

Nuova S.S.195 "Sulcitana" Tratto Cagliari - Pula  
Collegamento con la S.S.130 e aeroporto di Cagliari Elmas  
Opera Connessa Nord

**PROGETTO DEFINITIVO**

PROGETTAZIONE: RTI GPI-IRD-SAIM-HYPRO

<p>IL GEOLOGO</p> <p><i>Dott. Geol. Marco Leonardi</i></p> <p>Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 1541</p>	<p>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111 settore a-b-c</p> <p><i>Ing. Paolo Orsini</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 13817</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p> <p><i>Ing. Vincenzo Secreti</i> Ordine Ingegneri Provincia di Crotone n. 412</p>	<p>GRUPPO DI PROGETTAZIONE (Mandatario)</p> <p><b>GPI INGEGNERIA</b> GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</p> <p><b>IRD ENGINEERING</b> (Mandante)</p> <p><b>SAIM</b> Studio di Architettura e Ingegneria Moderna (Mandante)</p> <p><b>HYpro</b> srl</p> <p>IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):</p> <p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035</p>
<p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p>		
<p>VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</p> <p><i>Ing. Michele Coghe</i></p>		

OPERE D'ARTE MAGGIORI  
PONTE SCAVALCO FASCIA TUBIERA ALLA PROG. 6+479,00  
RELAZIONE DI CALCOLO – Impalcato

<p>CODICE PROGETTO</p> <p>PROGETTO      LIV.      ANNO</p> <p><b>DPCA0150</b>    <b>D</b>    <b>23</b></p>	<p>NOME FILE</p> <p style="text-align: center;">P00VI01STRRE01_A</p> <p>CODICE ELAB.    <b>P 0 0 V I 0 1 S T R R E 0 1</b></p>	<p>REVISIONE</p> <p style="text-align: center;"><b>A</b></p>	<p>SCALA</p> <p style="text-align: center;">-</p>
D			
C			
B			
A	Emissione	Gen. 23	G.Lucibello    Signorelli    Guiducci
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO    VERIFICATO    APPROVATO

## INDICE

<b>1. <u>PREMESSA</u></b> .....	<b>5</b>
<b>2. <u>DESCRIZIONE OPERA</u></b> .....	<b>5</b>
<b>3. <u>NORMATIVE DI RIFERIMENTO</u></b> .....	<b>7</b>
<b>4. <u>MATERIALI</u></b> .....	<b>8</b>
<b>5. <u>CRITERI DI CALCOLO E VERIFICA</u></b> .....	<b>11</b>
<b>6. <u>ANALISI STRUTTURALE E FASI DI CALCOLO</u></b> .....	<b>13</b>
6.1. FASI DI CALCOLO .....	13
6.2. PROGRAMMA DI CALCOLO .....	13
<b>7. <u>CARICHI DI PROGETTO</u></b> .....	<b>15</b>
7.1. ELENCO DELLE CONDIZIONI ELEMENTARI DI CARICO .....	15
7.2. CRITERI PER LA VALUTAZIONE DELLE AZIONI SULLA STRUTTURA .....	15
7.2.1. <i>Carichi permanenti</i> .....	15
7.2.2. <i>Ritiro e viscosità del calcestruzzo</i> .....	15
7.2.3. <i>Azioni dei carichi variabili</i> .....	15
7.2.4. <i>Effetto dinamico dei carichi mobili</i> .....	15
7.2.5. <i>Ritiro e viscosità del calcestruzzo</i> .....	15
7.2.6. <i>Azioni del vento</i> .....	16
<b>8. <u>ANALISI DEI CARICHI</u></b> .....	<b>16</b>
8.1. PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA (G1).....	16
8.2. CARICHI PERMANENTI PORTATI (G2) .....	16
8.3. EFFETTO DEL RITIRO DELLA SOLETTA DI CALCESTRUZZO ( $\epsilon_2$ ) .....	16
8.4. CEDIMENTI VINCOLARI ( $\epsilon_4$ ) .....	17
8.5. AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO (Q1).....	17
8.6. VARIAZIONI TERMICHE (Q7).....	20
8.6.1. <i>Variazione termica uniforme (stagionale)</i> .....	20
8.6.2. <i>Variazione termica differenziale (giornaliera)</i> .....	22
8.7. AZIONI DI FRENAMENTO (Q3) .....	22
8.8. AZIONE VARIABILE DEL VENTO (Q5).....	23
8.9. AZIONE SISMICA (E).....	25
<b>9. <u>COMBINAZIONE DELLE AZIONI</u></b> .....	<b>29</b>
9.1. METODOLOGIA DI ANALISI .....	31
9.1.1. <i>Analisi in condizioni Non-Sismiche</i> .....	31
9.1.2. <i>Analisi Sismica</i> .....	31

<b>10. MODELLAZIONE DELLA TRAVATA .....</b>	<b>32</b>
10.1. FASI COSTRUTTIVE .....	32
10.2. FASI DI CALCOLO .....	32
10.3. GEOMETRIA DEL MODELLO DI CALCOLO .....	32
10.4. DATI DIMENSIONALI PER VERIFICHE ALLO SLU .....	33
10.5. CADUTE DI TENSIONE.....	34
10.5.1. <i>Cadute per ritiro calcestruzzo</i> .....	34
10.5.2. <i>Ritiro per essiccamento</i> .....	34
10.5.3. <i>Ritiro autogeno</i> .....	35
10.5.4. <i>Cadute per vicosita'</i> .....	36
10.5.5. <i>Determinazione del coefficiente di viscosità</i> .....	38
10.5.6. <i>Cadute per effetto termico</i> .....	38
10.5.7. <i>Cadute per rilassamento acciaio</i> .....	39
10.5.8. <i>Cadute totali</i> .....	40
10.6. ARMATURA DI PRECOMPRESSIONE TRAVI – CAMPATA 20M.....	40
10.7. CARATTERISTICHE DELLE SEZIONI – CAMPATA 20M .....	44
10.7.1. <i>Trave isolata</i> .....	44
10.7.2. <i>Sezione ideale omogeneizzata</i> .....	44
10.7.3. <i>Sezione mista trave + soletta</i> .....	46
10.8. ARMATURA DI PRECOMPRESSIONE TRAVI – CAMPATA 30M.....	46
10.9. CARATTERISTICHE DELLE SEZIONI – CAMPATA 30M .....	50
10.9.1. <i>Trave isolata</i> .....	50
10.9.2. <i>Sezione ideale omogeneizzata</i> .....	50
10.9.3. <i>Sezione mista trave + soletta</i> .....	51
10.9.1. <i>Caratteristiche delle sollecitazioni nelle varie fasi per trave di bordo – campata 20m</i> 52	
10.9.2. <i>Caratteristiche delle sollecitazioni nelle varie fasi per trave di bordo – campata 30m</i> 53	
<b>11. VERIFICHE TRAVI .....</b>	<b>55</b>
11.1. PRECOMPRESSIONE E CADUTE DI TENSIONE – CAMPATA 20M.....	55
11.1.1. <i>Fase 1: verifiche all'atto del rilascio</i> .....	55
11.1.2. <i>Fase 2: Getti in opera</i> .....	55
11.1.3. <i>Fase 3: Carichi permanenti portati</i> .....	56
11.1.4. <i>Riassunto cadute di tensioni acciaio precompressione</i> .....	58
11.1. PRECOMPRESSIONE E CADUTE DI TENSIONE – CAMPATA 30M.....	59
11.1.1. <i>Fase 1: verifiche all'atto del rilascio</i> .....	59

11.1.2.	<i>Fase 2: Getti in opera</i>	60
11.1.3.	<i>Fase 3: Carichi permanenti portati</i>	61
11.1.4.	<i>Riassunto cadute di tensioni acciaio precompressione</i>	62
11.2.	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO	63
11.2.1.	<i>Campata 20m</i>	63
11.2.2.	<i>Campata 30m</i>	70
11.3.	VERIFICA DELLO SCORRIMENTO TRAVE – SOLETTA	77
11.3.1.	<i>campata 20m</i>	77
11.3.2.	<i>campata 30m</i>	79
11.4.	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO – CAMPATA 20M	81
11.4.1.	<i>Verifiche in combinazione frequente</i>	82
11.4.2.	<i>Verifiche in combinazione quasi permanente</i>	83
11.4.3.	<i>Verifiche in combinazione rara</i>	84
11.5.	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO – CAMPATA 30M	85
11.5.1.	<i>Verifiche in combinazione frequente</i>	86
11.5.2.	<i>Verifiche in combinazione quasi permanente</i>	87
11.5.3.	<i>Verifiche in combinazione rara</i>	88
<b>12.</b>	<b>VERIFICA DELLA SOLETTA</b>	<b>89</b>
12.1.	GEOMETRIA DELLA SOLETTA	89
12.2.	MODELLAZIONE STRUTTURALE E ANALISI DEI CARICHI	90
12.2.1.	<i>Combinazione delle azioni agli SLU</i>	93
12.2.2.	<i>Combinazione delle azioni agli SLE</i>	94
12.3.	VERIFICA DELLE LASTRE IN FASE DI GETTO	96
12.4.	VERIFICHE NELLE FASI SUCCESSIVE	99
12.5.	VERIFICA ALLO SLU	99
12.5.1.	<i>Sollecitazioni agli SLU</i>	99
12.5.2.	<i>Verifiche nelle sezioni notevoli</i>	100
12.5.3.	<i>Verifica a flessione</i>	101
12.5.4.	<i>Verifica a taglio</i>	103
12.5.5.	<i>Rapporti capacità/domanda</i>	103
12.5.6.	<i>Verifica cordolo per l'urto del veicolo in svio</i>	104
12.6.	VERIFICA ALLO SLE	104
12.6.1.	<i>verifiche tensionali – combinazione rara</i>	108
12.6.2.	<i>verifiche tensionali – combinazione frequente</i>	109

12.6.3. verifiche tensionali – combinazione quasi permanente .....	111
12.6.4. verifica fessurazione .....	112
12.6.5. Fessurazione – caso Frequente .....	113
12.6.6. Fessurazione – caso Quasi Permanente.....	115
<b>13. APPOGGI GIUNTI .....</b>	<b>117</b>
13.1. APPOGGI.....	117
13.1.1. Azioni sugli appoggi.....	117
13.2. GIUNTI DI DILATAZIONE E SOTTOPAVIMENTAZIONE.....	118
13.3. VERIFICA DEI BAGGIOLI .....	118

PROGETTAZIONE ATI:

## 1. PREMESSA

La presente relazione riguarda il progetto definitivo dell'impalcato del viadotto necessario allo scavalco del fascio tubiero posto al km 6+479 della nuova "Dorsale Consortile" che ricade tra le opere previste nella realizzazione della SS 195 "Sulcitana" e, in particolare, dell'Opera connessa Nord, costituita dal tronco "Nuovo svincolo Casic – Dorsale Consortile" (km 10+200) – punto intermedio del tronco 106-107 (km 5+216) località Santu Inesu.

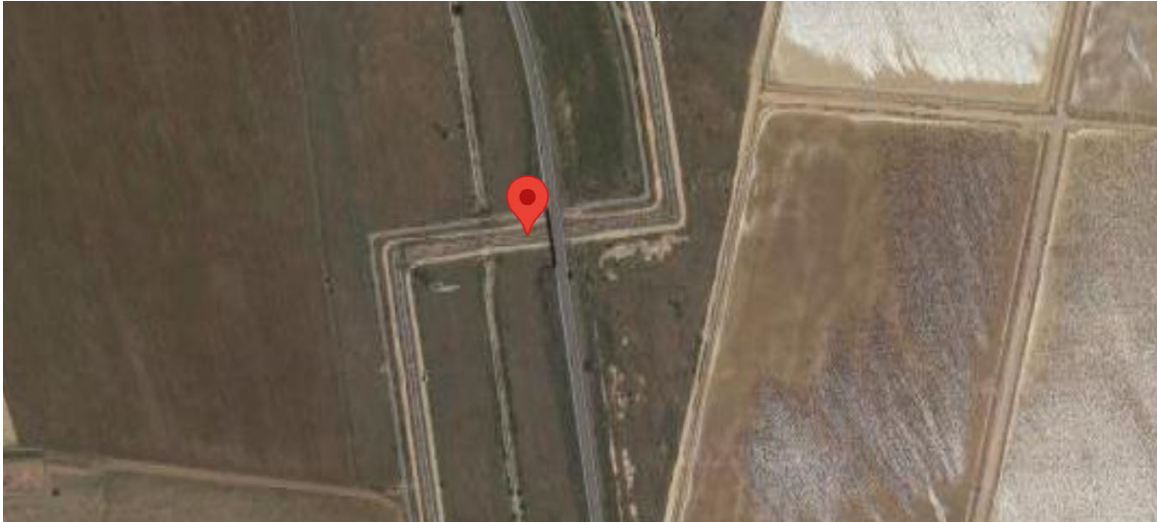


Figura 1.1: Ubicazione dell'opera

## 2. DESCRIZIONE OPERA

Il nuovo viadotto è posto alle coordinate 39.215463, 8.999839 si sviluppa su 3 campate per una lunghezza complessiva di 70m, con campate di riva di 20m e una centrale di 30m.

È composto da due carreggiate indipendenti distanziate da un varco di 1m. Ciascuna carreggiata ha un impalcato di 11.25m complessivi, per 9.75m carreggiabili più cordoli da 0.75; poggiano entrambi, rispettivamente, su 4 travi in CAP alte 1.5m. Lo spessore delle solette è invece di 0.25m.

Le sottostrutture sono composte da 2 pile a setto (una per ciascun impalcato) larghe rispettivamente 8.5m per uno spessore di 1m. In altezza hanno invece uno sviluppo totale di 5.8m, comprensivo di 1.3m di pulvino.

Le sezioni della carreggiata sono riportate nelle figure seguenti:

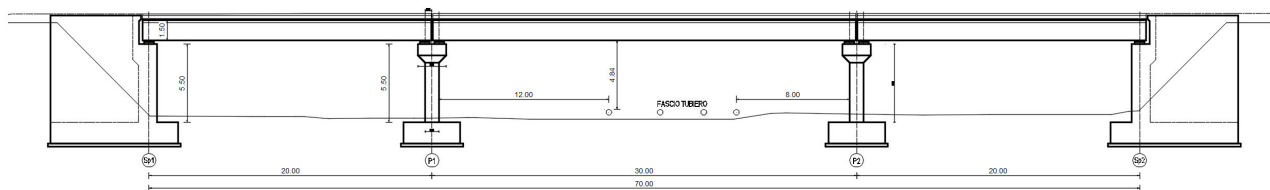
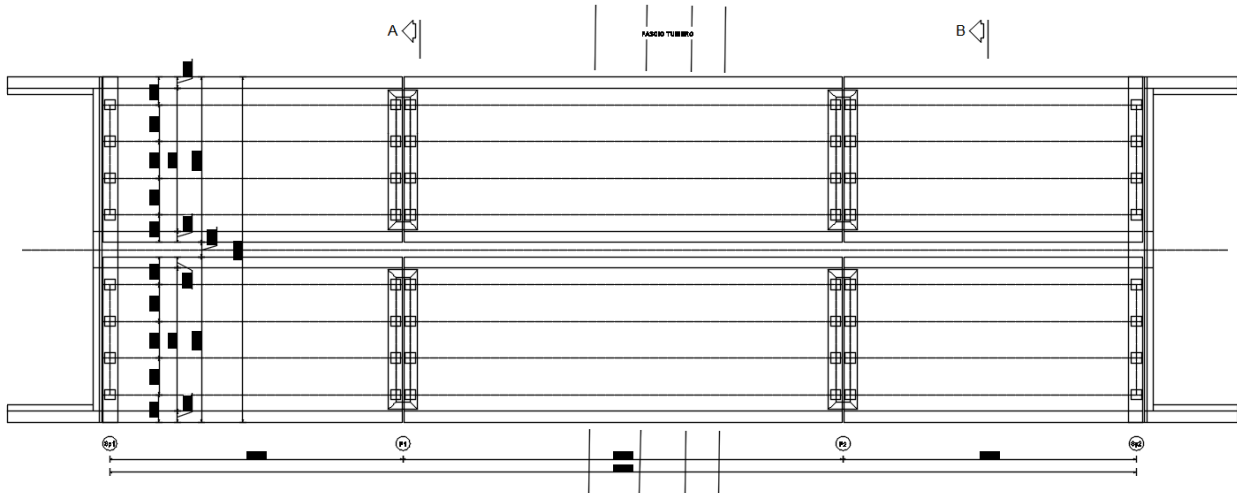
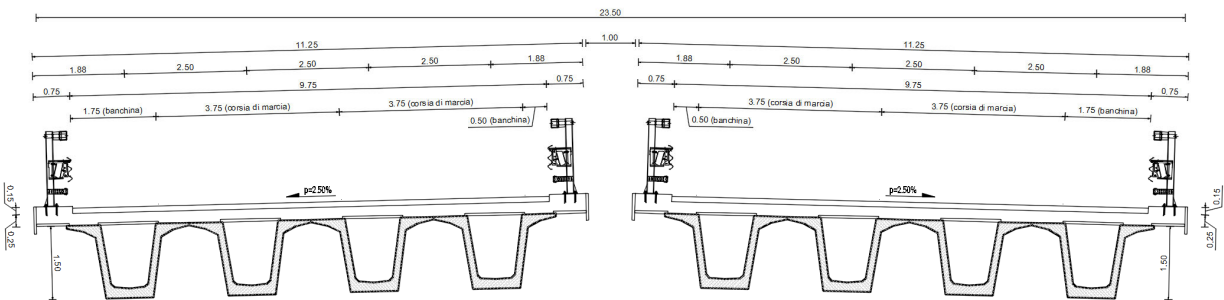


Figura 2.1: Prospetto dell'opera

PROGETTAZIONE ATI:

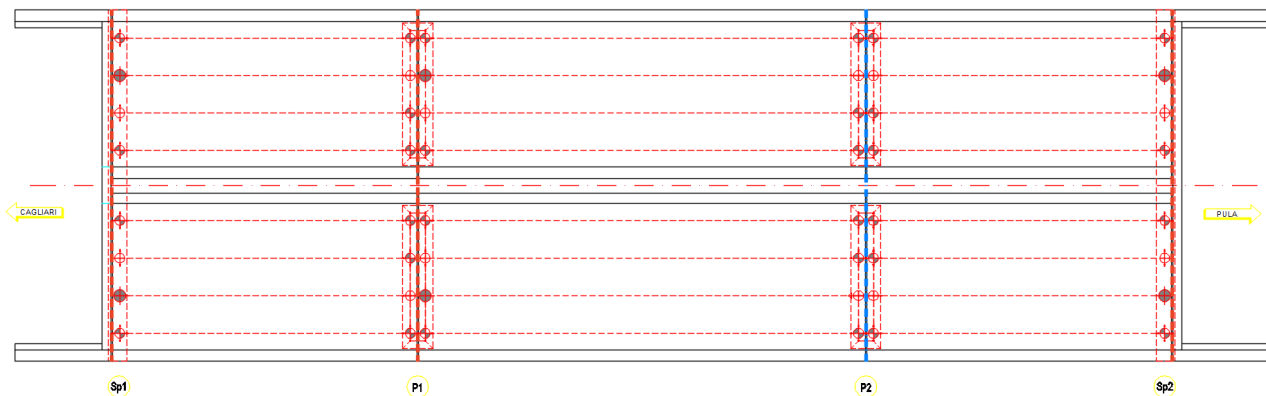


**Figura 2.2: Vista in pianta**



**Figura 2.3: Sezione dell'impalcato**

Si prevede l'utilizzo di apparecchi d'appoggio del tipo fissi, multidirezionali e monodirezionali in numero di 1 sotto ogni trave in modo da garantire uno schema in semplice appoggio in direzione longitudinale e garantire allo stesso tipo la possibilità di escursione termica in direzione trasversale. Si rimanda agli specifici elaborati per le caratteristiche dei dispositivi. Lo schema di vincolo è riportato nella seguente figura.



**Figura 2.4: Schema di vincolo**

PROGETTAZIONE ATI:

### **3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO**

Il progetto e la verifica delle strutture sono stati svolti nel rispetto delle seguenti norme:

- D.M. 17.01.2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni".
- Circolare n° 7 del 21/01/2019 Istruzioni per l'applicazione dell'"Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. del 17/01/2018.
- UNI EN 1991-1-4:2005 - EUROCODICE 1 Parte 1-4 - "Azioni in generale - Azioni del vento" con il relativo NAD del 24.09.2010;
- UNI EN 1991-1-5:2004 - EUROCODICE 1 Parte 1-5 - "Azioni in generale - Azioni termiche" con il relativo NAD del 24.09.2010;
- UNI EN 1992-1-1:2005 - EUROCODICE 2 Parte 1-1 - "Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Regole generali e regole per gli edifici" con il relativo NAD del 24.09.2010;
- UNI EN 1992-2:2006. EUROCODICE 2. Parte 2: Ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi
- UNI EN 1998-1:2005. EUROCODICE 8. Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici
- UNI EN 1998-2:2009. EUROCODICE 8. Parte 2: Ponti

PROGETTAZIONE ATI:



#### 4. MATERIALI

Al fine delle verifiche strutturali verranno utilizzati i parametri relativi ai materiali di seguito indicati:

##### Calcestruzzo pali e fondazioni

$R_{ck} \geq 45$  MPa; (C35/45)

$f_{ck} = 0.83 \times 45 = 37.35$  MPa

$f_{cd} = 0.85 \times 37.35 / 1.50 = 21.17$  MPa

$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 45.35$  MPa

$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 3.35$  MPa

$f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2.35$  MPa

$f_{ctm} = 1.2 \times f_{ctm} = 4.02$  MPa

$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.56$  MPa

$E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 34625.49$  MPa

S4

XC2+XS2

32 mm

0.45

360 kg/m<sup>3</sup>

55 mm

70 mm

resistenza cilindrica caratteristica  
resistenza di calcolo  
resistenza media cilindrica  
resistenza media a trazione assiale  
resistenza a trazione  
resistenza media a trazione per flessione  
resistenza a trazione di calcolo  
modulo elastico istantaneo  
Classe di consistenza Slump  
Classe di esposizione  
Dimensione Max aggregati  
Rapporto Max A/C  
Contenuto Min. cemento  
Copriferro (fondazioni)  
Copriferro (pali)

##### Calcestruzzo sottostrutture

$R_{ck} \geq 45$  MPa; (C35/45)

$f_{ck} = 0.83 \times 45 = 37.35$  MPa

$f_{cd} = 0.85 \times 37.35 / 1.50 = 21.17$  MPa

$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 45.35$  MPa

$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 3.35$  MPa

$f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2.35$  MPa

$f_{ctm} = 1.2 \times f_{ctm} = 4.02$  MPa

$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.56$  MPa

$E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 34625.49$  MPa

S4

XC4+XS1

32 mm

0.5

340 kg/m<sup>3</sup>

45 mm

resistenza cilindrica caratteristica  
resistenza di calcolo  
resistenza media cilindrica  
resistenza media a trazione assiale  
resistenza a trazione  
resistenza media a trazione per flessione  
resistenza a trazione di calcolo  
modulo elastico istantaneo  
Classe di consistenza Slump  
Classe di esposizione  
Dimensione Max aggregati  
Rapporto Max A/C  
Contenuto Min. cemento  
Copriferro

##### Calcestruzzo soletta

$R_{ck} \geq 45$  MPa; (C35/45)

$f_{ck} = 0.83 \times 45 = 37.35$  MPa

$f_{cd} = 0.85 \times 37.35 / 1.50 = 21.17$  MPa

$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 45.35$  MPa

$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 3.35$  MPa

$f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2.35$  MPa

$f_{ctm} = 1.2 \times f_{ctm} = 4.02$  MPa

$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.56$  MPa

$E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 34625.49$  MPa

S4

XC4+XS1

resistenza cilindrica caratteristica  
resistenza di calcolo  
resistenza media cilindrica  
resistenza media a trazione assiale  
resistenza a trazione  
resistenza media a trazione per flessione  
resistenza a trazione di calcolo  
modulo elastico istantaneo  
Classe di consistenza Slump  
Classe di esposizione

PROGETTAZIONE ATI:

16 mm  
0.5  
340 kg/m<sup>3</sup>  
40 mm

**Calcestruzzo baggioli e chiavi di taglio**

$R_{ck} \geq 45 \text{ MPa}; (C35/45)$   
 $f_{ck} = 0.83 \times 45 = 37.35 \text{ MPa}$   
 $f_{cd} = 0.85 \times 37.35 / 1.50 = 21.17 \text{ MPa}$   
 $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 45.35 \text{ MPa}$   
 $f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 3.35 \text{ MPa}$   
 $f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2.35 \text{ MPa}$   
 $f_{ctm} = 1.2 \times f_{ctm} = 4.02 \text{ MPa}$   
 $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.56 \text{ MPa}$   
 $E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 34625.49 \text{ MPa}$   
**S4**  
**XC4+XS1**  
 16 mm  
 0.45  
 340 kg/m<sup>3</sup>  
 45 mm

**Calcestruzzo predalle**

$R_{ck} \geq 45 \text{ MPa}; (C35/45)$   
 $f_{ck} = 0.83 \times 45 = 37.35 \text{ MPa}$   
 $f_{cd} = 0.85 \times 37.35 / 1.50 = 21.17 \text{ MPa}$   
 $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 45.35 \text{ MPa}$   
 $f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 3.35 \text{ MPa}$   
 $f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2.35 \text{ MPa}$   
 $f_{ctm} = 1.2 \times f_{ctm} = 4.02 \text{ MPa}$   
 $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.56 \text{ MPa}$   
 $E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 34625.49 \text{ MPa}$   
**S4**  
**XC3+XS1**  
 16 mm  
 0.5  
 340 kg/m<sup>3</sup>  
 35 mm

**Calcestruzzo Travi in c.a.p.**

$R_{ck} \geq 55 \text{ MPa}; (C45/55)$   
 $f_{ck} = 0.83 \times 55 = 45.65 \text{ MPa}$   
 $f_{cd} = 0.85 \times 45.65 / 1.50 = 25.868 \text{ MPa}$   
 $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 53.65 \text{ MPa}$   
 $f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 3.83 \text{ MPa}$   
 $f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2.68 \text{ MPa}$   
 $f_{ctm} = 1.2 \times f_{ctm} = 4.60 \text{ MPa}$   
 $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.79 \text{ MPa}$   
 $E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 36416.11 \text{ MPa}$   
 $\gamma_{cls} = 25.0 \text{ kN/m}^3$   
**S4**  
**XC4+XS1**

Dimensione Max aggregati  
Rapporto Max A/C  
Contenuto Min. cemento  
Copriferro

resistenza cilindrica caratteristica  
resistenza di calcolo  
resistenza media cilindrica  
resistenza media a trazione assiale  
resistenza a trazione  
resistenza media a trazione per flessione  
resistenza a trazione di calcolo  
modulo elastico istantaneo  
Classe di consistenza Slump  
Classe di esposizione  
Dimensione Max aggregati  
Rapporto Max A/C  
Contenuto Min. cemento  
Copriferro

resistenza cilindrica caratteristica  
resistenza di calcolo  
resistenza media cilindrica  
resistenza media a trazione assiale  
resistenza a trazione  
resistenza media a trazione per flessione  
resistenza a trazione di calcolo  
modulo elastico istantaneo  
Classe di consistenza Slump  
Classe di esposizione  
Dimensione Max aggregati  
Rapporto Max A/C  
Contenuto Min. cemento  
Copriferro

resistenza cilindrica caratteristica  
resistenza di calcolo  
resistenza media cilindrica  
resistenza media a trazione assiale  
resistenza a trazione  
resistenza media a trazione per flessione  
resistenza a trazione di calcolo  
modulo elastico istantaneo  
peso per unità di volume  
Classe di consistenza Slump  
Classe di esposizione

PROGETTAZIONE ATI:

16 mm  
0.5  
340 kg/m<sup>3</sup>  
35 mm  
45mm

Dimensione Max aggregati  
Rapporto Max A/C  
Contenuto Min. cemento  
Copriferro per acciaio ordinario  
Copriferro per acciaio da precompressione

### Acciaio di precompressione

Trefoli  $\Phi 0.6''$  in acciaio armonico stabilizzato a basso rilassamento

$f_{ptk} = 1860$  MPa

tensione caratteristica di rottura

$f_{p(1)k} = 1670$  MPa

tensione caratteristica all'1% di deformazione sotto carico

$E_a = 195000$  MPa

modulo elastico

$A_p = 1.50$  cm<sup>2</sup>

sezione utile nominale

### Acciaio in barre ad aderenza migliorata

Si utilizzano barre ad aderenza migliorata tipo B450C controllato in stabilimento, pertanto nei calcoli statici saranno assunti i seguenti parametri:

$f_{yk} = 450$  MPa

tensione caratteristica di snervamento

$f_{tk} = 540$  MPa

tensione caratteristica di rottura

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.3$  MPa

tensione di calcolo

$E_s = 210000$  MPa

modulo elastico

$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 1.863$  ‰

deformazione di snervamento ultima

$\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k = 7.5$  %

deformazione uniforme caratteristica

$\epsilon_{ud} = 0.9 \times \epsilon_{uk} = 6.75$  %

deformazione uniforme ultima

$\gamma_s = 78.5$  kN/mc

peso per unità di volume

## 5. CRITERI DI CALCOLO E VERIFICA

Il calcolo delle sollecitazioni è stato effettuato considerando le azioni sui ponti stradali secondo quanto indicato al paragrafo 5.1.3. del D.M. 17/01/2018.

Le verifiche delle sezioni in c.a. sono state condotte sulla base delle prescrizioni contenute nel D.M. 17/01/2018.

### Stato Limite Ultimo

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo (punto 4.1.2.1.1.1 delle NTC):

$$f_{cd} = \gamma_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$$

$\gamma_{cc} = 0,85$  Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata

$\gamma_c = 1,5$  Coefficiente parziale di sicurezza relative al calcestruzzo

Resistenza di calcolo a trazione del calcestruzzo (punto 4.1.2.1.1.2 delle NTC):

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$$

$$f_{ctk} = 0,7 \cdot f_{ctm}$$

Tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio (punto 4.1.2.1.1.4 delle NTC):

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

con  $\gamma_s = 1,15$  Coefficiente di sicurezza parziale dell'acciaio

### Stato Limite di esercizio

Tensione max di compressione - Comb. rara

$$\sigma_c < 0.60f_{ck}$$

Tensione max di compressione - Comb. quasi permanente

$$\sigma_c < 0.45f_{ck}$$

Tensione massima di trazione dell'acciaio

$$\sigma_s < 0.80f_{yk}$$

### Stati limite di fessurazione

Le classi di esposizione dei vari calcestruzzi sono indicate nelle tabelle materiali inserite sugli elaborati grafici.

In base a tali classi le condizioni ambientali rientrano in una delle seguenti tre categorie:

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Lo stato limite di fessurazione viene determinato attraverso la seguente tabella:

Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
		Sensibile		Poco sensibile	
		Stato limite	$w_d$	Stato limite	$w_d$
Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
	quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
	quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
	quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Con:

$$W_1 = 0.2\text{mm}$$

$$W_2 = 0.3\text{mm}$$

$$W_3 = 0.4\text{mm}$$

La verifica a fessurazione è soddisfatta se  $w_d = 1,7 w_m = 1,7 (\epsilon_{sm} \Delta_{sm}) < (W_1, W_2, W_3)$

Per il calcolo di  $\epsilon_{sm}$  e  $\Delta_{sm}$  vanno utilizzati criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica. La verifica dell'ampiezza di fessurazione può anche essere condotta senza calcolo diretto, limitando la tensione di trazione nell'armatura, valutata nella sezione parzializzata per la combinazione di carico pertinente, ad un massimo correlato al diametro delle barre ed alla loro spaziatura; a tal scopo si veda C4.1.2.2.4.6., Tab C4.1.II e Tab C4.1.III.

PROGETTAZIONE ATI:

## 6. ANALISI STRUTTURALE E FASI DI CALCOLO

### 6.1. FASI DI CALCOLO

Gli impalcato da ponte in generale sono strutture per le quali le fasi realizzative hanno una forte influenza sul comportamento della struttura e vanno dunque necessariamente tenute in considerazione nell'analisi strutturale; pertanto, gli effetti (sollecitazioni, deformazioni, ecc.) prodotti da ciascuna categoria di azioni applicata all'impalcato vengono calcolati considerando:

**Configurazione 0:** Travi in stabilimento all'atto del taglio dei cavi da precompressione e successiva posa in opera:

In tale fase agiscono solo la precompressione data dai cavi e il peso proprio. Vengono computate le perdite di tensione istantanee. La sezione resistente è ovviamente quella della sola trave.

**Configurazione 1:** Getto in opera della soletta e applicazione dei carichi permanenti portati. La sezione resistente è costituita dalla trave in CAP inizialmente, poi da quella omogeneizzata trave + soletta. Viene utilizzata per valutare gli effetti delle seguenti azioni permanenti:

- $g_1$  peso proprio del getto della soletta
- $g_2$  carichi permanenti portati (pavimentazione, sicurvvia, cordoli, parapetti, ecc.)

**Configurazione 2:** Fase di esercizio. La sezione resistente è costituita dalla sezione composta trave in cap + soletta.

Viene utilizzata per valutare gli effetti delle seguenti azioni variabili e del ritiro:

- $\epsilon_r$  Effetti del ritiro differenziale della soletta
- $q_1$  carichi mobili
- $q_2$  effetto dinamico dei carichi mobili
- $q_3$  frenatura
- $q_5$  azione del vento
- $q_7$  variazioni termiche differenziali
- $q_8$  azioni sui parapetti e urto di veicolo in svio
- E azione sismica

### 6.2. PROGRAMMA DI CALCOLO

In base a quanto esposto al paragrafo precedente, pper una corretta analisi dell'impalcato è stato necessario implementare due diversi modelli di calcolo.

L'analisi della struttura è stata eseguita impiegando il software di calcolo automatico Sap2000 della Computers and Structures, Inc.

Nel seguito si riportano le caratteristiche generali del codice di calcolo utilizzato, nonché i dati generali sul modello realizzato comprensivi di numerazione di nodi ed aste.

Le unità di misura, ove non espressamente indicate, sono le seguenti:

- lunghezze: m
- forze: kN
- coppie: kN-m
- temperature: °C
- tempo: sec

Una descrizione completa ed esauriente del programma, con il campo di applicazione, le informazioni sui fondamenti teorici e sui metodi di calcolo numerico usati possono essere consultati nella guida in linea del codice di calcolo.

PROGETTAZIONE ATI:

In sintesi, si riportano gli elementi di valutazione del codice forniti dal distributore del programma, necessari alla formulazione del grado di affidabilità del codice richiesto al progettista utilizzatore, secondo quanto prescritto dalla CNR-10024/'86 "Analisi di strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo".

I modelli numerici fanno riferimento ad un comportamento generale spaziale o piano a seconda dei gradi di libertà imposti ai nodi della struttura.

Ogni modello è riferito ad uno spazio fisso individuato da un sistema di riferimento globale nel quale sono da leggersi le coordinate di tutti i nodi della struttura.

Per ogni singola asta è poi considerato un sistema di riferimento locale, che assume l'asse "1" dell'asta orientato dal "primo nodo" (nodo I) al "secondo nodo" (nodo J) (essendo tali i nodi di definizione dell'asta. L'asse "3" viene definito (per direzione e verso) per ogni asta nella dichiarazione dei nodi della stessa e il suo significato fisico rispetto alla terna locale è indicato in figura. L'asse "2" (con il verso opportuno) completa la terna locale definita secondo la "regola della mano destra"

Il programma SAP presenta i chiari capitoli d'ingresso dati che vengono di seguito indicati:

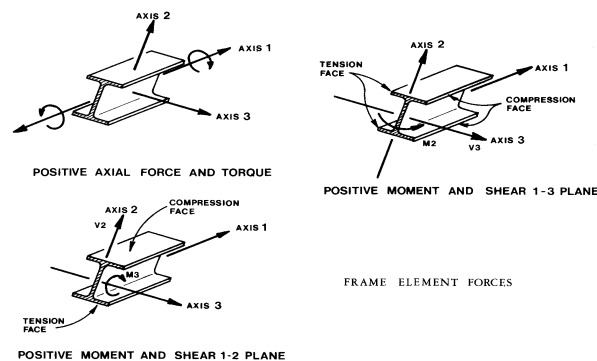
**JOINTS** Specifica le coordinate dei nodi del modello. È da precisare come sia possibile fare uso di subroutines di generazione automatica.

**RESTRAINTS** Specifica i gradi di libertà inattivi dei nodi del modello (0 = attivo, 1 = inattivo).

**SPRINGS** Specifica le caratteristiche di elasticità dei supporti se non considerati vincoli rigidi.

**FRAME** Specifica le caratteristiche meccaniche di ogni asta ed i carichi ripartiti o concentrati lungo le stesse. Specifica inoltre le aste che costituiscono la struttura, assegnando ad ognuna il nodo di inizio (start) e di fine (end) nonché gli altri dati necessari ai fini della individuazione del sistema di riferimento locale. È da precisare come sia possibile fare uso di subroutines di generazione automatica.

**LOADS** Specifica i carichi concentrati nei nodi della struttura.



Le travi principali sono state modellate con elementi di tipo frame. Le sezioni assegnate alle travi sono quelle relative alla sezione composta con soletta collaborante e omogeneizzata tenendo conto dei diversi coefficienti di omogeneizzazione in base ai vari tipi di carico (di breve o lunga durata).

## **7. CARICHI DI PROGETTO**

### **7.1. ELENCO DELLE CONDIZIONI ELEMENTARI DI CARICO**

L'impalcato è sottoposto alle azioni indotte da:

- g<sub>1</sub> peso proprio delle strutture: acciaio-cl.s. di soletta
- g<sub>2</sub> carichi permanenti portati: pavimentazione, velette, guardrail, marciapiedi e parapetto
- ε<sub>2</sub> ritiro del calcestruzzo
- ε<sub>3</sub> effetti viscosi del calcestruzzo
- ε<sub>4</sub> cedimenti vincolari
- q<sub>1</sub> carichi mobili
- q<sub>2</sub> effetto dinamico dei carichi mobili
- q<sub>3</sub> azione di frenamento
- q<sub>5</sub> azione del vento
- q<sub>7</sub> azioni della temperatura
- q<sub>8</sub> azioni sui parapetti e urto di veicolo in svio

Tali azioni saranno combinate secondo le prescrizioni delle normative vigenti.

### **7.2. CRITERI PER LA VALUTAZIONE DELLE AZIONI SULLA STRUTTURA**

#### **7.2.1. CARICHI PERMANENTI**

I carichi permanenti sono costituiti dai pesi propri delle strutture portanti e delle sovrastrutture. Essi sono valutati moltiplicando il volume calcolato geometricamente per i pesi specifici dei materiali

#### **7.2.2. RITIRO E VISCOSITÀ DEL CALCESTRUZZO**

Il calcolo degli effetti del ritiro del calcestruzzo e della viscosità deve essere effettuato in accordo al carattere ed all'intensità di tali distorsioni definiti ai §11.2.10.6 e §11.2.10.7 delle NTC2018.

#### **7.2.3. AZIONI DEI CARICHI VARIABILI**

I carichi accidentali agenti sull'impalcato sono definiti dalle NTC 2018 e vanno posizionati in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli ai fini della valutazione della resistenza e stabilità degli elementi dell'impalcato (travi, soletta, traversi).

#### **7.2.4. EFFETTO DINAMICO DEI CARICHI MOBILI**

Il coefficiente di incremento dinamico addizionale da applicare alle azioni indotte dai carichi mobili è valutato secondo NTC 2018: per l'analisi globale dell'impalcato e nell'ipotesi di pavimentazione di media rugosità si assume  $q_2 = 1$ ; effetti locali in prossimità di interruzioni della continuità strutturale della soletta che possono richiedere l'adozione di coefficienti superiori all'unità verranno eventualmente analizzati in sede di verifica della soletta.

#### **7.2.5. RITIRO E VISCOSITÀ DEL CALCESTRUZZO**

Le azioni indotte da queste azioni e dall'interazione tra esse sono valutate secondo le più recenti indicazioni contenute nella norma EC4 (vedere verifica delle sezioni) e nella bibliografia specialistica.

