica	Passo [cm]	Passomax [cm]	Verifica
1	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
1	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
1	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI

3	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
3	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
3	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
4	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
4	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
4	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
5	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
5	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
5	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
6	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
6	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
6	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
7	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
7	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
7	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
8	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
8	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
8	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI

11. Tf-0-3

Caratteristiche dell'armatura



Lunghezza totale: 26.85 m
 Numero di campate: 8

Calcestruzzo: C25/30
 Acciaio d'armatura: B450C

Armatura longitudinale

Posizione	Tipologia di ferro	Barre	As [cm <sup>2</sup> ]	Lunghezza di calcolo [cm]	Ancoraggio [cm]	Lunghezza complessiva [cm]
1	Corrente - Superiore	3 Ø 16	6.03	2720	46	2766
2	Corrente - Inferiore	3 Ø 16	6.03	2720	46	2766

La lunghezza di calcolo delle barre è al netto dell'ancoraggio.

Armatura trasversale

Campata	Ampiezza campo [cm]	Φ [mm]	Passo s [cm]	Ast [cm <sup>2</sup> ]	Bracci
---------	------------------------	-----------	-----------------	---------------------------	--------

1	325	8	13	1.01	2
2	310	8	13	1.01	2
3	255	8	13	1.01	2
4	220	8	13	1.01	2
5	185	8	13	1.01	2
6	455	8	13	1.01	2
7	330	8	13	1.01	2
8	365	8	13	1.01	2

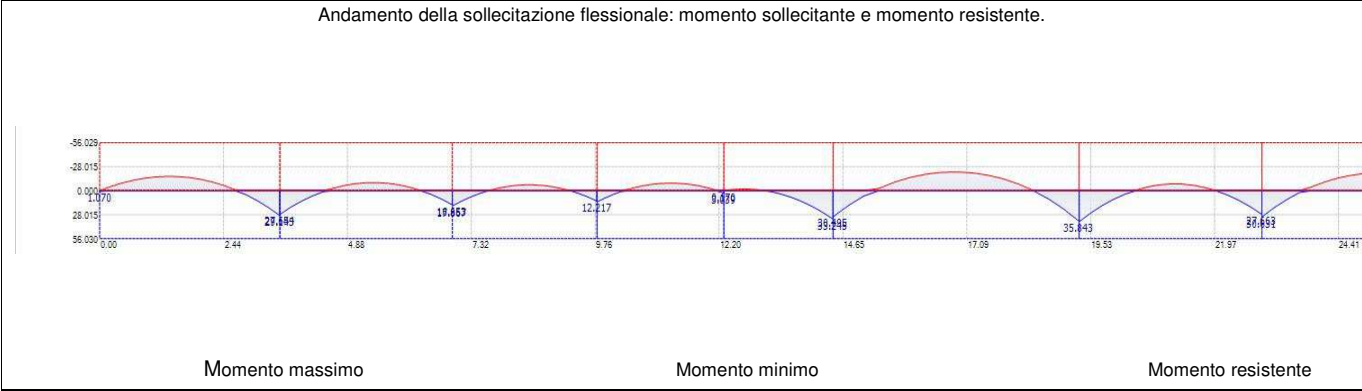
Verifiche agli stati limite ultimi (cfr NTC § 4.1.2.1)

Campo di rottura

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	$\epsilon_c$ [‰]	$\epsilon_s$ [‰]	Campo	$\xi$	$\xi_{lim}$	Verifica
1	0.00	1.070	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
1	0.00	-0.070	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
1	1.33	-16.668	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
1	3.55	29.143	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
2	0.00	27.654	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
2	1.91	-9.466	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
2	3.40	16.653	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
3	0.00	17.867	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
3	1.43	-6.788	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
3	1.60	-3.848	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
3	2.85	12.217	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
4	0.00	13.113	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
4	1.41	-8.728	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
4	2.50	3.039	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
5	0.00	0.170	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
5	0.00	-0.274	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
5	0.40	-1.945	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
5	2.15	33.245	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
6	0.00	30.495	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
6	2.42	-21.835	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
6	4.85	35.843	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
7	0.00	36.242	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
7	1.80	-7.801	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
7	3.60	27.663	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	0.00	30.631	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	2.22	-20.744	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	2.47	-12.260	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	3.95	2.907	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI

La verifica assicura un comportamento duttile per strutture iperstatiche e si intende soddisfatta quando  $\xi < \xi_{lim}$

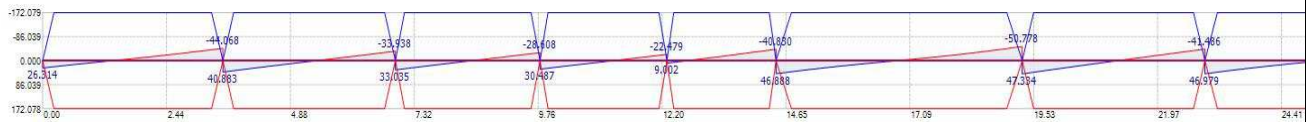
Verifica di resistenza a flessione (cfr NTC § 4.1.2.1.2)



Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	Mrd [kN m]	Mrd/Msd	Verifica
1	0.00	1.070	6.03	6.03	56.029	52.37	SI
1	0.00	-0.070	6.03	6.03	-56.029	804.98	SI
1	1.33	-16.668	6.03	6.03	-56.029	3.36	SI
1	3.55	29.143	6.03	6.03	56.029	1.92	SI
2	0.00	27.654	6.03	6.03	56.029	2.03	SI
2	1.91	-9.466	6.03	6.03	-56.029	5.92	SI
2	3.40	16.653	6.03	6.03	56.029	3.36	SI
3	0.00	17.867	6.03	6.03	56.029	3.14	SI
3	1.43	-6.788	6.03	6.03	-56.029	8.25	SI
3	1.60	-3.848	6.03	6.03	-56.029	14.56	SI
3	2.85	12.217	6.03	6.03	56.029	4.59	SI
4	0.00	13.113	6.03	6.03	56.029	4.27	SI
4	1.41	-8.728	6.03	6.03	-56.029	6.42	SI
4	2.50	3.039	6.03	6.03	56.029	18.44	SI
5	0.00	0.170	6.03	6.03	56.029	329.21	SI
5	0.00	-0.274	6.03	6.03	-56.029	204.46	SI
5	0.40	-1.945	6.03	6.03	-56.029	28.81	SI
5	2.15	33.245	6.03	6.03	56.029	1.69	SI
6	0.00	30.495	6.03	6.03	56.029	1.84	SI
6	2.42	-21.835	6.03	6.03	-56.029	2.57	SI
6	4.85	35.843	6.03	6.03	56.029	1.56	SI
7	0.00	36.242	6.03	6.03	56.029	1.55	SI
7	1.80	-7.801	6.03	6.03	-56.029	7.18	SI
7	3.60	27.663	6.03	6.03	56.029	2.03	SI
8	0.00	30.631	6.03	6.03	56.029	1.83	SI
8	2.22	-20.744	6.03	6.03	-56.029	2.70	SI
8	2.47	-12.260	6.03	6.03	-56.029	4.57	SI
8	3.95	2.907	6.03	6.03	56.029	19.28	SI

#### Verifica di resistenza a taglio (cfr NTC § 4.1.2.1.3)

Andamento della sollecitazione tagliante.



Taglio massimo

Taglio minimo

Taglio resistente

Campata	Ascissa [m]	$\alpha$	$\theta$	Vsd [kN]	VRd [kN]	VRsd [kN]	VRcd [kN]	Verifica
1	0.15	90°	21.8	23.057	65.532	172.078	279.067	SI
1	3.40	90°	21.8	40.443	65.532	172.078	279.067	SI
2	0.15	90°	21.8	37.227	65.532	172.078	279.067	SI
2	3.25	90°	21.8	30.365	65.532	172.078	279.067	SI
3	0.15	90°	21.8	29.458	65.532	172.077	279.067	SI
3	2.70	90°	21.8	25.162	65.532	172.077	279.067	SI
4	0.15	90°	21.8	27.044	65.532	172.077	279.067	SI
4	2.35	90°	21.8	18.997	65.532	172.077	279.067	SI
5	0.15	90°	21.8	5.485	65.532	172.077	279.067	SI
5	2.00	90°	21.8	37.030	65.532	172.077	279.067	SI
6	0.15	90°	21.8	43.170	65.532	172.079	279.067	SI
6	4.70	90°	21.8	46.780	65.532	172.079	279.067	SI

7	0.15	90°	21.8	43.246	65.532	172.079	279.067	SI
7	3.45	90°	21.8	37.634	65.532	172.079	279.067	SI
8	0.15	90°	21.8	43.198	65.532	172.076	279.067	SI
8	3.80	90°	21.8	27.289	65.532	172.076	279.067	SI

$\alpha$ : angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave.

$\theta$ : inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave.  $\theta$  rispetta il limite:  $1 \leq \cotan\theta \leq 2,5$  (cfr NTC § 4.1.2.1.3.2)

### Verifiche agli stati limite di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2)

#### Verifica di fessurazione (cfr NTC § 4.1.2.2.4)

**CONDIZIONI AMBIENTALI: Ambiente Ordinario**

**Combinazione frequente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	0.823	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
1	1.33	-11.207	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
1	3.55	19.479	6.03	6.03	0.094	0.160	0.400	SI
2	0.00	18.536	6.03	6.03	0.081	0.138	0.400	SI
2	1.91	-6.366	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
2	3.40	11.191	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
3	0.00	11.980	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
3	1.43	-4.564	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
3	2.85	8.239	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
4	0.00	8.815	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
4	1.41	-5.846	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
4	2.50	2.097	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.00	0.131	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.00	0.131	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.40	-1.239	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
5	2.15	22.235	6.03	6.03	0.129	0.219	0.400	SI
6	0.00	20.470	6.03	6.03	0.107	0.181	0.400	SI
6	2.42	-14.650	6.03	6.03	0.024	0.040	0.400	SI
6	4.85	23.988	6.03	6.03	0.150	0.255	0.400	SI
7	0.00	24.265	6.03	6.03	0.153	0.260	0.400	SI
7	1.80	-5.233	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
7	3.60	18.558	6.03	6.03	0.082	0.139	0.400	SI
8	0.00	20.489	6.03	6.03	0.107	0.182	0.400	SI
8	2.22	-13.951	6.03	6.03	0.012	0.020	0.400	SI
8	3.95	2.048	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI

**Combinazione quasi permanente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	0.823	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
1	1.33	-10.713	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
1	3.55	18.581	6.03	6.03	0.082	0.139	0.300	SI
2	0.00	17.699	6.03	6.03	0.070	0.118	0.300	SI
2	1.91	-6.086	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
2	3.40	10.695	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
3	0.00	11.440	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
3	1.43	-4.362	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
3	2.85	7.884	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
4	0.00	8.426	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
4	1.41	-5.581	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
4	2.50	2.024	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.00	0.131	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.40	-1.161	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
5	2.15	21.214	6.03	6.03	0.116	0.197	0.300	SI
6	0.00	19.556	6.03	6.03	0.095	0.161	0.300	SI

6	2.42	-13.994	6.03	6.03	0.013	0.022	0.300	SI
6	4.85	22.892	6.03	6.03	0.137	0.232	0.300	SI
7	0.00	23.159	6.03	6.03	0.140	0.238	0.300	SI
7	1.80	-4.998	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
7	3.60	17.725	6.03	6.03	0.070	0.119	0.300	SI
8	0.00	19.549	6.03	6.03	0.095	0.161	0.300	SI
8	2.22	-13.337	6.03	6.03	0.001	0.002	0.300	SI
8	3.95	1.990	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI

**Verifica delle tensioni di esercizio** (cfr NTC § 4.1.2.2.5)

**Combinazione rara.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	σc [N/mm <sup>2</sup> ]	σc limite [N/mm <sup>2</sup> ]	σs trazione [N/mm <sup>2</sup> ]	σs comp. [N/mm <sup>2</sup> ]	σs limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	0.823	6.03	6.03	-0.166	-14.940	6.037	-0.944	360.000	SI
1	1.33	-12.442	6.03	6.03	-2.507	-14.940	91.281	-14.266	360.000	SI
1	3.55	21.726	6.03	6.03	-4.378	-14.940	159.398	-24.912	360.000	SI
2	0.00	20.628	6.03	6.03	-4.157	-14.940	151.345	-23.653	360.000	SI
2	1.91	-7.066	6.03	6.03	-1.424	-14.940	51.844	-8.102	360.000	SI
2	3.40	12.429	6.03	6.03	-2.505	-14.940	91.189	-14.251	360.000	SI
3	0.00	13.329	6.03	6.03	-2.686	-14.940	97.790	-15.283	360.000	SI
3	1.43	-5.067	6.03	6.03	-1.021	-14.940	37.173	-5.810	360.000	SI
3	2.85	9.125	6.03	6.03	-1.839	-14.940	66.947	-10.463	360.000	SI
4	0.00	9.788	6.03	6.03	-1.972	-14.940	71.811	-11.223	360.000	SI
4	1.41	-6.509	6.03	6.03	-1.312	-14.940	47.758	-7.464	360.000	SI
4	2.50	2.281	6.03	6.03	-0.460	-14.940	16.736	-2.616	360.000	SI
5	0.00	0.131	6.03	6.03	-0.026	-14.940	0.961	-0.150	360.000	SI
5	0.00	-0.139	6.03	6.03	-0.028	-14.940	1.020	-0.159	360.000	SI
5	0.40	-1.436	6.03	6.03	-0.289	-14.940	10.533	-1.646	360.000	SI
5	2.15	24.788	6.03	6.03	-4.995	-14.940	181.861	-28.422	360.000	SI
6	0.00	22.755	6.03	6.03	-4.585	-14.940	166.946	-26.091	360.000	SI
6	2.42	-16.291	6.03	6.03	-3.283	-14.940	119.526	-18.680	360.000	SI
6	4.85	26.729	6.03	6.03	-5.386	-14.940	196.101	-30.648	360.000	SI
7	0.00	27.028	6.03	6.03	-5.447	-14.940	198.298	-30.991	360.000	SI
7	1.80	-5.820	6.03	6.03	-1.173	-14.940	42.698	-6.673	360.000	SI
7	3.60	20.639	6.03	6.03	-4.159	-14.940	151.420	-23.665	360.000	SI
8	0.00	22.839	6.03	6.03	-4.603	-14.940	167.567	-26.188	360.000	SI
8	2.22	-15.485	6.03	6.03	-3.120	-14.940	113.607	-17.755	360.000	SI
8	2.47	-12.299	6.03	6.03	-2.478	-14.940	90.235	-14.102	360.000	SI
8	3.95	2.192	6.03	6.03	-0.442	-14.940	16.080	-2.513	360.000	SI

σc limite: tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.40 § 4.1.2.2.5

σs limite: tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.42 § 4.1.2.2.5

**Combinazione quasi permanente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Ac [cm <sup>2</sup> ]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	σc [N/mm <sup>2</sup> ]	σc limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	0.823	1500.00	6.03	6.03	-0.166	-11.205	SI
1	1.33	-10.713	1500.00	6.03	6.03	-2.159	-11.205	SI
1	3.55	18.581	1500.00	6.03	6.03	-3.744	-11.205	SI
2	0.00	17.699	1500.00	6.03	6.03	-3.567	-11.205	SI
2	1.91	-6.086	1500.00	6.03	6.03	-1.227	-11.205	SI
2	3.40	10.695	1500.00	6.03	6.03	-2.155	-11.205	SI
3	0.00	11.440	1500.00	6.03	6.03	-2.305	-11.205	SI
3	1.43	-4.362	1500.00	6.03	6.03	-0.879	-11.205	SI
3	2.85	7.884	1500.00	6.03	6.03	-1.589	-11.205	SI
4	0.00	8.426	1500.00	6.03	6.03	-1.698	-11.205	SI
4	1.41	-5.581	1500.00	6.03	6.03	-1.125	-11.205	SI
4	2.50	2.024	1500.00	6.03	6.03	-0.408	-11.205	SI
5	0.00	0.131	1500.00	6.03	6.03	-0.026	-11.205	SI
5	0.40	-1.161	1500.00	6.03	6.03	-0.234	-11.205	SI

5	2.15	21.214	1500.00	6.03	6.03	-4.275	-11.205	SI
6	0.00	19.556	1500.00	6.03	6.03	-3.941	-11.205	SI
6	2.42	-13.994	1500.00	6.03	6.03	-2.820	-11.205	SI
6	4.85	22.892	1500.00	6.03	6.03	-4.613	-11.205	SI
7	0.00	23.159	1500.00	6.03	6.03	-4.667	-11.205	SI
7	1.80	-4.998	1500.00	6.03	6.03	-1.007	-11.205	SI
7	3.60	17.725	1500.00	6.03	6.03	-3.572	-11.205	SI
8	0.00	19.549	1500.00	6.03	6.03	-3.940	-11.205	SI
8	2.22	-13.337	1500.00	6.03	6.03	-2.688	-11.205	SI
8	2.47	-12.318	1500.00	6.03	6.03	-2.482	-11.205	SI
8	3.95	1.990	1500.00	6.03	6.03	-0.401	-11.205	SI

**$\sigma_c$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.41 § 4.1.2.2.5

## 11. Verifiche geometriche dell'armatura Tf-0-3

Verifiche di dettaglio costruttivo (cfr NTC § 4.1.6)

**Lunghezze critiche e vincoli geometrici** (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Lunghezza [m]	Sezione	B [cm]	H [cm]	B/H	Zona Critica [cm]
1	355	R50X30	50	30	1.7	30
2	340	R50X30	50	30	1.7	30
3	285	R50X30	50	30	1.7	30
4	250	R50X30	50	30	1.7	30
5	215	R50X30	50	30	1.7	30
6	485	R50X30	50	30	1.7	30
7	360	R50X30	50	30	1.7	30
8	395	R50X30	50	30	1.7	30

### CRITERIO STATICO

**Armatura longitudinale** (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Ascissa [cm]	As,c [cm <sup>2</sup> ]	As,c,max [cm <sup>2</sup> ]	As,t,min [cm <sup>2</sup> ]	As,t [cm <sup>2</sup> ]	As,t,max [cm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
1	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
1	estremo dx	3.4	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
2	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
2	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
2	estremo dx	3.3	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
3	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
3	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
3	estremo dx	2.7	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
4	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
4	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
4	estremo dx	2.4	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
5	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
5	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
5	estremo dx	2.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
6	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
6	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
6	estremo dx	4.7	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
7	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
7	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
7	estremo dx	3.5	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
8	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI

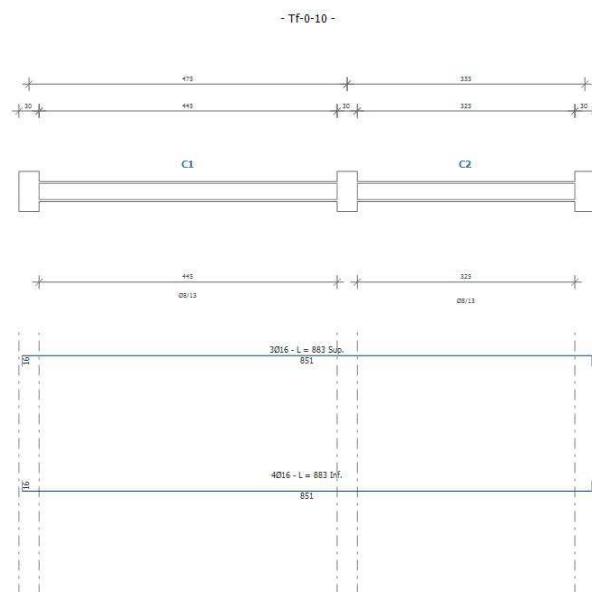
8	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
8	estremo dx	3.8	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI

Armatura trasversale (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Astiffe,min [cm <sup>2</sup> /m]	Astiffe [cm <sup>2</sup> /m]	Verifica	Passo [cm]	Passomax [cm]	Verifica
1	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
1	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
1	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
3	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
3	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
3	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
4	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
4	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
4	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
5	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
5	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
5	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
6	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
6	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
6	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
7	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
7	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
7	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
8	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
8	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
8	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI

## 12. Tf-0-10

### Caratteristiche dell'armatura



Lunghezza totale: 8.30 m  
Calcestruzzo: C25/30

Numero di campate: 2  
Acciaio d'armatura: B450C

### Armatura longitudinale

Posizione	Tipologia di ferro	Barre	As [cm <sup>2</sup> ]	Lunghezza di calcolo [cm]	Ancoraggio [cm]	Lunghezza complessiva [cm]
1	Corrente - Superiore	3 Ø 16	6.03	851	32	883
2	Corrente - Inferiore	4 Ø 16	8.04	851	32	883

La lunghezza di calcolo delle barre è al netto dell'ancoraggio.

### Armatura trasversale

Campata	Ampiezza campo [cm]	$\Phi$ [mm]	Passo s [cm]	Ast [cm <sup>2</sup> ]	Bracci
1	445	8	13	1.01	2
2	325	8	13	1.01	2

Verifiche agli stati limite ultimi (cfr NTC § 4.1.2.1)

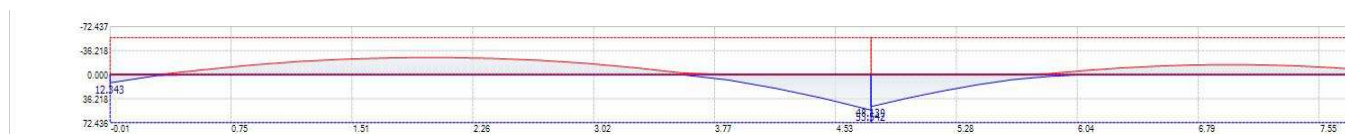
### Campo di rottura

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	$\varepsilon_c$ [‰]	$\varepsilon_s$ [‰]	Campo	$\xi$	$\xi_{lim}$	Verifica
1	0.00	12.343	3.50	14.20	III	0.198	0.45	<b>SI</b>
1	2.08	-25.819	3.50	16.30	III	0.177	0.45	<b>SI</b>
1	4.75	53.542	3.50	14.20	III	0.198	0.45	<b>SI</b>
2	0.00	48.139	3.50	14.20	III	0.198	0.45	<b>SI</b>
2	2.22	-15.231	3.50	16.30	III	0.177	0.45	<b>SI</b>
2	3.55	4.965	3.50	14.20	III	0.198	0.45	<b>SI</b>

La verifica assicura un comportamento duttile per strutture iperstatiche e si intende soddisfatta quando  $\xi < \xi_{lim}$

**Verifica di resistenza a flessione** (cfr NTC § 4.1.2.1.2)

Andamento della sollecitazione flessionale: momento sollecitante e momento resistente.



Momento massimo

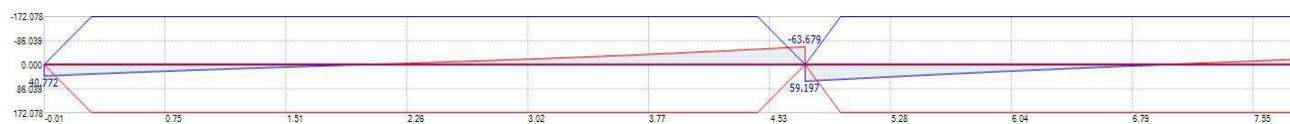
Momento minimo

Momento resistente

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	Mrd [kN m]	Mrd/Msd	Verifica
1	0.00	12.343	8.04	6.03	72.437	5.87	<b>SI</b>
1	2.08	-25.819	8.04	6.03	-55.656	2.16	<b>SI</b>
1	4.75	53.542	8.04	6.03	72.437	1.35	<b>SI</b>
2	0.00	48.139	8.04	6.03	72.437	1.50	<b>SI</b>
2	2.22	-15.231	8.04	6.03	-55.656	3.65	<b>SI</b>
2	3.55	4.965	8.04	6.03	72.437	14.59	<b>SI</b>

**Verifica di resistenza a taglio** (cfr NTC § 4.1.2.1.3)

Andamento della sollecitazione tagliante.



Taglio massimo

Taglio minimo

Taglio resistente

Campata	Ascissa [m]	$\alpha$	$\theta$	Vsd [kN]	VRd [kN]	VRsd [kN]	VRcd [kN]	Verifica
1	0.15	90°	21.8	36.917	72.127	172.078	279.067	SI
1	4.60	90°	21.8	59.053	72.127	172.078	279.067	SI
2	0.15	90°	21.8	54.528	72.127	172.077	279.067	SI
2	3.40	90°	21.8	26.256	72.127	172.077	279.067	SI

$\alpha$ : angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave.

$\theta$ : inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave.  $\theta$  rispetta il limite:  $1 \leq \cotan\theta \leq 2,5$  (cfr NTC § 4.1.2.1.3.2)

Verifiche agli stati limite di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2)

Verifica di fessurazione (cfr NTC § 4.1.2.2.4)

CONDIZIONI AMBIENTALI: Ambiente Ordinario

Combinazione frequente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	8.356	8.04	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
1	2.08	-17.132	8.04	6.03	0.059	0.101	0.400	SI
1	4.75	34.903	8.04	6.03	0.166	0.282	0.400	SI
2	0.00	31.257	8.04	6.03	0.142	0.241	0.400	SI
2	2.22	-9.891	8.04	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
2	3.55	3.151	8.04	6.03	0.000	0.000	0.400	SI

Combinazione quasi permanente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	8.023	8.04	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
1	2.08	-16.356	8.04	6.03	0.048	0.081	0.300	SI
1	4.75	33.222	8.04	6.03	0.155	0.263	0.300	SI
2	0.00	29.753	8.04	6.03	0.132	0.224	0.300	SI
2	2.22	-9.482	8.04	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
2	3.55	3.008	8.04	6.03	0.000	0.000	0.300	SI

Verifica delle tensioni di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2.5)

Combinazione rara.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ limite [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_s$ trazione [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_s$ comp. [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_s$ limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	9.190	8.04	6.03	-1.658	-14.940	51.167	-11.105	360.000	SI
1	2.08	-19.071	8.04	6.03	-3.744	-14.940	140.199	-20.600	360.000	SI
1	4.75	39.103	8.04	6.03	-7.057	-14.940	217.717	-47.254	360.000	SI
2	0.00	35.016	8.04	6.03	-6.319	-14.940	194.958	-42.314	360.000	SI
2	2.22	-10.914	8.04	6.03	-2.143	-14.940	80.234	-11.789	360.000	SI
2	3.55	3.507	8.04	6.03	-0.633	-14.940	19.526	-4.238	360.000	SI

$\sigma_c$  limite: tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.40 § 4.1.2.2.5

$\sigma_s$  limite: tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.42 § 4.1.2.2.5

Combinazione quasi permanente.

Campata	Ascissa	Msd	Ac	Asinf	Assup	$\sigma_c$	$\sigma_c$ limite	Verifica
---------	---------	-----	----	-------	-------	------------	-------------------	----------

	[m]	[kN m]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
1	0.00	8.023	1500.00	8.04	6.03	-1.448	-11.205	SI
1	2.08	-16.356	1500.00	8.04	6.03	-3.211	-11.205	SI
1	4.75	33.222	1500.00	8.04	6.03	-5.996	-11.205	SI
2	0.00	29.753	1500.00	8.04	6.03	-5.369	-11.205	SI
2	2.22	-9.482	1500.00	8.04	6.03	-1.862	-11.205	SI
2	3.55	3.008	1500.00	8.04	6.03	-0.543	-11.205	SI

$\sigma_c$  limite: tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.41 § 4.1.2.2.5

## 12. Verifiche geometriche dell'armatura Tf-0-10

Verifiche di dettaglio costruttivo (cfr NTC § 4.1.6)

Lunghezze critiche e vincoli geometrici (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Lunghezza [m]	Sezione	B [cm]	H [cm]	B/H	Zona Critica [cm]
1	475	R50X30	50	30	1.7	30
2	355	R50X30	50	30	1.7	30

### CRITERIO STATICO

Armatura longitudinale (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

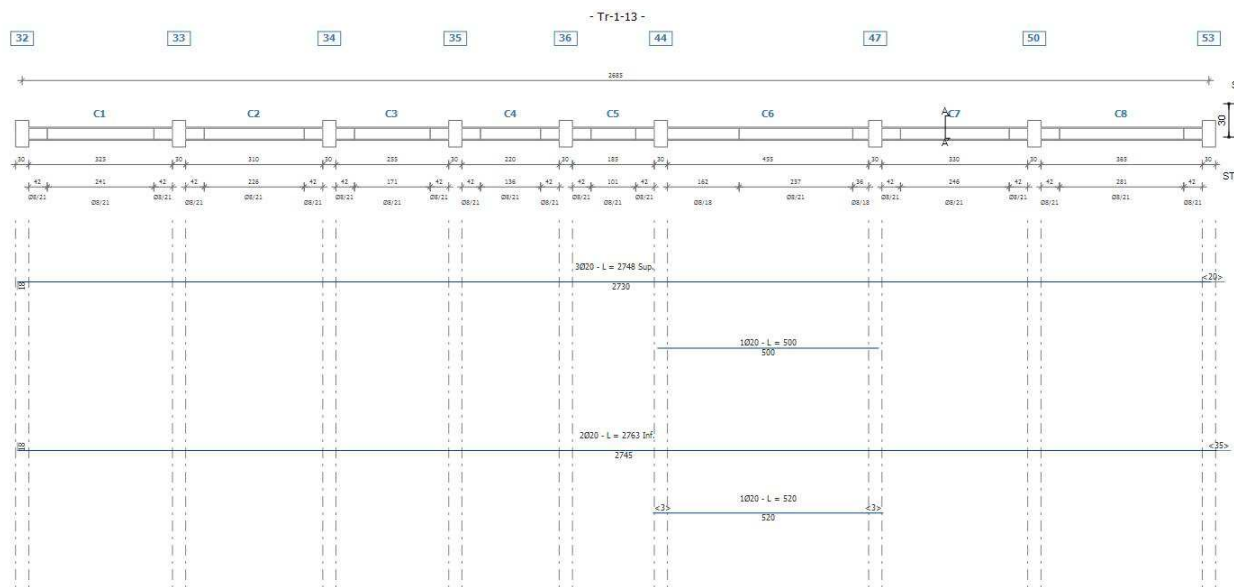
Campata	Zona	Ascissa [cm]	As,c [cm <sup>2</sup> ]	As,c,max [cm <sup>2</sup> ]	As,t,min [cm <sup>2</sup> ]	As,t [cm <sup>2</sup> ]	As,t,max [cm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	8.04	49.00	SI
1	campata	0.0	8.04	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
1	estremo dx	4.6	6.03	60.00	2.00	8.04	49.00	SI
2	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	8.04	49.00	SI
2	campata	0.0	8.04	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
2	estremo dx	3.4	8.04	60.00	2.00	6.03	49.00	SI

Armatura trasversale (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Astiffe,min [cm <sup>2</sup> /m]	Astiffe [cm <sup>2</sup> /m]	Verifica	Passo [cm]	Passomax [cm]	Verifica
1	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
1	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
1	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI

## 13. Tr-1-13

### Caratteristiche dell'armatura



Lunghezza totale: 26.85 m

Calcestruzzo: C25/30

Numero di campate: 8

Acciaio d'armatura: B450C

#### Armatura longitudinale

Posizione	Tipologia di ferro	Barre	As [cm <sup>2</sup> ]	Lunghezza di calcolo [cm]	Ancoraggio [cm]	Lunghezza complessiva [cm]
1	Corrente - Superiore	3 Ø 20	9.42	2700	48	2748
2	Corrente - Inferiore	2 Ø 20	6.28	2715	48	2763
3	Ferro in campata - Inferiore	1 Ø 20	3.14	520	0	520
4	Ferro in campata - Superiore	1 Ø 20	3.14	500	0	500

La lunghezza di calcolo delle barre è al netto dell'ancoraggio.

#### Armatura trasversale

Campata	Ampiezza campo [cm]	Φ [mm]	Passo s [cm]	Ast [cm <sup>2</sup> ]	Bracci
1	42	8	21	1.01	2
1	241	8	21	1.01	2
1	42	8	21	1.01	2
2	42	8	21	1.01	2
2	226	8	21	1.01	2
2	42	8	21	1.01	2
3	42	8	21	1.01	2
3	171	8	21	1.01	2
3	42	8	21	1.01	2
4	42	8	21	1.01	2
4	136	8	21	1.01	2
4	42	8	21	1.01	2
5	42	8	21	1.01	2
5	101	8	21	1.01	2
5	42	8	21	1.01	2
6	162	8	18	1.01	2
6	257	8	21	1.01	2

6	36	8	18	1.01	2
7	42	8	21	1.01	2
7	246	8	21	1.01	2
7	42	8	21	1.01	2
8	42	8	21	1.01	2
8	281	8	21	1.01	2
8	42	8	21	1.01	2

Verifiche agli stati limite ultimi (cfr NTC § 4.1.2.1)

**Campo di rottura**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	$\epsilon_c$ [‰]	$\epsilon_s$ [‰]	Campo	$\xi$	$\xi_{lim}$	Verifica
1	0.00	-34.250	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
1	1.55	37.305	3.50	13.05	III	0.211	0.45	SI
1	3.55	-57.740	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
2	0.00	-55.539	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
2	1.70	25.822	3.50	13.05	III	0.211	0.45	SI
2	3.40	-45.326	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
3	0.00	-38.442	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
3	1.43	16.721	3.50	13.05	III	0.211	0.45	SI
3	2.85	-35.275	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
4	0.00	-31.913	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
4	1.41	14.927	3.50	13.05	III	0.211	0.45	SI
4	2.50	-20.789	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
5	0.00	-18.299	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
5	0.81	-3.290	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
5	2.15	-54.504	3.50	11.64	III	0.231	0.45	SI
6	0.00	-90.468	3.50	11.64	III	0.231	0.45	SI
6	2.42	62.387	3.50	16.20	III	0.178	0.45	SI
6	4.85	-95.087	3.50	11.64	III	0.231	0.45	SI
7	0.00	-71.174	3.50	11.64	III	0.231	0.45	SI
7	1.80	19.626	3.50	13.05	III	0.211	0.45	SI
7	3.60	-60.554	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
8	0.00	-68.781	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
8	1.98	46.855	3.50	13.05	III	0.211	0.45	SI
8	2.22	20.976	3.50	13.05	III	0.211	0.45	SI
8	3.95	-43.350	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI

La verifica assicura un comportamento duttile per strutture iperstatiche e si intende soddisfatta quando  $\xi < \xi_{lim}$

**Verifica di resistenza a flessione** (cfr NTC § 4.1.2.1.2)

Andamento della sollecitazione flessionale: momento sollecitante e momento resistente.



Momento massimo

Momento minimo

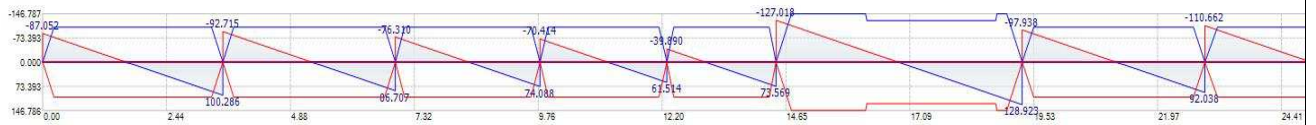
Momento resistente

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	Mrd [kN m]	Mrd/Msd	Verifica
1	0.00	-34.250	6.28	9.42	-79.805	2.33	SI
1	1.55	37.305	6.28	9.42	54.593	1.46	SI

1	3.55	-57.740	6.28	9.42	-79.805	1.38	SI
2	0.00	-55.539	6.28	9.42	-79.805	1.44	SI
2	1.70	25.822	6.28	9.42	54.593	2.11	SI
2	3.40	-45.326	6.28	9.42	-79.805	1.76	SI
3	0.00	-38.442	6.28	9.42	-79.805	2.08	SI
3	1.43	16.721	6.28	9.42	54.593	3.26	SI
3	2.85	-35.275	6.28	9.42	-79.805	2.26	SI
4	0.00	-31.913	6.28	9.42	-79.805	2.50	SI
4	1.41	14.927	6.28	9.42	54.593	3.66	SI
4	2.50	-20.789	6.28	9.42	-79.805	3.84	SI
5	0.00	-18.299	6.28	9.42	-79.805	4.36	SI
5	0.81	-3.290	6.28	9.42	-79.805	24.26	SI
5	2.15	-54.504	9.42	12.57	-116.685	2.14	SI
6	0.00	-90.468	9.42	12.57	-116.685	1.29	SI
6	2.42	62.387	9.42	12.57	91.473	1.47	SI
6	4.85	-95.087	9.42	12.57	-116.685	1.23	SI
7	0.00	-71.174	9.42	12.57	-116.685	1.64	SI
7	1.80	19.626	6.28	9.42	54.593	2.78	SI
7	3.60	-60.554	6.28	9.42	-79.805	1.32	SI
8	0.00	-68.781	6.28	9.42	-79.805	1.16	SI
8	1.98	46.855	6.28	9.42	54.593	1.17	SI
8	2.22	20.976	6.28	9.42	54.593	2.60	SI
8	3.95	-43.350	6.28	9.42	-79.805	1.84	SI

#### Verifica di resistenza a taglio (cfr NTC § 4.1.2.1.3)

Andamento della sollecitazione tagliante.



Taglio massimo

Taglio minimo

Taglio resistente

Campata	Ascissa [m]	$\alpha$	$\theta$	Vsd [kN]	VRd [kN]	VRsd [kN]	VRcd [kN]	Verifica
1	0.15	90°	21.8	78.609	53.911	105.685	166.122	SI
1	0.57	90°	21.8	57.500	47.096	105.685	166.122	SI
1	0.57	90°	21.8	56.445	47.096	105.685	166.122	SI
1	2.98	90°	21.8	69.679	53.911	105.685	166.122	SI
1	2.98	90°	21.8	70.734	53.911	105.685	166.122	SI
1	3.40	90°	21.8	91.843	53.911	105.685	166.122	SI
2	0.15	90°	21.8	84.271	53.911	105.685	166.122	SI
2	0.57	90°	21.8	63.163	53.911	105.685	166.122	SI
2	0.57	90°	21.8	62.108	53.911	105.685	166.122	SI
2	2.83	90°	21.8	56.100	53.911	105.685	166.122	SI
2	2.83	90°	21.8	57.156	53.911	105.685	166.122	SI
2	3.25	90°	21.8	78.264	53.911	105.685	166.122	SI
3	0.15	90°	21.8	67.867	53.911	105.685	166.122	SI
3	0.57	90°	21.8	46.758	53.911	105.685	166.122	SI
3	0.57	90°	21.8	45.703	53.911	105.685	166.122	SI
3	2.28	90°	21.8	43.481	53.911	105.685	166.122	SI
3	2.28	90°	21.8	44.536	53.911	105.685	166.122	SI
3	2.70	90°	21.8	65.645	53.911	105.685	166.122	SI
4	0.15	90°	21.8	61.970	53.911	105.685	166.122	SI

4	0.57	90°	21.8	40.862	47.096	105.685	166.122	SI
4	0.57	90°	21.8	39.806	47.096	105.685	166.122	SI
4	1.93	90°	21.8	30.907	47.096	105.685	166.122	SI
4	1.93	90°	21.8	31.963	47.096	105.685	166.122	SI
4	2.35	90°	21.8	53.071	53.911	105.685	166.122	SI
5	0.15	90°	21.8	31.446	53.911	105.685	166.122	SI
5	0.57	90°	21.8	10.338	53.911	105.685	166.122	SI
5	0.57	90°	21.8	9.282	53.911	105.685	166.122	SI
5	1.58	90°	21.8	42.961	53.911	105.685	166.122	SI
5	1.58	90°	21.8	44.017	53.911	105.685	166.122	SI
5	2.00	90°	21.8	65.125	53.911	105.685	166.122	SI
6	0.15	90°	21.8	118.574	64.030	146.786	197.764	SI
6	1.77	90°	21.8	34.140	58.175	146.786	197.764	SI
6	1.77	90°	21.8	33.085	58.175	125.815	197.764	SI
6	4.34	90°	21.8	101.482	64.030	125.815	197.764	SI
6	4.34	90°	21.8	102.537	64.030	146.787	197.764	SI
6	4.70	90°	21.8	120.479	64.030	146.787	197.764	SI
7	0.15	90°	21.8	89.495	53.911	105.686	166.122	SI
7	0.57	90°	21.8	68.386	53.911	105.686	166.122	SI
7	0.57	90°	21.8	67.331	53.911	105.686	166.122	SI
7	3.03	90°	21.8	61.431	53.911	105.686	166.122	SI
7	3.03	90°	21.8	62.487	53.911	105.685	166.122	SI
7	3.45	90°	21.8	83.595	53.911	105.685	166.122	SI
8	0.15	90°	21.8	102.218	53.911	105.685	166.122	SI
8	0.57	90°	21.8	81.110	53.911	105.685	166.122	SI
8	0.57	90°	21.8	80.054	53.911	105.685	166.122	SI
8	3.38	90°	21.8	67.178	47.096	105.685	166.122	SI
8	3.38	90°	21.8	68.233	47.096	105.686	166.122	SI
8	3.80	90°	21.8	89.342	53.911	105.686	166.122	SI

$\alpha$ : angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave.

$\theta$ : inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave.  $\theta$  rispetta il limite:  $1 \leq \cotan\theta \leq 2,5$  (cfr NTC § 4.1.2.1.3.2)

Verifiche agli stati limite di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2)

Verifica di fessurazione (cfr NTC § 4.1.2.2.4)

CONDIZIONI AMBIENTALI: Ambiente Ordinario

Combinazione frequente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	-22.134	6.28	9.42	0.048	0.081	0.400	SI
1	1.55	24.187	6.28	9.42	0.095	0.162	0.400	SI
1	3.55	-37.463	6.28	9.42	0.109	0.185	0.400	SI
2	0.00	-36.014	6.28	9.42	0.103	0.175	0.400	SI
2	1.70	16.725	6.28	9.42	0.042	0.072	0.400	SI
2	3.40	-29.362	6.28	9.42	0.076	0.130	0.400	SI
3	0.00	-24.918	6.28	9.42	0.059	0.100	0.400	SI
3	1.43	10.835	6.28	9.42	0.000	0.000	0.400	SI
3	2.85	-22.851	6.28	9.42	0.050	0.086	0.400	SI
4	0.00	-20.689	6.28	9.42	0.042	0.071	0.400	SI
4	1.41	9.682	6.28	9.42	0.000	0.000	0.400	SI
4	2.50	-13.449	6.28	9.42	0.008	0.013	0.400	SI
5	0.00	-11.827	6.28	9.42	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.81	-2.126	6.28	9.42	0.000	0.000	0.400	SI
5	2.15	-35.355	9.42	12.57	0.048	0.081	0.400	SI
6	0.00	-58.618	9.42	12.57	0.093	0.158	0.400	SI
6	2.42	40.429	9.42	12.57	0.077	0.130	0.400	SI
6	4.85	-61.620	9.42	12.57	0.099	0.168	0.400	SI
7	0.00	-46.128	9.42	12.57	0.069	0.117	0.400	SI
7	1.80	12.707	6.28	9.42	0.009	0.015	0.400	SI

7	3.60	-39.253	6.28	9.42	0.116	0.197	0.400	SI
8	0.00	-44.609	6.28	9.42	0.137	0.233	0.400	SI
8	1.98	30.373	6.28	9.42	0.140	0.239	0.400	SI
8	3.95	-28.031	6.28	9.42	0.071	0.121	0.400	SI

**Combinazione quasi permanente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	-21.045	6.28	9.42	0.043	0.073	0.300	SI
1	1.55	23.023	6.28	9.42	0.087	0.148	0.300	SI
1	3.55	-35.668	6.28	9.42	0.101	0.172	0.300	SI
2	0.00	-34.282	6.28	9.42	0.096	0.163	0.300	SI
2	1.70	15.915	6.28	9.42	0.036	0.062	0.300	SI
2	3.40	-27.940	6.28	9.42	0.071	0.120	0.300	SI
3	0.00	-23.717	6.28	9.42	0.054	0.092	0.300	SI
3	1.43	10.311	6.28	9.42	0.000	0.000	0.300	SI
3	2.85	-21.745	6.28	9.42	0.046	0.078	0.300	SI
4	0.00	-19.693	6.28	9.42	0.038	0.064	0.300	SI
4	1.41	9.217	6.28	9.42	0.000	0.000	0.300	SI
4	2.50	-12.792	6.28	9.42	0.002	0.004	0.300	SI
5	0.00	-11.246	6.28	9.42	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.81	-2.022	6.28	9.42	0.000	0.000	0.300	SI
5	2.15	-33.658	9.42	12.57	0.044	0.075	0.300	SI
6	0.00	-55.784	9.42	12.57	0.087	0.148	0.300	SI
6	2.42	38.476	9.42	12.57	0.072	0.122	0.300	SI
6	4.85	-58.643	9.42	12.57	0.093	0.158	0.300	SI
7	0.00	-43.902	9.42	12.57	0.064	0.109	0.300	SI
7	1.80	12.090	6.28	9.42	0.000	0.000	0.300	SI
7	3.60	-37.361	6.28	9.42	0.108	0.184	0.300	SI
8	0.00	-42.466	6.28	9.42	0.129	0.218	0.300	SI
8	1.98	28.909	6.28	9.42	0.130	0.220	0.300	SI
8	3.95	-26.658	6.28	9.42	0.066	0.112	0.300	SI

**Verifica delle tensioni di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2.5)**

**Combinazione rara.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	σc [N/mm <sup>2</sup> ]	σc limite [N/mm <sup>2</sup> ]	σs trazione [N/mm <sup>2</sup> ]	σs comp. [N/mm <sup>2</sup> ]	σs limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	-24.856	6.28	9.42	-6.485	-14.940	57.697	-67.756	360.000	SI
1	1.55	27.098	6.28	9.42	-6.966	-14.940	94.225	-66.639	360.000	SI
1	3.55	-41.951	6.28	9.42	-10.469	-14.940	139.061	-100.641	360.000	SI
2	0.00	-40.344	6.28	9.42	-10.097	-14.940	131.279	-97.605	360.000	SI
2	1.70	18.752	6.28	9.42	-4.831	-14.940	39.245	-51.192	360.000	SI
2	3.40	-32.917	6.28	9.42	-8.371	-14.940	95.558	-83.449	360.000	SI
3	0.00	-27.922	6.28	9.42	-7.204	-14.940	71.930	-73.780	360.000	SI
3	1.43	12.144	6.28	9.42	-3.218	-14.940	5.326	-38.057	360.000	SI
3	2.85	-25.617	6.28	9.42	-6.664	-14.940	61.201	-69.257	360.000	SI
4	0.00	-23.180	6.28	9.42	-6.091	-14.940	50.047	-64.427	360.000	SI
4	1.41	10.844	6.28	9.42	-2.941	-14.940	0.846	-35.553	360.000	SI
4	2.50	-15.093	6.28	9.42	-4.195	-14.940	15.773	-47.940	360.000	SI
5	0.00	-13.280	6.28	9.42	-3.783	-14.940	9.222	-44.177	360.000	SI
5	0.81	-2.387	6.28	9.42	-1.753	-14.940	-23.951	-13.991	360.000	SI
5	2.15	-39.596	9.42	12.57	-7.459	-14.940	112.848	-111.890	360.000	SI
6	0.00	-65.702	9.42	12.57	-11.718	-14.940	220.683	-175.772	360.000	SI
6	2.42	45.310	9.42	12.57	-8.169	-14.940	164.101	-122.535	360.000	SI
6	4.85	-69.062	9.42	12.57	-12.264	-14.940	234.648	-183.954	360.000	SI
7	0.00	-51.695	9.42	12.57	-9.439	-14.940	162.615	-141.579	360.000	SI
7	1.80	14.251	6.28	9.42	-3.706	-14.940	14.388	-42.258	360.000	SI
7	3.60	-43.983	6.28	9.42	-10.940	-14.940	148.924	-104.471	360.000	SI
8	0.00	-49.967	6.28	9.42	-12.321	-14.940	178.078	-115.697	360.000	SI

8	1.98	34.033	6.28	9.42	-8.722	-14.940	142.823	-78.706	360.000	SI
8	2.22	20.976	6.28	9.42	-5.401	-14.940	53.199	-55.448	360.000	SI
8	3.95	-31.466	6.28	9.42	-8.033	-14.940	88.652	-80.656	360.000	SI

**$\sigma_c$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.40 § 4.1.2.2.5

**$\sigma_s$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.42 § 4.1.2.2.5

**Combinazione quasi permanente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Ac [cm <sup>2</sup> ]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	-21.045	900.00	6.28	9.42	-5.588	-11.205	SI
1	1.55	23.023	900.00	6.28	9.42	-5.925	-11.205	SI
1	3.55	-35.668	900.00	6.28	9.42	-9.012	-11.205	SI
2	0.00	-34.282	900.00	6.28	9.42	-8.689	-11.205	SI
2	1.70	15.915	900.00	6.28	9.42	-4.114	-11.205	SI
2	3.40	-27.940	900.00	6.28	9.42	-7.208	-11.205	SI
3	0.00	-23.717	900.00	6.28	9.42	-6.217	-11.205	SI
3	1.43	10.311	900.00	6.28	9.42	-2.835	-11.205	SI
3	2.85	-21.745	900.00	6.28	9.42	-5.753	-11.205	SI
4	0.00	-19.693	900.00	6.28	9.42	-5.270	-11.205	SI
4	1.41	9.217	900.00	6.28	9.42	-2.630	-11.205	SI
4	2.50	-12.792	900.00	6.28	9.42	-3.674	-11.205	SI
5	0.00	-11.246	900.00	6.28	9.42	-3.338	-11.205	SI
5	0.81	-2.022	900.00	6.28	9.42	-1.692	-11.205	SI
5	2.15	-33.658	900.00	9.42	12.57	-6.482	-11.205	SI
6	0.00	-55.784	900.00	9.42	12.57	-10.105	-11.205	SI
6	2.42	38.476	900.00	9.42	12.57	-7.048	-11.205	SI
6	4.85	-58.643	900.00	9.42	12.57	-10.571	-11.205	SI
7	0.00	-43.902	900.00	9.42	12.57	-8.165	-11.205	SI
7	1.80	12.090	900.00	6.28	9.42	-3.206	-11.205	SI
7	3.60	-37.361	900.00	6.28	9.42	-9.405	-11.205	SI
8	0.00	-42.466	900.00	6.28	9.42	-10.589	-11.205	SI
8	1.98	28.909	900.00	6.28	9.42	-7.426	-11.205	SI
8	2.22	20.976	900.00	6.28	9.42	-5.401	-11.205	SI
8	3.95	-26.658	900.00	6.28	9.42	-6.908	-11.205	SI

**$\sigma_c$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.41 § 4.1.2.2.5

## 13. Verifiche geometriche dell'armatura Tr-13

Verifiche di dettaglio costruttivo (cfr NTC § 4.1.6)

**Lunghezze critiche e vincoli geometrici** (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Lunghezza [m]	Sezione	B [cm]	H [cm]	B/H	Zona Critica [cm]
1	355	R 30 X 30	30	30	1.0	30
2	340	R 30 X 30	30	30	1.0	30
3	285	R 30 X 30	30	30	1.0	30
4	250	R 30 X 30	30	30	1.0	30
5	215	R 30 X 30	30	30	1.0	30
6	485	R 30 X 30	30	30	1.0	30
7	360	R 30 X 30	30	30	1.0	30
8	395	R 30 X 30	30	30	1.0	30

### CRITERIO STATICO

**Armatura longitudinale** (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Ascissa	As,c	As,c,max	As,t,min	As,t	As,t,max	Verifica
---------	------	---------	------	----------	----------	------	----------	----------

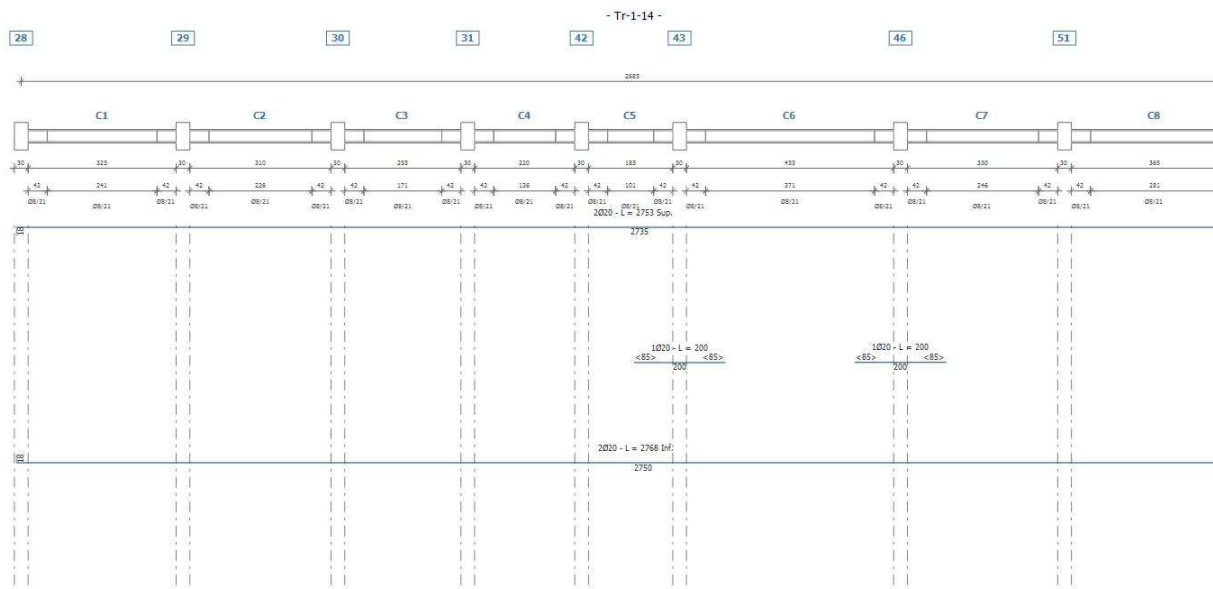
		[cm]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	
1	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
1	campata	0.0	9.42	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
1	estremo dx	3.4	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
2	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
2	campata	0.0	9.42	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
2	estremo dx	3.3	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
3	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
3	campata	0.0	9.42	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
3	estremo dx	2.7	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
4	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
4	campata	0.0	9.42	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
4	estremo dx	2.4	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
5	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
5	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
5	estremo dx	2.0	9.42	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
6	estremo sx	0.2	9.42	60.00	1.20	12.57	29.40	SI
6	campata	0.0	12.57	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
6	estremo dx	4.7	9.42	60.00	1.20	12.57	29.40	SI
7	estremo sx	0.2	9.42	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
7	campata	0.0	9.42	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
7	estremo dx	3.5	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
8	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
8	campata	0.0	9.42	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
8	estremo dx	3.8	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI

**Armatura trasversale** (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Astaffe,min [cm <sup>2</sup> /m]	Astaffe [cm <sup>2</sup> /m]	Verifica	Passo [cm]	Passomax [cm]	Verifica
1	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
1	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
1	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
2	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
2	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
2	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
3	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
3	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
3	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
4	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
4	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
4	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
5	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
5	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
5	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
6	estremo sx	4.5	5.6	SI	18	21.6	SI
6	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
6	estremo dx	4.5	5.6	SI	18	21.6	SI
7	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
7	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
7	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
8	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
8	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
8	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI

## 14. Tr-1-14

### Caratteristiche dell'armatura



Lunghezza totale: 26.85 m

Calcestruzzo: C25/30

Numero di campate: 8

Acciaio d'armatura: B450C

#### Armatura longitudinale

Posizione	Tipologia di ferro	Barre	As [cm <sup>2</sup> ]	Lunghezza di calcolo [cm]	Ancoraggio [cm]	Lunghezza complessiva [cm]
1	Corrente - Superiore	2 Ø 20	6.28	2705	48	2753
2	Corrente - Inferiore	2 Ø 20	6.28	2720	48	2768
3	Ferro in appoggio - Superiore	1 Ø 20	3.14	200	0	200
4	Ferro in appoggio - Superiore	1 Ø 20	3.14	200	0	200

La lunghezza di calcolo delle barre è al netto dell'ancoraggio.

#### Armatura trasversale

Campata	Ampiezza campo [cm]	Φ [mm]	Passo s [cm]	Ast [cm <sup>2</sup> ]	Bracci
1	42	8	21	1.01	2
1	241	8	21	1.01	2
1	42	8	21	1.01	2
2	42	8	21	1.01	2
2	226	8	21	1.01	2
2	42	8	21	1.01	2
3	42	8	21	1.01	2
3	171	8	21	1.01	2
3	42	8	21	1.01	2
4	42	8	21	1.01	2
4	136	8	21	1.01	2
4	42	8	21	1.01	2
5	42	8	21	1.01	2
5	101	8	21	1.01	2
5	42	8	21	1.01	2
6	42	8	21	1.01	2
6	371	8	21	1.01	2

6	42	8	21	1.01	2
7	42	8	21	1.01	2
7	246	8	21	1.01	2
7	42	8	21	1.01	2
8	42	8	21	1.01	2
8	281	8	21	1.01	2
8	42	8	21	1.01	2

Verifiche agli stati limite ultimi (cfr NTC § 4.1.2.1)

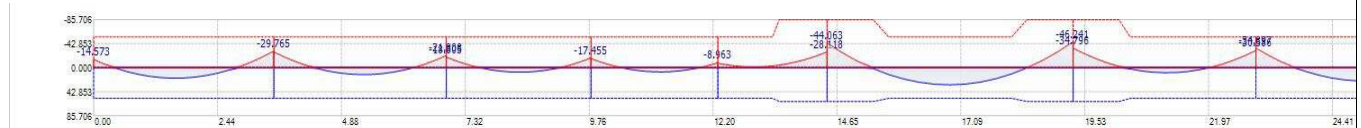
#### Campo di rottura

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	$\epsilon_c$ [‰]	$\epsilon_s$ [‰]	Campo	$\xi$	$\xi_{lim}$	Verifica
1	0.00	-14.573	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
1	1.55	18.785	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
1	3.55	-29.765	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
2	0.00	-27.996	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
2	1.70	12.374	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
2	3.40	-21.808	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
3	0.00	-18.805	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
3	1.43	8.094	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
3	2.85	-17.455	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
4	0.00	-16.304	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
4	1.41	7.667	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
4	2.50	-8.963	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
5	0.00	-7.898	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
5	0.67	-1.413	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
5	2.15	-28.118	3.50	11.64	III	0.231	0.45	SI
6	0.00	-44.063	3.50	11.64	III	0.231	0.45	SI
6	2.42	30.677	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
6	4.85	-46.241	3.50	11.64	III	0.231	0.45	SI
7	0.00	-34.796	3.50	11.64	III	0.231	0.45	SI
7	1.80	9.114	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
7	3.60	-30.586	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
8	0.00	-34.897	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
8	2.22	23.614	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
8	3.95	-18.947	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI

La verifica assicura un comportamento duttile per strutture iperstatiche e si intende soddisfatta quando  $\xi < \xi_{lim}$

#### Verifica di resistenza a flessione (cfr NTC § 4.1.2.1.2)

Andamento della sollecitazione flessionale: momento sollecitante e momento resistente.



Momento massimo

Momento minimo

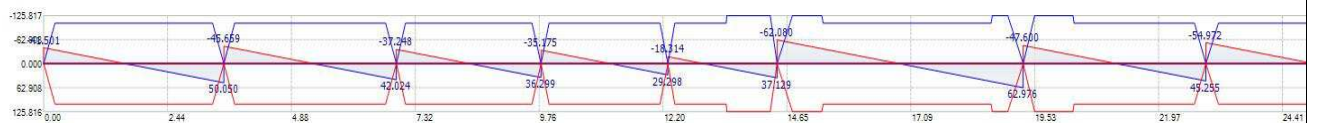
Momento resistente

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	Mrd [kN m]	Mrd/Msd	Verifica
1	0.00	-14.573	6.28	6.28	-54.818	3.76	SI
1	1.55	18.785	6.28	6.28	54.818	2.92	SI

1	3.55	-29.765	6.28	6.28	-54.818	1.84	SI
2	0.00	-27.996	6.28	6.28	-54.818	1.96	SI
2	1.70	12.374	6.28	6.28	54.818	4.43	SI
2	3.40	-21.808	6.28	6.28	-54.818	2.51	SI
3	0.00	-18.805	6.28	6.28	-54.818	2.92	SI
3	1.43	8.094	6.28	6.28	54.818	6.77	SI
3	2.85	-17.455	6.28	6.28	-54.818	3.14	SI
4	0.00	-16.304	6.28	6.28	-54.818	3.36	SI
4	1.41	7.667	6.28	6.28	54.818	7.15	SI
4	2.50	-8.963	6.28	6.28	-54.818	6.12	SI
5	0.00	-7.898	6.28	6.28	-54.818	6.94	SI
5	0.67	-1.413	6.28	6.28	-54.818	38.79	SI
5	2.15	-28.118	6.28	9.42	-85.706	3.05	SI
6	0.00	-44.063	6.28	9.42	-85.706	1.95	SI
6	2.42	30.677	6.28	6.28	54.818	1.79	SI
6	4.85	-46.241	6.28	9.42	-85.706	1.85	SI
7	0.00	-34.796	6.28	9.42	-85.706	2.46	SI
7	1.80	9.114	6.28	6.28	54.818	6.01	SI
7	3.60	-30.586	6.28	6.28	-54.818	1.79	SI
8	0.00	-34.897	6.28	6.28	-54.818	1.57	SI
8	2.22	23.614	6.28	6.28	54.818	2.32	SI
8	3.95	-18.947	6.28	6.28	-54.818	2.89	SI

**Verifica di resistenza a taglio** (cfr NTC § 4.1.2.1.3)

Andamento della sollecitazione tagliante.



Taglio massimo

Taglio minimo

Taglio resistente

Campata	Ascissa [m]	$\alpha$	$\theta$	Vsd [kN]	VRd [kN]	VRsd [kN]	VRcd [kN]	Verifica
1	0.15	90°	21.8	37.376	47.096	105.685	166.122	SI
1	0.57	90°	21.8	27.062	47.096	105.685	166.122	SI
1	0.57	90°	21.8	26.546	47.096	105.685	166.122	SI
1	2.98	90°	21.8	35.095	47.096	105.685	166.122	SI
1	2.98	90°	21.8	35.611	47.096	105.685	166.122	SI
1	3.40	90°	21.8	45.925	47.096	105.685	166.122	SI
2	0.15	90°	21.8	41.533	47.096	105.685	166.122	SI
2	0.57	90°	21.8	31.220	47.096	105.685	166.122	SI
2	0.57	90°	21.8	30.704	47.096	105.685	166.122	SI
2	2.83	90°	21.8	27.069	47.096	105.685	166.122	SI
2	2.83	90°	21.8	27.585	47.096	105.685	166.122	SI
2	3.25	90°	21.8	37.898	47.096	105.685	166.122	SI
3	0.15	90°	21.8	33.122	47.096	105.685	166.122	SI
3	0.57	90°	21.8	22.808	47.096	105.685	166.122	SI
3	0.57	90°	21.8	22.293	47.096	105.685	166.122	SI
3	2.28	90°	21.8	21.344	47.096	105.685	166.122	SI
3	2.28	90°	21.8	21.859	47.096	105.685	166.122	SI
3	2.70	90°	21.8	32.173	47.096	105.685	166.122	SI
4	0.15	90°	21.8	31.050	47.096	105.685	166.122	SI
4	0.57	90°	21.8	20.736	47.096	105.685	166.122	SI

4	0.57	90°	21.8	20.220	47.096	105.685	166.122	SI
4	1.93	90°	21.8	14.344	47.096	105.685	166.122	SI
4	1.93	90°	21.8	14.859	47.096	105.685	166.122	SI
4	2.35	90°	21.8	25.173	47.096	105.685	166.122	SI
5	0.15	90°	21.8	14.188	47.096	105.685	166.122	SI
5	0.57	90°	21.8	3.874	47.096	105.685	166.122	SI
5	0.57	90°	21.8	3.359	47.096	105.685	166.122	SI
5	1.58	90°	21.8	22.174	58.175	125.816	197.764	SI
5	1.58	90°	21.8	22.690	58.175	125.816	197.764	SI
5	2.00	90°	21.8	33.003	58.175	125.816	197.764	SI
6	0.15	90°	21.8	57.954	58.175	125.816	197.764	SI
6	0.57	90°	21.8	47.640	58.175	125.816	197.764	SI
6	0.57	90°	21.8	47.125	58.175	125.817	197.764	SI
6	4.28	90°	21.8	48.021	58.175	125.817	197.764	SI
6	4.28	90°	21.8	48.537	58.175	125.815	197.764	SI
6	4.70	90°	21.8	58.850	58.175	125.815	197.764	SI
7	0.15	90°	21.8	43.474	58.175	125.817	197.764	SI
7	0.57	90°	21.8	33.161	58.175	125.817	197.764	SI
7	0.57	90°	21.8	32.645	58.175	125.817	197.764	SI
7	3.03	90°	21.8	30.300	47.096	105.686	166.122	SI
7	3.03	90°	21.8	30.816	47.096	105.685	166.122	SI
7	3.45	90°	21.8	41.130	47.096	105.685	166.122	SI
8	0.15	90°	21.8	50.847	47.096	105.685	166.122	SI
8	0.57	90°	21.8	40.533	47.096	105.685	166.122	SI
8	0.57	90°	21.8	40.017	47.096	105.685	166.122	SI
8	3.38	90°	21.8	31.952	47.096	105.685	166.122	SI
8	3.38	90°	21.8	32.468	47.096	105.686	166.122	SI
8	3.80	90°	21.8	42.782	47.096	105.686	166.122	SI

$\alpha$ : angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave.

$\theta$ : inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave.  $\theta$  rispetta il limite:  $1 \leq \cotan\theta \leq 2,5$  (cfr NTC § 4.1.2.1.3.2)

### Verifiche agli stati limite di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2)

#### Verifica di fessurazione (cfr NTC § 4.1.2.2.4)

**CONDIZIONI AMBIENTALI: Ambiente Ordinario**

**Combinazione frequente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	-9.241	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
1	1.55	12.080	6.28	6.28	0.005	0.008	0.400	SI
1	3.55	-19.186	6.28	6.28	0.063	0.107	0.400	SI
2	0.00	-17.999	6.28	6.28	0.055	0.093	0.400	SI
2	1.70	7.929	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
2	3.40	-13.987	6.28	6.28	0.025	0.042	0.400	SI
3	0.00	-12.059	6.28	6.28	0.004	0.007	0.400	SI
3	1.43	5.194	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
3	2.85	-11.191	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
4	0.00	-10.474	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
4	1.41	4.934	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
4	2.50	-5.719	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.00	-5.016	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.67	-0.888	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
5	2.15	-18.106	6.28	9.42	0.022	0.038	0.400	SI
6	0.00	-28.264	6.28	9.42	0.052	0.089	0.400	SI
6	2.42	19.693	6.28	6.28	0.067	0.113	0.400	SI
6	4.85	-29.690	6.28	9.42	0.056	0.096	0.400	SI
7	0.00	-22.335	6.28	9.42	0.035	0.060	0.400	SI
7	1.80	5.828	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
7	3.60	-19.657	6.28	6.28	0.066	0.113	0.400	SI

8	0.00	-22.453	6.28	6.28	0.087	0.147	0.400	SI
8	2.22	15.184	6.28	6.28	0.034	0.058	0.400	SI
8	3.95	-12.054	6.28	6.28	0.004	0.007	0.400	SI

Combinazione quasi permanente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	-8.821	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
1	1.55	11.574	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
1	3.55	-18.396	6.28	6.28	0.057	0.098	0.300	SI
2	0.00	-17.246	6.28	6.28	0.049	0.084	0.300	SI
2	1.70	7.589	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
2	3.40	-13.393	6.28	6.28	0.020	0.034	0.300	SI
3	0.00	-11.547	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
3	1.43	4.974	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
3	2.85	-10.711	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
4	0.00	-10.033	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
4	1.41	4.728	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
4	2.50	-5.467	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.00	-4.790	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.67	-0.845	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
5	2.15	-17.355	6.28	9.42	0.020	0.033	0.300	SI
6	0.00	-27.064	6.28	9.42	0.049	0.083	0.300	SI
6	2.42	18.860	6.28	6.28	0.061	0.103	0.300	SI
6	4.85	-28.436	6.28	9.42	0.053	0.090	0.300	SI
7	0.00	-21.390	6.28	9.42	0.032	0.055	0.300	SI
7	1.80	5.576	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
7	3.60	-18.829	6.28	6.28	0.061	0.103	0.300	SI
8	0.00	-21.517	6.28	6.28	0.080	0.136	0.300	SI
8	2.22	14.548	6.28	6.28	0.029	0.050	0.300	SI
8	3.95	-11.515	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI

Verifica delle tensioni di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2.5)

Combinazione rara.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	σc [N/mm <sup>2</sup> ]	σc limite [N/mm <sup>2</sup> ]	σs trazione [N/mm <sup>2</sup> ]	σs comp. [N/mm <sup>2</sup> ]	σs limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	-10.291	6.28	6.28	-3.139	-14.940	0.170	-38.087	360.000	SI
1	1.55	13.344	6.28	6.28	-3.862	-14.940	11.744	-44.660	360.000	SI
1	3.55	-21.163	6.28	6.28	-5.959	-14.940	55.997	-61.691	360.000	SI
2	0.00	-19.883	6.28	6.28	-5.609	-14.940	47.898	-58.983	360.000	SI
2	1.70	8.777	6.28	6.28	-2.829	-14.940	-3.852	-35.082	360.000	SI
2	3.40	-15.475	6.28	6.28	-4.415	-14.940	22.213	-49.386	360.000	SI
3	0.00	-13.341	6.28	6.28	-3.861	-14.940	11.730	-44.653	360.000	SI
3	1.43	5.744	6.28	6.28	-2.294	-14.940	-9.488	-29.665	360.000	SI
3	2.85	-12.391	6.28	6.28	-3.625	-14.940	7.652	-42.562	360.000	SI
4	0.00	-11.575	6.28	6.28	-3.430	-14.940	4.484	-40.792	360.000	SI
4	1.41	5.447	6.28	6.28	-2.243	-14.940	-10.010	-29.144	360.000	SI
4	2.50	-6.347	6.28	6.28	-2.398	-14.940	-30.725	-8.428	360.000	SI
5	0.00	-5.583	6.28	6.28	-2.266	-14.940	-29.383	-9.771	360.000	SI
5	0.67	-0.996	6.28	6.28	-1.477	-14.940	-21.327	-17.827	360.000	SI
5	2.15	-19.984	6.28	9.42	-5.049	-14.940	47.689	-55.988	360.000	SI
6	0.00	-31.264	6.28	9.42	-7.407	-14.940	105.082	-76.512	360.000	SI
6	2.42	21.775	6.28	6.28	-6.126	-14.940	59.937	-62.973	360.000	SI
6	4.85	-32.822	6.28	9.42	-7.731	-14.940	113.281	-79.279	360.000	SI
7	0.00	-24.696	6.28	9.42	-6.037	-14.940	71.092	-64.686	360.000	SI
7	1.80	6.458	6.28	6.28	-2.417	-14.940	-8.234	-30.920	360.000	SI
7	3.60	-21.726	6.28	6.28	-6.113	-14.940	59.621	-62.870	360.000	SI
8	0.00	-24.793	6.28	6.28	-6.951	-14.940	79.870	-69.189	360.000	SI
8	2.22	16.773	6.28	6.28	-4.763	-14.940	29.321	-52.252	360.000	SI

8	3.95	-13.401	6.28	6.28	-3.876	-14.940	11.999	-44.784	360.000	SI
---	------	---------	------	------	--------	---------	--------	---------	---------	----

**$\sigma_c$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.40 § 4.1.2.2.5

**$\sigma_s$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.42 § 4.1.2.2.5

**Combinazione quasi permanente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Ac [cm <sup>2</sup> ]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	-8.821	900.00	6.28	6.28	-2.837	-11.205	SI
1	1.55	11.574	900.00	6.28	6.28	-3.430	-11.205	SI
1	3.55	-18.396	900.00	6.28	6.28	-5.203	-11.205	SI
2	0.00	-17.246	900.00	6.28	6.28	-4.891	-11.205	SI
2	1.70	7.589	900.00	6.28	6.28	-2.612	-11.205	SI
2	3.40	-13.393	900.00	6.28	6.28	-3.874	-11.205	SI
3	0.00	-11.547	900.00	6.28	6.28	-3.423	-11.205	SI
3	1.43	4.974	900.00	6.28	6.28	-2.162	-11.205	SI
3	2.85	-10.711	900.00	6.28	6.28	-3.232	-11.205	SI
4	0.00	-10.033	900.00	6.28	6.28	-3.084	-11.205	SI
4	1.41	4.728	900.00	6.28	6.28	-2.119	-11.205	SI
4	2.50	-5.467	900.00	6.28	6.28	-2.246	-11.205	SI
5	0.00	-4.790	900.00	6.28	6.28	-2.130	-11.205	SI
5	0.67	-0.845	900.00	6.28	6.28	-1.451	-11.205	SI
5	2.15	-17.355	900.00	6.28	9.42	-4.499	-11.205	SI
6	0.00	-27.064	900.00	6.28	9.42	-6.532	-11.205	SI
6	2.42	18.860	900.00	6.28	6.28	-5.329	-11.205	SI
6	4.85	-28.436	900.00	6.28	9.42	-6.818	-11.205	SI
7	0.00	-21.390	900.00	6.28	9.42	-5.344	-11.205	SI
7	1.80	5.576	900.00	6.28	6.28	-2.265	-11.205	SI
7	3.60	-18.829	900.00	6.28	6.28	-5.321	-11.205	SI
8	0.00	-21.517	900.00	6.28	6.28	-6.056	-11.205	SI
8	2.22	14.548	900.00	6.28	6.28	-4.171	-11.205	SI
8	3.95	-11.515	900.00	6.28	6.28	-3.416	-11.205	SI

**$\sigma_c$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.41 § 4.1.2.2.5

## 14. Verifiche geometriche dell'armatura Tr-1-14

Verifiche di dettaglio costruttivo (cfr NTC § 4.1.6)

**Lunghezze critiche e vincoli geometrici** (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Lunghezza [m]	Sezione	B [cm]	H [cm]	B/H	Zona Critica [cm]
1	355	R 30 X 30	30	30	1.0	30
2	340	R 30 X 30	30	30	1.0	30
3	285	R 30 X 30	30	30	1.0	30
4	250	R 30 X 30	30	30	1.0	30
5	215	R 30 X 30	30	30	1.0	30
6	485	R 30 X 30	30	30	1.0	30
7	360	R 30 X 30	30	30	1.0	30
8	395	R 30 X 30	30	30	1.0	30

### CRITERIO STATICO

**Armatura longitudinale** (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Ascissa [cm]	As,c [cm <sup>2</sup> ]	As,c,max [cm <sup>2</sup> ]	As,t,min [cm <sup>2</sup> ]	As,t [cm <sup>2</sup> ]	As,t,max [cm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
1	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI

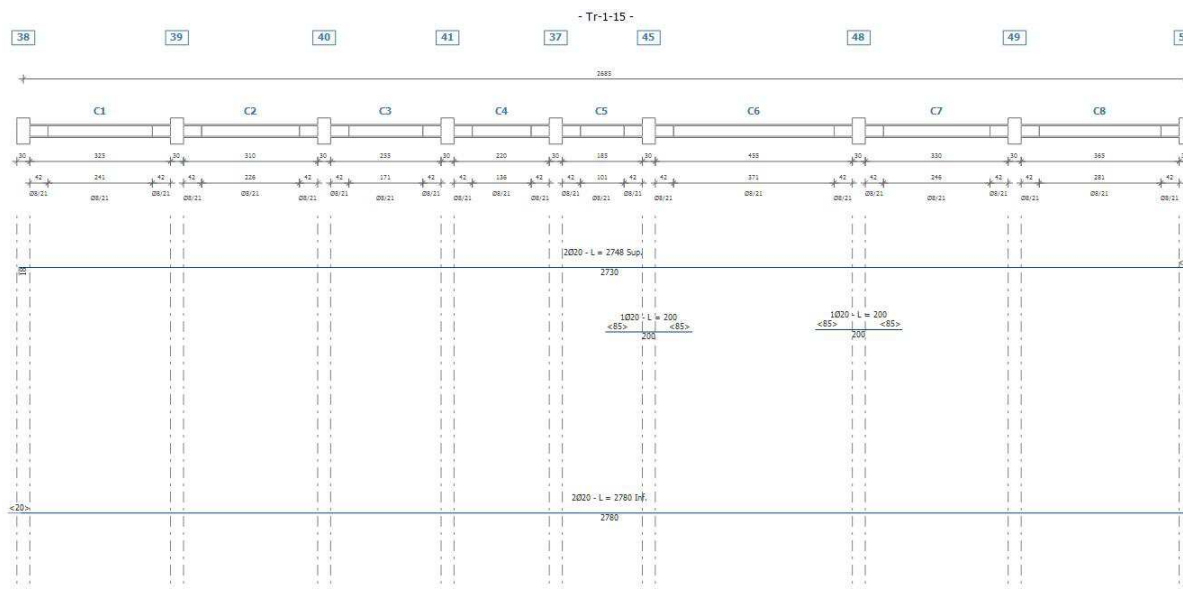
1	estremo dx	3.4	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
2	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
2	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
2	estremo dx	3.3	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
3	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
3	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
3	estremo dx	2.7	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
4	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
4	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
4	estremo dx	2.4	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
5	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
5	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
5	estremo dx	2.0	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
6	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
6	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
6	estremo dx	4.7	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
7	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
7	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
7	estremo dx	3.5	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
8	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
8	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
8	estremo dx	3.8	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI

**Armatura trasversale** (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Astaffe,min [cm <sup>2</sup> /m]	Astaffe [cm <sup>2</sup> /m]	Verifica	Passo [cm]	Passomax [cm]	Verifica
1	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
1	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
1	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
2	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
2	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
2	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
3	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
3	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
3	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
4	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
4	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
4	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
5	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
5	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
5	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
6	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
6	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
6	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
7	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
7	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
7	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
8	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
8	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
8	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI

## 15. Tr-1-15

### Caratteristiche dell'armatura



Lunghezza totale: 26.85 m

Calcestruzzo: C25/30

Numero di campate: 8

Acciaio d'armatura: B450C

#### Armatura longitudinale

Posizione	Tipologia di ferro	Barre	As [cm <sup>2</sup> ]	Lunghezza di calcolo [cm]	Ancoraggio [cm]	Lunghezza complessiva [cm]
1	Corrente - Superiore	2 Ø 20	6.28	2700	48	2748
2	Corrente - Inferiore	2 Ø 20	6.28	2720	60	2780
3	Ferro in appoggio - Inferiore	1 Ø 20	3.14	200	0	200
4	Ferro in appoggio - Superiore	1 Ø 20	3.14	200	0	200

La lunghezza di calcolo delle barre è al netto dell'ancoraggio.

#### Armatura trasversale

Campata	Ampiezza campo [cm]	Φ [mm]	Passo s [cm]	Ast [cm <sup>2</sup> ]	Bracci
1	42	8	21	1.01	2
1	241	8	21	1.01	2
1	42	8	21	1.01	2
2	42	8	21	1.01	2
2	226	8	21	1.01	2
2	42	8	21	1.01	2
3	42	8	21	1.01	2
3	171	8	21	1.01	2
3	42	8	21	1.01	2
4	42	8	21	1.01	2
4	136	8	21	1.01	2
4	42	8	21	1.01	2
5	42	8	21	1.01	2
5	101	8	21	1.01	2
5	42	8	21	1.01	2
6	42	8	21	1.01	2
6	371	8	21	1.01	2

6	42	8	21	1.01	2
7	42	8	21	1.01	2
7	246	8	21	1.01	2
7	42	8	21	1.01	2
8	42	8	21	1.01	2
8	281	8	21	1.01	2
8	42	8	21	1.01	2

Verifiche agli stati limite ultimi (cfr NTC § 4.1.2.1)

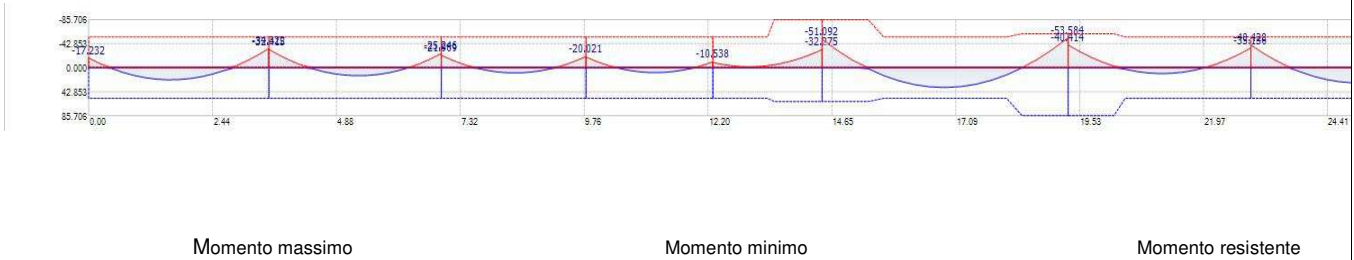
**Campo di rottura**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	$\epsilon_c$ [%]	$\epsilon_s$ [‰]	Campo	$\xi$	$\xi_{lim}$	Verifica
1	0.00	-17.232	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
1	1.55	21.633	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
1	3.55	-34.322	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
2	0.00	-32.415	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
2	1.70	14.352	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
2	3.40	-25.246	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
3	0.00	-21.969	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
3	1.43	9.390	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
3	2.85	-20.021	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
4	0.00	-18.827	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
4	1.41	8.846	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
4	2.50	-10.538	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
5	0.00	-9.322	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
5	0.67	-1.662	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
5	2.15	-32.275	3.50	11.64	III	0.231	0.45	SI
6	0.00	-51.092	3.50	11.64	III	0.231	0.45	SI
6	2.42	35.467	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
6	4.85	-53.584	3.50	15.98	III	0.180	0.45	SI
7	0.00	-40.414	3.50	15.98	III	0.180	0.45	SI
7	1.80	10.637	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
7	3.60	-35.136	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
8	0.00	-40.428	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
8	2.22	27.216	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
8	3.95	-22.200	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI

La verifica assicura un comportamento duttile per strutture iperstatiche e si intende soddisfatta quando  $\xi < \xi_{lim}$

**Verifica di resistenza a flessione** (cfr NTC § 4.1.2.1.2)

Andamento della sollecitazione flessionale: momento sollecitante e momento resistente.

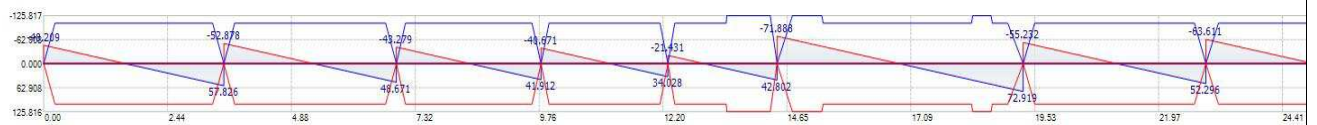


Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	Mrd [kN m]	Mrd/Msd	Verifica
1	0.00	-17.232	6.28	6.28	-54.818	3.18	SI
1	1.55	21.633	6.28	6.28	54.818	2.53	SI
1	3.55	-34.322	6.28	6.28	-54.818	1.60	SI

2	0.00	-32.415	6.28	6.28	-54.818	1.69	SI
2	1.70	14.352	6.28	6.28	54.818	3.82	SI
2	3.40	-25.246	6.28	6.28	-54.818	2.17	SI
3	0.00	-21.969	6.28	6.28	-54.818	2.50	SI
3	1.43	9.390	6.28	6.28	54.818	5.84	SI
3	2.85	-20.021	6.28	6.28	-54.818	2.74	SI
4	0.00	-18.827	6.28	6.28	-54.818	2.91	SI
4	1.41	8.846	6.28	6.28	54.818	6.20	SI
4	2.50	-10.538	6.28	6.28	-54.818	5.20	SI
5	0.00	-9.322	6.28	6.28	-54.818	5.88	SI
5	0.67	-1.662	6.28	6.28	-54.818	32.99	SI
5	2.15	-32.275	6.28	9.42	-85.706	2.66	SI
6	0.00	-51.092	6.28	9.42	-85.706	1.68	SI
6	2.42	35.467	6.28	6.28	54.818	1.55	SI
6	4.85	-53.584	9.42	6.28	-60.437	1.13	SI
7	0.00	-40.414	9.42	6.28	-60.437	1.50	SI
7	1.80	10.637	6.28	6.28	54.818	5.15	SI
7	3.60	-35.136	6.28	6.28	-54.818	1.56	SI
8	0.00	-40.428	6.28	6.28	-54.818	1.36	SI
8	2.22	27.216	6.28	6.28	54.818	2.01	SI
8	3.95	-22.200	6.28	6.28	-54.818	2.47	SI

**Verifica di resistenza a taglio** (cfr NTC § 4.1.2.1.3)

Andamento della sollecitazione tagliante.



Taglio massimo

Taglio minimo

Taglio resistente

Campata	Ascissa [m]	$\alpha$	$\theta$	Vsd [kN]	VRd [kN]	VRsd [kN]	VRcd [kN]	Verifica
1	0.15	90°	21.8	43.432	47.096	105.685	166.122	SI
1	0.57	90°	21.8	31.490	47.096	105.685	166.122	SI
1	0.57	90°	21.8	30.893	47.096	105.685	166.122	SI
1	2.98	90°	21.8	40.510	47.096	105.685	166.122	SI
1	2.98	90°	21.8	41.107	47.096	105.685	166.122	SI
1	3.40	90°	21.8	53.049	47.096	105.685	166.122	SI
2	0.15	90°	21.8	48.101	47.096	105.685	166.122	SI
2	0.57	90°	21.8	36.158	47.096	105.685	166.122	SI
2	0.57	90°	21.8	35.561	47.096	105.685	166.122	SI
2	2.83	90°	21.8	31.354	47.096	105.685	166.122	SI
2	2.83	90°	21.8	31.951	47.096	105.685	166.122	SI
2	3.25	90°	21.8	43.894	47.096	105.685	166.122	SI
3	0.15	90°	21.8	38.502	47.096	105.685	166.122	SI
3	0.57	90°	21.8	26.559	47.096	105.685	166.122	SI
3	0.57	90°	21.8	25.962	47.096	105.685	166.122	SI
3	2.28	90°	21.8	24.595	47.096	105.685	166.122	SI
3	2.28	90°	21.8	25.192	47.096	105.685	166.122	SI
3	2.70	90°	21.8	37.135	47.096	105.685	166.122	SI
4	0.15	90°	21.8	35.894	47.096	105.685	166.122	SI
4	0.57	90°	21.8	23.951	47.096	105.685	166.122	SI
4	0.57	90°	21.8	23.354	47.096	105.685	166.122	SI

4	1.93	90°	21.8	16.711	47.096	105.685	166.122	SI
4	1.93	90°	21.8	17.308	47.096	105.685	166.122	SI
4	2.35	90°	21.8	29.250	47.096	105.685	166.122	SI
5	0.15	90°	21.8	16.654	47.096	105.685	166.122	SI
5	0.57	90°	21.8	4.712	47.096	105.685	166.122	SI
5	0.57	90°	21.8	4.115	47.096	105.685	166.122	SI
5	1.58	90°	21.8	25.485	58.175	125.816	197.764	SI
5	1.58	90°	21.8	26.082	58.175	125.816	197.764	SI
5	2.00	90°	21.8	38.025	58.175	125.816	197.764	SI
6	0.15	90°	21.8	67.111	58.175	125.816	197.764	SI
6	0.57	90°	21.8	55.169	58.175	125.816	197.764	SI
6	0.57	90°	21.8	54.571	58.175	125.817	197.764	SI
6	4.28	90°	21.8	55.603	47.096	105.686	166.122	SI
6	4.28	90°	21.8	56.200	47.096	105.685	166.122	SI
6	4.70	90°	21.8	68.142	47.096	105.685	166.122	SI
7	0.15	90°	21.8	50.455	47.096	105.686	166.122	SI
7	0.57	90°	21.8	38.513	47.096	105.686	166.122	SI
7	0.57	90°	21.8	37.916	47.096	105.686	166.122	SI
7	3.03	90°	21.8	34.979	47.096	105.686	166.122	SI
7	3.03	90°	21.8	35.576	47.096	105.685	166.122	SI
7	3.45	90°	21.8	47.519	47.096	105.685	166.122	SI
8	0.15	90°	21.8	58.834	47.096	105.685	166.122	SI
8	0.57	90°	21.8	46.891	47.096	105.685	166.122	SI
8	0.57	90°	21.8	46.294	47.096	105.685	166.122	SI
8	3.38	90°	21.8	37.076	47.096	105.685	166.122	SI
8	3.38	90°	21.8	37.673	47.096	105.686	166.122	SI
8	3.80	90°	21.8	49.616	47.096	105.686	166.122	SI

$\alpha$ : angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave.

$\theta$ : inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave.  $\theta$  rispetta il limite:  $1 \leq \cotan\theta \leq 2,5$  (cfr NTC § 4.1.2.1.3.2)

Verifiche agli stati limite di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2)

Verifica di fessurazione (cfr NTC § 4.1.2.2.4)

CONDIZIONI AMBIENTALI: Ambiente Ordinario

Combinazione frequente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	-11.367	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
1	1.55	14.401	6.28	6.28	0.028	0.048	0.400	SI
1	3.55	-22.891	6.28	6.28	0.090	0.153	0.400	SI
2	0.00	-21.582	6.28	6.28	0.080	0.137	0.400	SI
2	1.70	9.531	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
2	3.40	-16.775	6.28	6.28	0.046	0.078	0.400	SI
3	0.00	-14.614	6.28	6.28	0.030	0.051	0.400	SI
3	1.43	6.244	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
3	2.85	-13.291	6.28	6.28	0.019	0.032	0.400	SI
4	0.00	-12.525	6.28	6.28	0.011	0.018	0.400	SI
4	1.41	5.892	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
4	2.50	-6.974	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.00	-6.152	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.67	-1.087	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
5	2.15	-21.504	6.28	9.42	0.033	0.055	0.400	SI
6	0.00	-33.959	6.28	9.42	0.068	0.116	0.400	SI
6	2.42	23.583	6.28	6.28	0.095	0.161	0.400	SI
6	4.85	-35.640	9.42	6.28	0.163	0.277	0.400	SI
7	0.00	-26.881	9.42	6.28	0.103	0.175	0.400	SI
7	1.80	7.058	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
7	3.60	-23.374	6.28	6.28	0.093	0.159	0.400	SI
8	0.00	-26.936	6.28	6.28	0.119	0.203	0.400	SI

8	2.22	18.117	6.28	6.28	0.055	0.094	0.400	SI
8	3.95	-14.670	6.28	6.28	0.030	0.052	0.400	SI

**Combinazione quasi permanente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	-10.791	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
1	1.55	13.715	6.28	6.28	0.023	0.039	0.300	SI
1	3.55	-21.817	6.28	6.28	0.082	0.139	0.300	SI
2	0.00	-20.556	6.28	6.28	0.073	0.124	0.300	SI
2	1.70	9.069	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
2	3.40	-15.967	6.28	6.28	0.040	0.068	0.300	SI
3	0.00	-13.915	6.28	6.28	0.024	0.041	0.300	SI
3	1.43	5.944	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
3	2.85	-12.648	6.28	6.28	0.012	0.021	0.300	SI
4	0.00	-11.926	6.28	6.28	0.002	0.004	0.300	SI
4	1.41	5.613	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
4	2.50	-6.629	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.00	-5.842	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.67	-1.030	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
5	2.15	-20.487	6.28	9.42	0.030	0.050	0.300	SI
6	0.00	-32.325	6.28	9.42	0.064	0.108	0.300	SI
6	2.42	22.451	6.28	6.28	0.087	0.147	0.300	SI
6	4.85	-33.934	9.42	6.28	0.151	0.257	0.300	SI
7	0.00	-25.594	9.42	6.28	0.094	0.160	0.300	SI
7	1.80	6.714	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
7	3.60	-22.258	6.28	6.28	0.085	0.145	0.300	SI
8	0.00	-25.663	6.28	6.28	0.110	0.187	0.300	SI
8	2.22	17.254	6.28	6.28	0.049	0.084	0.300	SI
8	3.95	-13.936	6.28	6.28	0.025	0.042	0.300	SI

**Verifica delle tensioni di esercizio** (cfr NTC § 4.1.2.2.5)

**Combinazione rara.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	σc [N/mm <sup>2</sup> ]	σc limite [N/mm <sup>2</sup> ]	σs trazione [N/mm <sup>2</sup> ]	σs comp. [N/mm <sup>2</sup> ]	σs limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	-12.808	6.28	6.28	-3.728	-14.940	9.392	-43.477	360.000	SI
1	1.55	16.113	6.28	6.28	-4.586	-14.940	25.649	-50.798	360.000	SI
1	3.55	-25.576	6.28	6.28	-7.164	-14.940	85.148	-70.775	360.000	SI
2	0.00	-24.146	6.28	6.28	-6.774	-14.940	75.538	-67.871	360.000	SI
2	1.70	10.684	6.28	6.28	-3.226	-14.940	1.401	-38.902	360.000	SI
2	3.40	-18.795	6.28	6.28	-5.312	-14.940	41.197	-56.652	360.000	SI
3	0.00	-16.361	6.28	6.28	-4.652	-14.940	27.017	-51.346	360.000	SI
3	1.43	6.993	6.28	6.28	-2.509	-14.940	-7.295	-31.859	360.000	SI
3	2.85	-14.897	6.28	6.28	-4.263	-14.940	19.212	-48.104	360.000	SI
4	0.00	-14.021	6.28	6.28	-4.035	-14.940	14.887	-46.160	360.000	SI
4	1.41	6.590	6.28	6.28	-2.440	-14.940	-8.003	-31.151	360.000	SI
4	2.50	-7.835	6.28	6.28	-2.655	-14.940	-33.342	-5.802	360.000	SI
5	0.00	-6.928	6.28	6.28	-2.498	-14.940	-31.745	-7.409	360.000	SI
5	0.67	-1.231	6.28	6.28	-1.517	-14.940	-21.740	-17.414	360.000	SI
5	2.15	-24.045	6.28	9.42	-5.900	-14.940	67.794	-63.496	360.000	SI
6	0.00	-38.044	6.28	9.42	-8.812	-14.940	140.976	-88.473	360.000	SI
6	2.42	26.411	6.28	6.28	-7.392	-14.940	90.816	-72.458	360.000	SI
6	4.85	-39.906	9.42	6.28	-9.181	-14.940	169.523	-137.713	360.000	SI
7	0.00	-30.098	9.42	6.28	-6.996	-14.940	103.492	-104.935	360.000	SI
7	1.80	7.918	6.28	6.28	-2.669	-14.940	-5.647	-33.490	360.000	SI
7	3.60	-26.164	6.28	6.28	-7.324	-14.940	89.136	-71.961	360.000	SI
8	0.00	-30.119	6.28	6.28	-8.398	-14.940	116.352	-79.812	360.000	SI
8	2.22	20.272	6.28	6.28	-5.715	-14.940	50.337	-59.809	360.000	SI
8	3.95	-16.504	6.28	6.28	-4.691	-14.940	27.812	-51.661	360.000	SI

**σc limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.40 § 4.1.2.2.5  
**σs limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.42 § 4.1.2.2.5

Combinazione quasi permanente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Ac [cm <sup>2</sup> ]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	σc [N/mm <sup>2</sup> ]	σc limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	-10.791	900.00	6.28	6.28	-3.250	-11.205	SI
1	1.55	13.715	900.00	6.28	6.28	-3.956	-11.205	SI
1	3.55	-21.817	900.00	6.28	6.28	-6.138	-11.205	SI
2	0.00	-20.556	900.00	6.28	6.28	-5.793	-11.205	SI
2	1.70	9.069	900.00	6.28	6.28	-2.886	-11.205	SI
2	3.40	-15.967	900.00	6.28	6.28	-4.547	-11.205	SI
3	0.00	-13.915	900.00	6.28	6.28	-4.007	-11.205	SI
3	1.43	5.944	900.00	6.28	6.28	-2.329	-11.205	SI
3	2.85	-12.648	900.00	6.28	6.28	-3.688	-11.205	SI
4	0.00	-11.926	900.00	6.28	6.28	-3.513	-11.205	SI
4	1.41	5.613	900.00	6.28	6.28	-2.272	-11.205	SI
4	2.50	-6.629	900.00	6.28	6.28	-2.447	-11.205	SI
5	0.00	-5.842	900.00	6.28	6.28	-2.311	-11.205	SI
5	0.67	-1.030	900.00	6.28	6.28	-1.482	-11.205	SI
5	2.15	-20.487	900.00	6.28	9.42	-5.155	-11.205	SI
6	0.00	-32.325	900.00	6.28	9.42	-7.627	-11.205	SI
6	2.42	22.451	900.00	6.28	6.28	-6.311	-11.205	SI
6	4.85	-33.934	900.00	9.42	6.28	-7.854	-11.205	SI
7	0.00	-25.594	900.00	9.42	6.28	-5.979	-11.205	SI
7	1.80	6.714	900.00	6.28	6.28	-2.461	-11.205	SI
7	3.60	-22.258	900.00	6.28	6.28	-6.258	-11.205	SI
8	0.00	-25.663	900.00	6.28	6.28	-7.188	-11.205	SI
8	2.22	17.254	900.00	6.28	6.28	-4.893	-11.205	SI
8	3.95	-13.936	900.00	6.28	6.28	-4.013	-11.205	SI

**σc limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.41 § 4.1.2.2.5

## 15. Verifiche geometriche dell’armatura Tr-1-15

Verifiche di dettaglio costruttivo (cfr NTC § 4.1.6)

Lunghezze critiche e vincoli geometrici (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Lunghezza [m]	Sezione	B [cm]	H [cm]	B/H	Zona Critica [cm]
1	355	R 30 X 30	30	30	1.0	30
2	340	R 30 X 30	30	30	1.0	30
3	285	R 30 X 30	30	30	1.0	30
4	250	R 30 X 30	30	30	1.0	30
5	215	R 30 X 30	30	30	1.0	30
6	485	R 30 X 30	30	30	1.0	30
7	360	R 30 X 30	30	30	1.0	30
8	395	R 30 X 30	30	30	1.0	30

### CRITERIO STATICO

Armatura longitudinale (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Ascissa [cm]	As,c [cm <sup>2</sup> ]	As,c,max [cm <sup>2</sup> ]	As,t,min [cm <sup>2</sup> ]	As,t [cm <sup>2</sup> ]	As,t,max [cm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
1	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
1	estremo dx	3.4	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI

2	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
2	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
2	estremo dx	3.3	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
3	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
3	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
3	estremo dx	2.7	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
4	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
4	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
4	estremo dx	2.4	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
5	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
5	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
5	estremo dx	2.0	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
6	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
6	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
6	estremo dx	4.7	9.42	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
7	estremo sx	0.2	9.42	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
7	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
7	estremo dx	3.5	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
8	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
8	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
8	estremo dx	3.8	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI

**Armatura trasversale** (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Astaffe,min [cm <sup>2</sup> /m]	Astaffe [cm <sup>2</sup> /m]	Verifica	Passo [cm]	Passomax [cm]	Verifica
1	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
1	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
1	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
2	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
2	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
2	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
3	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
3	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
3	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
4	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
4	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
4	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
5	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
5	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
5	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
6	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
6	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
6	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
7	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
7	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
7	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
8	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
8	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
8	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI

## 16. Pilastro 2

### Caratteristiche dell'armatura

Pilastro 2

Altezza totale: 3.00 m

Calcestruzzo: C25/30

Numero di piani: 1

Acciaio d'armatura: B450C

### Armatura longitudinale

Posizione	Tipologia di ferro	Barre	Lunghezza di calcolo [cm]	Ancoraggio [cm]	Lunghezza complessiva [cm]
1	Corrente	8 Æ 12	300	0	300

La lunghezza di calcolo delle barre è al netto dell'ancoraggio, per i pilastri all'ultimo impalcato è al netto anche del copriferro

### Dettagli costruttivi per analisi statica (cfr NTC § 4.1.6.1.2)

Campata	$\Phi_{min}$ [mm]	$\Phi$ [mm]	$i_{max}$ [cm]	$i$ [cm]	$A_{s,min}$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_s$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_{s,max}$ [cm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	12	12	30	21.2	2.7	9.04	36.0	SI

### Dettagli costruttivi per analisi sismica (cfr NTC § 7.4.6.2.2)

Campata	Base [cm]	Altezza [cm]	L min [cm]	$\rho_{min}$ [%]	$\rho$ [%]	$\rho_{max}$ [%]	$i_{max}$ [cm]	$i$ [cm]	Verifica
1	30.0	30.0	25	1	1	4	25	21.2	SI

### Armatura trasversale

### Dettagli costruttivi per analisi statica (cfr NTC § 4.1.6.1.2)

Campata	Ampiezza campo [cm]	Bracci X/Y	$\Phi_{min}$ [mm]	$\Phi$ [mm]	Passo max [cm]	Passo [cm]	$A_{st X/Y}$ [cm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	56	2/2	6	8	14.4	9	1.0/1.0	SI
1	173	2/2	6	8	14.4	14	1.0/1.0	SI
1	56	2/2	6	8	14.4	9	1.0/1.0	SI

### Dettagli costruttivi per analisi sismica (cfr NTC § 7.4.6.2.2)

Campata	Ampiezza campo [cm]	Bracci X/Y	$\Phi_{min}$ [mm]	$\Phi$ [mm]	Passo max [cm]	Passo [cm]	$A_{st X/Y}$ [cm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	56	2/2	6	8	9.6	9	1.0/1.0	SI
1	173	2/2	6	8	14.4	14	1.0/1.0	SI
1	56	2/2	6	8	9.6	9	1.0/1.0	SI

## Verifiche agli stati limite ultimi (cfr NTC § 4.1.2)

## Verifica di resistenza a flessione e pressoflessione (cfr NTC § 4.1.2.1.3)

Campata	Ascissa [m]	Nsd [kN m]	Mxsd [kN m]	Mysd [kN m]	comb.	CMyk	CMxk	CMxMyk	CsMin	Verifica
1	0.00	-108.055	-2.516	4.442	Invilupp o	9.591	16.720	8.387	8.387	SI
1	0.00	-108.055	-6.520	1.929	Invilupp o	21.501	6.560	6.135	6.135	SI
1	0.00	-108.055	-2.516	1.929	Invilupp o	22.081	16.999	13.408	13.408	SI
1	0.00	-108.055	-6.520	4.442	Invilupp o	9.339	6.452	5.386	5.386	SI
1	0.00	-235.469	-2.516	4.442	Invilupp o	12.047	20.977	9.893	9.893	SI
1	0.00	-235.469	-6.520	1.929	Invilupp o	26.940	8.242	7.505	7.505	SI
1	0.00	-235.469	-2.516	1.929	Invilupp o	27.735	21.359	15.639	15.639	SI
1	0.00	-235.469	-6.520	4.442	Invilupp o	11.702	8.095	6.295	6.295	SI
1	0.94	-105.985	-4.488	-2.013	Invilupp o	20.790	9.481	8.521	8.521	SI
1	0.94	-105.985	-4.488	-4.419	Invilupp o	9.469	9.328	6.812	6.812	SI
1	0.94	-232.779	-4.488	-2.013	Invilupp o	26.163	11.945	10.339	10.339	SI
1	0.94	-232.779	-4.488	-4.419	Invilupp o	11.917	11.740	7.921	7.921	SI
1	1.69	-107.641	-6.113	2.670	Invilupp o	15.566	6.959	6.296	6.296	SI
1	1.69	-107.641	-6.113	1.141	Invilupp o	36.422	7.030	6.724	6.724	SI
1	1.69	-234.931	-6.113	2.670	Invilupp o	19.528	8.744	7.634	7.634	SI
1	1.69	-234.931	-6.113	1.141	Invilupp o	45.693	8.839	8.316	8.316	SI
1	2.25	-103.088	-1.644	-7.532	Invilupp o	5.617	24.755	5.357	5.357	SI
1	2.25	-103.088	-1.644	-16.825	Invilupp o	2.515	23.209	2.475	2.475	SI
1	2.25	-229.013	-1.644	-7.532	Invilupp o	7.100	31.167	6.633	6.633	SI
1	2.25	-229.013	-1.644	-16.825	Invilupp o	3.178	29.020	3.100	3.100	SI
1	3.00	-101.433	0.018	-10.686	Invilupp o	4.001	2235.158	3.999	3.999	SI
1	3.00	-101.433	-0.019	-23.913	Invilupp o	1.788	1839.759	1.788	1.788	SI
1	3.00	-101.433	0.018	-23.913	Invilupp o	1.788	1942.070	1.788	1.788	SI
1	3.00	-101.433	-0.019	-10.686	Invilupp o	4.001	2117.406	3.999	3.999	SI
1	3.00	-226.861	0.018	-10.686	Invilupp o	5.050	2806.751	5.048	5.048	SI
1	3.00	-226.861	-0.019	-23.913	Invilupp o	2.257	2328.687	2.256	2.256	SI
1	3.00	-226.861	0.018	-23.913	Invilupp	2.257	2458.188	2.256	2.256	SI

					o					
1	3.00	-226.861	-0.019	-10.686	Invilupp o	5.050	2658.887	5.048	5.048	SI

I coefficienti di sicurezza si riferiscono al dominio di rottura della sezione ottenuto ad azione assiale N costante.

**CMxk:** coefficiente di sicurezza calcolato a momento Mx costante

**CMyk:** coefficiente di sicurezza calcolato a momento My costante

**CMxMyk:** coefficiente di sicurezza calcolato a rapporto Mx/My costante

**CsMin:** coefficiente di sicurezza minimo tra i tre CMxk, CMyk, CMxMyk

#### Legenda combinazioni

n° comb.	combinazione
1	Inviluppo

#### Verifica di resistenza a taglio (cfr NTC § 4.1.2.1.3)

Campata	Ascissa [m]	Staffe	Vsdx [kN]	VRdx [kN]	θx	Vsdy [kN]	VRdy [kN]	θy	Verifica
1	0.00	Ø 8/9	9.452	196.796	27.1	2.167	196.796	27.1	SI
1	0.94	Ø 8/14	9.452	161.044	21.8	2.167	161.044	21.8	SI
1	1.69	Ø 8/14	9.452	161.044	21.8	2.167	161.044	21.8	SI
1	2.25	Ø 8/14	9.452	161.044	21.8	2.167	161.044	21.8	SI
1	3.00	Ø 8/9	9.452	196.796	27.1	2.167	196.796	27.1	SI

θ: inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse. θ rispetta il limite:  $1 \leq \cotan \theta \leq 2,5$  (cfr NTC § 4.1.2.1.3.2)

#### Verifiche agli stati limite di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2)

#### Verifica delle tensioni di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2.5)

#### Combinazione rara.

Campata	Ascissa [m]	comb.	σc [N/mm²]	σc limite [N/mm²]	σs trazione [N/mm²]	σs comp. [N/mm²]	σs limite [N/mm²]	Verifica
1	0.00	Inviluppo	-2.271	-14.940	-3.534	-28.820	360.000	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.419	-14.940	-1.918	-30.382	360.000	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.026	-14.940	-6.142	-26.216	360.000	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.696	-14.940	1.228	-33.275	360.000	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.903	-14.940	-13.028	-38.296	360.000	SI
1	0.00	Inviluppo	-3.043	-14.940	-11.536	-39.788	360.000	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.658	-14.940	-15.625	-35.699	360.000	SI
1	0.00	Inviluppo	-3.288	-14.940	-8.940	-42.384	360.000	SI
1	0.94	Inviluppo	-2.105	-14.940	-4.766	-26.972	360.000	SI
1	0.94	Inviluppo	-2.338	-14.940	-2.272	-29.436	360.000	SI
1	0.94	Inviluppo	-2.738	-14.940	-14.249	-36.455	360.000	SI
1	0.94	Inviluppo	-2.966	-14.940	-11.829	-38.876	360.000	SI
1	1.69	Inviluppo	-2.351	-14.940	-2.557	-29.649	360.000	SI
1	1.69	Inviluppo	-2.197	-14.940	-4.216	-28.018	360.000	SI
1	1.69	Inviluppo	-2.980	-14.940	-12.108	-39.093	360.000	SI
1	1.69	Inviluppo	-2.829	-14.940	-13.701	-37.500	360.000	SI
1	2.25	Inviluppo	-2.831	-14.940	5.035	-34.297	360.000	SI
1	2.25	Inviluppo	-4.427	-14.940	37.843	-48.484	360.000	SI
1	2.25	Inviluppo	-3.336	-14.940	-7.166	-42.671	360.000	SI
1	2.25	Inviluppo	-4.398	-14.940	6.196	-53.565	360.000	SI
1	3.00	Inviluppo	-3.487	-14.940	21.223	-39.662	360.000	SI
1	3.00	Inviluppo	-5.889	-14.940	89.500	-57.768	360.000	SI
1	3.00	Inviluppo	-5.887	-14.940	89.479	-57.747	360.000	SI
1	3.00	Inviluppo	-3.488	-14.940	21.238	-39.677	360.000	SI
1	3.00	Inviluppo	-3.717	-14.940	-2.092	-46.528	360.000	SI
1	3.00	Inviluppo	-5.666	-14.940	34.544	-64.449	360.000	SI
1	3.00	Inviluppo	-5.665	-14.940	34.528	-64.434	360.000	SI
1	3.00	Inviluppo	-3.718	-14.940	-2.082	-46.539	360.000	SI

**σc limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.40 § 4.1.2.2.5  
**σs limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.42 § 4.1.2.2.5

Legenda combinazioni

n° comb.	combinazione
1	Inviluppo

Combinazione quasi permanente.