PROGETTAZIONE ATI:



### 7.2.6. AZIONI DEL VENTO

Le azioni del vento sono valutate calcolando la pressione cinetica di riferimento  $q_{ref}$  secondo le indicazioni contenute nelle NTC 2018, da applicarsi alla sagoma trasversale del ponte a ponte scarico ed a ponte carico tenendo conto dell'ingombro dei carichi accidentali presenti.

## 8. ANALISI DEI CARICHI

### 8.1. PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA (G1)

Si riportano in forma tabellare i valori dei carichi elementari.

elemento	Calcolo peso	P [kN/m]
soletta + predalles	0.25 x 11.25 x 25.0	70.03
<b>Totale G1</b>		<b>70.03</b>

### 8.2. CARICHI PERMANENTI PORTATI (G2)

I valori unitari caratteristici dell'impalcato sono riassunti nella seguente tabella.

elemento	dimensioni	P [kN/m]
Cordolo sinistro	25.0 x 0.75 x 0.15	2.81
Barriera sx + idraulica	-	2.0
Pavimentazione	24.0 x 0.11 x 9.75	21.5
Barriera dx + idraulica	-	2.0
Velette	2 x 1.5	3.0
Cordolo destro	25.0 x 0.75 x 0.18	2.81
<b>Totale G2</b>		<b>34.12</b>

Si considera una ripartizione sulle 4 travi d'impalcato A, B, C, D in base ad un'analisi trasversale:

carico	A	B	C	D
	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
G <sub>1</sub>	27.1	10.4	10.4	27.1
G <sub>2</sub>	11.6	2.5	2.5	11.6

### 8.3. EFFETTO DEL RITIRO DELLA SOLETTA DI CALCESTRUZZO ( $\epsilon_2$ )

Si riporta di seguito in forma tabellare il calcolo della deformazione per ritiro.

Dati di ingresso		
Rck	45 MPa	Resistenza cubica caratteristica
fck	37.35 MPa	Resistenza cilindrica caratteristica
Ecm	34625 MPa	Modulo elastico del cls
$\phi(t_0, \infty)$	1.87 -	
Eritiro	11323 MPa	Modulo elastico del cls
Ac	2812500 mm <sup>2</sup>	Area della sezione di cls
u	11500 mm <sup>2</sup>	Perimetro della sezione esposta all'aria
h <sub>0</sub>	489.13 mm <sup>2</sup>	dimensione fittizia h <sub>0</sub> = 2 A <sub>c</sub> / u
k <sub>h</sub>	0.7 -	parametro funzione di h <sub>0</sub> secondo tab. 11.2.Vb
RH	70%	umidità relativa ambientale
$\epsilon_{c0}$	-0.385 ‰	funzione di RH e fck secondo tab. 11.2.Va
e	0.478 m	eccentricità parassita stimata tra soletta e trave
Deformazione di ritiro a tempo infinito		
$\epsilon_{cd,inf}$	-0.270 ‰	Valore medio a tempo infinito del ritiro per essiccamento
$\epsilon_{ca,inf}$	-0.068 ‰	Valore medio a tempo infinito del ritiro autogeno
$\epsilon_{cs,inf}$	-0.338 ‰	valore medio del ritiro totale = $\epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$
N	-10760 KN	forza di ritiro
Mparassita	-5143 kNm	Momento parassita dovuto al ritiro

Dove il coefficiente di viscosità a tempo infinito  $f(\infty, t_0)$  è calcolato utilizzando i valori presenti nelle tabelle 11.2.VI e 11.2.VII al §11.2.7 delle NTC2018, e lo sforzo assiale dovuto al ritiro su ciascuna trave è pari a:

$$N_{CS} = \epsilon_{CS} \times A_{cls} \times E_{c\infty} / 4 = 2690 \text{ kN}$$

L'eccentricità tra il baricentro della soletta e quello della sezione trave+soletta+armature è calcolata tramite geometria delle aree:

$$e_r = 0.478 \text{ m}$$

Dunque sulla i-esima sezione agisce un momento pari a:

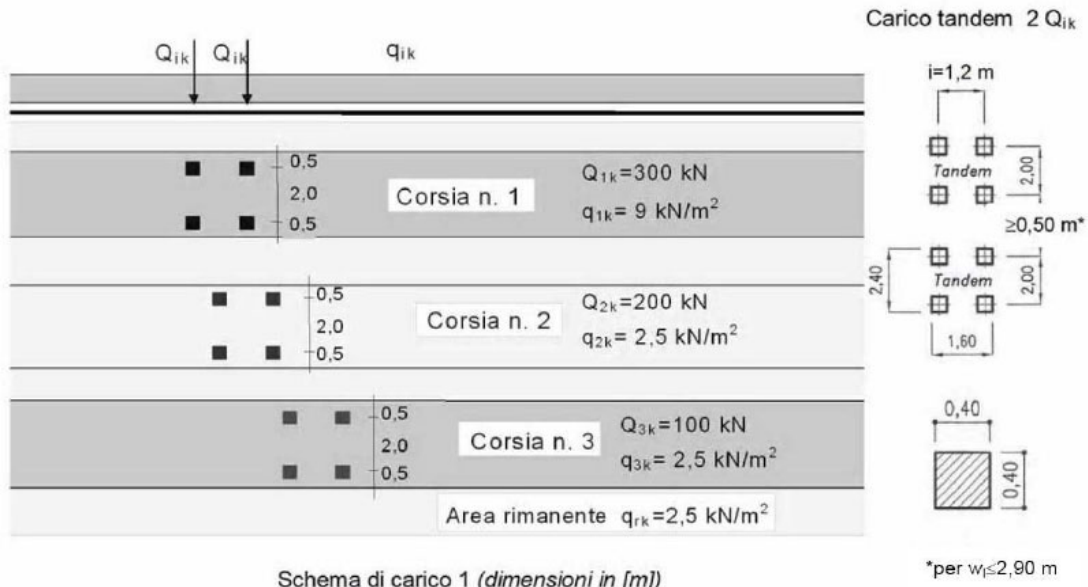
$$M_{ri} = N_{ri} \times e_{\epsilon 2} = 2690 \times 0.478 = 1286 \text{ kNm}$$

#### 8.4. CEDIMENTI VINCOLARI (E4)

Lo schema statico è tale da rendere trascurabile l'effetto dei cedimenti vincolari delle pile (schema a trave appoggiata).

#### 8.5. AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO (Q1)

I carichi mobili agenti sull'impalcato sono definiti al § 5.1.3.3 del D.M. 17.01.2018 e vanno posizionati in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli ai fini della verifica delle sottostrutture e degli apparecchi di appoggio. Si fa riferimento allo Schema di Carico 1 (Figura 8.1) per le verifiche globali.



Schema di carico 1 (dimensioni in [m])

Figura 8.1 Schema di carico 1

La larghezza della carreggiata è pari a  $w = 10,50$  m; il numero delle corsie di carico convenzionali considerate ai fini del calcolo dell'impalcato e delle sottostrutture è definito in base a quanto riportato nella Tabella 5.1.I del D.M. 17/01/18:

Larghezza di carreggiata "w"	Numero di corsie convenzionali	Larghezza di una corsia convenzionale [m]	Larghezza della zona rimanente [m]
$w < 5,40$ m	$n_l = 1$	3,00	$(w - 3,00)$
$5,4 \leq w < 6,0$ m	$n_l = 2$	$w/2$	0
$6,0 \text{ m} \leq w$	$n_l = \text{Int}(w/3)$	3,00	$w - (3,00 \times n_l)$

Figura 8.2 Criteri per la definizione del numero e della larghezza delle corsie convenzionali per l'applicazione dei carichi da traffico

Al fine di ottenere gli effetti più gravosi in termini di reazioni vincolari, sollecitazioni e deformazioni, sono state considerate differenti disposizioni dei carichi sia in senso trasversale che longitudinale. Per i ponti si considerano i carichi variabili caratteristici riportati nella figura successiva.

Intensità dei carichi  $Q_{ik}$  e  $q_{ik}$  per le diverse corsie

Posizione	Carico asse $Q_{ik}$ [kN]	$q_{ik}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Corsia Numero 1	300	9,00
Corsia Numero 2	200	2,50
Corsia Numero 3	100	2,50
Altre corsie	0,00	2,50

Figura 8.3 Valori caratteristici dei carichi mobili (Schema di carico 1)

Per ciascuna corsia si ha:

**Corsia n.1:**

PROGETTAZIONE ATI:

$$q_{1distr} = q_{1k} \times w_1 = 9.00 \times 3.00 = 27 \text{ kN/m}$$

$$Q_{1tan} = 2 \times Q_{1k} = 2 \times 300 = 600 \text{ kN}$$

carico uniformemente distribuito  
carico su 2 assi tandem

**Corsia n.2:**

$$q_{2distr} = q_{2k} \times w_2 = 2.50 \times 3.0 = 7.5 \text{ kN/m}$$

$$Q_{2tan} = 2 \times Q_{2k} = 2 \times 200 = 400 \text{ kN}$$

carico uniformemente distribuito  
carico su 2 assi tandem

**Corsia n.3:**

$$q_{3distr} = q_{3k} \times w_3 = 2.50 \times 3.0 = 7.5 \text{ kN/m}$$

$$Q_{3tan} = 2 \times Q_{3k} = 2 \times 200 = 200 \text{ kN}$$

carico uniformemente distribuito  
carico su 2 assi tandem

**Aree rimanenti:**

$$q_{rim} = q_{rk} \times w_r = 2.50 \times 0.75 = 1.875 \text{ kN/m}$$

carico uniformemente distribuito

La disposizione e la numerazione delle corsie viene determinata in modo da indurre le più sfavorevoli condizioni di progetto. Per ogni singola verifica il numero di corsie da considerare caricate, la loro disposizione sulla carreggiata e la loro numerazione vengono scelte in modo che gli effetti della disposizione dei carichi risultino i più sfavorevoli. La corsia che, caricata, dà l'effetto più sfavorevole è numerata come Corsia 1; la corsia che dà il successivo effetto più sfavorevole è numerata come Corsia 2, ecc.

*Schema di carico 5:* Si considera per la folla compatta un carico uniformemente distribuito comprensivo degli effetti dinamici pari a 5.0 kN/mq (il valore di combinazione è invece di 2.5 kN/mq) applicato sul cordolo pedonabile.

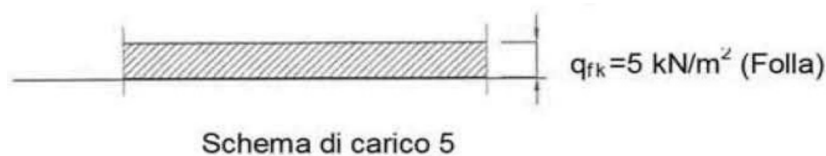


Figura 8.7 Schema di carico 5

Per tale opera non sono previsti marciapiedi pedonabili.

Ai fini del calcolo delle strutture secondarie dell'impalcato si considera, se più gravoso, il carico associato allo Schema 2, disposto nel modo più sfavorevole e supposto viaggiante in direzione longitudinale.

*Schema di Carico 2:* è costituito da un singolo asse applicato su specifiche impronte di pneumatico di forma rettangolare, di larghezza 0,60 m ed altezza 0,35 m. Questo schema va considerato autonomamente con asse longitudinale nella posizione più gravosa ed è da assumere a riferimento solo per verifiche locali. Qualora sia più gravoso si considererà il peso di una singola ruota di 200 kN.

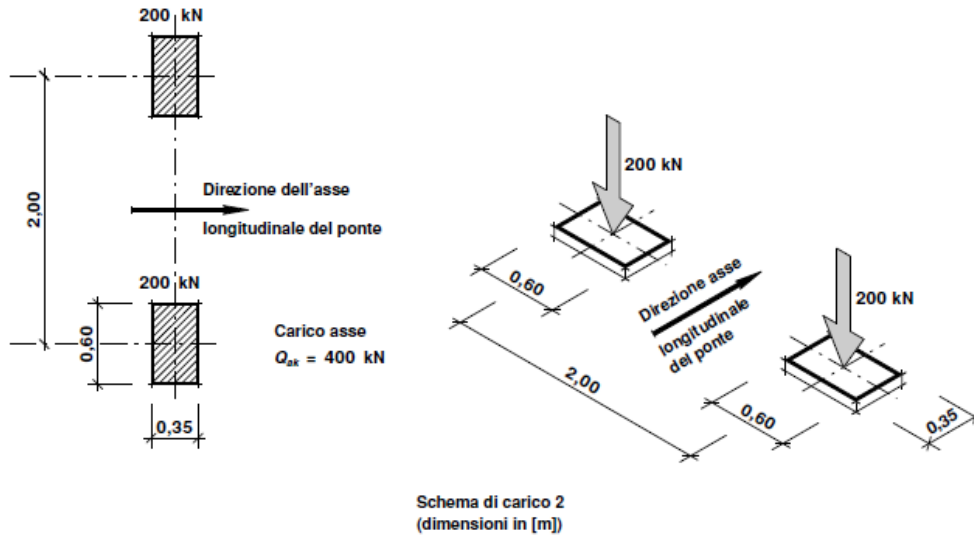


Figura 6.4 Schema di Carico 2

## 8.6. VARIAZIONI TERMICHE (Q7)

La condizione vincolare è tale da permettere una libera deformazione dell'impalcato sotto effetti termici. Non vi saranno sollecitazioni derivate, ma l'azione termica viene calcolata e applicata al modello di calcolo influenzando al dimensionamento di appoggi e giunti in termini di spostamenti.

### 8.6.1. VARIAZIONE TERMICA UNIFORME (STAGIONALE)

La variazione termica uniforme viene calcolata in base a quanto indicato al §3.5.2 NTC2018 e relativa circolare (circ.21/01/2019) al §C5.1.4.5 che fanno riferimento all'eurocodice EC1-1-5 al §6.1.3. Si considera una quota di 10m.l.m.



#### Zona I

Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino-Alto Adige, Veneto, Friuli-Venezia Giulia, Emilia Romagna:

$$T_{\min} = -15 - 4 \cdot a_s / 1000 \quad [3.5.1]$$

$$T_{\max} = 42 - 6 \cdot a_s / 1000 \quad [3.5.2]$$

#### Zona II

Liguria, Toscana, Umbria, Lazio, Sardegna, Campania, Basilicata:

$$T_{\min} = -8 - 6 \cdot a_s / 1000 \quad [3.5.3]$$

$$T_{\max} = 42 - 2 \cdot a_s / 1000 \quad [3.5.4]$$

#### Zona III

Marche, Abruzzo, Molise, Puglia:

$$T_{\min} = -8 - 7 \cdot a_s / 1000 \quad [3.5.5]$$

$$T_{\max} = 42 - 0.3 \cdot a_s / 1000 \quad [3.5.6]$$

#### Zona IV

Calabria, Sicilia:

$$T_{\min} = -2 - 9 \cdot a_s / 1000 \quad [3.5.7]$$

$$T_{\max} = 42 - 2 \cdot a_s / 1000 \quad [3.5.8]$$

H	$T_{\max 1}$	$T_{\min 1}$
10m	41.4	-8.1

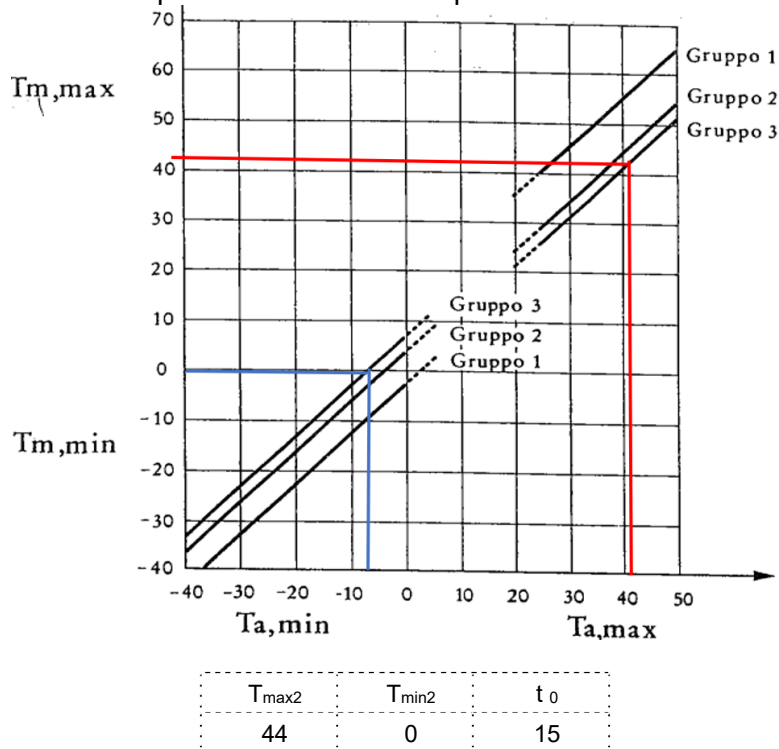
PROGETTAZIONE ATI:

**Gruppi di impalcati di ponte**

P(1) Un impalcato di un ponte deve essere considerato appartenente ad uno dei seguenti gruppi di sovrastrutture:

- Gruppo 1 Impalcati di ponti di acciaio su profili di acciaio scatolari, travature reticolari o travi pareti;
- Gruppo 2 Impalcati di ponti di calcestruzzo su profili di acciaio scatolari, travature reticolari o travi parete;
- Gruppo 3 Solette o impalcati di calcestruzzo su travi o travi parete di calcestruzzo.**

Possiamo così ottenere la temperatura effettiva dell'opera



Tenendo conto di una  $t_0=15^\circ$  secondo il paragrafo 3.5.3 delle NTC si ottengono i valori caratteristici della variazione termica uniforme:

$\Delta T_{N,con}$	$\Delta T_{N,exp}$
15	29

I valori di calcolo si ottengono poi:

$\Delta T_0 = 5^\circ\text{C}$ per strutture di c.a., c.a.p. e acciaio/cls	Installazione con la misurazione accurata della temperatura della struttura e con prerogolazione per effetti termici a fine costruzione.
$\Delta T_0 = 5^\circ\text{C}$ per strutture di acciaio	
$\Delta T_0 = 10^\circ\text{C}$ per strutture di c.a., c.a.p. e acciaio/cls	Installazione con la stima della temperatura della struttura e con prerogolazione per effetti termici a fine costruzione. Per stima della temperatura della struttura si intende la valutazione secondo quanto indicato nel Capitolo 6 delle UNI EN 1991-1-5 con una accurata misura della temperatura dell'aria esterna.
$\Delta T_0 = 15^\circ\text{C}$ per strutture di acciaio	
$\Delta T_0 = 20^\circ\text{C}$ per strutture di c.a., c.a.p. e acciaio/cls	Installazione senza alcuna prerogolazione per effetti termici.
$\Delta T_0 = 30^\circ\text{C}$ per strutture di acciaio	

$\Delta T_0$	$\Delta T_{N,con,d}$	$\Delta T_{N,exp,d}$
10	25	39

### 8.6.2. VARIAZIONE TERMICA DIFFERENZIALE (GIORNALIERA)

Si considera una variazione termica differenziale tra intradosso ed estradosso della sezione type 3: concrete box girder, pari a  $\Delta T = \pm 10^\circ\text{C}$ , assumendo il valore maggiore tra l'escursione massima tra estate e inverno fornita dall'eurocodice

Type of Deck	Top warmer than bottom	Bottom warmer than top
	$\Delta T_{M,heat} (^\circ\text{C})$	$\Delta T_{M,cool} (^\circ\text{C})$
Type 1: Steel deck	18	13
Type 2: Composite deck	15	18
Type 3: Concrete deck: - concrete box girder - concrete beam - concrete slab	10 15 15	5 8 8

NOTE 1: The values given in the table represent upper bound values of the linearly varying temperature difference component for representative sample of bridge geometries.

NOTE 2: The values given in the table are based on a depth of surfacing of 50 mm for road and railway bridges. For other depths of surfacing these values should be multiplied by the factor  $k_{sur}$ . Recommended values for the factor  $k_{sur}$  is given in Table 6.2.

Il massimo spostamento dovuto all'azione termica che dovrà essere tenuto in conto per il dimensionamento di giunti ed apparecchi di appoggio sarà quindi:

$$\varepsilon_{\Delta T} = \Delta T \times \alpha = \pm 10 \times 1 \times 10^{-5} = \pm 1 \times 10^{-4}$$

### 8.7. AZIONI DI FRENAMENTO (Q3)

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

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

PROGETTAZIONE ATI:

$$Q_{3,riva} = 0.6 \cdot (2 \cdot 300) + 0.10 \cdot 9 \cdot 3 \cdot 20 = 414 \text{ kN}$$

$$Q_{3,centrale} = 0.6 \cdot (2 \cdot 300) + 0.10 \cdot 9 \cdot 3 \cdot 20 = 441 \text{ kN}$$

### 8.8. AZIONE VARIABILE DEL VENTO (Q5)

L'azione del vento è valutata, in termini di pressione, attraverso la seguente espressione (fornita dal D. Min. 17/01/2018):  $p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$ .

In funzione della regione su cui sorge l'opera (Sardegna) si assume che la zona geografica di riferimento sia la "5" ed in relazione alla posizione geografica e topografica dell'opera, si adotta la classe di rugosità D ("Aree costiere"). Di seguito vengono riportate le tabelle inerenti al calcolo dell'azione del vento:

Descrizione			
Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)			
<b>Zona</b>	<b>Vb,0 [m/s]</b>	<b>a0 [m]</b>	<b>ks</b>
5	28	750	0.4
<b>as [m]</b>	<b>ca</b>	<b>S</b>	<b>TR [anni]</b>
10	1	28.0	50
<b>cr</b>	<b>vr [m/s]</b>	<b>qr [Pa]</b>	<b>z<sub>max</sub> [m]</b>
1.0	28	491	6
Classe di rugosità del terreno	Descrizione		
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m		
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive		
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D		
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa) c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ...)		

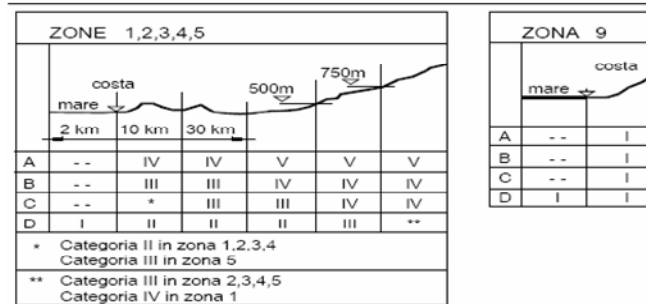
L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

	ZONE 1,2,3,4,5					
	costa mare	2 km	10 km	30 km	500m	750m
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	
	costa	mare
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

PROGETTAZIONE ATI:



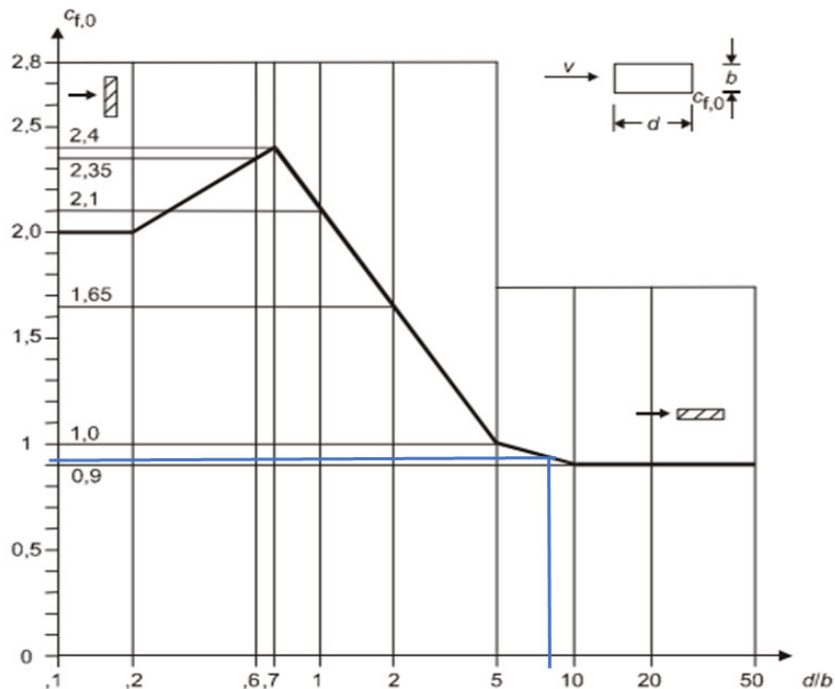


Per l'impalcato si distinguono le due condizioni di ponte carico e ponte scarico. Ciò comporta un momento parassita dovuto al diverso punto di applicazione delle forze, che verrà preso in considerazione nell'applicazione al modello di calcolo.

	campate 1-3			
	b [m]	d [m]	b/d [-]	C <sub>p</sub> [-]
<b>ponte scarico</b>	11.25	3.10	3.63	1.40
<b>ponte carico</b>	11.25	4.89	2.30	1.80

	campate 1-3				
	q <sub>w</sub> [KPa]	C <sub>e</sub> [-]	C <sub>p</sub> [-]	d [m]	q <sub>wy</sub> [KN/m]
<b>ponte scarico</b>	0.491	2.48	1.40	3.10	<b>5.3</b>
<b>ponte carico</b>	0.491	2.48	1.80	4.89	<b>10.7</b>

Analogamente si ottiene l'azione sulle pile:



pile 1-2		pile 1-2	
d	8.5	$C_{f0}$	0.9
b	1	$\psi_\lambda$	0.93
d/b	8.500	$\psi_r$	1
		$C_f$	0.837

	pile 1-2
	KN/m
$q_{wy,pile}$	0.6

### 8.9. AZIONE SISMICA (E)

L'opera in oggetto è progettata per una vita nominale  $V_N$  pari a 50 anni e considerando una classe d'uso IV ("Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico") ai sensi del D.M. 2018, da cui scaturisce un coefficiente d'uso  $C_U = 2.0$ .

L'azione sismica di progetto è definita per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) e per lo Stato Limite del Collasso (SLC). Il periodo di ritorno di quest'ultima - in funzione della vita utile, della classe d'uso, del tipo di costruzione e dello stato limite di riferimento (prima definiti) è di 949 anni per SLV e 1950 anni per SLC.

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

attraverso i valori di accelerazione orizzontale di picco  $a_g$  (attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale) e le espressioni che definiscono le ordinate del relativo spettro di risposta elastico in accelerazione  $S_e(T)$  in corrispondenza del punto del reticolo che individua la posizione geografica dell'opera con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR. In particolare, la forma spettrale prevista dalla normativa è definita, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri:

$a_g$ , accelerazione orizzontale massima del terreno

PROGETTAZIONE ATI:

$F_0$ , valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale  
 $T_C^*$ , periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.  
 I suddetti parametri sono calcolati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il punto caratterizzante la posizione dell'opera, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici. In particolare, si può notare come  $F_0$  descriva la pericolosità sismica locale del sito su cui l'opera insiste. Infatti, da quest'ultimo, attraverso le espressioni fornite dalla normativa, sono valutati i valori d'amplificazione stratigrafica e topografica. Nella tabella seguente sono riassunti i valori dei parametri assunti per l'opera in oggetto.

Parametri di pericolosità sismica					
Stato limite	$T_r$ [anni]	$A_g/g$ [-]	$T_c^*$ [g]	$F_0$ [-]	$F_v$ [-]
SLO	60	0.025	0.299	2.67	0.57
SLD	101	0.031	0.307	2.73	0.65
SLV	949	0.06	0.371	2.88	0.95
SLC	1950	0.071	0.393	2.98	1.07

**Tabella 8.5: Parametri per la definizione dell'azione sismica**

In quest'ultima  $V_N$  è la vita nominale dell'opera;  $T_R$  è il periodo di ritorno associato alla probabilità di non superamento dello stato limite della salvaguardia della vita;  $a_g$  è la massima accelerazione riferita a quella di gravità attesa sul sito su suolo di riferimento;  $F_0$  è il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;  $T_C^*$  è il periodo, espresso in secondi, corrispondente alla fine del tratto orizzontale dello spettro su suolo di riferimento.

Lo spettro di risposta elastico per la descrizione della componente orizzontale del moto sismico è costruito a partire dai parametri riassunti nella tabella seguente.

Stato limite	Suolo	$s_s$	$S_T$	S	$C_c$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
SLO	B	1.2	1	1.2	1.40	0.14	0.42	1.700
SLD	B	1.2	1	1.2	1.39	0.14	0.43	1.724
SLV	B	1.2	1	1.2	1.34	0.17	0.50	1.840
SLC	B	1.2	1	1.2	1.33	0.17	0.52	1.884

**Tabella 8.6: Parametri per la definizione dello spettro elastico orizzontale**

In quest'ultima  $S_S$  ed  $S_T$  sono rispettivamente i fattori di amplificazione stratigrafica e topografica concorrenti alla determinazione del fattore di amplificazione  $S$ ;  $C_C$  è il coefficiente che modifica il valore del periodo  $T_C^*$ ;  $T_B$  è il periodo, espresso in secondi, corrispondente all'inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro della componente orizzontale;  $T_C$  è il periodo, espresso in secondi, corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro della componente orizzontale;  $T_D$  è il periodo, espresso in secondi, corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro della componente orizzontale. Tale spettro è descritto dalle espressioni seguenti.

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \cdot \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \quad 0 \leq T \leq T_B$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \quad T_B \leq T \leq T_C$$

PROGETTAZIONE ATI:

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \frac{T_C}{T} \quad T_C \leq T \leq T_D$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \quad T_D \leq T$$

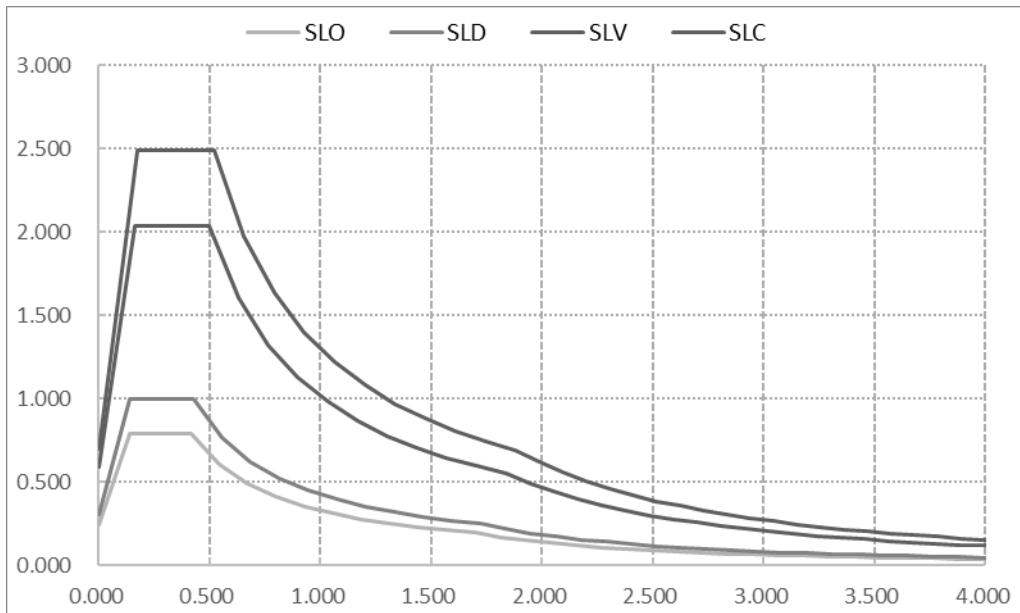


Figura 8.7: Spettri di risposta elastici [m/s<sup>2</sup> - s]

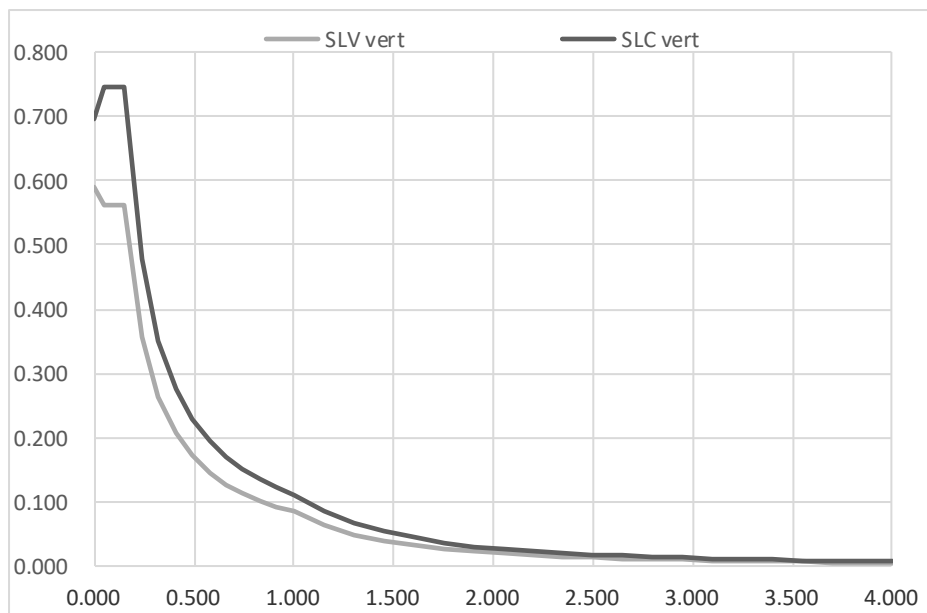


Figura 8.8: Spettri di risposta verticali [m/s<sup>2</sup> - s]

PROGETTAZIONE ATI:

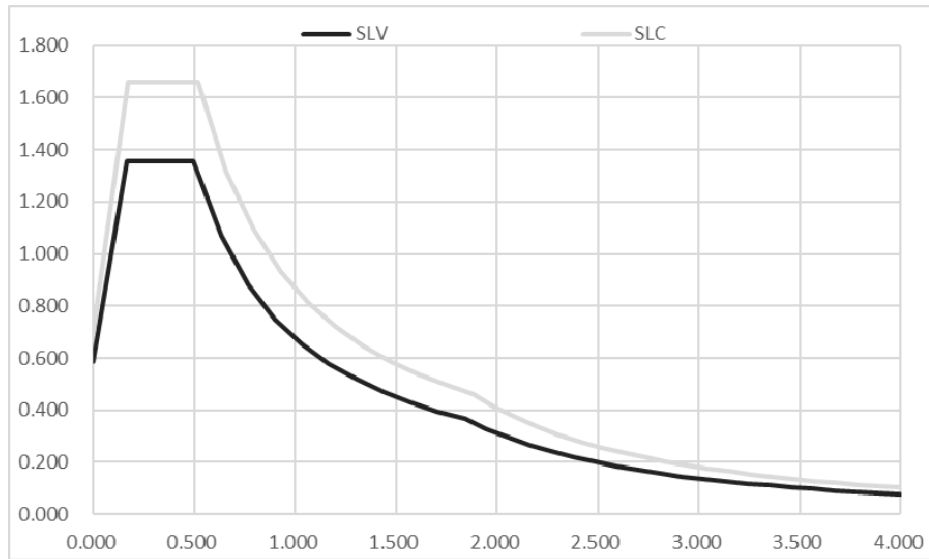


Figura 8.9: Spettri di risposta  $q=1.5$  [ $m/s^2 - s$ ]

Si adotta un fattore di comportamento  $q=1.5$  verificando a posteriori la sua applicabilità.

PROGETTAZIONE ATI:

## 9. COMBINAZIONE DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite si sono considerate le seguenti combinazioni delle azioni (si veda D.M. 17.01.2018 §2.5.3):

Combinazione fondamentale per gli SLU

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

Combinazione caratteristica (rara) per gli SLE irreversibili

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

Combinazione frequente per gli SLE reversibili

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

Combinazione quasi permanente per gli SLE a lungo termine

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

Combinazione sismica

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

$G_1$  = peso proprio di tutti gli elementi strutturali

$G_2$  = peso proprio di tutti gli elementi non strutturali

$P$  = eventuale pretensione o precompressione

$Q_{kj}$  = azioni variabili

$\gamma_j$  = coefficienti parziali di sicurezza

$\psi_{ij}$  = coefficiente di combinazione delle azioni variabili

I coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_j$  da utilizzare sono riportati nella tabella seguente (Estratto tabella 5.1.V) nella colonna "A1 STR".

Tab. 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti $g_1$ e $g_3$	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{G1}$ e $\gamma_{G3}$	0,90 1,10	1,00 1,35	1,00 1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup> $g_2$	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00 1,50	0,00 1,50	0,00 1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_Q$	0,00 1,35	0,00 1,35	0,00 1,15
Azioni variabili	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{Q3}$	0,00 1,50	0,00 1,50	0,00 1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90 1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 1,00 <sup>(4)</sup>	1,00 1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}$ , $\gamma_{\epsilon 3}$ , $\gamma_{\epsilon 4}$	0,00 1,20	0,00 1,20	0,00 1,00

I coefficienti di combinazione  $\Psi_{0j}$  sono riportati nella tabella seguente (Estratto tabella 5.1.VI).

Tab. 5.1.VI - Coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

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

## 9.1. METODOLOGIA DI ANALISI

### 9.1.1. ANALISI IN CONDIZIONI NON-SISMICHE

Le analisi svolte in condizioni non sismiche sono tutte di tipo statico lineare. L'analisi per carichi mobili è stata svolta in automatico dal software impiegando la teoria delle linee di influenza e ricavando l'inviluppo delle sollecitazioni sugli elementi strutturali.

I risultati delle analisi in termini di distribuzioni delle sollecitazioni sono riportati nei paragrafi di verifica dei singoli elementi strutturali.

### 9.1.2. ANALISI SISMICA

Nelle verifiche riguardanti l'impalcato l'azione sismica non è determinante. Viene comunque presa in conto per la determinazione degli spostamenti massimi degli appoggi mobili tramite un'analisi spettrale come definito nel capitolo precedente.

PROGETTAZIONE ATI:



## 10. MODELLAZIONE DELLA TRAVATA

### 10.1. FASI COSTRUTTIVE

Nella realizzazione dell'impalcato si dovrà procedere secondo le fasi costruttive indicate nella tabella successiva.

Fase	Operazione
0	Posa in opera delle travi
1	Getto soletta e $g_2$
2	Esercizio viadotto

### 10.2. FASI DI CALCOLO

La tabella seguente riassume le diverse fasi di calcolo, indicando per ciascuna di esse le rispettive azioni con i corrispondenti tempi, e specificando la sezione resistente su cui agiscono le suddette azioni.

FASE	SEZIONE RESISTENTE	TEMPO giorni	AZIONE
0	Trave isolata	0	Precompressione
		0	Peso proprio trave
		45	Cadute di tensione lente
1	Trave isolata	45	Getto trasversi
		60	Cadute di tensione lente
	Trave isolata	60	Getto soletta
	Sezione mista	>60	Carichi permanenti portati
2	Sezione mista	>60	Carichi variabili
		$\infty$	Cadute di tensione lente

### 10.3. GEOMETRIA DEL MODELLO DI CALCOLO

Il modello di calcolo è stato realizzato impiegando esclusivamente elementi frame per la modellazione delle varie parti strutturali (travi, traversi, soletta, pulvini, pile).

La struttura dell'impalcato in particolare è stata modellata a graticcio tenendo conto della presenza delle fasce di soletta e dei traversi che contribuiscono alla ripartizione trasversale dei carichi tra le travi di impalcato.

Le connessioni tra gli elementi sono state modellate ove necessario mediante link rigidi; sono inoltre stati utilizzati link elastici che vanno a modellare in particolare il comportamento meccanico degli apparecchi di appoggio.