Campata	Ascissa [m]	comb.	σc [N/mm²]	σc limite [N/mm²]	Verifica
1	0.00	Inviluppo	-2.210	-11.205	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.251	-11.205	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.064	-11.205	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.402	-11.205	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.594	-11.205	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.634	-11.205	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.448	-11.205	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.781	-11.205	SI
1	0.94	Inviluppo	-1.995	-11.205	SI
1	0.94	Inviluppo	-2.135	-11.205	SI
1	0.94	Inviluppo	-2.379	-11.205	SI
1	0.94	Inviluppo	-2.519	-11.205	SI
1	1.69	Inviluppo	-2.135	-11.205	SI
1	1.69	Inviluppo	-2.046	-11.205	SI
1	1.69	Inviluppo	-2.519	-11.205	SI
1	1.69	Inviluppo	-2.430	-11.205	SI
1	2.25	Inviluppo	-2.779	-11.205	SI
1	2.25	Inviluppo	-3.687	-11.205	SI
1	2.25	Inviluppo	-3.053	-11.205	SI
1	2.25	Inviluppo	-3.732	-11.205	SI
1	3.00	Inviluppo	-3.485	-11.205	SI
1	3.00	Inviluppo	-4.933	-11.205	SI
1	3.00	Inviluppo	-4.931	-11.205	SI
1	3.00	Inviluppo	-3.487	-11.205	SI
1	3.00	Inviluppo	-3.557	-11.205	SI
1	3.00	Inviluppo	-4.809	-11.205	SI
1	3.00	Inviluppo	-4.808	-11.205	SI
1	3.00	Inviluppo	-3.558	-11.205	SI

**σc limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.41 § 4.1.2.2.5

Legenda combinazioni

n° comb.	combinazione
1	Inviluppo

Verifiche allo stato limite ultimo sismico

Campata	Ascissa [m]	Nsd [kN m]	Mxsd [kN m]	Mysd [kN m]	comb.	CMyk	CMxk	CMxMyk	CsMin	Verifica
1	0.00	-144.370	31.162	17.772	Inviluppo	1.857	1.322	1.255	1.255	SI
1	0.00	-144.370	-38.048	-12.376	Inviluppo	1.918	1.127	1.115	1.115	SI
1	0.00	-144.370	31.162	-12.376	Inviluppo	2.666	1.376	1.335	1.335	SI
1	0.00	-144.370	-38.048	17.772	Inviluppo	1.336	1.083	1.073	1.073	SI
1	0.00	-148.683	31.162	17.772	Inviluppo	1.885	1.336	1.265	1.265	SI

					o					
1	0.00	-148.683	-38.048	-12.376	Invilupp o	1.963	1.139	1.126	1.126	SI
1	0.00	-148.683	31.162	-12.376	Invilupp o	2.707	1.390	1.347	1.347	SI
1	0.00	-148.683	-38.048	17.772	Invilupp o	1.367	1.094	1.082	1.082	SI
1	0.94	-142.301	21.388	3.228	Invilupp o	12.323	2.131	2.080	2.080	SI
1	0.94	-142.301	-26.121	-8.731	Invilupp o	4.250	1.679	1.616	1.616	SI
1	0.94	-142.301	21.388	-8.731	Invilupp o	4.556	2.051	1.933	1.933	SI
1	0.94	-142.301	-26.121	3.228	Invilupp o	11.495	1.745	1.717	1.717	SI
1	0.94	-146.614	21.388	3.228	Invilupp o	12.448	2.153	2.101	2.101	SI
1	0.94	-146.614	-26.121	-8.731	Invilupp o	4.284	1.697	1.631	1.631	SI
1	0.94	-146.614	21.388	-8.731	Invilupp o	4.602	2.072	1.951	1.951	SI
1	0.94	-146.614	-26.121	3.228	Invilupp o	11.588	1.763	1.734	1.734	SI
1	1.69	-143.956	29.207	14.863	Invilupp o	2.387	1.442	1.382	1.382	SI
1	1.69	-143.956	-35.663	-11.647	Invilupp o	2.314	1.209	1.190	1.190	SI
1	1.69	-143.956	29.207	-11.647	Invilupp o	3.046	1.476	1.424	1.424	SI
1	1.69	-143.956	-35.663	14.863	Invilupp o	1.813	1.181	1.160	1.160	SI
1	1.69	-148.269	29.207	14.863	Invilupp o	2.402	1.457	1.394	1.394	SI
1	1.69	-148.269	-35.663	-11.647	Invilupp o	2.353	1.221	1.201	1.201	SI
1	1.69	-148.269	29.207	-11.647	Invilupp o	3.066	1.491	1.436	1.436	SI
1	1.69	-148.269	-35.663	14.863	Invilupp o	1.844	1.193	1.171	1.171	SI
1	2.25	-139.404	7.707	-3.625	Invilupp o	12.132	5.874	5.245	5.245	SI
1	2.25	-139.404	-9.424	-17.138	Invilupp o	2.535	4.352	2.297	2.297	SI
1	2.25	-139.404	7.707	-17.138	Invilupp o	2.566	5.321	2.372	2.372	SI
1	2.25	-139.404	-9.424	-3.625	Invilupp o	11.982	4.803	4.392	4.392	SI
1	2.25	-143.716	7.707	-3.625	Invilupp o	12.230	5.918	5.290	5.290	SI
1	2.25	-143.716	-9.424	-17.138	Invilupp o	2.556	4.394	2.315	2.315	SI
1	2.25	-143.716	7.707	-17.138	Invilupp o	2.587	5.373	2.392	2.392	SI
1	2.25	-143.716	-9.424	-3.625	Invilupp o	12.083	4.840	4.429	4.429	SI
1	3.00	-137.748	0.220	-0.709	Invilupp o	65.121	209.670	59.555	59.555	SI
1	3.00	-137.748	-0.213	-28.774	Invilupp o	1.605	158.800	1.604	1.604	SI

1	3.00	-137.748	0.220	-28.774	Invilupp o	1.605	154.180	1.603	1.603	SI
1	3.00	-137.748	-0.213	-0.709	Invilupp o	65.123	215.953	59.706	59.706	SI
1	3.00	-142.061	0.220	-0.709	Invilupp o	65.582	211.154	59.932	59.932	SI
1	3.00	-142.061	-0.213	-28.774	Invilupp o	1.616	160.341	1.615	1.615	SI
1	3.00	-142.061	0.220	-28.774	Invilupp o	1.616	155.676	1.615	1.615	SI
1	3.00	-142.061	-0.213	-0.709	Invilupp o	65.585	217.482	60.085	60.085	SI

I coefficienti di sicurezza si riferiscono al dominio di rottura della sezione ottenuto ad azione assiale N costante.

**CMxk:** coefficiente di sicurezza calcolato a momento Mx costante

**CMyk:** coefficiente di sicurezza calcolato a momento My costante

**CMxMyk:** coefficiente di sicurezza calcolato a rapporto Mx/My costante

**CsMin:** coefficiente di sicurezza minimo tra i tre CMxk, CMyk, CMxMyk

#### Legenda combinazioni

n° comb.	combinazione
1	Inviluppo

#### Verifica di resistenza a taglio

Campata	Ascissa [m]	Staffe	Vsdx [kN]	VRdx [kN]	$\theta_x$	Vsdy [kN]	VRdy [kN]	$\theta_y$	Verifica
1	0.00	Ø 8/9	15.515	196.796	27.1	12.723	196.796	27.1	SI
1	0.94	Ø 8/14	15.515	161.044	21.8	12.723	161.044	21.8	SI
1	1.69	Ø 8/14	15.515	161.044	21.8	12.723	161.044	21.8	SI
1	2.25	Ø 8/14	15.515	161.044	21.8	12.723	161.044	21.8	SI
1	3.00	Ø 8/9	15.515	196.796	27.1	12.723	196.796	27.1	SI

$\theta$ : inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse.  $\theta$  rispetta il limite:  $1 \leq \cotan\theta \leq 2,5$  (cfr NTC § 4.1.2.1.3.2)

#### Verifiche allo stato limite ultimo sismico in gerarchia delle resistenze

Campata	Ascissa [m]	Nsd [kN m]	Mxsd [kN m]	Mysd [kN m]	CMyk	CMxk	CMxMyk	CsMin	Verifica

I coefficienti di sicurezza si riferiscono al dominio di rottura della sezione ottenuto ad azione assiale N costante.

**Msd,i:** azione sollecitante valutata in gerarchia delle resistenze (cfr NTC § 7.4.4.2.1)

**CMxk:** coefficiente di sicurezza calcolato a momento Mx costante

**CMyk:** coefficiente di sicurezza calcolato a momento My costante

**CMxMyk:** coefficiente di sicurezza calcolato a rapporto Mx/My costante

**CsMin:** coefficiente di sicurezza minimo tra i tre CMxk, CMyk, CMxMyk

#### Verifica di resistenza a taglio

Campata	Ascissa [m]	Staffe	Vsdx [kN]	VRdx [kN]	$\theta_x$	Vsdy [kN]	VRdy [kN]	$\theta_y$	Verifica

$\theta$ : inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse.  $\theta$  rispetta il limite:  $1 \leq \cotan\theta \leq 2,5$  (cfr NTC § 4.1.2.1.3.2)

**Vsd,i:** azione sollecitante valutata in gerarchia delle resistenze (cfr NTC § 7.4.4.2.1)

## Conclusione

Nel rispetto di quanto richiesto nel capitolo 10 dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 ed al fine di fornire un giudizio motivato di accettabilità dei valori raggiunti, alla luce delle verifiche e dei calcoli effettuati, di cui è data spiegazione nel presente documento, il progettista strutturale ritiene che i risultati ottenuti relativamente al progetto in oggetto siano conformi a quanto previsto dai regolamenti e dalle leggi vigenti in materia.

A supporto di tale affermazione il progettista dichiara di aver controllato accuratamente i tabulati ottenuti mediante codice di calcolo, di aver preliminarmente esaminato il software di calcolo, ritenendolo affidabile ed idoneo alla struttura in oggetto, di aver confrontato i risultati ottenuti da analisi computazionale con semplici calcoli di massima svolti dallo stesso progettista e di aver infine esaminato gli stati tensionali e deformativi, ritenendoli consistenti e coerenti con la modellazione della struttura analizzata.



# RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

**spogliatoi**

Monza (MB)



## Indice

1. Premessa
2. Descrizione opera
3. Dati generali relativi alla struttura
4. Riferimenti legislativi
5. Parametri dei materiali utilizzati
6. Combinazioni di carico
7. Azione sismica
8. Metodi di verifica e caratteristiche del codice di calcolo
9. 1
10. 2
11. 3
12. 4
13. 5
14. 6
15. 7
16. 10
17. Conclusione
18. Principali risultati
19. Allegati



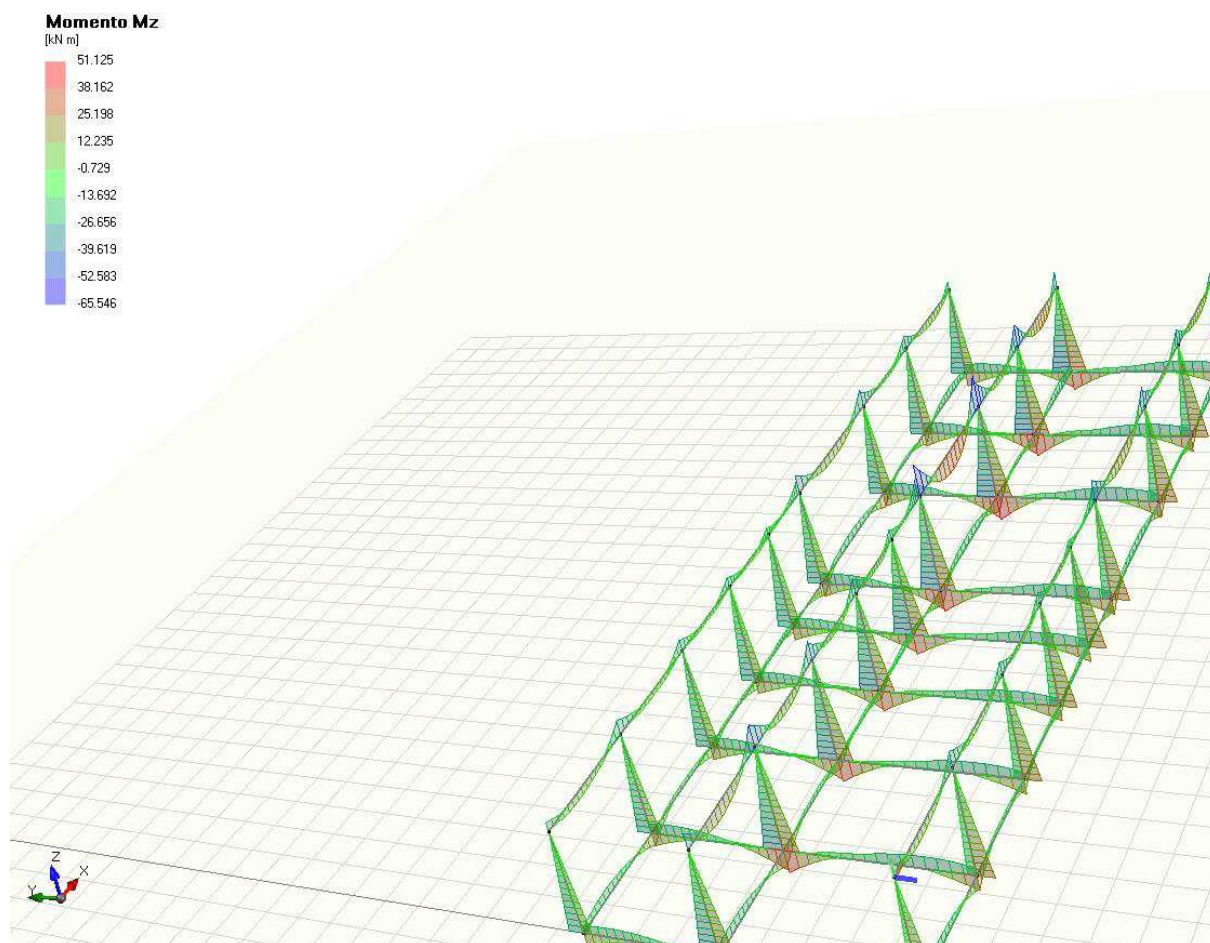
## 1. Premessa

Il presente elaborato costituisce la relazione di calcolo strutturale, comprensiva di una descrizione generale dell'opera e dei criteri generali di analisi e verifica, in accordo con le prescrizioni contenute nel paragrafo 10.1 delle "Norme Tecniche" per le Costruzioni. Relativamente al progetto in oggetto il documento descrive in particolare le modalità operative di applicazione della normativa vigente. Le fasi di progetto, analisi, calcolo e verifica sono state svolte a "regola d'arte" dal progettista, secondo i dettami della scienza e tecnica delle costruzioni. Per verificare gli elementi strutturali e le sezioni sollecitate dalle azioni di modello ed al fine di garantire la sicurezza della costruzione è stato utilizzato il metodo agli stati limite, rispettando le prescrizioni previste dalle normative di riferimento elencate nel documento. Si riporta di seguito in proposito l'insieme delle verifiche strutturali, atte a garantire la resistenza ed il comportamento della struttura sia in condizioni di esercizio che sotto l'azione di eventi di carico straordinari. Secondo le indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni la relazione di calcolo riporta infine una sezione relativa alle analisi svolte con l'ausilio di codici di calcolo automatico, al fine di facilitare l'interpretazione e la verifica dei calcoli svolti e di consentire elaborazioni indipendenti da parte di soggetti diversi dal redattore del documento.

## 2. Descrizione dell'opera

Oggetto di questa analisi è una struttura costituita da un corpo di fabbrica, un piano interrato e due piani fuori terra.

La struttura portante è in calcestruzzo armato con elementi di copertura in legno. Gli elementi di fondazione sono realizzati in cemento armato e sono collegati fra loro. I solai degli impalcati sono realizzati in laterocemento. Le tamponature sono realizzate con elementi alleggeriti.



### 3 Dati generali

In questo paragrafo si riportano le caratteristiche generali relative all'opera, alla località di ubicazione ed i dati anagrafici dei soggetti coinvolti nell'intervento.

#### 3.1 Caratteristiche

<b>Nome Progetto:</b>	spogliatoi		
<b>Tipologia opera:</b>	Edificio residenziale	<b>Tipologia di intervento:</b>	Nuova costruzione
<b>Normativa di riferimento:</b>	Stati limite Norme Tecniche 2008		
<b>Tipo di analisi:</b>	Dinamica modale FEM	<b>Classe d'uso dell'edificio:</b>	II

#### 3.2 Località

Descrizione area:			
Comune:	Monza	Provincia:	(MB)
Longitudine:	9.2759 °	Latitudine:	45.5834 °
Altitudine:	162		
Indirizzo:			

#### 3.3 Dati per analisi sismica

<b>Vita nominale della struttura:</b> 50 anni	<b>Zona Sismica:</b> 3
---	------------------------

#### 3.4 Soggetti coinvolti

**Progettista strutture:** Roselli Cesare

**Progettista opera:** Arch. Matteo Esposito

**Proprietà:** GES MONZA 1946 SSD srl

**Progettista architettonico:** Arch. Matteo Esposito

**Direttore Lavori:** Arch. Matteo Esposito

**Committente:** GES MONZA 1946 SSD srl

## 4. Riferimenti normativi

I calcoli della presente relazione fanno riferimento alla normativa vigente ed in particolare:

### Normativa nazionale

- *Decreto Ministeriale 14 Gennaio 2008*  
"Norme Tecniche per le Costruzioni 2008", pubblicato sul S.O. n° 30 alla G.U. n° 29 del 4 febbraio 2008.
- *Circolare 2 febbraio 2009, n. 617*  
"Circolare applicativa delle NTC2008 D.M. 14.01.2008 - Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27)"
- *Decreto Ministeriale 16 gennaio 1996.*  
"Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche. (G.U. 5-2-1996, N. 29)"
- *Circolare 10 aprile 1997, n. 65/AA.GG.*  
"Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996"
- *Decreto Ministeriale 16 Gennaio 1996*  
"Carichi e sovraccarichi - Norme tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni, e dei carichi e sovraccarichi'. (G.U. 5-2-1996, N. 29)"
- *Circolare 4 luglio 1996, n. 156 AA.GG./STC.*  
"Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996. (G.U. 16-9-1996, n. 217 - supplemento)"
- *Decreto Ministeriale 9 Gennaio 1996*  
"Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche. (Da utilizzarsi nel calcolo col metodo degli stati limite) (G.U. 5-2-1996, N. 29)"
- *Circolare 15 ottobre 1996, n. 252 AA.GG./S.T.C.*  
"Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996. (G.U. 26-11-1996, n. 277 - suppl.)"
- *Decreto Ministeriale 20 novembre 1987*  
"Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento. (Suppl. Ord. alla G.U. 5-12-1987, n. 285)"
- *Decreto Ministeriale dell'11-3-1988*  
"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle opere di fondazione"
- *Decreto Ministeriale del 14-2-1992 \**  
"Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche". (G.U. 18-3-1992, N. 65)

### Eurocodici

- *UNI EN 1993-1-1: 2005*  
"Eurocodice 3, parte 1-1 - Progettazione delle strutture di acciaio. Regole generali e regole per gli edifici".
- *UNI EN 1993-1-2: 2005*  
"Eurocodice 3, parte 1-2 - Progettazione delle strutture di acciaio. Regole generali. Progettazione della resistenza all'incendio".
- *UNI EN 1993-1-3: 2007*  
"Eurocodice 3, parte 1-3 - Progettazione delle strutture di acciaio. Regole generali. Regole supplementari per l'impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegati a freddo".
- *UNI ENV 1993-1-4: 2007*  
"Eurocodice 3, parte 1-4 - Progettazione delle strutture di acciaio. Regole generali. Criteri supplementari per acciai inossidabili".

\* *Metodo di calcolo alle tensioni ammissibili, con riferimento al § 2.7 delle Norme Tecniche del 2008*

Relativamente ai metodi di calcolo, è d'obbligo il Metodo agli stati limite di cui al § 2.6 delle Norme Tecniche del 2008.

È ammesso il Metodo di verifica alle Tensioni Ammissibili limitatamente ai casi che ricalcano i seguenti criteri:

- costruzioni di tipo 1 (opere provvisorie, opere provvisionali, strutture in fase costruttiva con vita nominale < 10 anni) e di tipo 2 (opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale con vita nominale > 50 anni);
- costruzioni di classe d'uso I (costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.) o di classe d'uso II (costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in classe d'uso III o in classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti);
- costruzioni in siti ricadenti in Zona 4.

Le norme dette si debbono in tal caso applicare integralmente, salvo per i materiali e i prodotti, le azioni e il collaudo statico, per i quali valgono le prescrizioni riportate nelle norme tecniche del 2008.

## 5. I materiali

I materiali ed i prodotti ad uso strutturale, utilizzati nelle opere oggetto della presente relazione, rispondono ai requisiti indicati dal capitolo 11 delle "Norme Tecniche per le Costruzioni". Questi sono stati identificati univocamente dal produttore, qualificati sotto la sua responsabilità ed accettati dal direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

Sulla base delle verifiche effettuate in sito ed in conformità alle disposizioni normative vigenti si prevede per la realizzazione del progetto in analisi l'adozione dei materiali di seguito descritti.

### Calcestruzzo

Nome: **C25/30**

Tipologia del materiale: calcestruzzo

Classe di resistenza: C25/30

Descrizione:

### Caratteristiche del calcestruzzo

Densità  $\rho$ : 24.525 kN/m<sup>3</sup>

Resistenza caratteristica cilindrica a compressione  $f_{ck}$ : 24.900 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza media a trazione semplice  $f_{ctm}$ : 2.558 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza caratt. trazione semplice, frattile 5%  $f_{ctk,5}$ : 1.791 N/mm<sup>2</sup>

Modulo Elastico  $E_{cm}$ : 30045.089 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente di dilatazione termica lineare  $\alpha_t$ : 1E-05

Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo  $\gamma_c$ : 1,5

Resistenza a trazione di progetto, frattile 5%  $f_{ctd,5}$ : 1.194 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza caratteristica cubica a compressione  $R_{ck}$ : 30.000 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza cilindrica media  $f_{cm}$ : 32.903 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza media a flessione  $f_{ctm}$ : 3.070 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza caratt. trazione semplice, frattile 95%  $f_{ctk,95}$ : 3.326 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente di Poisson  $\nu$ : 0.20

Coefficiente correttivo per la resistenza a compressione  $\alpha_{cc}$ : 0,85

Resistenza a compressione di progetto  $f_{cd}$ : 14.110 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza a trazione di progetto, frattile 95%  $f_{ctd,95}$ : 2.217 N/mm<sup>2</sup>

### Acciaio per cemento armato

Nome: **B450C**

Tipologia del materiale: acciaio per cemento armato

Descrizione:

### Caratteristiche dell'acciaio

Tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk}$ : 450.000 N/mm<sup>2</sup>

Modulo elastico  $E_S$ : 206000.000 N/mm<sup>2</sup>

Allungamento sotto carico massimo  $A_{gt}$ : 67.5 %

Coefficiente di omogeneizzazione  $n$ : 15

Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio  $\gamma_s$ : 1,15

Densità  $\rho$ : 76.518 kN/m<sup>3</sup>

Tensione ammissibile  $\sigma_s$ : 260.000 N/mm<sup>2</sup>

## 6. Azioni e Carichi sulla struttura

Con riferimento al paragrafo 2.5.1.3 delle NTC 2008, le azioni che investono la struttura sono classificate in relazione alla durata della loro presenza nell'arco della vita di progetto come:

- **permanenti (G):** azioni con sufficiente approssimazione costanti nel tempo, tra le quali:
  - peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno);
  - peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
  - spostamenti e deformazioni imposti, previsti dal progetto e realizzati all'atto della costruzione;
- **variabili (Q):** azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo:
  - di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;
  - di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura;
- **sismiche (E):** azioni derivanti dai terremoti.

L'effetto delle azioni viene valutato ai fini delle verifiche con l'approccio semiprobabilistico agli stati limite, secondo diverse combinazioni:

- **Combinazione fondamentale SLU** dei carichi, impiegata per gli stati limite ultimi (nei risultati SLU statica)

$$\gamma G1 \cdot G1 + \gamma G2 \cdot G2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q1 \cdot Qk1 + \gamma Q2 \cdot \psi 02 \cdot Qk2 + \gamma Q3 \cdot \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

- **Combinazione caratteristica CA rara**, impiegata per gli stati limite di esercizio irreversibili (nei risultati SLE rara)

$$G1 + G2 + P + Qk1 + \psi 02 \cdot Qk2 + \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

- **Combinazione frequente FR**, impiegata per gli stati limite di esercizio reversibili (nei risultati SLE frequente)

$$G1 + G2 + P + \psi 11 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

- **Combinazione quasi permanente QP**, impiegata per gli effetti a lungo termine (nei risultati SLE quasi permanente)

$$G1 + G2 + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

- **Combinazione sismica**, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (nei risultati SLU sisma)

$$E + G1 + G2 + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \dots$$

### Dettagli per la combinazione sismica

La valutazione dell'azione sismica E è condotta secondo le specifiche del capitolo 3.2 e in accordo con le prescrizioni del capitolo 7.3.3 delle NTC 2008 per i tipi di analisi sismica lineare sia dinamica che statica.

I risultati così ottenuti per ciascuna direzione, X e Y (eventualmente anche Z), vengono poi combinati secondo le indicazioni del capitolo 7.3.5 delle NTC 2008, ovvero vengono sommati i contributi secondo il seguente criterio:

$$E1 = 1,00 \times Ex + 0,30 \times Ey + 0,30 \times Ez$$

$$E2 = 0,30 \times Ex + 1,00 \times Ey + 0,30 \times Ez$$

$$E3 = 0,30 \times Ex + 0,30 \times Ey + 1,00 \times Ez$$

la rotazione dei coefficienti moltiplicativi permette l'individuazione degli effetti più gravosi, la direzione Z è opzionale in virtù delle prescrizioni al paragrafo 7.2.1 delle NTC 2008.

Nella verifica allo stato limite ultimo si distinguono le combinazioni **EQU**, **STR** e **GEO** (cfr NTC 2008 § 2.6.1), rispettivamente definite come: stato limite di equilibrio EQU, che considera la struttura ed il terreno come corpi rigidi; stato limite di resistenza della struttura STR, da riferimento per tutti gli elementi strutturali, e stato limite di resistenza del terreno GEO.

Nelle verifiche STR e GEO possono essere adottati in alternativa, due diversi approcci progettuali: per l'approccio 1 si considerano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti di sicurezza parziali per le azioni, per i materiali e per la resistenza complessiva, nell'approccio 2 si definisce un'unica combinazione per le azioni, per la resistenza dei materiali e per la resistenza globale.

*Coefficienti parziali per le azioni [cfr. NTC 2008 Tabella 2.6.I].*

		Coefficiente $\gamma_f$	EQU	STR	GEO
Carichi permanenti	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

Le Norme Tecniche prescrivono i valori dei coefficienti  $\psi$  in dipendenza dalle caratteristiche della funzione di ripartizione di ciascuna azione: si ammette infatti che, assieme alle azioni permanenti, esistano combinazioni di azioni in cui una sola azione è presente al valore caratteristico mentre le altre hanno intensità ridotte  $\psi Q_k$ .

Le categorie di azioni variabili ed i rispettivi coefficienti di combinazione utilizzati nell'applicazione dei carichi al modello sono riportati nella tabella seguente:

Destinazione d'uso/azione	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Permanenti	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	1.00	1.00	1.00
Categoria A (domestici e residenziali)	0.70	0.50	0.30
Categoria B (uffici)	0.70	0.50	0.30
Categoria C (aree di congresso)	0.70	0.70	0.60
Categoria D (aree di acquisto)	0.70	0.70	0.60
Categoria E (magazzini, Archivi, scale)	1.00	0.90	0.80
Categoria F (Peso veicoli $\leq 30\text{kN}$ )	0.70	0.70	0.60
Categoria G (Peso veicoli $\leq 160\text{kN}$ )	0.70	0.50	0.30
Categoria H (tetti)	0.00	0.00	0.00
Carichi da Neve	0.70	0.50	0.20
Carichi da Neve sotto 1000m	0.50	0.20	0.00
Carichi da Vento	0.60	0.20	0.00
Variazioni Termiche	0.60	0.50	0.00

## Dettagli per le combinazioni di calcolo ed il progetto dell'armatura.

Per il progetto e la verifica della armature vengono distinti i risultati dell'analisi in condizione statica da quelli dell'analisi sismica.

### Progetto dell'armatura in condizione statica

Il progetto iniziale dell'armatura è condotta considerando i risultati di ciascuna combinazione delle azioni di calcolo in condizione statica, ovvero vengono considerati ed involuppati i risultati massimi e minimi delle seguenti combinazioni:

- Combinazione fondamentale SLU
- Combinazione SLE caratteristica rara
- Combinazione SLE frequente
- Combinazione SLE quasi permanente

Per ciascuna combinazione elencata vengono valutate le distinte configurazioni di carico distinguendo i diversi gruppi di carico e considerando tutte le possibili varianti secondo i metodi del calcolo combinatorio ottenendo così  $2^n + 1$  combinazioni, dove 'n' coincide con il numero di carichi accidentali considerati nell'analisi, qui di seguito un esempio esplicativo.

Carico permanente	P
Carico accidentale residenziale	A

Le combinazioni dedotte sono:

P	solo carico permanente
P A	carico permanente + carico accidentale A

Inoltre per le combinazioni SLU e SLE caratteristica vengono individuate in aggiunta le permutazioni di tali configurazioni aventi di volta in volta un carico accidentale principale differente fra quelli considerati, qui di seguito un esempio esplicativo.

Carico permanente	P
Carico accidentale residenziale	A1
Carico accidentale tipo neve	A2
Carico accidentale tipo vento	A3

Le combinazioni dedotte sono:

P	solo carico permanente
P A1	carico permanente + carico accidentale A1
P A2	carico permanente + carico accidentale A2
P A3	carico permanente + carico accidentale A3
P A1 A2	carico permanente + carico accidentale A1 (principale) + carico accidentale A2
P A2 A1	carico permanente + carico accidentale A1 + carico accidentale A2 (principale)
P A1 A3	carico permanente + carico accidentale A1 (principale) + carico accidentale A3
P A3 A1	carico permanente + carico accidentale A1 + carico accidentale A3 (principale)
P A2 A3	carico permanente + carico accidentale A2 (principale) + carico accidentale A3
P A3 A2	carico permanente + carico accidentale A2 + carico accidentale A3 (principale)
P A1 A2 A3	carico permanente + carico accidentale A1 (principale) + carico accidentale A2 + carico accidentale A3
P A2 A1 A3	carico permanente + carico accidentale A1 + carico accidentale A2 (principale) + carico accidentale A3
P A3 A1 A2	carico permanente + carico accidentale A1 + carico accidentale A2 + carico accidentale A3 (principale)

Le effettive combinazioni generate per i diversi stati limite sono riportate nei paragrafi seguenti.

Per gli elementi trave e pilastro vengono involuppati i risultati di ciascuna combinazione e vengono individuati i valori massimi e minimi dando luogo alle seguenti sollecitazioni:

- massima e minima per l'azione assiale N,
- massima e minima per le azioni di flessione attorno agli assi principali di inerzia di ciascun elemento Mz e My,
- massima e minima per le azioni taglianti lungo gli assi principali d'inerzia Tz e Ty.

Nella progettazione delle armature di travi e pilastri queste 6 sollecitazioni (N<sup>+</sup>, N<sup>-</sup>, Mz<sup>+</sup>, Mz<sup>-</sup>, My<sup>+</sup>, My<sup>-</sup>) vengono considerate in condizione di pressoflessione deviata e vengono ulteriormente combinate tra di loro in modo da garantire la copertura delle condizioni più gravose, dando luogo alle seguenti 8 combinazioni:

- N<sup>+</sup>, Mz<sup>+</sup>, My<sup>+</sup>
- N<sup>+</sup>, Mz<sup>+</sup>, My<sup>-</sup>
- N<sup>+</sup>, Mz<sup>-</sup>, My<sup>+</sup>
- N<sup>+</sup>, Mz<sup>-</sup>, My<sup>-</sup>
- N<sup>-</sup>, Mz<sup>+</sup>, My<sup>+</sup>
- N<sup>-</sup>, Mz<sup>+</sup>, My<sup>-</sup>
- N<sup>-</sup>, Mz<sup>-</sup>, My<sup>+</sup>
- N<sup>-</sup>, Mz<sup>-</sup>, My<sup>-</sup>

Per il progetto delle sezioni a taglio vengono individuati i valori massimi in modulo per ciascuna direzione principale scegliendo tra i valori involuppati di progetto ( $T_z^+$ ,  $T_z^-$ ,  $T_y^+$ ,  $T_y^-$ ).

Per gli elementi shell vengono individuati i seguenti valori di progetto:

- massimi e minimi per le tensioni membranali  $\sigma_x$  e  $\sigma_y$ ,
- massimi e minimi per le tensioni membranali  $\tau_{xy}$ ,
- massimi e minimi per le azioni flessionali  $M_x$ ,  $M_y$  e  $M_{xy}$ ,
- massimi e minimi per le azioni taglianti  $T_{zx}$  e  $T_{zy}$ .

Il progetto dell'armatura degli elementi shell di tipo piastra è condotto valutando i valori massimi e minimi delle azioni involupate di flessione  $M_x$ ,  $M_y$  e  $M_{xy}$ . Gli elementi bidimensionali a comportamento membranale vengono progettati combinando le sollecitazioni involupate in un calcolo sezionale indipendente.

### **Progetto dell'armatura in condizione sismica**

L'armatura progettata in condizione statica è verificata ed integrata con i risultati della combinazione sismica (anche SLU sisma) e secondo le specifiche delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, § 7.4.

I risultati dell'azione sismica E danno luogo a sollecitazioni involupate e prive di segno in accordo con la combinazione quadratica completa (CQC, § C7.3.3 della Circolare Ministeriale 617 del 2009) necessarie per considerare le correlazioni tra i massimi contributi modali. La combinazione dei risultati nelle diverse direzioni, attraverso gli opportuni coefficienti di interazione, dà luogo alla combinazione sismica più gravosa (E1, E2, E3).

Per la progettazione di travi e pilastri la componente E della combinazione sismica individuata viene considerata positiva e negativa; la combinazione sismica dà luogo quindi alle sollecitazioni di progetto le quali vengono considerate in condizione di pressoflessione deviata ( $NE^+$ ,  $NE^-$ ,  $ME1^+$ ,  $ME1^-$ ,  $ME2^+$ ,  $ME2^-$ ) e vengono ulteriormente combinate tra di loro in modo da garantire la copertura delle condizioni più gravose, dando luogo alle seguenti 8 combinazioni:

- $NE^+$ ,  $MEz^+$ ,  $MEy^+$
- $NE^+$ ,  $MEz^+$ ,  $MEy^-$
- $NE^+$ ,  $MEz^-$ ,  $MEy^+$
- $NE^+$ ,  $MEz^-$ ,  $MEy^-$
- $NE^-$ ,  $MEz^+$ ,  $MEy^+$
- $NE^-$ ,  $MEz^+$ ,  $MEy^-$
- $NE^-$ ,  $MEz^-$ ,  $MEy^+$
- $NE^-$ ,  $MEz^-$ ,  $MEy^-$

Per il progetto delle sezioni a taglio vengono individuati i valori massimi in modulo per ciascuna direzione principale scegliendo tra i valori involuppati di progetto ( $TEz^+$ ,  $TEz^-$ ,  $TEy^+$ ,  $TEy^-$ ).

Per gli elementi shell vengono individuati i seguenti valori di progetto:

- massimi e minimi per le tensioni membranali  $\sigma_x$  e  $\sigma_y$ ,
- massimi e minimi per le tensioni membranali  $\tau_{xy}$ ,
- massimi e minimi per le azioni flessionali  $M_x$ ,  $M_y$  e  $M_{xy}$ ,
- massimi e minimi per le azioni taglianti  $T_{zx}$  e  $T_{zy}$ .

Il progetto dell'armatura degli elementi shell di tipo piastra è condotto valutando i valori massimi e minimi delle azioni involupate di flessione  $M_x$ ,  $M_y$  e  $M_{xy}$ . Gli elementi bidimensionali a comportamento membranale vengono progettati combinando le sollecitazioni involupate in un calcolo sezionale indipendente.

## 6.1 Combinazioni SLU statica

Sono presenti 12 diverse combinazioni. Saranno riportate solo le prime 10.

1.3\*Permanenti+1.5\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1+1.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1+1.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 2

1\*Permanenti+1.5\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1+1.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1+1.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 2

1.3\*Permanenti+1.5\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1+1.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1

1\*Permanenti+1.5\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1+1.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1

1.3\*Permanenti+1.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1

1.3\*Permanenti+1.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 2

1\*Permanenti+1.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1

1\*Permanenti+1.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 2

1.3\*Permanenti+1.5\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1

1\*Permanenti+1.5\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1

1.3\*Permanenti

## 6.2 Combinazioni SLE caratteristica

1\*Permanenti+1\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1+1\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1+1\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 2

1\*Permanenti+1\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1+1\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1

1\*Permanenti+1\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1

1\*Permanenti+1\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 2

1\*Permanenti+1\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1

1\*Permanenti

## 6.3 Combinazioni SLE frequente

1\*Permanenti+1\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1+0.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1+0.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 2

1\*Permanenti+1\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1+0.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1

1\*Permanenti+0.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1

1\*Permanenti+0.5\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 2

1\*Permanenti+1\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1

1\*Permanenti

#### 6.4 Combinazioni SLE quasi permanente

1\*Permanenti+1\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1+0.3\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1+0.3\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 2

1\*Permanenti+1\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1+0.3\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1

1\*Permanenti+0.3\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 1

1\*Permanenti+0.3\*Categoria A (domestici e residenziali)|SOLAIO 2

1\*Permanenti+1\*Permanenti non strutturali|SOLAIO 1

1\*Permanenti

#### 6.5 Analisi dei carichi

La struttura è soggetta oltre che ai pesi propri anche a carichi esterni dovuti alla presenza di elementi non strutturali ed alla distribuzione di carichi permanenti e variabili legati alla funzione stessa dell'opera. Tra i carichi variabili inoltre vengono considerate le azioni del vento e della neve. Di seguito, in dettaglio la composizione delle azioni e la loro applicazione sulla struttura in esame.

##### Solaio in lastre predalles + cat. A

###### Carichi permanenti

peso proprio	3.4335 kN/m <sup>2</sup>
<b>Totale</b>	<b>3.4335 kN/m<sup>2</sup></b>

###### Carichi permanenti non strutturali

pavimento e sottofondo	3.6297 kN/m <sup>2</sup>
<b>Totale</b>	<b>3.6297 kN/m<sup>2</sup></b>

###### Carichi accidentali

carico variabile +neve	1.962 kN/m <sup>2</sup>
<b>Totale</b>	<b>1.962 kN/m<sup>2</sup></b>

##### Solaio in latero cemento (Norme Tecniche 2008)

###### Carichi permanenti

Peso proprio solaio	0.031392 kN/m <sup>2</sup>
Pavimento	0.003924 kN/m <sup>2</sup>
Malta di allettamento	0.0061803 kN/m <sup>2</sup>
Sottofondo calcestruzzo	0.0096138 kN/m <sup>2</sup>
Intonaco	0.001962 kN/m <sup>2</sup>
Tramezzi	0.00981 kN/m <sup>2</sup>
<b>Totale</b>	<b>0.0628821 kN/m<sup>2</sup></b>

###### Carichi permanenti non strutturali

- -

### Carichi accidentali

Categoria A	0.01962 kN/m <sup>2</sup>
<b>Totale</b>	<b>0.01962 kN/m<sup>2</sup></b>

## 6.6 Carichi variabili da vento

Vengono qui di seguito riportati i parametri utilizzati per la valutazione della pressione del vento in conformità a quanto descritto nel paragrafo 3.3 delle NTC2008:

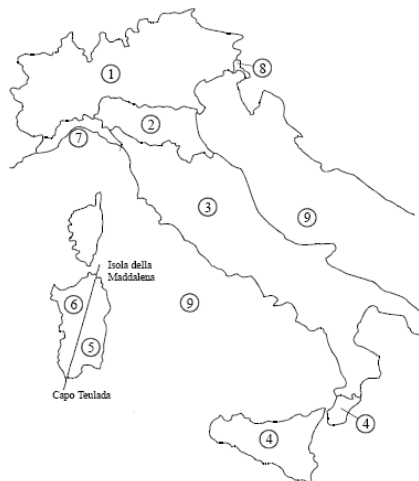
$$p = q_b C_e C_p C_d$$

con

$q_b = \frac{1}{2} \rho \cdot v_b^2$	pressione cinetica di riferimento
$C_e$	coefficiente di esposizione
$C_p$	coefficiente di forma
$C_d$	coefficiente dinamico

Per il sito e la struttura in esame si individuano i seguenti requisiti

Altitudine s.l.m.	$a_s$	0 m
Zona di vento		0



Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

essendo

$v_b = v_{b0}$	per $a_s \leq a_0$
$v_b = v_{b0} + k_a (a_s - a_0)$	per $a_0 < a_s \leq 1500$ m

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_a$ [1/s]
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,010
2	Emilia Romagna	25	750	0,015
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,020
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,020
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,015
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,020
7	Liguria	28	1000	0,015
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,010
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,020

Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_a$

velocità di riferimento	$v_b$	0 m/s
pressione cinetica di riferimento	$q_b$	0 N/m <sup>2</sup>

ZONE 1,2,3,4,5						
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

ZONA 9		
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

ZONA 6				
A	--	III	IV	V
B	--	II	III	IV
C	--	II	III	IV
D	I	I	II	III

ZONE 7,8			
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7			

### Definizione delle categorie di esposizione

classe di rugosità del terreno A  
 categoria di esposizione del sito I  
 altezza dal suolo di calcolo z 0

Categoria di esposizione del sito	$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

### Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

essendo poi

$$ce(z) = kr^2 \cdot ct \cdot \ln(z/z_0) \cdot [7 + ct \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

$$ce(z) = ce(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

coefficiente di esposizione  $ce$  1.00  
 coefficiente di forma  $cp$  1

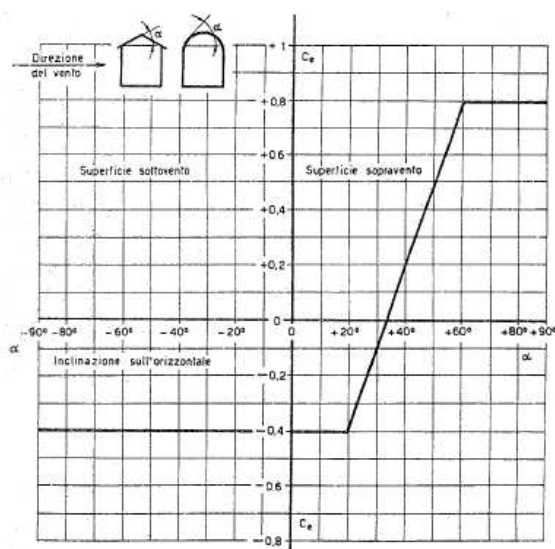


Figura C3.3.2 Valori assunti da  $c_{pe}$  al variare di  $\alpha$

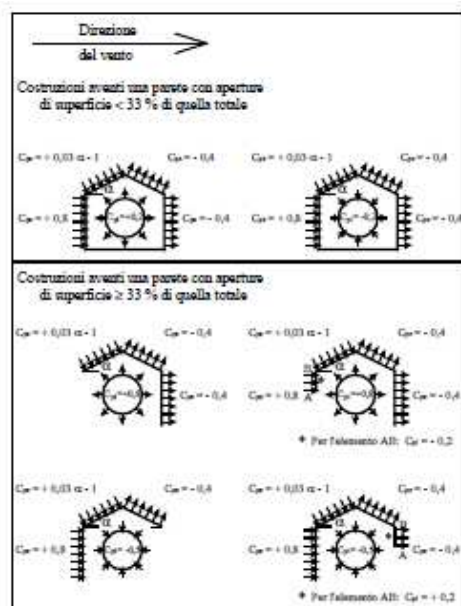


Figura C3.3.3 Coefficienti di forma per gli edifici

pressione del vento  $p$  0.00 N/m<sup>2</sup>

## 6.7 Carichi variabili da neve

Vengono qui di seguito riportati i parametri utilizzati per la valutazione della pressione della neve in conformità a quanto descritto nel paragrafo 3.4 delle NTC2008:

$$q_s = \mu_i q_{sk} c_E c_t$$

con

$q_s$	carico neve sulla copertura
$\mu_i$	coefficiente di forma della copertura
$q_{sk}$	valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [ $\text{kN/m}^2$ ] per un periodo di ritorno di 50 anni
$c_E$	coefficiente di esposizione
$c_t$	coefficiente termico

Si ipotizza che il carico agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie della copertura.

Per il sito e la struttura in esame si individuano i seguenti requisiti

Altitudine s.l.m.	as	0 m
Zona		0



Mapa delle zone di carico da neve al suolo in cui è suddiviso il territorio italiano

valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo	$q_{sk}$	0.00 $\text{kN/m}^2$
---	----------	----------------------

Topografia	Descrizione	$C_E$
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti.	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

Valori di  $C_E$  per diverse classi di topografia

coefficiente di esposizione	$c_E$	1
coefficiente termico	$c_t$	1

angolo della falda	$\alpha$	0
--------------------	----------	---

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_i$	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Valori del coefficiente di forma

coefficiente di forma della copertura	$\mu_i$	1.00
---------------------------------------	---------	------

pressione della neve	$p$	1.20 $\text{kN/m}^2$
----------------------	-----	----------------------

## 6.6 Azioni della temperatura

Vengono qui di seguito riportati i parametri utilizzati per la valutazione delle azioni della temperatura sulla struttura in esame in conformità a quanto descritto nel paragrafo 3.5 delle NTC2008:

## 7. Dati azione sismica

Nei seguenti paragrafi vengono riportati i parametri utilizzati per la valutazione dell'azione sismica sulla struttura in esame, in accordo alle specifiche definite al capitolo 3.2 e 7.3 delle Norme Tecniche per le Costruzioni. In particolare gli spettri elastici considerati si basano sui dati e le correlazioni definite per il reticolo di riferimento così come definito nell'allegato alle Norme Tecniche per le Costruzioni.

### 7.1 Caratteristiche del sito

Comune: Monza

Provincia: MB

Longitudine: 9.2759 °

Latitudine: 45.5834 °

Categoria di sottosuolo: D

Amplificazione topografica: T1

### 7.2 Caratteristiche dell'edificio

Vita nominale Vn: 50 anni

Classe d'uso: II

Coefficiente d'uso Cu: 1

Periodo di riferimento VR: 50.00 anni

	PVR	TR	ag	F0	TC*
Stato Limite di Operatività	81 %	30.00	0.19	2.56	0.16
Stato Limite di Danno	63 %	50.00	0.25	2.55	0.19
Stato Limite di Salvaguardia della Vita	10 %	475.00	0.53	2.63	0.28
Stato Limite di Prevenzione del Collasso	5 %	975.00	0.65	2.66	0.30

### 7.3 Parametri sismici

#### Componente orizzontale

Coefficiente di amplificazione topografica ST: 1

Fattore di utilizzazione dello spettro elastico  $\eta$ : 1

	SS	S	CC	TB	TC	TD
Stato Limite di Operatività	1.80	1.80	3.13	0.17	0.50	1.68
Stato Limite di Danno	1.80	1.80	2.87	0.18	0.54	1.70
Stato Limite di Salvaguardia della Vita	1.80	1.80	2.36	0.22	0.66	1.81
Stato Limite di Prevenzione del Collasso	1.80	1.80	2.28	0.23	0.68	1.86

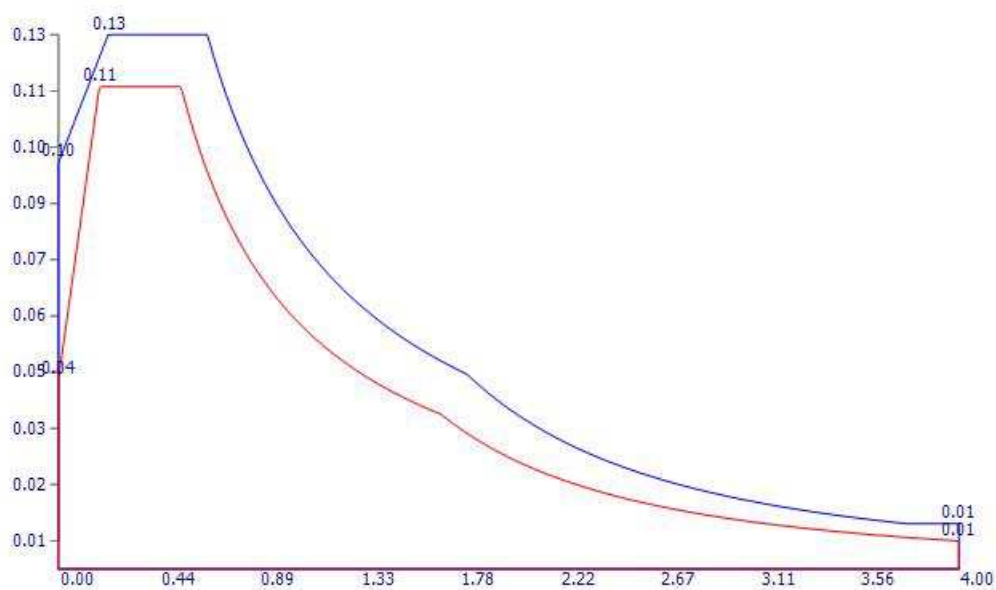
#### Componente verticale

	SS	S	TB	TC	TD	Fv
Parametri dello spettro di risposta elastico verticale	1,0	1.80	0,05	0,15	1,0	2.60

con SS coefficiente di amplificazione stratigrafica  
S coefficiente di amplificazione topografica e stratigrafica  
Fo fattore di amplificazione spettrale massima su sito rigido orizzontale  
Fv fattore di amplificazione spettrale massima  
TC periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro, in [s]  
TB periodo di inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro, in [s]  
TD periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, in [s]

## 7.4 Spettro di risposta in accelerazione

Direzione X

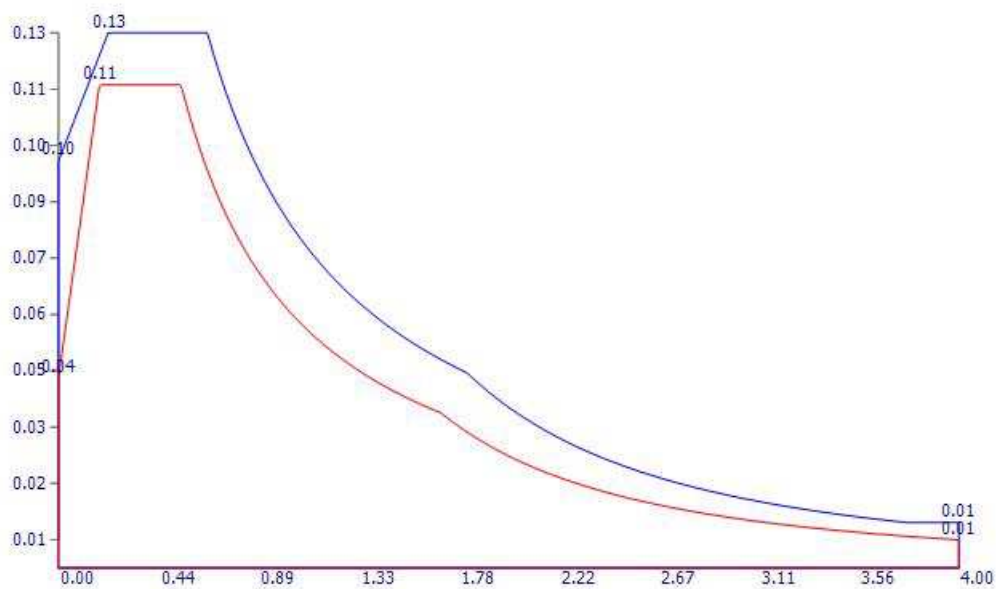


Spettro di risposta di progetto orizzontale per SLU

Spettro di risposta elastico orizzontale per SLE

Spettro di risposta di progetto verticale per SLU

Direzione Y



Spettro di risposta di progetto orizzontale per SLU

Spettro di risposta elastico orizzontale per SLE

Spettro di risposta di progetto verticale per SLU

## 7.5 Fattore di struttura (NTC §7.3.1)

Qui di seguito vengono riportati i parametri utilizzati per stimare il valore del fattore di struttura 'q' adottato nel calcolo.

Tale parametro è espressione della presenza di sistemi strutturali dissipativi e dalla loro valutazione agli stati limite ultimi per ciascuna direzione dell'azione sismica, in funzione della tipologia strutturale, del grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e prende in conto le non linearità del materiale.

L'espressione più generica per il calcolo del fattore di struttura è:

$$q = q_0 K_R K_W$$

Parametri di calcolo	
Classe di duttilità: -	Regolarità in pianta: -
Tipologia di modello strutturale: -	Rapporto di sovrarresistenza $\alpha_u/\alpha_1$ : -
Tipologia strutturale: -	Fattore di struttura massimo $q_0$ : -
Regolarità in altezza: -	Fattore riduttivo $K_R$ : -
Rapporto tra altezza a larghezza delle pareti $\alpha_0$ : -	Fattore correttivo $k_w$ : -
Fattore di struttura	
Fattore di struttura $q_x$ – componente orizzontale in direzione X: 2 (valore imposto)	
Fattore di struttura $q_y$ – componente orizzontale in direzione Y: 2 (valore imposto)	
Fattore di struttura $q$ – componente verticale: 1,5	
Coefficiente di amplificazione	
Coefficiente di amplificazione dell'azione sismica in direzione X: 1	
Coefficiente di amplificazione dell'azione sismica in direzione Y: 1	

## 8. Caratteristiche dell'Analisi e del Codice di Calcolo

L'analisi strutturale del progetto e le relative verifiche effettuate sono state condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. In conformità con quanto richiesto dalle NTC § 10.2 si riportano di seguito le caratteristiche riguardanti la tipologia di analisi svolta ed il codice di calcolo utilizzato.

### 8.1 Analisi svolta

L'analisi condotta per la valutazione dell'azione sismica è di tipo lineare, in particolare è stata eseguita un'analisi dinamica modale.

### 8.2 Metodo di verifica

Le verifiche condotte si basano sul metodo degli Stati Limite sia per le condizioni ultime che di esercizio della struttura, così come definito al capitolo 4 e 7 delle Norme Tecniche per le Costruzioni.

### 8.2 Origine e Caratteristiche del Codice di Calcolo

Software	TRAVILOG TITANIUM 5 18
Autore, produttore e distributore	Logical Soft s.r.l – via Garibaldi 253, 20832 Desio (MB)
Metodo numerico adottato	Metodo di calcolo agli elementi finiti
Solutore ad elementi finiti adottato	Xfinest di Harpaceas

La licenza di utilizzo del codice di calcolo è concessa da Logical Soft s.r.l a:

CESARE ROSELLI, Codice Cliente: 36217  
VIA MONTANDON 13, 22030, PUSIANO - CO  
Numero di serie: 3807 Chiave HARDWARE  
Codice di abilitazione: 5YHG 657C Q3K9 8S8J GBVG FVQS GX4F 42B7

### 8.3 Caratteristiche dell'Elaboratore

Sistema Operativo	Sistema Operativo Nome: Microsoft Windows 7 Professional Versione: 6.1.7601.65536 RAM: 3969 MByte
Processore	Processore computer Tipo CPU: Intel(R) Core(TM) i3-4160 CPU @ 3.60GHz Intel64 Family 6 Model 60 Stepping 3 Velocità CPU: 2088 MHz
Scheda Video	Scheda grafica Descrizione: Intel(R) HD Graphics 4400 Versione Driver: 10.18.10.3412 Modalità video: 1920 x 1080 x 4294967296 colori Processore video: Intel(R) HD Graphics Family Accelerazione: sconosciuta RAM: 1793 MByte

(cfr. NTC - § 10.2)

### 8. Descrizione del codice di calcolo

In questo paragrafo si fornisce un inquadramento teorico relativo alle metodologie di calcolo ed all'impostazione generale impiegata nel software di calcolo ad elementi finiti *TRAVILOG*, utilizzato nella modellazione della struttura.

#### Codice di calcolo

Il codice di *TRAVILOG* è stato sviluppato da Logical Soft s.r.l. in linguaggio Visual Studio 2015 e .Net Framework 4.5 e non può essere modificato o manipolato dall'utente. In allegato alla relazione si accludono alcuni test effettuati al fine di certificare l'affidabilità del codice di calcolo relativamente ad alcuni semplici casi prova, riportando analisi teorica, soluzione fornita da *TRAVILOG* ed altro codice di calcolo di confronto. Il solutore a elementi finiti utilizzato dal programma è Xfinest 8.5, prodotto da Harpaceas s.r.l. La bontà del solutore è certificata direttamente da CEAS s.r.l., produttore di XFinest 8.5. Per maggiori dettagli in merito si consiglia di consultare le specifiche relative al solutore di calcolo.

#### Metodo numerico adottato

Il software esegue l'analisi della struttura tramite **metodo di calcolo agli elementi finiti**, ovvero mediante la costruzione di un modello matematico costituito da un numero definito di elementi discreti, per ognuno dei quali è stata definita analiticamente una relazione tra forze e spostamenti. Da queste relazioni il programma assembla quindi la matrice di rigidezza e calcola la risposta dell'intera struttura.

#### Caratteristiche del modello

Ogni telaio, realizzato con materiali caratterizzati da comportamento perfettamente elastico, è modellato con 2 tipologie di elemento finito:

- **Tipo asta**, adatto per elementi aventi proprietà riconducibili ad un comportamento unidirezionale.

L'elemento asta è calcolato mediante funzioni di forma cubiche. Le matrici di rigidezza e di massa associate all'elemento sono costituite sulla base della teoria delle travi snelle, tipo Eulero – Bernoulli. Il programma mostra i diagrammi delle azioni interne discretizzando l'elemento in 17 punti di calcolo.

Se l'asta ha proprietà di suolo elastico, il software valuta le azioni interne e le pressioni sul terreno secondo la teoria delle travi su suolo elastico alla Winkler.

L'elemento finito di XFinest, al cui manuale si rimanda per maggiori dettagli, è l'elemento MBEAM.

- **Tipo shell** (elemento finito tipo QF46) per elementi aventi proprietà riconducibili ad un comportamento bidimensionale.

Il tipo di elemento utilizzato può lavorare in regime membranale e flessionale e, grazie alla linearità del sistema, i due effetti possono essere considerati separatamente.

L'elemento finito QF46 utilizzato è isoparametrico, basato sulla teoria dei gusci secondo Mindlin – Reissner. E' adatto sia per gusci spessi

che sottili, non contiene modi spuri, consente di valutare i tagli fuori piano e può degenerare in un triangolo. Tutte le componenti del tensore delle deformazioni sono integrate nel piano medio con ordine di integrazione gaussiana  $2 \times 2$ . Per maggiori dettagli si può fare riferimento al manuale di XFinest.

### Tipologie di analisi svolte dal software

La scelta del metodo di analisi è effettuata dal progettista a seconda delle prescrizioni previste dalla normativa. Tali prescrizioni dipendono in generale dalla destinazione d'utilizzo della struttura, dalla forma in pianta e dallo sviluppo in altezza della stessa, nonché dalla zona sismica di riferimento. Il software esegue i seguenti metodi di analisi:

- **Analisi statica.** La struttura è soggetta a carichi statici, distribuiti o concentrati, applicati alle aste, ai nodi o agli elementi shell. L'equazione risolvibile in tal caso ha la seguente forma:

$$F = K x$$

dove:

$F$  è il vettore dei carichi agenti sulla struttura

$K$  è la matrice di rigidezza

$x$  è il vettore di spostamenti e rotazioni (gradi di libertà del sistema).

- **Analisi sismica statica.** Se la struttura possiede le caratteristiche previste dalla normativa, l'azione del sisma può essere modellata con un sistema di forze di piano equivalenti, valutate e assegnate in funzione della rigidezza degli elementi. La precedente diventa pertanto:

$$F + F_s = K x$$

dove:

$F_s$  è il vettore dei carichi sismici equivalenti agenti sulla struttura, valutati in base alle relative norme di riferimento.

- **Analisi sismica dinamica modale.** In questo caso il programma valuta un comportamento inerziale della struttura, attribuendo un'accelerazione al sistema di riferimento terreno, secondo uno spettro sismico previsto dalla normativa in funzione della classificazione del territorio e altri parametri.

$$M \ddot{x} + K x = - M \ddot{u}$$

dove:

$M$  è la matrice di massa della struttura

$K$  è la matrice di rigidezza

$u$  è il vettore delle accelerazioni imposte

Gli effetti dinamici dovuti al comportamento inerziale della struttura e l'effetto dei carichi statici vengono successivamente combinati, secondo opportuni coefficienti stabiliti dalla norma.

### Formulazione del metodo

Il software esegue il calcolo ad elementi finiti formulando un'**analisi di tipo lineare**. In questo caso la matrice di rigidezza non varia durante lo sviluppo dell'analisi, considerando l'approssimazione per piccoli spostamenti. Sotto tali ipotesi valgono i seguenti benefici:

- Vale il principio di sovrapposizione degli effetti.
- Non influisce la sequenza di applicazione dei carichi sulla struttura.
- La precedente storia di carico della struttura non ha alcuna influenza, pertanto gli sforzi residui possono essere trascurati.

L'applicazione del principio di sovrapposizione degli effetti permette di considerare indipendentemente le ipotesi di carico elementari, per poi combinarle secondo opportuni coefficienti di partecipazione. In questo modo è possibile calcolare la risposta come una combinazione lineare di carichi elementari, rendendo il processo di analisi estremamente efficiente. Le non linearità trascurate in questo tipo di analisi sono le seguenti:

- Non linearità dovuta a effetti geometrici. Grandi spostamenti e rotazioni possono introdurre significativi cambiamenti di forma e orientamento, variando drasticamente la rigidezza totale delle strutture.
- Non linearità delle caratteristiche dei materiali, legate al legame costitutivo o a eventuali anisotropie.
- Non linearità delle condizioni di vincolo.
- Non linearità dei carichi. La direzione di applicazione può variare in funzione della deformata della struttura.

### Metodo di risoluzione del problema dinamico

La risoluzione del problema dinamico a  $n$  gradi di libertà si basa su un **metodo di sovrapposizione modale**. Tale metodo permette di trasformare un sistema di equazioni accoppiate a un sistema di equazioni disaccoppiate, utilizzando le proprietà di ortogonalità di autovalori e autovettori, ovvero i modi di vibrare della struttura. Lo studio della struttura non necessita dell'estrazione di tutti gli autovalori, ma solo di una parte significativa di essi, secondo limiti previsti dalle norme. Il metodo utilizzato dal software per l'estrazione degli autovalori è il metodo di *Lanczos*, adatto anche per matrici non simmetriche a termini complessi. Nel calcolo della risposta sismica i contributi derivanti dai singoli modi sono combinati secondo il metodo *CQC*, che consente di tener conto delle singole componenti modali  $X_k$ , ottenute da una combinazione quadratica delle componenti  $X_{kj}$  secondo opportuni coefficienti.

### Metodi di verifica svolti dal software

**TRAVILOG** è in grado di eseguire analisi di sezioni e di verificare il comportamento delle strutture secondo due metodi principali di verifica:

- **Tensioni ammissibili.** I carichi sono applicati alla struttura con il loro valore nominale. Le tensioni caratteristiche dei materiali vengono divise per opportuni coefficienti ottenendo delle tensioni massime a cui potranno lavorare i materiali stessi. Tali tensioni risultano al di

sotto del limite elastico convenzionale.

- **Stati limite.** Le tensioni caratteristiche dei materiali vengono divise per dei coefficienti di sicurezza ottenendo dei valori limite in campo plastico. I carichi di esercizio, accidentali o permanenti vengono incrementati secondo opportuni coefficienti definiti dalla normativa (vedi in seguito). Il programma valuta diverse condizioni di stato limite:
  - o **Stato limite ultimo.** La normativa prevede in questo caso che la struttura sia soggetta in condizioni straordinarie a carichi che possano causare il collasso della stessa, quali ad esempio l'evento sismico.
  - o **Stato limite di esercizio.** Anche in questo caso il calcolo della struttura è effettuato incrementando i carichi secondo opportuni coefficienti. A differenza del caso precedente però la struttura è soggetta a carichi in condizioni di esercizio, sotto l'azione dei quali devono prodursi deformazioni controllate, che non impediscano il funzionamento previsto. Esistono tre diverse condizioni di esercizio: **Rara, Frequente, Quasi permanente.**
  - o **Stato limite di danno.** E' il caso in cui la struttura è soggetta a forze di natura sismica. La verifica al danno è da effettuarsi sugli spostamenti.

La scelta dell'uno o dell'altro metodo dipende dalle prescrizioni previste dalle normative vigenti.

### Sistemi di riferimento

Il programma possiede 2 diversi tipi di sistema di riferimento:

- **Riferimento globale.**

Il sistema di riferimento è definito da una terna cartesiana destrorsa, valido per tutti gli elementi della struttura e non dipende dal particolare orientamento di parti di essa.

I vincoli esterni, le reazioni vincolari e gli spostamenti nodali calcolati sono riferiti alla terna globale

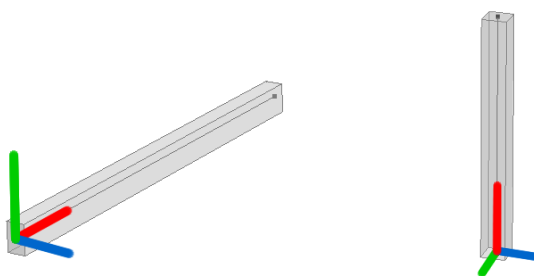


*La terna di riferimento globale*

- **Riferimento locale.**

In questo caso il sistema di riferimento è ancora definito da una terna cartesiana destrorsa, l'orientamento del quale varia elemento per elemento. Le azioni interne sono sempre riferite alla terna locale

- o **Riferimento locale per le Aste.** Per l'elemento asta la direzione x è coincidente con l'asse baricentrico dell'asta stessa, mentre y e z sono perpendicolari ad x e diretti secondo gli assi principali d'inerzia della sezione assegnata all'asta. Secondo l'impostazione di default y è diretto secondo la direzione di azione del peso, a meno di rotazioni assegnate alla sezione. Selezionando un'asta TRAVILOG mostra la terna locale: asse locale X rosso, asse locale Y verde, asse locale Z blu.



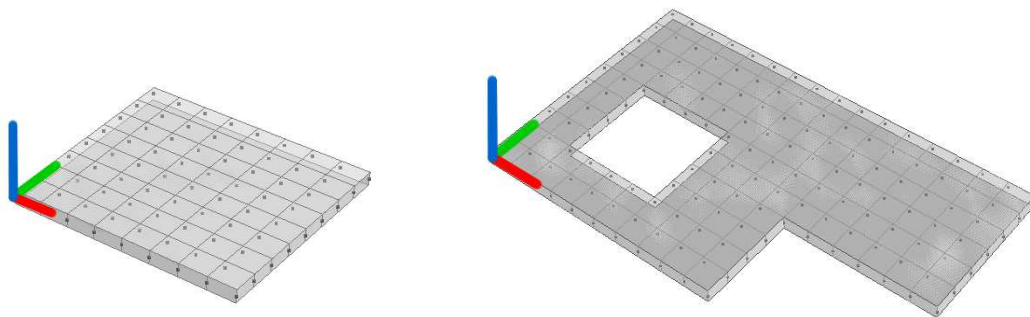
*Terne locali dell'elemento asta (trave e pilastro)*

- o **Riferimento locale per gli elementi shell.** Per gli elementi bidimensionali TRAVILOG trasforma le azioni interne in un unico sistema di riferimento.

Il riferimento adottato dipende da come vengono costruiti i macro elementi dai quali verrà generata automaticamente la mesh di calcolo:

Elemento poligonale. Si tratta di un macro elemento poligonale o quadrangolare a mesh regolare. La terna locale è così definita:

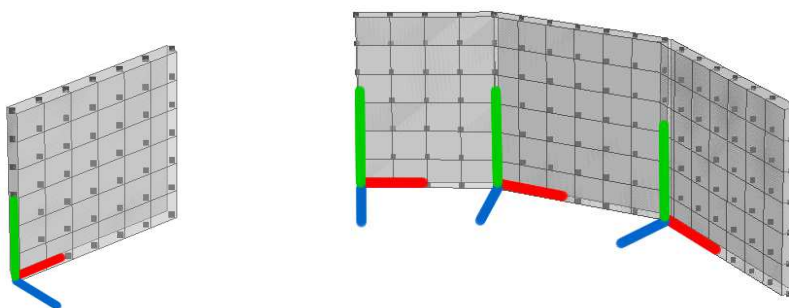
asse X locale (rosso) con origine nel primo nodo cliccato e in direzione primo nodo – secondo nodo. Asse Y locale (verde) ortogonale a X locale, complanare all'elemento ed in direzione del terzo nodo. Asse Z locale (blu) ortogonale al macro elemento. Per questo tipo di elemento è anche possibile definire fori poligonali. La mesh può essere generata manualmente (solo per elementi quadrangolari) o automaticamente.



*Esempi terna locale elemento poligonale ed elemento quadrangolare*

Elemento estruso (Muro o Nucleo):

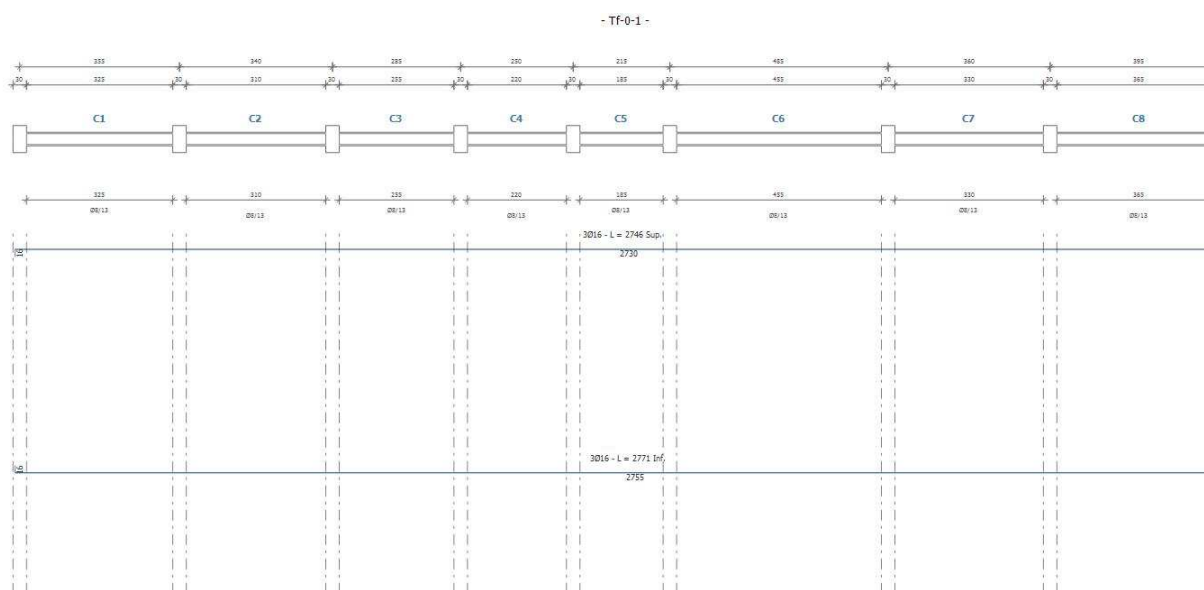
Si tratta di un macro elemento a mesh regolare generato per estrusione in direzione delle forze peso a partire da una traccia. Per ciascuna faccia piana la terna locale è definita nel seguente modo: Asse locale X (rosso) lungo i nodi della traccia. Asse locale Y (verde) diretto come la direzione di estrusione. Asse locale Z (blu) ortogonale alla faccia a formare una terna destra con X e Y.



*Esempio terne locali elementi estrusi*

## 9. Tf-0-1

### Caratteristiche dell'armatura



Lunghezza totale: 26.85 m

Calcestruzzo: C25/30

Numero di campate: 8

Acciaio d'armatura: B450C

### Armatura longitudinale

Posizione	Tipologia di ferro	Barre	As [cm <sup>2</sup> ]	Lunghezza di calcolo [cm]	Ancoraggio [cm]	Lunghezza complessiva [cm]
1	Corrente - Superiore	3 Ø 16	6.03	2700	46	2746
2	Corrente - Inferiore	3 Ø 16	6.03	2725	46	2771

La lunghezza di calcolo delle barre è al netto dell'ancoraggio.

Armatura trasversale

Campata	Ampiezza campo [cm]	Φ [mm]	Passo s [cm]	Ast [cm <sup>2</sup> ]	Bracci
1	325	8	13	1.01	2
2	310	8	13	1.01	2
3	255	8	13	1.01	2
4	220	8	13	1.01	2
5	185	8	13	1.01	2
6	455	8	13	1.01	2
7	330	8	13	1.01	2
8	365	8	13	1.01	2

Verifiche agli stati limite ultimi (cfr NTC § 4.1.2.1)

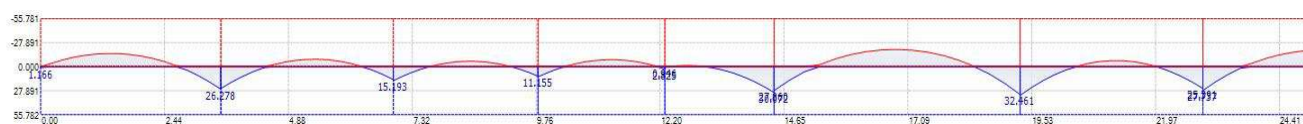
Campo di rottura

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	ε <sub>c</sub> [‰]	ε <sub>s</sub> [‰]	Campo	ξ	ξ <sub>lim</sub>	Verifica
1	0.00	1.166	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
1	1.33	-15.280	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
1	3.55	26.278	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
2	0.00	25.467	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
2	1.91	-8.623	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
2	3.40	15.193	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
3	0.00	16.344	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
3	1.43	-6.213	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
3	2.85	11.155	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
4	0.00	11.903	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
4	1.41	-8.077	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
4	2.50	2.825	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
5	0.00	0.946	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
5	0.40	-1.349	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
5	0.54	-0.070	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
5	2.15	30.072	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
6	0.00	27.860	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
6	2.42	-19.973	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
6	4.85	32.461	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
7	0.00	33.351	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
7	1.80	-7.017	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
7	3.60	25.391	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	0.00	27.737	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	2.22	-7.027	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	2.47	-19.206	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	3.95	2.523	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI

La verifica assicura un comportamento duttile per strutture iperstatiche e si intende soddisfatta quando ξ< ξ<sub>lim</sub>

Verifica di resistenza a flessione (cfr NTC § 4.1.2.1.2)

Andamento della sollecitazione flessionale: momento sollecitante e momento resistente.



Momento massimo

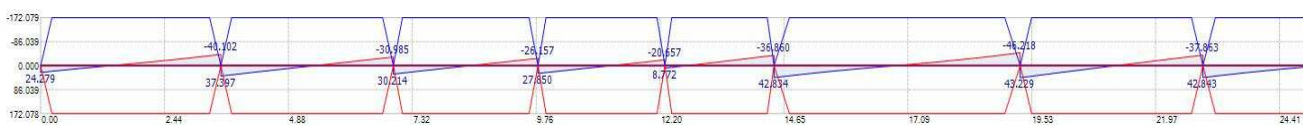
Momento minimo

Momento resistente

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	Mrd [kN m]	Mrd/Msd	Verifica
1	0.00	1.166	6.03	6.03	56.029	48.04	SI
1	1.33	-15.280	6.03	6.03	-56.029	3.67	SI
1	3.55	26.278	6.03	6.03	56.029	2.13	SI
2	0.00	25.467	6.03	6.03	56.029	2.20	SI
2	1.91	-8.623	6.03	6.03	-56.029	6.50	SI
2	3.40	15.193	6.03	6.03	56.029	3.69	SI
3	0.00	16.344	6.03	6.03	56.029	3.43	SI
3	1.43	-6.213	6.03	6.03	-56.029	9.02	SI
3	2.85	11.155	6.03	6.03	56.029	5.02	SI
4	0.00	11.903	6.03	6.03	56.029	4.71	SI
4	1.41	-8.077	6.03	6.03	-56.029	6.94	SI
4	2.50	2.825	6.03	6.03	56.029	19.83	SI
5	0.00	0.946	6.03	6.03	56.029	59.24	SI
5	0.40	-1.349	6.03	6.03	-56.029	41.54	SI
5	0.54	-0.070	6.03	6.03	-56.029	797.36	SI
5	2.15	30.072	6.03	6.03	56.029	1.86	SI
6	0.00	27.860	6.03	6.03	56.029	2.01	SI
6	2.42	-19.973	6.03	6.03	-56.029	2.81	SI
6	4.85	32.461	6.03	6.03	56.029	1.73	SI
7	0.00	33.351	6.03	6.03	56.029	1.68	SI
7	1.80	-7.017	6.03	6.03	-56.029	7.98	SI
7	3.60	25.391	6.03	6.03	56.029	2.21	SI
8	0.00	27.737	6.03	6.03	56.029	2.02	SI
8	2.22	-7.027	6.03	6.03	-56.029	7.97	SI
8	2.47	-19.206	6.03	6.03	-56.029	2.92	SI
8	3.95	2.523	6.03	6.03	56.029	22.21	SI

#### Verifica di resistenza a taglio (cfr NTC § 4.1.2.1.3)

Andamento della sollecitazione tagliante.



Taglio massimo

Taglio minimo

Taglio resistente

Campata	Ascissa [m]	$\alpha$	$\theta$	Vsd [kN]	VRd [kN]	VRsd [kN]	VRcd [kN]	Verifica
1	0.15	90°	21.8	21.289	65.532	172.078	279.067	SI
1	3.40	90°	21.8	36.792	65.532	172.078	279.067	SI
2	0.15	90°	21.8	34.058	65.532	172.078	279.067	SI

2	3.25	90°	21.8	27.718	65.532	172.078	279.067	SI
3	0.15	90°	21.8	26.944	65.532	172.077	279.067	SI
3	2.70	90°	21.8	23.004	65.532	172.077	279.067	SI
4	0.15	90°	21.8	24.701	65.532	172.077	279.067	SI
4	2.35	90°	21.8	17.464	65.532	172.077	279.067	SI
5	0.15	90°	21.8	5.546	65.532	172.077	279.067	SI
5	2.00	90°	21.8	33.387	65.532	172.077	279.067	SI
6	0.15	90°	21.8	39.437	65.532	172.079	279.067	SI
6	4.70	90°	21.8	42.572	65.532	172.079	279.067	SI
7	0.15	90°	21.8	39.500	65.532	172.079	279.067	SI
7	3.45	90°	21.8	34.348	65.532	172.079	279.067	SI
8	0.15	90°	21.8	39.394	65.532	172.076	279.067	SI
8	3.80	90°	21.8	25.006	65.532	172.076	279.067	SI

$\alpha$ : angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave.

$\theta$ : inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave.  $\theta$  rispetta il limite:  $1 \leq \cotan\theta \leq 2,5$  (cfr NTC § 4.1.2.1.3.2)

Verifiche agli stati limite di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2)

Verifica di fessurazione (cfr NTC § 4.1.2.2.4)

CONDIZIONI AMBIENTALI: Ambiente Ordinario

Combinazione frequente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	0.846	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
1	1.33	-9.982	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
1	3.55	17.011	6.03	6.03	0.060	0.102	0.400	SI
2	0.00	16.560	6.03	6.03	0.053	0.091	0.400	SI
2	1.91	-5.622	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
2	3.40	9.897	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
3	0.00	10.633	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
3	1.43	-4.052	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
3	2.85	7.301	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
4	0.00	7.761	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
4	1.41	-5.243	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
4	2.50	1.870	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.00	0.723	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.40	-0.779	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
5	2.15	19.488	6.03	6.03	0.094	0.160	0.400	SI
6	0.00	18.133	6.03	6.03	0.076	0.129	0.400	SI
6	2.42	-13.009	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
6	4.85	21.028	6.03	6.03	0.114	0.193	0.400	SI
7	0.00	21.651	6.03	6.03	0.122	0.207	0.400	SI
7	1.80	-4.544	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
7	3.60	16.536	6.03	6.03	0.053	0.090	0.400	SI
8	0.00	17.967	6.03	6.03	0.073	0.125	0.400	SI
8	2.22	-12.545	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
8	3.95	1.663	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI

Combinazione quasi permanente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	0.835	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
1	1.33	-9.603	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
1	3.55	16.329	6.03	6.03	0.050	0.085	0.300	SI
2	0.00	15.911	6.03	6.03	0.044	0.074	0.300	SI
2	1.91	-5.407	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
2	3.40	9.515	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
3	0.00	10.219	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
3	1.43	-3.897	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI

3	2.85	7.029	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
4	0.00	7.463	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
4	1.41	-5.034	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
4	2.50	1.806	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.00	0.721	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.40	-0.723	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
5	2.15	18.708	6.03	6.03	0.084	0.142	0.300	SI
6	0.00	17.431	6.03	6.03	0.066	0.112	0.300	SI
6	2.42	-12.507	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
6	4.85	20.188	6.03	6.03	0.103	0.175	0.300	SI
7	0.00	20.793	6.03	6.03	0.111	0.188	0.300	SI
7	1.80	-4.362	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
7	3.60	15.896	6.03	6.03	0.043	0.074	0.300	SI
8	0.00	17.249	6.03	6.03	0.063	0.108	0.300	SI
8	2.22	-12.068	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
8	3.95	1.604	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI

#### Verifica delle tensioni di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2.5)

#### Combinazione rara.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	σc [N/mm <sup>2</sup> ]	σc limite [N/mm <sup>2</sup> ]	σs trazione [N/mm <sup>2</sup> ]	σs comp. [N/mm <sup>2</sup> ]	σs limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	0.873	6.03	6.03	-0.176	-14.940	6.406	-1.001	360.000	SI
1	1.33	-10.928	6.03	6.03	-2.202	-14.940	80.179	-12.531	360.000	SI
1	3.55	18.718	6.03	6.03	-3.772	-14.940	137.327	-21.462	360.000	SI
2	0.00	18.183	6.03	6.03	-3.664	-14.940	133.403	-20.849	360.000	SI
2	1.91	-6.161	6.03	6.03	-1.242	-14.940	45.201	-7.064	360.000	SI
2	3.40	10.851	6.03	6.03	-2.187	-14.940	79.608	-12.441	360.000	SI
3	0.00	11.666	6.03	6.03	-2.351	-14.940	85.589	-13.376	360.000	SI
3	1.43	-4.440	6.03	6.03	-0.895	-14.940	32.572	-5.091	360.000	SI
3	2.85	7.983	6.03	6.03	-1.609	-14.940	58.569	-9.153	360.000	SI
4	0.00	8.504	6.03	6.03	-1.714	-14.940	62.394	-9.751	360.000	SI
4	1.41	-5.766	6.03	6.03	-1.162	-14.940	42.302	-6.611	360.000	SI
4	2.50	2.032	6.03	6.03	-0.409	-14.940	14.906	-2.330	360.000	SI
5	0.00	0.726	6.03	6.03	-0.146	-14.940	5.330	-0.833	360.000	SI
5	0.40	-0.916	6.03	6.03	-0.185	-14.940	6.724	-1.051	360.000	SI
5	0.54	-0.096	6.03	6.03	-0.019	-14.940	0.703	-0.110	360.000	SI
5	2.15	21.439	6.03	6.03	-4.320	-14.940	157.289	-24.582	360.000	SI
6	0.00	19.890	6.03	6.03	-4.008	-14.940	145.930	-22.807	360.000	SI
6	2.42	-14.263	6.03	6.03	-2.874	-14.940	104.647	-16.355	360.000	SI
6	4.85	23.128	6.03	6.03	-4.661	-14.940	169.686	-26.519	360.000	SI
7	0.00	23.797	6.03	6.03	-4.795	-14.940	174.589	-27.286	360.000	SI
7	1.80	-4.999	6.03	6.03	-1.007	-14.940	36.677	-5.732	360.000	SI
7	3.60	18.137	6.03	6.03	-3.655	-14.940	133.066	-20.796	360.000	SI
8	0.00	19.762	6.03	6.03	-3.982	-14.940	144.988	-22.660	360.000	SI
8	2.22	-13.739	6.03	6.03	-2.769	-14.940	100.799	-15.753	360.000	SI
8	3.95	1.811	6.03	6.03	-0.365	-14.940	13.285	-2.076	360.000	SI

σc limite: tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.40 § 4.1.2.2.5

σs limite: tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.42 § 4.1.2.2.5

#### Combinazione quasi permanente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Ac [cm <sup>2</sup> ]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	σc [N/mm <sup>2</sup> ]	σc limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	0.835	1500.00	6.03	6.03	-0.168	-11.205	SI
1	1.33	-9.603	1500.00	6.03	6.03	-1.935	-11.205	SI
1	3.55	16.329	1500.00	6.03	6.03	-3.291	-11.205	SI
2	0.00	15.911	1500.00	6.03	6.03	-3.206	-11.205	SI
2	1.91	-5.407	1500.00	6.03	6.03	-1.090	-11.205	SI
2	3.40	9.515	1500.00	6.03	6.03	-1.917	-11.205	SI
3	0.00	10.219	1500.00	6.03	6.03	-2.059	-11.205	SI

3	1.43	-3.897	1500.00	6.03	6.03	-0.785	-11.205	SI
3	2.85	7.029	1500.00	6.03	6.03	-1.416	-11.205	SI
4	0.00	7.463	1500.00	6.03	6.03	-1.504	-11.205	SI
4	1.41	-5.034	1500.00	6.03	6.03	-1.014	-11.205	SI
4	2.50	1.806	1500.00	6.03	6.03	-0.364	-11.205	SI
5	0.00	0.721	1500.00	6.03	6.03	-0.145	-11.205	SI
5	0.40	-0.723	1500.00	6.03	6.03	-0.146	-11.205	SI
5	0.54	-0.131	1500.00	6.03	6.03	-0.026	-11.205	SI
5	2.15	18.708	1500.00	6.03	6.03	-3.770	-11.205	SI
6	0.00	17.431	1500.00	6.03	6.03	-3.513	-11.205	SI
6	2.42	-12.507	1500.00	6.03	6.03	-2.520	-11.205	SI
6	4.85	20.188	1500.00	6.03	6.03	-4.068	-11.205	SI
7	0.00	20.793	1500.00	6.03	6.03	-4.190	-11.205	SI
7	1.80	-4.362	1500.00	6.03	6.03	-0.879	-11.205	SI
7	3.60	15.896	1500.00	6.03	6.03	-3.203	-11.205	SI
8	0.00	17.249	1500.00	6.03	6.03	-3.476	-11.205	SI
8	2.22	-12.068	1500.00	6.03	6.03	-2.432	-11.205	SI
8	3.95	1.604	1500.00	6.03	6.03	-0.323	-11.205	SI

$\sigma_c$  limite: tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.41 § 4.1.2.2.5

## 9. Verifiche geometriche dell'armatura Tf-0-1

Verifiche di dettaglio costruttivo (cfr NTC § 4.1.6)

Lunghezze critiche e vincoli geometrici (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Lunghezza [m]	Sezione	B [cm]	H [cm]	B/H	Zona Critica [cm]
1	355	R50X30	50	30	1.7	30
2	340	R50X30	50	30	1.7	30
3	285	R50X30	50	30	1.7	30
4	250	R50X30	50	30	1.7	30
5	215	R50X30	50	30	1.7	30
6	485	R50X30	50	30	1.7	30
7	360	R50X30	50	30	1.7	30
8	395	R50X30	50	30	1.7	30

### CRITERIO STATICO

Armatura longitudinale (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Ascissa [cm]	As,c [cm <sup>2</sup> ]	As,c,max [cm <sup>2</sup> ]	As,t,min [cm <sup>2</sup> ]	As,t [cm <sup>2</sup> ]	As,t,max [cm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
1	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
1	estremo dx	3.4	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
2	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
2	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
2	estremo dx	3.3	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
3	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
3	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
3	estremo dx	2.7	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
4	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
4	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
4	estremo dx	2.4	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
5	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
5	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
5	estremo dx	2.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI

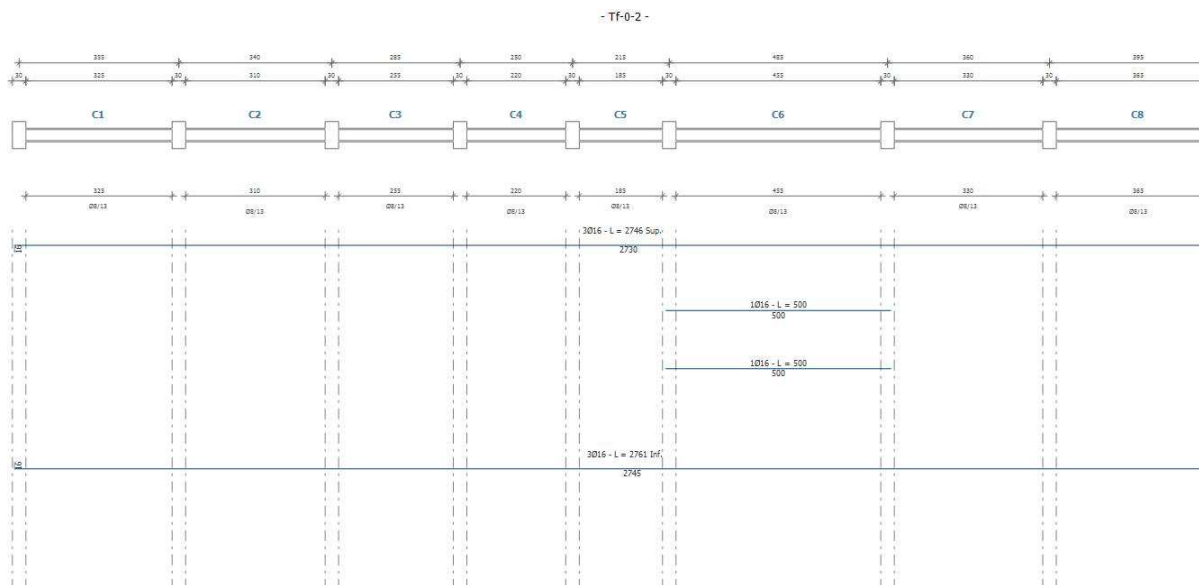
6	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
6	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
6	estremo dx	4.7	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
7	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
7	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
7	estremo dx	3.5	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
8	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
8	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
8	estremo dx	3.8	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI

**Armatura trasversale** (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Astiffe,min [cm <sup>2</sup> /m]	Astiffe [cm <sup>2</sup> /m]	Verifica	Passo [cm]	Passomax [cm]	Verifica
1	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
1	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
1	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
3	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
3	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
3	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
4	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
4	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
4	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
5	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
5	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
5	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
6	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
6	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
6	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
7	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
7	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
7	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
8	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
8	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
8	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI

## 10. Tf-0-2

### Caratteristiche dell'armatura



Lunghezza totale: 26.85 m

Calcestruzzo: C25/30

Numero di campate: 8

Acciaio d'armatura: B450C

#### Armatura longitudinale

Posizione	Tipologia di ferro	Barre	As [cm <sup>2</sup> ]	Lunghezza di calcolo [cm]	Ancoraggio [cm]	Lunghezza complessiva [cm]
1	Corrente - Superiore	3 Ø 16	6.03	2700	46	2746
2	Corrente - Inferiore	3 Ø 16	6.03	2715	46	2761
3	Ferro in campata - Inferiore	1 Ø 16	2.01	500	0	500
4	Ferro in campata - Superiore	1 Ø 16	2.01	500	0	500

La lunghezza di calcolo delle barre è al netto dell'ancoraggio.

#### Armatura trasversale

Campata	Ampiezza campo [cm]	Φ [mm]	Passo s [cm]	Ast [cm <sup>2</sup> ]	Bracci
1	325	8	13	1.01	2
2	310	8	13	1.01	2
3	255	8	13	1.01	2
4	220	8	13	1.01	2
5	185	8	13	1.01	2
6	455	8	13	1.01	2
7	330	8	13	1.01	2
8	365	8	13	1.01	2

Verifiche agli stati limite ultimi (cfr NTC § 4.1.2.1)

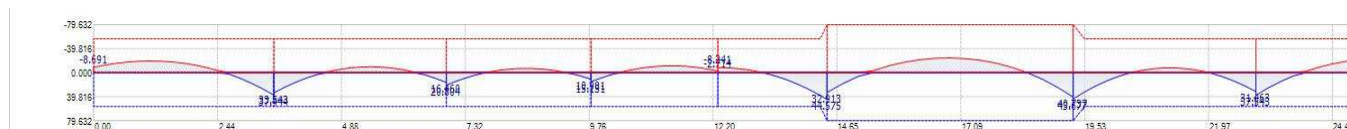
Campo di rottura

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	$\varepsilon_c$ [‰]	$\varepsilon_s$ [‰]	Campo	$\xi$	$\xi_{lim}$	Verifica
1	0.00	-8.691	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
1	1.11	-19.363	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
1	3.55	37.444	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
2	0.00	33.543	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
2	1.91	-9.748	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
2	3.40	16.460	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
3	0.00	20.804	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
3	1.60	-7.064	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
3	2.85	10.981	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
4	0.00	15.151	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
4	1.56	-11.255	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
4	2.50	-2.714	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
5	0.00	-8.241	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
5	2.15	44.575	3.50	19.89	III	0.150	0.45	SI
6	0.00	32.913	3.50	19.89	III	0.150	0.45	SI
6	2.42	-24.377	3.50	19.89	III	0.150	0.45	SI
6	4.85	40.737	3.50	19.89	III	0.150	0.45	SI
7	0.00	43.677	3.50	19.89	III	0.150	0.45	SI
7	1.80	-7.849	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
7	3.60	31.463	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	0.00	37.543	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	2.47	-23.610	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	3.95	-7.091	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI

La verifica assicura un comportamento duttile per strutture iperstatiche e si intende soddisfatta quando  $\xi < \xi_{lim}$

Verifica di resistenza a flessione (cfr NTC § 4.1.2.1.2)

Andamento della sollecitazione flessionale: momento sollecitante e momento resistente.



Momento massimo

Momento minimo

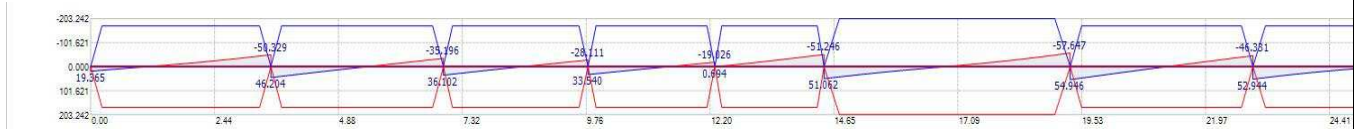
Momento resistente

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	Mrd [kN m]	Mrd/Msd	Verifica
1	0.00	-8.691	6.03	6.03	-56.029	6.45	SI
1	1.11	-19.363	6.03	6.03	-56.029	2.89	SI
1	3.55	37.444	6.03	6.03	56.029	1.50	SI
2	0.00	33.543	6.03	6.03	56.029	1.67	SI
2	1.91	-9.748	6.03	6.03	-56.029	5.75	SI
2	3.40	16.460	6.03	6.03	56.029	3.40	SI
3	0.00	20.804	6.03	6.03	56.029	2.69	SI
3	1.60	-7.064	6.03	6.03	-56.029	7.93	SI
3	2.85	10.981	6.03	6.03	56.029	5.10	SI
4	0.00	15.151	6.03	6.03	56.029	3.70	SI
4	1.56	-11.255	6.03	6.03	-56.029	4.98	SI
4	2.50	-2.714	6.03	6.03	-56.029	20.64	SI

5	0.00	-8.241	6.03	6.03	-56.029	6.80	SI
5	2.15	44.575	8.04	8.04	79.632	1.79	SI
6	0.00	32.913	8.04	8.04	79.632	2.42	SI
6	2.42	-24.377	8.04	8.04	-79.632	3.27	SI
6	4.85	40.737	8.04	8.04	79.632	1.95	SI
7	0.00	43.677	8.04	8.04	79.632	1.82	SI
7	1.80	-7.849	6.03	6.03	-56.029	7.14	SI
7	3.60	31.463	6.03	6.03	56.029	1.78	SI
8	0.00	37.543	6.03	6.03	56.029	1.49	SI
8	2.47	-23.610	6.03	6.03	-56.029	2.37	SI
8	3.95	-7.091	6.03	6.03	-56.029	7.90	SI

#### Verifica di resistenza a taglio (cfr NTC § 4.1.2.1.3)

Andamento della sollecitazione tagliante.



Taglio massimo

Taglio minimo

Taglio resistente

Campata	Ascissa [m]	$\alpha$	$\theta$	Vsd [kN]	VRd [kN]	VRsd [kN]	VRcd [kN]	Verifica
1	0.15	90°	21.8	16.479	65.532	172.078	279.067	SI
1	3.40	90°	21.8	46.371	65.532	172.078	279.067	SI
2	0.15	90°	21.8	42.199	65.532	172.078	279.067	SI
2	3.25	90°	21.8	31.379	65.532	172.078	279.067	SI
3	0.15	90°	21.8	32.287	65.532	172.077	279.067	SI
3	2.70	90°	21.8	24.617	65.532	172.077	279.067	SI
4	0.15	90°	21.8	30.060	65.532	172.077	279.067	SI
4	2.35	90°	21.8	15.587	65.532	172.077	279.067	SI
5	0.15	90°	21.8	3.014	65.532	172.077	279.067	SI
5	2.00	90°	21.8	47.158	65.532	172.077	279.067	SI
6	0.15	90°	21.8	47.054	77.566	203.242	329.607	SI
6	4.70	90°	21.8	53.058	77.566	203.242	329.607	SI
7	0.15	90°	21.8	50.245	65.532	172.079	279.067	SI
7	3.45	90°	21.8	42.038	65.532	172.079	279.067	SI
8	0.15	90°	21.8	48.751	65.532	172.076	279.067	SI
8	3.80	90°	21.8	21.360	65.532	172.076	279.067	SI

$\alpha$ : angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave.

$\theta$ : inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave.  $\theta$  rispetta il limite:  $1 \leq \cotan\theta \leq 2,5$  (cfr NTC § 4.1.2.1.3.2)

#### Verifiche agli stati limite di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2)

#### Verifica di fessurazione (cfr NTC § 4.1.2.2.4)

CONDIZIONI AMBIENTALI: Ambiente Ordinario

Combinazione frequente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	-5.562	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
1	1.11	-12.650	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
1	3.55	24.384	6.03	6.03	0.154	0.262	0.400	SI
2	0.00	21.864	6.03	6.03	0.124	0.211	0.400	SI
2	1.91	-6.381	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI

2	3.40	10.777	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
3	0.00	13.577	6.03	6.03	0.005	0.009	0.400	SI
3	1.60	-4.621	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
3	2.85	7.214	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
4	0.00	9.903	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
4	1.56	-7.324	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
4	2.50	-1.685	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.00	-5.258	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
5	2.15	29.013	8.04	8.04	0.091	0.155	0.400	SI
6	0.00	21.494	8.04	8.04	0.048	0.082	0.400	SI
6	2.42	-15.917	8.04	8.04	0.010	0.018	0.400	SI
6	4.85	26.564	8.04	8.04	0.078	0.132	0.400	SI
7	0.00	28.462	8.04	8.04	0.088	0.150	0.400	SI
7	1.80	-5.132	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
7	3.60	20.536	6.03	6.03	0.108	0.183	0.400	SI
8	0.00	24.467	6.03	6.03	0.155	0.264	0.400	SI
8	2.47	-15.432	6.03	6.03	0.036	0.061	0.400	SI
8	3.95	-4.521	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI

**Combinazione quasi permanente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	-5.272	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
1	1.11	-12.073	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
1	3.55	23.246	6.03	6.03	0.141	0.240	0.300	SI
2	0.00	20.852	6.03	6.03	0.112	0.190	0.300	SI
2	1.91	-6.094	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
2	3.40	10.293	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
3	0.00	12.954	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
3	1.60	-4.412	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
3	2.85	6.898	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
4	0.00	9.452	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
4	1.56	-6.981	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
4	2.50	-1.580	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.00	-4.977	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
5	2.15	27.656	8.04	8.04	0.084	0.142	0.300	SI
6	0.00	20.510	8.04	8.04	0.042	0.072	0.300	SI
6	2.42	-15.189	8.04	8.04	0.005	0.008	0.300	SI
6	4.85	25.337	8.04	8.04	0.071	0.121	0.300	SI
7	0.00	27.142	8.04	8.04	0.081	0.138	0.300	SI
7	1.80	-4.899	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
7	3.60	19.594	6.03	6.03	0.095	0.162	0.300	SI
8	0.00	23.331	6.03	6.03	0.142	0.241	0.300	SI
8	2.47	-14.731	6.03	6.03	0.025	0.042	0.300	SI
8	3.95	-4.280	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI

**Verifica delle tensioni di esercizio** (cfr NTC § 4.1.2.2.5)

**Combinazione rara.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	σc [N/mm <sup>2</sup> ]	σc limite [N/mm <sup>2</sup> ]	σs trazione [N/mm <sup>2</sup> ]	σs comp. [N/mm <sup>2</sup> ]	σs limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	-6.288	6.03	6.03	-1.267	-14.940	46.135	-7.210	360.000	SI
1	1.11	-14.092	6.03	6.03	-2.840	-14.940	103.386	-16.158	360.000	SI
1	3.55	27.227	6.03	6.03	-5.487	-14.940	199.760	-31.220	360.000	SI
2	0.00	24.396	6.03	6.03	-4.916	-14.940	178.988	-27.973	360.000	SI
2	1.91	-7.099	6.03	6.03	-1.430	-14.940	52.081	-8.139	360.000	SI
2	3.40	11.986	6.03	6.03	-2.415	-14.940	87.941	-13.744	360.000	SI
3	0.00	15.137	6.03	6.03	-3.050	-14.940	111.054	-17.356	360.000	SI
3	1.60	-5.143	6.03	6.03	-1.036	-14.940	37.731	-5.897	360.000	SI
3	2.85	8.005	6.03	6.03	-1.613	-14.940	58.727	-9.178	360.000	SI

4	0.00	11.029	6.03	6.03	-2.223	-14.940	80.920	-12.647	360.000	SI
4	1.56	-8.182	6.03	6.03	-1.649	-14.940	60.028	-9.382	360.000	SI
4	2.50	-1.949	6.03	6.03	-0.393	-14.940	14.296	-2.234	360.000	SI
5	0.00	-5.960	6.03	6.03	-1.201	-14.940	43.728	-6.834	360.000	SI
5	2.15	32.408	8.04	8.04	-4.931	-14.940	198.691	-73.960	360.000	SI
6	0.00	23.952	8.04	8.04	-3.644	-14.940	146.848	-54.662	360.000	SI
6	2.42	-17.738	8.04	8.04	-2.699	-14.940	108.751	-40.481	360.000	SI
6	4.85	29.632	8.04	8.04	-4.508	-14.940	181.671	-67.625	360.000	SI
7	0.00	31.763	8.04	8.04	-4.833	-14.940	194.739	-72.489	360.000	SI
7	1.80	-5.714	6.03	6.03	-1.152	-14.940	41.924	-6.552	360.000	SI
7	3.60	22.891	6.03	6.03	-4.613	-14.940	167.948	-26.248	360.000	SI
8	0.00	27.305	6.03	6.03	-5.503	-14.940	200.333	-31.309	360.000	SI
8	2.47	-17.184	6.03	6.03	-3.463	-14.940	126.076	-19.704	360.000	SI
8	3.95	-5.125	6.03	6.03	-1.033	-14.940	37.600	-5.876	360.000	SI

**$\sigma_c$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.40 § 4.1.2.2.5

**$\sigma_s$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.42 § 4.1.2.2.5

**Combinazione quasi permanente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Ac [cm <sup>2</sup> ]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	-5.272	1500.00	6.03	6.03	-1.062	-11.205	SI
1	1.11	-12.073	1500.00	6.03	6.03	-2.433	-11.205	SI
1	3.55	23.246	1500.00	6.03	6.03	-4.685	-11.205	SI
2	0.00	20.852	1500.00	6.03	6.03	-4.202	-11.205	SI
2	1.91	-6.094	1500.00	6.03	6.03	-1.228	-11.205	SI
2	3.40	10.293	1500.00	6.03	6.03	-2.074	-11.205	SI
3	0.00	12.954	1500.00	6.03	6.03	-2.610	-11.205	SI
3	1.60	-4.412	1500.00	6.03	6.03	-0.889	-11.205	SI
3	2.85	6.898	1500.00	6.03	6.03	-1.390	-11.205	SI
4	0.00	9.452	1500.00	6.03	6.03	-1.905	-11.205	SI
4	1.56	-6.981	1500.00	6.03	6.03	-1.407	-11.205	SI
4	2.50	-1.580	1500.00	6.03	6.03	-0.318	-11.205	SI
5	0.00	-4.977	1500.00	6.03	6.03	-1.003	-11.205	SI
5	2.15	27.656	1500.00	8.04	8.04	-4.208	-11.205	SI
6	0.00	20.510	1500.00	8.04	8.04	-3.121	-11.205	SI
6	2.42	-15.189	1500.00	8.04	8.04	-2.311	-11.205	SI
6	4.85	25.337	1500.00	8.04	8.04	-3.855	-11.205	SI
7	0.00	27.142	1500.00	8.04	8.04	-4.130	-11.205	SI
7	1.80	-4.899	1500.00	6.03	6.03	-0.987	-11.205	SI
7	3.60	19.594	1500.00	6.03	6.03	-3.948	-11.205	SI
8	0.00	23.331	1500.00	6.03	6.03	-4.702	-11.205	SI
8	2.47	-14.731	1500.00	6.03	6.03	-2.968	-11.205	SI
8	3.95	-4.280	1500.00	6.03	6.03	-0.862	-11.205	SI

**$\sigma_c$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.41 § 4.1.2.2.5

## 10. Verifiche geometriche dell'armatura Tf-0-2

Verifiche di dettaglio costruttivo (cfr NTC § 4.1.6)

Lunghezze critiche e vincoli geometrici (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Lunghezza [m]	Sezione	B [cm]	H [cm]	B/H	Zona Critica [cm]
1	355	R50X30	50	30	1.7	30
2	340	R50X30	50	30	1.7	30
3	285	R50X30	50	30	1.7	30
4	250	R50X30	50	30	1.7	30
5	215	R50X30	50	30	1.7	30
6	485	R50X30	50	30	1.7	30
7	360	R50X30	50	30	1.7	30
8	395	R50X30	50	30	1.7	30

### CRITERIO STATICO

Armatura longitudinale (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Ascissa [cm]	As,c [cm <sup>2</sup> ]	As,c,max [cm <sup>2</sup> ]	As,t,min [cm <sup>2</sup> ]	As,t [cm <sup>2</sup> ]	As,t,max [cm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
1	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
1	estremo dx	3.4	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
2	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
2	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
2	estremo dx	3.3	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
3	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
3	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
3	estremo dx	2.7	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
4	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
4	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
4	estremo dx	2.4	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
5	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
5	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
5	estremo dx	2.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
6	estremo sx	0.2	8.04	60.00	2.00	8.04	49.00	SI
6	campata	0.0	8.04	60.00	2.00	8.04	49.00	SI
6	estremo dx	4.7	8.04	60.00	2.00	8.04	49.00	SI
7	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
7	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
7	estremo dx	3.5	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
8	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
8	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
8	estremo dx	3.8	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI

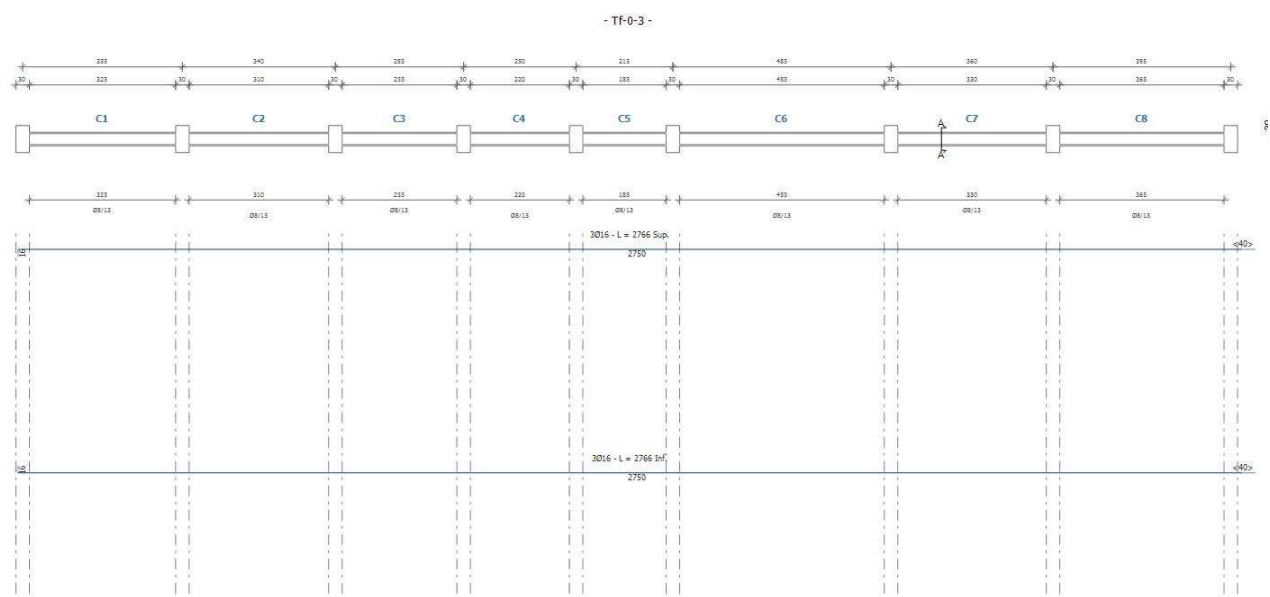
Armatura trasversale (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Astiffe,min [cm <sup>2</sup> /m]	Astiffe [cm <sup>2</sup> /m]	Verifica	Passo [cm]	Passomax [cm]	Verifica
1	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
1	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
1	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI

3	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
3	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
3	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
4	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
4	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
4	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
5	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
5	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
5	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
6	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
6	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
6	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
7	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
7	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
7	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
8	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
8	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
8	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI

11. Tf-0-3

Caratteristiche dell'armatura



Lunghezza totale: 26.85 m
Numero di campate: 8

Calcestruzzo: C25/30
Acciaio d'armatura: B450C

Armatura longitudinale

Posizione	Tipologia di ferro	Barre	As [cm <sup>2</sup> ]	Lunghezza di calcolo [cm]	Ancoraggio [cm]	Lunghezza complessiva [cm]
1	Corrente - Superiore	3 Ø 16	6.03	2720	46	2766
2	Corrente - Inferiore	3 Ø 16	6.03	2720	46	2766

La lunghezza di calcolo delle barre è al netto dell'ancoraggio.