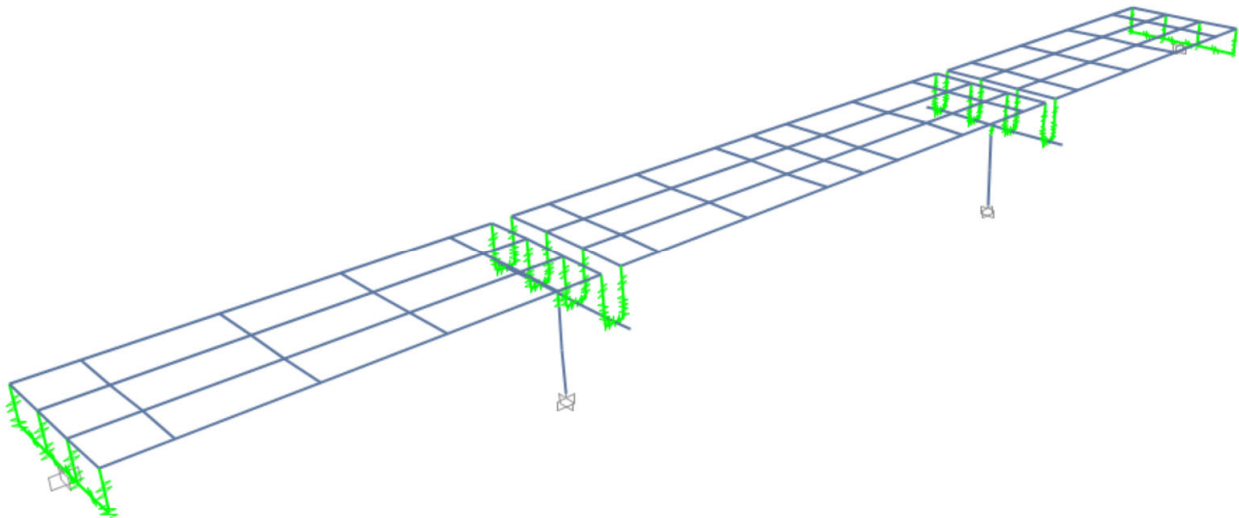


Figura 10.1: Vista del modello di calcolo

#### 10.4. DATI DIMENSIONALI PER VERIFICHE ALLO SLU

Si riportano di seguito le verifiche delle travi in c.a.p. per effetto delle combinazioni dei carichi allo SLU. La geometria della trave è raffigurata in Figura 10.2.

<b>TRAVI</b>		
	<b>camp 2</b>	<b>camp 1,3</b>
Lunghezza campate	29	19.5 m
Lunghezza trave	30	20.7 m
<b>Tipologia travi</b>		
Tipologia travi	V	
Altezza trave	1.5 m	
Larghezza alla base	96 cm	
Larghezza superiore	250 cm	
Numero di anime per trave	2	
Larghezza di ciascuna anima per la sezione corrente	14 cm	
Larghezza di ciascuna anima per la sezione di testata	14 cm	
Spessore soletta inferiore trave	19 cm	

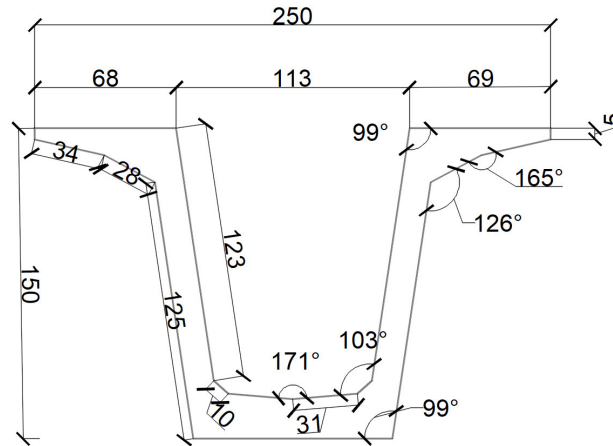


Figura 10.2: Sezione trasversale trave in c.a.p.

## 10.5. CADUTE DI TENSIONE

L'analisi della variabilità della precompressione nelle fasi previste viene condotta tenendo conto dei fenomeni di ritiro e viscosità nel calcestruzzo e di rilassamento nell'acciaio in conformità alle NTC 18 e alla norma UNI EN 1992-1-1.

### 10.5.1. CADUTE PER RITIRO CALCESTRUZZO

I valori della deformazione totale da ritiro  $\varepsilon_{CS}$  sono dati da:

$$\varepsilon_{CS} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca}$$

dove  $\varepsilon_{cd}$  è la deformazione da ritiro per essiccamento e  $\varepsilon_{ca}$  è la deformazione da ritiro autogeno.

### 10.5.2. RITIRO PER ESSICCAMENTO

La deformazione di base dovuta a ritiro per essiccamento  $\varepsilon_{cd,0}$  è calcolata con le espressioni:

$$\varepsilon_{cd,0} = 0.85 \left[ \left( 220 + 110 \cdot \alpha_{ds1} \right) \cdot \exp \left( -\alpha_{ds2} \cdot \frac{f_{cm}}{f_{cm0}} \right) \right] \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH}$$

$$\beta_{RH} = 1.55 \left[ 1 - \left( \frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right]$$

dove:

$f_{cm}$  è la resistenza media a compressione (N/mm<sup>2</sup>);

$f_{cm0} = 10$  N/mm<sup>2</sup>;

$\alpha_{ds1}$  è un coefficiente dipendente dal tipo di cemento;

$\alpha_{ds2}$  è un coefficiente dipendente dal tipo di cemento;

$RH$  è l'umidità relativa ambientale (in percentuale);

$RH_0 = 100\%$ .

Lo sviluppo del ritiro per essiccamento nel tempo è regolato dalla:

$$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) \cdot k_h \varepsilon_{cd,0}$$

dove:  $k_h$  è un coefficiente che dipende dalla dimensione convenzionale  $h_0$  secondo il seguente prospetto (prospetto 3.3 della norma UNI):

$h_0$	$k_h$
100	1,0
200	0,85
300	0,75
$\geq 500$	0,70

$$\beta_{ds}(t, t_s) = \frac{(t - t_s)}{(t - t_s) + 0.04 \sqrt{h_0^3}}$$

dove:

$t$  è l'età del calcestruzzo, espressa in giorni, al momento considerato;

$t_s$  è l'età del calcestruzzo (in giorni) all'inizio del ritiro per essiccamento;

$h_0$  è la dimensione convenzionale (in millimetri) della sezione trasversale =  $2A_C/u$

dove:

$A_C$  è l'area della sezione trasversale di calcestruzzo;

$u$  è il perimetro della parte di sezione trasversale esposta ad essiccamento.

Il tempo  $t_s$  di inizio del ritiro per essiccamento coincide con la fine della maturazione

### 10.5.3. RITIRO AUTOGENO

La deformazione da ritiro autogeno è data da:

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \cdot \varepsilon_{ca}(\infty)$$

dove:

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2.5(f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6}$$

e

$$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0.2t^{0.5})$$

Calcolo della Deformazione per ritiro

Rck =	55.0 MPa	Resistenza cubica caratteristica
fck =	45.7 MPa	Resistenza cilindrica caratteristica
E <sub>c,m</sub> =	36416 MPa	Modulo elastico del cls
A <sub>c</sub> =	723100 mm <sup>2</sup>	Area della sezione in cls
u =	8625 mm	Perimetro della sezione in cls esposto all'aria
h <sub>0</sub> =	167.7 mm	dimensione fittizia $h_0 = 2A_c/u$
k <sub>h</sub> =	0.898	parametro funzione di h <sub>0</sub> secondo la Tab. 11.2.Vb
RH =	70 %	Umidità Relativa ambientale
t <sub>0</sub> =	3 gg	Tempo di messa di carico

Deformazione per ritiro a tempo infinito

β <sub>RH</sub> =	1.02	
f <sub>cm</sub> =	53.7 MPa	resistenza media cilindrica a compressione
f <sub>cm0</sub> =	10.0 MPa	
Classe:	N	Classe del cemento (UNI EN 1992-1)
α <sub>ds1</sub> =	4.00	coefficiente dipendente dal tipo di cemento
α <sub>ds2</sub> =	0.12	coefficiente dipendente dal tipo di cemento
ε <sub>cd,0</sub> =	-0.300 ‰	Deformazione da ritiro per essiccamento
ε <sub>cd</sub> =	-0.270 ‰	Valore medio a t=∞ della deformazione per ritiro da essiccamento
ε <sub>ca</sub> =	-0.089 ‰	Valore medio a t=∞ della deformazione per ritiro autogeno
ε <sub>cs</sub> =	-0.359 ‰	Valore medio a t=∞ della deformazione per ritiro (totale)

Deformazione per ritiro a tempo t<sub>s</sub>

t <sub>s</sub> =	60	gg	
β <sub>ds</sub> (t,t <sub>s</sub> ) =	0.409		Coefficiente del ritiro da essiccamento dipendente dall'età del calcestruzzo
β <sub>sa</sub> (t) =	0.788		Coefficiente del ritiro autogeno dipendente dal tempo
ε <sub>cd</sub> (t <sub>s</sub> ) =	-0.110	‰	Valore medio a t=t <sub>s</sub> della deformazione per ritiro da essiccamento
ε <sub>ca</sub> (t <sub>s</sub> ) =	-0.070	‰	Valore medio a t=t <sub>s</sub> della deformazione per ritiro autogeno
ε <sub>cs</sub> (t <sub>s</sub> ) =	-0.180	‰	Valore medio a t=t <sub>s</sub> della deformazione per ritiro (totale)

10.5.4. CADUTE PER VICOSITA'

Il coefficiente di viscosità  $\varphi(t, t_0)$  è calcolato con la relazione:

$$\varphi(t, t_0) = \varphi_0 \cdot \beta_C(t, t_0)$$

dove:

$\varphi_0$  è il coefficiente nominale di viscosità ed è valutato mediante:

$$\varphi_0 = \varphi_{PH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0)$$

$\varphi_{PH}$  è un coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'umidità relativa sul coefficiente nominale di viscosità:

$$\varphi_{RH} = 1 + \frac{1 - RH / 100}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \quad \text{per } f_{cm} \leq 35 \text{ N/mm}^2$$

$$\varphi_{RH} = \left[ 1 + \frac{1 - RH / 100}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \cdot \alpha_1 \right] \cdot \alpha_2 \quad \text{per } f_{cm} > 35 \text{ N/mm}^2$$

RH è l'umidità ambientale relativa, in percentuale;

$\beta(f_{cm})$  è un coefficiente che tiene conto dell'effetto della resistenza del calcestruzzo sul coefficiente nominale di viscosità:

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}}$$

$f_{cm}$  è la resistenza media a compressione del calcestruzzo, in N/mm<sup>2</sup>, all'età di 28 giorni;

$\beta(t_0)$  è un coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'età del calcestruzzo al momento dell'applicazione del carico sul coefficiente nominale di viscosità:

$$\beta(t_0) = \frac{1}{(0.1 + t_0^{0.20})}$$

$h_0$  è la dimensione fittizia dell'elemento, in millimetri, dove:

$$h_0 = \frac{2 A_c}{u}$$

$A_c$  è l'area della sezione trasversale;

$u$  è il perimetro dell'elemento a contatto con l'atmosfera;

$\beta_c(t, t_0)$  è un coefficiente atto a descrivere l'evoluzione della viscosità nel tempo dopo l'applicazione del carico e può essere valutato con la seguente espressione:

$$\beta_c(t, t_0) = \left[ \frac{(t - t_0)}{\beta_H + t - t_0} \right]^{0.3}$$

$t$  è l'età del calcestruzzo, in giorni, al momento considerato;

$t_0$  è l'età del calcestruzzo, in giorni, al momento dell'applicazione del carico;

$t - t_0$  è la durata non corretta del carico, in giorni;

$\beta_H$  è un coefficiente dipendente dall'umidità relativa ( $RH$  in %) e dalla dimensione fittizia dell'elemento ( $h_0$  in millimetri). È calcolato nel modo seguente:

$$\beta_H = 1,5 [1 + (0,012 RH)^{18}] h_0 + 250 \leq 1500 \quad \text{per } f_{cm} \leq 35$$

$$\beta_H = 1,5 [1 + (0,012 RH)^{18}] h_0 + 250 \alpha_3 \leq 1500 \alpha_3 \quad \text{per } f_{cm} > 35$$

$\alpha_{1/2/3}$  sono coefficienti atti a prendere in conto l'influenza della resistenza del calcestruzzo:

$$\alpha_1 = \left[ \frac{35}{f_{cm}} \right]^{0.7} \quad \alpha_2 = \left[ \frac{35}{f_{cm}} \right]^{0.2} \quad \alpha_3 = \left[ \frac{35}{f_{cm}} \right]^{0.5}$$

L'effetto del tipo di cemento sul coefficiente di viscosità del calcestruzzo viene considerato modificando l'età del carico  $t_0$  secondo la seguente espressione:

$$t_0^* = t_{0,T} \cdot \left( \frac{9}{2 + t_{0,T}^{1.2}} + 1 \right)^\alpha \geq 0.5$$

dove:

$t_{0,T}$  è l'età del calcestruzzo, in giorni, al momento dell'applicazione del carico, corretta in funzione della temperatura secondo l'espressione

$\alpha$  è un esponente che dipende dal tipo di cemento.

L'effetto di temperature elevate o ridotte comprese nell'intervallo 0-80 °C sulla maturazione del calcestruzzo viene preso in conto correggendo l'età del calcestruzzo con la seguente espressione:

$$t_T = \sum_{i=1}^n e^{-(4000/[273+T(\Delta t_i)]-13.65)} \cdot \Delta t_i$$

dove:

- $t_T$  è l'età del calcestruzzo, corretta in funzione della temperatura, che sostituisce  $t$  nelle corrispondenti espressioni;  
 $T(t_i)$  è la temperatura, in gradi centigradi, durante il periodo di tempo  $\Delta t_i$ ;  
 $t_i$  è il numero di giorni in cui risulta prevalente la temperatura  $T$ .

### 10.5.5. DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI VISCOSITÀ

Calcolo del coefficiente di viscosità  $\phi(t, t_0)$

Rck =	55.0 MPa	Resistenza cubica caratteristica	
fck =	45.7 MPa	Resistenza cilindrica caratteristica	
fcm =	53.7 MPa	Resistenza media cilindrica	
A <sub>c</sub> =	723100 mm <sup>2</sup>	Area della sezione in cls	
u =	7900 mm	Perimetro della sezione in cls esposto all'aria	
h <sub>0</sub> =	183.1 mm	dimensione fittizia	h <sub>0</sub> = 2A <sub>c</sub> /u
RH =	70 %	Umidità Relativa	
t <sub>0</sub> =	3 gg	Tempo di messa di carico (stagionatura del cls all'atto della precompressione)	
t-t <sub>0</sub> =	60 gg		
$\alpha_1$ =	0.742	coeff. di influenza della resistenza del cls	
$\alpha_2$ =	0.918	coeff. di influenza della resistenza del cls	
$\phi_{RH}$ =	1.278	coeff. dell'effetto dell' RH sul coeff. nominale di viscosità	
$\beta(f_{cm})$ =	2.294	coeff. di influenza della resistenza del cls sul coeff. nominale di viscosità	
$\beta(t_0)$ =	0.743	coeff. dell'effetto dell'età del cls al momento di applicazione del carico sul coeff. nominale di viscosità	
$\phi_0$ =	2.18	<b>coefficiente nominale di viscosità (a tempo infinito)</b>	

i evoluzione della viscosità nel tempo dopo l'applicazione del carico  $\beta_c(t, t_0)$

$\alpha_3$ =	0.81	coeff. di influenza della resistenza del cls
$\beta_H$ =	488.4	coeff. che dipende da RH e da h <sub>0</sub>
$\beta_c(t, t_0)$ =	0.515	coeff. di evoluzione della viscosità nel tempo dopo l'applicazione del carico

di viscosità  $\phi(t, t_0)$  dopo

$\phi(t, t_0)$  = 1.12 51.5%

**60 gg dall'applicazione del carico**

$\phi(t \rightarrow \infty)$  = 1.06 48.5%

### 10.5.6. CADUTE PER EFFETTO TERMICO

Per effetto della maturazione a vapore, la diminuzione di tensione nelle armature da precompressione e la dilatazione impedita del calcestruzzo dovute alla temperatura, inducono una specifica caduta termica  $\Delta\sigma_{p\theta}$  che è valutata con l'espressione:

$$\Delta\sigma_{p\theta} = 0.5E_p\alpha_c(T_{\max} - T_0)$$

dove:

- $E_p$  è il modulo di elasticità delle armature di precompressione;  
 $\alpha_c$  è il coefficiente di dilatazione termica lineare del calcestruzzo;

PROGETTAZIONE ATI:

$T_{\max} - T_0$  è la differenza tra la temperatura massima e quella iniziale del calcestruzzo a contatto delle armature di precompressione, in gradi centigradi.

$E_p =$	195000 MPa	Modulo elastico delle armature di precompressione
$\alpha_c =$	0.00001 °C <sup>-1</sup>	coefficiente di dilatazione termica del cls
$T_0 =$	20 °C	Temperatura iniziale del cls a contatto delle armature di precompressione
$T_{\max} =$	60 °C	Temperatura massima del cls a contatto delle armature di precompressione
$T_{\max} - T_0 =$	40 °C	$\Delta T$ tra la $T_{\max}$ e $T_0$
$\Delta\sigma_{p0} =$	39.0 MPa	Caduta per effetto termico

### 10.5.7. CADUTE PER RILASSAMENTO ACCIAIO

Il rapporto della variazione della tensione di precompressione sulla tensione di precompressione iniziale è determinato applicando la seguente espressione, valida per acciaio di classe 2 (fili o trefoli a basso rilassamento):

$$\frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}} = 0.66 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9.1\mu} \cdot \left(\frac{t}{1000}\right)^{0.75(1-\mu)} \cdot 10^{-3} \quad (3.29)$$

dove:

- $\Delta\sigma_{pr}$  è il valore assoluto delle perdite per rilassamento;
- $\sigma_{pi}$  è la massima tensione di trazione applicata al cavo meno le perdite immediate che si verificano durante il procedimento di messa in tensione;
- $t$  è il tempo dopo la messa in tensione (in ore);
- $\mu = \sigma_{pi} / f_{pk}$ , dove  $f_{pk}$  è il valore caratteristico della resistenza a trazione dell'acciaio da precompressione;
- $\rho_{1000}$  è il valore della perdita per rilassamento a 1000 h dopo la messa in tensione e a una temperatura media di 20 °C.

Per tener conto degli effetti del trattamento termico previsto sulle perdite di precompressione dovute al rilassamento dell'acciaio, nella funzione rilassamento-tempo precedente si aggiunge un tempo equivalente  $t_{eq}$  al tempo dopo la tesatura. Il tempo equivalente è valutato con l'espressione seguente:

$$t_{eq} = \frac{1.14 (T_{\max} - 20)}{T_{\max} - 20} \sum_{i=1}^n \left( T_{(\Delta t_i)} - 20 \right) \Delta t_i$$

dove:

- $t_{eq}$  è il tempo equivalente (in ore);
- $T_{(ti)}$  è la temperatura (in gradi centigradi) durante l'intervallo di tempo  $t_i$ ;
- $T_{\max}$  è la temperatura massima (in gradi centigradi) durante il trattamento termico.



### 10.5.8. CADUTE TOTALI

Per tener conto dell'interazione tra rilassamento nell'acciaio e ritiro e viscosità nel calcestruzzo, la perdita di tensione nell'acciaio è valutata localmente in base alla seguente espressione:

$$\Delta\sigma_{p,c+s+r} = \frac{\varepsilon_{cs} E_p + 0.8 \Delta\sigma_{pr} + \frac{E_p}{E_{cm}} \varphi(t, t_0) \cdot \sigma_{c,QP}}{1 + \frac{E_p}{E_{cm}} \frac{A_p}{A_c} \left( 1 + \frac{A_c}{I_c} z_{cp}^2 \right) [1 + 0.8 \phi(t, t_0)]}$$

dove:

$\Delta\sigma_{p,c+s+r}$  è il valore assoluto della variazione di tensione nelle armature dovuta a viscosità, ritiro e rilassamento al livello  $y$ , all'istante  $t$ ;

$\varepsilon_{cs}$  è la deformazione per ritiro in valore assoluto;

$E_p$  è il modulo di elasticità dell'acciaio da precompressione;

$E_{cm}$  è il modulo di elasticità del calcestruzzo;

$\Delta\sigma_{pr}$  è il valore assoluto della variazione di tensione per effetto del rilassamento dell'acciaio da precompressione.

$\varphi(t, t_0)$  è il coefficiente di viscosità all'istante  $t$  con applicazione del carico all'istante  $t_0$ ;

$\sigma_{c,QP}$  è la tensione nel calcestruzzo adiacente alle armature, dovuta a peso proprio, precompressione iniziale e ad altre azioni quasi-permanenti ove presenti.

$A_p$  è l'area di tutte le armature di precompressione al livello  $y$ ;

$A_c$  è l'area della sezione di calcestruzzo;

$I_c$  è il momento d'inerzia della sezione di calcestruzzo;

$z_{cp}$  è la distanza tra il baricentro della sezione di calcestruzzo e le armature.

### 10.6. ARMATURA DI PRECOMPRESSIONE TRAVI – CAMPATA 20M

Si riportano di seguito le caratteristiche generali dell'armatura di precompressione. Il tiro iniziale per le travi di entrambe le campate è a pari a  $\sigma_{ci} = 1400\text{Mpa}$ .

$\sigma_{pi}$ =	1400	MPa	
$f_{p(1)k}$ =	1670.00	MPa	Tens. Caratt all'1% di def. tot.
$\sigma_{p,\infty}$ =	1336.00	MPa	Tensione massima in esercizio
$A_s$ =	1.5	cmq	Area 1 Trefolo $\phi 0,6''$ super

Armature di precompressione

Strato	$n_{tr}$	$d_{tr}$ [cm]	$A_u$ [cm <sup>2</sup> ]
6	2	145.0	1.50
5	0		1.50
4	0	80.0	1.50
3	2	75.0	1.50
2	11	11.0	1.50
1	15	6.0	1.50

TOT 30

$n_{tr}$  = Numero di trefoli dello strato

$d_{tr}$  = Distanza dei trefoli dal lembo inferiore

$A_u$  = Area di ciascun trefolo dello strato

Si riportano di seguito le caratteristiche dell'armatura di precompressione per le varie sezioni di verifica.

Strato	x/y	S1 0.00	S2 0.70	S3 1.00	S4 2.00	S5 3.00	S6 4.50	S7 6.00	S8 7.50	S9 9.00
6	145.0	2	2	2	2	2	2	0	0	0
5	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	80.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	75.0	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	11.0	3	3	3	7	7	9	9	11	11
1	6.0	6	6	6	10	10	10	15	15	15
	tot. tr.	13	13	13	21	21	23	26	28	28
	$y_{spi}$ =	39.15	39.15	39.15	27.48	27.48	26.04	13.04	12.89	12.89
	$I_{sp}$ =	80819	80819	80819	81761	81761	82124	19319	19682	19682

S10(Mezz) 10.45	S11 11.90	S12 13.40	S13 14.90	S14 16.40	S15 17.90	S16 18.90	S17 19.90	S18 20.20	S19 20.90	
0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
11	11	11	9	9	7	7	3	3	3	
15	15	15	15	10	10	10	6	6	6	
28	28	28	26	23	21	21	13	13	13	
12.89	12.89	12.89	13.04	26.04	27.48	27.48	39.15	39.15	39.15	[cm]
19682	19682	19682	19319	82124	81761	81761	80819	80819	80819	[cm <sup>4</sup> ]

PROGETTAZIONE ATI:

Caratteristiche geometriche delle armature di precompressione							
X <sub>test.trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse.pila</sub> [m]	n <sub>t</sub>	A <sub>sp</sub> [cm <sup>2</sup> ]	S <sub>sp</sub> [cm <sup>3</sup> ]	I <sub>sp</sub> [cm <sup>4</sup> ]	Y <sub>spi</sub> [cm]
0.00	S1	-0.70	13	19.50	763.50	80819	39.15
0.70	S2	0.00	13	19.50	763.50	80819	39.15
1.00	S3	0.30	13	19.50	763.50	80819	39.15
2.00	S4	1.30	21	31.50	865.50	81761	27.48
3.00	S5	2.30	21	31.50	865.50	81761	27.48
4.50	S6	3.80	23	34.50	898.50	82124	26.04
6.00	S7	5.30	26	39.00	508.50	19319	13.04
7.50	S8	6.80	28	42.00	541.50	19682	12.89
9.00	S9	8.30	28	42.00	541.50	19682	12.89
10.45	S10(Mezz)	9.75	28	42.00	541.50	19682	12.89
11.90	S11	11.20	28	42.00	541.50	19682	12.89
13.40	S12	12.70	28	42.00	541.50	19682	12.89
14.90	S13	14.20	26	39.00	508.50	19319	13.04
16.40	S14	15.70	23	34.50	898.50	82124	26.04
17.90	S15	17.20	21	31.50	865.50	81761	27.48
18.90	S16	18.20	21	31.50	865.50	81761	27.48
19.90	S17	19.20	13	19.50	763.50	80819	39.15
20.20	S18	19.50	13	19.50	763.50	80819	39.15
20.90	S19	20.20	13	19.50	763.50	80819	39.15

- n<sub>t</sub> = Numero di trefoli attivi  
A<sub>sp</sub> = Area dei trefoli  
S<sub>sp</sub> = Momento statico dell'armatura rispetto al lembo inferiore  
I<sub>sp</sub> = Momento d'inerzia dell'armatura rispetto al lembo inferiore  
Y<sub>spi</sub> = Distanza del baricentro trefoli dal lembo inferiore

**ARMATURE ORDINARIE**

$p_{s,agg}$ =	0.20	m	Passo delle armature superiori aggiuntive all'appoggio
$p_{i,agg}$ =	0.20	m	Passo delle armature inferiori aggiuntive all'appoggio
$p_{ss}$ =	0.20	m	Passo delle armature superiori correnti in soletta
$p_{is}$ =	0.20	m	Passo delle armature inferiori correnti in soletta
$c$ =	5.00	cm	Copriferro armature in soletta (asse armatura)

Dettaglio armature ordinarie Trave di bordo

Strato	$n_s$	$\phi$ [mm]	$d$ [cm]	$x_1$ [m]	$x_2$ [m]	$A_s$ [cm <sup>2</sup> ]
7	14.9	12	170	0.00	4.00	16.80
6	14.9	12	156	0.00	6.00	16.80
5	14.9	12	170	0.00	20.90	16.80
4	14.9	12	156	0.00	20.90	16.80
3	0	0	0	6.45	14.45	0
2	10	8	12	0	20.90	5.03
1	10	8	6	0	20.90	5.03

$n_s$ =	Numero ferri dello strato
$\phi$ =	Diametro dei ferri dello strato
$d$ =	Distanza dal lembo inferiore
$x_1$ =	Ascissa iniziale dalla testa trave
$x_2$ =	Ascissa finale dalla testa trave
$A_s$ =	Area totale dello strato

Caratteristiche travi e armature a taglio - Singola nervatura trave								
$x_{test.trave}$ [m]	Sez.	$x_{asse.pila}$ 0	$b_w$ [cm]	bracci [-]	$\phi$ [mm]	$p$ [cm]	$A_{sw}/s$ [cm <sup>2</sup> /m]	$d$ [cm]
0.00	S1	-0.70	14	2	14	10	30.79	150
0.70	S2	0.00	14	2	14	10	30.79	150
1.00	S3	0.30	14	2	14	10	30.79	150
2.00	S4	1.30	14	2	14	10	30.79	150
3.00	S5	2.30	14	2	12	10	22.62	150
4.50	S6	3.80	14	2	12	10	22.62	150
6.00	S7	5.30	14	2	12	20	11.31	150
7.50	S8	6.80	14	2	12	20	11.31	150
9.00	S9	8.30	14	2	12	20	11.31	150
10.45	S10(Mezz)	9.75	14	2	12	20	11.31	150
11.90	S11	11.20	14	2	12	20	11.31	150
13.40	S12	12.70	14	2	12	20	11.31	150
14.90	S13	14.20	14	2	12	20	11.31	150
16.40	S14	15.70	14	2	12	10	22.62	150
17.90	S15	17.20	14	2	12	10	22.62	150
18.90	S16	18.20	14	2	14	10	30.79	150
19.90	S17	19.20	14	2	14	10	30.79	150
20.20	S18	19.50	14	2	14	10	30.79	150
20.90	S19	20.20	14	2	14	10	30.79	150

PROGETTAZIONE ATI:

## 10.7. CARATTERISTICHE DELLE SEZIONI – CAMPATA 20M

### 10.7.1. TRAVE ISOLATA

Caratteristiche geometriche delle sezioni della trave isolata							
X <sub>test. trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse app</sub> [m]	A <sub>c</sub> [m <sup>2</sup> ]	S <sub>ci</sub> [m <sup>3</sup> ]	I <sub>ci</sub> [m <sup>4</sup> ]	I <sub>co</sub> [m <sup>4</sup> ]	Y <sub>Gi</sub> [m]
0.00	S1	-0.70	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
0.70	S2	0.00	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
1.00	S3	0.30	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
2.00	S4	1.30	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
3.00	S5	2.30	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
4.50	S6	3.80	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
6.00	S7	5.30	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
7.50	S8	6.80	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
9.00	S9	8.30	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
10.45	S10(Mezz)	9.75	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
11.90	S11	11.20	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
13.40	S12	12.70	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
14.90	S13	14.20	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
16.40	S14	15.70	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
17.90	S15	17.20	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
18.90	S16	18.20	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
19.90	S17	19.20	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
20.20	S18	19.50	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
20.90	S19	20.20	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537

A<sub>c</sub> = Area  
Momento statico rispetto al lembo inferiore  
trave  
S<sub>ci</sub> =  
I<sub>ci</sub> = Momento di Inerzia rispetto al lembo inferiore trave  
I<sub>co</sub> = Momento di Inerzia baricentrico  
Y<sub>Gi</sub> = Distanza del baricentro rispetto al lembo inferiore trave

### 10.7.2. SEZIONE IDEALE OMOGENEIZZATA

CLS Trave	C45/55		
f <sub>ck,tr</sub> =	45.65	MPa	Resistenza a compressione cilindrica caratteristica del cls t
E <sub>cm</sub> =	36416	MPa	Modulo di elasticità del calcestruzzo delle travi
E <sub>s</sub> =	210000	MPa	Modulo di elasticità dell'armatura ordinaria
E <sub>p</sub> =	195000	MPa	Modulo di elasticità dell' armatura di precompressione
ω <sub>p</sub> =	5.35		Coeff. di omogeneizzazione acciaio di precompressione
ω <sub>s</sub> =	5.77		Coeff. di omogeneizzazione acciaio ordinario

Caratteristiche Geometriche Sezione Ideale Omogeneizzata												
X <sub>test. trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse pila</sub> [m]	A <sub>1</sub> [m <sup>2</sup> ]	S <sub>1i</sub> [m <sup>3</sup> ]	I <sub>1i</sub> [m <sup>4</sup> ]	I <sub>10</sub> [m <sup>4</sup> ]	y <sub>1s</sub> [m]	y <sub>1i</sub> [m]	y <sub>1p</sub> [m]	W <sub>1s</sub> [m <sup>3</sup> ]	W <sub>1i</sub> [m <sup>3</sup> ]	W <sub>1p</sub> [m <sup>3</sup> ]
0.00	S1	-0.70	0.7364	0.5488	0.6638	0.2549	0.755	-0.745	-0.354	0.3377	-0.3420	-0.7207
0.70	S2	0.00	0.7364	0.5488	0.6638	0.2549	0.755	-0.745	-0.354	0.3377	-0.3420	-0.7207
1.00	S3	0.30	0.7364	0.5488	0.6638	0.2549	0.755	-0.745	-0.354	0.3377	-0.3420	-0.7207
2.00	S4	1.30	0.7416	0.5492	0.6639	0.2572	0.759	-0.741	-0.466	0.3386	-0.3473	-0.5521
3.00	S5	2.30	0.7416	0.5492	0.6639	0.2572	0.759	-0.741	-0.466	0.3386	-0.3473	-0.5521
4.50	S6	3.80	0.7429	0.5493	0.6639	0.2577	0.761	-0.739	-0.479	0.3388	-0.3485	-0.5379
6.00	S7	5.30	0.7449	0.5476	0.6612	0.2585	0.765	-0.735	-0.605	0.3380	-0.3516	-0.4274
7.50	S8	6.80	0.7462	0.5478	0.6612	0.2590	0.766	-0.734	-0.605	0.3382	-0.3528	-0.4280
9.00	S9	8.30	0.7462	0.5478	0.6612	0.2590	0.766	-0.734	-0.605	0.3382	-0.3528	-0.4280
10.45	S10(Mezz)	9.75	0.7462	0.5478	0.6612	0.2590	0.766	-0.734	-0.605	0.3382	-0.3528	-0.4280
11.90	S11	11.20	0.7462	0.5478	0.6612	0.2590	0.766	-0.734	-0.605	0.3382	-0.3528	-0.4280
13.40	S12	12.70	0.7462	0.5478	0.6612	0.2590	0.766	-0.734	-0.605	0.3382	-0.3528	-0.4280
14.90	S13	14.20	0.7449	0.5476	0.6612	0.2585	0.765	-0.735	-0.605	0.3380	-0.3516	-0.4274
16.40	S14	15.70	0.7429	0.5493	0.6639	0.2577	0.761	-0.739	-0.479	0.3388	-0.3485	-0.5379
17.90	S15	17.20	0.7416	0.5492	0.6639	0.2572	0.759	-0.741	-0.466	0.3386	-0.3473	-0.5521
18.90	S16	18.20	0.7416	0.5492	0.6639	0.2572	0.759	-0.741	-0.466	0.3386	-0.3473	-0.5521
19.90	S17	19.20	0.7364	0.5488	0.6638	0.2549	0.755	-0.745	-0.354	0.3377	-0.3420	-0.7207
20.20	S18	19.50	0.7364	0.5488	0.6638	0.2549	0.755	-0.745	-0.354	0.3377	-0.3420	-0.7207
20.90	S19	20.20	0.7364	0.5488	0.6638	0.2549	0.755	-0.745	-0.354	0.3377	-0.3420	-0.7207

- A<sub>1</sub> = Area sezione ideale omogeneizzata
- S<sub>1i</sub> = Momento statico rispetto al lembo inferiore
- I<sub>1i</sub> = Momento di inerzia rispetto al lembo inferiore
- I<sub>10</sub> = Momento di inerzia baricentrico
- y<sub>1s</sub> = distanza lembo superiore trave dal baricentro trave  
distanza lembo inferiore trave dal baricentro
- y<sub>1i</sub> = trave
- y<sub>1p</sub> = distanza baricentro armature di precompressione dal baricentro trave
- W<sub>1s</sub> = Modulo di resistenza rispetto al lembo superiore trave
- W<sub>1i</sub> = Modulo di resistenza rispetto al lembo inferiore trave
- W<sub>1p</sub> = Modulo di resistenza rispetto al baricentro armature da precompressione

### 10.7.3. SEZIONE MISTA TRAVE + SOLETTA

#### SEZIONE MISTA TRAVE + SOLETTA

CLS Sol.	<b>C35/45</b>		
$f_{ck,sol}$ =	37.35	MPa	Resistenza a compressione cilindrica caratteristica del cls s
$E_{c,sol}$ =	34625	MPa	Modulo di elasticità del calcestruzzo della soletta
$n_c$ =	0.951		Coefficiente di omogeneizzazione dei calcestruzzi
$L_{imp}$ =	<b>11.25</b>	m	Larghezza impalcato (fuori tutto)
$n_{tr}$ =	4		Numero travi
$i_{tr}$ =	<b>2.50</b>	m	Interasse travi
$S_{sol}$ =	<b>0.20</b>	m	Spessore della soletta
$S_{pred}$ =	<b>0.05</b>	m	Spessore dalla

Caratteristiche della sezione mista della trave di bordo															
X <sub>test. trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse pila</sub> [m]	A <sub>2</sub> [m <sup>2</sup> ]	S <sub>2i</sub> [m <sup>3</sup> ]	I <sub>2i</sub> [m <sup>4</sup> ]	I <sub>20</sub> [m <sup>4</sup> ]	Y <sub>2s,sol</sub> [m]	Y <sub>2s</sub> [m]	Y <sub>2i</sub> [m]	Y <sub>2p</sub> [m]	W <sub>2ss</sub> [m <sup>3</sup> ]	W <sub>2si</sub> [m <sup>3</sup> ]	W <sub>2ts</sub> [m <sup>3</sup> ]	W <sub>2ti</sub> [m <sup>3</sup> ]	W <sub>2p</sub> [m <sup>3</sup> ]
0.00	S1	-0.70	1.3419	1.5549	2.32620	0.52436	0.591	0.341	-1.159	-0.767	0.9328	1.6162	1.5367	-0.4525	-0.6834
0.70	S2	0.00	1.3627	1.5815	2.36878	0.53344	0.589	0.339	-1.161	-0.769	0.9518	1.6527	1.5714	-0.4596	-0.6937
1.00	S3	0.30	1.3627	1.5815	2.36878	0.53344	0.589	0.339	-1.161	-0.769	0.9518	1.6527	1.5714	-0.4596	-0.6937
2.00	S4	1.30	1.3679	1.5819	2.36882	0.53946	0.594	0.344	-1.156	-0.882	0.9558	1.6514	1.5702	-0.4665	-0.6119
3.00	S5	2.30	1.3679	1.5819	2.36882	0.53946	0.594	0.344	-1.156	-0.882	0.9558	1.6514	1.5702	-0.4665	-0.6119
4.50	S6	3.80	1.3612	1.5684	2.34569	0.53850	0.598	0.348	-1.152	-0.892	0.9474	1.6285	1.5484	-0.4674	-0.6038
6.00	S7	5.30	1.3632	1.5667	2.34296	0.54227	0.601	0.351	-1.149	-1.019	0.9495	1.6263	1.5464	-0.4718	-0.5322
7.50	S8	6.80	1.3565	1.5544	2.32358	0.54234	0.604	0.354	-1.146	-1.017	0.9442	1.6109	1.5317	-0.4733	-0.5333
9.00	S9	8.30	1.3565	1.5544	2.32358	0.54234	0.604	0.354	-1.146	-1.017	0.9442	1.6109	1.5317	-0.4733	-0.5333
10.45	S10(Mezz)	9.75	1.3565	1.5544	2.32358	0.54234	0.604	0.354	-1.146	-1.017	0.9442	1.6109	1.5317	-0.4733	-0.5333
11.90	S11	11.20	1.3565	1.5544	2.32358	0.54234	0.604	0.354	-1.146	-1.017	0.9442	1.6109	1.5317	-0.4733	-0.5333
13.40	S12	12.70	1.3565	1.5544	2.32358	0.54234	0.604	0.354	-1.146	-1.017	0.9442	1.6109	1.5317	-0.4733	-0.5333
14.90	S13	14.20	1.3632	1.5667	2.34296	0.54227	0.601	0.351	-1.149	-1.019	0.9495	1.6263	1.5464	-0.4718	-0.5322
16.40	S14	15.70	1.3612	1.5684	2.34569	0.53850	0.598	0.348	-1.152	-0.892	0.9474	1.6285	1.5484	-0.4674	-0.6038
17.90	S15	17.20	1.3679	1.5819	2.36882	0.53946	0.594	0.344	-1.156	-0.882	0.9558	1.6514	1.5702	-0.4665	-0.6119
18.90	S16	18.20	1.3679	1.5819	2.36882	0.53946	0.594	0.344	-1.156	-0.882	0.9558	1.6514	1.5702	-0.4665	-0.6119
19.90	S17	19.20	1.3627	1.5815	2.36878	0.53344	0.589	0.339	-1.161	-0.769	0.9518	1.6527	1.5714	-0.4596	-0.6937
20.20	S18	19.50	1.3627	1.5815	2.36878	0.53344	0.589	0.339	-1.161	-0.769	0.9518	1.6527	1.5714	-0.4596	-0.6937
20.90	S19	20.20	1.3467	1.5554	2.32624	0.52981	0.595	0.345	-1.155	-0.763	0.9365	1.6150	1.5356	-0.4587	-0.6940

### 10.8. ARMATURA DI PRECOMPRESSIONE TRAVI – CAMPATA 30M

Si riportano di seguito le caratteristiche generali dell'armatura di precompressione. Il tiro iniziale per le travi di entrambe le campate è a pari a  $\sigma_{ci} = 1400$ MPa.

$\sigma_{pi}$ =	1400	MPa	
$f_{p(1)k}$ =	1670.00	MPa	Tens. Caratt all'1% di def. tot.
$\sigma_{p,\infty}$ =	1336.00	MPa	Tensione massima in esercizio
As =	1.5	cmq	Area 1 Trefolo $\phi 0,6''$ super

Armature di precompressione

Strato	$n_{tr}$	$d_{tr}$ [cm]	$A_u$ [cm <sup>2</sup> ]
6	2	145.0	1.50
5	0		1.50
4	2	75.0	1.50
3	8	16.0	1.50
2	15	11.0	1.50
1	15	6.0	1.50

TOT 42

$n_{tr}$  = Numero di trefoli dello strato

$d_{tr}$  = Distanza dei trefoli dal lembo inferiore

$A_u$  = Area di ciascun trefolo dello strato

Si riportano di seguito le caratteristiche dell'armatura di precompressione per le varie sezioni di verifica.