Armatura trasversale

Campata	Ampiezza campo [cm]	Φ [mm]	Passo s [cm]	Ast [cm <sup>2</sup> ]	Bracci
---------	------------------------	-----------	-----------------	---------------------------	--------

1	325	8	13	1.01	2
2	310	8	13	1.01	2
3	255	8	13	1.01	2
4	220	8	13	1.01	2
5	185	8	13	1.01	2
6	455	8	13	1.01	2
7	330	8	13	1.01	2
8	365	8	13	1.01	2

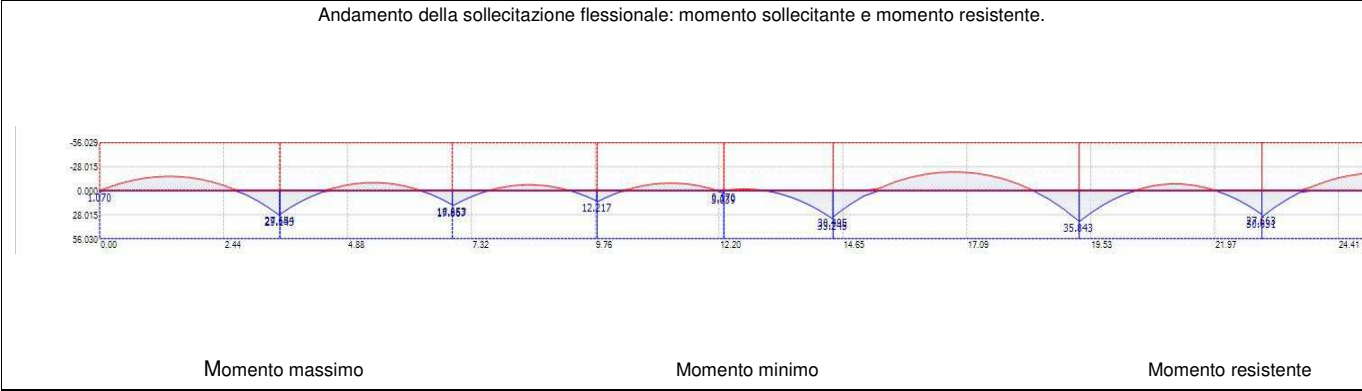
Verifiche agli stati limite ultimi (cfr NTC § 4.1.2.1)

Campo di rottura

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	$\epsilon_c$ [%]	$\epsilon_s$ [%]	Campo	$\xi$	$\xi_{lim}$	Verifica
1	0.00	1.070	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
1	0.00	-0.070	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
1	1.33	-16.668	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
1	3.55	29.143	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
2	0.00	27.654	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
2	1.91	-9.466	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
2	3.40	16.653	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
3	0.00	17.867	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
3	1.43	-6.788	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
3	1.60	-3.848	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
3	2.85	12.217	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
4	0.00	13.113	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
4	1.41	-8.728	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
4	2.50	3.039	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
5	0.00	0.170	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
5	0.00	-0.274	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
5	0.40	-1.945	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
5	2.15	33.245	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
6	0.00	30.495	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
6	2.42	-21.835	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
6	4.85	35.843	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
7	0.00	36.242	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
7	1.80	-7.801	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
7	3.60	27.663	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	0.00	30.631	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	2.22	-20.744	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	2.47	-12.260	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI
8	3.95	2.907	3.50	16.30	III	0.177	0.45	SI

La verifica assicura un comportamento duttile per strutture iperstatiche e si intende soddisfatta quando  $\xi < \xi_{lim}$

Verifica di resistenza a flessione (cfr NTC § 4.1.2.1.2)



Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	Mrd [kN m]	Mrd/Msd	Verifica
1	0.00	1.070	6.03	6.03	56.029	52.37	SI
1	0.00	-0.070	6.03	6.03	-56.029	804.98	SI
1	1.33	-16.668	6.03	6.03	-56.029	3.36	SI
1	3.55	29.143	6.03	6.03	56.029	1.92	SI
2	0.00	27.654	6.03	6.03	56.029	2.03	SI
2	1.91	-9.466	6.03	6.03	-56.029	5.92	SI
2	3.40	16.653	6.03	6.03	56.029	3.36	SI
3	0.00	17.867	6.03	6.03	56.029	3.14	SI
3	1.43	-6.788	6.03	6.03	-56.029	8.25	SI
3	1.60	-3.848	6.03	6.03	-56.029	14.56	SI
3	2.85	12.217	6.03	6.03	56.029	4.59	SI
4	0.00	13.113	6.03	6.03	56.029	4.27	SI
4	1.41	-8.728	6.03	6.03	-56.029	6.42	SI
4	2.50	3.039	6.03	6.03	56.029	18.44	SI
5	0.00	0.170	6.03	6.03	56.029	329.21	SI
5	0.00	-0.274	6.03	6.03	-56.029	204.46	SI
5	0.40	-1.945	6.03	6.03	-56.029	28.81	SI
5	2.15	33.245	6.03	6.03	56.029	1.69	SI
6	0.00	30.495	6.03	6.03	56.029	1.84	SI
6	2.42	-21.835	6.03	6.03	-56.029	2.57	SI
6	4.85	35.843	6.03	6.03	56.029	1.56	SI
7	0.00	36.242	6.03	6.03	56.029	1.55	SI
7	1.80	-7.801	6.03	6.03	-56.029	7.18	SI
7	3.60	27.663	6.03	6.03	56.029	2.03	SI
8	0.00	30.631	6.03	6.03	56.029	1.83	SI
8	2.22	-20.744	6.03	6.03	-56.029	2.70	SI
8	2.47	-12.260	6.03	6.03	-56.029	4.57	SI
8	3.95	2.907	6.03	6.03	56.029	19.28	SI

#### Verifica di resistenza a taglio (cfr NTC § 4.1.2.1.3)

Andamento della sollecitazione tagliante.



Taglio massimo

Taglio minimo

Taglio resistente

Campata	Ascissa [m]	$\alpha$	$\theta$	Vsd [kN]	VRd [kN]	VRsd [kN]	VRcd [kN]	Verifica
1	0.15	90°	21.8	23.057	65.532	172.078	279.067	SI
1	3.40	90°	21.8	40.443	65.532	172.078	279.067	SI
2	0.15	90°	21.8	37.227	65.532	172.078	279.067	SI
2	3.25	90°	21.8	30.365	65.532	172.078	279.067	SI
3	0.15	90°	21.8	29.458	65.532	172.077	279.067	SI
3	2.70	90°	21.8	25.162	65.532	172.077	279.067	SI
4	0.15	90°	21.8	27.044	65.532	172.077	279.067	SI
4	2.35	90°	21.8	18.997	65.532	172.077	279.067	SI
5	0.15	90°	21.8	5.485	65.532	172.077	279.067	SI
5	2.00	90°	21.8	37.030	65.532	172.077	279.067	SI
6	0.15	90°	21.8	43.170	65.532	172.079	279.067	SI
6	4.70	90°	21.8	46.780	65.532	172.079	279.067	SI

7	0.15	90°	21.8	43.246	65.532	172.079	279.067	SI
7	3.45	90°	21.8	37.634	65.532	172.079	279.067	SI
8	0.15	90°	21.8	43.198	65.532	172.076	279.067	SI
8	3.80	90°	21.8	27.289	65.532	172.076	279.067	SI

$\alpha$ : angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave.

$\theta$ : inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave.  $\theta$  rispetta il limite:  $1 \leq \cotan\theta \leq 2,5$  (cfr NTC § 4.1.2.1.3.2)

### Verifiche agli stati limite di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2)

#### Verifica di fessurazione (cfr NTC § 4.1.2.2.4)

**CONDIZIONI AMBIENTALI: Ambiente Ordinario**

**Combinazione frequente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	0.823	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
1	1.33	-11.207	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
1	3.55	19.479	6.03	6.03	0.094	0.160	0.400	SI
2	0.00	18.536	6.03	6.03	0.081	0.138	0.400	SI
2	1.91	-6.366	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
2	3.40	11.191	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
3	0.00	11.980	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
3	1.43	-4.564	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
3	2.85	8.239	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
4	0.00	8.815	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
4	1.41	-5.846	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
4	2.50	2.097	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.00	0.131	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.00	0.131	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.40	-1.239	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
5	2.15	22.235	6.03	6.03	0.129	0.219	0.400	SI
6	0.00	20.470	6.03	6.03	0.107	0.181	0.400	SI
6	2.42	-14.650	6.03	6.03	0.024	0.040	0.400	SI
6	4.85	23.988	6.03	6.03	0.150	0.255	0.400	SI
7	0.00	24.265	6.03	6.03	0.153	0.260	0.400	SI
7	1.80	-5.233	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
7	3.60	18.558	6.03	6.03	0.082	0.139	0.400	SI
8	0.00	20.489	6.03	6.03	0.107	0.182	0.400	SI
8	2.22	-13.951	6.03	6.03	0.012	0.020	0.400	SI
8	3.95	2.048	6.03	6.03	0.000	0.000	0.400	SI

**Combinazione quasi permanente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	0.823	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
1	1.33	-10.713	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
1	3.55	18.581	6.03	6.03	0.082	0.139	0.300	SI
2	0.00	17.699	6.03	6.03	0.070	0.118	0.300	SI
2	1.91	-6.086	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
2	3.40	10.695	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
3	0.00	11.440	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
3	1.43	-4.362	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
3	2.85	7.884	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
4	0.00	8.426	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
4	1.41	-5.581	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
4	2.50	2.024	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.00	0.131	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.40	-1.161	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
5	2.15	21.214	6.03	6.03	0.116	0.197	0.300	SI
6	0.00	19.556	6.03	6.03	0.095	0.161	0.300	SI

6	2.42	-13.994	6.03	6.03	0.013	0.022	0.300	SI
6	4.85	22.892	6.03	6.03	0.137	0.232	0.300	SI
7	0.00	23.159	6.03	6.03	0.140	0.238	0.300	SI
7	1.80	-4.998	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
7	3.60	17.725	6.03	6.03	0.070	0.119	0.300	SI
8	0.00	19.549	6.03	6.03	0.095	0.161	0.300	SI
8	2.22	-13.337	6.03	6.03	0.001	0.002	0.300	SI
8	3.95	1.990	6.03	6.03	0.000	0.000	0.300	SI

**Verifica delle tensioni di esercizio** (cfr NTC § 4.1.2.2.5)

**Combinazione rara.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	σc [N/mm <sup>2</sup> ]	σc limite [N/mm <sup>2</sup> ]	σs trazione [N/mm <sup>2</sup> ]	σs comp. [N/mm <sup>2</sup> ]	σs limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	0.823	6.03	6.03	-0.166	-14.940	6.037	-0.944	360.000	SI
1	1.33	-12.442	6.03	6.03	-2.507	-14.940	91.281	-14.266	360.000	SI
1	3.55	21.726	6.03	6.03	-4.378	-14.940	159.398	-24.912	360.000	SI
2	0.00	20.628	6.03	6.03	-4.157	-14.940	151.345	-23.653	360.000	SI
2	1.91	-7.066	6.03	6.03	-1.424	-14.940	51.844	-8.102	360.000	SI
2	3.40	12.429	6.03	6.03	-2.505	-14.940	91.189	-14.251	360.000	SI
3	0.00	13.329	6.03	6.03	-2.686	-14.940	97.790	-15.283	360.000	SI
3	1.43	-5.067	6.03	6.03	-1.021	-14.940	37.173	-5.810	360.000	SI
3	2.85	9.125	6.03	6.03	-1.839	-14.940	66.947	-10.463	360.000	SI
4	0.00	9.788	6.03	6.03	-1.972	-14.940	71.811	-11.223	360.000	SI
4	1.41	-6.509	6.03	6.03	-1.312	-14.940	47.758	-7.464	360.000	SI
4	2.50	2.281	6.03	6.03	-0.460	-14.940	16.736	-2.616	360.000	SI
5	0.00	0.131	6.03	6.03	-0.026	-14.940	0.961	-0.150	360.000	SI
5	0.00	-0.139	6.03	6.03	-0.028	-14.940	1.020	-0.159	360.000	SI
5	0.40	-1.436	6.03	6.03	-0.289	-14.940	10.533	-1.646	360.000	SI
5	2.15	24.788	6.03	6.03	-4.995	-14.940	181.861	-28.422	360.000	SI
6	0.00	22.755	6.03	6.03	-4.585	-14.940	166.946	-26.091	360.000	SI
6	2.42	-16.291	6.03	6.03	-3.283	-14.940	119.526	-18.680	360.000	SI
6	4.85	26.729	6.03	6.03	-5.386	-14.940	196.101	-30.648	360.000	SI
7	0.00	27.028	6.03	6.03	-5.447	-14.940	198.298	-30.991	360.000	SI
7	1.80	-5.820	6.03	6.03	-1.173	-14.940	42.698	-6.673	360.000	SI
7	3.60	20.639	6.03	6.03	-4.159	-14.940	151.420	-23.665	360.000	SI
8	0.00	22.839	6.03	6.03	-4.603	-14.940	167.567	-26.188	360.000	SI
8	2.22	-15.485	6.03	6.03	-3.120	-14.940	113.607	-17.755	360.000	SI
8	2.47	-12.299	6.03	6.03	-2.478	-14.940	90.235	-14.102	360.000	SI
8	3.95	2.192	6.03	6.03	-0.442	-14.940	16.080	-2.513	360.000	SI

σc limite: tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.40 § 4.1.2.2.5

σs limite: tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.42 § 4.1.2.2.5

**Combinazione quasi permanente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Ac [cm <sup>2</sup> ]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	σc [N/mm <sup>2</sup> ]	σc limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	0.823	1500.00	6.03	6.03	-0.166	-11.205	SI
1	1.33	-10.713	1500.00	6.03	6.03	-2.159	-11.205	SI
1	3.55	18.581	1500.00	6.03	6.03	-3.744	-11.205	SI
2	0.00	17.699	1500.00	6.03	6.03	-3.567	-11.205	SI
2	1.91	-6.086	1500.00	6.03	6.03	-1.227	-11.205	SI
2	3.40	10.695	1500.00	6.03	6.03	-2.155	-11.205	SI
3	0.00	11.440	1500.00	6.03	6.03	-2.305	-11.205	SI
3	1.43	-4.362	1500.00	6.03	6.03	-0.879	-11.205	SI
3	2.85	7.884	1500.00	6.03	6.03	-1.589	-11.205	SI
4	0.00	8.426	1500.00	6.03	6.03	-1.698	-11.205	SI
4	1.41	-5.581	1500.00	6.03	6.03	-1.125	-11.205	SI
4	2.50	2.024	1500.00	6.03	6.03	-0.408	-11.205	SI
5	0.00	0.131	1500.00	6.03	6.03	-0.026	-11.205	SI
5	0.40	-1.161	1500.00	6.03	6.03	-0.234	-11.205	SI

5	2.15	21.214	1500.00	6.03	6.03	-4.275	-11.205	SI
6	0.00	19.556	1500.00	6.03	6.03	-3.941	-11.205	SI
6	2.42	-13.994	1500.00	6.03	6.03	-2.820	-11.205	SI
6	4.85	22.892	1500.00	6.03	6.03	-4.613	-11.205	SI
7	0.00	23.159	1500.00	6.03	6.03	-4.667	-11.205	SI
7	1.80	-4.998	1500.00	6.03	6.03	-1.007	-11.205	SI
7	3.60	17.725	1500.00	6.03	6.03	-3.572	-11.205	SI
8	0.00	19.549	1500.00	6.03	6.03	-3.940	-11.205	SI
8	2.22	-13.337	1500.00	6.03	6.03	-2.688	-11.205	SI
8	2.47	-12.318	1500.00	6.03	6.03	-2.482	-11.205	SI
8	3.95	1.990	1500.00	6.03	6.03	-0.401	-11.205	SI

**σc limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.41 § 4.1.2.2.5

## 11. Verifiche geometriche dell'armatura Tf-0-3

Verifiche di dettaglio costruttivo (cfr NTC § 4.1.6)

**Lunghezze critiche e vincoli geometrici** (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Lunghezza [m]	Sezione	B [cm]	H [cm]	B/H	Zona Critica [cm]
1	355	R50X30	50	30	1.7	30
2	340	R50X30	50	30	1.7	30
3	285	R50X30	50	30	1.7	30
4	250	R50X30	50	30	1.7	30
5	215	R50X30	50	30	1.7	30
6	485	R50X30	50	30	1.7	30
7	360	R50X30	50	30	1.7	30
8	395	R50X30	50	30	1.7	30

### CRITERIO STATICO

**Armatura longitudinale** (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Ascissa [cm]	As,c [cm <sup>2</sup> ]	As,c,max [cm <sup>2</sup> ]	As,t,min [cm <sup>2</sup> ]	As,t [cm <sup>2</sup> ]	As,t,max [cm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
1	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
1	estremo dx	3.4	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
2	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
2	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
2	estremo dx	3.3	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
3	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
3	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
3	estremo dx	2.7	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
4	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
4	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
4	estremo dx	2.4	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
5	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
5	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
5	estremo dx	2.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
6	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
6	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
6	estremo dx	4.7	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
7	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
7	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
7	estremo dx	3.5	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
8	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI

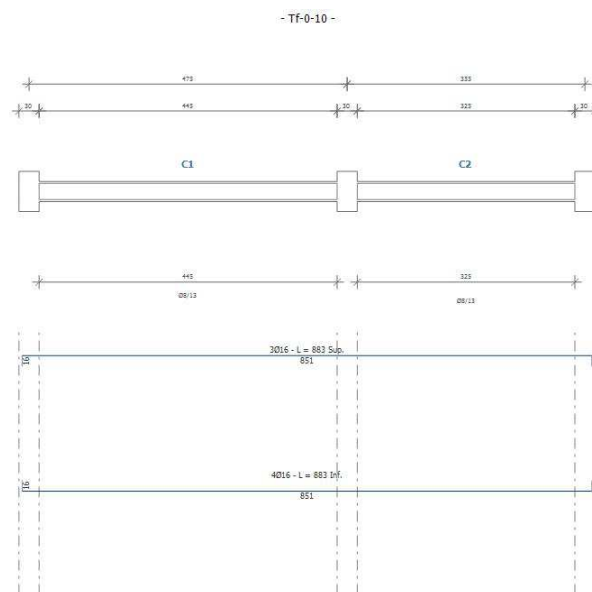
8	campata	0.0	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
8	estremo dx	3.8	6.03	60.00	2.00	6.03	49.00	SI

Armatura trasversale (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Astiffe,min [cm <sup>2</sup> /m]	Astiffe [cm <sup>2</sup> /m]	Verifica	Passo [cm]	Passomax [cm]	Verifica
1	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
1	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
1	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
3	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
3	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
3	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
4	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
4	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
4	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
5	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
5	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
5	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
6	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
6	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
6	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
7	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
7	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
7	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
8	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
8	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
8	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI

## 12. Tf-0-10

### Caratteristiche dell'armatura



Lunghezza totale: 8.30 m  
Calcestruzzo: C25/30

Numero di campate: 2  
Acciaio d'armatura: B450C

### Armatura longitudinale

Posizione	Tipologia di ferro	Barre	As [cm <sup>2</sup> ]	Lunghezza di calcolo [cm]	Ancoraggio [cm]	Lunghezza complessiva [cm]
1	Corrente - Superiore	3 Ø 16	6.03	851	32	883
2	Corrente - Inferiore	4 Ø 16	8.04	851	32	883

La lunghezza di calcolo delle barre è al netto dell'ancoraggio.

### Armatura trasversale

Campata	Ampiezza campo [cm]	$\Phi$ [mm]	Passo s [cm]	Ast [cm <sup>2</sup> ]	Bracci
1	445	8	13	1.01	2
2	325	8	13	1.01	2

Verifiche agli stati limite ultimi (cfr NTC § 4.1.2.1)

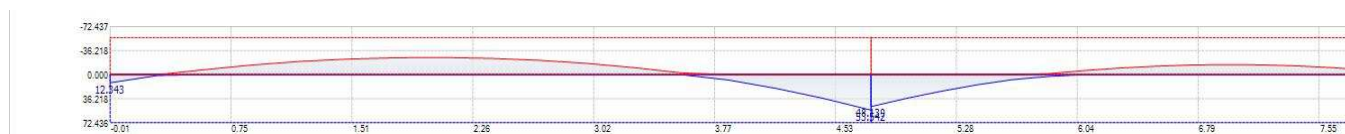
### Campo di rottura

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	$\epsilon_c$ [‰]	$\epsilon_s$ [‰]	Campo	$\xi$	$\xi_{lim}$	Verifica
1	0.00	12.343	3.50	14.20	III	0.198	0.45	<b>SI</b>
1	2.08	-25.819	3.50	16.30	III	0.177	0.45	<b>SI</b>
1	4.75	53.542	3.50	14.20	III	0.198	0.45	<b>SI</b>
2	0.00	48.139	3.50	14.20	III	0.198	0.45	<b>SI</b>
2	2.22	-15.231	3.50	16.30	III	0.177	0.45	<b>SI</b>
2	3.55	4.965	3.50	14.20	III	0.198	0.45	<b>SI</b>

La verifica assicura un comportamento duttile per strutture iperstatiche e si intende soddisfatta quando  $\xi < \xi_{lim}$

**Verifica di resistenza a flessione** (cfr NTC § 4.1.2.1.2)

Andamento della sollecitazione flessionale: momento sollecitante e momento resistente.



Momento massimo

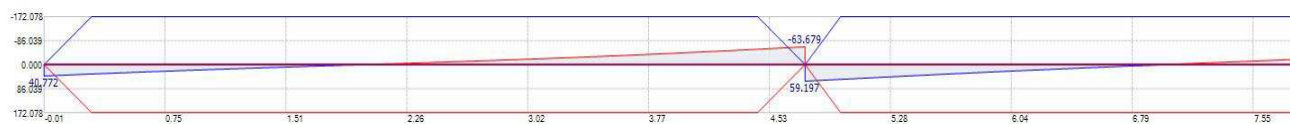
Momento minimo

Momento resistente

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	Mrd [kN m]	Mrd/Msd	Verifica
1	0.00	12.343	8.04	6.03	72.437	5.87	<b>SI</b>
1	2.08	-25.819	8.04	6.03	-55.656	2.16	<b>SI</b>
1	4.75	53.542	8.04	6.03	72.437	1.35	<b>SI</b>
2	0.00	48.139	8.04	6.03	72.437	1.50	<b>SI</b>
2	2.22	-15.231	8.04	6.03	-55.656	3.65	<b>SI</b>
2	3.55	4.965	8.04	6.03	72.437	14.59	<b>SI</b>

**Verifica di resistenza a taglio** (cfr NTC § 4.1.2.1.3)

Andamento della sollecitazione tagliante.



Taglio massimo

Taglio minimo

Taglio resistente

Campata	Ascissa [m]	$\alpha$	$\theta$	Vsd [kN]	VRd [kN]	VRsd [kN]	VRcd [kN]	Verifica
1	0.15	90°	21.8	36.917	72.127	172.078	279.067	SI
1	4.60	90°	21.8	59.053	72.127	172.078	279.067	SI
2	0.15	90°	21.8	54.528	72.127	172.077	279.067	SI
2	3.40	90°	21.8	26.256	72.127	172.077	279.067	SI

$\alpha$ : angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave.

$\theta$ : inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave.  $\theta$  rispetta il limite:  $1 \leq \cotan\theta \leq 2,5$  (cfr NTC § 4.1.2.1.3.2)

Verifiche agli stati limite di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2)

Verifica di fessurazione (cfr NTC § 4.1.2.2.4)

CONDIZIONI AMBIENTALI: Ambiente Ordinario

Combinazione frequente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	8.356	8.04	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
1	2.08	-17.132	8.04	6.03	0.059	0.101	0.400	SI
1	4.75	34.903	8.04	6.03	0.166	0.282	0.400	SI
2	0.00	31.257	8.04	6.03	0.142	0.241	0.400	SI
2	2.22	-9.891	8.04	6.03	0.000	0.000	0.400	SI
2	3.55	3.151	8.04	6.03	0.000	0.000	0.400	SI

Combinazione quasi permanente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	8.023	8.04	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
1	2.08	-16.356	8.04	6.03	0.048	0.081	0.300	SI
1	4.75	33.222	8.04	6.03	0.155	0.263	0.300	SI
2	0.00	29.753	8.04	6.03	0.132	0.224	0.300	SI
2	2.22	-9.482	8.04	6.03	0.000	0.000	0.300	SI
2	3.55	3.008	8.04	6.03	0.000	0.000	0.300	SI

Verifica delle tensioni di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2.5)

Combinazione rara.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ limite [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_s$ trazione [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_s$ comp. [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_s$ limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	9.190	8.04	6.03	-1.658	-14.940	51.167	-11.105	360.000	SI
1	2.08	-19.071	8.04	6.03	-3.744	-14.940	140.199	-20.600	360.000	SI
1	4.75	39.103	8.04	6.03	-7.057	-14.940	217.717	-47.254	360.000	SI
2	0.00	35.016	8.04	6.03	-6.319	-14.940	194.958	-42.314	360.000	SI
2	2.22	-10.914	8.04	6.03	-2.143	-14.940	80.234	-11.789	360.000	SI
2	3.55	3.507	8.04	6.03	-0.633	-14.940	19.526	-4.238	360.000	SI

$\sigma_c$  limite: tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.40 § 4.1.2.2.5

$\sigma_s$  limite: tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.42 § 4.1.2.2.5

Combinazione quasi permanente.

Campata	Ascissa	Msd	Ac	Asinf	Assup	$\sigma_c$	$\sigma_c$ limite	Verifica
---------	---------	-----	----	-------	-------	------------	-------------------	----------

	[m]	[kN m]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
1	0.00	8.023	1500.00	8.04	6.03	-1.448	-11.205	SI
1	2.08	-16.356	1500.00	8.04	6.03	-3.211	-11.205	SI
1	4.75	33.222	1500.00	8.04	6.03	-5.996	-11.205	SI
2	0.00	29.753	1500.00	8.04	6.03	-5.369	-11.205	SI
2	2.22	-9.482	1500.00	8.04	6.03	-1.862	-11.205	SI
2	3.55	3.008	1500.00	8.04	6.03	-0.543	-11.205	SI

$\sigma_c$  limite: tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.41 § 4.1.2.2.5

## 12. Verifiche geometriche dell'armatura Tf-0-10

Verifiche di dettaglio costruttivo (cfr NTC § 4.1.6)

Lunghezze critiche e vincoli geometrici (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Lunghezza [m]	Sezione	B [cm]	H [cm]	B/H	Zona Critica [cm]
1	475	R50X30	50	30	1.7	30
2	355	R50X30	50	30	1.7	30

### CRITERIO STATICO

Armatura longitudinale (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

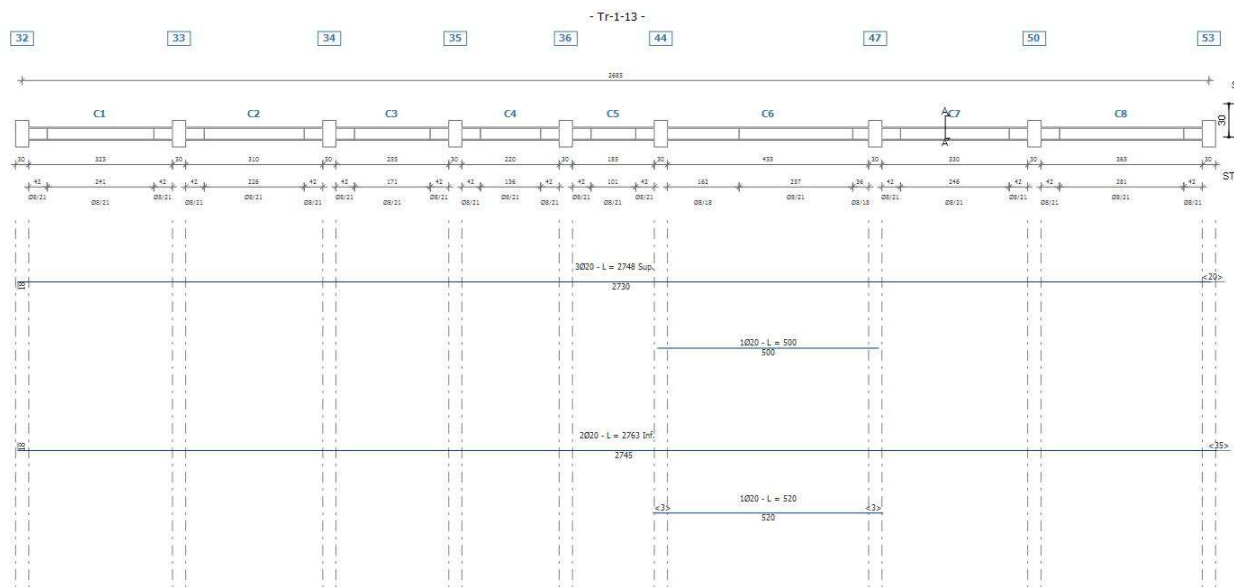
Campata	Zona	Ascissa [cm]	As,c [cm <sup>2</sup> ]	As,c,max [cm <sup>2</sup> ]	As,t,min [cm <sup>2</sup> ]	As,t [cm <sup>2</sup> ]	As,t,max [cm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	8.04	49.00	SI
1	campata	0.0	8.04	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
1	estremo dx	4.6	6.03	60.00	2.00	8.04	49.00	SI
2	estremo sx	0.2	6.03	60.00	2.00	8.04	49.00	SI
2	campata	0.0	8.04	60.00	2.00	6.03	49.00	SI
2	estremo dx	3.4	8.04	60.00	2.00	6.03	49.00	SI

Armatura trasversale (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Astiffe,min [cm <sup>2</sup> /m]	Astiffe [cm <sup>2</sup> /m]	Verifica	Passo [cm]	Passomax [cm]	Verifica
1	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
1	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
1	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	estremo sx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	campata	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI
2	estremo dx	7.5	7.7	SI	13	13.4	SI

## 13. Tr-1-13

### Caratteristiche dell'armatura



Lunghezza totale: 26.85 m

Calcestruzzo: C25/30

Numero di campate: 8

Acciaio d'armatura: B450C

#### Armatura longitudinale

Posizione	Tipologia di ferro	Barre	As [cm <sup>2</sup> ]	Lunghezza di calcolo [cm]	Ancoraggio [cm]	Lunghezza complessiva [cm]
1	Corrente - Superiore	3 Ø 20	9.42	2700	48	2748
2	Corrente - Inferiore	2 Ø 20	6.28	2715	48	2763
3	Ferro in campata - Inferiore	1 Ø 20	3.14	520	0	520
4	Ferro in campata - Superiore	1 Ø 20	3.14	500	0	500

La lunghezza di calcolo delle barre è al netto dell'ancoraggio.

#### Armatura trasversale

Campata	Ampiezza campo [cm]	Φ [mm]	Passo s [cm]	Ast [cm <sup>2</sup> ]	Bracci
1	42	8	21	1.01	2
1	241	8	21	1.01	2
1	42	8	21	1.01	2
2	42	8	21	1.01	2
2	226	8	21	1.01	2
2	42	8	21	1.01	2
3	42	8	21	1.01	2
3	171	8	21	1.01	2
3	42	8	21	1.01	2
4	42	8	21	1.01	2
4	136	8	21	1.01	2
4	42	8	21	1.01	2
5	42	8	21	1.01	2
5	101	8	21	1.01	2
5	42	8	21	1.01	2
6	162	8	18	1.01	2
6	257	8	21	1.01	2

6	36	8	18	1.01	2
7	42	8	21	1.01	2
7	246	8	21	1.01	2
7	42	8	21	1.01	2
8	42	8	21	1.01	2
8	281	8	21	1.01	2
8	42	8	21	1.01	2

Verifiche agli stati limite ultimi (cfr NTC § 4.1.2.1)

**Campo di rottura**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	$\epsilon_c$ [‰]	$\epsilon_s$ [‰]	Campo	$\xi$	$\xi_{lim}$	Verifica
1	0.00	-34.250	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
1	1.55	37.305	3.50	13.05	III	0.211	0.45	SI
1	3.55	-57.740	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
2	0.00	-55.539	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
2	1.70	25.822	3.50	13.05	III	0.211	0.45	SI
2	3.40	-45.326	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
3	0.00	-38.442	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
3	1.43	16.721	3.50	13.05	III	0.211	0.45	SI
3	2.85	-35.275	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
4	0.00	-31.913	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
4	1.41	14.927	3.50	13.05	III	0.211	0.45	SI
4	2.50	-20.789	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
5	0.00	-18.299	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
5	0.81	-3.290	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
5	2.15	-54.504	3.50	11.64	III	0.231	0.45	SI
6	0.00	-90.468	3.50	11.64	III	0.231	0.45	SI
6	2.42	62.387	3.50	16.20	III	0.178	0.45	SI
6	4.85	-95.087	3.50	11.64	III	0.231	0.45	SI
7	0.00	-71.174	3.50	11.64	III	0.231	0.45	SI
7	1.80	19.626	3.50	13.05	III	0.211	0.45	SI
7	3.60	-60.554	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
8	0.00	-68.781	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI
8	1.98	46.855	3.50	13.05	III	0.211	0.45	SI
8	2.22	20.976	3.50	13.05	III	0.211	0.45	SI
8	3.95	-43.350	3.50	9.22	III	0.275	0.45	SI

La verifica assicura un comportamento duttile per strutture iperstatiche e si intende soddisfatta quando  $\xi < \xi_{lim}$

**Verifica di resistenza a flessione** (cfr NTC § 4.1.2.1.2)

Andamento della sollecitazione flessionale: momento sollecitante e momento resistente.



Momento massimo

Momento minimo

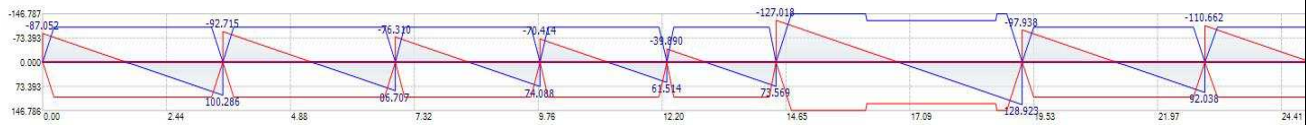
Momento resistente

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	Mrd [kN m]	Mrd/Msd	Verifica
1	0.00	-34.250	6.28	9.42	-79.805	2.33	SI
1	1.55	37.305	6.28	9.42	54.593	1.46	SI

1	3.55	-57.740	6.28	9.42	-79.805	1.38	SI
2	0.00	-55.539	6.28	9.42	-79.805	1.44	SI
2	1.70	25.822	6.28	9.42	54.593	2.11	SI
2	3.40	-45.326	6.28	9.42	-79.805	1.76	SI
3	0.00	-38.442	6.28	9.42	-79.805	2.08	SI
3	1.43	16.721	6.28	9.42	54.593	3.26	SI
3	2.85	-35.275	6.28	9.42	-79.805	2.26	SI
4	0.00	-31.913	6.28	9.42	-79.805	2.50	SI
4	1.41	14.927	6.28	9.42	54.593	3.66	SI
4	2.50	-20.789	6.28	9.42	-79.805	3.84	SI
5	0.00	-18.299	6.28	9.42	-79.805	4.36	SI
5	0.81	-3.290	6.28	9.42	-79.805	24.26	SI
5	2.15	-54.504	9.42	12.57	-116.685	2.14	SI
6	0.00	-90.468	9.42	12.57	-116.685	1.29	SI
6	2.42	62.387	9.42	12.57	91.473	1.47	SI
6	4.85	-95.087	9.42	12.57	-116.685	1.23	SI
7	0.00	-71.174	9.42	12.57	-116.685	1.64	SI
7	1.80	19.626	6.28	9.42	54.593	2.78	SI
7	3.60	-60.554	6.28	9.42	-79.805	1.32	SI
8	0.00	-68.781	6.28	9.42	-79.805	1.16	SI
8	1.98	46.855	6.28	9.42	54.593	1.17	SI
8	2.22	20.976	6.28	9.42	54.593	2.60	SI
8	3.95	-43.350	6.28	9.42	-79.805	1.84	SI

#### Verifica di resistenza a taglio (cfr NTC § 4.1.2.1.3)

Andamento della sollecitazione tagliante.



Taglio massimo

Taglio minimo

Taglio resistente

Campata	Ascissa [m]	$\alpha$	$\theta$	Vsd [kN]	VRd [kN]	VRsd [kN]	VRcd [kN]	Verifica
1	0.15	90°	21.8	78.609	53.911	105.685	166.122	SI
1	0.57	90°	21.8	57.500	47.096	105.685	166.122	SI
1	0.57	90°	21.8	56.445	47.096	105.685	166.122	SI
1	2.98	90°	21.8	69.679	53.911	105.685	166.122	SI
1	2.98	90°	21.8	70.734	53.911	105.685	166.122	SI
1	3.40	90°	21.8	91.843	53.911	105.685	166.122	SI
2	0.15	90°	21.8	84.271	53.911	105.685	166.122	SI
2	0.57	90°	21.8	63.163	53.911	105.685	166.122	SI
2	0.57	90°	21.8	62.108	53.911	105.685	166.122	SI
2	2.83	90°	21.8	56.100	53.911	105.685	166.122	SI
2	2.83	90°	21.8	57.156	53.911	105.685	166.122	SI
2	3.25	90°	21.8	78.264	53.911	105.685	166.122	SI
3	0.15	90°	21.8	67.867	53.911	105.685	166.122	SI
3	0.57	90°	21.8	46.758	53.911	105.685	166.122	SI
3	0.57	90°	21.8	45.703	53.911	105.685	166.122	SI
3	2.28	90°	21.8	43.481	53.911	105.685	166.122	SI
3	2.28	90°	21.8	44.536	53.911	105.685	166.122	SI
3	2.70	90°	21.8	65.645	53.911	105.685	166.122	SI
4	0.15	90°	21.8	61.970	53.911	105.685	166.122	SI

4	0.57	90°	21.8	40.862	47.096	105.685	166.122	SI
4	0.57	90°	21.8	39.806	47.096	105.685	166.122	SI
4	1.93	90°	21.8	30.907	47.096	105.685	166.122	SI
4	1.93	90°	21.8	31.963	47.096	105.685	166.122	SI
4	2.35	90°	21.8	53.071	53.911	105.685	166.122	SI
5	0.15	90°	21.8	31.446	53.911	105.685	166.122	SI
5	0.57	90°	21.8	10.338	53.911	105.685	166.122	SI
5	0.57	90°	21.8	9.282	53.911	105.685	166.122	SI
5	1.58	90°	21.8	42.961	53.911	105.685	166.122	SI
5	1.58	90°	21.8	44.017	53.911	105.685	166.122	SI
5	2.00	90°	21.8	65.125	53.911	105.685	166.122	SI
6	0.15	90°	21.8	118.574	64.030	146.786	197.764	SI
6	1.77	90°	21.8	34.140	58.175	146.786	197.764	SI
6	1.77	90°	21.8	33.085	58.175	125.815	197.764	SI
6	4.34	90°	21.8	101.482	64.030	125.815	197.764	SI
6	4.34	90°	21.8	102.537	64.030	146.787	197.764	SI
6	4.70	90°	21.8	120.479	64.030	146.787	197.764	SI
7	0.15	90°	21.8	89.495	53.911	105.686	166.122	SI
7	0.57	90°	21.8	68.386	53.911	105.686	166.122	SI
7	0.57	90°	21.8	67.331	53.911	105.686	166.122	SI
7	3.03	90°	21.8	61.431	53.911	105.686	166.122	SI
7	3.03	90°	21.8	62.487	53.911	105.685	166.122	SI
7	3.45	90°	21.8	83.595	53.911	105.685	166.122	SI
8	0.15	90°	21.8	102.218	53.911	105.685	166.122	SI
8	0.57	90°	21.8	81.110	53.911	105.685	166.122	SI
8	0.57	90°	21.8	80.054	53.911	105.685	166.122	SI
8	3.38	90°	21.8	67.178	47.096	105.685	166.122	SI
8	3.38	90°	21.8	68.233	47.096	105.686	166.122	SI
8	3.80	90°	21.8	89.342	53.911	105.686	166.122	SI

$\alpha$ : angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave.

$\theta$ : inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave.  $\theta$  rispetta il limite:  $1 \leq \cotan\theta \leq 2,5$  (cfr NTC § 4.1.2.1.3.2)

Verifiche agli stati limite di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2)

Verifica di fessurazione (cfr NTC § 4.1.2.2.4)

CONDIZIONI AMBIENTALI: Ambiente Ordinario

Combinazione frequente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	-22.134	6.28	9.42	0.048	0.081	0.400	SI
1	1.55	24.187	6.28	9.42	0.095	0.162	0.400	SI
1	3.55	-37.463	6.28	9.42	0.109	0.185	0.400	SI
2	0.00	-36.014	6.28	9.42	0.103	0.175	0.400	SI
2	1.70	16.725	6.28	9.42	0.042	0.072	0.400	SI
2	3.40	-29.362	6.28	9.42	0.076	0.130	0.400	SI
3	0.00	-24.918	6.28	9.42	0.059	0.100	0.400	SI
3	1.43	10.835	6.28	9.42	0.000	0.000	0.400	SI
3	2.85	-22.851	6.28	9.42	0.050	0.086	0.400	SI
4	0.00	-20.689	6.28	9.42	0.042	0.071	0.400	SI
4	1.41	9.682	6.28	9.42	0.000	0.000	0.400	SI
4	2.50	-13.449	6.28	9.42	0.008	0.013	0.400	SI
5	0.00	-11.827	6.28	9.42	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.81	-2.126	6.28	9.42	0.000	0.000	0.400	SI
5	2.15	-35.355	9.42	12.57	0.048	0.081	0.400	SI
6	0.00	-58.618	9.42	12.57	0.093	0.158	0.400	SI
6	2.42	40.429	9.42	12.57	0.077	0.130	0.400	SI
6	4.85	-61.620	9.42	12.57	0.099	0.168	0.400	SI
7	0.00	-46.128	9.42	12.57	0.069	0.117	0.400	SI
7	1.80	12.707	6.28	9.42	0.009	0.015	0.400	SI

7	3.60	-39.253	6.28	9.42	0.116	0.197	0.400	SI
8	0.00	-44.609	6.28	9.42	0.137	0.233	0.400	SI
8	1.98	30.373	6.28	9.42	0.140	0.239	0.400	SI
8	3.95	-28.031	6.28	9.42	0.071	0.121	0.400	SI

Combinazione quasi permanente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	-21.045	6.28	9.42	0.043	0.073	0.300	SI
1	1.55	23.023	6.28	9.42	0.087	0.148	0.300	SI
1	3.55	-35.668	6.28	9.42	0.101	0.172	0.300	SI
2	0.00	-34.282	6.28	9.42	0.096	0.163	0.300	SI
2	1.70	15.915	6.28	9.42	0.036	0.062	0.300	SI
2	3.40	-27.940	6.28	9.42	0.071	0.120	0.300	SI
3	0.00	-23.717	6.28	9.42	0.054	0.092	0.300	SI
3	1.43	10.311	6.28	9.42	0.000	0.000	0.300	SI
3	2.85	-21.745	6.28	9.42	0.046	0.078	0.300	SI
4	0.00	-19.693	6.28	9.42	0.038	0.064	0.300	SI
4	1.41	9.217	6.28	9.42	0.000	0.000	0.300	SI
4	2.50	-12.792	6.28	9.42	0.002	0.004	0.300	SI
5	0.00	-11.246	6.28	9.42	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.81	-2.022	6.28	9.42	0.000	0.000	0.300	SI
5	2.15	-33.658	9.42	12.57	0.044	0.075	0.300	SI
6	0.00	-55.784	9.42	12.57	0.087	0.148	0.300	SI
6	2.42	38.476	9.42	12.57	0.072	0.122	0.300	SI
6	4.85	-58.643	9.42	12.57	0.093	0.158	0.300	SI
7	0.00	-43.902	9.42	12.57	0.064	0.109	0.300	SI
7	1.80	12.090	6.28	9.42	0.000	0.000	0.300	SI
7	3.60	-37.361	6.28	9.42	0.108	0.184	0.300	SI
8	0.00	-42.466	6.28	9.42	0.129	0.218	0.300	SI
8	1.98	28.909	6.28	9.42	0.130	0.220	0.300	SI
8	3.95	-26.658	6.28	9.42	0.066	0.112	0.300	SI

Verifica delle tensioni di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2.5)

Combinazione rara.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	σc [N/mm <sup>2</sup> ]	σc limite [N/mm <sup>2</sup> ]	σs trazione [N/mm <sup>2</sup> ]	σs comp. [N/mm <sup>2</sup> ]	σs limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	-24.856	6.28	9.42	-6.485	-14.940	57.697	-67.756	360.000	SI
1	1.55	27.098	6.28	9.42	-6.966	-14.940	94.225	-66.639	360.000	SI
1	3.55	-41.951	6.28	9.42	-10.469	-14.940	139.061	-100.641	360.000	SI
2	0.00	-40.344	6.28	9.42	-10.097	-14.940	131.279	-97.605	360.000	SI
2	1.70	18.752	6.28	9.42	-4.831	-14.940	39.245	-51.192	360.000	SI
2	3.40	-32.917	6.28	9.42	-8.371	-14.940	95.558	-83.449	360.000	SI
3	0.00	-27.922	6.28	9.42	-7.204	-14.940	71.930	-73.780	360.000	SI
3	1.43	12.144	6.28	9.42	-3.218	-14.940	5.326	-38.057	360.000	SI
3	2.85	-25.617	6.28	9.42	-6.664	-14.940	61.201	-69.257	360.000	SI
4	0.00	-23.180	6.28	9.42	-6.091	-14.940	50.047	-64.427	360.000	SI
4	1.41	10.844	6.28	9.42	-2.941	-14.940	0.846	-35.553	360.000	SI
4	2.50	-15.093	6.28	9.42	-4.195	-14.940	15.773	-47.940	360.000	SI
5	0.00	-13.280	6.28	9.42	-3.783	-14.940	9.222	-44.177	360.000	SI
5	0.81	-2.387	6.28	9.42	-1.753	-14.940	-23.951	-13.991	360.000	SI
5	2.15	-39.596	9.42	12.57	-7.459	-14.940	112.848	-111.890	360.000	SI
6	0.00	-65.702	9.42	12.57	-11.718	-14.940	220.683	-175.772	360.000	SI
6	2.42	45.310	9.42	12.57	-8.169	-14.940	164.101	-122.535	360.000	SI
6	4.85	-69.062	9.42	12.57	-12.264	-14.940	234.648	-183.954	360.000	SI
7	0.00	-51.695	9.42	12.57	-9.439	-14.940	162.615	-141.579	360.000	SI
7	1.80	14.251	6.28	9.42	-3.706	-14.940	14.388	-42.258	360.000	SI
7	3.60	-43.983	6.28	9.42	-10.940	-14.940	148.924	-104.471	360.000	SI
8	0.00	-49.967	6.28	9.42	-12.321	-14.940	178.078	-115.697	360.000	SI

8	1.98	34.033	6.28	9.42	-8.722	-14.940	142.823	-78.706	360.000	SI
8	2.22	20.976	6.28	9.42	-5.401	-14.940	53.199	-55.448	360.000	SI
8	3.95	-31.466	6.28	9.42	-8.033	-14.940	88.652	-80.656	360.000	SI

**$\sigma_c$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.40 § 4.1.2.2.5

**$\sigma_s$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.42 § 4.1.2.2.5

**Combinazione quasi permanente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Ac [cm <sup>2</sup> ]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	-21.045	900.00	6.28	9.42	-5.588	-11.205	SI
1	1.55	23.023	900.00	6.28	9.42	-5.925	-11.205	SI
1	3.55	-35.668	900.00	6.28	9.42	-9.012	-11.205	SI
2	0.00	-34.282	900.00	6.28	9.42	-8.689	-11.205	SI
2	1.70	15.915	900.00	6.28	9.42	-4.114	-11.205	SI
2	3.40	-27.940	900.00	6.28	9.42	-7.208	-11.205	SI
3	0.00	-23.717	900.00	6.28	9.42	-6.217	-11.205	SI
3	1.43	10.311	900.00	6.28	9.42	-2.835	-11.205	SI
3	2.85	-21.745	900.00	6.28	9.42	-5.753	-11.205	SI
4	0.00	-19.693	900.00	6.28	9.42	-5.270	-11.205	SI
4	1.41	9.217	900.00	6.28	9.42	-2.630	-11.205	SI
4	2.50	-12.792	900.00	6.28	9.42	-3.674	-11.205	SI
5	0.00	-11.246	900.00	6.28	9.42	-3.338	-11.205	SI
5	0.81	-2.022	900.00	6.28	9.42	-1.692	-11.205	SI
5	2.15	-33.658	900.00	9.42	12.57	-6.482	-11.205	SI
6	0.00	-55.784	900.00	9.42	12.57	-10.105	-11.205	SI
6	2.42	38.476	900.00	9.42	12.57	-7.048	-11.205	SI
6	4.85	-58.643	900.00	9.42	12.57	-10.571	-11.205	SI
7	0.00	-43.902	900.00	9.42	12.57	-8.165	-11.205	SI
7	1.80	12.090	900.00	6.28	9.42	-3.206	-11.205	SI
7	3.60	-37.361	900.00	6.28	9.42	-9.405	-11.205	SI
8	0.00	-42.466	900.00	6.28	9.42	-10.589	-11.205	SI
8	1.98	28.909	900.00	6.28	9.42	-7.426	-11.205	SI
8	2.22	20.976	900.00	6.28	9.42	-5.401	-11.205	SI
8	3.95	-26.658	900.00	6.28	9.42	-6.908	-11.205	SI

**$\sigma_c$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.41 § 4.1.2.2.5

## 13. Verifiche geometriche dell'armatura Tr-13

Verifiche di dettaglio costruttivo (cfr NTC § 4.1.6)

**Lunghezze critiche e vincoli geometrici** (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Lunghezza [m]	Sezione	B [cm]	H [cm]	B/H	Zona Critica [cm]
1	355	R 30 X 30	30	30	1.0	30
2	340	R 30 X 30	30	30	1.0	30
3	285	R 30 X 30	30	30	1.0	30
4	250	R 30 X 30	30	30	1.0	30
5	215	R 30 X 30	30	30	1.0	30
6	485	R 30 X 30	30	30	1.0	30
7	360	R 30 X 30	30	30	1.0	30
8	395	R 30 X 30	30	30	1.0	30

### CRITERIO STATICO

**Armatura longitudinale** (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Ascissa	As,c	As,c,max	As,t,min	As,t	As,t,max	Verifica
---------	------	---------	------	----------	----------	------	----------	----------

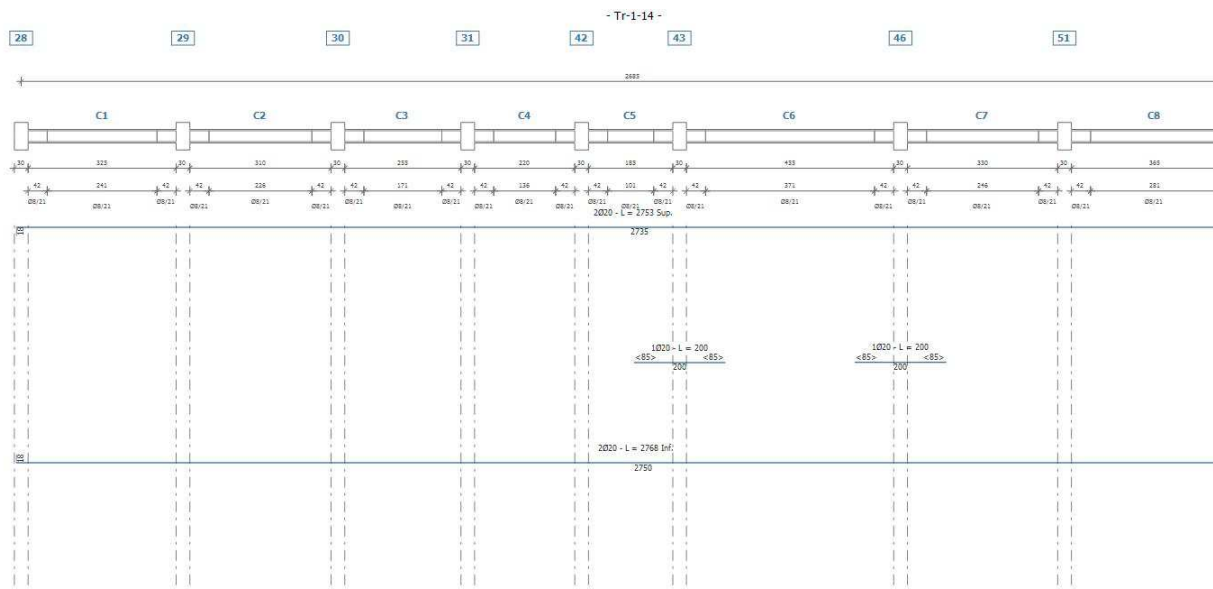
		[cm]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	
1	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
1	campata	0.0	9.42	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
1	estremo dx	3.4	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
2	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
2	campata	0.0	9.42	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
2	estremo dx	3.3	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
3	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
3	campata	0.0	9.42	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
3	estremo dx	2.7	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
4	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
4	campata	0.0	9.42	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
4	estremo dx	2.4	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
5	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
5	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
5	estremo dx	2.0	9.42	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
6	estremo sx	0.2	9.42	60.00	1.20	12.57	29.40	SI
6	campata	0.0	12.57	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
6	estremo dx	4.7	9.42	60.00	1.20	12.57	29.40	SI
7	estremo sx	0.2	9.42	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
7	campata	0.0	9.42	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
7	estremo dx	3.5	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
8	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
8	campata	0.0	9.42	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
8	estremo dx	3.8	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI

**Armatura trasversale** (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Astaffe,min [cm <sup>2</sup> /m]	Astaffe [cm <sup>2</sup> /m]	Verifica	Passo [cm]	Passomax [cm]	Verifica
1	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
1	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
1	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
2	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
2	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
2	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
3	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
3	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
3	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
4	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
4	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
4	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
5	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
5	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
5	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
6	estremo sx	4.5	5.6	SI	18	21.6	SI
6	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
6	estremo dx	4.5	5.6	SI	18	21.6	SI
7	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
7	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
7	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
8	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
8	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
8	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI

## 14. Tr-1-14

### Caratteristiche dell'armatura



Lunghezza totale: 26.85 m

Calcestruzzo: C25/30

Numero di campate: 8

Acciaio d'armatura: B450C

#### Armatura longitudinale

Posizione	Tipologia di ferro	Barre	As [cm <sup>2</sup> ]	Lunghezza di calcolo [cm]	Ancoraggio [cm]	Lunghezza complessiva [cm]
1	Corrente - Superiore	2 Ø 20	6.28	2705	48	2753
2	Corrente - Inferiore	2 Ø 20	6.28	2720	48	2768
3	Ferro in appoggio - Superiore	1 Ø 20	3.14	200	0	200
4	Ferro in appoggio - Superiore	1 Ø 20	3.14	200	0	200

La lunghezza di calcolo delle barre è al netto dell'ancoraggio.

#### Armatura trasversale

Campata	Ampiezza campo [cm]	Φ [mm]	Passo s [cm]	Ast [cm <sup>2</sup> ]	Bracci
1	42	8	21	1.01	2
1	241	8	21	1.01	2
1	42	8	21	1.01	2
2	42	8	21	1.01	2
2	226	8	21	1.01	2
2	42	8	21	1.01	2
3	42	8	21	1.01	2
3	171	8	21	1.01	2
3	42	8	21	1.01	2
4	42	8	21	1.01	2
4	136	8	21	1.01	2
4	42	8	21	1.01	2
5	42	8	21	1.01	2
5	101	8	21	1.01	2
5	42	8	21	1.01	2
6	42	8	21	1.01	2
6	371	8	21	1.01	2

6	42	8	21	1.01	2
7	42	8	21	1.01	2
7	246	8	21	1.01	2
7	42	8	21	1.01	2
8	42	8	21	1.01	2
8	281	8	21	1.01	2
8	42	8	21	1.01	2

Verifiche agli stati limite ultimi (cfr NTC § 4.1.2.1)

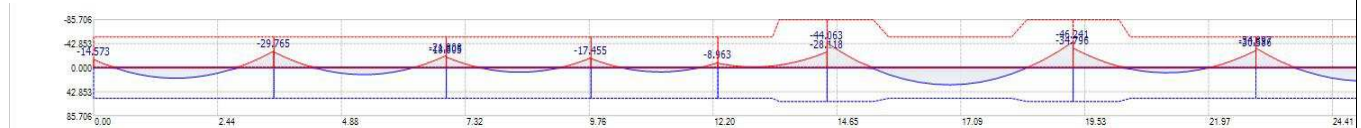
#### Campo di rottura

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	$\epsilon_c$ [‰]	$\epsilon_s$ [‰]	Campo	$\xi$	$\xi_{lim}$	Verifica
1	0.00	-14.573	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
1	1.55	18.785	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
1	3.55	-29.765	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
2	0.00	-27.996	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
2	1.70	12.374	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
2	3.40	-21.808	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
3	0.00	-18.805	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
3	1.43	8.094	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
3	2.85	-17.455	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
4	0.00	-16.304	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
4	1.41	7.667	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
4	2.50	-8.963	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
5	0.00	-7.898	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
5	0.67	-1.413	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
5	2.15	-28.118	3.50	11.64	III	0.231	0.45	SI
6	0.00	-44.063	3.50	11.64	III	0.231	0.45	SI
6	2.42	30.677	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
6	4.85	-46.241	3.50	11.64	III	0.231	0.45	SI
7	0.00	-34.796	3.50	11.64	III	0.231	0.45	SI
7	1.80	9.114	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
7	3.60	-30.586	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
8	0.00	-34.897	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
8	2.22	23.614	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
8	3.95	-18.947	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI

La verifica assicura un comportamento duttile per strutture iperstatiche e si intende soddisfatta quando  $\xi < \xi_{lim}$

#### Verifica di resistenza a flessione (cfr NTC § 4.1.2.1.2)

Andamento della sollecitazione flessionale: momento sollecitante e momento resistente.