Strato	x/y	S1 0.00	S2 0.50	S3 1.00	S4 2.00	S5 3.00	S6 4.50	S7 6.00	S8 7.50	S9 9.00
6	145.0	2	2	2	2	2	2	0	0	0
5	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	75.0	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	16.0	2	2	2	2	2	2	8	8	8
2	11.0	3	3	5	5	5	5	15	15	15
1	6.0	6	6	10	10	15	15	15	15	15
tot. tr.		15	15	21	21	26	26	40	40	40
$y_{spi}$ =		36.07	36.07	27.95	27.95	23.73	23.73	13.33	13.33	13.33
$I_{sp}$ =		81587	81587	82166	82166	82436	82436	23480	23480	23480

S10(Mezz) 15.00	S11 21.00	S12 22.50	S13 24.00	S14 25.50	S15 27.00	S16 28.00	S17 29.00	S18 29.50	S19 30.00	
0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
8	8	8	8	2	2	2	2	2	2	
15	15	15	15	5	5	5	5	3	3	
15	15	15	15	15	15	10	10	6	6	
40	40	40	40	26	26	21	21	15	15	
13.33	13.33	13.33	13.33	23.73	23.73	27.95	27.95	36.07	36.07	[cm]
23480	23480	23480	23480	82436	82436	82166	82166	81587	81587	[cm <sup>4</sup> ]

PROGETTAZIONE ATI:



Caratteristiche geometriche delle armature di precompressione							
$X_{\text{test.trave}}$ [m]	Sez.	$X_{\text{asse.pila}}$ [m]	$n_t$	$A_{sp}$ [cm <sup>2</sup> ]	$S_{sp}$ [cm <sup>3</sup> ]	$I_{sp}$ [cm <sup>4</sup> ]	$Y_{spi}$ [cm]
0.00	S1	-0.50	15	22.50	811.50	81587	36.07
0.50	S2	0.00	15	22.50	811.50	81587	36.07
1.00	S3	0.50	21	31.50	880.50	82166	27.95
2.00	S4	1.50	21	31.50	880.50	82166	27.95
3.00	S5	2.50	26	39.00	925.50	82436	23.73
4.50	S6	4.00	26	39.00	925.50	82436	23.73
6.00	S7	5.50	40	60.00	799.50	23480	13.33
7.50	S8	7.00	40	60.00	799.50	23480	13.33
9.00	S9	8.50	40	60.00	799.50	23480	13.33
15.00	S10(Mezz)	14.50	40	60.00	799.50	23480	13.33
21.00	S11	20.50	40	60.00	799.50	23480	13.33
22.50	S12	22.00	40	60.00	799.50	23480	13.33
24.00	S13	23.50	40	60.00	799.50	23480	13.33
25.50	S14	25.00	26	39.00	925.50	82436	23.73
27.00	S15	26.50	26	39.00	925.50	82436	23.73
28.00	S16	27.50	21	31.50	880.50	82166	27.95
29.00	S17	28.50	21	31.50	880.50	82166	27.95
29.50	S18	29.00	15	22.50	811.50	81587	36.07
30.00	S19	29.50	15	22.50	811.50	81587	36.07

#### ARMATURE ORDINARIE

$p_{s,agg}$ =	0.20	m	Passo delle armature superiori aggiuntive all'appoggio
$p_{i,agg}$ =	0.20	m	Passo delle armature inferiori aggiuntive all'appoggio
$p_{ss}$ =	0.20	m	Passo delle armature superiori correnti in soletta
$p_{is}$ =	0.20	m	Passo delle armature inferiori correnti in soletta
$c$ =	5.00	cm	Copriferro armature in soletta (asse armatura)

#### Dettaglio armature ordinarie Trave di bordo

Strato	$n_s$	$\phi$ [mm]	$d$ [cm]	$x_1$ [m]	$x_2$ [m]	$A_s$ [cm <sup>2</sup> ]
7	14.9	12	170	0.00	4.00	16.80
6	14.9	12	156	0.00	6.00	16.80
5	14.9	12	170	0.00	30.00	16.80
4	14.9	12	156	0.00	30.00	16.80
3	0	0	0	11	19	0
2	10	8	12	0	30.00	5.03
1	10	8	6	0	30.00	5.03

$n_s$ =	Numero ferri dello strato
$\phi$ =	Diametro dei ferri dello strato
$d$ =	Distanza dal lembo inferiore
$x_1$ =	Ascissa iniziale dalla testa trave
$x_2$ =	Ascissa finale dalla testa trave
$A_s$ =	Area totale dello strato

PROGETTAZIONE ATI:

Caratteristiche travi e armature a taglio - Singola nervatura trave						
X <sub>test.trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse pila</sub> 0	bracci [-]	φ [mm]	ρ [cm]	A <sub>sw/s</sub> [cm <sup>2</sup> /m]
0.00	S1	-0.50	2	14	10	30.79
0.50	S2	0.00	2	14	10	30.79
1.00	S3	0.50	2	14	10	30.79
2.00	S4	1.50	2	14	10	30.79
3.00	S5	2.50	2	12	10	22.62
4.50	S6	4.00	2	12	10	22.62
6.00	S7	5.50	2	12	20	11.31
7.50	S8	7.00	2	12	20	11.31
9.00	S9	8.50	2	12	20	11.31
15.00	S10(Mezz)	14.50	2	12	20	11.31
21.00	S11	20.50	2	12	20	11.31
22.50	S12	22.00	2	12	20	11.31
24.00	S13	23.50	2	12	20	11.31
25.50	S14	25.00	2	12	10	22.62
27.00	S15	26.50	2	12	10	22.62
28.00	S16	27.50	2	14	10	30.79
29.00	S17	28.50	2	14	10	30.79
29.50	S18	29.00	2	14	10	30.79
30.00	S19	29.50	2	14	10	30.79

PROGETTAZIONE ATI:

## 10.9. CARATTERISTICHE DELLE SEZIONI – CAMPATA 30M

### 10.9.1. TRAVE ISOLATA

Caratteristiche geometriche delle sezioni della trave isolata							
X <sub>test. trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse app</sub> [m]	A <sub>C</sub> [m <sup>2</sup> ]	S <sub>ci</sub> [m <sup>3</sup> ]	I <sub>ci</sub> [m <sup>4</sup> ]	I <sub>co</sub> [m <sup>4</sup> ]	Y <sub>Gi</sub> [m]
0.00	S1	-0.50	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
0.50	S2	0.00	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
1.00	S3	0.50	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
2.00	S4	1.50	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
3.00	S5	2.50	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
4.50	S6	4.00	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
6.00	S7	5.50	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
7.50	S8	7.00	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
9.00	S9	8.50	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
15.00	S10(Mezz)	14.50	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
21.00	S11	20.50	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
22.50	S12	22.00	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
24.00	S13	23.50	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
25.50	S14	25.00	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
27.00	S15	26.50	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
28.00	S16	27.50	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
29.00	S17	28.50	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
29.50	S18	29.00	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537
30.00	S19	29.50	0.7231	0.5450	0.6603	0.2495	0.7537

A<sub>C</sub> = Area  
 Momento statico rispetto al lembo inferiore  
 S<sub>ci</sub> = trave  
 I<sub>ci</sub> = Momento di Inerzia rispetto al lembo inferiore trave  
 I<sub>co</sub> = Momento di Inerzia baricentrico  
 Y<sub>Gi</sub> = Distanza del baricentro rispetto al lembo inferiore trave

### 10.9.2. SEZIONE IDEALE OMOGENEIZZATA

CLS Trave **C45/55**  
 f<sub>ck,tr</sub> = 45.65 MPa Resistenza a compressione cilindrica caratteristica del cls travi  
 E<sub>cm</sub> = 36416 MPa Modulo di elasticità del calcestruzzo delle travi  
 E<sub>s</sub> = 210000 MPa Modulo di elasticità dell'armatura ordinaria  
 E<sub>p</sub> = 195000 MPa Modulo di elasticità dell'armatura di precompressione  
 ω<sub>p</sub> = 5.35 Coeff. di omogeneizzazione acciaio di precompressione  
 ω<sub>s</sub> = 5.77 Coeff. di omogeneizzazione acciaio ordinario

PROGETTAZIONE ATI:

Caratteristiche Geometriche Sezione Ideale Omogeneizzata												
X <sub>test. trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse pila</sub> [m]	A <sub>1</sub> [m <sup>2</sup> ]	S <sub>1i</sub> [m <sup>3</sup> ]	I <sub>1i</sub> [m <sup>4</sup> ]	I <sub>10</sub> [m <sup>4</sup> ]	Y <sub>1s</sub> [m]	Y <sub>1i</sub> [m]	Y <sub>1p</sub> [m]	W <sub>1s</sub> [m <sup>3</sup> ]	W <sub>1i</sub> [m <sup>3</sup> ]	W <sub>1p</sub> [m <sup>3</sup> ]
0.00	S1	-0.50	0.7377	0.5490	0.6639	0.2553	0.756	-0.744	-0.384	0.3378	-0.3431	-0.6658
0.50	S2	0.00	0.7377	0.5490	0.6639	0.2553	0.756	-0.744	-0.384	0.3378	-0.3431	-0.6658
1.00	S3	0.50	0.7416	0.5493	0.6639	0.2571	0.759	-0.741	-0.461	0.3385	-0.3471	-0.5575
2.00	S4	1.50	0.7416	0.5493	0.6639	0.2571	0.759	-0.741	-0.461	0.3385	-0.3471	-0.5575
3.00	S5	2.50	0.7449	0.5495	0.6639	0.2586	0.762	-0.738	-0.500	0.3392	-0.3506	-0.5168
4.50	S6	4.00	0.7449	0.5495	0.6639	0.2586	0.762	-0.738	-0.500	0.3392	-0.3506	-0.5168
6.00	S7	5.50	0.7540	0.5489	0.6613	0.2617	0.772	-0.728	-0.595	0.3390	-0.3595	-0.4401
7.50	S8	7.00	0.7540	0.5489	0.6613	0.2617	0.772	-0.728	-0.595	0.3390	-0.3595	-0.4401
9.00	S9	8.50	0.7540	0.5489	0.6613	0.2617	0.772	-0.728	-0.595	0.3390	-0.3595	-0.4401
15.00	S10(Mezz)	14.50	0.7540	0.5489	0.6613	0.2617	0.772	-0.728	-0.595	0.3390	-0.3595	-0.4401
21.00	S11	20.50	0.7540	0.5489	0.6613	0.2617	0.772	-0.728	-0.595	0.3390	-0.3595	-0.4401
22.50	S12	22.00	0.7540	0.5489	0.6613	0.2617	0.772	-0.728	-0.595	0.3390	-0.3595	-0.4401
24.00	S13	23.50	0.7540	0.5489	0.6613	0.2617	0.772	-0.728	-0.595	0.3390	-0.3595	-0.4401
25.50	S14	25.00	0.7449	0.5495	0.6639	0.2586	0.762	-0.738	-0.500	0.3392	-0.3506	-0.5168
27.00	S15	26.50	0.7449	0.5495	0.6639	0.2586	0.762	-0.738	-0.500	0.3392	-0.3506	-0.5168
28.00	S16	27.50	0.7416	0.5493	0.6639	0.2571	0.759	-0.741	-0.461	0.3385	-0.3471	-0.5575
29.00	S17	28.50	0.7416	0.5493	0.6639	0.2571	0.759	-0.741	-0.461	0.3385	-0.3471	-0.5575
29.50	S18	29.00	0.7377	0.5490	0.6639	0.2553	0.756	-0.744	-0.384	0.3378	-0.3431	-0.6658
30.00	S19	29.50	0.7377	0.5490	0.6639	0.2553	0.756	-0.744	-0.384	0.3378	-0.3431	-0.6658

- A<sub>1</sub> = Area sezione ideale omogeneizzata  
S<sub>1i</sub> = Momento statico rispetto al lembo inferiore  
I<sub>1i</sub> = Momento di inerzia rispetto al lembo inferiore  
I<sub>10</sub> = Momento di inerzia baricentrico  
Y<sub>1s</sub> = distanza lembo superiore trave dal baricentro trave  
Y<sub>1i</sub> = distanza lembo inferiore trave dal baricentro trave  
Y<sub>1p</sub> = distanza baricentro armature di precompressione dal baricentro trave  
W<sub>1s</sub> = Modulo di resistenza rispetto al lembo superiore trave  
W<sub>1i</sub> = Modulo di resistenza rispetto al lembo inferiore trave  
W<sub>1p</sub> = Modulo di resistenza rispetto al baricentro armature da precompressione

### 10.9.3. SEZIONE MISTA TRAVE + SOLETTA

#### SEZIONE MISTA TRAVE + SOLETTA

CLS Sol. **C35/45**

f <sub>ck,sol</sub> =	37.35	MPa	Resistenza a compressione cilindrica caratteristica del cls soletta
E <sub>c,sol</sub> =	34625	MPa	Modulo di elasticità del calcestruzzo della soletta
n <sub>c</sub> =	0.951		Coefficiente di omogeneizzazione dei calcestruzzi
L <sub>imp</sub> =	11.25	m	Larghezza impalcato (fuori tutto)
n <sup>o</sup> <sub>tr</sub> =	4		Numero travi
i <sub>tr</sub> =	2.50	m	Interasse travi
S <sub>sol</sub> =	0.20	m	Spessore della soletta
S <sub>pred</sub> =	0.05	m	Spessore dalla

PROGETTAZIONE ATI:

Caratteristiche della sezione mista della trave di bordo															
X <sub>test. trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse pila</sub> [m]	A <sub>2</sub> [m <sup>2</sup> ]	S <sub>2i</sub> [m <sup>3</sup> ]	I <sub>2i</sub> [m <sup>4</sup> ]	I <sub>20</sub> [m <sup>4</sup> ]	Y <sub>2s,soi</sub> [m]	Y <sub>2s</sub> [m]	Y <sub>2i</sub> [m]	Y <sub>2p</sub> [m]	W <sub>2ss</sub> [m <sup>3</sup> ]	W <sub>2si</sub> [m <sup>3</sup> ]	W <sub>2is</sub> [m <sup>3</sup> ]	W <sub>2ti</sub> [m <sup>3</sup> ]	W <sub>2p</sub> [m <sup>3</sup> ]
0.00	S1	-0.50	1.3432	1.5552	2.32623	0.52566	0.592	0.342	-1.158	-0.797	0.9336	1.6156	1.5362	-0.4540	-0.6594
0.50	S2	0.00	1.3640	1.5817	2.36881	0.53475	0.590	0.340	-1.160	-0.799	0.9525	1.6521	1.5708	-0.4612	-0.6693
1.00	S3	0.50	1.3679	1.5820	2.36884	0.53933	0.594	0.344	-1.156	-0.877	0.9557	1.6512	1.5700	-0.4664	-0.6150
2.00	S4	1.50	1.3679	1.5820	2.36884	0.53933	0.594	0.344	-1.156	-0.877	0.9557	1.6512	1.5700	-0.4664	-0.6150
3.00	S5	2.50	1.3712	1.5822	2.36885	0.54325	0.596	0.346	-1.154	-0.917	0.9584	1.6506	1.5695	-0.4708	-0.5927
4.50	S6	4.00	1.3632	1.5685	2.34570	0.54085	0.599	0.349	-1.151	-0.913	0.9491	1.6282	1.5482	-0.4700	-0.5922
6.00	S7	5.50	1.3643	1.5555	2.32375	0.55018	0.610	0.360	-1.140	-1.007	0.9488	1.6081	1.5290	-0.4825	-0.5464
7.50	S8	7.00	1.3643	1.5555	2.32375	0.55018	0.610	0.360	-1.140	-1.007	0.9488	1.6081	1.5290	-0.4825	-0.5464
9.00	S9	8.50	1.3643	1.5555	2.32375	0.55018	0.610	0.360	-1.140	-1.007	0.9488	1.6081	1.5290	-0.4825	-0.5464
15.00	S10(Mezz)	14.50	1.3643	1.5555	2.32375	0.55018	0.610	0.360	-1.140	-1.007	0.9488	1.6081	1.5290	-0.4825	-0.5464
21.00	S11	20.50	1.3643	1.5555	2.32375	0.55018	0.610	0.360	-1.140	-1.007	0.9488	1.6081	1.5290	-0.4825	-0.5464
22.50	S12	22.00	1.3643	1.5555	2.32375	0.55018	0.610	0.360	-1.140	-1.007	0.9488	1.6081	1.5290	-0.4825	-0.5464
24.00	S13	23.50	1.3643	1.5555	2.32375	0.55018	0.610	0.360	-1.140	-1.007	0.9488	1.6081	1.5290	-0.4825	-0.5464
25.50	S14	25.00	1.3632	1.5685	2.34570	0.54085	0.599	0.349	-1.151	-0.913	0.9491	1.6282	1.5482	-0.4700	-0.5922
27.00	S15	26.50	1.3712	1.5822	2.36885	0.54325	0.596	0.346	-1.154	-0.917	0.9584	1.6506	1.5695	-0.4708	-0.5927
28.00	S16	27.50	1.3679	1.5820	2.36884	0.53933	0.594	0.344	-1.156	-0.877	0.9557	1.6512	1.5700	-0.4664	-0.6150
29.00	S17	28.50	1.3679	1.5820	2.36884	0.53933	0.594	0.344	-1.156	-0.877	0.9557	1.6512	1.5700	-0.4664	-0.6150
29.50	S18	29.00	1.3640	1.5817	2.36881	0.53475	0.590	0.340	-1.160	-0.799	0.9525	1.6521	1.5708	-0.4612	-0.6693
30.00	S19	29.50	1.3480	1.5556	2.32628	0.53111	0.596	0.346	-1.154	-0.793	0.9372	1.6144	1.5351	-0.4602	-0.6694

### 10.9.1. CARATTERISTICHE DELLE SOLLECITAZIONI NELLE VARIE FASI PER TRAVE DI BORDO – CAMPATA 20M

Si riportano di seguito le caratteristiche delle sollecitazioni in termini di momento flettente M e taglio V relative alla trave maggiormente sollecitata.

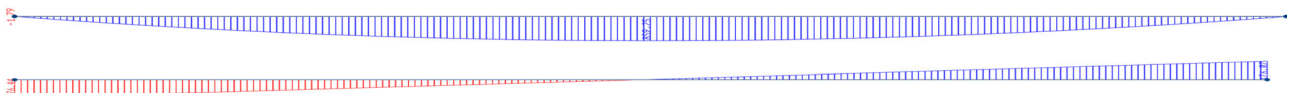


Figura 10.3: Momento flettente e taglio peso proprio

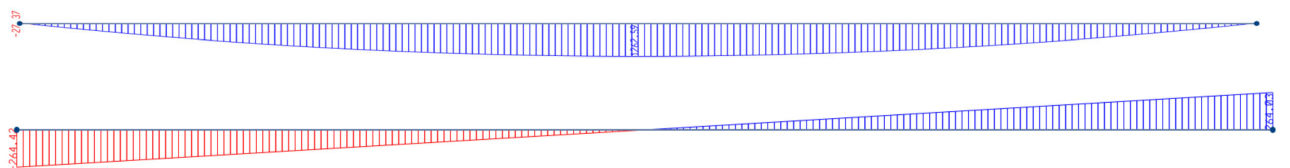


Figura 10.4 Momento flettente e taglio getto soletta

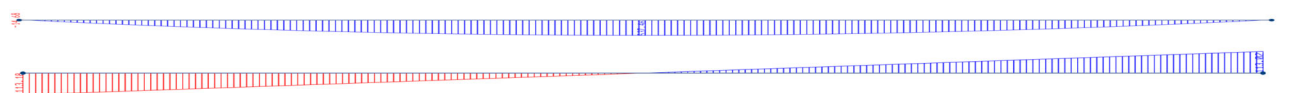


Figura 10.5 Momento flettente e taglio G2

PROGETTAZIONE ATI:

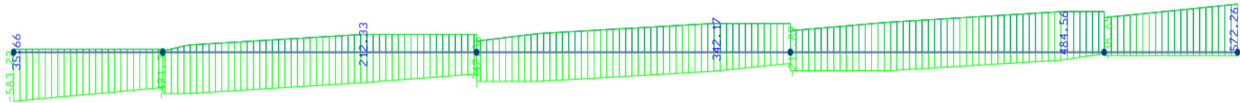


Figura 10.6 Momento flettente e taglio carichi mobili tandem

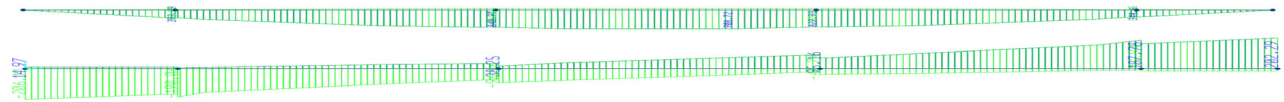


Figura 10.7 Momento flettente e taglio carichi mobili distribuiti

### 10.9.2. CARATTERISTICHE DELLE SOLLECITAZIONI NELLE VARIE FASI PER TRAVE DI BORDO – CAMPATA 30M

Si riportano di seguito le caratteristiche delle sollecitazioni in termini di momento flettente M e taglio V relative alla trave maggiormente sollecitata.

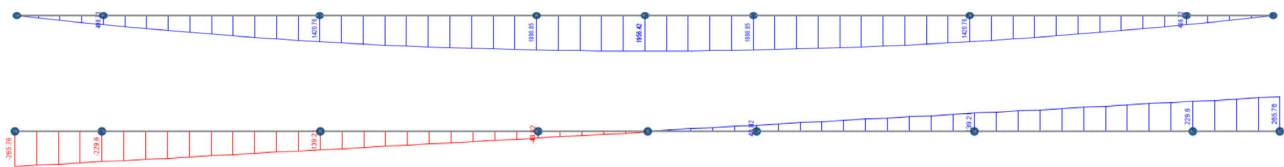


Figura 10.8: Momento flettente e taglio peso proprio

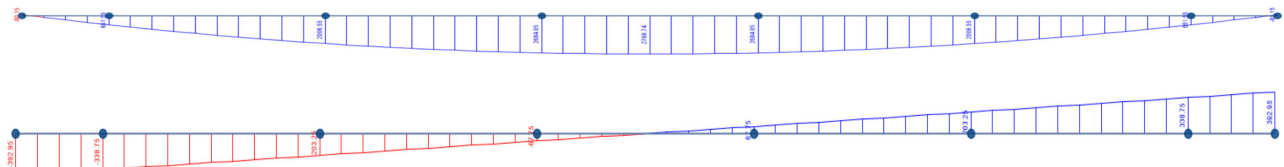


Figura 10.9 Momento flettente e taglio getto soletta

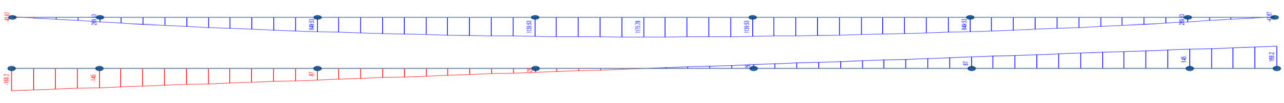


Figura 10.10 Momento flettente e taglio G2

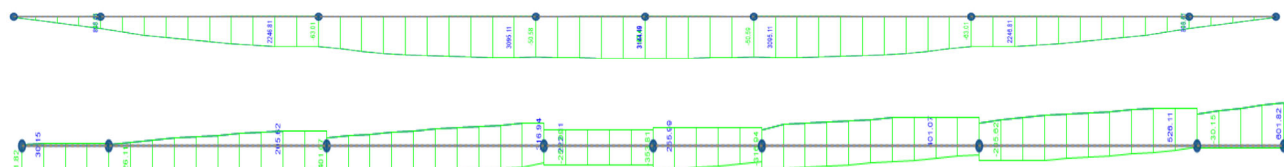


Figura 10.11 Momento flettente e taglio carichi mobili tandem

PROGETTAZIONE ATI:

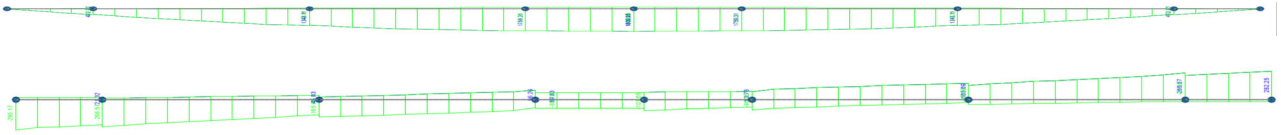


Figura 10.12 Momento flettente e taglio carichi mobili distribuiti

PROGETTAZIONE ATI:

## 11. VERIFICHE TRAVI

### 11.1. PRECOMPRESSIONE E CADUTE DI TENSIONE – CAMPATA 20M

Nei paragrafi che seguono sono calcolate le precompressioni iniziali e valutate le cadute di tensione nelle diverse fasi di calcolo considerate.

#### 11.1.1. FASE 1: VERIFICHE ALL'ATTO DEL RILASCIO

Per le verifiche all'atto del rilascio si considerano i valori di sforzo normale e momento flettente dovuti alla precompressione determinati con una lunghezza di trasmissione della precompressione pari al valore inferiore di  $l_{pt}$  ed assumendo che all'estremità delle guaine i corrispondenti cavi siano attivi (condizioni che massimizzano i valori delle tensioni di trazione al lembo teso e compressione al lembo compresso).

Si considerano i soli effetti di precompressione e peso proprio. Sezione resistente trave isolata.

Verifica delle condizioni iniziali														
$x_{test.trave}$ [m]	Sez.	$x_{asse.pila}$ [m]	$P_0$ [kN]	$M_{P0}$ [kNm]	$\sigma_{p0ts}$ [MPa]	$\sigma_{p0ti}$ [MPa]	$\sigma_{p0pi}$ [MPa]	$M_{g0}$ [kNm]	$\Delta\sigma_{g0ts}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{g0ti}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{g0pi}$ [MPa]	$\sigma_{ts,li}$ [MPa]	$\sigma_{ti,li}$ [MPa]	$\sigma_{ti,pi}$ [MPa]
0.00	S1	-0.70	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.70	S2	0.00	2730.0	-965.5	0.85	6.53	5.05	-1.8	-0.01	0.01	0.00	0.84	6.54	5.05
1.00	S3	0.30	4410.0	-2054.1	-0.12	11.86	9.67	33.3	0.10	-0.10	-0.06	-0.02	11.77	9.61
2.00	S4	1.30	4410.0	-2054.1	-0.12	11.86	9.67	197.9	0.58	-0.57	-0.36	0.46	11.29	9.31
3.00	S5	2.30	4830.0	-2313.6	-0.33	13.14	10.80	344.2	1.02	-0.99	-0.64	0.69	12.15	10.16
4.50	S6	3.80	5460.0	-3302.4	-2.44	16.72	15.06	529.4	1.57	-1.51	-1.24	-0.87	15.22	13.82
6.00	S7	5.30	5880.0	-3558.5	-2.64	17.97	16.19	673.5	1.99	-1.91	-1.57	-0.65	16.06	14.62
7.50	S8	6.80	5880.0	-3558.5	-2.64	17.97	16.19	776.5	2.30	-2.20	-1.81	-0.35	15.77	14.38
9.00	S9	8.30	5880.0	-3558.5	-2.64	17.97	16.19	838.4	2.48	-2.38	-1.96	-0.16	15.59	14.24
10.45	S10(Mezz)	9.75	5880.0	-3558.5	-2.64	17.97	16.19	859.3	2.54	-2.44	-2.01	-0.10	15.53	14.19
11.90	S11	11.20	5880.0	-3558.5	-2.64	17.97	16.19	841.6	2.49	-2.39	-1.97	-0.15	15.58	14.23
13.40	S12	12.70	5880.0	-3558.5	-2.64	17.97	16.19	783.0	2.32	-2.22	-1.83	-0.33	15.75	14.37
14.90	S13	14.20	5880.0	-3558.5	-2.64	17.97	16.19	683.3	2.02	-1.94	-1.60	-0.62	16.03	14.60
16.40	S14	15.70	5460.0	-3302.4	-2.44	16.72	15.06	542.5	1.60	-1.54	-1.27	-0.83	15.18	13.79
17.90	S15	17.20	4830.0	-2313.6	-0.33	13.14	10.80	360.5	1.06	-1.03	-0.67	0.74	12.11	10.13
18.90	S16	18.20	4410.0	-2054.1	-0.12	11.86	9.67	216.4	0.64	-0.62	-0.39	0.52	11.24	9.28
19.90	S17	19.20	4410.0	-2054.1	-0.12	11.86	9.67	54.1	0.16	-0.16	-0.10	0.04	11.71	9.57
20.20	S18	19.50	2730.0	-965.5	0.85	6.53	5.05	1.8	0.01	-0.01	0.00	0.85	6.52	5.04
20.90	S19	20.20	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Per tutte le sezioni risulta

- $\sigma_t < f_{ctm}/1.2$ . La verifica è soddisfatta
- $\sigma_c < 0,7 \times f_{ck}$ . La verifica è soddisfatta

#### 11.1.2. FASE 2: GETTI IN OPERA

Si determinano nel seguito le tensioni dovute al getto in opera della soletta e si valuta l'aliquota di cadute di tensione tra 45 e 60 gg.



Tensioni dovute al getto soletta sulla trave di bordo									
$x_{\text{test.trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	$M_{g1}$ [kNm]	$\Delta\sigma_{g1ts}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{g1ti}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{g1pi}$ [MPa]	$\sigma_{s,2ts}$ [MPa]	$\sigma_{i,2ti}$ [MPa]	$\sigma_{i,2pi}$ [MPa]
0.00	S1	-0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.18	-0.14
0.70	S2	0.00	-27.22	-0.08	0.08	0.04	0.46	4.31	3.30
1.00	S3	0.30	25.39	0.08	-0.07	-0.04	0.97	5.94	4.64
2.00	S4	1.30	271.99	0.80	-0.78	-0.49	1.27	9.87	8.29
3.00	S5	2.30	491.20	1.45	-1.41	-0.89	2.35	8.82	7.64
4.50	S6	3.80	768.69	2.27	-2.21	-1.43	3.52	8.69	7.79
6.00	S7	5.30	984.57	2.91	-2.80	-2.30	2.62	10.93	10.21
7.50	S8	6.80	1138.85	3.37	-3.23	-2.66	3.20	11.34	10.64
9.00	S9	8.30	1231.52	3.64	-3.49	-2.88	3.65	10.91	10.29
10.45	S10(Mezz)	9.75	1262.59	3.73	-3.58	-2.95	3.81	10.77	10.17
11.90	S11	11.20	1236.00	3.65	-3.50	-2.89	3.68	10.89	10.27
13.40	S12	12.70	1147.96	3.39	-3.25	-2.68	3.24	11.30	10.61
14.90	S13	14.20	998.32	2.95	-2.84	-2.34	2.69	10.87	10.15
16.40	S14	15.70	787.07	2.32	-2.26	-1.46	3.61	8.60	7.74
17.90	S15	17.20	514.22	1.52	-1.48	-0.93	2.47	8.71	7.57
18.90	S16	18.20	298.09	0.88	-0.86	-0.54	1.41	9.74	8.21
19.90	S17	19.20	54.58	0.16	-0.16	-0.08	1.12	5.79	4.57
20.20	S18	19.50	-23.81	-0.07	0.07	0.03	0.48	4.29	3.29
20.90	S19	20.20	0.55	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.18	-0.14

Tensioni risultanti al giorno : 60										
$x_{\text{test.trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	$\Delta_2 P$ [kN]	$\Delta_2 M_p$ [kNm]	$\Delta_2 \sigma_{ts,p}$ [MPa]	$\Delta_2 \sigma_{ti,p}$ [MPa]	$\Delta_2 \sigma_{pi,p}$ [MPa]	$\sigma_{ts,2f}$ [MPa]	$\sigma_{ti,2f}$ [MPa]	$\sigma_{pi,2f}$ [MPa]
0.00	S1	-0.70	-6.80	2.41	0.00	-0.02	-0.01	-0.03	-0.19	-0.15
0.70	S2	0.00	-9.31	3.29	0.00	-0.02	-0.02	0.46	4.28	3.29
1.00	S3	0.30	-10.28	3.64	0.00	-0.02	-0.02	0.96	5.91	4.62
2.00	S4	1.30	-20.81	9.69	0.00	-0.06	-0.05	1.27	9.81	8.25
3.00	S5	2.30	-20.06	9.34	0.00	-0.05	-0.04	2.35	8.77	7.59
4.50	S6	3.80	-22.16	10.62	0.00	-0.06	-0.05	3.52	8.63	7.74
6.00	S7	5.30	-28.49	17.23	0.01	-0.09	-0.08	2.64	10.84	10.13
7.50	S8	6.80	-31.35	18.97	0.01	-0.10	-0.09	3.21	11.25	10.56
9.00	S9	8.30	-30.82	18.65	0.01	-0.09	-0.08	3.67	10.82	10.20
10.45	S10(Mezz)	9.75	-30.64	18.54	0.01	-0.09	-0.08	3.82	10.67	10.09
11.90	S11	11.20	-30.79	18.63	0.01	-0.09	-0.08	3.69	10.80	10.19
13.40	S12	12.70	-31.30	18.94	0.01	-0.10	-0.09	3.26	11.20	10.52
14.90	S13	14.20	-28.42	17.19	0.01	-0.09	-0.08	2.70	10.78	10.08
16.40	S14	15.70	-22.09	10.58	0.00	-0.06	-0.05	3.62	8.54	7.69
17.90	S15	17.20	-19.98	9.31	0.00	-0.05	-0.04	2.47	8.66	7.52
18.90	S16	18.20	-20.72	9.65	0.00	-0.06	-0.05	1.41	9.68	8.17
19.90	S17	19.20	-10.23	3.62	0.00	-0.02	-0.02	1.11	5.77	4.55
20.20	S18	19.50	-9.30	3.29	0.00	-0.02	-0.02	0.48	4.26	3.28
20.90	S19	20.20	-6.80	2.41	0.00	-0.02	-0.01	-0.02	-0.20	-0.15

### 11.1.3. FASE 3: CARICHI PERMANENTI PORTATI

Nella terza fase si considerano le cadute che si sviluppano dall'applicazione dei carichi permanenti portati fino a tempo infinito. Le cadute della terza fase sono scontate sulla sezione mista trave – soletta.