Momento massimo

Momento minimo

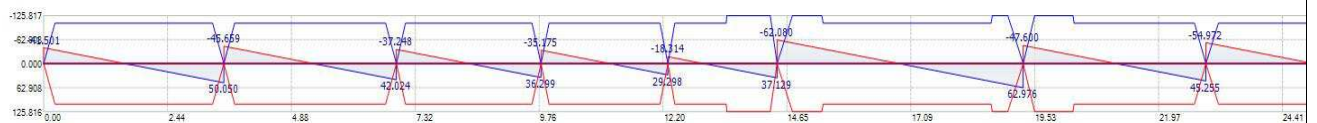
Momento resistente

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	Mrd [kN m]	Mrd/Msd	Verifica
1	0.00	-14.573	6.28	6.28	-54.818	3.76	SI
1	1.55	18.785	6.28	6.28	54.818	2.92	SI

1	3.55	-29.765	6.28	6.28	-54.818	1.84	SI
2	0.00	-27.996	6.28	6.28	-54.818	1.96	SI
2	1.70	12.374	6.28	6.28	54.818	4.43	SI
2	3.40	-21.808	6.28	6.28	-54.818	2.51	SI
3	0.00	-18.805	6.28	6.28	-54.818	2.92	SI
3	1.43	8.094	6.28	6.28	54.818	6.77	SI
3	2.85	-17.455	6.28	6.28	-54.818	3.14	SI
4	0.00	-16.304	6.28	6.28	-54.818	3.36	SI
4	1.41	7.667	6.28	6.28	54.818	7.15	SI
4	2.50	-8.963	6.28	6.28	-54.818	6.12	SI
5	0.00	-7.898	6.28	6.28	-54.818	6.94	SI
5	0.67	-1.413	6.28	6.28	-54.818	38.79	SI
5	2.15	-28.118	6.28	9.42	-85.706	3.05	SI
6	0.00	-44.063	6.28	9.42	-85.706	1.95	SI
6	2.42	30.677	6.28	6.28	54.818	1.79	SI
6	4.85	-46.241	6.28	9.42	-85.706	1.85	SI
7	0.00	-34.796	6.28	9.42	-85.706	2.46	SI
7	1.80	9.114	6.28	6.28	54.818	6.01	SI
7	3.60	-30.586	6.28	6.28	-54.818	1.79	SI
8	0.00	-34.897	6.28	6.28	-54.818	1.57	SI
8	2.22	23.614	6.28	6.28	54.818	2.32	SI
8	3.95	-18.947	6.28	6.28	-54.818	2.89	SI

**Verifica di resistenza a taglio** (cfr NTC § 4.1.2.1.3)

Andamento della sollecitazione tagliante.



Taglio massimo

Taglio minimo

Taglio resistente

Campata	Ascissa [m]	$\alpha$	$\theta$	Vsd [kN]	VRd [kN]	VRsd [kN]	VRcd [kN]	Verifica
1	0.15	90°	21.8	37.376	47.096	105.685	166.122	SI
1	0.57	90°	21.8	27.062	47.096	105.685	166.122	SI
1	0.57	90°	21.8	26.546	47.096	105.685	166.122	SI
1	2.98	90°	21.8	35.095	47.096	105.685	166.122	SI
1	2.98	90°	21.8	35.611	47.096	105.685	166.122	SI
1	3.40	90°	21.8	45.925	47.096	105.685	166.122	SI
2	0.15	90°	21.8	41.533	47.096	105.685	166.122	SI
2	0.57	90°	21.8	31.220	47.096	105.685	166.122	SI
2	0.57	90°	21.8	30.704	47.096	105.685	166.122	SI
2	2.83	90°	21.8	27.069	47.096	105.685	166.122	SI
2	2.83	90°	21.8	27.585	47.096	105.685	166.122	SI
2	3.25	90°	21.8	37.898	47.096	105.685	166.122	SI
3	0.15	90°	21.8	33.122	47.096	105.685	166.122	SI
3	0.57	90°	21.8	22.808	47.096	105.685	166.122	SI
3	0.57	90°	21.8	22.293	47.096	105.685	166.122	SI
3	2.28	90°	21.8	21.344	47.096	105.685	166.122	SI
3	2.28	90°	21.8	21.859	47.096	105.685	166.122	SI
3	2.70	90°	21.8	32.173	47.096	105.685	166.122	SI
4	0.15	90°	21.8	31.050	47.096	105.685	166.122	SI
4	0.57	90°	21.8	20.736	47.096	105.685	166.122	SI

4	0.57	90°	21.8	20.220	47.096	105.685	166.122	SI
4	1.93	90°	21.8	14.344	47.096	105.685	166.122	SI
4	1.93	90°	21.8	14.859	47.096	105.685	166.122	SI
4	2.35	90°	21.8	25.173	47.096	105.685	166.122	SI
5	0.15	90°	21.8	14.188	47.096	105.685	166.122	SI
5	0.57	90°	21.8	3.874	47.096	105.685	166.122	SI
5	0.57	90°	21.8	3.359	47.096	105.685	166.122	SI
5	1.58	90°	21.8	22.174	58.175	125.816	197.764	SI
5	1.58	90°	21.8	22.690	58.175	125.816	197.764	SI
5	2.00	90°	21.8	33.003	58.175	125.816	197.764	SI
6	0.15	90°	21.8	57.954	58.175	125.816	197.764	SI
6	0.57	90°	21.8	47.640	58.175	125.816	197.764	SI
6	0.57	90°	21.8	47.125	58.175	125.817	197.764	SI
6	4.28	90°	21.8	48.021	58.175	125.817	197.764	SI
6	4.28	90°	21.8	48.537	58.175	125.815	197.764	SI
6	4.70	90°	21.8	58.850	58.175	125.815	197.764	SI
7	0.15	90°	21.8	43.474	58.175	125.817	197.764	SI
7	0.57	90°	21.8	33.161	58.175	125.817	197.764	SI
7	0.57	90°	21.8	32.645	58.175	125.817	197.764	SI
7	3.03	90°	21.8	30.300	47.096	105.686	166.122	SI
7	3.03	90°	21.8	30.816	47.096	105.685	166.122	SI
7	3.45	90°	21.8	41.130	47.096	105.685	166.122	SI
8	0.15	90°	21.8	50.847	47.096	105.685	166.122	SI
8	0.57	90°	21.8	40.533	47.096	105.685	166.122	SI
8	0.57	90°	21.8	40.017	47.096	105.685	166.122	SI
8	3.38	90°	21.8	31.952	47.096	105.685	166.122	SI
8	3.38	90°	21.8	32.468	47.096	105.686	166.122	SI
8	3.80	90°	21.8	42.782	47.096	105.686	166.122	SI

$\alpha$ : angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave.

$\theta$ : inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave.  $\theta$  rispetta il limite:  $1 \leq \cotan\theta \leq 2,5$  (cfr NTC § 4.1.2.1.3.2)

### Verifiche agli stati limite di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2)

#### Verifica di fessurazione (cfr NTC § 4.1.2.2.4)

**CONDIZIONI AMBIENTALI: Ambiente Ordinario**

**Combinazione frequente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	-9.241	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
1	1.55	12.080	6.28	6.28	0.005	0.008	0.400	SI
1	3.55	-19.186	6.28	6.28	0.063	0.107	0.400	SI
2	0.00	-17.999	6.28	6.28	0.055	0.093	0.400	SI
2	1.70	7.929	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
2	3.40	-13.987	6.28	6.28	0.025	0.042	0.400	SI
3	0.00	-12.059	6.28	6.28	0.004	0.007	0.400	SI
3	1.43	5.194	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
3	2.85	-11.191	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
4	0.00	-10.474	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
4	1.41	4.934	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
4	2.50	-5.719	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.00	-5.016	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.67	-0.888	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
5	2.15	-18.106	6.28	9.42	0.022	0.038	0.400	SI
6	0.00	-28.264	6.28	9.42	0.052	0.089	0.400	SI
6	2.42	19.693	6.28	6.28	0.067	0.113	0.400	SI
6	4.85	-29.690	6.28	9.42	0.056	0.096	0.400	SI
7	0.00	-22.335	6.28	9.42	0.035	0.060	0.400	SI
7	1.80	5.828	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
7	3.60	-19.657	6.28	6.28	0.066	0.113	0.400	SI

8	0.00	-22.453	6.28	6.28	0.087	0.147	0.400	SI
8	2.22	15.184	6.28	6.28	0.034	0.058	0.400	SI
8	3.95	-12.054	6.28	6.28	0.004	0.007	0.400	SI

Combinazione quasi permanente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	-8.821	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
1	1.55	11.574	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
1	3.55	-18.396	6.28	6.28	0.057	0.098	0.300	SI
2	0.00	-17.246	6.28	6.28	0.049	0.084	0.300	SI
2	1.70	7.589	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
2	3.40	-13.393	6.28	6.28	0.020	0.034	0.300	SI
3	0.00	-11.547	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
3	1.43	4.974	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
3	2.85	-10.711	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
4	0.00	-10.033	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
4	1.41	4.728	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
4	2.50	-5.467	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.00	-4.790	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.67	-0.845	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
5	2.15	-17.355	6.28	9.42	0.020	0.033	0.300	SI
6	0.00	-27.064	6.28	9.42	0.049	0.083	0.300	SI
6	2.42	18.860	6.28	6.28	0.061	0.103	0.300	SI
6	4.85	-28.436	6.28	9.42	0.053	0.090	0.300	SI
7	0.00	-21.390	6.28	9.42	0.032	0.055	0.300	SI
7	1.80	5.576	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
7	3.60	-18.829	6.28	6.28	0.061	0.103	0.300	SI
8	0.00	-21.517	6.28	6.28	0.080	0.136	0.300	SI
8	2.22	14.548	6.28	6.28	0.029	0.050	0.300	SI
8	3.95	-11.515	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI

Verifica delle tensioni di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2.5)

Combinazione rara.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	σc [N/mm <sup>2</sup> ]	σc limite [N/mm <sup>2</sup> ]	σs trazione [N/mm <sup>2</sup> ]	σs comp. [N/mm <sup>2</sup> ]	σs limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	-10.291	6.28	6.28	-3.139	-14.940	0.170	-38.087	360.000	SI
1	1.55	13.344	6.28	6.28	-3.862	-14.940	11.744	-44.660	360.000	SI
1	3.55	-21.163	6.28	6.28	-5.959	-14.940	55.997	-61.691	360.000	SI
2	0.00	-19.883	6.28	6.28	-5.609	-14.940	47.898	-58.983	360.000	SI
2	1.70	8.777	6.28	6.28	-2.829	-14.940	-3.852	-35.082	360.000	SI
2	3.40	-15.475	6.28	6.28	-4.415	-14.940	22.213	-49.386	360.000	SI
3	0.00	-13.341	6.28	6.28	-3.861	-14.940	11.730	-44.653	360.000	SI
3	1.43	5.744	6.28	6.28	-2.294	-14.940	-9.488	-29.665	360.000	SI
3	2.85	-12.391	6.28	6.28	-3.625	-14.940	7.652	-42.562	360.000	SI
4	0.00	-11.575	6.28	6.28	-3.430	-14.940	4.484	-40.792	360.000	SI
4	1.41	5.447	6.28	6.28	-2.243	-14.940	-10.010	-29.144	360.000	SI
4	2.50	-6.347	6.28	6.28	-2.398	-14.940	-30.725	-8.428	360.000	SI
5	0.00	-5.583	6.28	6.28	-2.266	-14.940	-29.383	-9.771	360.000	SI
5	0.67	-0.996	6.28	6.28	-1.477	-14.940	-21.327	-17.827	360.000	SI
5	2.15	-19.984	6.28	9.42	-5.049	-14.940	47.689	-55.988	360.000	SI
6	0.00	-31.264	6.28	9.42	-7.407	-14.940	105.082	-76.512	360.000	SI
6	2.42	21.775	6.28	6.28	-6.126	-14.940	59.937	-62.973	360.000	SI
6	4.85	-32.822	6.28	9.42	-7.731	-14.940	113.281	-79.279	360.000	SI
7	0.00	-24.696	6.28	9.42	-6.037	-14.940	71.092	-64.686	360.000	SI
7	1.80	6.458	6.28	6.28	-2.417	-14.940	-8.234	-30.920	360.000	SI
7	3.60	-21.726	6.28	6.28	-6.113	-14.940	59.621	-62.870	360.000	SI
8	0.00	-24.793	6.28	6.28	-6.951	-14.940	79.870	-69.189	360.000	SI
8	2.22	16.773	6.28	6.28	-4.763	-14.940	29.321	-52.252	360.000	SI

8	3.95	-13.401	6.28	6.28	-3.876	-14.940	11.999	-44.784	360.000	SI
---	------	---------	------	------	--------	---------	--------	---------	---------	----

**$\sigma_c$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.40 § 4.1.2.2.5

**$\sigma_s$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.42 § 4.1.2.2.5

**Combinazione quasi permanente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Ac [cm <sup>2</sup> ]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	-8.821	900.00	6.28	6.28	-2.837	-11.205	SI
1	1.55	11.574	900.00	6.28	6.28	-3.430	-11.205	SI
1	3.55	-18.396	900.00	6.28	6.28	-5.203	-11.205	SI
2	0.00	-17.246	900.00	6.28	6.28	-4.891	-11.205	SI
2	1.70	7.589	900.00	6.28	6.28	-2.612	-11.205	SI
2	3.40	-13.393	900.00	6.28	6.28	-3.874	-11.205	SI
3	0.00	-11.547	900.00	6.28	6.28	-3.423	-11.205	SI
3	1.43	4.974	900.00	6.28	6.28	-2.162	-11.205	SI
3	2.85	-10.711	900.00	6.28	6.28	-3.232	-11.205	SI
4	0.00	-10.033	900.00	6.28	6.28	-3.084	-11.205	SI
4	1.41	4.728	900.00	6.28	6.28	-2.119	-11.205	SI
4	2.50	-5.467	900.00	6.28	6.28	-2.246	-11.205	SI
5	0.00	-4.790	900.00	6.28	6.28	-2.130	-11.205	SI
5	0.67	-0.845	900.00	6.28	6.28	-1.451	-11.205	SI
5	2.15	-17.355	900.00	6.28	9.42	-4.499	-11.205	SI
6	0.00	-27.064	900.00	6.28	9.42	-6.532	-11.205	SI
6	2.42	18.860	900.00	6.28	6.28	-5.329	-11.205	SI
6	4.85	-28.436	900.00	6.28	9.42	-6.818	-11.205	SI
7	0.00	-21.390	900.00	6.28	9.42	-5.344	-11.205	SI
7	1.80	5.576	900.00	6.28	6.28	-2.265	-11.205	SI
7	3.60	-18.829	900.00	6.28	6.28	-5.321	-11.205	SI
8	0.00	-21.517	900.00	6.28	6.28	-6.056	-11.205	SI
8	2.22	14.548	900.00	6.28	6.28	-4.171	-11.205	SI
8	3.95	-11.515	900.00	6.28	6.28	-3.416	-11.205	SI

**$\sigma_c$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.41 § 4.1.2.2.5

## 14. Verifiche geometriche dell'armatura Tr-1-14

Verifiche di dettaglio costruttivo (cfr NTC § 4.1.6)

**Lunghezze critiche e vincoli geometrici** (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Lunghezza [m]	Sezione	B [cm]	H [cm]	B/H	Zona Critica [cm]
1	355	R 30 X 30	30	30	1.0	30
2	340	R 30 X 30	30	30	1.0	30
3	285	R 30 X 30	30	30	1.0	30
4	250	R 30 X 30	30	30	1.0	30
5	215	R 30 X 30	30	30	1.0	30
6	485	R 30 X 30	30	30	1.0	30
7	360	R 30 X 30	30	30	1.0	30
8	395	R 30 X 30	30	30	1.0	30

### CRITERIO STATICO

**Armatura longitudinale** (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Ascissa [cm]	As,c [cm <sup>2</sup> ]	As,c,max [cm <sup>2</sup> ]	As,t,min [cm <sup>2</sup> ]	As,t [cm <sup>2</sup> ]	As,t,max [cm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
1	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI

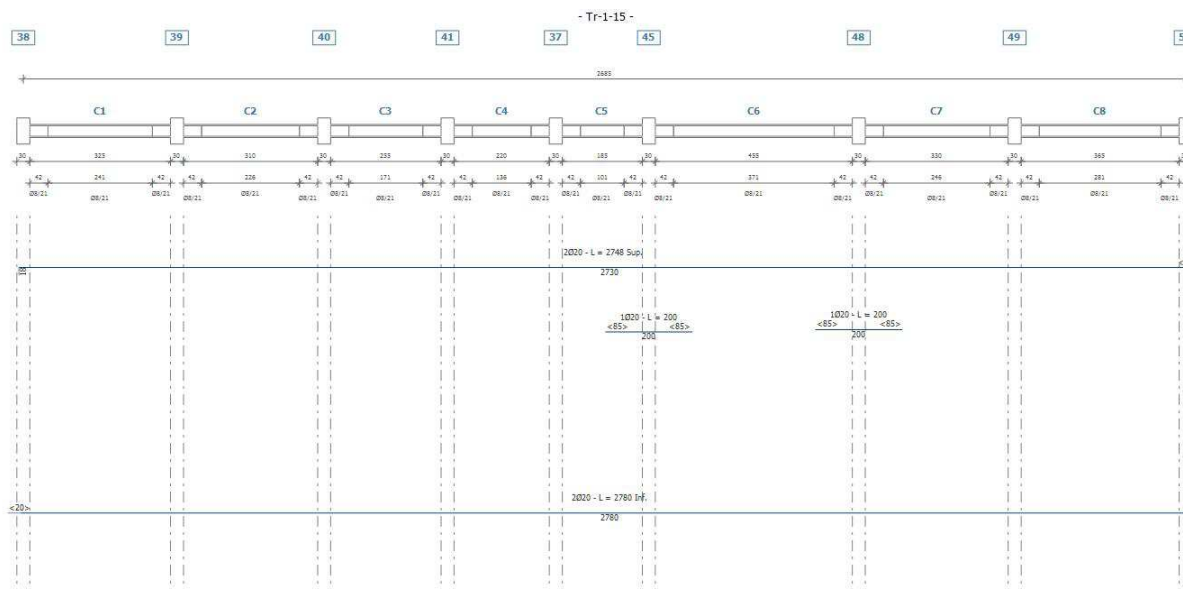
1	estremo dx	3.4	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
2	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
2	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
2	estremo dx	3.3	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
3	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
3	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
3	estremo dx	2.7	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
4	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
4	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
4	estremo dx	2.4	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
5	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
5	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
5	estremo dx	2.0	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
6	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
6	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
6	estremo dx	4.7	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
7	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
7	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
7	estremo dx	3.5	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
8	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
8	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
8	estremo dx	3.8	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI

**Armatura trasversale** (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Astaffe,min [cm <sup>2</sup> /m]	Astaffe [cm <sup>2</sup> /m]	Verifica	Passo [cm]	Passomax [cm]	Verifica
1	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
1	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
1	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
2	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
2	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
2	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
3	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
3	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
3	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
4	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
4	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
4	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
5	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
5	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
5	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
6	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
6	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
6	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
7	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
7	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
7	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
8	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
8	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
8	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI

## 15. Tr-1-15

### Caratteristiche dell'armatura



Lunghezza totale: 26.85 m

Calcestruzzo: C25/30

Numero di campate: 8

Acciaio d'armatura: B450C

#### Armatura longitudinale

Posizione	Tipologia di ferro	Barre	As [cm <sup>2</sup> ]	Lunghezza di calcolo [cm]	Ancoraggio [cm]	Lunghezza complessiva [cm]
1	Corrente - Superiore	2 Ø 20	6.28	2700	48	2748
2	Corrente - Inferiore	2 Ø 20	6.28	2720	60	2780
3	Ferro in appoggio - Inferiore	1 Ø 20	3.14	200	0	200
4	Ferro in appoggio - Superiore	1 Ø 20	3.14	200	0	200

La lunghezza di calcolo delle barre è al netto dell'ancoraggio.

#### Armatura trasversale

Campata	Ampiezza campo [cm]	Φ [mm]	Passo s [cm]	Ast [cm <sup>2</sup> ]	Bracci
1	42	8	21	1.01	2
1	241	8	21	1.01	2
1	42	8	21	1.01	2
2	42	8	21	1.01	2
2	226	8	21	1.01	2
2	42	8	21	1.01	2
3	42	8	21	1.01	2
3	171	8	21	1.01	2
3	42	8	21	1.01	2
4	42	8	21	1.01	2
4	136	8	21	1.01	2
4	42	8	21	1.01	2
5	42	8	21	1.01	2
5	101	8	21	1.01	2
5	42	8	21	1.01	2
6	42	8	21	1.01	2
6	371	8	21	1.01	2

6	42	8	21	1.01	2
7	42	8	21	1.01	2
7	246	8	21	1.01	2
7	42	8	21	1.01	2
8	42	8	21	1.01	2
8	281	8	21	1.01	2
8	42	8	21	1.01	2

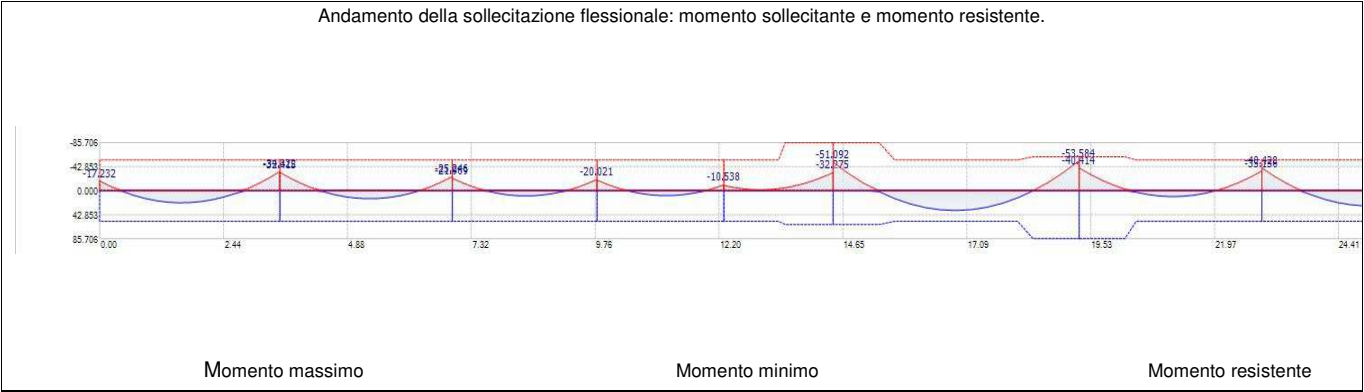
Verifiche agli stati limite ultimi (cfr NTC § 4.1.2.1)

Campo di rottura

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	$\epsilon_c$ [%]	$\epsilon_s$ [‰]	Campo	$\xi$	$\xi_{lim}$	Verifica
1	0.00	-17.232	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
1	1.55	21.633	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
1	3.55	-34.322	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
2	0.00	-32.415	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
2	1.70	14.352	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
2	3.40	-25.246	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
3	0.00	-21.969	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
3	1.43	9.390	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
3	2.85	-20.021	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
4	0.00	-18.827	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
4	1.41	8.846	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
4	2.50	-10.538	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
5	0.00	-9.322	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
5	0.67	-1.662	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
5	2.15	-32.275	3.50	11.64	III	0.231	0.45	SI
6	0.00	-51.092	3.50	11.64	III	0.231	0.45	SI
6	2.42	35.467	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
6	4.85	-53.584	3.50	15.98	III	0.180	0.45	SI
7	0.00	-40.414	3.50	15.98	III	0.180	0.45	SI
7	1.80	10.637	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
7	3.60	-35.136	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
8	0.00	-40.428	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
8	2.22	27.216	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI
8	3.95	-22.200	3.50	12.37	III	0.221	0.45	SI

La verifica assicura un comportamento duttile per strutture iperstatiche e si intende soddisfatta quando  $\xi < \xi_{lim}$

Verifica di resistenza a flessione (cfr NTC § 4.1.2.1.2)

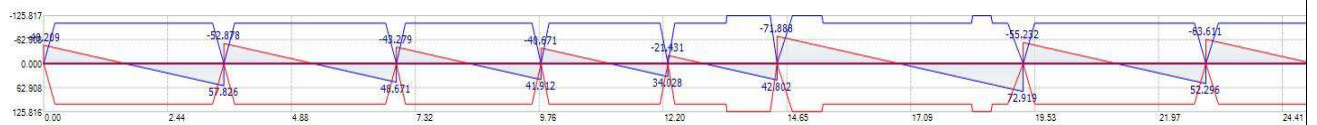


Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	Mrd [kN m]	Mrd/Msd	Verifica
1	0.00	-17.232	6.28	6.28	-54.818	3.18	SI
1	1.55	21.633	6.28	6.28	54.818	2.53	SI
1	3.55	-34.322	6.28	6.28	-54.818	1.60	SI

2	0.00	-32.415	6.28	6.28	-54.818	1.69	SI
2	1.70	14.352	6.28	6.28	54.818	3.82	SI
2	3.40	-25.246	6.28	6.28	-54.818	2.17	SI
3	0.00	-21.969	6.28	6.28	-54.818	2.50	SI
3	1.43	9.390	6.28	6.28	54.818	5.84	SI
3	2.85	-20.021	6.28	6.28	-54.818	2.74	SI
4	0.00	-18.827	6.28	6.28	-54.818	2.91	SI
4	1.41	8.846	6.28	6.28	54.818	6.20	SI
4	2.50	-10.538	6.28	6.28	-54.818	5.20	SI
5	0.00	-9.322	6.28	6.28	-54.818	5.88	SI
5	0.67	-1.662	6.28	6.28	-54.818	32.99	SI
5	2.15	-32.275	6.28	9.42	-85.706	2.66	SI
6	0.00	-51.092	6.28	9.42	-85.706	1.68	SI
6	2.42	35.467	6.28	6.28	54.818	1.55	SI
6	4.85	-53.584	9.42	6.28	-60.437	1.13	SI
7	0.00	-40.414	9.42	6.28	-60.437	1.50	SI
7	1.80	10.637	6.28	6.28	54.818	5.15	SI
7	3.60	-35.136	6.28	6.28	-54.818	1.56	SI
8	0.00	-40.428	6.28	6.28	-54.818	1.36	SI
8	2.22	27.216	6.28	6.28	54.818	2.01	SI
8	3.95	-22.200	6.28	6.28	-54.818	2.47	SI

**Verifica di resistenza a taglio** (cfr NTC § 4.1.2.1.3)

Andamento della sollecitazione tagliante.



Taglio massimo

Taglio minimo

Taglio resistente

Campata	Ascissa [m]	$\alpha$	$\theta$	Vsd [kN]	VRd [kN]	VRsd [kN]	VRcd [kN]	Verifica
1	0.15	90°	21.8	43.432	47.096	105.685	166.122	SI
1	0.57	90°	21.8	31.490	47.096	105.685	166.122	SI
1	0.57	90°	21.8	30.893	47.096	105.685	166.122	SI
1	2.98	90°	21.8	40.510	47.096	105.685	166.122	SI
1	2.98	90°	21.8	41.107	47.096	105.685	166.122	SI
1	3.40	90°	21.8	53.049	47.096	105.685	166.122	SI
2	0.15	90°	21.8	48.101	47.096	105.685	166.122	SI
2	0.57	90°	21.8	36.158	47.096	105.685	166.122	SI
2	0.57	90°	21.8	35.561	47.096	105.685	166.122	SI
2	2.83	90°	21.8	31.354	47.096	105.685	166.122	SI
2	2.83	90°	21.8	31.951	47.096	105.685	166.122	SI
2	3.25	90°	21.8	43.894	47.096	105.685	166.122	SI
3	0.15	90°	21.8	38.502	47.096	105.685	166.122	SI
3	0.57	90°	21.8	26.559	47.096	105.685	166.122	SI
3	0.57	90°	21.8	25.962	47.096	105.685	166.122	SI
3	2.28	90°	21.8	24.595	47.096	105.685	166.122	SI
3	2.28	90°	21.8	25.192	47.096	105.685	166.122	SI
3	2.70	90°	21.8	37.135	47.096	105.685	166.122	SI
4	0.15	90°	21.8	35.894	47.096	105.685	166.122	SI
4	0.57	90°	21.8	23.951	47.096	105.685	166.122	SI
4	0.57	90°	21.8	23.354	47.096	105.685	166.122	SI

4	1.93	90°	21.8	16.711	47.096	105.685	166.122	SI
4	1.93	90°	21.8	17.308	47.096	105.685	166.122	SI
4	2.35	90°	21.8	29.250	47.096	105.685	166.122	SI
5	0.15	90°	21.8	16.654	47.096	105.685	166.122	SI
5	0.57	90°	21.8	4.712	47.096	105.685	166.122	SI
5	0.57	90°	21.8	4.115	47.096	105.685	166.122	SI
5	1.58	90°	21.8	25.485	58.175	125.816	197.764	SI
5	1.58	90°	21.8	26.082	58.175	125.816	197.764	SI
5	2.00	90°	21.8	38.025	58.175	125.816	197.764	SI
6	0.15	90°	21.8	67.111	58.175	125.816	197.764	SI
6	0.57	90°	21.8	55.169	58.175	125.816	197.764	SI
6	0.57	90°	21.8	54.571	58.175	125.817	197.764	SI
6	4.28	90°	21.8	55.603	47.096	105.686	166.122	SI
6	4.28	90°	21.8	56.200	47.096	105.685	166.122	SI
6	4.70	90°	21.8	68.142	47.096	105.685	166.122	SI
7	0.15	90°	21.8	50.455	47.096	105.686	166.122	SI
7	0.57	90°	21.8	38.513	47.096	105.686	166.122	SI
7	0.57	90°	21.8	37.916	47.096	105.686	166.122	SI
7	3.03	90°	21.8	34.979	47.096	105.686	166.122	SI
7	3.03	90°	21.8	35.576	47.096	105.685	166.122	SI
7	3.45	90°	21.8	47.519	47.096	105.685	166.122	SI
8	0.15	90°	21.8	58.834	47.096	105.685	166.122	SI
8	0.57	90°	21.8	46.891	47.096	105.685	166.122	SI
8	0.57	90°	21.8	46.294	47.096	105.685	166.122	SI
8	3.38	90°	21.8	37.076	47.096	105.685	166.122	SI
8	3.38	90°	21.8	37.673	47.096	105.686	166.122	SI
8	3.80	90°	21.8	49.616	47.096	105.686	166.122	SI

$\alpha$ : angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave.

$\theta$ : inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave.  $\theta$  rispetta il limite:  $1 \leq \cotan\theta \leq 2,5$  (cfr NTC § 4.1.2.1.3.2)

Verifiche agli stati limite di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2)

Verifica di fessurazione (cfr NTC § 4.1.2.2.4)

CONDIZIONI AMBIENTALI: Ambiente Ordinario

Combinazione frequente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	-11.367	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
1	1.55	14.401	6.28	6.28	0.028	0.048	0.400	SI
1	3.55	-22.891	6.28	6.28	0.090	0.153	0.400	SI
2	0.00	-21.582	6.28	6.28	0.080	0.137	0.400	SI
2	1.70	9.531	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
2	3.40	-16.775	6.28	6.28	0.046	0.078	0.400	SI
3	0.00	-14.614	6.28	6.28	0.030	0.051	0.400	SI
3	1.43	6.244	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
3	2.85	-13.291	6.28	6.28	0.019	0.032	0.400	SI
4	0.00	-12.525	6.28	6.28	0.011	0.018	0.400	SI
4	1.41	5.892	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
4	2.50	-6.974	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.00	-6.152	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.67	-1.087	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
5	2.15	-21.504	6.28	9.42	0.033	0.055	0.400	SI
6	0.00	-33.959	6.28	9.42	0.068	0.116	0.400	SI
6	2.42	23.583	6.28	6.28	0.095	0.161	0.400	SI
6	4.85	-35.640	9.42	6.28	0.163	0.277	0.400	SI
7	0.00	-26.881	9.42	6.28	0.103	0.175	0.400	SI
7	1.80	7.058	6.28	6.28	0.000	0.000	0.400	SI
7	3.60	-23.374	6.28	6.28	0.093	0.159	0.400	SI
8	0.00	-26.936	6.28	6.28	0.119	0.203	0.400	SI

8	2.22	18.117	6.28	6.28	0.055	0.094	0.400	SI
8	3.95	-14.670	6.28	6.28	0.030	0.052	0.400	SI

**Combinazione quasi permanente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.00	-10.791	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
1	1.55	13.715	6.28	6.28	0.023	0.039	0.300	SI
1	3.55	-21.817	6.28	6.28	0.082	0.139	0.300	SI
2	0.00	-20.556	6.28	6.28	0.073	0.124	0.300	SI
2	1.70	9.069	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
2	3.40	-15.967	6.28	6.28	0.040	0.068	0.300	SI
3	0.00	-13.915	6.28	6.28	0.024	0.041	0.300	SI
3	1.43	5.944	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
3	2.85	-12.648	6.28	6.28	0.012	0.021	0.300	SI
4	0.00	-11.926	6.28	6.28	0.002	0.004	0.300	SI
4	1.41	5.613	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
4	2.50	-6.629	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.00	-5.842	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.67	-1.030	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
5	2.15	-20.487	6.28	9.42	0.030	0.050	0.300	SI
6	0.00	-32.325	6.28	9.42	0.064	0.108	0.300	SI
6	2.42	22.451	6.28	6.28	0.087	0.147	0.300	SI
6	4.85	-33.934	9.42	6.28	0.151	0.257	0.300	SI
7	0.00	-25.594	9.42	6.28	0.094	0.160	0.300	SI
7	1.80	6.714	6.28	6.28	0.000	0.000	0.300	SI
7	3.60	-22.258	6.28	6.28	0.085	0.145	0.300	SI
8	0.00	-25.663	6.28	6.28	0.110	0.187	0.300	SI
8	2.22	17.254	6.28	6.28	0.049	0.084	0.300	SI
8	3.95	-13.936	6.28	6.28	0.025	0.042	0.300	SI

**Verifica delle tensioni di esercizio** (cfr NTC § 4.1.2.2.5)

**Combinazione rara.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	σc [N/mm <sup>2</sup> ]	σc limite [N/mm <sup>2</sup> ]	σs trazione [N/mm <sup>2</sup> ]	σs comp. [N/mm <sup>2</sup> ]	σs limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	-12.808	6.28	6.28	-3.728	-14.940	9.392	-43.477	360.000	SI
1	1.55	16.113	6.28	6.28	-4.586	-14.940	25.649	-50.798	360.000	SI
1	3.55	-25.576	6.28	6.28	-7.164	-14.940	85.148	-70.775	360.000	SI
2	0.00	-24.146	6.28	6.28	-6.774	-14.940	75.538	-67.871	360.000	SI
2	1.70	10.684	6.28	6.28	-3.226	-14.940	1.401	-38.902	360.000	SI
2	3.40	-18.795	6.28	6.28	-5.312	-14.940	41.197	-56.652	360.000	SI
3	0.00	-16.361	6.28	6.28	-4.652	-14.940	27.017	-51.346	360.000	SI
3	1.43	6.993	6.28	6.28	-2.509	-14.940	-7.295	-31.859	360.000	SI
3	2.85	-14.897	6.28	6.28	-4.263	-14.940	19.212	-48.104	360.000	SI
4	0.00	-14.021	6.28	6.28	-4.035	-14.940	14.887	-46.160	360.000	SI
4	1.41	6.590	6.28	6.28	-2.440	-14.940	-8.003	-31.151	360.000	SI
4	2.50	-7.835	6.28	6.28	-2.655	-14.940	-33.342	-5.802	360.000	SI
5	0.00	-6.928	6.28	6.28	-2.498	-14.940	-31.745	-7.409	360.000	SI
5	0.67	-1.231	6.28	6.28	-1.517	-14.940	-21.740	-17.414	360.000	SI
5	2.15	-24.045	6.28	9.42	-5.900	-14.940	67.794	-63.496	360.000	SI
6	0.00	-38.044	6.28	9.42	-8.812	-14.940	140.976	-88.473	360.000	SI
6	2.42	26.411	6.28	6.28	-7.392	-14.940	90.816	-72.458	360.000	SI
6	4.85	-39.906	9.42	6.28	-9.181	-14.940	169.523	-137.713	360.000	SI
7	0.00	-30.098	9.42	6.28	-6.996	-14.940	103.492	-104.935	360.000	SI
7	1.80	7.918	6.28	6.28	-2.669	-14.940	-5.647	-33.490	360.000	SI
7	3.60	-26.164	6.28	6.28	-7.324	-14.940	89.136	-71.961	360.000	SI
8	0.00	-30.119	6.28	6.28	-8.398	-14.940	116.352	-79.812	360.000	SI
8	2.22	20.272	6.28	6.28	-5.715	-14.940	50.337	-59.809	360.000	SI
8	3.95	-16.504	6.28	6.28	-4.691	-14.940	27.812	-51.661	360.000	SI

**σc limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.40 § 4.1.2.2.5  
**σs limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.42 § 4.1.2.2.5

Combinazione quasi permanente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Ac [cm <sup>2</sup> ]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	σc [N/mm <sup>2</sup> ]	σc limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.00	-10.791	900.00	6.28	6.28	-3.250	-11.205	SI
1	1.55	13.715	900.00	6.28	6.28	-3.956	-11.205	SI
1	3.55	-21.817	900.00	6.28	6.28	-6.138	-11.205	SI
2	0.00	-20.556	900.00	6.28	6.28	-5.793	-11.205	SI
2	1.70	9.069	900.00	6.28	6.28	-2.886	-11.205	SI
2	3.40	-15.967	900.00	6.28	6.28	-4.547	-11.205	SI
3	0.00	-13.915	900.00	6.28	6.28	-4.007	-11.205	SI
3	1.43	5.944	900.00	6.28	6.28	-2.329	-11.205	SI
3	2.85	-12.648	900.00	6.28	6.28	-3.688	-11.205	SI
4	0.00	-11.926	900.00	6.28	6.28	-3.513	-11.205	SI
4	1.41	5.613	900.00	6.28	6.28	-2.272	-11.205	SI
4	2.50	-6.629	900.00	6.28	6.28	-2.447	-11.205	SI
5	0.00	-5.842	900.00	6.28	6.28	-2.311	-11.205	SI
5	0.67	-1.030	900.00	6.28	6.28	-1.482	-11.205	SI
5	2.15	-20.487	900.00	6.28	9.42	-5.155	-11.205	SI
6	0.00	-32.325	900.00	6.28	9.42	-7.627	-11.205	SI
6	2.42	22.451	900.00	6.28	6.28	-6.311	-11.205	SI
6	4.85	-33.934	900.00	9.42	6.28	-7.854	-11.205	SI
7	0.00	-25.594	900.00	9.42	6.28	-5.979	-11.205	SI
7	1.80	6.714	900.00	6.28	6.28	-2.461	-11.205	SI
7	3.60	-22.258	900.00	6.28	6.28	-6.258	-11.205	SI
8	0.00	-25.663	900.00	6.28	6.28	-7.188	-11.205	SI
8	2.22	17.254	900.00	6.28	6.28	-4.893	-11.205	SI
8	3.95	-13.936	900.00	6.28	6.28	-4.013	-11.205	SI

**σc limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.41 § 4.1.2.2.5

## 15. Verifiche geometriche dell’armatura Tr-1-15

Verifiche di dettaglio costruttivo (cfr NTC § 4.1.6)

Lunghezze critiche e vincoli geometrici (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Lunghezza [m]	Sezione	B [cm]	H [cm]	B/H	Zona Critica [cm]
1	355	R 30 X 30	30	30	1.0	30
2	340	R 30 X 30	30	30	1.0	30
3	285	R 30 X 30	30	30	1.0	30
4	250	R 30 X 30	30	30	1.0	30
5	215	R 30 X 30	30	30	1.0	30
6	485	R 30 X 30	30	30	1.0	30
7	360	R 30 X 30	30	30	1.0	30
8	395	R 30 X 30	30	30	1.0	30

### CRITERIO STATICO

Armatura longitudinale (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Ascissa [cm]	As,c [cm <sup>2</sup> ]	As,c,max [cm <sup>2</sup> ]	As,t,min [cm <sup>2</sup> ]	As,t [cm <sup>2</sup> ]	As,t,max [cm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
1	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
1	estremo dx	3.4	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI

2	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
2	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
2	estremo dx	3.3	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
3	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
3	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
3	estremo dx	2.7	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
4	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
4	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
4	estremo dx	2.4	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
5	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
5	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
5	estremo dx	2.0	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
6	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	9.42	29.40	SI
6	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
6	estremo dx	4.7	9.42	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
7	estremo sx	0.2	9.42	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
7	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
7	estremo dx	3.5	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
8	estremo sx	0.2	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
8	campata	0.0	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI
8	estremo dx	3.8	6.28	60.00	1.20	6.28	29.40	SI

**Armatura trasversale** (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Astaffe,min [cm <sup>2</sup> /m]	Astaffe [cm <sup>2</sup> /m]	Verifica	Passo [cm]	Passomax [cm]	Verifica
1	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
1	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
1	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
2	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
2	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
2	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
3	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
3	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
3	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
4	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
4	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
4	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
5	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
5	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
5	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
6	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
6	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
6	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
7	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
7	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
7	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
8	estremo sx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
8	campata	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI
8	estremo dx	4.5	4.8	SI	21	21.6	SI

## 16. Pilastro 2

### Caratteristiche dell'armatura

Pilastro 2

Altezza totale: 3.00 m

Calcestruzzo: C25/30

Numero di piani: 1

Acciaio d'armatura: B450C

### Armatura longitudinale

Posizione	Tipologia di ferro	Barre	Lunghezza di calcolo [cm]	Ancoraggio [cm]	Lunghezza complessiva [cm]
1	Corrente	8 Æ 12	300	0	300

La lunghezza di calcolo delle barre è al netto dell'ancoraggio, per i pilastri all'ultimo impalcato è al netto anche del copriferro

### Dettagli costruttivi per analisi statica (cfr NTC § 4.1.6.1.2)

Campata	$\Phi_{min}$ [mm]	$\Phi$ [mm]	$i_{max}$ [cm]	$i$ [cm]	$A_{s,min}$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_s$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_{s,max}$ [cm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	12	12	30	21.2	2.7	9.04	36.0	SI

### Dettagli costruttivi per analisi sismica (cfr NTC § 7.4.6.2.2)

Campata	Base [cm]	Altezza [cm]	L min [cm]	$\rho_{min}$ [%]	$\rho$ [%]	$\rho_{max}$ [%]	$i_{max}$ [cm]	$i$ [cm]	Verifica
1	30.0	30.0	25	1	1	4	25	21.2	SI

### Armatura trasversale

### Dettagli costruttivi per analisi statica (cfr NTC § 4.1.6.1.2)

Campata	Ampiezza campo [cm]	Bracci X/Y	$\Phi_{min}$ [mm]	$\Phi$ [mm]	Passo max [cm]	Passo [cm]	$A_{st X/Y}$ [cm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	56	2/2	6	8	14.4	9	1.0/1.0	SI
1	173	2/2	6	8	14.4	14	1.0/1.0	SI
1	56	2/2	6	8	14.4	9	1.0/1.0	SI

### Dettagli costruttivi per analisi sismica (cfr NTC § 7.4.6.2.2)

Campata	Ampiezza campo [cm]	Bracci X/Y	$\Phi_{min}$ [mm]	$\Phi$ [mm]	Passo max [cm]	Passo [cm]	$A_{st X/Y}$ [cm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	56	2/2	6	8	9.6	9	1.0/1.0	SI
1	173	2/2	6	8	14.4	14	1.0/1.0	SI
1	56	2/2	6	8	9.6	9	1.0/1.0	SI

## Verifiche agli stati limite ultimi (cfr NTC § 4.1.2)

## Verifica di resistenza a flessione e pressoflessione (cfr NTC § 4.1.2.1.3)

Campata	Ascissa [m]	Nsd [kN m]	Mxsd [kN m]	Mysd [kN m]	comb.	CMyk	CMxk	CMxMyk	CsMin	Verifica
1	0.00	-108.055	-2.516	4.442	Invilupp o	9.591	16.720	8.387	8.387	SI
1	0.00	-108.055	-6.520	1.929	Invilupp o	21.501	6.560	6.135	6.135	SI
1	0.00	-108.055	-2.516	1.929	Invilupp o	22.081	16.999	13.408	13.408	SI
1	0.00	-108.055	-6.520	4.442	Invilupp o	9.339	6.452	5.386	5.386	SI
1	0.00	-235.469	-2.516	4.442	Invilupp o	12.047	20.977	9.893	9.893	SI
1	0.00	-235.469	-6.520	1.929	Invilupp o	26.940	8.242	7.505	7.505	SI
1	0.00	-235.469	-2.516	1.929	Invilupp o	27.735	21.359	15.639	15.639	SI
1	0.00	-235.469	-6.520	4.442	Invilupp o	11.702	8.095	6.295	6.295	SI
1	0.94	-105.985	-4.488	-2.013	Invilupp o	20.790	9.481	8.521	8.521	SI
1	0.94	-105.985	-4.488	-4.419	Invilupp o	9.469	9.328	6.812	6.812	SI
1	0.94	-232.779	-4.488	-2.013	Invilupp o	26.163	11.945	10.339	10.339	SI
1	0.94	-232.779	-4.488	-4.419	Invilupp o	11.917	11.740	7.921	7.921	SI
1	1.69	-107.641	-6.113	2.670	Invilupp o	15.566	6.959	6.296	6.296	SI
1	1.69	-107.641	-6.113	1.141	Invilupp o	36.422	7.030	6.724	6.724	SI
1	1.69	-234.931	-6.113	2.670	Invilupp o	19.528	8.744	7.634	7.634	SI
1	1.69	-234.931	-6.113	1.141	Invilupp o	45.693	8.839	8.316	8.316	SI
1	2.25	-103.088	-1.644	-7.532	Invilupp o	5.617	24.755	5.357	5.357	SI
1	2.25	-103.088	-1.644	-16.825	Invilupp o	2.515	23.209	2.475	2.475	SI
1	2.25	-229.013	-1.644	-7.532	Invilupp o	7.100	31.167	6.633	6.633	SI
1	2.25	-229.013	-1.644	-16.825	Invilupp o	3.178	29.020	3.100	3.100	SI
1	3.00	-101.433	0.018	-10.686	Invilupp o	4.001	2235.158	3.999	3.999	SI
1	3.00	-101.433	-0.019	-23.913	Invilupp o	1.788	1839.759	1.788	1.788	SI
1	3.00	-101.433	0.018	-23.913	Invilupp o	1.788	1942.070	1.788	1.788	SI
1	3.00	-101.433	-0.019	-10.686	Invilupp o	4.001	2117.406	3.999	3.999	SI
1	3.00	-226.861	0.018	-10.686	Invilupp o	5.050	2806.751	5.048	5.048	SI
1	3.00	-226.861	-0.019	-23.913	Invilupp o	2.257	2328.687	2.256	2.256	SI
1	3.00	-226.861	0.018	-23.913	Invilupp	2.257	2458.188	2.256	2.256	SI

					o					
1	3.00	-226.861	-0.019	-10.686	Invilupp o	5.050	2658.887	5.048	5.048	SI

I coefficienti di sicurezza si riferiscono al dominio di rottura della sezione ottenuto ad azione assiale N costante.

**CMxk:** coefficiente di sicurezza calcolato a momento Mx costante

**CMyk:** coefficiente di sicurezza calcolato a momento My costante

**CMxMyk:** coefficiente di sicurezza calcolato a rapporto Mx/My costante

**CsMin:** coefficiente di sicurezza minimo tra i tre CMxk, CMyk, CMxMyk

#### Legenda combinazioni

n° comb.	combinazione
1	Inviluppo

#### Verifica di resistenza a taglio (cfr NTC § 4.1.2.1.3)

Campata	Ascissa [m]	Staffe	Vsdx [kN]	VRdx [kN]	θx	Vsdy [kN]	VRdy [kN]	θy	Verifica
1	0.00	Ø 8/9	9.452	196.796	27.1	2.167	196.796	27.1	SI
1	0.94	Ø 8/14	9.452	161.044	21.8	2.167	161.044	21.8	SI
1	1.69	Ø 8/14	9.452	161.044	21.8	2.167	161.044	21.8	SI
1	2.25	Ø 8/14	9.452	161.044	21.8	2.167	161.044	21.8	SI
1	3.00	Ø 8/9	9.452	196.796	27.1	2.167	196.796	27.1	SI

θ: inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse. θ rispetta il limite:  $1 \leq \cotan \theta \leq 2,5$  (cfr NTC § 4.1.2.1.3.2)

#### Verifiche agli stati limite di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2)

#### Verifica delle tensioni di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2.5)

#### Combinazione rara.

Campata	Ascissa [m]	comb.	σc [N/mm²]	σc limite [N/mm²]	σs trazione [N/mm²]	σs comp. [N/mm²]	σs limite [N/mm²]	Verifica
1	0.00	Inviluppo	-2.271	-14.940	-3.534	-28.820	360.000	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.419	-14.940	-1.918	-30.382	360.000	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.026	-14.940	-6.142	-26.216	360.000	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.696	-14.940	1.228	-33.275	360.000	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.903	-14.940	-13.028	-38.296	360.000	SI
1	0.00	Inviluppo	-3.043	-14.940	-11.536	-39.788	360.000	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.658	-14.940	-15.625	-35.699	360.000	SI
1	0.00	Inviluppo	-3.288	-14.940	-8.940	-42.384	360.000	SI
1	0.94	Inviluppo	-2.105	-14.940	-4.766	-26.972	360.000	SI
1	0.94	Inviluppo	-2.338	-14.940	-2.272	-29.436	360.000	SI
1	0.94	Inviluppo	-2.738	-14.940	-14.249	-36.455	360.000	SI
1	0.94	Inviluppo	-2.966	-14.940	-11.829	-38.876	360.000	SI
1	1.69	Inviluppo	-2.351	-14.940	-2.557	-29.649	360.000	SI
1	1.69	Inviluppo	-2.197	-14.940	-4.216	-28.018	360.000	SI
1	1.69	Inviluppo	-2.980	-14.940	-12.108	-39.093	360.000	SI
1	1.69	Inviluppo	-2.829	-14.940	-13.701	-37.500	360.000	SI
1	2.25	Inviluppo	-2.831	-14.940	5.035	-34.297	360.000	SI
1	2.25	Inviluppo	-4.427	-14.940	37.843	-48.484	360.000	SI
1	2.25	Inviluppo	-3.336	-14.940	-7.166	-42.671	360.000	SI
1	2.25	Inviluppo	-4.398	-14.940	6.196	-53.565	360.000	SI
1	3.00	Inviluppo	-3.487	-14.940	21.223	-39.662	360.000	SI
1	3.00	Inviluppo	-5.889	-14.940	89.500	-57.768	360.000	SI
1	3.00	Inviluppo	-5.887	-14.940	89.479	-57.747	360.000	SI
1	3.00	Inviluppo	-3.488	-14.940	21.238	-39.677	360.000	SI
1	3.00	Inviluppo	-3.717	-14.940	-2.092	-46.528	360.000	SI
1	3.00	Inviluppo	-5.666	-14.940	34.544	-64.449	360.000	SI
1	3.00	Inviluppo	-5.665	-14.940	34.528	-64.434	360.000	SI
1	3.00	Inviluppo	-3.718	-14.940	-2.082	-46.539	360.000	SI

**σc limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.40 § 4.1.2.2.5  
**σs limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.42 § 4.1.2.2.5

Legenda combinazioni

n° comb.	combinazione
1	Inviluppo

Combinazione quasi permanente.