Tensioni dovute ai carichi permanenti portati sulla trave di bordo													
$x_{\text{test.trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	$M_{g2}$ [kNm]	$\Delta\sigma_{g2ss}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{g2si}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{g2ts}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{g2ti}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{g2pi}$ [MPa]	$\sigma_{ss,3i}$ [MPa]	$\sigma_{si,3i}$ [MPa]	$\sigma_{ts,3i}$ [MPa]	$\sigma_{ti,3i}$ [MPa]	$\sigma_{i,3pi}$ [MPa]
0.00	S1	-0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.03	-0.19	-0.15
0.70	S2	0.00	-3.59	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.46	4.29	3.29
1.00	S3	0.30	15.33	0.02	0.01	0.01	-0.03	-0.02	0.02	0.01	0.97	5.88	4.60
2.00	S4	1.30	102.87	0.11	0.06	0.07	-0.22	-0.17	0.11	0.06	1.34	9.59	8.08
3.00	S5	2.30	178.70	0.19	0.11	0.11	-0.38	-0.29	0.19	0.11	2.47	8.39	7.30
4.50	S6	3.80	265.79	0.28	0.16	0.17	-0.57	-0.44	0.28	0.16	3.70	8.06	7.30
6.00	S7	5.30	338.77	0.36	0.21	0.22	-0.72	-0.64	0.36	0.21	2.85	10.13	9.49
7.50	S8	6.80	385.37	0.41	0.24	0.25	-0.81	-0.72	0.41	0.24	3.46	10.43	9.83
9.00	S9	8.30	411.12	0.44	0.26	0.27	-0.87	-0.77	0.44	0.26	3.94	9.95	9.43
10.45	S10(Mezz)	9.75	424.25	0.45	0.26	0.28	-0.90	-0.80	0.45	0.26	4.10	9.78	9.29
11.90	S11	11.20	412.72	0.44	0.26	0.27	-0.87	-0.77	0.44	0.26	3.96	9.92	9.41
13.40	S12	12.70	380.54	0.40	0.24	0.25	-0.80	-0.71	0.40	0.24	3.51	10.40	9.81
14.90	S13	14.20	337.07	0.36	0.21	0.22	-0.71	-0.63	0.36	0.21	2.92	10.06	9.44
16.40	S14	15.70	267.23	0.28	0.16	0.17	-0.57	-0.44	0.28	0.16	3.79	7.97	7.24
17.90	S15	17.20	171.02	0.18	0.10	0.11	-0.37	-0.28	0.18	0.10	2.58	8.29	7.25
18.90	S16	18.20	106.30	0.11	0.06	0.07	-0.23	-0.17	0.11	0.06	1.47	9.46	7.99
19.90	S17	19.20	24.61	0.03	0.01	0.02	-0.05	-0.04	0.03	0.01	1.13	5.71	4.52
20.20	S18	19.50	-2.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	4.27	3.28
20.90	S19	20.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.20	-0.15

$x_{\text{test.trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	Cadute di tensione dal giorno		60	a tempo infinito	(terza quota delle cadute di tensione)			
			$\Delta\epsilon_{cs}$ ‰	$\Delta\sigma_{cs}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{pr}$ [MPa]	$\Delta\phi$	$\Delta\sigma_{creep}$ [MPa]	$\Sigma\Delta\sigma$ [MPa]	Denom	$\Delta\sigma_{p,cs+pr}$ [MPa]
0.00	S1	-0.70	0.203	39.59	45.69	1.130	0.00	85.28	1.01	84.03
0.70	S2	0.00	0.203	39.59	45.69	1.130	30.81	116.09	1.01	114.42
1.00	S3	0.30	0.203	39.59	45.69	1.130	57.78	143.06	1.01	141.00
2.00	S4	1.30	0.203	39.59	45.69	1.130	52.33	137.60	1.02	134.45
3.00	S5	2.30	0.203	39.59	45.69	1.130	54.34	139.62	1.02	136.41
4.50	S6	3.80	0.203	39.59	45.69	1.130	72.30	157.58	1.03	153.61
6.00	S7	5.30	0.203	39.59	45.69	1.130	70.68	155.95	1.03	151.53
7.50	S8	6.80	0.203	39.59	45.69	1.130	66.54	151.82	1.03	147.17
9.00	S9	8.30	0.203	39.59	45.69	1.130	64.06	149.34	1.03	144.77
10.45	S10(Mezz)	9.75	0.203	39.59	45.69	1.130	63.18	148.45	1.03	143.91
11.90	S11	11.20	0.203	39.59	45.69	1.130	63.94	149.21	1.03	144.64
13.40	S12	12.70	0.203	39.59	45.69	1.130	66.37	151.65	1.03	147.01
14.90	S13	14.20	0.203	39.59	45.69	1.130	70.37	155.64	1.03	151.23
16.40	S14	15.70	0.203	39.59	45.69	1.130	71.90	157.17	1.03	153.21
17.90	S15	17.20	0.203	39.59	45.69	1.130	53.98	139.26	1.02	136.06
18.90	S16	18.20	0.203	39.59	45.69	1.130	51.80	137.08	1.02	133.93
19.90	S17	19.20	0.203	39.59	45.69	1.130	57.23	142.50	1.01	140.46
20.20	S18	19.50	0.203	39.59	45.69	1.130	30.74	116.02	1.01	114.35
20.90	S19	20.20	0.203	39.59	45.69	1.130	-0.01	85.26	1.01	84.02

Tensioni dovute al ritiro differenziale trave soletta									
$x_{test, trave}$ [m]	Sez.	$x_{asse\ pila}$ [m]	$N_{rd}$ [kN]	$M_{rd}$ [kNm]	$\Delta\sigma_{rd,ss}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{rd,si}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{rd,ts}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{rd,ti}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{rd,pi}$ [MPa]
0.00	S1	-0.70	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.70	S2	0.00	2690	1285.82	3.33	2.75	2.79	-0.82	0.12
1.00	S3	0.30	2690	1285.82	3.33	2.75	2.79	-0.82	0.12
2.00	S4	1.30	2690	1285.82	3.31	2.75	2.79	-0.79	-0.13
3.00	S5	2.30	2690	1285.82	3.31	2.75	2.79	-0.79	-0.13
4.50	S6	3.80	2690	1285.82	3.33	2.77	2.81	-0.78	-0.15
6.00	S7	5.30	2690	1285.82	3.33	2.76	2.80	-0.75	-0.44
7.50	S8	6.80	2690	1285.82	3.34	2.78	2.82	-0.73	-0.43
9.00	S9	8.30	2690	1285.82	3.34	2.78	2.82	-0.73	-0.43
10.45	S10(Mezz)	9.75	2690	1285.82	3.34	2.78	2.82	-0.73	-0.43
11.90	S11	11.20	2690	1285.82	3.34	2.78	2.82	-0.73	-0.43
13.40	S12	12.70	2690	1285.82	3.34	2.78	2.82	-0.73	-0.43
14.90	S13	14.20	2690	1285.82	3.33	2.76	2.80	-0.75	-0.44
16.40	S14	15.70	2690	1285.82	3.33	2.77	2.81	-0.78	-0.15
17.90	S15	17.20	2690	1285.82	3.31	2.75	2.79	-0.79	-0.13
18.90	S16	18.20	2690	1285.82	3.31	2.75	2.79	-0.79	-0.13
19.90	S17	19.20	2690	1285.82	3.33	2.75	2.79	-0.82	0.12
20.20	S18	19.50	2690	1285.82	3.33	2.75	2.79	-0.82	0.12
20.90	S19	20.20	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tensioni dovute ai permanenti a tempo infinito															
$x_{test, trave}$ [m]	Sez.	$x_{asse\ pila}$ [m]	$\Delta_3 P$ [kN]	$\Delta_3 M_p$ [kNm]	$\Delta_3 \sigma_{ss,p}$ [MPa]	$\Delta_3 \sigma_{si,p}$ [MPa]	$\Delta_3 \sigma_{ts,p}$ [MPa]	$\Delta_3 \sigma_{ti,p}$ [MPa]	$\Delta_3 \sigma_{pi,p}$ [MPa]	$\sigma_{ss,3f}$ [MPa]	$\sigma_{si,3f}$ [MPa]	$\sigma_{ts,3f}$ [MPa]	$\sigma_{ti,3f}$ [MPa]	$\sigma_{pi,3f}$ [MPa]	$\sigma_{3f}$ [MPa]
0.00	S1	-0.70	-163.86	125.72	0.01	-0.04	-0.04	-0.40	-0.31	0.01	-0.04	-0.07	-0.59	-0.46	-0.19
0.70	S2	0.00	-223.12	171.58	0.02	-0.06	-0.05	-0.54	-0.41	0.01	-0.06	0.40	3.75	2.88	1.16
1.00	S3	0.30	-274.95	211.44	0.02	-0.07	-0.07	-0.66	-0.51	0.04	-0.06	0.91	5.22	4.09	1.88
2.00	S4	1.30	-423.50	373.39	0.08	-0.08	-0.07	-1.11	-0.92	0.19	-0.02	1.27	8.48	7.16	2.92
3.00	S5	2.30	-429.70	378.85	0.08	-0.08	-0.07	-1.13	-0.93	0.27	0.02	2.40	7.26	6.37	3.51
4.50	S6	3.80	-529.94	472.60	0.11	-0.10	-0.08	-1.40	-1.17	0.39	0.06	3.61	6.66	6.13	4.32
6.00	S7	5.30	-590.98	602.17	0.20	-0.06	-0.04	-1.71	-1.57	0.56	0.15	2.81	8.42	7.93	4.12
7.50	S8	6.80	-618.11	628.61	0.21	-0.07	-0.05	-1.78	-1.63	0.62	0.17	3.42	8.65	8.20	4.65
9.00	S9	8.30	-608.02	618.35	0.21	-0.06	-0.04	-1.75	-1.61	0.64	0.19	3.89	8.19	7.82	4.91
10.45	S10(Mezz)	9.75	-604.42	614.70	0.21	-0.06	-0.04	-1.74	-1.60	0.65	0.20	4.05	8.03	7.69	4.99
11.90	S11	11.20	-607.50	617.83	0.21	-0.06	-0.04	-1.75	-1.61	0.64	0.19	3.91	8.17	7.81	4.92
13.40	S12	12.70	-617.43	627.92	0.21	-0.07	-0.05	-1.78	-1.63	0.61	0.17	3.46	8.62	8.17	4.68
14.90	S13	14.20	-589.79	600.96	0.20	-0.06	-0.04	-1.71	-1.56	0.56	0.14	2.88	8.36	7.88	4.16
16.40	S14	15.70	-528.58	471.38	0.11	-0.10	-0.08	-1.40	-1.17	0.39	0.07	3.71	6.57	6.07	4.37
17.90	S15	17.20	-428.59	377.88	0.08	-0.08	-0.07	-1.12	-0.93	0.26	0.02	2.51	7.17	6.31	3.57
18.90	S16	18.20	-421.89	371.97	0.08	-0.08	-0.07	-1.11	-0.92	0.19	-0.02	1.40	8.35	7.08	2.99
19.90	S17	19.20	-273.89	210.62	0.02	-0.07	-0.07	-0.66	-0.50	0.05	-0.06	1.06	5.05	4.01	1.96
20.20	S18	19.50	-222.98	171.47	0.02	-0.06	-0.05	-0.54	-0.41	0.01	-0.06	0.42	3.73	2.87	1.17
20.90	S19	20.20	-163.85	125.09	0.01	-0.04	-0.04	-0.39	-0.30	0.01	-0.04	-0.06	-0.59	-0.45	-0.18

#### 11.1.4. RIASSUNTO CADUTE DI TENSIONI ACCIAIO PRECOMPRESSIONE

Si riportano di seguito i valori di sforzo normale e momento flettente di precompressione a tempo infinito, somma delle cadute parziali delle tre fasi.

PROGETTAZIONE ATI:

$x_{\text{test.trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	$\Delta\sigma_{p,\text{lente}}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{p,\text{ist.}}$ [MPa]	$\Sigma\Delta\sigma_p$ [MPa]	$\sigma_{p,\text{fin}}$ [MPa]
0.00	S1	-0.70	-125.75	0.00	-125.75	-125.75
0.70	S2	0.00	-172.13	-18.51	-190.64	767.38
1.00	S3	0.30	-205.30	-26.17	-231.47	1137.12
2.00	S4	1.30	-216.75	-49.85	-266.59	1133.41
3.00	S5	2.30	-217.38	-48.43	-265.81	1134.19
4.50	S6	3.80	-237.31	-52.57	-289.88	1110.12
6.00	S7	5.30	-248.90	-72.19	-321.09	1078.91
7.50	S8	6.80	-247.69	-77.00	-324.69	1075.31
9.00	S9	8.30	-244.58	-76.23	-320.81	1079.19
10.45	S10(Mezz)	9.75	-243.49	-75.97	-319.46	1080.54
11.90	S11	11.20	-244.42	-76.19	-320.61	1079.39
13.40	S12	12.70	-247.45	-76.92	-324.37	1075.63
14.90	S13	14.20	-248.48	-72.06	-320.55	1079.45
16.40	S14	15.70	-236.79	-52.44	-289.24	1110.76
17.90	S15	17.20	-216.88	-48.27	-265.15	1134.85
18.90	S16	18.20	-216.07	-49.67	-265.73	1134.27
19.90	S17	19.20	-204.61	-26.02	-230.62	1137.97
20.20	S18	19.50	-172.03	-18.48	-190.51	767.50
20.90	S19	20.20	-125.74	0.01	-125.74	-125.74

### 11.1. PRECOMPRESSIONE E CADUTE DI TENSIONE – CAMPATA 30M

Nei paragrafi che seguono sono calcolate le precompressioni iniziali e valutate le cadute di tensione nelle diverse fasi di calcolo considerate.

#### 11.1.1. FASE 1: VERIFICHE ALL'ATTO DEL RILASCIO

Per le verifiche all'atto del rilascio si considerano i valori di sforzo normale e momento flettente dovuti alla precompressione determinati con una lunghezza di trasmissione della precompressione pari al valore inferiore di  $l_{pt}$  ed assumendo che all'estremità delle guaine i corrispondenti cavi siano attivi (condizioni che massimizzano i valori delle tensioni di trazione al lembo teso e compressione al lembo compresso).

Si considerano i soli effetti di precompressione e peso proprio. Sezione resistente trave isolata.

Verifica delle condizioni iniziali														
$x_{\text{test.trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	$P_0$ [kN]	$M_{p0}$ [kNm]	$\sigma_{p0ts}$ [MPa]	$\sigma_{p0ti}$ [MPa]	$\sigma_{p0pi}$ [MPa]	$M_{g0}$ [kNm]	$\Delta\sigma_{g0ts}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{g0ti}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{g0pi}$ [MPa]	$\sigma_{ts,ji}$ [MPa]	$\sigma_{ti,ji}$ [MPa]	$\sigma_{i,pi}$ [MPa]
0.00	S1	-0.50	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	S2	0.00	3233.3	-1490.9	-0.04	8.66	7.03	0.0	0.00	0.00	0.00	-0.04	8.66	7.03
1.00	S3	0.50	4410.0	-2033.5	-0.06	11.81	9.59	134.0	0.40	-0.39	-0.24	0.34	11.42	9.35
2.00	S4	1.50	5460.0	-2731.9	-0.72	15.12	12.62	381.7	1.13	-1.09	-0.74	0.40	14.03	11.88
3.00	S5	2.50	5460.0	-2731.9	-0.72	15.12	12.62	611.3	1.80	-1.74	-1.18	1.08	13.38	11.43
4.50	S6	4.00	8400.0	-4995.7	-3.60	25.04	22.49	921.8	2.72	-2.56	-2.09	-0.88	22.47	20.40
6.00	S7	5.50	8400.0	-4995.7	-3.60	25.04	22.49	1191.6	3.51	-3.31	-2.71	-0.08	21.72	19.78
7.50	S8	7.00	8400.0	-4995.7	-3.60	25.04	22.49	1420.8	4.19	-3.95	-3.23	0.60	21.08	19.26
9.00	S9	8.50	8400.0	-4995.7	-3.60	25.04	22.49	1609.2	4.75	-4.48	-3.66	1.15	20.56	18.84
15.00	S10(Mezz)	14.50	8400.0	-4995.7	-3.60	25.04	22.49	1956.4	5.77	-5.44	-4.45	2.18	19.59	18.05
21.00	S11	20.50	8400.0	-4995.7	-3.60	25.04	22.49	1609.2	4.75	-4.48	-3.66	1.15	20.56	18.84
22.50	S12	22.00	8400.0	-4995.7	-3.60	25.04	22.49	1420.8	4.19	-3.95	-3.23	0.60	21.08	19.26
24.00	S13	23.50	8400.0	-4995.7	-3.60	25.04	22.49	1191.6	3.51	-3.31	-2.71	-0.08	21.72	19.78
25.50	S14	25.00	8400.0	-4995.7	-3.60	25.04	22.49	921.8	2.72	-2.56	-2.09	-0.88	22.47	20.40
27.00	S15	26.50	5460.0	-2731.9	-0.72	15.12	12.62	611.3	1.80	-1.74	-1.18	1.08	13.38	11.43
28.00	S16	27.50	5460.0	-2731.9	-0.72	15.12	12.62	381.7	1.13	-1.09	-0.74	0.40	14.03	11.88
29.00	S17	28.50	4410.0	-2033.5	-0.06	11.81	9.59	134.0	0.40	-0.39	-0.24	0.34	11.42	9.35
29.50	S18	29.00	3233.3	-1490.9	-0.04	8.66	7.03	0.0	0.00	0.00	0.00	-0.04	8.66	7.03
30.00	S19	29.50	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

PROGETTAZIONE ATI:

Per tutte le sezioni risulta

- $\sigma_t < f_{ctm}/1.2$ . La verifica è soddisfatta
- $\sigma_c < 0,7 \times f_{ck}$ . La verifica è soddisfatta

### 11.1.2. FASE 2: GETTI IN OPERA

Si determinano nel seguito le tensioni dovute al getto in opera della soletta e si valuta l'aliquota di cadute di tensione tra 45 e 60 gg.

Tensioni dovute al getto soletta sulla trave di bordo									
$x_{test.trave}$ [m]	Sez.	$x_{asse.pila}$ [m]	$M_{g1}$ [kNm]	$\Delta\sigma_{g1ts}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{g1ti}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{g1pi}$ [MPa]	$\sigma_{s,2ts}$ [MPa]	$\sigma_{i,2ti}$ [MPa]	$\sigma_{i,2pi}$ [MPa]
0.00	S1	-0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.03	-0.28	-0.22
0.50	S2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	3.44	2.68
1.00	S3	0.50	147.19	0.43	-0.42	-0.26	0.78	9.90	8.20
2.00	S4	1.50	443.53	1.31	-1.28	-0.80	2.38	8.61	7.45
3.00	S5	2.50	712.78	2.10	-2.03	-1.38	3.24	10.18	9.08
4.50	S6	4.00	1065.83	3.14	-3.04	-2.06	5.19	8.32	7.82
6.00	S7	5.50	1357.90	4.01	-3.78	-3.09	4.29	15.40	14.41
7.50	S8	7.00	1589.01	4.69	-4.42	-3.61	5.64	14.16	13.40
9.00	S9	8.50	1759.13	5.19	-4.89	-4.00	6.69	13.20	12.62
15.00	S10(Mezz)	14.50	1829.89	5.40	-5.09	-4.16	7.92	12.11	11.74
21.00	S11	20.50	1759.13	5.19	-4.89	-4.00	6.69	13.20	12.62
22.50	S12	22.00	1589.01	4.69	-4.42	-3.61	5.64	14.16	13.40
24.00	S13	23.50	1357.90	4.01	-3.78	-3.09	4.29	15.40	14.41
25.50	S14	25.00	1065.83	3.14	-3.04	-2.06	5.19	8.32	7.82
27.00	S15	26.50	712.78	2.10	-2.03	-1.38	3.24	10.18	9.08
28.00	S16	27.50	443.53	1.31	-1.28	-0.80	2.38	8.61	7.45
29.00	S17	28.50	147.19	0.43	-0.42	-0.26	0.78	9.90	8.20
29.50	S18	29.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	3.44	2.68
30.00	S19	29.50	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.03	-0.28	-0.22

Tensioni risultanti al giorno : 60										
$x_{test.trave}$ [m]	Sez.	$x_{asse.pila}$ [m]	$\Delta_2 P$ [kN]	$\Delta_2 M_p$ [kNm]	$\Delta_2 \sigma_{ts,p}$ [MPa]	$\Delta_2 \sigma_{ti,p}$ [MPa]	$\Delta_2 \sigma_{pi,p}$ [MPa]	$\sigma_{ts,2f}$ [MPa]	$\sigma_{ti,2f}$ [MPa]	$\sigma_{pi,2f}$ [MPa]
0.00	S1	-0.50	-12.52	4.80	0.00	-0.03	-0.02	-0.03	-0.31	-0.24
0.50	S2	0.00	-15.67	6.01	0.00	-0.04	-0.03	0.30	3.40	2.65
1.00	S3	0.50	-30.25	13.95	0.00	-0.08	-0.07	0.78	9.82	8.14
2.00	S4	1.50	-29.14	13.44	0.00	-0.08	-0.06	2.38	8.53	7.39
3.00	S5	2.50	-39.12	19.58	0.01	-0.11	-0.09	3.24	10.07	8.99
4.50	S6	4.00	-36.83	18.43	0.00	-0.10	-0.09	5.19	8.22	7.74
6.00	S7	5.50	-75.55	44.93	0.03	-0.23	-0.20	4.32	15.17	14.21
7.50	S8	7.00	-72.78	43.28	0.03	-0.22	-0.19	5.67	13.94	13.21
9.00	S9	8.50	-70.62	42.00	0.03	-0.21	-0.19	6.72	12.99	12.43
15.00	S10(Mezz)	14.50	-68.11	40.51	0.03	-0.20	-0.18	7.95	11.90	11.55
21.00	S11	20.50	-70.62	42.00	0.03	-0.21	-0.19	6.72	12.99	12.43
22.50	S12	22.00	-72.78	43.28	0.03	-0.22	-0.19	5.67	13.94	13.21
24.00	S13	23.50	-75.55	44.93	0.03	-0.23	-0.20	4.32	15.17	14.21
25.50	S14	25.00	-36.83	18.43	0.00	-0.10	-0.09	5.19	8.22	7.74
27.00	S15	26.50	-39.12	19.58	0.01	-0.11	-0.09	3.24	10.07	8.99
28.00	S16	27.50	-29.14	13.44	0.00	-0.08	-0.06	2.38	8.53	7.39
29.00	S17	28.50	-30.25	13.95	0.00	-0.08	-0.07	0.78	9.82	8.14
29.50	S18	29.00	-15.67	6.01	0.00	-0.04	-0.03	0.30	3.40	2.65
30.00	S19	29.50	-12.52	4.80	0.00	-0.03	-0.02	-0.03	-0.31	-0.24

PROGETTAZIONE ATI:

### 11.1.3. FASE 3: CARICHI PERMANENTI PORTATI

Nella terza fase si considerano le cadute che si sviluppano dall'applicazione dei carichi permanenti portati fino a tempo infinito. Le cadute della terza fase sono scontate sulla sezione mista trave – soletta.

Tensioni dovute ai carichi permanenti portati sulla trave di bordo													
$x_{\text{test.trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	$M_{g2}$ [kNm]	$\Delta\sigma_{g2ss}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{g2si}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{g2ts}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{g2ti}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{g2pi}$ [MPa]	$\sigma_{ss,3i}$ [MPa]	$\sigma_{si,3i}$ [MPa]	$\sigma_{ts,3i}$ [MPa]	$\sigma_{ti,3i}$ [MPa]	$\sigma_{t,3pi}$ [MPa]
0.00	S1	-0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.03	-0.31	-0.24
0.50	S2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	3.40	2.65
1.00	S3	0.50	56.46	0.06	0.03	0.04	-0.12	-0.09	0.06	0.03	0.81	9.70	8.04
2.00	S4	1.50	164.43	0.17	0.10	0.10	-0.35	-0.27	0.17	0.10	2.49	8.18	7.12
3.00	S5	2.50	258.75	0.27	0.16	0.16	-0.55	-0.44	0.27	0.16	3.41	9.52	8.55
4.50	S6	4.00	393.52	0.41	0.24	0.25	-0.84	-0.66	0.41	0.24	5.45	7.38	7.07
6.00	S7	5.50	502.19	0.53	0.31	0.33	-1.04	-0.92	0.53	0.31	4.65	14.13	13.29
7.50	S8	7.00	582.10	0.61	0.36	0.38	-1.21	-1.07	0.61	0.36	6.05	12.74	12.14
9.00	S9	8.50	656.02	0.69	0.41	0.43	-1.36	-1.20	0.69	0.41	7.15	11.63	11.23
15.00	S10(Mezz)	14.50	719.28	0.76	0.45	0.47	-1.49	-1.32	0.76	0.45	8.42	10.41	10.24
21.00	S11	20.50	656.02	0.69	0.41	0.43	-1.36	-1.20	0.69	0.41	7.15	11.63	11.23
22.50	S12	22.00	582.10	0.61	0.36	0.38	-1.21	-1.07	0.61	0.36	6.05	12.74	12.14
24.00	S13	23.50	502.19	0.53	0.31	0.33	-1.04	-0.92	0.53	0.31	4.65	14.13	13.29
25.50	S14	25.00	393.52	0.41	0.24	0.25	-0.84	-0.66	0.41	0.24	5.45	7.38	7.07
27.00	S15	26.50	258.75	0.27	0.16	0.16	-0.55	-0.44	0.27	0.16	3.41	9.52	8.55
28.00	S16	27.50	164.43	0.17	0.10	0.10	-0.35	-0.27	0.17	0.10	2.49	8.18	7.12
29.00	S17	28.50	56.46	0.06	0.03	0.04	-0.12	-0.09	0.06	0.03	0.81	9.70	8.04
29.50	S18	29.00	-2.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	3.40	2.66
30.00	S19	29.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.03	-0.31	-0.24

$x_{\text{test.trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	Cadute di tensione dal giorno		60		a tempo infinito		(terza quota delle cadute di tensione)		
			$\Delta\epsilon_{cs}$ ‰	$\Delta\sigma_{cs}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{pr}$ [MPa]	$\Delta\phi$	$\Delta\sigma_{creep}$ [MPa]	$\Sigma\Delta\sigma$ [MPa]	Denom	$\Delta\sigma_{p,c+s+r}$ [MPa]	
0.00	S1	-0.50	0.178	34.71	45.69	1.050	0.00	80.40	1.02	79.09	
0.50	S2	0.00	0.178	34.71	45.69	1.050	39.55	119.95	1.02	118.03	
1.00	S3	0.50	0.178	34.71	45.69	1.050	50.59	130.99	1.02	128.08	
2.00	S4	1.50	0.178	34.71	45.69	1.050	60.81	141.21	1.02	138.07	
3.00	S5	2.50	0.178	34.71	45.69	1.050	54.08	134.48	1.03	130.81	
4.50	S6	4.00	0.178	34.71	45.69	1.050	99.35	179.75	1.03	174.82	
6.00	S7	5.50	0.178	34.71	45.69	1.050	88.72	169.12	1.04	162.10	
7.50	S8	7.00	0.178	34.71	45.69	1.050	82.02	162.42	1.04	155.67	
9.00	S9	8.50	0.178	34.71	45.69	1.050	76.68	157.08	1.04	150.55	
15.00	S10(Mezz)	14.50	0.178	34.71	45.69	1.050	70.69	151.09	1.04	144.81	
21.00	S11	20.50	0.178	34.71	45.69	1.050	76.68	157.08	1.04	150.55	
22.50	S12	22.00	0.178	34.71	45.69	1.050	82.02	162.42	1.04	155.67	
24.00	S13	23.50	0.178	34.71	45.69	1.050	88.72	169.12	1.04	162.10	
25.50	S14	25.00	0.178	34.71	45.69	1.050	99.35	179.75	1.03	174.82	
27.00	S15	26.50	0.178	34.71	45.69	1.050	54.08	134.48	1.03	130.81	
28.00	S16	27.50	0.178	34.71	45.69	1.050	60.81	141.21	1.02	138.07	
29.00	S17	28.50	0.178	34.71	45.69	1.050	50.59	130.99	1.02	128.08	
29.50	S18	29.00	0.178	34.71	45.69	1.050	39.57	119.97	1.02	118.05	
30.00	S19	29.50	0.178	34.71	45.69	1.050	0.00	80.40	1.02	79.10	

Tensioni dovute al ritiro differenziale trave soletta									
$x_{test, trave}$ [m]	Sez.	$x_{asse, pila}$ [m]	$N_{rd}$ [kN]	$M_{rd}$ [kNm]	$\Delta\sigma_{rd,ss}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{rd,si}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{rd,ts}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{rd,ti}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{rd,pi}$ [MPa]
0.00	S1	-0.50	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	S2	0.00	2690	1285.82	3.32	2.75	2.79	-0.82	0.05
1.00	S3	0.50	2690	1285.82	3.31	2.75	2.79	-0.79	-0.12
2.00	S4	1.50	2690	1285.82	3.31	2.75	2.79	-0.79	-0.12
3.00	S5	2.50	2690	1285.82	3.30	2.74	2.78	-0.77	-0.21
4.50	S6	4.00	2690	1285.82	3.33	2.76	2.80	-0.76	-0.20
6.00	S7	5.50	2690	1285.82	3.33	2.77	2.81	-0.69	-0.38
7.50	S8	7.00	2690	1285.82	3.33	2.77	2.81	-0.69	-0.38
9.00	S9	8.50	2690	1285.82	3.33	2.77	2.81	-0.69	-0.38
15.00	S10(Mezz)	14.50	2690	1285.82	3.33	2.77	2.81	-0.69	-0.38
21.00	S11	20.50	2690	1285.82	3.33	2.77	2.81	-0.69	-0.38
22.50	S12	22.00	2690	1285.82	3.33	2.77	2.81	-0.69	-0.38
24.00	S13	23.50	2690	1285.82	3.33	2.77	2.81	-0.69	-0.38
25.50	S14	25.00	2690	1285.82	3.33	2.76	2.80	-0.76	-0.20
27.00	S15	26.50	2690	1285.82	3.30	2.74	2.78	-0.77	-0.21
28.00	S16	27.50	2690	1285.82	3.31	2.75	2.79	-0.79	-0.12
29.00	S17	28.50	2690	1285.82	3.31	2.75	2.79	-0.79	-0.12
29.50	S18	29.00	2690	1285.82	3.32	2.75	2.79	-0.82	0.05
30.00	S19	29.50	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tensioni dovute ai permanenti a tempo infinito															
$x_{test, trave}$ [m]	Sez.	$x_{asse, pila}$ [m]	$\Delta_3 P$ [kN]	$\Delta_3 M_p$ [kNm]	$\Delta_3 \sigma_{ss,p}$ [MPa]	$\Delta_3 \sigma_{si,p}$ [MPa]	$\Delta_3 \sigma_{ts,p}$ [MPa]	$\Delta_3 \sigma_{ti,p}$ [MPa]	$\Delta_3 \sigma_{pi,p}$ [MPa]	$\sigma_{ss,3f}$ [MPa]	$\sigma_{si,3f}$ [MPa]	$\sigma_{ts,3f}$ [MPa]	$\sigma_{ti,3f}$ [MPa]	$\sigma_{pi,3f}$ [MPa]	$\sigma_{3gf}$ [MPa]
0.00	S1	-0.50	-177.96	141.86	0.02	-0.04	-0.04	-0.44	-0.35	0.02	-0.04	-0.07	-0.76	-0.59	-0.23
0.50	S2	0.00	-265.57	212.17	0.03	-0.07	-0.06	-0.65	-0.51	0.03	-0.07	0.24	2.74	2.14	0.81
1.00	S3	0.50	-403.46	353.82	0.08	-0.08	-0.07	-1.05	-0.87	0.13	-0.05	0.74	8.65	7.17	2.55
2.00	S4	1.50	-434.93	381.41	0.08	-0.09	-0.08	-1.14	-0.94	0.25	0.01	2.41	7.04	6.18	3.47
3.00	S5	2.50	-510.15	467.59	0.12	-0.09	-0.07	-1.37	-1.16	0.39	0.07	3.33	8.15	7.39	4.44
4.50	S6	4.00	-681.81	622.74	0.16	-0.12	-0.10	-1.83	-1.55	0.57	0.12	5.35	5.55	5.52	5.40
6.00	S7	5.50	-972.58	979.30	0.32	-0.10	-0.07	-2.74	-2.51	0.85	0.21	4.58	11.39	10.78	6.21
7.50	S8	7.00	-934.03	940.49	0.31	-0.10	-0.07	-2.63	-2.41	0.92	0.26	5.98	10.10	9.74	6.97
9.00	S9	8.50	-903.31	909.56	0.30	-0.10	-0.07	-2.55	-2.33	0.99	0.31	7.09	9.08	8.91	7.57
15.00	S10(Mezz)	14.50	-868.86	874.87	0.29	-0.09	-0.06	-2.45	-2.24	1.04	0.35	8.35	7.96	8.00	8.26
21.00	S11	20.50	-903.31	909.56	0.30	-0.10	-0.07	-2.55	-2.33	0.99	0.31	7.09	9.08	8.91	7.57
22.50	S12	22.00	-934.03	940.49	0.31	-0.10	-0.07	-2.63	-2.41	0.92	0.26	5.98	10.10	9.74	6.97
24.00	S13	23.50	-972.58	979.30	0.32	-0.10	-0.07	-2.74	-2.51	0.85	0.21	4.58	11.39	10.78	6.21
25.50	S14	25.00	-681.81	622.74	0.16	-0.12	-0.10	-1.83	-1.55	0.57	0.12	5.35	5.55	5.52	5.40
27.00	S15	26.50	-510.15	467.59	0.12	-0.09	-0.07	-1.37	-1.16	0.39	0.07	3.33	8.15	7.39	4.44
28.00	S16	27.50	-434.93	381.41	0.08	-0.09	-0.08	-1.14	-0.94	0.25	0.01	2.41	7.04	6.18	3.47
29.00	S17	28.50	-403.46	353.82	0.08	-0.08	-0.07	-1.05	-0.87	0.13	-0.05	0.74	8.65	7.17	2.55
29.50	S18	29.00	-265.61	212.20	0.03	-0.07	-0.06	-0.65	-0.51	0.03	-0.07	0.24	2.75	2.14	0.81
30.00	S19	29.50	-177.97	141.19	0.02	-0.04	-0.04	-0.44	-0.34	0.02	-0.04	-0.07	-0.75	-0.59	-0.23

#### 11.1.4. RIASSUNTO CADUTE DI TENSIONI ACCIAIO PRECOMPRESSIONE

Si riportano di seguito i valori di sforzo normale e momento flettente di precompressione a tempo infinito, somma delle cadute parziali delle tre fasi.

PROGETTAZIONE ATI:

$x_{\text{test.trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	$\Delta\sigma_{p,\text{lente}}$ [MPa]	$\Delta\sigma_{p,\text{ist.}}$ [MPa]	$\Sigma\Delta\sigma_p$ [MPa]	$\sigma_{p,\text{fin}}$ [MPa]
0.00	S1	-0.50	-135.39	0.00	-135.39	-135.39
0.50	S2	0.00	-191.91	-15.93	-207.83	476.47
1.00	S3	0.50	-235.81	-48.93	-284.75	1083.85
2.00	S4	1.50	-244.23	-47.71	-291.94	1108.06
3.00	S5	2.50	-249.00	-61.22	-310.22	1089.78
4.50	S6	4.00	-289.30	-58.01	-347.30	1052.70
6.00	S7	5.50	-317.23	-105.94	-423.17	976.83
7.50	S8	7.00	-307.80	-103.15	-410.95	989.05
9.00	S9	8.50	-300.22	-100.86	-401.08	998.92
15.00	S10(Mezz)	14.50	-290.20	-96.63	-386.83	1013.17
21.00	S11	20.50	-300.22	-100.86	-401.08	998.92
22.50	S12	22.00	-307.80	-103.15	-410.95	989.05
24.00	S13	23.50	-317.23	-105.94	-423.17	976.83
25.50	S14	25.00	-289.30	-58.01	-347.30	1052.70
27.00	S15	26.50	-249.00	-61.22	-310.22	1089.78
28.00	S16	27.50	-244.23	-47.71	-291.94	1108.06
29.00	S17	28.50	-235.81	-48.93	-284.75	1083.85
29.50	S18	29.00	-191.93	-15.93	-207.85	476.45
30.00	S19	29.50	-135.39	0.00	-135.39	-135.39

## 11.2. VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Si riportano i valori caratteristici delle sollecitazioni di verifica e di seguito i loro valori combinati allo SLU per le due campate:

### 11.2.1. CAMPATA 20M

#### Sforzo normale e flessione



Verifica sezioni a momento positivo - Valori caratteristici di sollecitazione									
X <sub>test.trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse pila</sub> [m]	M <sub>G0</sub> [kNm]	M <sub>G1</sub> [kNm]	M <sub>G2</sub> [kNm]	M <sub>Q,tan</sub> [kNm]	M <sub>Q,distr</sub> [kNm]	N <sub>rd</sub> [kN]	M <sub>rd</sub> [kNm]
0.00	S1	-0.70	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0
0.70	S2	0.00	-1.8	-27.2	-3.6	17.37	23.81	2690.0	1285.8
1.00	S3	0.30	33.3	25.4	15.3	99.51	23.47	2690.0	1285.8
2.00	S4	1.30	197.9	272.0	102.9	510.21	21.76	2690.0	1285.8
3.00	S5	2.30	344.2	491.2	178.7	920.90	20.05	2690.0	1285.8
4.50	S6	3.80	529.4	768.7	265.8	1420.21	22.88	2690.0	1285.8
6.00	S7	5.30	673.5	984.6	338.8	1805.27	17.66	2690.0	1285.8
7.50	S8	6.80	776.5	1138.8	385.4	1884.67	15.69	2690.0	1285.8
9.00	S9	8.30	838.4	1231.5	411.1	2126.41	22.69	2690.0	1285.8
10.45	S10(Mezz)	9.75	859.3	1262.6	424.3	2163.48	13.73	2690.0	1285.8
11.90	S11	11.20	841.6	1236.0	412.7	2163.60	5.93	2690.0	1285.8
13.40	S12	12.70	783.0	1148.0	380.5	1834.59	31.99	2690.0	1285.8
14.90	S13	14.20	683.3	998.3	337.1	1817.32	21.86	2690.0	1285.8
16.40	S14	15.70	542.5	787.1	267.2	1443.01	14.22	2690.0	1285.8
17.90	S15	17.20	360.5	514.2	171.0	957.93	6.71	2690.0	1285.8
18.90	S16	18.20	216.4	298.1	106.3	540.57	11.77	2690.0	1285.8
19.90	S17	19.20	54.1	54.6	24.6	138.45	11.63	2690.0	1285.8
20.20	S18	19.50	1.8	-23.8	-2.2	18.21	11.59	2690.0	1285.8
20.90	S19	20.20	0.7	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Coeff. SLU		1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.2	1.2
------------	--	------	------	------	------	------	-----	-----

Verifica sezioni a momento positivo - Valori sollecitazione allo SLU													
X <sub>test.trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse pila</sub> [m]	M <sub>G0</sub> [kNm]	M <sub>G1</sub> [kNm]	M <sub>G2</sub> + M <sub>rapp</sub> [kNm]	M <sub>Q,tan</sub> [kNm]	M <sub>Q,distr</sub> [kNm]	N <sub>rd</sub> [kN]	M <sub>rd</sub> [kNm]	M <sub>ΔT</sub> [kNm]	M <sub>cedP</sub> [kNm]	N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>Ed</sub> [kNm]
0.00	S1	-0.70	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.70	S2	0.00	-2.4	-36.7	-4.8	23.4	32.1	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	1554.6
1.00	S3	0.30	45.0	34.3	20.7	134.3	31.7	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	1808.9
2.00	S4	1.30	267.1	367.2	138.9	688.8	29.4	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	3034.3
3.00	S5	2.30	464.6	663.1	241.2	1243.2	27.1	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	4182.3
4.50	S6	3.80	714.7	1037.7	358.8	1917.3	30.9	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	5602.4
6.00	S7	5.30	909.2	1329.2	457.3	2437.1	23.8	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	6699.7
7.50	S8	6.80	1048.3	1537.4	520.3	2544.3	21.2	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	7214.4
9.00	S9	8.30	1131.9	1662.6	555.0	2870.6	30.6	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	7793.7
10.45	S10(Mezz)	9.75	1160.0	1704.5	572.7	2920.7	18.5	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	7919.4
11.90	S11	11.20	1136.2	1668.6	557.2	2920.9	8.0	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	7833.8
13.40	S12	12.70	1057.0	1549.7	513.7	2476.7	43.2	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	7183.4
14.90	S13	14.20	922.4	1347.7	455.0	2453.4	29.5	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	6751.1
16.40	S14	15.70	732.3	1062.5	360.8	1948.1	19.2	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	5665.9
17.90	S15	17.20	486.7	694.2	230.9	1293.2	9.1	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	4257.0
18.90	S16	18.20	292.2	402.4	143.5	729.8	15.9	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	3126.8
19.90	S17	19.20	73.0	73.7	33.2	186.9	15.7	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	1925.5
20.20	S18	19.50	2.4	-32.1	-2.9	24.6	15.7	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	1550.6
20.90	S19	20.20	1.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7

Si riportano di seguito le verifiche strutturali delle sezioni per momento positivo. Per tutte le sezioni si considera la presenza di armatura di soletta (sup – inf)  $\phi 12/20\text{cm}$ .

PROGETTAZIONE ATI:

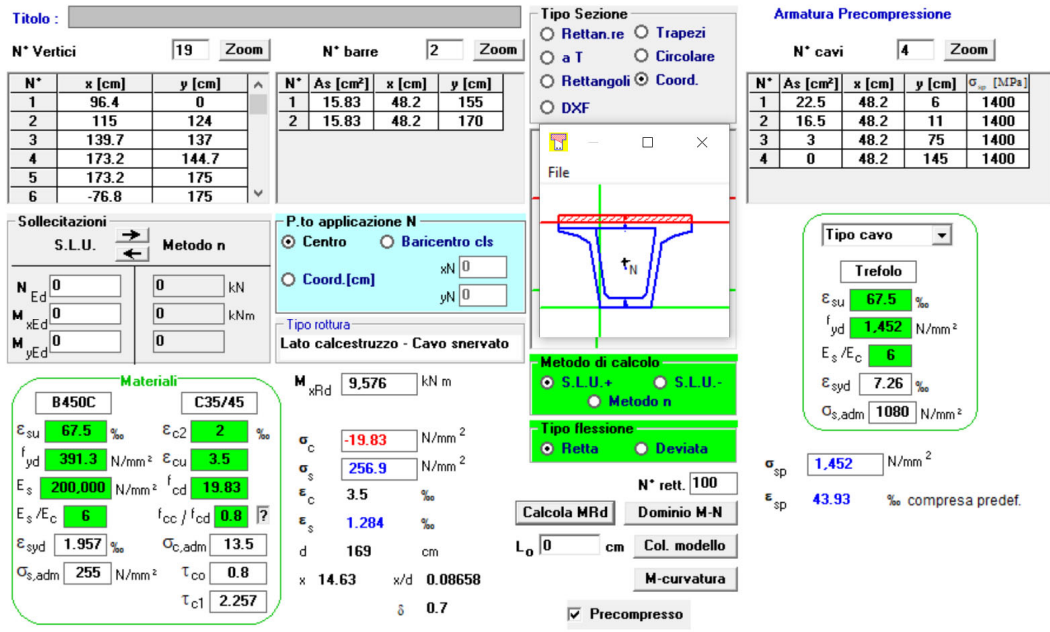


Figura 11.1: Verifica a rottura sezione di mezzeria

Il momento flettente agente  $M_{sd}$  è minore del momento flettente resistente  $M_{rd} \rightarrow 7920 \text{ kNm} < 9576 \text{ kNm} \rightarrow$  Verifica soddisfatta.

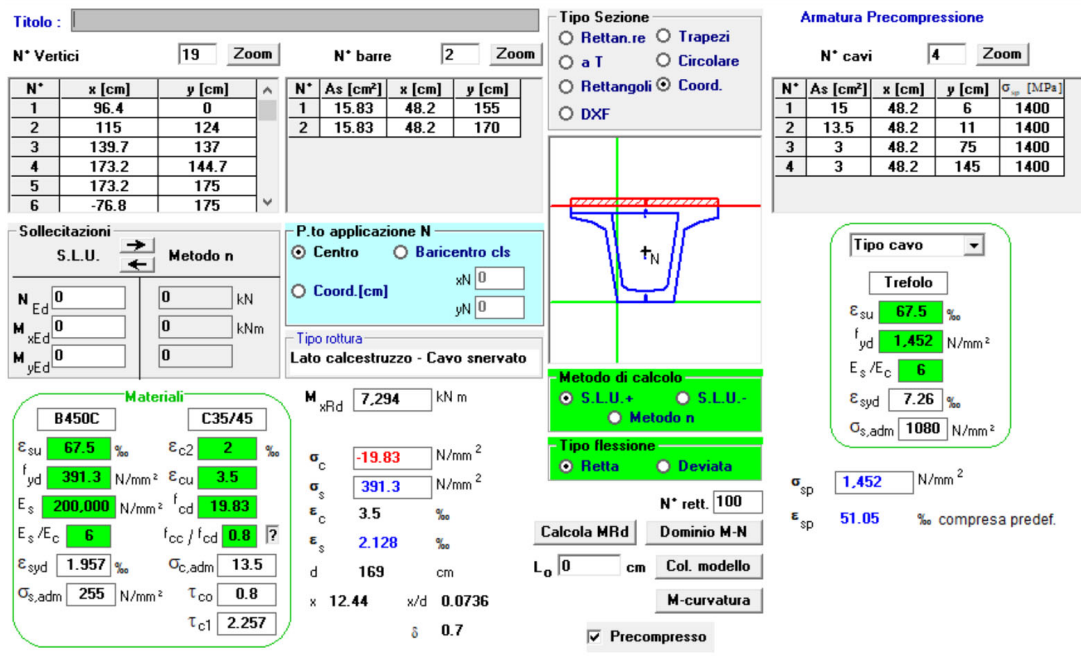


Figura 11.2: Verifica a rottura sezione S6-S7

Il momento flettente agente  $M_{sd}$  è minore del momento flettente resistente  $M_{rd} \rightarrow 6990 \text{ kNm} < 7294 \text{ kNm} \rightarrow$  Verifica soddisfatta.