Campata	Ascissa [m]	comb.	σc [N/mm²]	σc limite [N/mm²]	Verifica
1	0.00	Inviluppo	-2.210	-11.205	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.251	-11.205	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.064	-11.205	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.402	-11.205	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.594	-11.205	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.634	-11.205	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.448	-11.205	SI
1	0.00	Inviluppo	-2.781	-11.205	SI
1	0.94	Inviluppo	-1.995	-11.205	SI
1	0.94	Inviluppo	-2.135	-11.205	SI
1	0.94	Inviluppo	-2.379	-11.205	SI
1	0.94	Inviluppo	-2.519	-11.205	SI
1	1.69	Inviluppo	-2.135	-11.205	SI
1	1.69	Inviluppo	-2.046	-11.205	SI
1	1.69	Inviluppo	-2.519	-11.205	SI
1	1.69	Inviluppo	-2.430	-11.205	SI
1	2.25	Inviluppo	-2.779	-11.205	SI
1	2.25	Inviluppo	-3.687	-11.205	SI
1	2.25	Inviluppo	-3.053	-11.205	SI
1	2.25	Inviluppo	-3.732	-11.205	SI
1	3.00	Inviluppo	-3.485	-11.205	SI
1	3.00	Inviluppo	-4.933	-11.205	SI
1	3.00	Inviluppo	-4.931	-11.205	SI
1	3.00	Inviluppo	-3.487	-11.205	SI
1	3.00	Inviluppo	-3.557	-11.205	SI
1	3.00	Inviluppo	-4.809	-11.205	SI
1	3.00	Inviluppo	-4.808	-11.205	SI
1	3.00	Inviluppo	-3.558	-11.205	SI

**σc limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.41 § 4.1.2.2.5

Legenda combinazioni

n° comb.	combinazione
1	Inviluppo

Verifiche allo stato limite ultimo sismico

Campata	Ascissa [m]	Nsd [kN m]	Mxsd [kN m]	Mysd [kN m]	comb.	CMyk	CMxk	CMxMyk	CsMin	Verifica
1	0.00	-144.370	31.162	17.772	Inviluppo	1.857	1.322	1.255	1.255	SI
1	0.00	-144.370	-38.048	-12.376	Inviluppo	1.918	1.127	1.115	1.115	SI
1	0.00	-144.370	31.162	-12.376	Inviluppo	2.666	1.376	1.335	1.335	SI
1	0.00	-144.370	-38.048	17.772	Inviluppo	1.336	1.083	1.073	1.073	SI
1	0.00	-148.683	31.162	17.772	Inviluppo	1.885	1.336	1.265	1.265	SI

					o					
1	0.00	-148.683	-38.048	-12.376	Invilupp o	1.963	1.139	1.126	1.126	SI
1	0.00	-148.683	31.162	-12.376	Invilupp o	2.707	1.390	1.347	1.347	SI
1	0.00	-148.683	-38.048	17.772	Invilupp o	1.367	1.094	1.082	1.082	SI
1	0.94	-142.301	21.388	3.228	Invilupp o	12.323	2.131	2.080	2.080	SI
1	0.94	-142.301	-26.121	-8.731	Invilupp o	4.250	1.679	1.616	1.616	SI
1	0.94	-142.301	21.388	-8.731	Invilupp o	4.556	2.051	1.933	1.933	SI
1	0.94	-142.301	-26.121	3.228	Invilupp o	11.495	1.745	1.717	1.717	SI
1	0.94	-146.614	21.388	3.228	Invilupp o	12.448	2.153	2.101	2.101	SI
1	0.94	-146.614	-26.121	-8.731	Invilupp o	4.284	1.697	1.631	1.631	SI
1	0.94	-146.614	21.388	-8.731	Invilupp o	4.602	2.072	1.951	1.951	SI
1	0.94	-146.614	-26.121	3.228	Invilupp o	11.588	1.763	1.734	1.734	SI
1	1.69	-143.956	29.207	14.863	Invilupp o	2.387	1.442	1.382	1.382	SI
1	1.69	-143.956	-35.663	-11.647	Invilupp o	2.314	1.209	1.190	1.190	SI
1	1.69	-143.956	29.207	-11.647	Invilupp o	3.046	1.476	1.424	1.424	SI
1	1.69	-143.956	-35.663	14.863	Invilupp o	1.813	1.181	1.160	1.160	SI
1	1.69	-148.269	29.207	14.863	Invilupp o	2.402	1.457	1.394	1.394	SI
1	1.69	-148.269	-35.663	-11.647	Invilupp o	2.353	1.221	1.201	1.201	SI
1	1.69	-148.269	29.207	-11.647	Invilupp o	3.066	1.491	1.436	1.436	SI
1	1.69	-148.269	-35.663	14.863	Invilupp o	1.844	1.193	1.171	1.171	SI
1	2.25	-139.404	7.707	-3.625	Invilupp o	12.132	5.874	5.245	5.245	SI
1	2.25	-139.404	-9.424	-17.138	Invilupp o	2.535	4.352	2.297	2.297	SI
1	2.25	-139.404	7.707	-17.138	Invilupp o	2.566	5.321	2.372	2.372	SI
1	2.25	-139.404	-9.424	-3.625	Invilupp o	11.982	4.803	4.392	4.392	SI
1	2.25	-143.716	7.707	-3.625	Invilupp o	12.230	5.918	5.290	5.290	SI
1	2.25	-143.716	-9.424	-17.138	Invilupp o	2.556	4.394	2.315	2.315	SI
1	2.25	-143.716	7.707	-17.138	Invilupp o	2.587	5.373	2.392	2.392	SI
1	2.25	-143.716	-9.424	-3.625	Invilupp o	12.083	4.840	4.429	4.429	SI
1	3.00	-137.748	0.220	-0.709	Invilupp o	65.121	209.670	59.555	59.555	SI
1	3.00	-137.748	-0.213	-28.774	Invilupp o	1.605	158.800	1.604	1.604	SI

1	3.00	-137.748	0.220	-28.774	Invilupp o	1.605	154.180	1.603	1.603	SI
1	3.00	-137.748	-0.213	-0.709	Invilupp o	65.123	215.953	59.706	59.706	SI
1	3.00	-142.061	0.220	-0.709	Invilupp o	65.582	211.154	59.932	59.932	SI
1	3.00	-142.061	-0.213	-28.774	Invilupp o	1.616	160.341	1.615	1.615	SI
1	3.00	-142.061	0.220	-28.774	Invilupp o	1.616	155.676	1.615	1.615	SI
1	3.00	-142.061	-0.213	-0.709	Invilupp o	65.585	217.482	60.085	60.085	SI

I coefficienti di sicurezza si riferiscono al dominio di rottura della sezione ottenuto ad azione assiale N costante.

**CMxk:** coefficiente di sicurezza calcolato a momento Mx costante

**CMyk:** coefficiente di sicurezza calcolato a momento My costante

**CMxMyk:** coefficiente di sicurezza calcolato a rapporto Mx/My costante

**CsMin:** coefficiente di sicurezza minimo tra i tre CMxk, CMyk, CMxMyk

#### Legenda combinazioni

n° comb.	combinazione
1	Inviluppo

#### Verifica di resistenza a taglio

Campata	Ascissa [m]	Staffe	Vsdx [kN]	VRdx [kN]	$\theta_x$	Vsdy [kN]	VRdy [kN]	$\theta_y$	Verifica
1	0.00	Ø 8/9	15.515	196.796	27.1	12.723	196.796	27.1	SI
1	0.94	Ø 8/14	15.515	161.044	21.8	12.723	161.044	21.8	SI
1	1.69	Ø 8/14	15.515	161.044	21.8	12.723	161.044	21.8	SI
1	2.25	Ø 8/14	15.515	161.044	21.8	12.723	161.044	21.8	SI
1	3.00	Ø 8/9	15.515	196.796	27.1	12.723	196.796	27.1	SI

$\theta$ : inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse.  $\theta$  rispetta il limite:  $1 \leq \cotan\theta \leq 2,5$  (cfr NTC § 4.1.2.1.3.2)

#### Verifiche allo stato limite ultimo sismico in gerarchia delle resistenze

Campata	Ascissa [m]	Nsd [kN m]	Mxsd [kN m]	Mysd [kN m]	CMyk	CMxk	CMxMyk	CsMin	Verifica

I coefficienti di sicurezza si riferiscono al dominio di rottura della sezione ottenuto ad azione assiale N costante.

**Msd,i:** azione sollecitante valutata in gerarchia delle resistenze (cfr NTC § 7.4.4.2.1)

**CMxk:** coefficiente di sicurezza calcolato a momento Mx costante

**CMyk:** coefficiente di sicurezza calcolato a momento My costante

**CMxMyk:** coefficiente di sicurezza calcolato a rapporto Mx/My costante

**CsMin:** coefficiente di sicurezza minimo tra i tre CMxk, CMyk, CMxMyk

#### Verifica di resistenza a taglio

Campata	Ascissa [m]	Staffe	Vsdx [kN]	VRdx [kN]	$\theta_x$	Vsdy [kN]	VRdy [kN]	$\theta_y$	Verifica

$\theta$ : inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse.  $\theta$  rispetta il limite:  $1 \leq \cotan\theta \leq 2,5$  (cfr NTC § 4.1.2.1.3.2)

**Vsd,i:** azione sollecitante valutata in gerarchia delle resistenze (cfr NTC § 7.4.4.2.1)

## Conclusione

Nel rispetto di quanto richiesto nel capitolo 10 dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 ed al fine di fornire un giudizio motivato di accettabilità dei valori raggiunti, alla luce delle verifiche e dei calcoli effettuati, di cui è data spiegazione nel presente documento, il progettista strutturale ritiene che i risultati ottenuti relativamente al progetto in oggetto siano conformi a quanto previsto dai regolamenti e dalle leggi vigenti in materia.

A supporto di tale affermazione il progettista dichiara di aver controllato accuratamente i tabulati ottenuti mediante codice di calcolo, di aver preliminarmente esaminato il software di calcolo, ritenendolo affidabile ed idoneo alla struttura in oggetto, di aver confrontato i risultati ottenuti da analisi computazionale con semplici calcoli di massima svolti dallo stesso progettista e di aver infine esaminato gli stati tensionali e deformativi, ritenendoli consistenti e coerenti con la modellazione della struttura analizzata.



# RELAZIONE DI CALCOLO

DELLA FONDAZIONE DELLA STRUTTRA AD ARCHI IN LEGNO LAMELLARE



## 2 Geometria

Nome trave di fondazione su suolo elastico:	Lunghezza totale: 38.50 m
Numero di campate: 9	Numero di pilastri: 8
Materiale della sezione: C25/30	Materiale per l'armatura: FeB44k
Terreno di fondazione: fi 28°	Altezza del terreno di ricoprimento: 1.50 m
Valore minimo della costante di Winkler KW min: 0.018 kN/cm³	Valore massimo della costante di Winkler KW max: 0.018 kN/cm³

### Schema statico



### Geometria

Campata			Caratteristiche della sezione			
Nome	Lunghezza [m]	Sezione	B max [cm]	H max [cm]	Area A [cm²]	Inerzia I [cm⁴]
C1	0.30	R 60 x 24	150.0	100.0	15000.0	12500000.0
C2	5.20	R 60 x 24	150.0	100.0	15000.0	12500000.0
C3	5.50	R 60 x 24	150.0	100.0	15000.0	12500000.0
C4	5.50	R 60 x 24	150.0	100.0	15000.0	12500000.0
C5	5.50	R 60 x 24	150.0	100.0	15000.0	12500000.0
C6	5.50	R 60 x 24	150.0	100.0	15000.0	12500000.0
C7	5.50	R 60 x 24	150.0	100.0	15000.0	12500000.0
C8	5.20	R 60 x 24	150.0	100.0	15000.0	12500000.0
C9	0.30	R 60 x 24	150.0	100.0	15000.0	12500000.0

### Pilastri

Nome	Posizione [m]	Larghezza [m]
Pil 1	0.30	0.30
Pil 2	5.50	0.30
Pil 3	11.00	0.30
Pil 4	16.50	0.30
Pil 5	22.00	0.30
Pil 6	27.50	0.30
Pil 7	33.00	0.30
Pil 8	38.20	0.30

### Carichi agenti

Campata	Tipo di carico	Categoria	Ascissa	Val. iniz. P1	Lung.	Val. fin. P2
---------	----------------	-----------	---------	---------------	-------	--------------

			[m]		[m]	
C2	Carico concentrato lungo asse Y globale	Permanenti non strutturali	0.30	120.000 kN	5.50	120.000 kN
C3	Carico concentrato lungo asse Y globale	Permanenti non strutturali	5.50	120.000 kN	5.50	120.000 kN
C4	Carico concentrato lungo asse Y globale	Permanenti non strutturali	11.00	120.000 kN	5.50	120.000 kN
C5	Carico concentrato lungo asse Y globale	Permanenti non strutturali	16.50	120.000 kN	5.50	120.000 kN
C6	Carico concentrato lungo asse Y globale	Permanenti non strutturali	22.00	120.000 kN	5.50	120.000 kN
C7	Carico concentrato lungo asse Y globale	Permanenti non strutturali	27.50	120.000 kN	5.50	120.000 kN
C8	Carico concentrato lungo asse Y globale	Permanenti non strutturali	33.00	120.000 kN	5.50	120.000 kN
C9	Carico concentrato lungo asse Y globale	Permanenti non strutturali	38.20	120.000 kN	0.00	120.000 kN

### 3 Scheda tecnica del materiale

#### Calcestruzzo

Nome: **C25/30**

Tipologia del materiale: calcestruzzo

Classe di resistenza: C25/30

Descrizione:

#### Caratteristiche del calcestruzzo

Densità  $\rho$ : 24.525 kN/m<sup>3</sup>

Resistenza caratteristica cilindrica a compressione  $f_{ck}$ : 24.9 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza media a trazione semplice  $f_{ctm}$ : 2.6 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza caratt. trazione semplice, frattile 5%  $f_{ctk,5}$ : 1.8 N/mm<sup>2</sup>

Modulo Elastico  $E_{cm}$ : 30045.1 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente di dilatazione termica lineare  $\alpha_t$ : 1E-05

Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo  $\gamma_c$ : 1,5

Resistenza a trazione di progetto, frattile 5%  $f_{ctd,5}$ : 1.2 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza caratteristica cubica a compressione  $R_{ck}$ : 30.0 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza cilindrica media  $f_{cm}$ : 32.9 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza media a flessione  $f_{ctm}$ : 3.1 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza caratt. trazione semplice, frattile 95%  $f_{ctk,95}$ : 3.3 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente di Poisson  $\nu$ : 0.20

Coefficiente correttivo per la resistenza a compressione  $\alpha_{cc}$ : 0,85

Resistenza a compressione di progetto  $f_{cd}$ : 14.1 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza a trazione di progetto, frattile 95%  $f_{ctd,95}$ : 2.2 N/mm<sup>2</sup>

#### Descrizione

Nome: **fi 28°**

Tipologia del materiale: **Terreno non coesivo**

Descrizione:

#### Parametri del terreno

Angolo d'attrito interno  $\Phi_i$ : 28

Coesione  $c'$ : 0.00 N/mm<sup>2</sup>

Densità  $\rho$ : 18.00 kN/m<sup>3</sup>

Modulo elastico  $E$ : 0 N/mm<sup>2</sup>

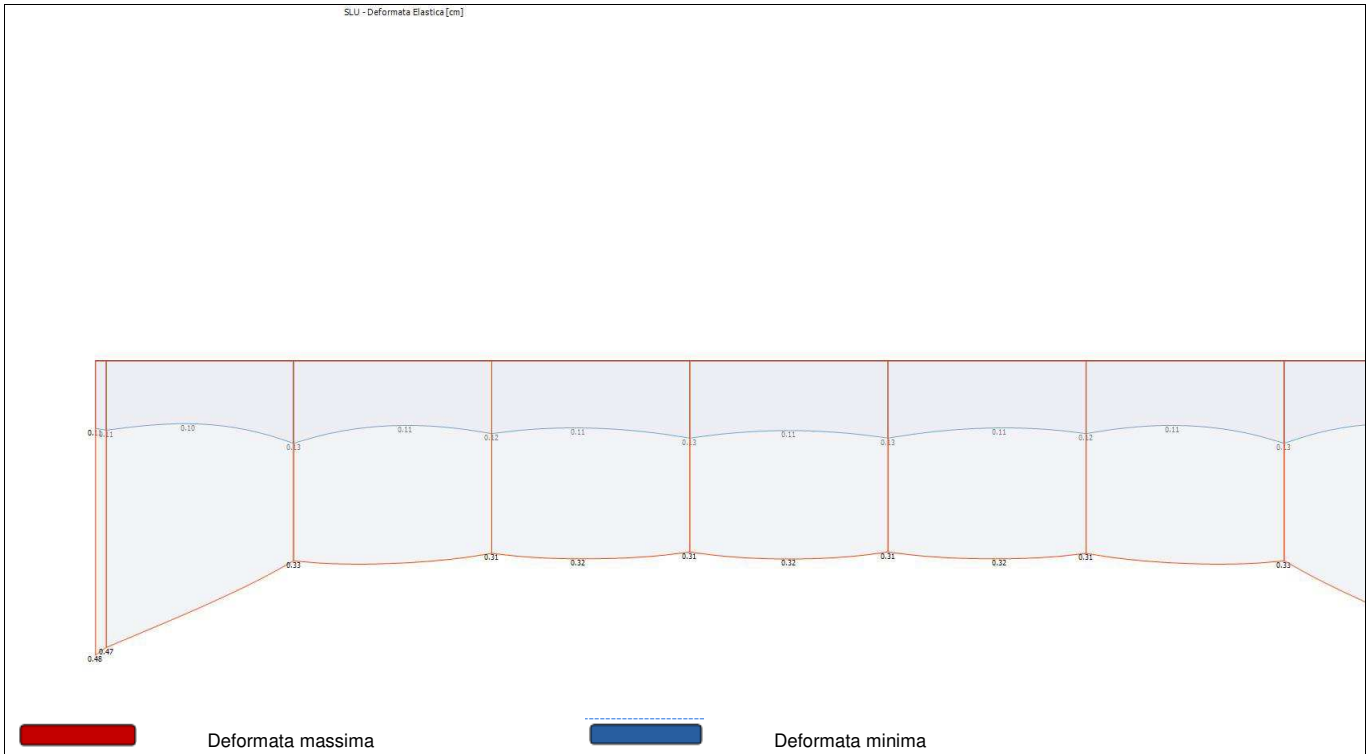
Angolo d'attrito terreno - calcestruzzo  $\Phi_{ter-cls}$ : 18.67

Costante di Winkler  $k_W$ : 0.02 kN/cm<sup>3</sup>

OCR: : -- CR:: -- RR: --

## 4 Sollecitazioni agenti - Combinazione SLU

### Diagramma della Deformata Elastica



### Diagramma del Momento Flettente

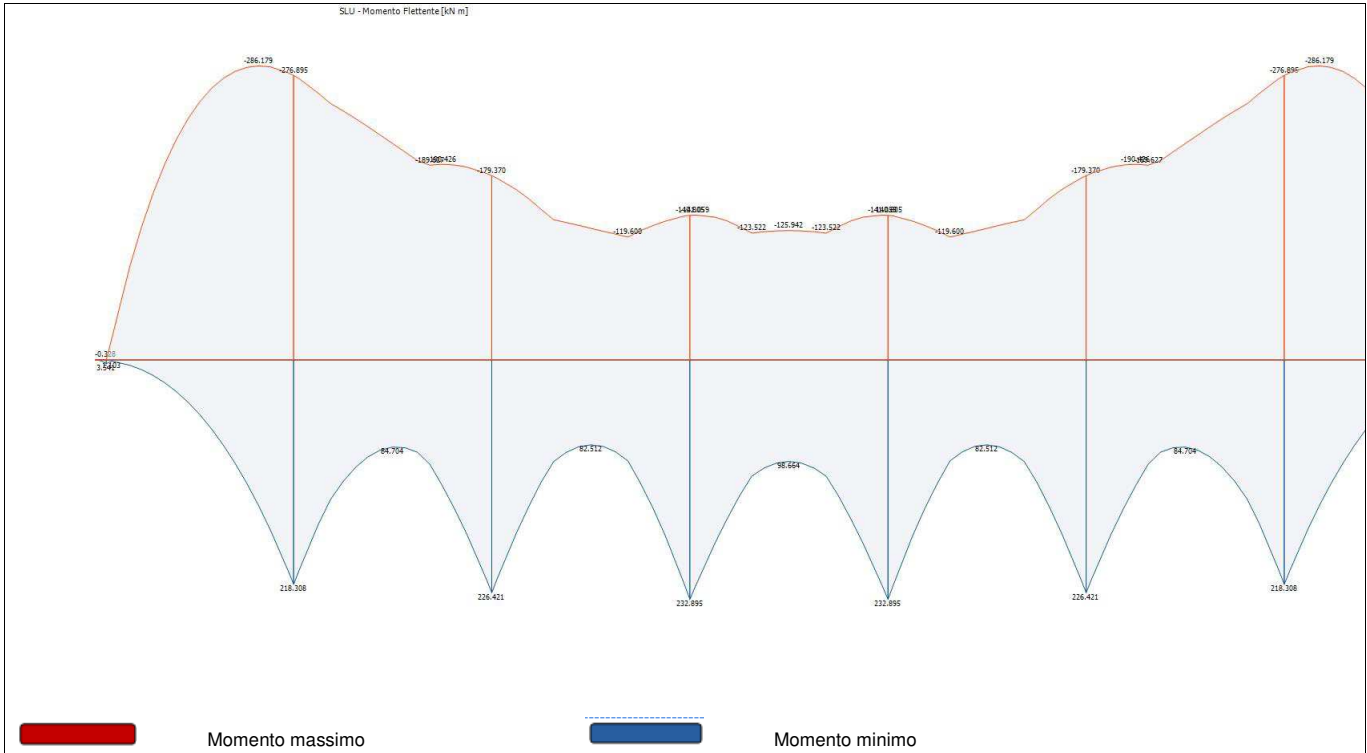
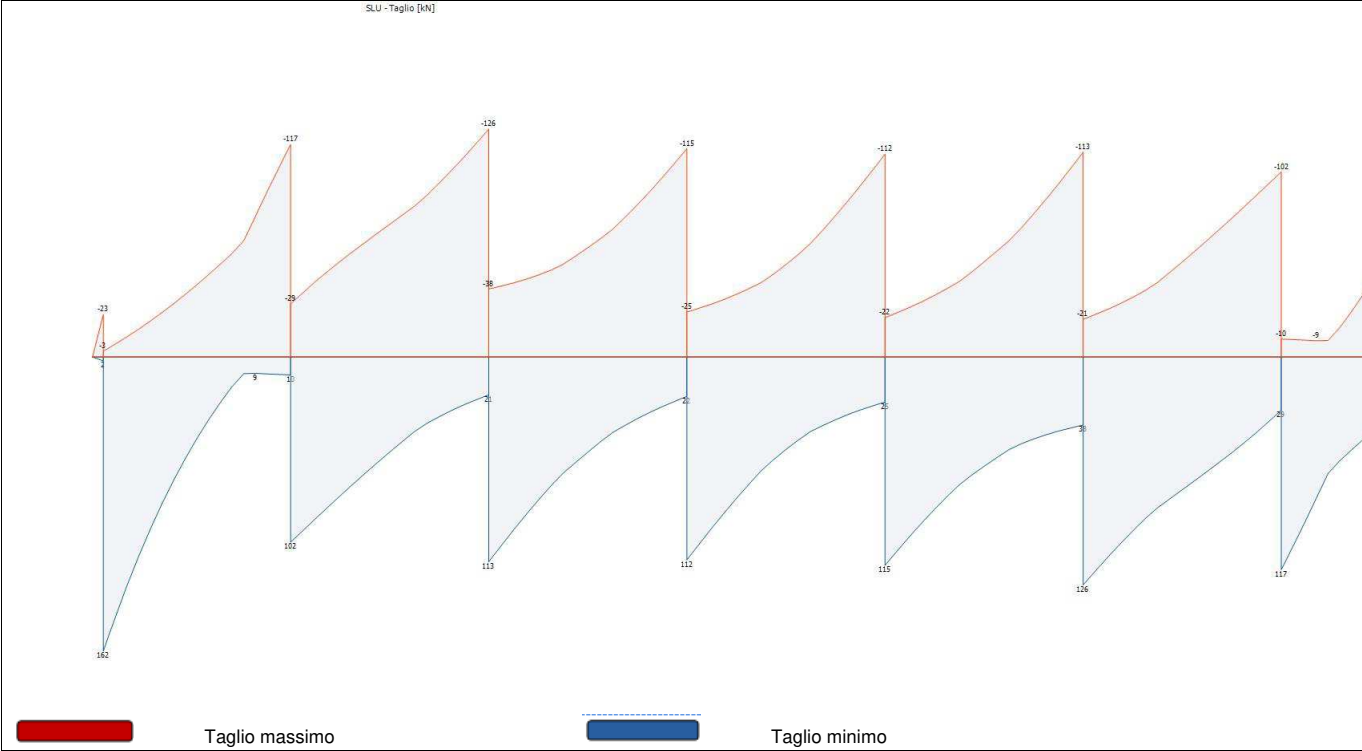


Diagramma del Taglio



Azioni

Campata	Ascissa [m]	Momento Max [kN m]	Momento Min [kN m]	Taglio Max [kN]	Taglio Min [kN]
Pil 1	0.30	3.541	-0.328	2.149	-23.440
Pil 1	0	3.541	-0.328	161.977	-3.267
C2	0.15	1.103	-286.179	0.000	0.000
Pil 2	5.20	218.308	-276.895	9.880	-117.099
Pil 2	0	218.308	-276.895	102.000	-29.220
C3	2.75	84.704	-190.426	0.000	0.000
Pil 3	5.50	226.421	-179.370	20.853	-125.551
Pil 3	0	226.421	-179.370	112.813	-37.511
C4	2.75	82.512	-119.600	0.000	0.000
Pil 4	5.50	232.895	-140.805	21.724	-114.771
Pil 4	0	232.895	-140.805	111.773	-24.821
C5	2.75	98.664	-141.059	0.000	0.000
Pil 5	5.50	232.895	-140.805	24.821	-111.773
Pil 5	0	232.895	-140.805	114.771	-21.724
C6	2.75	82.512	-119.600	0.000	0.000
Pil 6	5.50	226.421	-179.370	37.511	-112.813
Pil 6	0	226.421	-179.370	125.551	-20.853
C7	2.75	84.704	-190.426	0.000	0.000
Pil 7	5.50	218.308	-276.895	29.220	-102.000
Pil 7	0	218.308	-276.895	117.099	-9.880
C8	5.05	1.103	-286.179	0.000	0.000
Pil 8	5.20	3.541	-0.328	3.267	-161.977
Pil 8	0	3.541	-0.328	23.439	-2.149

Deformata

Campata	Ascissa [m]	Deformata Massima [cm]
	0	0.48
C1	0.19	0.47
Pil 1	0.30	0.47
Pil 1	0	0.47
C2	3.25	0.39
Pil 2	5.20	0.33

Pil 2	0	0.33
C3	2.75	0.33
Pil 3	5.50	0.31
Pil 3	0	0.31
C4	2.75	0.32
Pil 4	5.50	0.31
Pil 4	0	0.31
C5	2.75	0.32
Pil 5	5.50	0.31
Pil 5	0	0.31
C6	2.75	0.32
Pil 6	5.50	0.31
Pil 6	0	0.31
C7	2.75	0.33
Pil 7	5.50	0.33
Pil 7	0	0.33
C8	1.95	0.39
Pil 8	5.20	0.47
Pil 8	0	0.47
C9	0.11	0.47
	0.30	0.48

Pressioni sul terreno: verifica secondo Terzaghi

Campata	Ascissa [m]	Approccio	Pressione Massima [N/mm²]	Pressione Limite [N/mm²]	Sfruttamento	Verificato
C1	0.00	App.1 A1+M1+R1	0.1	0.8	0.11	SI
C1	0.00	App.1 A2+M2+R2	0.1	0.2	0.38	SI
C1	0.00	App.2 A1+M1+R3	0.1	0.3	0.26	SI
C2	0.30	App.1 A1+M1+R1	0.1	0.8	0.11	SI
C2	0.30	App.1 A2+M2+R2	0.1	0.2	0.37	SI
C2	0.30	App.2 A1+M1+R3	0.1	0.3	0.25	SI
C3	5.50	App.1 A1+M1+R1	0.1	0.8	0.08	SI
C3	5.50	App.1 A2+M2+R2	0.1	0.2	0.26	SI
C3	5.50	App.2 A1+M1+R3	0.1	0.3	0.18	SI
C4	11.69	App.1 A1+M1+R1	0.1	0.8	0.07	SI
C4	11.69	App.1 A2+M2+R2	0.1	0.2	0.25	SI
C4	11.69	App.2 A1+M1+R3	0.1	0.3	0.17	SI
C5	17.53	App.1 A1+M1+R1	0.1	0.8	0.07	SI
C5	17.53	App.1 A2+M2+R2	0.1	0.2	0.24	SI
C5	17.53	App.2 A1+M1+R3	0.1	0.3	0.17	SI
C6	26.81	App.1 A1+M1+R1	0.1	0.8	0.07	SI
C6	26.81	App.1 A2+M2+R2	0.1	0.2	0.25	SI
C6	26.81	App.2 A1+M1+R3	0.1	0.3	0.17	SI
C7	33.00	App.1 A1+M1+R1	0.1	0.8	0.08	SI
C7	33.00	App.1 A2+M2+R2	0.1	0.2	0.26	SI
C7	33.00	App.2 A1+M1+R3	0.1	0.3	0.18	SI
C8	38.20	App.1 A1+M1+R1	0.1	0.8	0.11	SI
C8	38.20	App.1 A2+M2+R2	0.1	0.2	0.37	SI
C8	38.20	App.2 A1+M1+R3	0.1	0.3	0.25	SI
C9	38.50	App.1 A1+M1+R1	0.1	0.8	0.11	SI
C9	38.50	App.1 A2+M2+R2	0.1	0.2	0.38	SI
C9	38.50	App.2 A1+M1+R3	0.1	0.3	0.26	SI

5 Sollecitazioni agenti - Combinazione SLE rara

Diagramma della Deformata Elastica

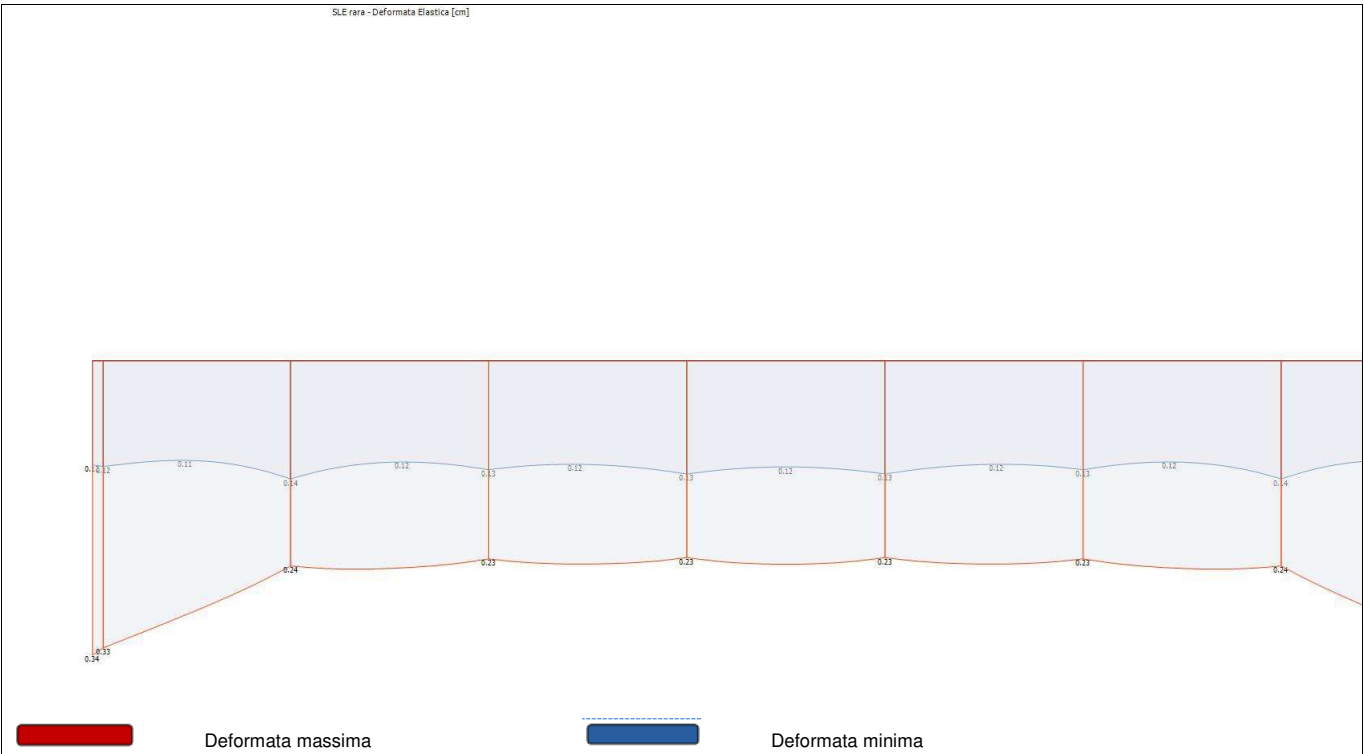


Diagramma del Momento Flettente

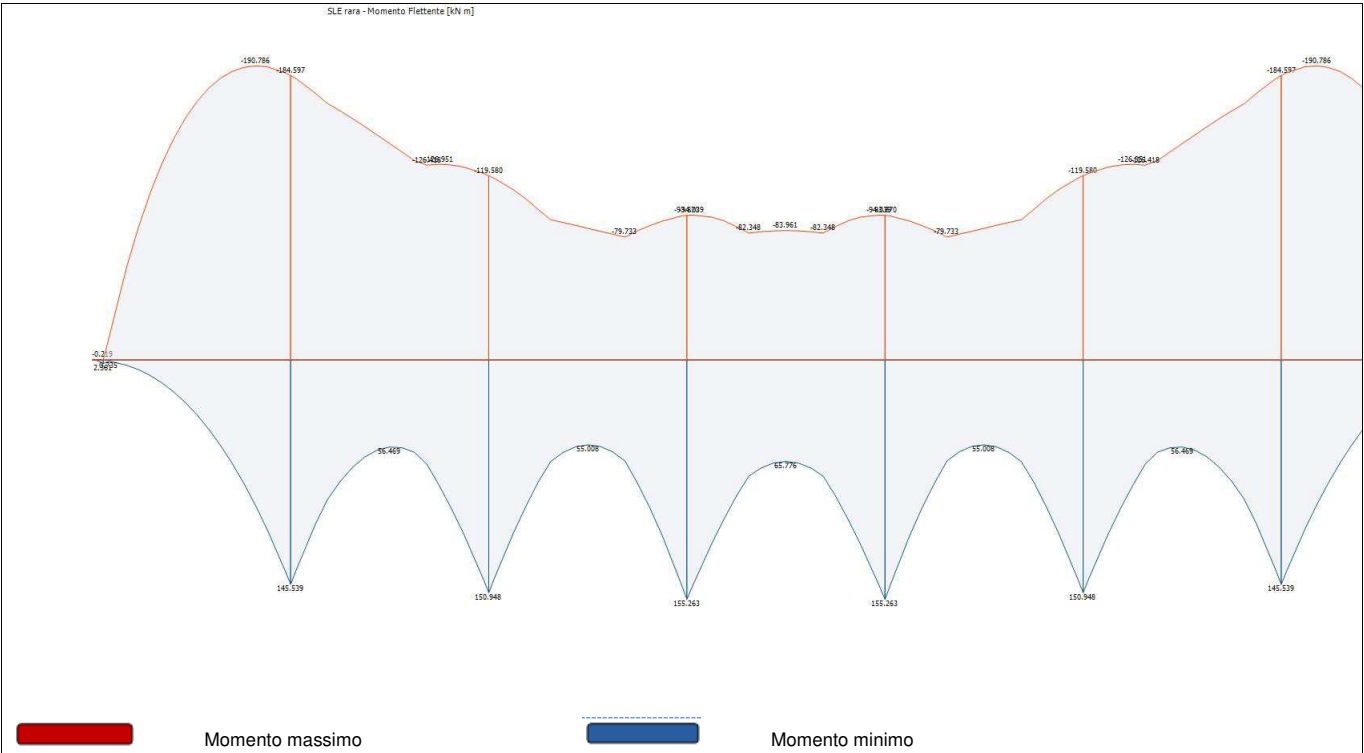
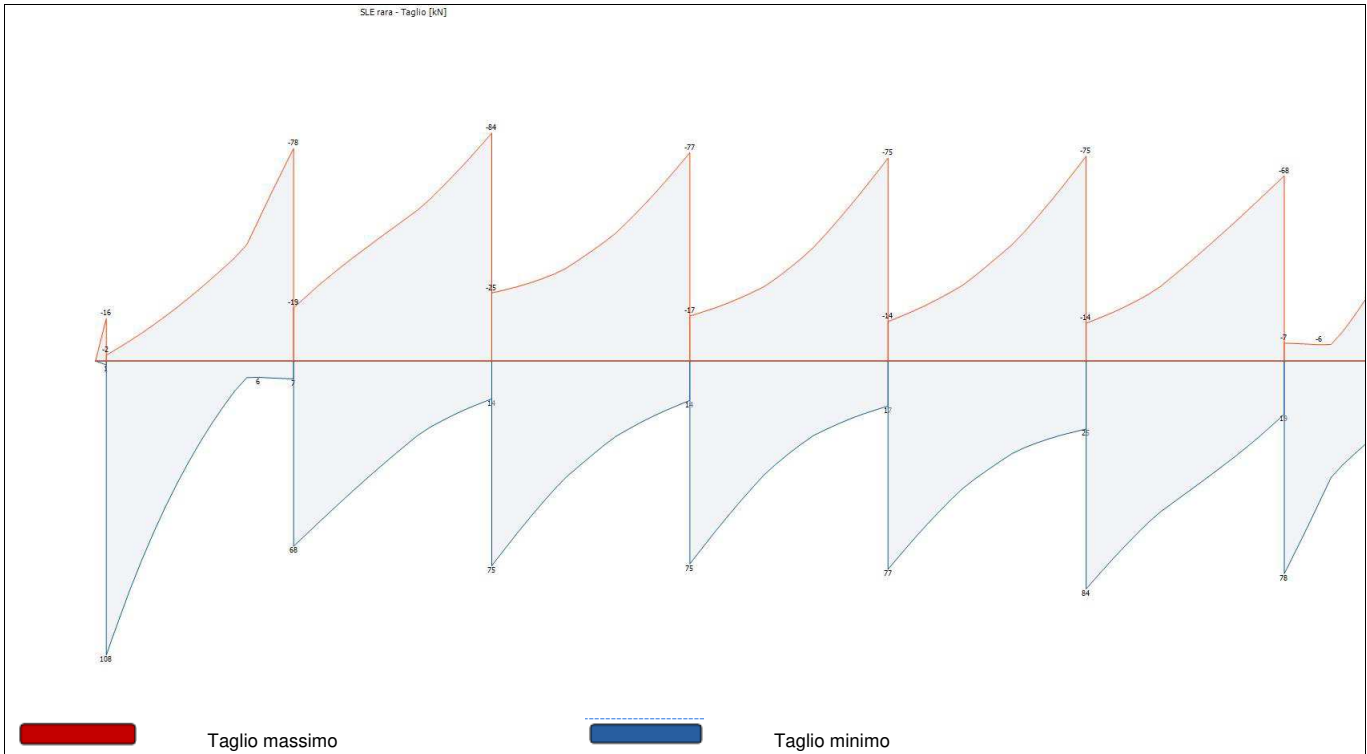


Diagramma del Taglio



Azioni

Campata	Ascissa [m]	Momento Max [kN m]	Momento Min [kN m]	Taglio Max [kN]	Taglio Min [kN]
Pil 1	0.30	2.361	-0.219	1.433	-15.626
Pil 1	0	2.361	-0.219	107.984	-2.178
C2	0.15	0.735	-190.786	0.000	0.000
Pil 2	5.20	145.539	-184.597	6.586	-78.066
Pil 2	0	145.539	-184.597	68.000	-19.480
C3	2.75	56.469	-126.951	0.000	0.000
Pil 3	5.50	150.948	-119.580	13.902	-83.700
Pil 3	0	150.948	-119.580	75.209	-25.008
C4	2.75	55.008	-79.733	0.000	0.000
Pil 4	5.50	155.263	-93.870	14.482	-76.514
Pil 4	0	155.263	-93.870	74.515	-16.547
C5	2.75	65.776	-94.039	0.000	0.000
Pil 5	5.50	155.263	-93.870	16.547	-74.515
Pil 5	0	155.263	-93.870	76.514	-14.482
C6	2.75	55.008	-79.733	0.000	0.000
Pil 6	5.50	150.948	-119.580	25.008	-75.209
Pil 6	0	150.948	-119.580	83.700	-13.902
C7	2.75	56.469	-126.951	0.000	0.000
Pil 7	5.50	145.539	-184.597	19.480	-68.000
Pil 7	0	145.539	-184.597	78.066	-6.586
C8	5.05	0.735	-190.786	0.000	0.000
Pil 8	5.20	2.361	-0.219	2.178	-107.984
Pil 8	0	2.361	-0.219	15.626	-1.433

Deformata

Campata	Ascissa [m]	Deformata Massima [cm]
	0	0.34
C1	0.19	0.33
Pil 1	0.30	0.33
Pil 1	0	0.33
C2	3.25	0.28

Pil 2	5.20	0.24
Pil 2	0	0.24
C3	2.75	0.24
Pil 3	5.50	0.23
Pil 3	0	0.23
C4	2.75	0.23
Pil 4	5.50	0.23
Pil 4	0	0.23
C5	2.75	0.23
Pil 5	5.50	0.23
Pil 5	0	0.23
C6	2.75	0.23
Pil 6	5.50	0.23
Pil 6	0	0.23
C7	2.75	0.24
Pil 7	5.50	0.24
Pil 7	0	0.24
C8	1.95	0.28
Pil 8	5.20	0.33
Pil 8	0	0.33
C9	0.11	0.33
	0.30	0.34

Pressioni sul terreno: verifica secondo Terzaghi

Campata	Ascissa [m]	Approccio	Pressione Massima [N/mm²]	Pressione Limite [N/mm²]	Sfruttamento	Verificato

6 Sollecitazioni agenti - Combinazione SLE frequente

Diagramma della Deformata Elastica

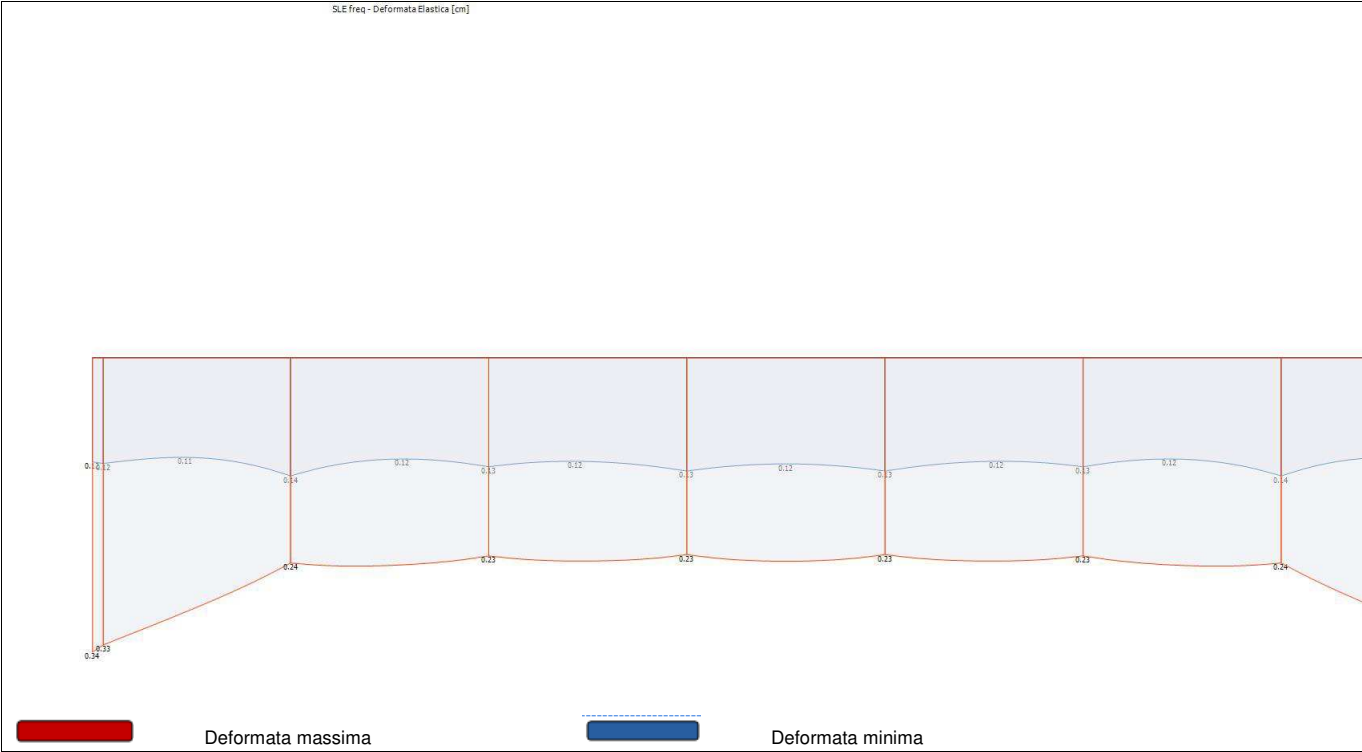


Diagramma del Momento Flettente

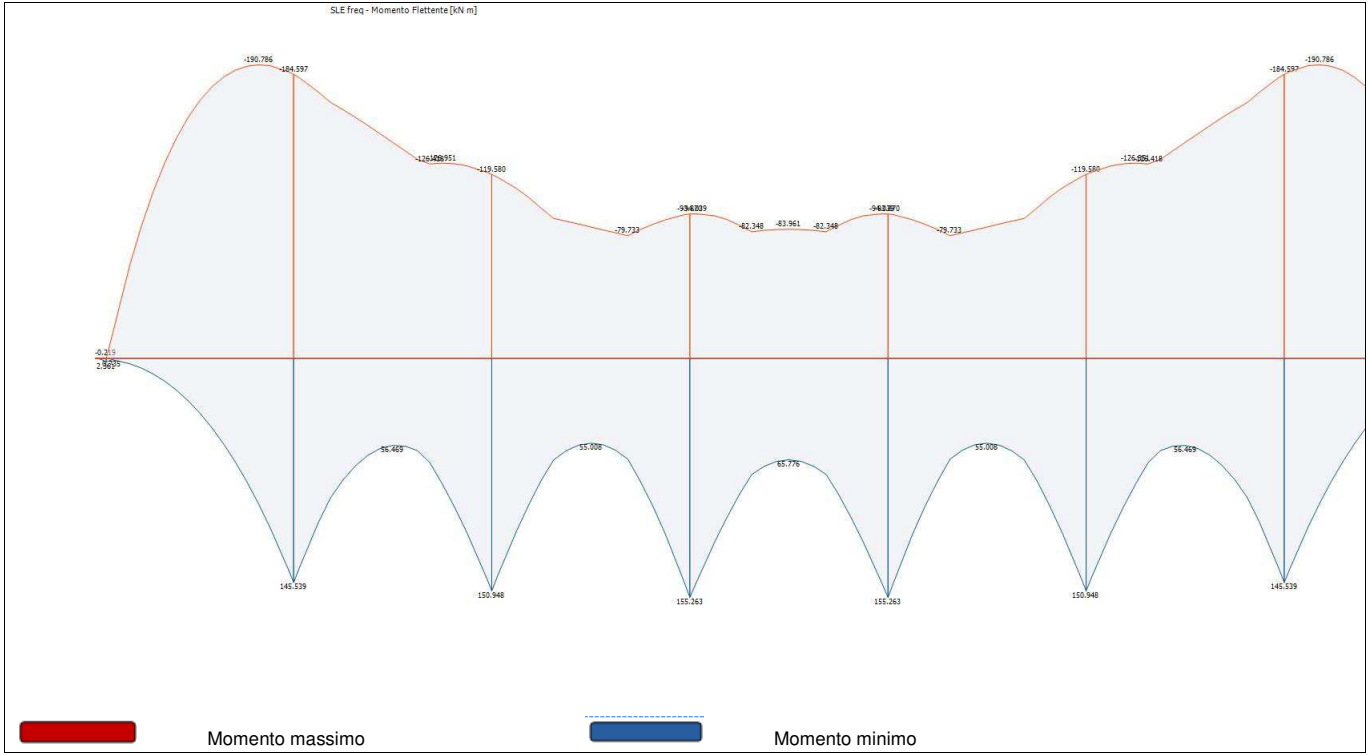
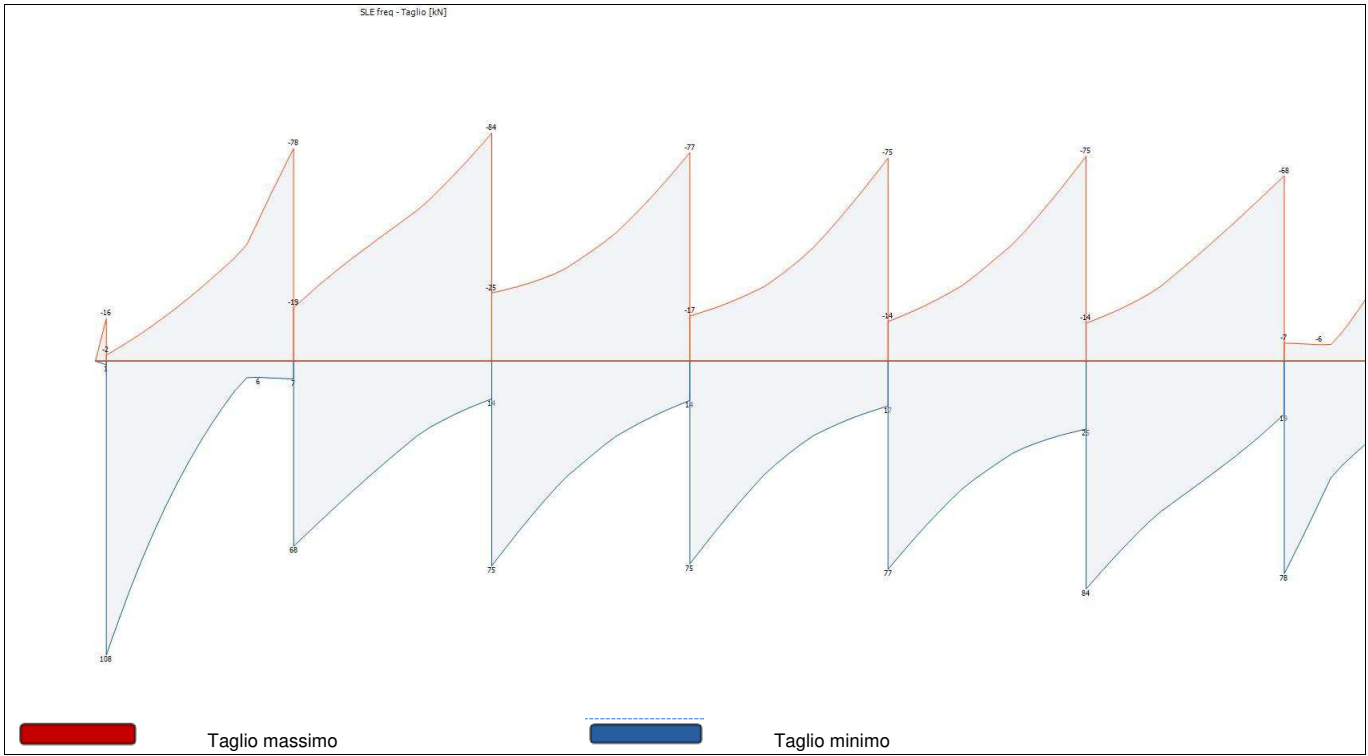


Diagramma del Taglio



Azioni

Campata	Ascissa [m]	Momento Max [kN m]	Momento Min [kN m]	Taglio Max [kN]	Taglio Min [kN]
Pil 1	0.30	2.361	-0.219	1.433	-15.626
Pil 1	0	2.361	-0.219	107.984	-2.178
C2	0.15	0.735	-190.786	0.000	0.000
Pil 2	5.20	145.539	-184.597	6.586	-78.066

Pil 2	0	145.539	-184.597	68.000	-19.480
C3	2.75	56.469	-126.951	0.000	0.000
Pil 3	5.50	150.948	-119.580	13.902	-83.700
Pil 3	0	150.948	-119.580	75.209	-25.008
C4	2.75	55.008	-79.733	0.000	0.000
Pil 4	5.50	155.263	-93.870	14.482	-76.514
Pil 4	0	155.263	-93.870	74.515	-16.547
C5	2.75	65.776	-94.039	0.000	0.000
Pil 5	5.50	155.263	-93.870	16.547	-74.515
Pil 5	0	155.263	-93.870	76.514	-14.482
C6	2.75	55.008	-79.733	0.000	0.000
Pil 6	5.50	150.948	-119.580	25.008	-75.209
Pil 6	0	150.948	-119.580	83.700	-13.902
C7	2.75	56.469	-126.951	0.000	0.000
Pil 7	5.50	145.539	-184.597	19.480	-68.000
Pil 7	0	145.539	-184.597	78.066	-6.586
C8	5.05	0.735	-190.786	0.000	0.000
Pil 8	5.20	2.361	-0.219	2.178	-107.984
Pil 8	0	2.361	-0.219	15.626	-1.433

## Deformata

Campata	Ascissa [m]	Deformata Massima [cm]
	0	0.34
C1	0.19	0.33
Pil 1	0.30	0.33
Pil 1	0	0.33
C2	3.25	0.28
Pil 2	5.20	0.24
Pil 2	0	0.24
C3	2.75	0.24
Pil 3	5.50	0.23
Pil 3	0	0.23
C4	2.75	0.23
Pil 4	5.50	0.23
Pil 4	0	0.23
C5	2.75	0.23
Pil 5	5.50	0.23
Pil 5	0	0.23
C6	2.75	0.23
Pil 6	5.50	0.23
Pil 6	0	0.23
C7	2.75	0.24
Pil 7	5.50	0.24
Pil 7	0	0.24
C8	1.95	0.28
Pil 8	5.20	0.33
Pil 8	0	0.33
C9	0.11	0.33
	0.30	0.34