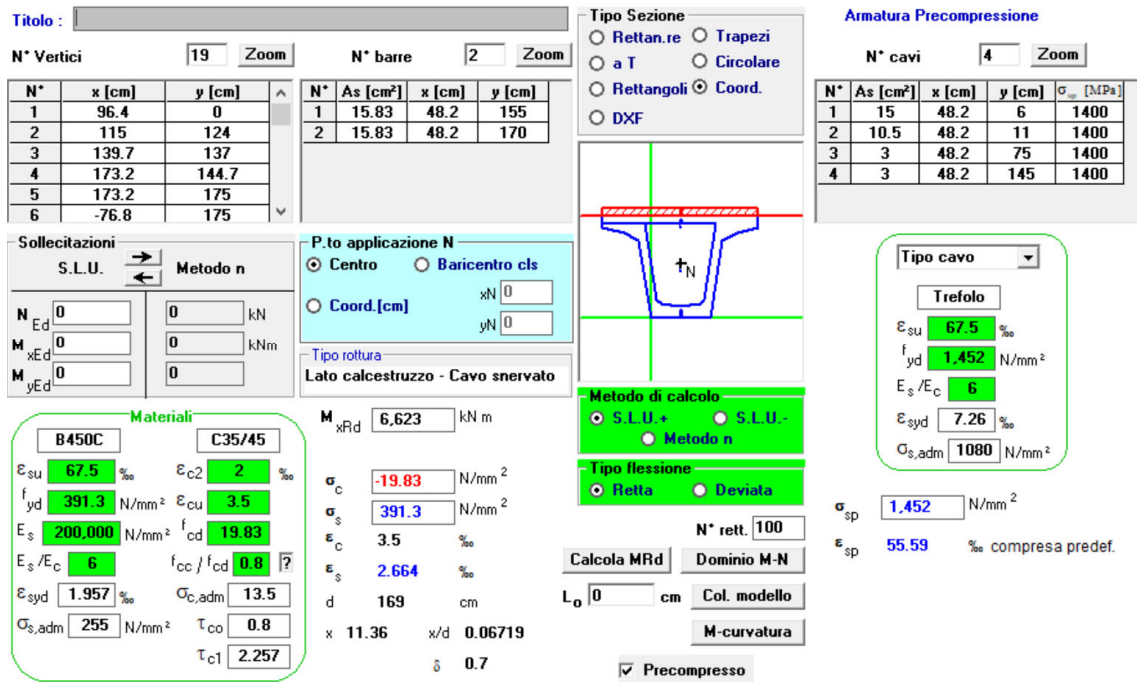


Figura 11.3: Verifica a rottura sezione S4-S5

Il momento flettente agente  $M_{sd}$  è minore del momento flettente resistente  $M_{rd} \rightarrow 4182 \text{ kNm} < 6623 \text{ kNm} \rightarrow$  Verifica soddisfatta.

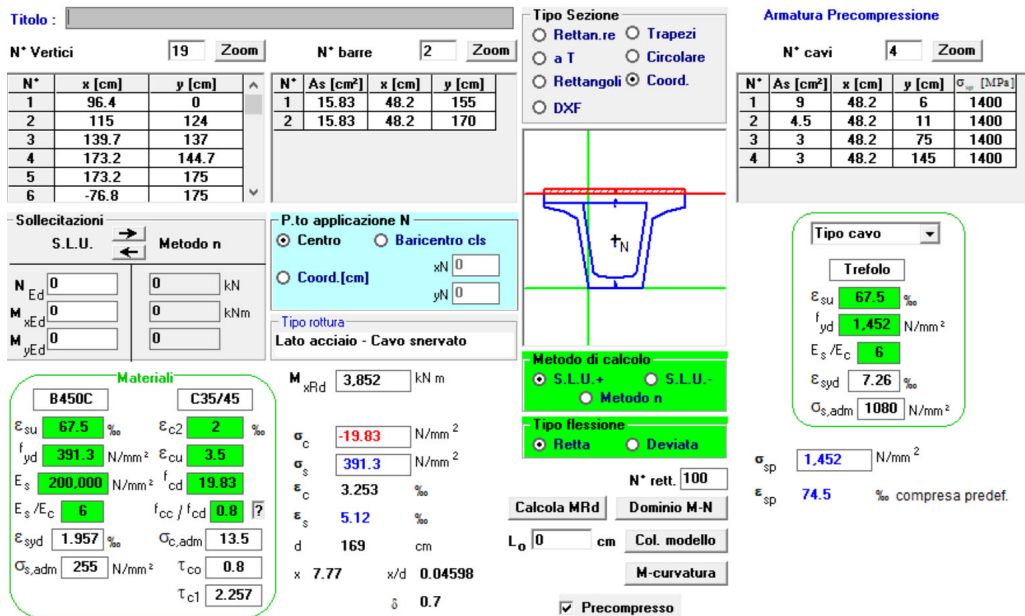


Figura 11.4: Verifica a rottura sezioni S1-3

Il momento flettente agente  $M_{sd}$  è minore del momento flettente resistente  $M_{rd} \rightarrow 3035 \text{ kNm} < 3852 \text{ kNm} \rightarrow$  Verifica soddisfatta.

Tutte le verifiche a pressoflessione sono soddisfatte.

## Taglio e torsione

VERIFICHE ALLO SLU PER SOLLECITAZIONI TAGLIANTI E TORCENTI

Parametri adottati per le verifiche a taglio e torsione

$ctg\alpha =$	0.00	inclinazione dell'armatura trasversale rispetto asse trave
$f_{cd} =$	25.87	resistenza di calcolo a compressione del cls
$v =$	0.50	coefficiente riduttivo per cls fessurato a taglio
$f'_{cd} =$	12.93	resistenza di calcolo corretta del cls
$f_{ywd} =$	391.30	resistenza di calcolo delle armature a taglio
$n_w =$	2.00	numero delle anime della sezione
$u_m =$	5.25	perimetro medio del nucleo resistente

Caratteristiche travi e armature a taglio - Singola nervatura trave												
$x_{test.trave}$ [m]	Sez.	$x_{asse.pila}$ [m]	$ctg\theta$	$\sigma_{cp}$ [MPa]	$\alpha_c$	$b_w$ [cm]	bracci [-]	$\phi$ [mm]	$\rho$ [cm]	$A_{sw}/s$ [cm <sup>2</sup> /m]	$d$ [cm]	$\Omega$ [m <sup>2</sup> ]
0.00	S1	-0.70	1.00	0.00	1.00	14	2	14	10	30.79	150	1.65
0.70	S2	0.00	1.00	2.03	1.08	14	2	14	10	30.79	150	1.65
1.00	S3	0.30	1.00	3.01	1.12	14	2	14	10	30.79	150	1.65
2.00	S4	1.30	1.00	4.81	1.19	14	2	14	10	30.79	150	1.65
3.00	S5	2.30	2.00	4.82	1.19	14	2	12	10	22.62	150	1.65
4.50	S6	3.80	2.00	5.16	1.20	14	2	12	10	22.62	150	1.65
6.00	S7	5.30	2.00	5.65	1.22	14	2	12	20	11.31	150	1.65
7.50	S8	6.80	2.00	6.05	1.23	14	2	12	20	11.31	150	1.65
9.00	S9	8.30	2.00	6.07	1.23	14	2	12	20	11.31	150	1.65
10.45	S10(Mezz)	9.75	2.00	6.08	1.24	14	2	12	20	11.31	150	1.65
11.90	S11	11.20	2.00	6.08	1.23	14	2	12	20	11.31	150	1.65
13.40	S12	12.70	2.00	6.05	1.23	14	2	12	20	11.31	150	1.65
14.90	S13	14.20	2.00	5.65	1.22	14	2	12	20	11.31	150	1.65
16.40	S14	15.70	2.00	5.16	1.20	14	2	12	10	22.62	150	1.65
17.90	S15	17.20	2.00	4.82	1.19	14	2	12	10	22.62	150	1.65
18.90	S16	18.20	1.00	4.82	1.19	14	2	14	10	30.79	150	1.65
19.90	S17	19.20	1.00	3.01	1.12	14	2	14	10	30.79	150	1.65
20.20	S18	19.50	1.00	2.03	1.08	14	2	14	10	30.79	150	1.65
20.90	S19	20.20	1.00	0.00	1.00	14	2	14	10	30.79	150	1.65

PROGETTAZIONE ATI:

Verifica sezioni - Valori caratteristici di sollecitazione									
X <sub>test.trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse pila</sub> [m]	V <sub>G0</sub> [kN]	V <sub>G1</sub> [kN]	V <sub>G2</sub> [kN]	V <sub>rapp</sub> [kN]	V <sub>Q,tan</sub> [kN]	V <sub>Q,distr</sub> [kN]	V <sub>rd</sub> [kN]
0.00	S1	-0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
0.70	S2	0.00	176.44	264.40	95.26	0.00	571.45	201.16	0
1.00	S3	0.30	172.81	258.95	92.93	0.00	548.48	195.85	0
2.00	S4	1.30	154.64	231.71	81.27	0.00	471.68	178.07	0
3.00	S5	2.30	136.47	204.47	72.56	0.00	484.45	178.38	0
4.50	S6	3.80	109.21	163.61	57.15	0.00	436.43	136.24	0
6.00	S7	5.30	81.95	122.75	39.66	0.00	366.35	107.21	0
7.50	S8	6.80	54.70	81.89	22.17	0.00	273.12	77.87	0
9.00	S9	8.30	27.44	41.03	17.46	0.00	342.53	78.81	0
10.45	S10(Mezz)	9.75	0.19	0.18	0.03	0.00	281.87	60.01	0
11.90	S11	11.20	25.25	37.96	17.46	0.00	342.53	78.81	0
13.40	S12	12.70	52.51	78.82	22.17	0.00	273.12	77.87	0
14.90	S13	14.20	79.77	119.68	39.66	0.00	366.35	107.21	0
16.40	S14	15.70	107.02	160.54	57.15	0.00	436.43	136.24	0
17.90	S15	17.20	134.28	201.40	72.56	0.00	484.45	178.38	0
18.90	S16	18.20	152.45	228.64	81.27	0.00	471.68	178.07	0
19.90	S17	19.20	170.62	255.88	92.93	0.00	548.48	195.85	0
20.20	S18	19.50	176.07	264.05	95.26	0.00	571.45	201.16	0
20.90	S19	20.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0

Coeff. SLU		1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.2
------------	--	------	------	------	------	------	------	-----

Verifica sezioni - Valori sollecitazioni allo SLU										
X <sub>test.trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse pila</sub> [m]	V <sub>G0</sub> [kN]	V <sub>G1</sub> [kN]	V <sub>G2</sub> [kN]	V <sub>rapp</sub> [kN]	V <sub>Q,tan</sub> [kN]	V <sub>Q,distr</sub> [kN]	V <sub>rd</sub> [kN]	V <sub>Ed</sub> [kN]
0.00	S1	-0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.70	S2	0.00	238.20	356.94	128.60	0.00	771.45	271.57	0.00	1766.75
1.00	S3	0.30	233.29	349.59	125.45	0.00	740.45	264.39	0.00	1713.17
2.00	S4	1.30	208.76	312.81	109.71	0.00	636.77	240.39	0.00	1508.45
3.00	S5	2.30	184.23	276.04	97.95	0.00	654.00	240.82	0.00	1453.04
4.50	S6	3.80	147.43	220.88	77.15	0.00	589.18	183.93	0.00	1218.57
6.00	S7	5.30	110.64	165.72	53.54	0.00	494.58	144.73	0.00	969.20
7.50	S8	6.80	73.84	110.56	29.92	0.00	368.71	105.12	0.00	688.16
9.00	S9	8.30	37.05	55.40	23.57	0.00	462.41	106.40	0.00	684.82
10.45	S10(Mezz)	9.75	0.25	0.24	0.05	0.00	380.52	81.01	0.00	462.07
11.90	S11	11.20	34.09	51.25	23.57	0.00	462.41	106.40	0.00	677.71
13.40	S12	12.70	70.89	106.41	29.92	0.00	368.71	105.12	0.00	681.05
14.90	S13	14.20	107.69	161.57	53.54	0.00	494.58	144.73	0.00	962.10
16.40	S14	15.70	144.48	216.73	77.15	0.00	589.18	183.93	0.00	1211.47
17.90	S15	17.20	181.28	271.89	97.95	0.00	654.00	240.82	0.00	1445.94
18.90	S16	18.20	205.81	308.66	109.71	0.00	636.77	240.39	0.00	1501.34
19.90	S17	19.20	230.34	345.44	125.45	0.00	740.45	264.39	0.00	1706.07
20.20	S18	19.50	237.70	356.47	128.60	0.00	771.45	271.57	0.00	1765.78
20.90	S19	20.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

$x_{\text{test.trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	z [cm]	$V_{\text{Rcd}}$ [kN]	$V_{\text{Rsd}}$ [kN]	$V_{\text{Rd}}$ [kN]	$V_{\text{Ed}}$ [kN]	$V_{\text{Ed}}/V_{\text{Rd}}$
0.00	S1	-0.70	150.00	2716.18	3614.20	2716.18	0.00	0.00
0.70	S2	0.00	150.00	2926.03	3614.20	2926.03	1766.75	0.60
1.00	S3	0.30	150.00	3028.82	3614.20	3028.82	1713.17	0.57
2.00	S4	1.30	150.00	3213.65	3614.20	3213.65	1508.45	0.47
3.00	S5	2.30	150.00	2571.38	5310.66	2571.38	1453.04	0.57
4.50	S6	3.80	150.00	2599.37	5310.66	2599.37	1218.57	0.47
6.00	S7	5.30	150.00	2638.39	2655.33	2638.39	969.20	0.37
7.50	S8	6.80	150.00	2671.10	2655.33	2655.33	688.16	0.26
9.00	S9	8.30	150.00	2672.95	2655.33	2655.33	684.82	0.26
10.45	S10(Mezz)	9.75	150.00	2673.59	2655.33	2655.33	462.07	0.17
11.90	S11	11.20	150.00	2673.04	2655.33	2655.33	677.71	0.26
13.40	S12	12.70	150.00	2671.25	2655.33	2655.33	681.05	0.26
14.90	S13	14.20	150.00	2638.63	2655.33	2638.63	962.10	0.36
16.40	S14	15.70	150.00	2599.62	5310.66	2599.62	1211.47	0.47
17.90	S15	17.20	150.00	2571.62	5310.66	2571.62	1445.94	0.56
18.90	S16	18.20	150.00	3214.04	3614.20	3214.04	1501.34	0.47
19.90	S17	19.20	150.00	3029.06	3614.20	3029.06	1706.07	0.56
20.20	S18	19.50	150.00	2926.06	3614.20	2926.06	1765.78	0.60
20.90	S19	20.20	150.00	2716.18	3614.20	2716.18	0.00	0.00

Le verifiche a taglio sono soddisfatte in tutte le sezioni.

Verifica combinata taglio e torsione - Valori complessivi armature trasversali											
$x_{\text{test.trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	z [cm]	$V_{\text{Ed}}$ [kN]	$T_{\text{Q,tan}}$ [kNm]	$T_{\text{Q,distr}}$ [kNm]	$T_{\text{G2}}$ [kNm]	$T_{\text{Ed}}$ [kNm]	$V_{\text{Rcd}}$ [kN]	$T_{\text{Rcd}}$ [kNm]	$k_{\text{VT}}$
0.00	S1	-0.70	150.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2716.2	2987.8	0.00
0.70	S2	0.00	150.00	1766.8	205.4	23.8	0.0	309.5	2926.0	2987.8	0.71
1.00	S3	0.30	150.00	1713.2	192.2	23.5	0.0	291.2	3028.8	2987.8	0.66
2.00	S4	1.30	150.00	1508.4	126.3	21.8	0.0	199.9	3213.6	2987.8	0.54
3.00	S5	2.30	150.00	1453.0	60.4	20.0	0.0	108.6	2571.4	2390.2	0.61
4.50	S6	3.80	150.00	1218.6	147.5	22.9	0.0	230.0	2599.4	2390.2	0.57
6.00	S7	5.30	150.00	969.2	88.7	17.7	0.0	143.6	2638.4	2390.2	0.43
7.50	S8	6.80	150.00	688.2	45.1	15.7	0.0	82.1	2671.1	2390.2	0.29
9.00	S9	8.30	150.00	684.8	157.6	22.7	0.0	243.3	2672.9	2390.2	0.36
10.45	S10(Mezz)	9.75	150.00	462.1	108.0	13.7	0.0	164.3	2673.6	2390.2	0.24
11.90	S11	11.20	150.00	677.7	57.9	5.9	0.0	86.2	2673.0	2390.2	0.29
13.40	S12	12.70	150.00	681.1	146.4	32.0	0.0	240.8	2671.3	2390.2	0.36
14.90	S13	14.20	150.00	962.1	137.2	21.9	0.0	214.7	2638.6	2390.2	0.45
16.40	S14	15.70	150.00	1211.5	80.6	14.2	0.0	127.9	2599.6	2390.2	0.52
17.90	S15	17.20	150.00	1445.9	23.7	6.7	0.0	41.1	2571.6	2390.2	0.58
18.90	S16	18.20	150.00	1501.3	26.7	11.8	0.0	51.9	3214.0	2987.8	0.48
19.90	S17	19.20	150.00	1706.1	26.7	11.6	0.0	51.7	3029.1	2987.8	0.58
20.20	S18	19.50	150.00	1765.8	26.7	11.6	0.0	51.6	2926.1	2987.8	0.62
20.90	S19	20.20	150.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2716.2	2987.8	0.00

$K_{\text{VT}}$  = verifica combinata a taglio e torsione

$A_{\text{sw,V}}$  = area complessiva minima armature per solo taglio

$A_{\text{sw,T}}$  = area complessiva minima armature trasversali per sola torsione

$A_{\text{sw,min}}$  = area complessiva minima armature trasversali per taglio e torsione

$A_{\text{sw,min}}$  = area complessiva minima armature longitudinali per torsione

## 11.2.2. CAMPATA 30M

### Sforzo normale e flessione

Verifica sezioni a momento positivo - Valori caratteristici di sollecitazione									
X <sub>test.trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse pila</sub> [m]	M <sub>G0</sub> [kNm]	M <sub>G1</sub> [kNm]	M <sub>G2</sub> [kNm]	M <sub>Q,tan</sub> [kNm]	M <sub>Q,distr</sub> [kNm]	N <sub>rd</sub> [kN]	M <sub>rd</sub> [kNm]
0.00	S1	-0.50	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0
0.50	S2	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	42.17	2690.0	1285.8
1.00	S3	0.50	134.0	147.2	56.5	239.52	39.69	2690.0	1285.8
2.00	S4	1.50	381.7	443.5	164.4	675.15	37.56	2690.0	1285.8
3.00	S5	2.50	611.3	712.8	258.8	1144.41	42.27	2690.0	1285.8
4.50	S6	4.00	921.8	1065.8	393.5	1688.83	38.02	2690.0	1285.8
6.00	S7	5.50	1191.6	1357.9	502.2	2146.62	36.02	2690.0	1285.8
7.50	S8	7.00	1420.8	1589.0	582.1	2215.40	35.12	2690.0	1285.8
9.00	S9	8.50	1609.2	1759.1	656.0	2752.28	26.61	2690.0	1285.8
15.00	S10(Mezz)	14.50	1956.4	1829.9	719.3	3133.33	11.61	2690.0	1285.8
21.00	S11	20.50	1609.2	1759.1	656.0	2752.28	26.61	2690.0	1285.8
22.50	S12	22.00	1420.8	1589.0	582.1	2215.40	35.12	2690.0	1285.8
24.00	S13	23.50	1191.6	1357.9	502.2	2146.62	36.02	2690.0	1285.8
25.50	S14	25.00	921.8	1065.8	393.5	1688.83	38.02	2690.0	1285.8
27.00	S15	26.50	611.3	712.8	258.8	1144.41	42.27	2690.0	1285.8
28.00	S16	27.50	381.7	443.5	164.4	675.15	37.56	2690.0	1285.8
29.00	S17	28.50	134.0	147.2	56.5	239.52	39.69	2690.0	1285.8
29.50	S18	29.00	0.0	0.0	-2.2	18.21	42.17	2690.0	1285.8
30.00	S19	29.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Coeff. SLU		1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.2	1.2
------------	--	------	------	------	------	------	-----	-----

Verifica sezioni a momento positivo - Valori sollecitazione allo SLU													
X <sub>test.trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse.pila</sub> [m]	M <sub>G0</sub> [kNm]	M <sub>G1</sub> [kNm]	M <sub>G2 + M<sub>rapp</sub></sub> [kNm]	M <sub>Q,tan</sub> [kNm]	M <sub>Q,distr</sub> [kNm]	N <sub>rd</sub> [kN]	M <sub>rd</sub> [kNm]	M <sub>ΔT</sub> [kNm]	M <sub>cedP</sub> [kNm]	N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>Ed</sub> [kNm]
0.00	S1	-0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.50	S2	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	56.9	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	1599.9
1.00	S3	0.50	180.9	198.7	76.2	323.3	53.6	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	2375.7
2.00	S4	1.50	515.2	598.8	222.0	911.4	50.7	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	3841.1
3.00	S5	2.50	825.2	962.2	349.3	1545.0	57.1	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	5281.8
4.50	S6	4.00	1244.4	1438.9	531.3	2279.9	51.3	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	7088.7
6.00	S7	5.50	1608.7	1833.2	678.0	2897.9	48.6	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	8609.3
7.50	S8	7.00	1918.0	2145.2	785.8	2990.8	47.4	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	9430.2
9.00	S9	8.50	2172.5	2374.8	885.6	3715.6	35.9	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	10727.4
15.00	S10(Mezz)	14.50	2641.2	2470.3	971.0	4230.0	15.7	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	11871.2
21.00	S11	20.50	2172.5	2374.8	885.6	3715.6	35.9	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	10727.4
22.50	S12	22.00	1918.0	2145.2	785.8	2990.8	47.4	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	9430.2
24.00	S13	23.50	1608.7	1833.2	678.0	2897.9	48.6	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	8609.3
25.50	S14	25.00	1244.4	1438.9	531.3	2279.9	51.3	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	7088.7
27.00	S15	26.50	825.2	962.2	349.3	1545.0	57.1	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	5281.8
28.00	S16	27.50	515.2	598.8	222.0	911.4	50.7	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	3841.1
29.00	S17	28.50	180.9	198.7	76.2	323.3	53.6	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	2375.7
29.50	S18	29.00	0.0	0.0	-2.9	24.6	56.9	3228.0	1543.0	0.0	0.0	3228.0	1621.6
30.00	S19	29.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Si riportano di seguito le verifiche strutturali delle sezioni per momento positivo. Per tutte le sezioni si considera la presenza di armatura di soletta (sup – inf)  $\phi 12/20$ cm.

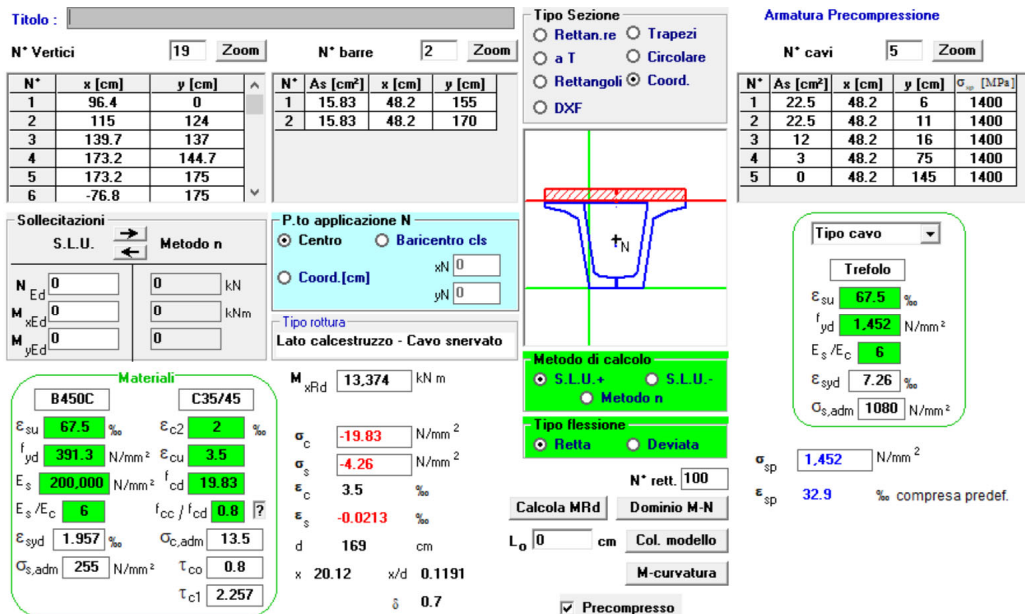


Figura 11.5: Verifica a rottura sezioni di mezzera

Il momento flettente agente  $M_{sd}$  è minore del momento flettente resistente  $M_{rd} \rightarrow 13374$  kNm  $< 11872$  kNm  $\rightarrow$  Verifica soddisfatta.



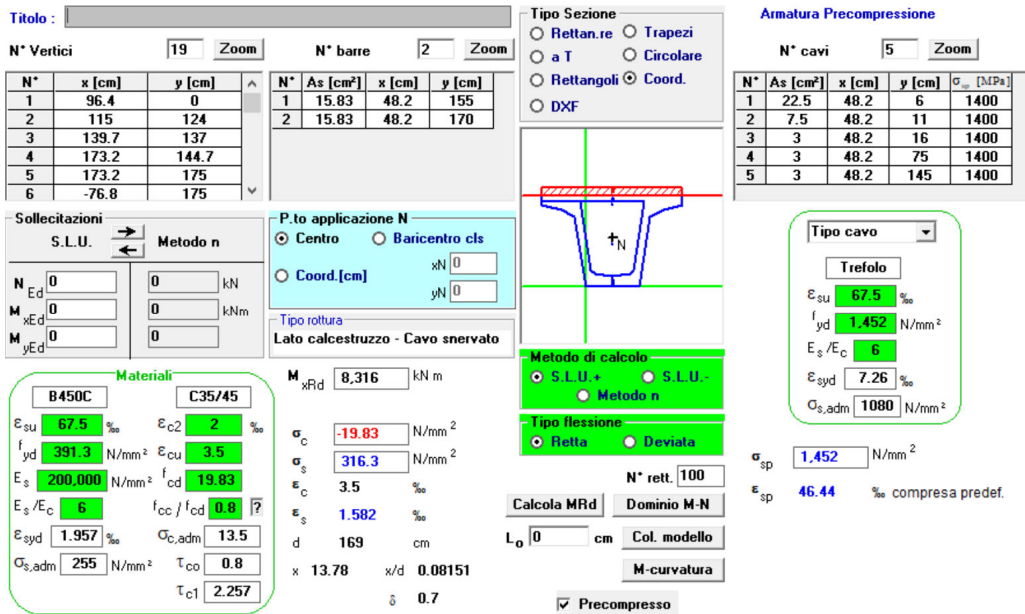


Figura 11.6: Verifica a rottura sezione S5-S6

Il momento flettente agente  $M_{sd}$  è minore del momento flettente resistente  $M_{rd} \rightarrow 8316$  kNm < 7088 kNm  $\rightarrow$  Verifica soddisfatta.

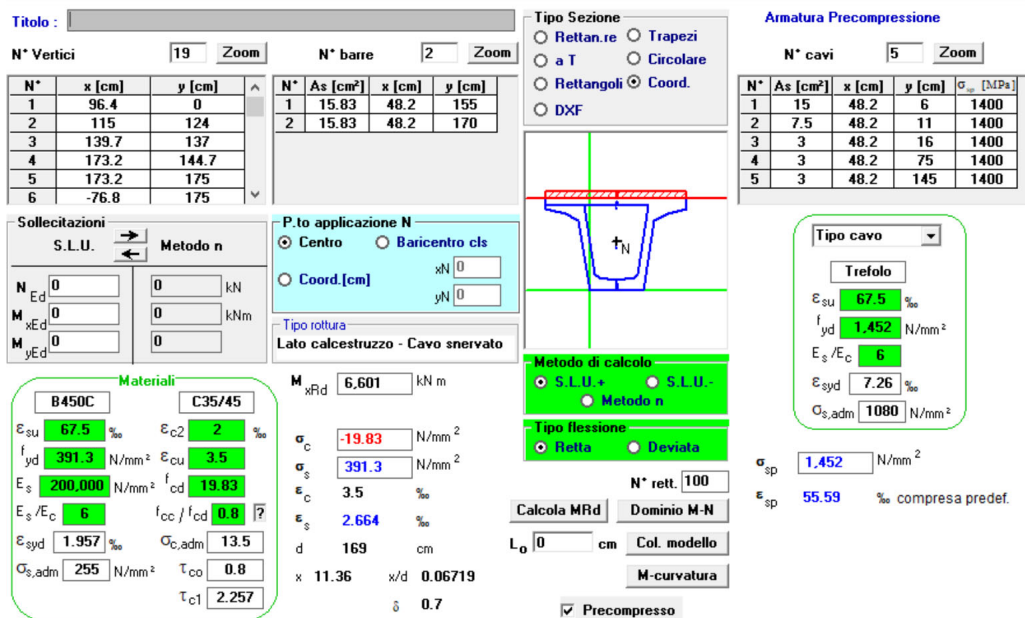


Figura 11.7: Verifica a rottura sezioni S3-S4

Il momento flettente agente  $M_{sd}$  è minore del momento flettente resistente  $M_{rd} \rightarrow 6601$  kNm < 3841 kNm  $\rightarrow$  Verifica soddisfatta.

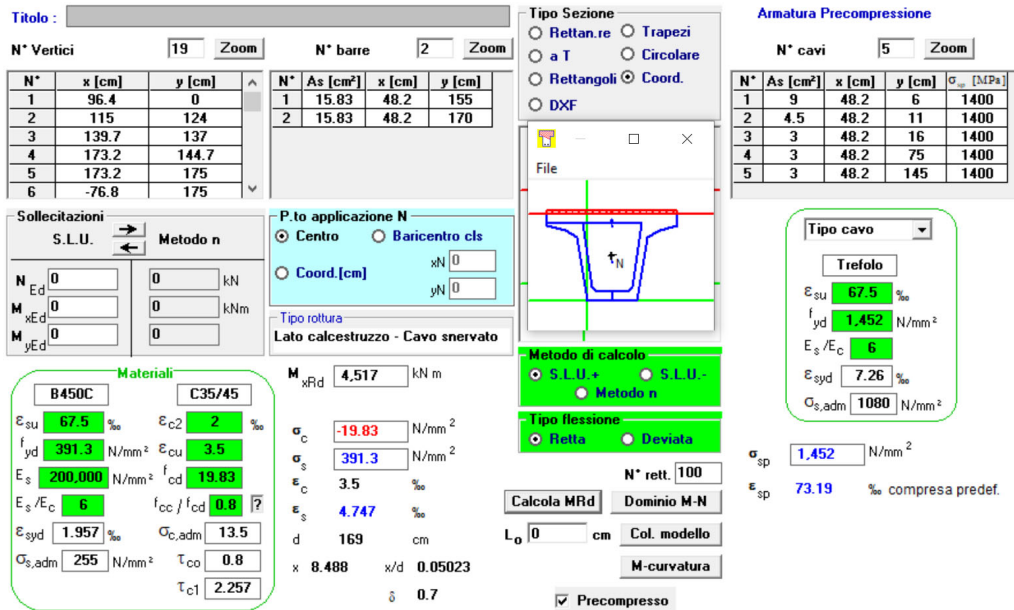


Figura 11.8: Verifica a rottura sezioni S1-S2

Il momento flettente agente  $M_{sd}$  è minore del momento flettente resistente  $M_{rd} \rightarrow 4517 \text{ kNm} < 2377 \text{ kNm} \rightarrow$  Verifica soddisfatta

## Taglio e torsione

VERIFICHE ALLO SLU PER SOLLECITAZIONI TAGLIANTI E TORCENTI  
Parametri adottati per le verifiche a taglio e torsione

$\text{ctg}\alpha =$	0.00	inclinazione dell'armatura trasversale rispetto asse trave
$f_{cd} =$	25.87	resistenza di calcolo a compressione del cls
$\nu =$	0.50	coefficiente riduttivo per cls fessurato a taglio
$f'_{cd} =$	12.93	resistenza di calcolo corretta del cls
$f_{ywd} =$	391.30	resistenza di calcolo delle armature a taglio
$n_w =$	2.00	numero delle anime della sezione
		perimetro medio del nucleo
$u_m =$	5.25	resistente

Caratteristiche travi e armature a taglio - Singola nervatura trave												
Xtest.trave [m]	Sez.	Xasse pila [m]	ctgθ	$\sigma_{cp}$ [MPa]	$\alpha_c$	$b_w$ [cm]	bracci [-]	$\phi$ [mm]	p [cm]	$A_{sw}/s$ [cm²/m]	d [cm]	$\Omega$ [m²]
0.00	S1	-0.50	1.00	0.00	1.00	14	2	14	10	30.79	150	1.65
0.50	S2	0.00	1.00	1.49	1.06	14	2	14	10	30.79	150	1.65
1.00	S3	0.50	1.00	4.68	1.18	14	2	14	10	30.79	150	1.65
2.00	S4	1.50	1.00	4.78	1.18	14	2	14	10	30.79	150	1.65
3.00	S5	2.50	2.00	5.81	1.22	14	2	12	10	22.62	150	1.65
4.50	S6	4.00	2.00	5.59	1.22	14	2	12	10	22.62	150	1.65
6.00	S7	5.50	2.00	7.97	1.25	14	2	12	20	11.31	150	1.65
7.50	S8	7.00	2.00	8.07	1.25	14	2	12	20	11.31	150	1.65
9.00	S9	8.50	2.00	8.14	1.25	14	2	12	20	11.31	150	1.65
15.00	S10(Mezz)	14.50	2.00	8.25	1.25	14	2	12	20	11.31	150	1.65
21.00	S11	20.50	2.00	8.14	1.25	14	2	12	20	11.31	150	1.65
22.50	S12	22.00	2.00	8.07	1.25	14	2	12	20	11.31	150	1.65
24.00	S13	23.50	2.00	7.97	1.25	14	2	12	20	11.31	150	1.65
25.50	S14	25.00	2.00	5.59	1.22	14	2	12	10	22.62	150	1.65
27.00	S15	26.50	2.00	5.81	1.22	14	2	12	10	22.62	150	1.65
28.00	S16	27.50	1.00	4.78	1.18	14	2	14	10	30.79	150	1.65
29.00	S17	28.50	1.00	4.68	1.18	14	2	14	10	30.79	150	1.65
29.50	S18	29.00	1.00	1.49	1.06	14	2	14	10	30.79	150	1.65
30.00	S19	29.50	1.00	0.00	1.00	14	2	14	10	30.79	150	1.65

PROGETTAZIONE ATI:

Verifica sezioni - Valori caratteristici di sollecitazione									
X <sub>test.trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse pila</sub> [m]	V <sub>G0</sub> [kN]	V <sub>G1</sub> [kN]	V <sub>G2</sub> [kN]	V <sub>rapp</sub> [kN]	V <sub>Q,tan</sub> [kN]	V <sub>Q,distr</sub> [kN]	V <sub>rd</sub> [kN]
0.00	S1	-0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
0.50	S2	0.00	265.76	323.44	95.26	0.00	280.97	601.01	0
1.00	S3	0.50	256.72	309.89	92.93	0.00	271.21	563.13	0
2.00	S4	1.50	238.64	282.79	81.27	0.00	251.65	487.23	0
3.00	S5	2.50	220.56	255.69	69.61	0.00	247.67	525.83	0
4.50	S6	4.00	193.45	215.04	57.15	0.00	211.47	480.91	0
6.00	S7	5.50	166.33	174.39	39.66	0.00	181.89	419.60	0
7.50	S8	7.00	139.21	133.74	22.17	0.00	165.35	401.25	0
9.00	S9	8.50	112.10	93.09	17.46	0.00	148.46	401.25	0
15.00	S10(Mezz)	14.50	0.00	0.00	0.03	0.00	69.13	220.31	0
21.00	S11	20.50	112.10	93.09	16.36	0.00	148.46	401.25	0
22.50	S12	22.00	139.21	133.74	20.09	0.00	165.35	401.25	0
24.00	S13	23.50	166.33	174.39	37.58	0.00	181.89	419.60	0
25.50	S14	25.00	193.45	215.04	55.07	0.00	211.47	480.91	0
27.00	S15	26.50	220.56	255.69	72.56	0.00	247.67	525.83	0
28.00	S16	27.50	238.64	282.79	75.44	0.00	251.65	487.23	0
29.00	S17	28.50	256.72	309.89	87.10	0.00	271.21	563.13	0
29.50	S18	29.00	265.76	323.44	90.60	0.00	280.97	601.01	0
30.00	S19	29.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0

Coeff. SLU		1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.2
------------	--	------	------	------	------	------	------	------	-----

Verifica sezioni - Valori sollecitazioni allo SLU										
X <sub>test.trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse pila</sub> [m]	V <sub>G0</sub> [kN]	V <sub>G1</sub> [kN]	V <sub>G2</sub> [kN]	V <sub>rapp</sub> [kN]	V <sub>Q,tan</sub> [kN]	V <sub>Q,distr</sub> [kN]	V <sub>rd</sub> [kN]	V <sub>Ed</sub> [kN]
0.00	S1	-0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	S2	0.00	358.77	436.65	128.60	0.00	379.31	811.36	0.00	2114.69
1.00	S3	0.50	346.57	418.36	125.45	0.00	366.14	760.23	0.00	2016.74
2.00	S4	1.50	322.16	381.77	109.71	0.00	339.73	657.76	0.00	1811.14
3.00	S5	2.50	297.76	345.19	93.97	0.00	334.36	709.87	0.00	1781.14
4.50	S6	4.00	261.15	290.31	77.15	0.00	285.49	649.22	0.00	1563.32
6.00	S7	5.50	224.55	235.43	53.54	0.00	245.55	566.46	0.00	1325.52
7.50	S8	7.00	187.94	180.55	29.92	0.00	223.22	541.69	0.00	1163.32
9.00	S9	8.50	151.33	125.68	23.57	0.00	200.42	541.69	0.00	1042.68
15.00	S10(Mezz)	14.50	0.00	0.00	0.05	0.00	93.32	297.42	0.00	390.79
21.00	S11	20.50	151.33	125.68	22.08	0.00	200.42	541.69	0.00	1041.20
22.50	S12	22.00	187.94	180.55	27.12	0.00	223.22	541.69	0.00	1160.52
24.00	S13	23.50	224.55	235.43	50.73	0.00	245.55	566.46	0.00	1322.71
25.50	S14	25.00	261.15	290.31	74.34	0.00	285.49	649.22	0.00	1560.51
27.00	S15	26.50	297.76	345.19	97.95	0.00	334.36	709.87	0.00	1785.13
28.00	S16	27.50	322.16	381.77	101.85	0.00	339.73	657.76	0.00	1803.28
29.00	S17	28.50	346.57	418.36	117.59	0.00	366.14	760.23	0.00	2008.88
29.50	S18	29.00	358.77	436.65	122.31	0.00	379.31	811.36	0.00	2108.41
30.00	S19	29.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

$x_{\text{test.trave}}$ [m]	Sez.	$x_{\text{asse pila}}$ [m]	z [cm]	$V_{Rcd}$ [kN]	$V_{Rsd}$ [kN]	$V_{Rd}$ [kN]	$V_{Ed}$ [kN]	$V_{Ed}/V_{Rd}$
0.00	S1	-0.50	150.00	2716.18	3614.20	2716.18	0.00	0.00
0.50	S2	0.00	150.00	2868.77	3614.20	2868.77	2114.69	0.74
1.00	S3	0.50	150.00	3199.56	3614.20	3199.56	2016.74	0.63
2.00	S4	1.50	150.00	3210.36	3614.20	3210.36	1811.14	0.56
3.00	S5	2.50	150.00	2652.23	5310.66	2652.23	1781.14	0.67
4.50	S6	4.00	150.00	2635.92	5310.66	2635.92	1563.32	0.59
6.00	S7	5.50	150.00	2716.18	2655.33	2655.33	1325.52	0.50
7.50	S8	7.00	150.00	2716.18	2655.33	2655.33	1163.32	0.44
9.00	S9	8.50	150.00	2716.18	2655.33	2655.33	1042.68	0.39
15.00	S10(Mezz)	14.50	150.00	2716.18	2655.33	2655.33	390.79	0.15
21.00	S11	20.50	150.00	2716.18	2655.33	2655.33	1041.20	0.39
22.50	S12	22.00	150.00	2716.18	2655.33	2655.33	1160.52	0.44
24.00	S13	23.50	150.00	2716.18	2655.33	2655.33	1322.71	0.50
25.50	S14	25.00	150.00	2635.92	5310.66	2635.92	1560.51	0.59
27.00	S15	26.50	150.00	2652.23	5310.66	2652.23	1785.13	0.67
28.00	S16	27.50	150.00	3210.36	3614.20	3210.36	1803.28	0.56
29.00	S17	28.50	150.00	3199.56	3614.20	3199.56	2008.88	0.63
29.50	S18	29.00	150.00	2868.76	3614.20	2868.76	2108.41	0.73
30.00	S19	29.50	150.00	2716.18	3614.20	2716.18	0.00	0.00

Le verifiche a taglio sono soddisfatte in tutte le sezioni.

Verifica combinata taglio e torsione - Valori complessivi armature trasversali											
X <sub>test.trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse pila</sub> [m]	z [cm]	V <sub>Ed</sub> [kN]	T <sub>Q,tan</sub> [kNm]	T <sub>Q,distr</sub> [kNm]	T <sub>G2</sub> [kNm]	T <sub>Ed</sub> [kNm]	V <sub>Rcd</sub> [kN]	T <sub>Rcd</sub> [kNm]	k <sub>VT</sub>
0.00	S1	-0.50	150.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2716.2	2987.8	0.00
0.50	S2	0.00	150.00	2114.7	213.4	42.2	0.0	345.0	2868.8	2987.8	0.85
1.00	S3	0.50	150.00	2016.7	174.0	39.7	0.0	288.5	3199.6	2987.8	0.73
2.00	S4	1.50	150.00	1811.1	95.1	37.6	0.0	179.2	3210.4	2987.8	0.62
3.00	S5	2.50	150.00	1781.1	170.7	42.3	0.0	287.4	2652.2	2390.2	0.79
4.50	S6	4.00	150.00	1563.3	127.3	38.0	0.0	223.1	2635.9	2390.2	0.69
6.00	S7	5.50	150.00	1325.5	68.1	36.0	0.0	140.5	2716.2	2390.2	0.55
7.50	S8	7.00	150.00	1163.3	44.8	35.1	0.0	107.9	2716.2	2390.2	0.47
9.00	S9	8.50	150.00	1042.7	127.5	26.6	0.0	208.1	2716.2	2390.2	0.47
15.00	S10(Mezz)	14.50	150.00	390.8	20.4	11.6	0.0	43.2	2716.2	2390.2	0.16
21.00	S11	20.50	150.00	1041.2	127.5	26.6	0.0	208.1	2716.2	2390.2	0.47
22.50	S12	22.00	150.00	1160.5	44.8	35.1	0.0	107.9	2716.2	2390.2	0.47
24.00	S13	23.50	150.00	1322.7	68.1	36.0	0.0	140.5	2716.2	2390.2	0.55
25.50	S14	25.00	150.00	1560.5	127.3	38.0	0.0	223.1	2635.9	2390.2	0.69
27.00	S15	26.50	150.00	1785.1	170.7	42.3	0.0	287.4	2652.2	2390.2	0.79
28.00	S16	27.50	150.00	1803.3	95.1	37.6	0.0	179.2	3210.4	2987.8	0.62
29.00	S17	28.50	150.00	2008.9	174.0	39.7	0.0	288.5	3199.6	2987.8	0.72
29.50	S18	29.00	150.00	2108.4	213.4	42.2	0.0	345.0	2868.8	2987.8	0.85
30.00	S19	29.50	150.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2716.2	2987.8	0.00

- K<sub>VT</sub> = verifica combinata a taglio e torsione  
A<sub>sw,V</sub> = area complessiva minima armature per solo taglio  
A<sub>sw,T</sub> = area complessiva minima armature trasversali per sola torsione  
A<sub>sw,min</sub> = area complessiva minima armature trasversali per taglio e torsione  
A<sub>sw,min</sub> = area complessiva minima armature longitudinali per torsione

### 11.3. VERIFICA DELLO SCORRIMENTO TRAVE – SOLETTA

Si riportano di seguito la verifica delle tensioni tangenziali all'interfaccia trave-soletta.

#### 11.3.1. CAMPATA 20M

VERIFICA DELLO SCORRIMENTO TRA TRAVE E SOLETTA

Parametri adottati per le verifiche a scorrimento trave-soletta

$c =$	0.35	parametro dipendente dalla scabrezza dell'interfaccia
$\mu =$	0.60	parametro dipendente dalla scabrezza dell'interfaccia
$f_{ctd} =$	-1.56 MPa	resistenza di calcolo a trazione del cls della soletta
$f_{ywd} =$	391.30 MPa	resistenza di calcolo delle armature a taglio

Verifica delle tensioni tangenziali all'interfaccia trave-soletta

Calcolo della tensione tangenziale dovuta allo scorrimento									
$X_{test, trave}$ [m]	Sez.	$X_{asse\ pila}$ [m]	$V_{scorr}$ [kN]	$A_{sol}$ [m <sup>2</sup> ]	$d_{Gsol,0}$ [m]	$S_{sol}$ [m <sup>3</sup> ]	$I_0$ [m <sup>4</sup> ]	$2 \times b_{sol}$ [m]	$\tau_{VEd}$ [MPa]
0.00	S1	-0.70	0.00	0.743	0.466	0.3463	0.52436	1.36	0.00
0.70	S2	0.00	197.00	0.743	0.464	0.3450	0.53344	1.36	0.09
1.00	S3	0.30	193.85	0.743	0.464	0.3450	0.53344	1.36	0.09
2.00	S4	1.30	178.11	0.743	0.469	0.3481	0.53946	1.36	0.08
3.00	S5	2.30	162.36	0.743	0.469	0.3481	0.53946	1.36	0.08
4.50	S6	3.80	276.13	0.743	0.473	0.3512	0.53850	1.36	0.13
6.00	S7	5.30	359.14	0.743	0.476	0.3533	0.54227	1.36	0.17
7.50	S8	6.80	365.94	0.743	0.479	0.3559	0.54234	1.36	0.18
9.00	S9	8.30	360.60	0.743	0.479	0.3559	0.54234	1.36	0.17
10.45	S10(Mezz)	9.75	461.58	0.743	0.479	0.3559	0.54234	1.36	0.22
11.90	S11	11.20	590.89	0.743	0.479	0.3559	0.54234	1.36	0.29
13.40	S12	12.70	500.95	0.743	0.479	0.3559	0.54234	1.36	0.24
14.90	S13	14.20	690.04	0.743	0.476	0.3533	0.54227	1.36	0.33
16.40	S14	15.70	847.45	0.743	0.473	0.3512	0.53850	1.36	0.41
17.90	S15	17.20	992.77	0.743	0.469	0.3481	0.53946	1.36	0.47
18.90	S16	18.20	979.01	0.743	0.469	0.3481	0.53946	1.36	0.46
19.90	S17	19.20	1122.43	0.743	0.464	0.3450	0.53344	1.36	0.53
20.20	S18	19.50	1165.33	0.743	0.464	0.3450	0.53344	1.36	0.55
20.90	S19	20.20	0.00	0.743	0.470	0.3491	0.52981	1.36	0.00

Calcolo della tensione tangenziale dovuta alla torsione						
X <sub>test.trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse pila</sub> [m]	M <sub>tors</sub> [kNm]	Ω [m <sup>2</sup> ]	b <sub>sol</sub> [m]	τ <sub>VEd</sub> [MPa]
0.00	S1	-0.70				
0.70	S2	0.00	309.48	1.650	0.680	0.14
1.00	S3	0.30	291.21	1.650	0.680	0.13
2.00	S4	1.30	199.90	1.650	0.680	0.09
3.00	S5	2.30	108.59	1.650	0.680	0.05
4.50	S6	3.80	229.96	1.650	0.680	0.10
6.00	S7	5.30	143.58	1.650	0.680	0.06
7.50	S8	6.80	82.07	1.650	0.680	0.04
9.00	S9	8.30	243.33	1.650	0.680	0.11
10.45	S10(Mezz)	9.75	164.34	1.650	0.680	0.07
11.90	S11	11.20	86.19	1.650	0.680	0.04
13.40	S12	12.70	240.80	1.650	0.680	0.11
14.90	S13	14.20	214.70	1.650	0.680	0.10
16.40	S14	15.70	127.94	1.650	0.680	0.06
17.90	S15	17.20	41.09	1.650	0.680	0.02
18.90	S16	18.20	51.88	1.650	0.680	0.02
19.90	S17	19.20	51.70	1.650	0.680	0.02
20.20	S18	19.50	51.64	1.650	0.680	0.02
20.90	S19	20.20				

Calcolo della tensione tangenziale ultima di contatto per ciascuna anima																
X <sub>test.trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse pila</sub> [m]	b <sub>sol</sub> [cm]	A <sub>sup</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	bracci [-]	φ <sub>1</sub> [mm]	p <sub>1</sub> [cm]	A <sub>conn</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	ρ [adim]	α [°]	sen α [adim]	cos α [adim]	σ <sub>n</sub> [MPa]	τ <sub>Rd</sub> [MPa]	τ <sub>Ed</sub> [MPa]	τ <sub>Ed</sub> /τ <sub>Rd</sub> [adim]
0.00	S1	-0.70	68.00	6800	2	14	10	30.79	0.004528	90	1.00	0.00	0.0	1.61	0.00	0.00
0.70	S2	0.00	68.00	6800	2	14	10	30.79	0.004528	90	1.00	0.00	0.0	1.61	0.23	0.14
1.00	S3	0.30	68.00	6800	2	14	10	30.79	0.004528	90	1.00	0.00	0.0	1.61	0.22	0.14
2.00	S4	1.30	68.00	6800	2	14	10	30.79	0.004528	90	1.00	0.00	0.0	1.61	0.17	0.11
3.00	S5	2.30	68.00	6800	2	12	10	22.62	0.003326	90	1.00	0.00	0.0	1.33	0.13	0.09
4.50	S6	3.80	68.00	6800	2	12	10	22.62	0.003326	90	1.00	0.00	0.0	1.33	0.23	0.18
6.00	S7	5.30	68.00	6800	2	12	20	11.31	0.001663	90	1.00	0.00	0.0	0.94	0.24	0.25
7.50	S8	6.80	68.00	6800	2	12	20	11.31	0.001663	90	1.00	0.00	0.0	0.94	0.21	0.23
9.00	S9	8.30	68.00	6800	2	12	20	11.31	0.001663	90	1.00	0.00	0.0	0.94	0.28	0.30
10.45	S10(Mezz)	9.75	68.00	6800	2	12	20	11.31	0.001663	90	1.00	0.00	0.0	0.94	0.30	0.32
11.90	S11	11.20	68.00	6800	2	12	20	11.31	0.001663	90	1.00	0.00	0.0	0.94	0.32	0.34
13.40	S12	12.70	68.00	6800	2	12	20	11.31	0.001663	90	1.00	0.00	0.0	0.94	0.35	0.37
14.90	S13	14.20	68.00	6800	2	12	20	11.31	0.001663	90	1.00	0.00	0.0	0.94	0.43	0.45
16.40	S14	15.70	68.00	6800	2	12	10	22.62	0.003326	90	1.00	0.00	0.0	1.33	0.46	0.35
17.90	S15	17.20	68.00	6800	2	12	10	22.62	0.003326	90	1.00	0.00	0.0	1.33	0.49	0.37
18.90	S16	18.20	68.00	6800	2	14	10	30.79	0.004528	90	1.00	0.00	0.0	1.61	0.49	0.30
19.90	S17	19.20	68.00	6800	2	14	10	30.79	0.004528	90	1.00	0.00	0.0	1.61	0.56	0.35
20.20	S18	19.50	68.00	6800	2	14	10	30.79	0.004528	91	1.00	-0.02	0.0	1.58	0.58	0.37
20.90	S19	20.20	68.00	6800	2	14	10	30.79	0.004528	92	1.00	-0.03	0.0	1.55	0.00	0.00

- b<sub>sol</sub> = Larghezza di contatto, per ciascuna anima  
Area di contatto per metro di lunghezza, per ciascuna anima
- A<sub>sup</sub> = Area dei connettori adottati, per metro di lunghezza
- A<sub>conn</sub> = rapporto A<sub>conn</sub>/A<sub>sup</sub>
- ρ = Angolo medio dei connettori rispetto la superficie di contatto
- α = Tensione normale all'interfaccia
- σ<sub>n</sub> = Tensione tangenziale ultima di contatto
- τ<sub>Rd</sub> =

Le verifiche a scorrimento (verifica delle tensioni ultime di contatto) sono soddisfatte in tutte le sezioni.

### 11.3.2. CAMPATA 30M

VERIFICA DELLO SCORRIMENTO TRA TRAVE E SOLETTA

Parametri adottati per le verifiche a scorrimento trave-soletta

$c =$	0.35	parametro dipendente dalla scabrezza dell'interfaccia
$\mu =$	0.60	parametro dipendente dalla scabrezza dell'interfaccia
$f_{ctd} =$	-1.56 MPa	resistenza di calcolo a trazione del cls della soletta
$f_{ywd} =$	391.30 MPa	resistenza di calcolo delle armature a taglio

Verifica delle tensioni tangenziali all'interfaccia trave-soletta

Calcolo della tensione tangenziale dovuta allo scorrimento									
$X_{test.trave}$ [m]	Sez.	$X_{asse.pila}$ [m]	$V_{scorr}$ [kN]	$A_{sol}$ [m <sup>2</sup> ]	$d_{Gsol,0}$ [m]	$S_{sol}$ [m <sup>3</sup> ]	$I_0$ [m <sup>4</sup> ]	$2 \times b_{sol}$ [m]	$\tau_{VEd}$ [MPa]
0.00	S1	-0.50	0.00	0.743	0.467	0.3470	0.52566	1.36	0.00
0.50	S2	0.00	1319.27	0.743	0.465	0.3457	0.53475	1.36	0.63
1.00	S3	0.50	1251.82	0.743	0.469	0.3480	0.53933	1.36	0.59
2.00	S4	1.50	1107.21	0.743	0.469	0.3480	0.53933	1.36	0.53
3.00	S5	2.50	1138.20	0.743	0.471	0.3500	0.54325	1.36	0.54
4.50	S6	4.00	1011.86	0.743	0.474	0.3524	0.54085	1.36	0.48
6.00	S7	5.50	865.54	0.743	0.485	0.3602	0.55018	1.36	0.42
7.50	S8	7.00	794.83	0.743	0.485	0.3602	0.55018	1.36	0.38
9.00	S9	8.50	765.68	0.743	0.485	0.3602	0.55018	1.36	0.37
15.00	S10(Mezz)	14.50	390.79	0.743	0.485	0.3602	0.55018	1.36	0.19
21.00	S11	20.50	764.19	0.743	0.485	0.3602	0.55018	1.36	0.37
22.50	S12	22.00	792.03	0.743	0.485	0.3602	0.55018	1.36	0.38
24.00	S13	23.50	862.74	0.743	0.485	0.3602	0.55018	1.36	0.42
25.50	S14	25.00	1009.05	0.743	0.474	0.3524	0.54085	1.36	0.48
27.00	S15	26.50	1142.18	0.743	0.471	0.3500	0.54325	1.36	0.54
28.00	S16	27.50	1099.34	0.743	0.469	0.3480	0.53933	1.36	0.52
29.00	S17	28.50	1243.96	0.743	0.469	0.3480	0.53933	1.36	0.59
29.50	S18	29.00	1312.99	0.743	0.465	0.3457	0.53475	1.36	0.62
30.00	S19	29.50	0.00	0.743	0.471	0.3499	0.53111	1.36	0.00



Calcolo della tensione tangenziale dovuta alla torsione						
X <sub>test.trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse pila</sub> [m]	M <sub>tors</sub> [kNm]	Ω [m <sup>2</sup> ]	b <sub>sol</sub> [m]	τ <sub>VEd</sub> [MPa]
0.00	S1	-0.50				
0.50	S2	0.00	345.03	1.650	0.680	0.15
1.00	S3	0.50	288.53	1.650	0.680	0.13
2.00	S4	1.50	179.15	1.650	0.680	0.08
3.00	S5	2.50	287.45	1.650	0.680	0.13
4.50	S6	4.00	223.13	1.650	0.680	0.10
6.00	S7	5.50	140.51	1.650	0.680	0.06
7.50	S8	7.00	107.93	1.650	0.680	0.05
9.00	S9	8.50	208.10	1.650	0.680	0.09
15.00	S10(Mezz)	14.50	43.24	1.650	0.680	0.02
21.00	S11	20.50	208.10	1.650	0.680	0.09
22.50	S12	22.00	107.93	1.650	0.680	0.05
24.00	S13	23.50	140.51	1.650	0.680	0.06
25.50	S14	25.00	223.13	1.650	0.680	0.10
27.00	S15	26.50	287.45	1.650	0.680	0.13
28.00	S16	27.50	179.15	1.650	0.680	0.08
29.00	S17	28.50	288.53	1.650	0.680	0.13
29.50	S18	29.00	345.03	1.650	0.680	0.15
30.00	S19	29.50				

Calcolo della tensione tangenziale ultima di contatto per ciascuna anima																
X <sub>test.trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse pila</sub> [m]	b <sub>sol</sub> [cm]	A <sub>sup</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	bracci [-]	φ <sub>1</sub> [mm]	p <sub>1</sub> [cm]	A <sub>conn</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	ρ [adim]	α [°]	sen α [adim]	cos α [adim]	σ <sub>n</sub> [MPa]	τ <sub>Rd</sub> [MPa]	τ <sub>Ed</sub> [MPa]	τ <sub>Ed</sub> /τ <sub>Rd</sub> [adim]
0.00	S1	-0.50	68.00	6800	2	14	10	30.79	0.004528	90	1.00	0.00	0.0	1.61	0.00	0.00
0.50	S2	0.00	68.00	6800	2	14	10	30.79	0.004528	90	1.00	0.00	0.0	1.61	0.78	0.48
1.00	S3	0.50	68.00	6800	2	14	10	30.79	0.004528	90	1.00	0.00	0.0	1.61	0.72	0.45
2.00	S4	1.50	68.00	6800	2	14	10	30.79	0.004528	90	1.00	0.00	0.0	1.61	0.61	0.38
3.00	S5	2.50	68.00	6800	2	12	10	22.62	0.003326	90	1.00	0.00	0.0	1.33	0.67	0.50
4.50	S6	4.00	68.00	6800	2	12	10	22.62	0.003326	90	1.00	0.00	0.0	1.33	0.58	0.44
6.00	S7	5.50	68.00	6800	2	12	20	11.31	0.001663	90	1.00	0.00	0.0	0.94	0.48	0.51
7.50	S8	7.00	68.00	6800	2	12	20	11.31	0.001663	90	1.00	0.00	0.0	0.94	0.43	0.46
9.00	S9	8.50	68.00	6800	2	12	20	11.31	0.001663	90	1.00	0.00	0.0	0.94	0.46	0.49
15.00	S10(Mezz)	14.50	68.00	6800	2	12	20	11.31	0.001663	90	1.00	0.00	0.0	0.94	0.21	0.22
21.00	S11	20.50	68.00	6800	2	12	20	11.31	0.001663	90	1.00	0.00	0.0	0.94	0.46	0.49
22.50	S12	22.00	68.00	6800	2	12	20	11.31	0.001663	90	1.00	0.00	0.0	0.94	0.43	0.46
24.00	S13	23.50	68.00	6800	2	12	20	11.31	0.001663	90	1.00	0.00	0.0	0.94	0.48	0.51
25.50	S14	25.00	68.00	6800	2	12	10	22.62	0.003326	90	1.00	0.00	0.0	1.33	0.58	0.44
27.00	S15	26.50	68.00	6800	2	12	10	22.62	0.003326	90	1.00	0.00	0.0	1.33	0.67	0.50
28.00	S16	27.50	68.00	6800	2	14	10	30.79	0.004528	90	1.00	0.00	0.0	1.61	0.60	0.37
29.00	S17	28.50	68.00	6800	2	14	10	30.79	0.004528	90	1.00	0.00	0.0	1.61	0.72	0.45
29.50	S18	29.00	68.00	6800	2	14	10	30.79	0.004528	90	1.00	0.00	0.0	1.61	0.78	0.48
30.00	S19	29.50	68.00	6800	2	14	10	30.79	0.004528	90	1.00	0.00	0.0	1.61	0.00	0.00

- b<sub>sol</sub> = Larghezza di contatto, per ciascuna anima  
Area di contatto per metro di lunghezza, per ciascuna anima
- A<sub>sup</sub> = Area dei connettori adottati, per metro di lunghezza
- A<sub>conn</sub> =
- ρ = rapporto A<sub>conn</sub>/A<sub>sup</sub>
- α = Angolo medio dei connettori rispetto la superficie di contatto
- σ<sub>n</sub> = Tensione normale all'interfaccia
- τ<sub>Rd</sub> = Tensione tangenziale ultima di contatto

Le verifiche a scorrimento (verifica delle tensioni ultime di contatto) sono soddisfatte in tutte le sezioni.

PROGETTAZIONE ATI:

#### 11.4. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO – CAMPATA 20M

Si verifica:

Combinazione rara:

$$\sigma_c < 0.6 f_{ck} = \sigma_c < 22.41 \text{ MPa (soletta);}$$

$$\sigma_c < 27.39 \text{ Mpa (trave);}$$

$$\sigma_{tc} < f_{ctm}/1.2 = \sigma_{tc} < 3.19 \text{ MPa (trave)}$$

Combinazione quasi permanente:

$$\sigma_c < 0.45 f_{ck} = \sigma_c < 20.54 \text{ Mpa (trave)}$$

$$\sigma_t < f_{ctm}/1.2 = \sigma_t < 2.79 \text{ MPa (soletta, se maggiore verifica a fessurazione)}$$

$$\sigma_t < 0 = \text{assenza trazioni lembi trave}$$

Combinazione frequente:

$$\sigma_t < f_{ctm}/1.2 = \sigma_t < 2.79 \text{ MPa (soletta, se maggiore verifica a fessurazione)}$$

$$\sigma_t < f_{ctm}/1.2 = \sigma_t < 3.19 \text{ MPa (trave)}$$

Nelle tabelle seguenti sono riportate le tensioni finali nel calcestruzzo ai lembi superiore e inferiore della trave e al lembo superiore ed inferiore della soletta, nelle combinazioni di carico rara, frequente e quasi permanente.

SLE - Verifica sezioni a momento positivo - Valori caratteristici di sollecitazione														
X <sub>test.trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse.pila</sub> [m]	M <sub>G0</sub> [kNm]	M <sub>G1</sub> [kNm]	M <sub>G2 + M<sub>Rapp</sub></sub> [kNm]	N <sub>p,fin</sub> [kN]	M <sub>p,fin</sub> [kNm]	N <sub>rd</sub> [kN]	M <sub>rd</sub> [kNm]	M <sub>ΔT</sub> [kNm]	M <sub>cedP</sub> [kNm]	M <sub>Q,tan</sub> [kNm]	M <sub>Q,distr</sub> [kNm]	M <sub>v</sub> [kNm]
0.00	S1	-0.70	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.70	S2	0.00	-1.8	-27.2	-3.6	1471.7	-520.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	17.4	23.8	0.0
1.00	S3	0.30	33.3	25.4	15.3	2192.7	-775.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	99.5	23.5	0.0
2.00	S4	1.30	197.9	272.0	102.9	3513.6	-1636.6	2690.0	1285.8	0.0	0.0	510.2	21.8	0.0
3.00	S5	2.30	344.2	491.2	178.7	3517.7	-1638.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	920.9	20.0	0.0
4.50	S6	3.80	529.4	768.7	265.8	3771.4	-1806.6	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1420.2	22.9	0.0
6.00	S7	5.30	673.5	984.6	338.8	4127.4	-2496.4	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1805.3	17.7	0.0
7.50	S8	6.80	776.5	1138.8	385.4	4425.2	-2678.1	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1884.7	15.7	0.0
9.00	S9	8.30	838.4	1231.5	411.1	4441.6	-2688.0	2690.0	1285.8	0.0	0.0	2126.4	22.7	0.0
10.45	S10(Mezz)	9.75	859.3	1262.6	424.3	4447.3	-2691.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	2163.5	13.7	0.0
11.90	S11	11.20	841.6	1236.0	412.7	4442.5	-2688.6	2690.0	1285.8	0.0	0.0	2163.6	5.9	0.0
13.40	S12	12.70	783.0	1148.0	380.5	4426.6	-2678.9	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1834.6	32.0	0.0
14.90	S13	14.20	683.3	998.3	337.1	4129.6	-2497.7	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1817.3	21.9	0.0
16.40	S14	15.70	542.5	787.1	267.2	3773.7	-1807.6	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1443.0	14.2	0.0
17.90	S15	17.20	360.5	514.2	171.0	3519.9	-1639.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	957.9	6.7	0.0
18.90	S16	18.20	216.4	298.1	106.3	3516.4	-1637.9	2690.0	1285.8	0.0	0.0	540.6	11.8	0.0
19.90	S17	19.20	54.1	54.6	24.6	2194.3	-776.1	2690.0	1285.8	0.0	0.0	138.4	11.6	0.0
20.20	S18	19.50	1.8	-23.8	-2.2	1472.0	-520.6	2690.0	1285.8	0.0	0.0	18.2	11.6	0.0
20.90	S19	20.20	0.7	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

PROGETTAZIONE ATI:

### 11.4.1. VERIFICHE IN COMBINAZIONE FREQUENTE

Verifica sezioni a momento positivo - Valori di sollecitazione in combinazione frequente														
X <sub>test.trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse pila</sub> [m]	M <sub>G0</sub> [kNm]	M <sub>G1</sub> [kNm]	M <sub>G2</sub> + M <sub>Rapp</sub> [kNm]	N <sub>p,fin</sub> [kN]	M <sub>p,fin</sub> [kNm]	N <sub>rd</sub> [kN]	M <sub>rd</sub> [kNm]	M <sub>AT</sub> [kNm]	M <sub>cedP</sub> [kNm]	M <sub>Q,tan</sub> [kNm]	M <sub>Q,distr</sub> [kNm]	M <sup>v</sup> [kNm]
0.00	S1	-0.70	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.70	S2	0.00	-1.8	-27.2	-3.6	1471.7	-520.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	13.0	9.5	0.0
1.00	S3	0.30	33.3	25.4	15.3	2192.7	-775.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	74.6	9.4	0.0
2.00	S4	1.30	197.9	272.0	102.9	3513.6	-1636.6	2690.0	1285.8	0.0	0.0	382.7	8.7	0.0
3.00	S5	2.30	344.2	491.2	178.7	3517.7	-1638.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	690.7	8.0	0.0
4.50	S6	3.80	529.4	768.7	265.8	3771.4	-1806.6	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1065.2	9.2	0.0
6.00	S7	5.30	673.5	984.6	338.8	4127.4	-2496.4	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1354.0	7.1	0.0
7.50	S8	6.80	776.5	1138.8	385.4	4425.2	-2678.1	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1413.5	6.3	0.0
9.00	S9	8.30	838.4	1231.5	411.1	4441.6	-2688.0	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1594.8	9.1	0.0
10.45	S10(Mezz)	9.75	859.3	1262.6	424.3	4447.3	-2691.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1622.6	5.5	0.0
11.90	S11	11.20	841.6	1236.0	412.7	4442.5	-2688.6	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1622.7	2.4	0.0
13.40	S12	12.70	783.0	1148.0	380.5	4426.6	-2678.9	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1375.9	12.8	0.0
14.90	S13	14.20	683.3	998.3	337.1	4129.6	-2497.7	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1363.0	8.7	0.0
16.40	S14	15.70	542.5	787.1	267.2	3773.7	-1807.6	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1082.3	5.7	0.0
17.90	S15	17.20	360.5	514.2	171.0	3519.9	-1639.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	718.4	2.7	0.0
18.90	S16	18.20	216.4	298.1	106.3	3516.4	-1637.9	2690.0	1285.8	0.0	0.0	405.4	4.7	0.0
19.90	S17	19.20	54.1	54.6	24.6	2194.3	-776.1	2690.0	1285.8	0.0	0.0	103.8	4.7	0.0
20.20	S18	19.50	1.8	-23.8	-2.2	1472.0	-520.6	2690.0	1285.8	0.0	0.0	13.7	4.6	0.0
20.90	S19	20.20	0.7	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Verifica sezioni a momento positivo																
X <sub>test.trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse pila</sub> [m]	Tensioni prima e seconda fase				N <sup>3f</sup> <sub>freq.</sub> [kN]	M <sup>3f</sup> <sub>freq.</sub> [kNm]	Tensioni terza fase				Tensioni finali			
			σ <sub>ss,freq.</sub> [MPa]	σ <sub>sj,freq.</sub> [MPa]	σ <sub>ts,freq.</sub> [MPa]	σ <sub>ti,freq.</sub> [MPa]			σ <sub>ss,freq.</sub> [MPa]	σ <sub>sj,freq.</sub> [MPa]	σ <sub>ts,freq.</sub> [MPa]	σ <sub>ti,freq.</sub> [MPa]	σ <sub>ss,freq.</sub> [MPa]	σ <sub>sj,freq.</sub> [MPa]	σ <sub>ts,freq.</sub> [MPa]	σ <sub>ti,freq.</sub> [MPa]
0.00	S1	-0.70	0.01	-0.04	-0.07	-0.64	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.04	-0.07	-0.64
0.70	S2	0.00	0.01	-0.06	0.39	3.70	2690.0	1308.4	-0.39	-0.97	2.81	-0.87	-0.38	-1.03	3.20	2.82
1.00	S3	0.30	0.04	-0.06	0.90	5.16	2690.0	1369.8	-0.33	-0.94	2.85	-1.01	-0.29	-1.00	3.74	4.15
2.00	S4	1.30	0.18	-0.02	1.28	8.33	2690.0	1677.2	-0.02	-0.76	3.03	-1.63	0.16	-0.77	4.31	6.70
3.00	S5	2.30	0.26	0.03	2.40	7.11	2690.0	1984.5	0.30	-0.57	3.23	-2.29	0.57	-0.54	5.63	4.82
4.50	S6	3.80	0.38	0.07	3.62	6.50	2690.0	2360.1	0.73	-0.32	3.50	-3.07	1.11	-0.24	7.12	3.43
6.00	S7	5.30	0.54	0.15	2.87	8.16	2690.0	2646.8	1.02	-0.14	3.68	-3.64	1.57	0.01	6.55	4.53
7.50	S8	6.80	0.61	0.18	3.48	8.36	2690.0	2705.6	1.11	-0.08	3.75	-3.73	1.71	0.10	7.23	4.63
9.00	S9	8.30	0.63	0.19	3.95	7.91	2690.0	2889.7	1.30	0.04	3.87	-4.12	1.93	0.23	7.82	3.79
10.45	S10(Mezz)	9.75	0.64	0.20	4.11	7.75	2690.0	2913.9	1.33	0.05	3.89	-4.17	1.97	0.25	8.00	3.58
11.90	S11	11.20	0.63	0.20	3.98	7.89	2690.0	2910.9	1.33	0.05	3.88	-4.17	1.96	0.25	7.86	3.72
13.40	S12	12.70	0.60	0.17	3.52	8.33	2690.0	2674.6	1.08	-0.10	3.73	-3.67	1.67	0.08	7.25	4.67
14.90	S13	14.20	0.54	0.15	2.93	8.11	2690.0	2657.6	1.03	-0.13	3.69	-3.66	1.57	0.01	6.63	4.45
16.40	S14	15.70	0.38	0.07	3.72	6.41	2690.0	2373.8	0.74	-0.31	3.51	-3.10	1.13	-0.24	7.23	3.31
17.90	S15	17.20	0.26	0.02	2.51	7.02	2690.0	2007.0	0.33	-0.56	3.24	-2.34	0.58	-0.53	5.76	4.68
18.90	S16	18.20	0.19	-0.01	1.41	8.20	2690.0	1696.0	0.00	-0.75	3.05	-1.67	0.19	-0.76	4.46	6.53
19.90	S17	19.20	0.04	-0.05	1.05	5.00	2690.0	1394.3	-0.30	-0.92	2.86	-1.06	-0.26	-0.98	3.91	3.94
20.20	S18	19.50	0.01	-0.06	0.42	3.67	2690.0	1304.1	-0.40	-0.98	2.80	-0.86	-0.38	-1.04	3.22	2.81
20.90	S19	20.20	0.01	-0.04	-0.07	-0.64	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.04	-0.07	-0.64

Per tutte le sezioni le tensioni non eccedono i valori limite di compressione e trazione. Le verifiche sono soddisfatte. Inoltre, essendo la tensione di trazione inferiore al limite indicato, non sono necessarie verifiche a fessurazione.

### 11.4.2. VERIFICHE IN COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE

Verifica sezioni a momento positivo - Valori di sollecitazione in combinazione quasi permanente														
X <sub>test.trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse pila</sub> [m]	M <sub>G0</sub> [kNm]	M <sub>G1</sub> [kNm]	M <sub>G2</sub> + M <sub>Rapp</sub> [kNm]	N <sub>p,fin</sub> [kN]	M <sub>p,fin</sub> [kNm]	N <sub>rd</sub> [kN]	M <sub>rd</sub> [kNm]	M <sub>ΔT</sub> [kNm]	M <sub>cedP</sub> [kNm]	M <sub>Q,tan</sub> [kNm]	M <sub>Q,distr</sub> [kNm]	M <sub>v</sub> <sup>+</sup> [kNm]
0.00	S1	-0.70	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.70	S2	0.00	-1.8	-27.2	-3.6	1471.7	-520.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.00	S3	0.30	33.3	25.4	15.3	2192.7	-775.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.00	S4	1.30	197.9	272.0	102.9	3513.6	-1636.6	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.00	S5	2.30	344.2	491.2	178.7	3517.7	-1638.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.50	S6	3.80	529.4	768.7	265.8	3771.4	-1806.6	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6.00	S7	5.30	673.5	984.6	338.8	4127.4	-2496.4	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7.50	S8	6.80	776.5	1138.8	385.4	4425.2	-2678.1	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9.00	S9	8.30	838.4	1231.5	411.1	4441.6	-2688.0	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10.45	S10(Mezz)	9.75	859.3	1262.6	424.3	4447.3	-2691.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11.90	S11	11.20	841.6	1236.0	412.7	4442.5	-2688.6	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13.40	S12	12.70	783.0	1148.0	380.5	4426.6	-2678.9	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14.90	S13	14.20	683.3	998.3	337.1	4129.6	-2497.7	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16.40	S14	15.70	542.5	787.1	267.2	3773.7	-1807.6	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17.90	S15	17.20	360.5	514.2	171.0	3519.9	-1639.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18.90	S16	18.20	216.4	298.1	106.3	3516.4	-1637.9	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19.90	S17	19.20	54.1	54.6	24.6	2194.3	-776.1	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20.20	S18	19.50	1.8	-23.8	-2.2	1472.0	-520.6	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20.90	S19	20.20	0.7	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Verifica sezioni a momento positivo																
X <sub>test.trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse pila</sub> [m]	Tensioni prima e seconda fase				Tensioni terza fase				Tensioni finali					
			σ <sub>ss,q.p.</sub> [MPa]	σ <sub>si,q.p.</sub> [MPa]	σ <sub>ts,q.p.</sub> [MPa]	σ <sub>ti,q.p.</sub> [MPa]	N <sup>3f</sup> <sub>q.p.</sub> [kN]	M <sup>3f</sup> <sub>q.p.</sub> [kNm]	σ <sub>ss,q.p.</sub> [MPa]	σ <sub>si,q.p.</sub> [MPa]	σ <sub>ts,q.p.</sub> [MPa]	σ <sub>ti,q.p.</sub> [MPa]	σ <sub>ss,q.p.</sub> [MPa]	σ <sub>si,q.p.</sub> [MPa]	σ <sub>ts,q.p.</sub> [MPa]	σ <sub>ti,q.p.</sub> [MPa]
0.00	S1	-0.70														
0.70	S2	0.00	0.01	-0.06	0.39	3.70	2690.0	1285.8	-0.42	-0.99	2.79	-0.82	-0.40	-1.05	3.19	2.87
1.00	S3	0.30	0.04	-0.06	0.90	5.16	2690.0	1285.8	-0.42	-0.99	2.79	-0.82	-0.38	-1.05	3.69	4.33
2.00	S4	1.30	0.18	-0.02	1.28	8.33	2690.0	1285.8	-0.43	-1.00	2.79	-0.79	-0.25	-1.01	4.06	7.54
3.00	S5	2.30	0.26	0.03	2.40	7.11	2690.0	1285.8	-0.43	-1.00	2.79	-0.79	-0.16	-0.97	5.19	6.32
4.50	S6	3.80	0.38	0.07	3.62	6.50	2690.0	1285.8	-0.41	-0.97	2.81	-0.78	-0.02	-0.90	6.43	5.72
6.00	S7	5.30	0.54	0.15	2.87	8.16	2690.0	1285.8	-0.41	-0.98	2.80	-0.75	0.13	-0.83	5.67	7.41
7.50	S8	6.80	0.61	0.18	3.48	8.36	2690.0	1285.8	-0.40	-0.96	2.82	-0.73	0.21	-0.78	6.30	7.63
9.00	S9	8.30	0.63	0.19	3.95	7.91	2690.0	1285.8	-0.40	-0.96	2.82	-0.73	0.23	-0.76	6.77	7.18
10.45	S10(Mezz)	9.75	0.64	0.20	4.11	7.75	2690.0	1285.8	-0.40	-0.96	2.82	-0.73	0.25	-0.76	6.94	7.02
11.90	S11	11.20	0.63	0.20	3.98	7.89	2690.0	1285.8	-0.40	-0.96	2.82	-0.73	0.24	-0.76	6.80	7.15
13.40	S12	12.70	0.60	0.17	3.52	8.33	2690.0	1285.8	-0.40	-0.96	2.82	-0.73	0.20	-0.78	6.34	7.60
14.90	S13	14.20	0.54	0.15	2.93	8.11	2690.0	1285.8	-0.41	-0.98	2.80	-0.75	0.13	-0.83	5.74	7.35
16.40	S14	15.70	0.38	0.07	3.72	6.41	2690.0	1285.8	-0.41	-0.97	2.81	-0.78	-0.02	-0.90	6.52	5.64
17.90	S15	17.20	0.26	0.02	2.51	7.02	2690.0	1285.8	-0.43	-1.00	2.79	-0.79	-0.17	-0.97	5.30	6.23
18.90	S16	18.20	0.19	-0.01	1.41	8.20	2690.0	1285.8	-0.43	-1.00	2.79	-0.79	-0.24	-1.01	4.19	7.41
19.90	S17	19.20	0.04	-0.05	1.05	5.00	2690.0	1285.8	-0.42	-0.99	2.79	-0.82	-0.37	-1.04	3.84	4.17
20.20	S18	19.50	0.01	-0.06	0.42	3.67	2690.0	1285.8	-0.42	-0.99	2.79	-0.82	-0.40	-1.05	3.21	2.85
20.90	S19	20.20														

Per tutte le sezioni le tensioni non eccedono i valori limite di compressione e trazione. Le verifiche sono soddisfatte. Inoltre, essendo la tensione di trazione inferiore al limite indicato, non sono necessarie verifiche a fessurazione.