7 Sollecitazioni agenti - Combinazione SLE quasi permanente

Diagramma della Deformata Elastica

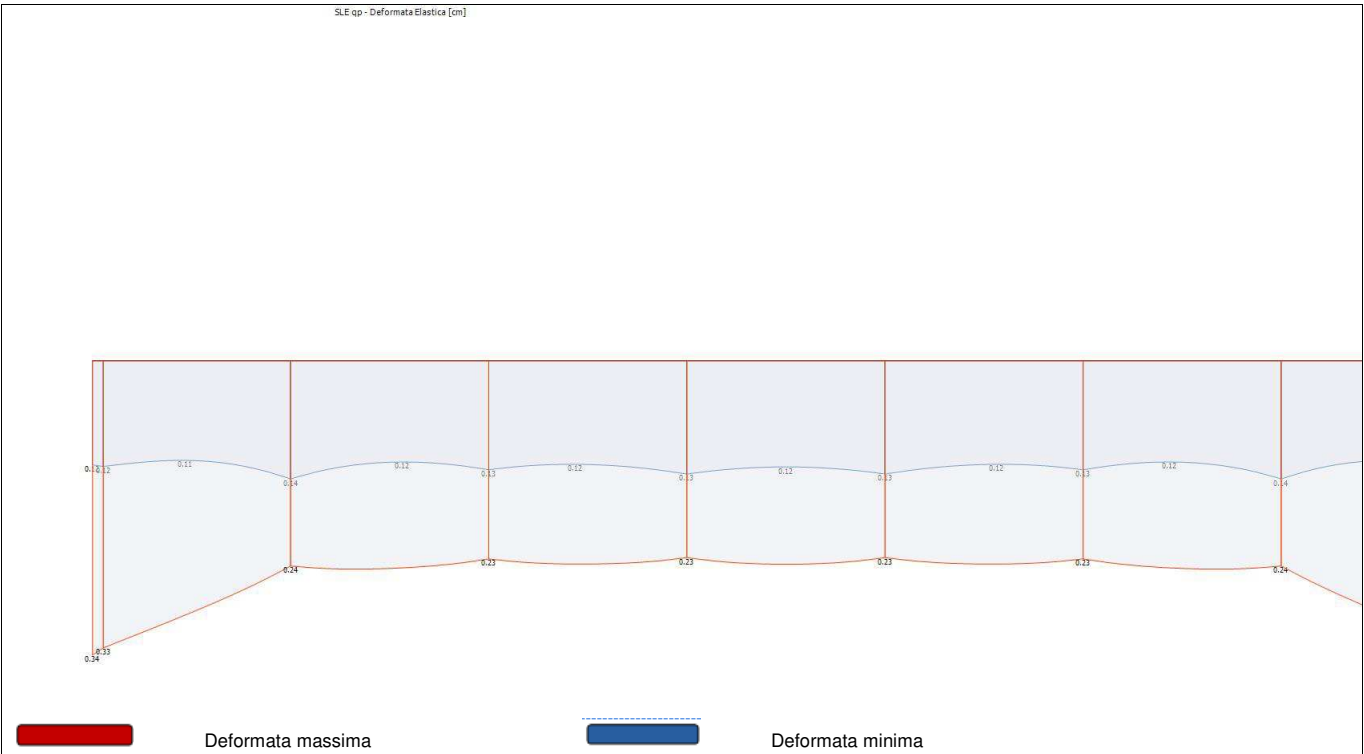
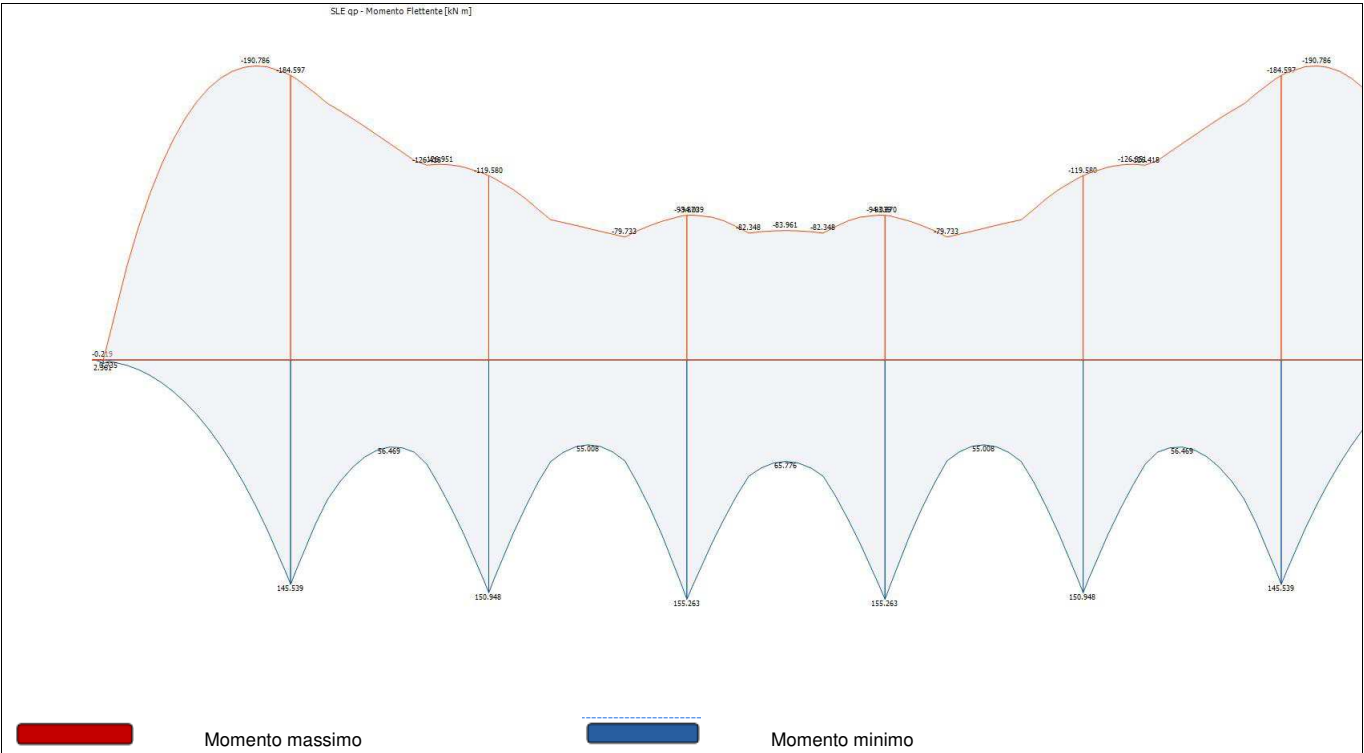
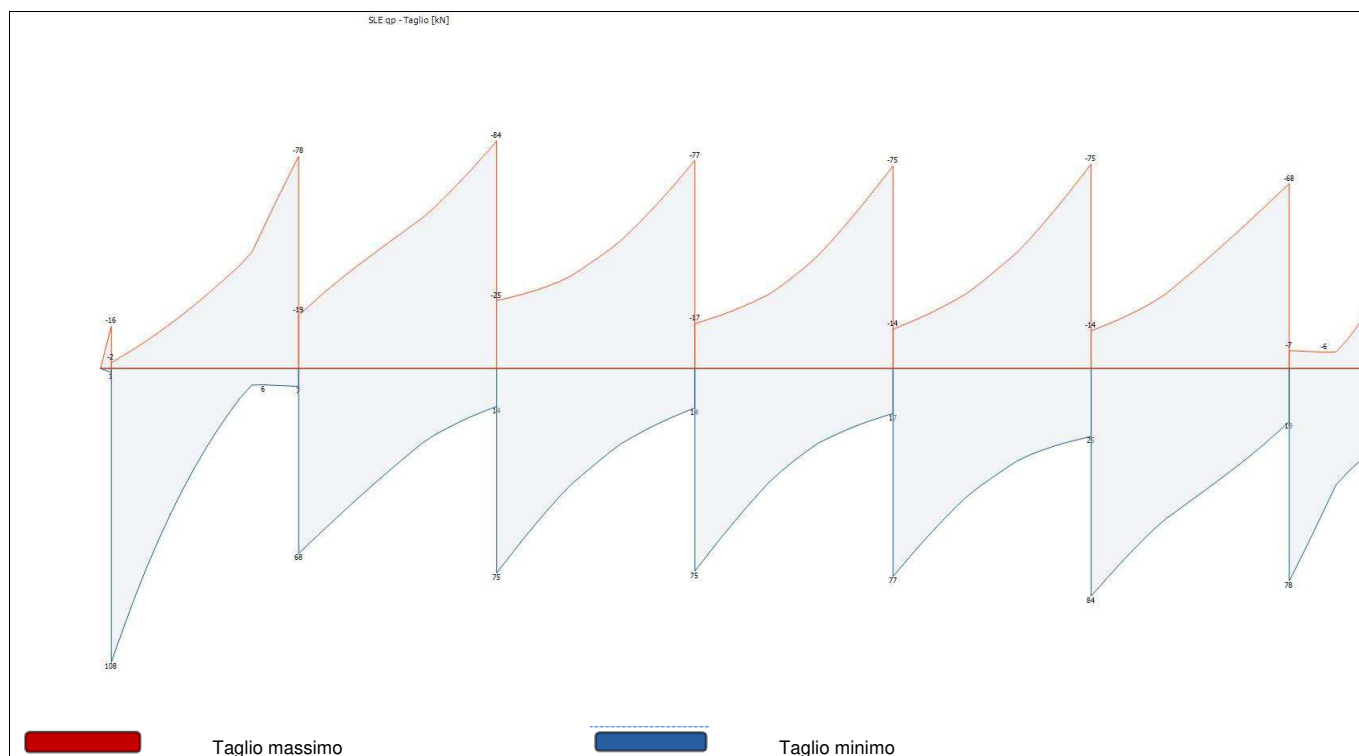


Diagramma del Momento Flettente



## Diagramma del Taglio



## Azioni

Campata	Ascissa [m]	Momento Max [kN m]	Momento Min [kN m]	Taglio Max [kN]	Taglio Min [kN]
Pil 1	0.30	2.361	-0.219	1.433	-15.626
Pil 1	0	2.361	-0.219	107.984	-2.178
C2	0.15	0.735	-190.786	0.000	0.000
Pil 2	5.20	145.539	-184.597	6.586	-78.066
Pil 2	0	145.539	-184.597	68.000	-19.480
C3	2.75	56.469	-126.951	0.000	0.000
Pil 3	5.50	150.948	-119.580	13.902	-83.700
Pil 3	0	150.948	-119.580	75.209	-25.008
C4	2.75	55.008	-79.733	0.000	0.000
Pil 4	5.50	155.263	-93.870	14.482	-76.514
Pil 4	0	155.263	-93.870	74.515	-16.547
C5	2.75	65.776	-94.039	0.000	0.000
Pil 5	5.50	155.263	-93.870	16.547	-74.515
Pil 5	0	155.263	-93.870	76.514	-14.482
C6	2.75	55.008	-79.733	0.000	0.000
Pil 6	5.50	150.948	-119.580	25.008	-75.209
Pil 6	0	150.948	-119.580	83.700	-13.902
C7	2.75	56.469	-126.951	0.000	0.000
Pil 7	5.50	145.539	-184.597	19.480	-68.000
Pil 7	0	145.539	-184.597	78.066	-6.586
C8	5.05	0.735	-190.786	0.000	0.000
Pil 8	5.20	2.361	-0.219	2.178	-107.984
Pil 8	0	2.361	-0.219	15.626	-1.433

## Deformata

Campata	Ascissa [m]	Deformata Massima [cm]
	0	0.34
C1	0.19	0.33
Pil 1	0.30	0.33
Pil 1	0	0.33

C2	3.25	0.28
Pil 2	5.20	0.24
Pil 2	0	0.24
C3	2.75	0.24
Pil 3	5.50	0.23
Pil 3	0	0.23
C4	2.75	0.23
Pil 4	5.50	0.23
Pil 4	0	0.23
C5	2.75	0.23
Pil 5	5.50	0.23
Pil 5	0	0.23
C6	2.75	0.23
Pil 6	5.50	0.23
Pil 6	0	0.23
C7	2.75	0.24
Pil 7	5.50	0.24
Pil 7	0	0.24
C8	1.95	0.28
Pil 8	5.20	0.33
Pil 8	0	0.33
C9	0.11	0.33
	0.30	0.34

## 8 Verifica al punzonamento

### Pilastri

Pilastro	Acsi [cm <sup>2</sup> ]	fctm [N/mm <sup>2</sup> ]	Fsd [kN]	Frd [kN]	Csic	Verificato
Pil 1	46000	2.6	180.000	11767.350	65.37	SI
Pil 2	46000	2.6	180.000	11767.350	65.37	SI
Pil 3	46000	2.6	180.000	11767.350	65.37	SI
Pil 4	46000	2.6	180.000	11767.350	65.37	SI
Pil 5	46000	2.6	180.000	11767.350	65.37	SI
Pil 6	46000	2.6	180.000	11767.350	65.37	SI
Pil 7	46000	2.6	180.000	11767.350	65.37	SI
Pil 8	46000	2.6	180.000	11767.350	65.37	SI

Verifiche agli stati limite ultimi (cfr NTC 2008 § 4.1.2.1)

### Dati armatura

Copriferro superiore: 3	Copriferro inferiore: 3
Diametro barre: 16	Diametro staffe: 8

### Verifica di resistenza a flessione (cfr NTC 2008 § 4.1.2.1.2)

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	Mrd [kN m]	Mrd/Msd	Verifica
1	0.3	3.541	0.25	0.00	8.617	2.43	OK
1	0.3	-0.328	0.25	0.50	-17.674	53.87	OK
2	0.0	3.541	0.25	0.00	8.617	2.43	OK
2	0.0	-0.328	0.25	0.50	-17.674	53.87	OK
2	0.2	1.103	0.25	0.00	8.617	7.82	OK
2	4.2	-286.179	0.00	8.50	-292.601	1.02	OK
2	5.2	218.308	6.75	0.00	232.336	1.06	OK
2	5.2	-276.895	6.75	8.50	-291.867	1.05	OK
3	0.0	218.308	6.75	0.00	232.336	1.06	OK
3	0.0	-276.895	6.75	8.50	-291.867	1.05	OK
3	2.8	84.704	2.75	0.00	94.818	1.12	OK
3	4.1	-190.426	0.00	5.75	-197.278	1.04	OK
3	5.5	226.421	6.75	0.00	232.336	1.03	OK
3	5.5	-179.370	6.75	5.50	-189.789	1.06	OK

4	0.0	226.421	6.75	0.00	232.336	1.03	OK
4	0.0	-179.370	6.75	5.50	-189.789	1.06	OK
4	2.8	82.512	2.75	0.00	94.818	1.15	OK
4	3.8	-119.600	0.00	3.75	-130.086	1.09	OK
4	5.5	232.895	7.25	0.00	249.483	1.07	OK
4	5.5	-140.805	7.25	4.50	-155.002	1.10	OK
5	0.0	232.895	7.25	0.00	249.483	1.07	OK
5	0.0	-140.805	7.25	4.50	-155.002	1.10	OK
5	2.8	98.664	3.00	0.00	103.670	1.05	OK
5	5.3	-141.059	0.00	4.50	-155.080	1.10	OK
5	5.5	232.895	7.25	0.00	249.483	1.07	OK
5	5.5	-140.805	7.25	4.50	-155.002	1.10	OK
6	0.0	232.895	7.25	0.00	249.483	1.07	OK
6	0.0	-140.805	7.25	4.50	-155.002	1.10	OK
6	2.8	82.512	2.75	0.00	94.818	1.15	OK
6	1.7	-119.600	0.00	3.75	-130.086	1.09	OK
6	5.5	226.421	6.75	0.00	232.336	1.03	OK
6	5.5	-179.370	6.75	5.50	-189.789	1.06	OK
7	0.0	226.421	6.75	0.00	232.336	1.03	OK
7	0.0	-179.370	6.75	5.50	-189.789	1.06	OK
7	2.8	84.704	2.75	0.00	94.818	1.12	OK
7	1.4	-190.426	0.00	5.75	-197.278	1.04	OK
7	5.5	218.308	6.75	0.00	232.336	1.06	OK
7	5.5	-276.895	6.75	8.50	-291.867	1.05	OK
8	0.0	218.308	6.75	0.00	232.336	1.06	OK
8	0.0	-276.895	6.75	8.50	-291.867	1.05	OK
8	5.1	1.103	0.25	0.00	8.617	7.82	OK
8	1.0	-286.179	0.00	8.50	-292.601	1.02	OK
8	5.2	3.541	0.25	0.00	8.617	2.43	OK
8	5.2	-0.328	0.25	0.50	-17.674	53.87	OK
9	0.0	3.541	0.25	0.00	8.617	2.43	OK
9	0.0	-0.328	0.25	0.50	-17.674	53.87	OK

#### Campo di rottura

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	$\epsilon_c$ [‰]	$\epsilon_s$ [‰]	Campo	x/d	$\xi_{lim}$	Verifica
1	0.3	3.541	0.48	10.00	Regione IIa	0.05	0.45	OK
1	0.3	-0.328	0.15	10.00	Regione IIa	0.02	0.45	OK
2	0.0	3.541	0.48	10.00	Regione IIa	0.05	0.45	OK
2	0.0	-0.328	0.15	10.00	Regione IIa	0.02	0.45	OK
2	0.2	1.103	0.48	10.00	Regione IIa	0.05	0.45	OK
2	4.2	-286.179	0.64	10.00	Regione IIa	0.06	0.45	OK
2	5.2	218.308	0.56	10.00	Regione IIa	0.05	0.45	OK
2	5.2	-276.895	0.62	10.00	Regione IIa	0.06	0.45	OK
3	0.0	218.308	0.56	10.00	Regione IIa	0.05	0.45	OK
3	0.0	-276.895	0.62	10.00	Regione IIa	0.06	0.45	OK
3	2.8	84.704	0.35	10.00	Regione IIa	0.03	0.45	OK
3	4.1	-190.426	0.51	10.00	Regione IIa	0.05	0.45	OK
3	5.5	226.421	0.56	10.00	Regione IIa	0.05	0.45	OK
3	5.5	-179.370	0.50	10.00	Regione IIa	0.05	0.45	OK
4	0.0	226.421	0.56	10.00	Regione IIa	0.05	0.45	OK
4	0.0	-179.370	0.50	10.00	Regione IIa	0.05	0.45	OK
4	2.8	82.512	0.35	10.00	Regione IIa	0.03	0.45	OK
4	3.8	-119.600	0.41	10.00	Regione IIa	0.04	0.45	OK
4	5.5	232.895	0.58	10.00	Regione IIa	0.06	0.45	OK
4	5.5	-140.805	0.46	10.00	Regione IIa	0.04	0.45	OK
5	0.0	232.895	0.58	10.00	Regione IIa	0.06	0.45	OK

5	0.0	-140.805	0.46	10.00	Regione IIa	0.04	0.45	OK
5	2.8	98.664	0.36	10.00	Regione IIa	0.04	0.45	OK
5	5.3	-141.059	0.45	10.00	Regione IIa	0.04	0.45	OK
5	5.5	232.895	0.58	10.00	Regione IIa	0.06	0.45	OK
5	5.5	-140.805	0.46	10.00	Regione IIa	0.04	0.45	OK
6	0.0	232.895	0.58	10.00	Regione IIa	0.06	0.45	OK
6	0.0	-140.805	0.46	10.00	Regione IIa	0.04	0.45	OK
6	2.8	82.512	0.35	10.00	Regione IIa	0.03	0.45	OK
6	1.7	-119.600	0.41	10.00	Regione IIa	0.04	0.45	OK
6	5.5	226.421	0.56	10.00	Regione IIa	0.05	0.45	OK
6	5.5	-179.370	0.50	10.00	Regione IIa	0.05	0.45	OK
7	0.0	226.421	0.56	10.00	Regione IIa	0.05	0.45	OK
7	0.0	-179.370	0.50	10.00	Regione IIa	0.05	0.45	OK
7	2.8	84.704	0.35	10.00	Regione IIa	0.03	0.45	OK
7	1.4	-190.426	0.51	10.00	Regione IIa	0.05	0.45	OK
7	5.5	218.308	0.56	10.00	Regione IIa	0.05	0.45	OK
7	5.5	-276.895	0.62	10.00	Regione IIa	0.06	0.45	OK
8	0.0	218.308	0.56	10.00	Regione IIa	0.05	0.45	OK
8	0.0	-276.895	0.62	10.00	Regione IIa	0.06	0.45	OK
8	5.1	1.103	0.48	10.00	Regione IIa	0.05	0.45	OK
8	1.0	-286.179	0.64	10.00	Regione IIa	0.06	0.45	OK
8	5.2	3.541	0.48	10.00	Regione IIa	0.05	0.45	OK
8	5.2	-0.328	0.15	10.00	Regione IIa	0.02	0.45	OK
9	0.0	3.541	0.48	10.00	Regione IIa	0.05	0.45	OK
9	0.0	-0.328	0.15	10.00	Regione IIa	0.02	0.45	OK

La verifica assicura un comportamento duttile per strutture iperstatiche e si intende soddisfatta quando  $x/d < \xi_{lim}$

#### Verifica di resistenza a taglio (cfr NTC 2008 § 4.1.2.1.3)

Campata	Posizione	Area staffe [cm <sup>2</sup> ]	Passo [cm]	$\alpha$ [°]	$\theta$ [°]	Vsd [kN]	VRd [kN]	VRsd [kN]	VRcd [kN]	Verifica
1	appoggio sx	1.0	4	90	21.8	0.000	456.239	3298.116	1847.742	OK
1	campata	1.0	4	90	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	OK
1	appoggio dx	1.0	4	90	21.8	-23.440	0.000	0.000	0.000	OK
2	appoggio sx	1.0	4	90	21.8	161.977	456.239	3298.116	1847.742	OK
2	campata	1.0	4	90	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	OK
2	appoggio dx	1.0	4	90	21.8	-117.099	456.239	3298.116	1847.742	OK
3	appoggio sx	1.0	4	90	21.8	102.000	456.239	3298.116	1847.742	OK
3	campata	1.0	4	90	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	OK
3	appoggio dx	1.0	4	90	21.8	-125.551	456.239	3298.116	1847.742	OK

$\alpha$ : angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave.

$\theta$ : inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave.  $\theta$  rispetta il limite:  $1 \leq \cotan\theta \leq 2,5$  (cfr NTC 2008 § 4.1.2.1.3.2)

#### Verifiche agli stati limite di esercizio (cfr NTC 2008 § 4.1.2.2)

##### Verifica delle tensioni di esercizio (cfr NTC 2008 § 4.1.2.2.5)

Combinazione rara.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ limite [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_s$ trazione [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_s$ comp. [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_s$ limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.3	2.361	0.25	0.50	0.0	-14.9	0.1	-0.1	337.5	OK
1	0.3	-0.219	0.25	0.50	0.0	-14.9	0.0	0.0	337.5	OK
2	0.0	2.361	0.00	0.00	0.0	-14.9	0.0	0.0	337.5	OK
2	0.0	-0.219	0.00	0.00	0.0	-14.9	0.0	0.0	337.5	OK
2	0.2	0.735	0.25	0.00	0.0	-14.9	0.0	0.0	337.5	OK

2	4.2	-190.786	0.00	8.50	-0.8	-14.9	10.1	0.0	337.5	OK
2	5.2	145.539	6.75	8.50	-0.6	-14.9	7.7	-7.6	337.5	OK
2	5.2	-184.597	6.75	8.50	-0.7	-14.9	9.7	-9.7	337.5	OK
3	0.0	145.539	0.00	0.00	-0.6	-14.9	0.0	0.0	337.5	OK
3	0.0	-184.597	0.00	0.00	-0.7	-14.9	0.0	0.0	337.5	OK
3	2.8	56.469	2.75	0.00	-0.2	-14.9	3.0	0.0	337.5	OK
3	4.1	-126.951	0.00	5.75	-0.5	-14.9	6.8	0.0	337.5	OK
3	5.5	150.948	6.75	5.50	-0.6	-14.9	8.0	-8.0	337.5	OK
3	5.5	-119.580	6.75	5.50	-0.5	-14.9	6.3	-6.3	337.5	OK
4	0.0	150.948	0.00	0.00	-0.6	-14.9	0.0	0.0	337.5	OK
4	0.0	-119.580	0.00	0.00	-0.5	-14.9	0.0	0.0	337.5	OK
4	2.8	55.008	2.75	0.00	-0.2	-14.9	3.0	0.0	337.5	OK
4	3.8	-79.733	0.00	3.75	-0.3	-14.9	4.3	0.0	337.5	OK
4	5.5	155.263	7.25	4.50	-0.6	-14.9	8.2	-8.2	337.5	OK
4	5.5	-93.870	7.25	4.50	-0.4	-14.9	5.0	-5.0	337.5	OK
5	0.0	155.263	0.00	0.00	-0.6	-14.9	0.0	0.0	337.5	OK
5	0.0	-93.870	0.00	0.00	-0.4	-14.9	0.0	0.0	337.5	OK
5	2.8	65.776	3.00	0.00	-0.3	-14.9	3.5	0.0	337.5	OK
5	5.3	-94.039	0.00	4.50	-0.4	-14.9	5.0	0.0	337.5	OK
5	5.5	155.263	7.25	4.50	-0.6	-14.9	8.2	-8.2	337.5	OK
5	5.5	-93.870	7.25	4.50	-0.4	-14.9	5.0	-5.0	337.5	OK
6	0.0	155.263	0.00	0.00	-0.6	-14.9	0.0	0.0	337.5	OK
6	0.0	-93.870	0.00	0.00	-0.4	-14.9	0.0	0.0	337.5	OK
6	2.8	55.008	2.75	0.00	-0.2	-14.9	3.0	0.0	337.5	OK
6	1.7	-79.733	0.00	3.75	-0.3	-14.9	4.3	0.0	337.5	OK
6	5.5	150.948	6.75	5.50	-0.6	-14.9	8.0	-8.0	337.5	OK
6	5.5	-119.580	6.75	5.50	-0.5	-14.9	6.3	-6.3	337.5	OK
7	0.0	150.948	0.00	0.00	-0.6	-14.9	0.0	0.0	337.5	OK
7	0.0	-119.580	0.00	0.00	-0.5	-14.9	0.0	0.0	337.5	OK
7	2.8	56.469	2.75	0.00	-0.2	-14.9	3.0	0.0	337.5	OK
7	1.4	-126.951	0.00	5.75	-0.5	-14.9	6.8	0.0	337.5	OK
7	5.5	145.539	6.75	8.50	-0.6	-14.9	7.7	-7.6	337.5	OK
7	5.5	-184.597	6.75	8.50	-0.7	-14.9	9.7	-9.7	337.5	OK
8	0.0	145.539	0.00	0.00	-0.6	-14.9	0.0	0.0	337.5	OK
8	0.0	-184.597	0.00	0.00	-0.7	-14.9	0.0	0.0	337.5	OK
8	5.1	0.735	0.25	0.00	0.0	-14.9	0.0	0.0	337.5	OK
8	1.0	-190.786	0.00	8.50	-0.8	-14.9	10.1	0.0	337.5	OK
8	5.2	2.361	0.25	0.50	0.0	-14.9	0.1	-0.1	337.5	OK
8	5.2	-0.219	0.25	0.50	0.0	-14.9	0.0	0.0	337.5	OK
9	0.0	2.361	0.00	0.00	0.0	-14.9	0.0	0.0	337.5	OK
9	0.0	-0.219	0.00	0.00	0.0	-14.9	0.0	0.0	337.5	OK

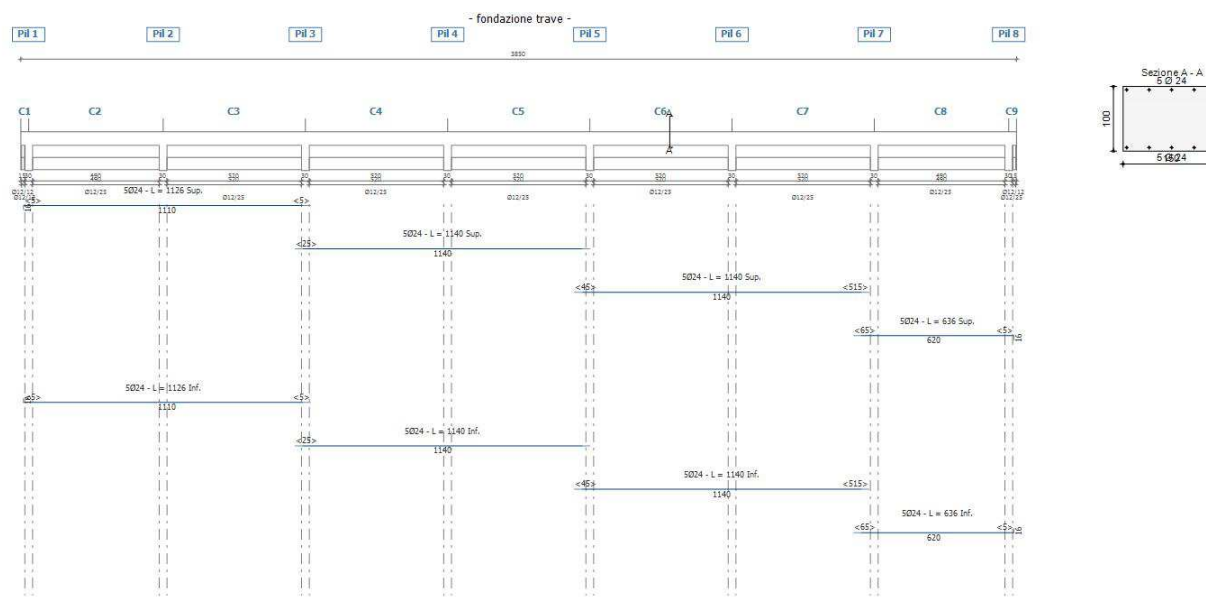
**Combinazione quasi permanente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Ac [cm <sup>2</sup> ]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	σc [N/mm <sup>2</sup> ]	σc limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.3	2.361	15000	0.25	0.50	0.0	-11.2	OK
1	0.3	-0.219	15000	0.25	0.50	0.0	-11.2	OK
2	0.0	2.361	15000	0.00	0.00	0.0	-11.2	OK
2	0.0	-0.219	15000	0.00	0.00	0.0	-11.2	OK
2	0.2	0.735	15000	0.25	0.00	0.0	-11.2	OK
2	4.2	-190.786	15000	0.00	8.50	-0.8	-11.2	OK
2	5.2	145.539	15000	6.75	8.50	-0.6	-11.2	OK
2	5.2	-184.597	15000	6.75	8.50	-0.7	-11.2	OK
3	0.0	145.539	15000	0.00	0.00	-0.6	-11.2	OK
3	0.0	-184.597	15000	0.00	0.00	-0.7	-11.2	OK
3	2.8	56.469	15000	2.75	0.00	-0.2	-11.2	OK
3	4.1	-126.951	15000	0.00	5.75	-0.5	-11.2	OK
3	5.5	150.948	15000	6.75	5.50	-0.6	-11.2	OK
3	5.5	-119.580	15000	6.75	5.50	-0.5	-11.2	OK
4	0.0	150.948	15000	0.00	0.00	-0.6	-11.2	OK
4	0.0	-119.580	15000	0.00	0.00	-0.5	-11.2	OK
4	2.8	55.008	15000	2.75	0.00	-0.2	-11.2	OK
4	3.8	-79.733	15000	0.00	3.75	-0.3	-11.2	OK
4	5.5	155.263	15000	7.25	4.50	-0.6	-11.2	OK
4	5.5	-93.870	15000	7.25	4.50	-0.4	-11.2	OK
5	0.0	155.263	15000	0.00	0.00	-0.6	-11.2	OK
5	0.0	-93.870	15000	0.00	0.00	-0.4	-11.2	OK
5	2.8	65.776	15000	3.00	0.00	-0.3	-11.2	OK
5	5.3	-94.039	15000	0.00	4.50	-0.4	-11.2	OK
5	5.5	155.263	15000	7.25	4.50	-0.6	-11.2	OK
5	5.5	-93.870	15000	7.25	4.50	-0.4	-11.2	OK

6	0.0	155.263	15000	0.00	0.00	-0.6	-11.2	OK
6	0.0	-93.870	15000	0.00	0.00	-0.4	-11.2	OK
6	2.8	55.008	15000	2.75	0.00	-0.2	-11.2	OK
6	1.7	-79.733	15000	0.00	3.75	-0.3	-11.2	OK
6	5.5	150.948	15000	6.75	5.50	-0.6	-11.2	OK
6	5.5	-119.580	15000	6.75	5.50	-0.5	-11.2	OK
7	0.0	150.948	15000	0.00	0.00	-0.6	-11.2	OK
7	0.0	-119.580	15000	0.00	0.00	-0.5	-11.2	OK
7	2.8	56.469	15000	2.75	0.00	-0.2	-11.2	OK
7	1.4	-126.951	15000	0.00	5.75	-0.5	-11.2	OK
7	5.5	145.539	15000	6.75	8.50	-0.6	-11.2	OK
7	5.5	-184.597	15000	6.75	8.50	-0.7	-11.2	OK
8	0.0	145.539	15000	0.00	0.00	-0.6	-11.2	OK
8	0.0	-184.597	15000	0.00	0.00	-0.7	-11.2	OK
8	5.1	0.735	15000	0.25	0.00	0.0	-11.2	OK
8	1.0	-190.786	15000	0.00	8.50	-0.8	-11.2	OK
8	5.2	2.361	15000	0.25	0.50	0.0	-11.2	OK
8	5.2	-0.219	15000	0.25	0.50	0.0	-11.2	OK
9	0.0	2.361	15000	0.00	0.00	0.0	-11.2	OK
9	0.0	-0.219	15000	0.00	0.00	0.0	-11.2	OK

fondazione trave
VERIFICA ARMATURA

Caratteristiche dell'armatura



Lunghezza totale: 38.50 m

Numero di campate: 9

Calcestruzzo: C25/30

Acciaio d'armatura: FeB44k

Armatura longitudinale

Posizione	Tipologia di ferro	Barre	As [cm <sup>2</sup> ]	Lunghezza di calcolo [cm]	Ancoraggio [cm]	Lunghezza complessiva [cm]
1	Corrente - Superiore	5 Ø 24	22.62	1080	46	1126
2	Corrente - Superiore	5 Ø 24	22.62	1080	60	1140
3	Corrente - Superiore	5 Ø 24	22.62	1080	60	1140
4	Corrente - Superiore	5 Ø 24	22.62	590	46	636

5	Corrente - Inferiore	5 Ø 24	22.62	1080	46	1126
6	Corrente - Inferiore	5 Ø 24	22.62	1080	60	1140
7	Corrente - Inferiore	5 Ø 24	22.62	1080	60	1140
8	Corrente - Inferiore	5 Ø 24	22.62	590	46	636

La lunghezza di calcolo delle barre è al netto dell'ancoraggio.

#### Armatura trasversale

Campata	Ampiezza campo [cm]	Φ [mm]	Passo s [cm]	Ast [cm <sup>2</sup> ]	Bracci
1	12	12	12	5.65	5
1	0	12		5.65	5
2	490	12	25	5.65	5
3	520	12	25	5.65	5
4	520	12	25	5.65	5
5	520	12	25	5.65	5
6	520	12	25	5.65	5
7	520	12	25	5.65	5
8	490	12	25	5.65	5
9	0	12		5.65	5
9	12	12	12	5.65	5

#### Verifiche agli stati limite ultimi (cfr NTC § 4.1.2.1)

#### Campo di rottura

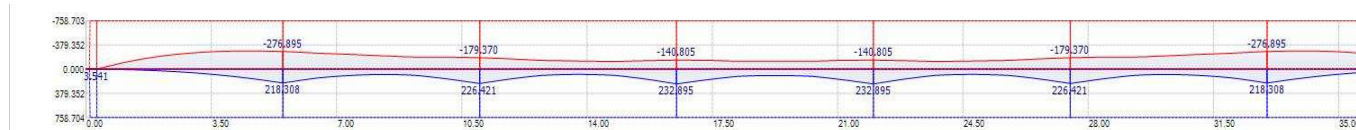
Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	ε <sub>c</sub> [‰]	ε <sub>s</sub> [‰]	Campo	ξ	ξ <sub>lim</sub>	Verifica
1	0.30	3.541	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
1	0.30	-0.328	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
2	0.00	3.541	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
2	0.00	-0.328	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
2	0.15	1.103	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
2	4.23	-286.179	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
2	5.20	218.308	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
2	5.20	-276.895	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
3	0.00	218.308	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
3	0.00	-276.895	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
3	2.75	84.704	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
3	4.13	-190.426	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
3	5.50	226.421	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
3	5.50	-179.370	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>

4	0.00	226.421	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
4	0.00	-179.370	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
4	2.75	82.512	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
4	3.78	-119.600	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
4	5.50	232.895	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
4	5.50	-140.805	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
5	0.00	232.895	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
5	0.00	-140.805	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
5	2.75	98.664	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
5	5.35	-141.059	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
5	5.50	232.895	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
5	5.50	-140.805	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
6	0.00	232.895	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
6	0.00	-140.805	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
6	1.72	-119.600	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
6	2.75	82.512	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
6	5.50	226.421	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
6	5.50	-179.370	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
7	0.00	226.421	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
7	0.00	-179.370	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
7	1.38	-190.426	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
7	2.75	84.704	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
7	5.50	218.308	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
7	5.50	-276.895	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
8	0.00	218.308	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
8	0.00	-276.895	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
8	0.98	-286.179	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
8	5.05	1.103	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
8	5.20	3.541	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
8	5.20	-0.328	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
9	0.00	3.541	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>
9	0.00	-0.328	0.98	10.00	Ila	0.089	0.45	<b>SI</b>

La verifica assicura un comportamento duttile per strutture iperstatiche e si intende soddisfatta quando  $\xi < \xi_{lim}$

**Verifica di resistenza a flessione** (cfr NTC § 4.1.2.1.2)

Andamento della sollecitazione flessionale: momento sollecitante e momento resistente.



Momento massimo

Momento minimo

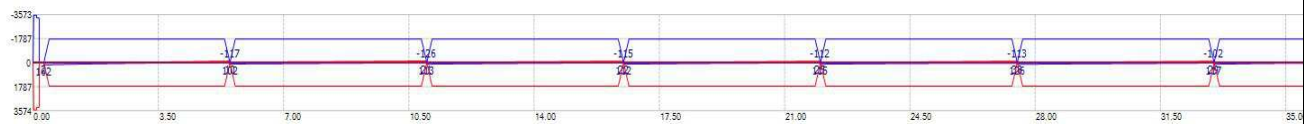
Momento resistente

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	Mrd [kN m]	Mrd/Msd	Verifica
1	0.30	3.541	22.62	22.62	758.703	214.27	SI
1	0.30	-0.328	22.62	22.62	-758.703	2312.75	SI
2	0.00	3.541	22.62	22.62	758.703	214.27	SI
2	0.00	-0.328	22.62	22.62	-758.703	2312.75	SI
2	0.15	1.103	22.62	22.62	758.703	688.15	SI
2	4.23	-286.179	22.62	22.62	-758.703	2.65	SI
2	5.20	218.308	22.62	22.62	758.703	3.48	SI
2	5.20	-276.895	22.62	22.62	-758.703	2.74	SI
3	0.00	218.308	22.62	22.62	758.703	3.48	SI
3	0.00	-276.895	22.62	22.62	-758.703	2.74	SI
3	2.75	84.704	22.62	22.62	758.703	8.96	SI
3	4.13	-190.426	22.62	22.62	-758.703	3.98	SI
3	5.50	226.421	22.62	22.62	758.703	3.35	SI
3	5.50	-179.370	22.62	22.62	-758.703	4.23	SI
4	0.00	226.421	22.62	22.62	758.703	3.35	SI
4	0.00	-179.370	22.62	22.62	-758.703	4.23	SI
4	2.75	82.512	22.62	22.62	758.703	9.20	SI
4	3.78	-119.600	22.62	22.62	-758.703	6.34	SI
4	5.50	232.895	22.62	22.62	758.703	3.26	SI
4	5.50	-140.805	22.62	22.62	-758.703	5.39	SI
5	0.00	232.895	22.62	22.62	758.703	3.26	SI
5	0.00	-140.805	22.62	22.62	-758.703	5.39	SI
5	2.75	98.664	22.62	22.62	758.703	7.69	SI
5	5.35	-141.059	22.62	22.62	-758.703	5.38	SI
5	5.50	232.895	22.62	22.62	758.703	3.26	SI
5	5.50	-140.805	22.62	22.62	-758.703	5.39	SI
6	0.00	232.895	22.62	22.62	758.703	3.26	SI
6	0.00	-140.805	22.62	22.62	-758.703	5.39	SI
6	1.72	-119.600	22.62	22.62	-758.703	6.34	SI

6	2.75	82.512	22.62	22.62	758.703	9.20	SI
6	5.50	226.421	22.62	22.62	758.703	3.35	SI
6	5.50	-179.370	22.62	22.62	-758.703	4.23	SI
7	0.00	226.421	22.62	22.62	758.703	3.35	SI
7	0.00	-179.370	22.62	22.62	-758.703	4.23	SI
7	1.38	-190.426	22.62	22.62	-758.703	3.98	SI
7	2.75	84.704	22.62	22.62	758.703	8.96	SI
7	5.50	218.308	22.62	22.62	758.703	3.48	SI
7	5.50	-276.895	22.62	22.62	-758.703	2.74	SI
8	0.00	218.308	22.62	22.62	758.703	3.48	SI
8	0.00	-276.895	22.62	22.62	-758.703	2.74	SI
8	0.98	-286.179	22.62	22.62	-758.703	2.65	SI
8	5.05	1.103	22.62	22.62	758.703	688.16	SI
8	5.20	3.541	22.62	22.62	758.703	214.27	SI
8	5.20	-0.328	22.62	22.62	-758.703	2312.76	SI
9	0.00	3.541	22.62	22.62	758.703	214.27	SI
9	0.00	-0.328	22.62	22.62	-758.703	2312.76	SI

#### Verifica di resistenza a taglio (cfr NTC § 4.1.2.1.3)

Andamento della sollecitazione tagliante.



Taglio massimo

Taglio minimo

Taglio resistente

Campata	Ascissa [m]	$\alpha$	$\theta$	Vsd [kN]	VRd [kN]	VRsd [kN]	VRcd [kN]	Verifica
1	0.03	90°	23.9	3	456	3511	3528	SI
1	0.15	90°	23.9	11	437	3321	3337	SI
1	0.15	90°	23.9	13	437	3321	3337	SI
1	0.15	90°	23.9	11	437	3321	3337	SI
2	0.15	90°	21.8	153	437	1757	3118	SI
2	5.05	90°	21.8	111	437	1757	3118	SI
3	0.15	90°	21.8	99	437	1757	3118	SI
3	5.35	90°	21.8	122	437	1757	3118	SI
4	0.15	90°	21.8	109	437	1757	3118	SI
4	5.35	90°	21.8	111	437	1757	3118	SI
5	0.15	90°	21.8	108	437	1757	3118	SI

5	5.35	90°	21.8	108	437	1757	3118	SI
6	0.15	90°	21.8	111	437	1757	3118	SI
6	5.35	90°	21.8	109	437	1757	3118	SI
7	0.15	90°	21.8	122	437	1757	3118	SI
7	5.35	90°	21.8	99	437	1757	3118	SI
8	0.15	90°	21.8	111	437	1757	3118	SI
8	5.05	90°	21.8	153	437	1757	3118	SI
9	0.15	90°	23.9	11	437	3321	3337	SI
9	0.15	90°	23.9	13	437	3321	3337	SI
9	0.15	90°	23.9	11	437	3321	3337	SI
9	0.27	90°	23.9	3	456	3511	3528	SI

$\alpha$ : angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave.

$\theta$ : inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave.  $\theta$  rispetta il limite:  $1 \leq \cotan\theta \leq 2,5$  (cfr NTC § 4.1.2.1.3.2)

Verifiche agli stati limite di esercizio (cfr NTC § 4.1.2.2)

Verifica di fessurazione (cfr NTC § 4.1.2.2.4)

CONDIZIONI AMBIENTALI: Ambiente Ordinario

Combinazione frequente.

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.30	2.361	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
1	0.30	-0.219	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
2	0.00	2.361	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
2	0.00	2.361	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
2	0.15	0.735	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
2	5.20	145.539	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
2	5.20	-184.597	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
3	0.00	145.539	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
3	0.00	145.539	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
3	2.75	56.469	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
3	5.50	150.948	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
3	5.50	-119.580	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
4	0.00	150.948	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
4	0.00	150.948	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
4	2.75	55.008	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
4	5.50	155.263	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
4	5.50	-93.870	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.00	155.263	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
5	0.00	155.263	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
5	2.75	65.776	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
5	5.50	155.263	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI

5	5.50	-93.870	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
6	0.00	155.263	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
6	0.00	155.263	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
6	1.72	-79.733	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
6	5.50	150.948	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
6	5.50	-119.580	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
7	0.00	150.948	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
7	0.00	150.948	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
7	1.38	-126.951	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
7	5.50	145.539	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
7	5.50	-184.597	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
8	0.00	145.539	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
8	0.00	145.539	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
8	0.98	-190.786	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
8	5.20	2.361	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
8	5.20	-0.219	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
9	0.00	2.361	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI
9	0.00	2.361	22.62	22.62	0.000	0.000	0.400	SI

**Combinazione quasi permanente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
1	0.30	2.361	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
1	0.30	-0.219	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
2	0.00	2.361	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
2	0.00	2.361	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
2	0.15	0.735	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
2	5.20	145.539	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
2	5.20	-184.597	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
3	0.00	145.539	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
3	0.00	145.539	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
3	2.75	56.469	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
3	5.50	150.948	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
3	5.50	-119.580	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
4	0.00	150.948	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
4	0.00	150.948	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
4	2.75	55.008	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
4	5.50	155.263	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
4	5.50	-93.870	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.00	155.263	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
5	0.00	155.263	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
5	2.75	65.776	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI

5	5.50	155.263	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
5	5.50	-93.870	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
6	0.00	155.263	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
6	0.00	155.263	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
6	1.72	-79.733	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
6	5.50	150.948	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
6	5.50	-119.580	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
7	0.00	150.948	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
7	0.00	150.948	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
7	1.38	-126.951	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
7	5.50	145.539	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
7	5.50	-184.597	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
8	0.00	145.539	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
8	0.00	145.539	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
8	0.98	-190.786	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
8	5.20	2.361	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
8	5.20	-0.219	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
9	0.00	2.361	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI
9	0.00	2.361	22.62	22.62	0.000	0.000	0.300	SI

**Verifica delle tensioni di esercizio** (cfr NTC § 4.1.2.2.5)

**Combinazione rara.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	As inf [cm <sup>2</sup> ]	As sup [cm <sup>2</sup> ]	σc [N/mm <sup>2</sup> ]	σc limite [N/mm <sup>2</sup> ]	σs trazione [N/mm <sup>2</sup> ]	σs comp. [N/mm <sup>2</sup> ]	σs limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.30	2.361	22.62	22.62	0.0	-14.9	1.2	-0.2	337.5	SI
1	0.30	-0.219	22.62	22.62	0.0	-14.9	0.1	0.0	337.5	SI
2	0.00	2.361	22.62	22.62	0.0	-14.9	1.2	-0.2	337.5	SI
2	0.00	-0.219	22.62	22.62	0.0	-14.9	0.1	0.0	337.5	SI
2	0.15	0.735	22.62	22.62	0.0	-14.9	0.4	-0.1	337.5	SI
2	4.23	-190.786	22.62	22.62	-1.4	-14.9	94.9	-14.5	337.5	SI
2	5.20	145.539	22.62	22.62	-1.1	-14.9	72.4	-11.1	337.5	SI
2	5.20	-184.597	22.62	22.62	-1.4	-14.9	91.8	-14.0	337.5	SI
3	0.00	145.539	22.62	22.62	-1.1	-14.9	72.4	-11.1	337.5	SI
3	0.00	-184.597	22.62	22.62	-1.4	-14.9	91.8	-14.0	337.5	SI
3	2.75	56.469	22.62	22.62	-0.4	-14.9	28.1	-4.3	337.5	SI
3	4.13	-126.951	22.62	22.62	-0.9	-14.9	63.1	-9.6	337.5	SI
3	5.50	150.948	22.62	22.62	-1.1	-14.9	75.1	-11.5	337.5	SI
3	5.50	-119.580	22.62	22.62	-0.9	-14.9	59.5	-9.1	337.5	SI
4	0.00	150.948	22.62	22.62	-1.1	-14.9	75.1	-11.5	337.5	SI
4	0.00	-119.580	22.62	22.62	-0.9	-14.9	59.5	-9.1	337.5	SI
4	2.75	55.008	22.62	22.62	-0.4	-14.9	27.4	-4.2	337.5	SI

4	3.78	-79.733	22.62	22.62	-0.6	-14.9	39.6	-6.1	337.5	SI
4	5.50	155.263	22.62	22.62	-1.1	-14.9	77.2	-11.8	337.5	SI
4	5.50	-93.870	22.62	22.62	-0.7	-14.9	46.7	-7.1	337.5	SI
5	0.00	155.263	22.62	22.62	-1.1	-14.9	77.2	-11.8	337.5	SI
5	0.00	-93.870	22.62	22.62	-0.7	-14.9	46.7	-7.1	337.5	SI
5	2.75	65.776	22.62	22.62	-0.5	-14.9	32.7	-5.0	337.5	SI
5	5.35	-94.039	22.62	22.62	-0.7	-14.9	46.8	-7.1	337.5	SI
5	5.50	155.263	22.62	22.62	-1.1	-14.9	77.2	-11.8	337.5	SI
5	5.50	-93.870	22.62	22.62	-0.7	-14.9	46.7	-7.1	337.5	SI
6	0.00	155.263	22.62	22.62	-1.1	-14.9	77.2	-11.8	337.5	SI
6	0.00	-93.870	22.62	22.62	-0.7	-14.9	46.7	-7.1	337.5	SI
6	1.72	-79.733	22.62	22.62	-0.6	-14.9	39.6	-6.1	337.5	SI
6	2.75	55.008	22.62	22.62	-0.4	-14.9	27.4	-4.2	337.5	SI
6	5.50	150.948	22.62	22.62	-1.1	-14.9	75.1	-11.5	337.5	SI
6	5.50	-119.580	22.62	22.62	-0.9	-14.9	59.5	-9.1	337.5	SI
7	0.00	150.948	22.62	22.62	-1.1	-14.9	75.1	-11.5	337.5	SI
7	0.00	-119.580	22.62	22.62	-0.9	-14.9	59.5	-9.1	337.5	SI
7	1.38	-126.951	22.62	22.62	-0.9	-14.9	63.1	-9.6	337.5	SI
7	2.75	56.469	22.62	22.62	-0.4	-14.9	28.1	-4.3	337.5	SI
7	5.50	145.539	22.62	22.62	-1.1	-14.9	72.4	-11.1	337.5	SI
7	5.50	-184.597	22.62	22.62	-1.4	-14.9	91.8	-14.0	337.5	SI
8	0.00	145.539	22.62	22.62	-1.1	-14.9	72.4	-11.1	337.5	SI
8	0.00	-184.597	22.62	22.62	-1.4	-14.9	91.8	-14.0	337.5	SI
8	0.98	-190.786	22.62	22.62	-1.4	-14.9	94.9	-14.5	337.5	SI
8	5.05	0.735	22.62	22.62	0.0	-14.9	0.4	-0.1	337.5	SI
8	5.20	2.361	22.62	22.62	0.0	-14.9	1.2	-0.2	337.5	SI
8	5.20	-0.219	22.62	22.62	0.0	-14.9	0.1	0.0	337.5	SI
9	0.00	2.361	22.62	22.62	0.0	-14.9	1.2	-0.2	337.5	SI
9	0.00	-0.219	22.62	22.62	0.0	-14.9	0.1	0.0	337.5	SI

**$\sigma_c$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.40 § 4.1.2.2.5

**$\sigma_s$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.42 § 4.1.2.2.5

**Combinazione quasi permanente.**

Campata	Ascissa [m]	Msd [kN m]	Ac [cm <sup>2</sup> ]	Asinf [cm <sup>2</sup> ]	Assup [cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_c$ limite [N/mm <sup>2</sup> ]	Verifica
1	0.30	2.361	15000.00	22.62	22.62	0.0	-11.2	SI
1	0.30	2.361	15000.00	22.62	22.62	0.0	-11.2	SI
2	0.00	2.361	15000.00	22.62	22.62	0.0	-11.2	SI
2	0.00	2.361	15000.00	22.62	22.62	0.0	-11.2	SI
2	0.15	0.735	15000.00	22.62	22.62	0.0	-11.2	SI
2	4.23	-190.786	15000.00	22.62	22.62	-1.4	-11.2	SI
2	5.20	145.539	15000.00	22.62	22.62	-1.1	-11.2	SI
2	5.20	145.539	15000.00	22.62	22.62	-1.4	-11.2	SI

3	0.00	145.539	15000.00	22.62	22.62	-1.1	-11.2	SI
3	0.00	145.539	15000.00	22.62	22.62	-1.4	-11.2	SI
3	2.75	56.469	15000.00	22.62	22.62	-0.4	-11.2	SI
3	4.13	-126.951	15000.00	22.62	22.62	-0.9	-11.2	SI
3	5.50	150.948	15000.00	22.62	22.62	-1.1	-11.2	SI
3	5.50	150.948	15000.00	22.62	22.62	-0.9	-11.2	SI
4	0.00	150.948	15000.00	22.62	22.62	-1.1	-11.2	SI
4	0.00	150.948	15000.00	22.62	22.62	-0.9	-11.2	SI
4	2.75	55.008	15000.00	22.62	22.62	-0.4	-11.2	SI
4	3.78	-79.733	15000.00	22.62	22.62	-0.6	-11.2	SI
4	5.50	155.263	15000.00	22.62	22.62	-1.1	-11.2	SI
4	5.50	155.263	15000.00	22.62	22.62	-0.7	-11.2	SI
5	0.00	155.263	15000.00	22.62	22.62	-1.1	-11.2	SI
5	0.00	155.263	15000.00	22.62	22.62	-0.7	-11.2	SI
5	2.75	65.776	15000.00	22.62	22.62	-0.5	-11.2	SI
5	5.35	-94.039	15000.00	22.62	22.62	-0.7	-11.2	SI
5	5.50	155.263	15000.00	22.62	22.62	-1.1	-11.2	SI
5	5.50	155.263	15000.00	22.62	22.62	-0.7	-11.2	SI
6	0.00	155.263	15000.00	22.62	22.62	-1.1	-11.2	SI
6	0.00	155.263	15000.00	22.62	22.62	-0.7	-11.2	SI
6	1.72	-79.733	15000.00	22.62	22.62	-0.6	-11.2	SI
6	2.75	55.008	15000.00	22.62	22.62	-0.4	-11.2	SI
6	5.50	150.948	15000.00	22.62	22.62	-1.1	-11.2	SI
6	5.50	150.948	15000.00	22.62	22.62	-0.9	-11.2	SI
7	0.00	150.948	15000.00	22.62	22.62	-1.1	-11.2	SI
7	0.00	150.948	15000.00	22.62	22.62	-0.9	-11.2	SI
7	1.38	-126.951	15000.00	22.62	22.62	-0.9	-11.2	SI
7	2.75	56.469	15000.00	22.62	22.62	-0.4	-11.2	SI
7	5.50	145.539	15000.00	22.62	22.62	-1.1	-11.2	SI
7	5.50	145.539	15000.00	22.62	22.62	-1.4	-11.2	SI
8	0.00	145.539	15000.00	22.62	22.62	-1.1	-11.2	SI
8	0.00	145.539	15000.00	22.62	22.62	-1.4	-11.2	SI
8	0.98	-190.786	15000.00	22.62	22.62	-1.4	-11.2	SI
8	5.05	0.735	15000.00	22.62	22.62	0.0	-11.2	SI
8	5.20	2.361	15000.00	22.62	22.62	0.0	-11.2	SI
8	5.20	2.361	15000.00	22.62	22.62	0.0	-11.2	SI
9	0.00	2.361	15000.00	22.62	22.62	0.0	-11.2	SI
9	0.00	2.361	15000.00	22.62	22.62	0.0	-11.2	SI

**$\sigma_c$  limite:** tensione limite di compressione del calcestruzzo calcolata con la formula 4.1.41 § 4.1.2.2.5

### 3 Verifiche geometriche dell'armatura fondazione trave

Verifiche di dettaglio costruttivo (cfr NTC § 4.1.6)

Lunghezze critiche e vincoli geometrici (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Lunghezza [m]	Sezione	B [cm]	H [cm]	B/H	Zona Critica [cm]
1	30	R 60 X 24	150	100	1.5	100
2	520	R 60 X 24	150	100	1.5	100
3	550	R 60 X 24	150	100	1.5	100
4	550	R 60 X 24	150	100	1.5	100
5	550	R 60 X 24	150	100	1.5	100
6	550	R 60 X 24	150	100	1.5	100
7	550	R 60 X 24	150	100	1.5	100
8	520	R 60 X 24	150	100	1.5	100
9	30	R 60 X 24	150	100	1.5	100

#### CRITERIO STATICO

Armatura trasversale (cfr. NTC - § 4.1.6.1.1)

Campata	Zona	Astiffe,min [cm <sup>2</sup> /m]	Astiffe [cm <sup>2</sup> /m]	Verifica	Passo [cm]	Passomax [cm]	Verifica
1	estremo sx	22.5	22.6	SI	25	25.1	SI
1	campata	22.5	22.6	SI	25	25.1	SI
1	estremo dx	22.5	47.1	SI	12	25.1	SI
2	estremo sx	22.5	22.6	SI	25	25.1	SI
2	campata	22.5	22.6	SI	25	25.1	SI
2	estremo dx	22.5	22.6	SI	25	25.1	SI
3	estremo sx	22.5	22.6	SI	25	25.1	SI
3	campata	22.5	22.6	SI	25	25.1	SI
3	estremo dx	22.5	22.6	SI	25	25.1	SI
4	estremo sx	22.5	22.6	SI	25	25.1	SI
4	campata	22.5	22.6	SI	25	25.1	SI
4	estremo dx	22.5	22.6	SI	25	25.1	SI
5	estremo sx	22.5	22.6	SI	25	25.1	SI
5	campata	22.5	22.6	SI	25	25.1	SI
5	estremo dx	22.5	22.6	SI	25	25.1	SI
6	estremo sx	22.5	22.6	SI	25	25.1	SI
6	campata	22.5	22.6	SI	25	25.1	SI
6	estremo dx	22.5	22.6	SI	25	25.1	SI

7	estremo sx	22.5	22.6	<b>SI</b>	25	25.1	<b>SI</b>
7	campata	22.5	22.6	<b>SI</b>	25	25.1	<b>SI</b>
7	estremo dx	22.5	22.6	<b>SI</b>	25	25.1	<b>SI</b>
8	estremo sx	22.5	22.6	<b>SI</b>	25	25.1	<b>SI</b>
8	campata	22.5	22.6	<b>SI</b>	25	25.1	<b>SI</b>
8	estremo dx	22.5	22.6	<b>SI</b>	25	25.1	<b>SI</b>
9	estremo sx	22.5	47.1	<b>SI</b>	12	25.1	<b>SI</b>
9	campata	22.5	22.6	<b>SI</b>	25	25.1	<b>SI</b>
9	estremo dx	22.5	22.6	<b>SI</b>	25	25.1	<b>SI</b>