### 11.4.3. VERIFICHE IN COMBINAZIONE RARA

Verifica sezioni a momento positivo - Valori di sollecitazione in combinazione rara														
X <sub>test.trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse pila</sub> [m]	M <sub>G0</sub> [kNm]	M <sub>G1</sub> [kNm]	M <sub>G2</sub> + M <sub>Rapp</sub> [kNm]	N <sub>p,fin</sub> [kN]	M <sub>p,fin</sub> [kNm]	N <sub>rd</sub> [kN]	M <sub>rd</sub> [kNm]	M <sub>ΔT</sub> [kNm]	M <sub>cedP</sub> [kNm]	M <sub>Q,tan</sub> [kNm]	M <sub>Q,distr</sub> [kNm]	M <sup>*</sup> <sub>v</sub> [kNm]
0.00	S1	-0.70	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.70	S2	0.00	-1.8	-27.2	-3.6	1471.7	-520.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	17.4	23.8	0.0
1.00	S3	0.30	33.3	25.4	15.3	2192.7	-775.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	99.5	23.5	0.0
2.00	S4	1.30	197.9	272.0	102.9	3513.6	-1636.6	2690.0	1285.8	0.0	0.0	510.2	21.8	0.0
3.00	S5	2.30	344.2	491.2	178.7	3517.7	-1638.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	920.9	20.0	0.0
4.50	S6	3.80	529.4	768.7	265.8	3771.4	-1806.6	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1420.2	22.9	0.0
6.00	S7	5.30	673.5	984.6	338.8	4127.4	-2496.4	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1805.3	17.7	0.0
7.50	S8	6.80	776.5	1138.8	385.4	4425.2	-2678.1	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1884.7	15.7	0.0
9.00	S9	8.30	838.4	1231.5	411.1	4441.6	-2688.0	2690.0	1285.8	0.0	0.0	2126.4	22.7	0.0
10.45	S10(Mezz)	9.75	859.3	1262.6	424.3	4447.3	-2691.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	2163.5	13.7	0.0
11.90	S11	11.20	841.6	1236.0	412.7	4442.5	-2688.6	2690.0	1285.8	0.0	0.0	2163.6	5.9	0.0
13.40	S12	12.70	783.0	1148.0	380.5	4426.6	-2678.9	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1834.6	32.0	0.0
14.90	S13	14.20	683.3	998.3	337.1	4129.6	-2497.7	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1817.3	21.9	0.0
16.40	S14	15.70	542.5	787.1	267.2	3773.7	-1807.6	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1443.0	14.2	0.0
17.90	S15	17.20	360.5	514.2	171.0	3519.9	-1639.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	957.9	6.7	0.0
18.90	S16	18.20	216.4	298.1	106.3	3516.4	-1637.9	2690.0	1285.8	0.0	0.0	540.6	11.8	0.0
19.90	S17	19.20	54.1	54.6	24.6	2194.3	-776.1	2690.0	1285.8	0.0	0.0	138.4	11.6	0.0
20.20	S18	19.50	1.8	-23.8	-2.2	1472.0	-520.6	2690.0	1285.8	0.0	0.0	18.2	11.6	0.0
20.90	S19	20.20	0.7	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Verifica sezioni a momento positivo																
X <sub>test.trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse pila</sub> [m]	Tensioni prima e seconda fase				N <sup>3f</sup> <sub>rara</sub> [kN]	M <sup>3f</sup> <sub>rara</sub> [kNm]	Tensioni terza fase				Tensioni finali			
			σ <sub>ss,rara</sub> [MPa]	σ <sub>si,rara</sub> [MPa]	σ <sub>ts,rara</sub> [MPa]	σ <sub>ti,rara</sub> [MPa]			σ <sub>ss,rara</sub> [MPa]	σ <sub>si,rara</sub> [MPa]	σ <sub>ts,rara</sub> [MPa]	σ <sub>ti,rara</sub> [MPa]	σ <sub>ss,rara</sub> [MPa]	σ <sub>si,rara</sub> [MPa]	σ <sub>ts,rara</sub> [MPa]	σ <sub>ti,rara</sub> [MPa]
0.00	S1	-0.70	0.01	-0.04	-0.07	-0.64	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.04	-0.07	-0.64
0.70	S2	0.00	0.01	-0.06	0.39	3.70	2690.0	1327.0	-0.37	-0.96	2.82	-0.91	-0.36	-1.02	3.21	2.78
1.00	S3	0.30	0.04	-0.06	0.90	5.16	2690.0	1408.8	-0.29	-0.91	2.87	-1.09	-0.25	-0.97	3.77	4.07
2.00	S4	1.30	0.18	-0.02	1.28	8.33	2690.0	1817.8	0.13	-0.67	3.12	-1.93	0.31	-0.69	4.40	6.40
3.00	S5	2.30	0.26	0.03	2.40	7.11	2690.0	2226.8	0.56	-0.43	3.38	-2.81	0.82	-0.40	5.79	4.30
4.50	S6	3.80	0.38	0.07	3.62	6.50	2690.0	2728.9	1.12	-0.09	3.74	-3.86	1.50	-0.02	7.36	2.64
6.00	S7	5.30	0.54	0.15	2.87	8.16	2690.0	3108.8	1.51	0.14	3.98	-4.62	2.05	0.29	6.85	3.55
7.50	S8	6.80	0.61	0.18	3.48	8.36	2690.0	3186.2	1.62	0.22	4.06	-4.75	2.22	0.40	7.54	3.62
9.00	S9	8.30	0.63	0.19	3.95	7.91	2690.0	3434.9	1.88	0.37	4.23	-5.27	2.51	0.57	8.18	2.64
10.45	S10(Mezz)	9.75	0.64	0.20	4.11	7.75	2690.0	3463.0	1.91	0.39	4.24	-5.33	2.55	0.60	8.36	2.42
11.90	S11	11.20	0.63	0.20	3.98	7.89	2690.0	3455.4	1.90	0.39	4.24	-5.32	2.53	0.58	8.21	2.57
13.40	S12	12.70	0.60	0.17	3.52	8.33	2690.0	3152.4	1.58	0.20	4.04	-4.68	2.18	0.37	7.56	3.66
14.90	S13	14.20	0.54	0.15	2.93	8.11	2690.0	3125.0	1.52	0.15	3.99	-4.65	2.07	0.30	6.93	3.46
16.40	S14	15.70	0.38	0.07	3.72	6.41	2690.0	2743.1	1.13	-0.08	3.75	-3.89	1.52	-0.01	7.46	2.52
17.90	S15	17.20	0.26	0.02	2.51	7.02	2690.0	2250.5	0.58	-0.41	3.40	-2.86	0.84	-0.39	5.91	4.16
18.90	S16	18.20	0.19	-0.01	1.41	8.20	2690.0	1838.2	0.15	-0.66	3.14	-1.97	0.34	-0.67	4.55	6.22
19.90	S17	19.20	0.04	-0.05	1.05	5.00	2690.0	1435.9	-0.26	-0.90	2.89	-1.15	-0.21	-0.95	3.94	3.85
20.20	S18	19.50	0.01	-0.06	0.42	3.67	2690.0	1315.6	-0.38	-0.97	2.81	-0.89	-0.37	-1.03	3.23	2.78
20.90	S19	20.20	0.01	-0.04	-0.07	-0.64	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.04	-0.07	-0.64

Per tutte le sezioni le tensioni non eccedono i valori limite. Le verifiche sono soddisfatte.

## 11.5. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO – CAMPATA 30M

Si verifica:

Combinazione rara:

$$\sigma_c < 0.6 f_{ck} = \sigma_c < 22.41 \text{ MPa (soletta);}$$

$$\sigma_c < 27.39 \text{ Mpa (trave);}$$

$$\sigma_{tc} < f_{ctm}/1.2 = \sigma_{tc} < 3.19 \text{ MPa (trave)}$$

Combinazione quasi permanente:

$$\sigma_c < 0.45 f_{ck} = \sigma_c < 20.54 \text{ Mpa (trave)}$$

$$\sigma_t < f_{ctm}/1.2 = \sigma_t < 2.79 \text{ MPa (soletta, se maggiore verifica a fessurazione)}$$

$$\sigma_t < 0 = \text{assenza trazioni lembi trave}$$

Combinazione frequente:

$$\sigma_t < f_{ctm}/1.2 = \sigma_t < 2.79 \text{ MPa (soletta, se maggiore verifica a fessurazione)}$$

$$\sigma_t < f_{ctm}/1.2 = \sigma_t < 3.19 \text{ MPa (trave)}$$

Nelle tabelle seguenti sono riportate le tensioni finali nel calcestruzzo ai lembi superiore e inferiore della trave e al lembo superiore ed inferiore della soletta, nelle combinazioni di carico rara, frequente e quasi permanente.

SLE - Verifica sezioni a momento positivo - Valori caratteristici di sollecitazione														
X <sub>test.trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse pila</sub> [m]	M <sub>G0</sub> [kNm]	M <sub>G1</sub> [kNm]	M <sub>G2</sub> + M <sub>Rapp</sub> [kNm]	N <sub>p,fin</sub> [kN]	M <sub>p,fin</sub> [kNm]	N <sub>rd</sub> [kN]	M <sub>rd</sub> [kNm]	M <sub>ΔT</sub> [kNm]	M <sub>cedp</sub> [kNm]	M <sub>Q,tan</sub> [kNm]	M <sub>Q,distr</sub> [kNm]	M <sup>+</sup> <sub>v</sub> [kNm]
0.00	S1	-0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.50	S2	0.00	0.0	0.0	0.0	1072.0	-411.1	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	42.2	0.0
1.00	S3	0.50	134.0	147.2	56.5	3414.1	-1574.3	2690.0	1285.8	0.0	0.0	239.5	39.7	0.0
2.00	S4	1.50	381.7	443.5	164.4	3490.4	-1609.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	675.1	37.6	0.0
3.00	S5	2.50	611.3	712.8	258.8	4250.1	-2126.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1144.4	42.3	0.0
4.50	S6	4.00	921.8	1065.8	393.5	4105.5	-2054.2	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1688.8	38.0	0.0
6.00	S7	5.50	1191.6	1357.9	502.2	5861.0	-3485.7	2690.0	1285.8	0.0	0.0	2146.6	36.0	0.0
7.50	S8	7.00	1420.8	1589.0	582.1	5934.3	-3529.3	2690.0	1285.8	0.0	0.0	2215.4	35.1	0.0
9.00	S9	8.50	1609.2	1759.1	656.0	5993.5	-3564.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	2752.3	26.6	0.0
15.00	S10(Mezz)	14.50	1956.4	1829.9	719.3	6079.0	-3615.4	2690.0	1285.8	0.0	0.0	3133.3	11.6	0.0
21.00	S11	20.50	1609.2	1759.1	656.0	5993.5	-3564.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	2752.3	26.6	0.0
22.50	S12	22.00	1420.8	1589.0	582.1	5934.3	-3529.3	2690.0	1285.8	0.0	0.0	2215.4	35.1	0.0
24.00	S13	23.50	1191.6	1357.9	502.2	5861.0	-3485.7	2690.0	1285.8	0.0	0.0	2146.6	36.0	0.0
25.50	S14	25.00	921.8	1065.8	393.5	4105.5	-2054.2	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1688.8	38.0	0.0
27.00	S15	26.50	611.3	712.8	258.8	4250.1	-2126.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1144.4	42.3	0.0
28.00	S16	27.50	381.7	443.5	164.4	3490.4	-1609.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	675.1	37.6	0.0
29.00	S17	28.50	134.0	147.2	56.5	3414.1	-1574.3	2690.0	1285.8	0.0	0.0	239.5	39.7	0.0
29.50	S18	29.00	0.0	0.0	-2.2	1072.0	-411.1	2690.0	1285.8	0.0	0.0	18.2	42.2	0.0
30.00	S19	29.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

PROGETTAZIONE ATI:

### 11.5.1. VERIFICHE IN COMBINAZIONE FREQUENTE

Verifica sezioni a momento positivo - Valori di sollecitazione in combinazione frequente														
X <sub>test.trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse pila</sub> [m]	M <sub>G0</sub> [kNm]	M <sub>G1</sub> [kNm]	M <sub>G2</sub> + M <sub>Rapp</sub> [kNm]	N <sub>p,fin</sub> [kN]	M <sub>p,fin</sub> [kNm]	N <sub>rd</sub> [kN]	M <sub>rd</sub> [kNm]	M <sub>ΔT</sub> [kNm]	M <sub>cedP</sub> [kNm]	M <sub>Q,tan</sub> [kNm]	M <sub>Q,distr</sub> [kNm]	M <sup>+</sup> <sub>v</sub> [kNm]
0.00	S1	-0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.50	S2	0.00	0.0	0.0	0.0	1072.0	-411.1	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	16.9	0.0
1.00	S3	0.50	134.0	147.2	56.5	3414.1	-1574.3	2690.0	1285.8	0.0	0.0	179.6	15.9	0.0
2.00	S4	1.50	381.7	443.5	164.4	3490.4	-1609.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	506.4	15.0	0.0
3.00	S5	2.50	611.3	712.8	258.8	4250.1	-2126.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	858.3	16.9	0.0
4.50	S6	4.00	921.8	1065.8	393.5	4105.5	-2054.2	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1266.6	15.2	0.0
6.00	S7	5.50	1191.6	1357.9	502.2	5861.0	-3485.7	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1610.0	14.4	0.0
7.50	S8	7.00	1420.8	1589.0	582.1	5934.3	-3529.3	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1661.6	14.0	0.0
9.00	S9	8.50	1609.2	1759.1	656.0	5993.5	-3564.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	2064.2	10.6	0.0
15.00	S10(Mezz)	14.50	1956.4	1829.9	719.3	6079.0	-3615.4	2690.0	1285.8	0.0	0.0	2350.0	4.6	0.0
21.00	S11	20.50	1609.2	1759.1	656.0	5993.5	-3564.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	2064.2	10.6	0.0
22.50	S12	22.00	1420.8	1589.0	582.1	5934.3	-3529.3	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1661.6	14.0	0.0
24.00	S13	23.50	1191.6	1357.9	502.2	5861.0	-3485.7	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1610.0	14.4	0.0
25.50	S14	25.00	921.8	1065.8	393.5	4105.5	-2054.2	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1266.6	15.2	0.0
27.00	S15	26.50	611.3	712.8	258.8	4250.1	-2126.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	858.3	16.9	0.0
28.00	S16	27.50	381.7	443.5	164.4	3490.4	-1609.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	506.4	15.0	0.0
29.00	S17	28.50	134.0	147.2	56.5	3414.1	-1574.3	2690.0	1285.8	0.0	0.0	179.6	15.9	0.0
29.50	S18	29.00	0.0	0.0	-2.2	1072.0	-411.1	2690.0	1285.8	0.0	0.0	13.7	16.9	0.0
30.00	S19	29.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Verifica sezioni a momento positivo																
X <sub>test.trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse pila</sub> [m]	Tensioni prima e seconda fase				Tensioni terza fase				Tensioni finali					
			σ <sub>ss,freq.</sub> [MPa]	σ <sub>si,freq.</sub> [MPa]	σ <sub>ts,freq.</sub> [MPa]	σ <sub>ti,freq.</sub> [MPa]	N <sup>3f</sup> freq. [kN]	M <sup>3f</sup> freq. [kNm]	σ <sub>ss,freq.</sub> [MPa]	σ <sub>si,freq.</sub> [MPa]	σ <sub>ts,freq.</sub> [MPa]	σ <sub>ti,freq.</sub> [MPa]	σ <sub>ss,freq.</sub> [MPa]	σ <sub>si,freq.</sub> [MPa]	σ <sub>ts,freq.</sub> [MPa]	σ <sub>ti,freq.</sub> [MPa]
0.00	S1	-0.50	0.02	-0.04	-0.07	-0.76	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	-0.04	-0.07	-0.76
0.50	S2	0.00	0.03	-0.07	0.24	2.74	2690.0	1302.7	-0.40	-0.98	2.80	-0.85	-0.37	-1.05	3.04	1.89
1.00	S3	0.50	0.13	-0.05	0.74	8.65	2690.0	1481.3	-0.22	-0.88	2.91	-1.21	-0.09	-0.92	3.65	7.44
2.00	S4	1.50	0.25	0.01	2.41	7.04	2690.0	1807.2	0.12	-0.68	3.12	-1.91	0.37	-0.67	5.53	5.14
3.00	S5	2.50	0.39	0.07	3.33	8.15	2690.0	2161.0	0.48	-0.47	3.34	-2.63	0.86	-0.40	6.67	5.53
4.50	S6	4.00	0.57	0.12	5.35	5.55	2690.0	2567.6	0.94	-0.19	3.63	-3.49	1.51	-0.07	8.98	2.07
6.00	S7	5.50	0.85	0.21	4.58	11.39	2690.0	2910.2	1.30	0.04	3.88	-4.06	2.15	0.25	8.45	7.33
7.50	S8	7.00	0.92	0.26	5.98	10.10	2690.0	2961.4	1.35	0.07	3.91	-4.17	2.27	0.33	9.89	5.94
9.00	S9	8.50	0.99	0.31	7.09	9.08	2690.0	3360.7	1.77	0.32	4.17	-4.99	2.76	0.63	11.26	4.09
15.00	S10(Mezz)	14.50	1.04	0.35	8.35	7.96	2690.0	3640.5	2.07	0.50	4.35	-5.57	3.11	0.85	12.70	2.39
21.00	S11	20.50	0.99	0.31	7.09	9.08	2690.0	3360.7	1.77	0.32	4.17	-4.99	2.76	0.63	11.26	4.09
22.50	S12	22.00	0.92	0.26	5.98	10.10	2690.0	2961.4	1.35	0.07	3.91	-4.17	2.27	0.33	9.89	5.94
24.00	S13	23.50	0.85	0.21	4.58	11.39	2690.0	2910.2	1.30	0.04	3.88	-4.06	2.15	0.25	8.45	7.33
25.50	S14	25.00	0.57	0.12	5.35	5.55	2690.0	2567.6	0.94	-0.19	3.63	-3.49	1.51	-0.07	8.98	2.07
27.00	S15	26.50	0.39	0.07	3.33	8.15	2690.0	2161.0	0.48	-0.47	3.34	-2.63	0.86	-0.40	6.67	5.53
28.00	S16	27.50	0.25	0.01	2.41	7.04	2690.0	1807.2	0.12	-0.68	3.12	-1.91	0.37	-0.67	5.53	5.14
29.00	S17	28.50	0.13	-0.05	0.74	8.65	2690.0	1481.3	-0.22	-0.88	2.91	-1.21	-0.09	-0.92	3.65	7.44
29.50	S18	29.00	0.03	-0.07	0.24	2.75	2690.0	1316.3	-0.39	-0.97	2.81	-0.88	-0.36	-1.04	3.05	1.86
30.00	S19	29.50	0.02	-0.04	-0.07	-0.75	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	-0.04	-0.07	-0.75

Per tutte le sezioni le tensioni non eccedono i valori limite di compressione e trazione. Le verifiche sono soddisfatte. Inoltre, essendo la tensione di trazione inferiore al limite indicato, non sono necessarie verifiche a fessurazione.

### 11.5.2. VERIFICHE IN COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE

Verifica sezioni a momento positivo - Valori di sollecitazione in combinazione quasi permanente														
X <sub>test.trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse pila</sub> [m]	M <sub>G0</sub> [kNm]	M <sub>G1</sub> [kNm]	M <sub>G2</sub> + M <sub>Rapp</sub> [kNm]	N <sub>p,fin</sub> [kN]	M <sub>p,fin</sub> [kNm]	N <sub>rd</sub> [kN]	M <sub>rd</sub> [kNm]	M <sub>ΔT</sub> [kNm]	M <sub>cedP</sub> [kNm]	M <sub>Q,tan</sub> [kNm]	M <sub>Q,distr</sub> [kNm]	M <sup>*</sup> <sub>v</sub> [kNm]
0.00	S1	-0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.50	S2	0.00	0.0	0.0	0.0	1072.0	-411.1	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.00	S3	0.50	134.0	147.2	56.5	3414.1	-1574.3	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.00	S4	1.50	381.7	443.5	164.4	3490.4	-1609.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.00	S5	2.50	611.3	712.8	258.8	4250.1	-2126.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.50	S6	4.00	921.8	1065.8	393.5	4105.5	-2054.2	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6.00	S7	5.50	1191.6	1357.9	502.2	5861.0	-3485.7	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7.50	S8	7.00	1420.8	1589.0	582.1	5934.3	-3529.3	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9.00	S9	8.50	1609.2	1759.1	656.0	5993.5	-3564.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15.00	S10(Mezz)	14.50	1956.4	1829.9	719.3	6079.0	-3615.4	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21.00	S11	20.50	1609.2	1759.1	656.0	5993.5	-3564.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22.50	S12	22.00	1420.8	1589.0	582.1	5934.3	-3529.3	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24.00	S13	23.50	1191.6	1357.9	502.2	5861.0	-3485.7	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25.50	S14	25.00	921.8	1065.8	393.5	4105.5	-2054.2	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27.00	S15	26.50	611.3	712.8	258.8	4250.1	-2126.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28.00	S16	27.50	381.7	443.5	164.4	3490.4	-1609.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29.00	S17	28.50	134.0	147.2	56.5	3414.1	-1574.3	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29.50	S18	29.00	0.0	0.0	-2.2	1072.0	-411.1	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30.00	S19	29.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Verifica sezioni a momento positivo																
X <sub>test.trave</sub> [m]	Sez.	X <sub>asse pila</sub> [m]	Tensioni prima e seconda fase				N <sup>af</sup> q.p.		Tensioni terza fase				Tensioni finali			
			σ <sub>ss,q.p.</sub> [MPa]	σ <sub>si,q.p.</sub> [MPa]	σ <sub>ts,q.p.</sub> [MPa]	σ <sub>ti,q.p.</sub> [MPa]	[kN]	[kNm]	σ <sub>ss,q.p.</sub> [MPa]	σ <sub>si,q.p.</sub> [MPa]	σ <sub>ts,q.p.</sub> [MPa]	σ <sub>ti,q.p.</sub> [MPa]	σ <sub>ss,q.p.</sub> [MPa]	σ <sub>si,q.p.</sub> [MPa]	σ <sub>ts,q.p.</sub> [MPa]	σ <sub>ti,q.p.</sub> [MPa]
0.00	S1	-0.50														
0.50	S2	0.00	0.03	-0.07	0.24	2.74	2690.0	1285.8	-0.42	-0.99	2.79	-0.82	-0.39	-1.06	3.03	1.93
1.00	S3	0.50	0.13	-0.05	0.74	8.65	2690.0	1285.8	-0.43	-1.00	2.79	-0.79	-0.29	-1.04	3.53	7.86
2.00	S4	1.50	0.25	0.01	2.41	7.04	2690.0	1285.8	-0.43	-1.00	2.79	-0.79	-0.18	-0.98	5.20	6.25
3.00	S5	2.50	0.39	0.07	3.33	8.15	2690.0	1285.8	-0.44	-1.00	2.78	-0.77	-0.05	-0.93	6.11	7.39
4.50	S6	4.00	0.57	0.12	5.35	5.55	2690.0	1285.8	-0.41	-0.98	2.80	-0.76	0.16	-0.85	8.16	4.79
6.00	S7	5.50	0.85	0.21	4.58	11.39	2690.0	1285.8	-0.41	-0.97	2.81	-0.69	0.43	-0.76	7.39	10.69
7.50	S8	7.00	0.92	0.26	5.98	10.10	2690.0	1285.8	-0.41	-0.97	2.81	-0.69	0.51	-0.71	8.80	9.41
9.00	S9	8.50	0.99	0.31	7.09	9.08	2690.0	1285.8	-0.41	-0.97	2.81	-0.69	0.57	-0.66	9.90	8.39
15.00	S10(Mezz)	14.50	1.04	0.35	8.35	7.96	2690.0	1285.8	-0.41	-0.97	2.81	-0.69	0.63	-0.61	11.16	7.27
21.00	S11	20.50	0.99	0.31	7.09	9.08	2690.0	1285.8	-0.41	-0.97	2.81	-0.69	0.57	-0.66	9.90	8.39
22.50	S12	22.00	0.92	0.26	5.98	10.10	2690.0	1285.8	-0.41	-0.97	2.81	-0.69	0.51	-0.71	8.80	9.41
24.00	S13	23.50	0.85	0.21	4.58	11.39	2690.0	1285.8	-0.41	-0.97	2.81	-0.69	0.43	-0.76	7.39	10.69
25.50	S14	25.00	0.57	0.12	5.35	5.55	2690.0	1285.8	-0.41	-0.98	2.80	-0.76	0.16	-0.85	8.16	4.79
27.00	S15	26.50	0.39	0.07	3.33	8.15	2690.0	1285.8	-0.44	-1.00	2.78	-0.77	-0.05	-0.93	6.11	7.39
28.00	S16	27.50	0.25	0.01	2.41	7.04	2690.0	1285.8	-0.43	-1.00	2.79	-0.79	-0.18	-0.98	5.20	6.25
29.00	S17	28.50	0.13	-0.05	0.74	8.65	2690.0	1285.8	-0.43	-1.00	2.79	-0.79	-0.29	-1.04	3.53	7.86
29.50	S18	29.00	0.03	-0.07	0.24	2.75	2690.0	1285.8	-0.42	-0.99	2.79	-0.82	-0.39	-1.06	3.03	1.93
30.00	S19	29.50														

Per tutte le sezioni le tensioni non eccedono i valori limite di compressione e trazione. Le verifiche sono soddisfatte. Inoltre, essendo la tensione di trazione inferiore al limite indicato, non sono necessarie verifiche a fessurazione.



### 11.5.3. VERIFICHE IN COMBINAZIONE RARA

Verifica sezioni a momento positivo - Valori di sollecitazione in combinazione rara														
$x_{test, trave}$ [m]	Sez.	$x_{asse\ pila}$ [m]	$M_{G0}$ [kNm]	$M_{G1}$ [kNm]	$M_{G2} + M_{Rapp}$ [kNm]	$N_{p, fin}$ [kN]	$M_{p, fin}$ [kNm]	$N_{rd}$ [kN]	$M_{rd}$ [kNm]	$M_{\Delta T}$ [kNm]	$M_{cedP}$ [kNm]	$M_{Q, tan}$ [kNm]	$M_{Q, distr}$ [kNm]	$M^*_v$ [kNm]
0.00	S1	-0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.50	S2	0.00	0.0	0.0	0.0	1072.0	-411.1	2690.0	1285.8	0.0	0.0	0.0	42.2	0.0
1.00	S3	0.50	134.0	147.2	56.5	3414.1	-1574.3	2690.0	1285.8	0.0	0.0	239.5	39.7	0.0
2.00	S4	1.50	381.7	443.5	164.4	3490.4	-1609.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	675.1	37.6	0.0
3.00	S5	2.50	611.3	712.8	258.8	4250.1	-2126.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1144.4	42.3	0.0
4.50	S6	4.00	921.8	1065.8	393.5	4105.5	-2054.2	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1688.8	38.0	0.0
6.00	S7	5.50	1191.6	1357.9	502.2	5861.0	-3485.7	2690.0	1285.8	0.0	0.0	2146.6	36.0	0.0
7.50	S8	7.00	1420.8	1589.0	582.1	5934.3	-3529.3	2690.0	1285.8	0.0	0.0	2215.4	35.1	0.0
9.00	S9	8.50	1609.2	1759.1	656.0	5993.5	-3564.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	2752.3	26.6	0.0
15.00	S10(Mezz)	14.50	1956.4	1829.9	719.3	6079.0	-3615.4	2690.0	1285.8	0.0	0.0	3133.3	11.6	0.0
21.00	S11	20.50	1609.2	1759.1	656.0	5993.5	-3564.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	2752.3	26.6	0.0
22.50	S12	22.00	1420.8	1589.0	582.1	5934.3	-3529.3	2690.0	1285.8	0.0	0.0	2215.4	35.1	0.0
24.00	S13	23.50	1191.6	1357.9	502.2	5861.0	-3485.7	2690.0	1285.8	0.0	0.0	2146.6	36.0	0.0
25.50	S14	25.00	921.8	1065.8	393.5	4105.5	-2054.2	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1688.8	38.0	0.0
27.00	S15	26.50	611.3	712.8	258.8	4250.1	-2126.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	1144.4	42.3	0.0
28.00	S16	27.50	381.7	443.5	164.4	3490.4	-1609.5	2690.0	1285.8	0.0	0.0	675.1	37.6	0.0
29.00	S17	28.50	134.0	147.2	56.5	3414.1	-1574.3	2690.0	1285.8	0.0	0.0	239.5	39.7	0.0
29.50	S18	29.00	0.0	0.0	-2.2	1072.0	-411.1	2690.0	1285.8	0.0	0.0	18.2	42.2	0.0
30.00	S19	29.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Verifica sezioni a momento positivo																		
$x_{test, trave}$ [m]	Sez.	$x_{asse\ pila}$ [m]	Tensioni prima e seconda fase				$N^f_{rara}$ [kN]		$M^f_{rara}$ [kNm]		Tensioni terza fase				Tensioni finali			
			$\sigma_{ss, rara}$ [MPa]	$\sigma_{si, rara}$ [MPa]	$\sigma_{ts, rara}$ [MPa]	$\sigma_{ti, rara}$ [MPa]	$\sigma_{ss, rara}$ [MPa]	$\sigma_{si, rara}$ [MPa]	$\sigma_{ts, rara}$ [MPa]	$\sigma_{ti, rara}$ [MPa]	$\sigma_{ss, rara}$ [MPa]	$\sigma_{si, rara}$ [MPa]	$\sigma_{ts, rara}$ [MPa]	$\sigma_{ti, rara}$ [MPa]				
0.00	S1	-0.50	0.02	-0.04	-0.07	-0.76	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	-0.04	-0.07	-0.76		
0.50	S2	0.00	0.03	-0.07	0.24	2.74	2690.0	1328.0	-0.37	-0.96	2.82	-0.91	-0.35	-1.03	3.06	1.83		
1.00	S3	0.50	0.13	-0.05	0.74	8.65	2690.0	1565.0	-0.14	-0.83	2.96	-1.39	0.00	-0.87	3.71	7.26		
2.00	S4	1.50	0.25	0.01	2.41	7.04	2690.0	1998.5	0.32	-0.56	3.24	-2.32	0.57	-0.55	5.65	4.73		
3.00	S5	2.50	0.39	0.07	3.33	8.15	2690.0	2472.5	0.80	-0.28	3.54	-3.29	1.19	-0.21	6.87	4.86		
4.50	S6	4.00	0.57	0.12	5.35	5.55	2690.0	3012.7	1.41	0.08	3.92	-4.44	1.98	0.21	9.27	1.12		
6.00	S7	5.50	0.85	0.21	4.58	11.39	2690.0	3468.5	1.89	0.39	4.24	-5.22	2.74	0.60	8.82	6.17		
7.50	S8	7.00	0.92	0.26	5.98	10.10	2690.0	3536.3	1.96	0.43	4.28	-5.36	2.88	0.69	10.27	4.75		
9.00	S9	8.50	0.99	0.31	7.09	9.08	2690.0	4064.7	2.52	0.76	4.63	-6.45	3.50	1.07	11.72	2.63		
15.00	S10(Mezz)	14.50	1.04	0.35	8.35	7.96	2690.0	4430.8	2.90	0.99	4.87	-7.21	3.94	1.34	13.22	0.75		
21.00	S11	20.50	0.99	0.31	7.09	9.08	2690.0	4064.7	2.52	0.76	4.63	-6.45	3.50	1.07	11.72	2.63		
22.50	S12	22.00	0.92	0.26	5.98	10.10	2690.0	3536.3	1.96	0.43	4.28	-5.36	2.88	0.69	10.27	4.75		
24.00	S13	23.50	0.85	0.21	4.58	11.39	2690.0	3468.5	1.89	0.39	4.24	-5.22	2.74	0.60	8.82	6.17		
25.50	S14	25.00	0.57	0.12	5.35	5.55	2690.0	3012.7	1.41	0.08	3.92	-4.44	1.98	0.21	9.27	1.12		
27.00	S15	26.50	0.39	0.07	3.33	8.15	2690.0	2472.5	0.80	-0.28	3.54	-3.29	1.19	-0.21	6.87	4.86		
28.00	S16	27.50	0.25	0.01	2.41	7.04	2690.0	1998.5	0.32	-0.56	3.24	-2.32	0.57	-0.55	5.65	4.73		
29.00	S17	28.50	0.13	-0.05	0.74	8.65	2690.0	1565.0	-0.14	-0.83	2.96	-1.39	0.00	-0.87	3.71	7.26		
29.50	S18	29.00	0.03	-0.07	0.24	2.75	2690.0	1346.2	-0.36	-0.95	2.83	-0.95	-0.33	-1.02	3.07	1.80		
30.00	S19	29.50	0.02	-0.04	-0.07	-0.75	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	-0.04	-0.07	-0.75		

Per tutte le sezioni le tensioni non eccedono i valori limite. Le verifiche sono soddisfatte.

## 12. VERIFICA DELLA SOLETTA

Si prevede l'impiego di soletta in c.a. di spessore costante di 20cm gettata su predalles prefabbricate il cui fondello in calcestruzzo ha spessore 5cm, per un totale di 25cm totali; sono previsti tralicci realizzati in acciaio B450C disposti con interasse 0.4m.

L'intera soletta è armata sia superiormente che inferiormente con 1 $\phi$ 16/20"

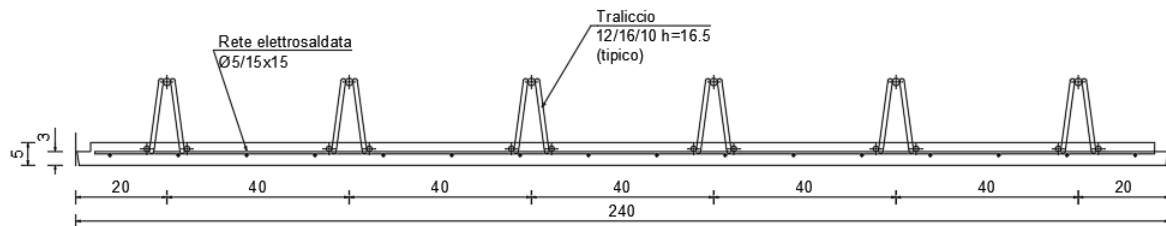


Figura 12.1 Sezione trasversale tipologica della predalla

Il corrente inferiore del traliccio è costituito da 2 barre  $\phi$  12 mentre il corrente superiore è costituito da una barra  $\phi$ 16; le aste di parete diagonali del traliccio sono costituite da barre  $\phi$  10.

La larghezza di ogni singola predalla è di 2.4m. Per i dettagli costruttivi si faccia riferimento agli specifici elaborati. Di seguito si riporta un particolare del Traliccio tipo Pittini:

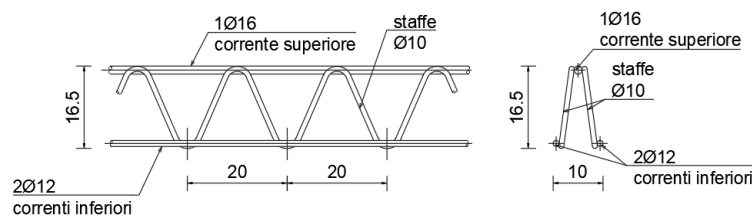


Figura 12.2 Sezione tipologica traliccio tipo Pittini

### 12.1. GEOMETRIA DELLA SOLETTA

La soletta ha uno spessore di 25cm su una larghezza di impalcato di 11.25m con cordoli di 0,75m. L'altezza dei cordoli è di 15cm. L'interasse superiore fra le travi è pari a 2.5m con sbalzi di 1m.

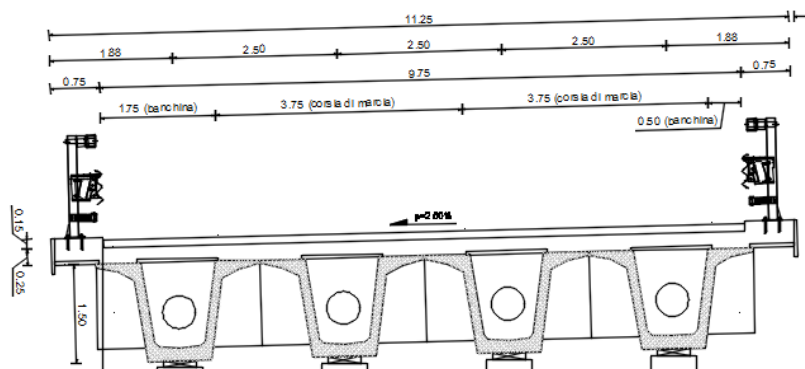


Figura 12.3 Geometria della soletta

PROGETTAZIONE ATI:

Vengono disposti 1φ16/20" sia superiormente che inferiormente nella direzione trasversale. Nei paragrafi successivi si provvederà a verificare tale quantità.

## 12.2. MODELLAZIONE STRUTTURALE E ANALISI DEI CARICHI

La soletta è stata modellata "a piastra" impiegando il software SAP2000 e, in particolare, elementi di tipo *shell*; le sollecitazioni considerate ai fini delle verifiche di resistenza corrispondono ai valori massimi puntuali leggibili dall'output del software.

Si è fatto riferimento alla sola campata di 30m, opportunamente vincolata, nella quale i martelli delle travi longitudinali costituiscono gli appoggi.

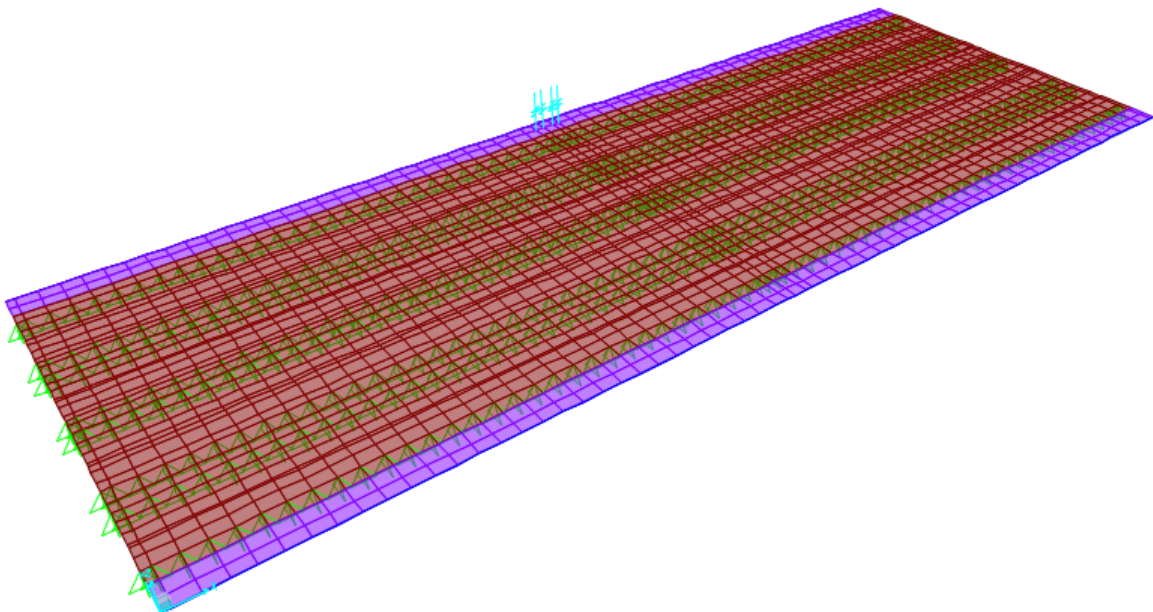


Figura 12.4 Modello di calcolo

Al fine di modellare correttamente l'urto si utilizzano link rigidi così da poter applicare tale azione alla quota opportuna. L'azione viene distribuita su più link in un intervallo prossimo ad 1m così da ripartire correttamente l'azione agli elementi shell della soletta.

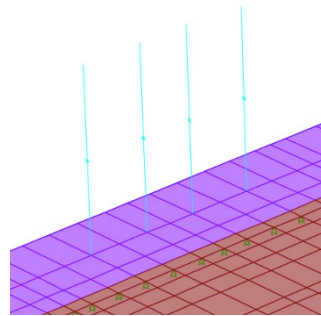


Figura 12.5 Modellazione dei link per l'urto

Per poter modellare correttamente le impronte di carico si utilizza una più opportuna discretizzazione e mesh interna alla soletta. In particolare, si utilizzano più configurazioni delle corsie di carico così da massimizzare le sollecitazioni sulla mezzeria dei campi intermedi e sugli appoggi. Si riportano quindi le stesse nelle immagini successive:

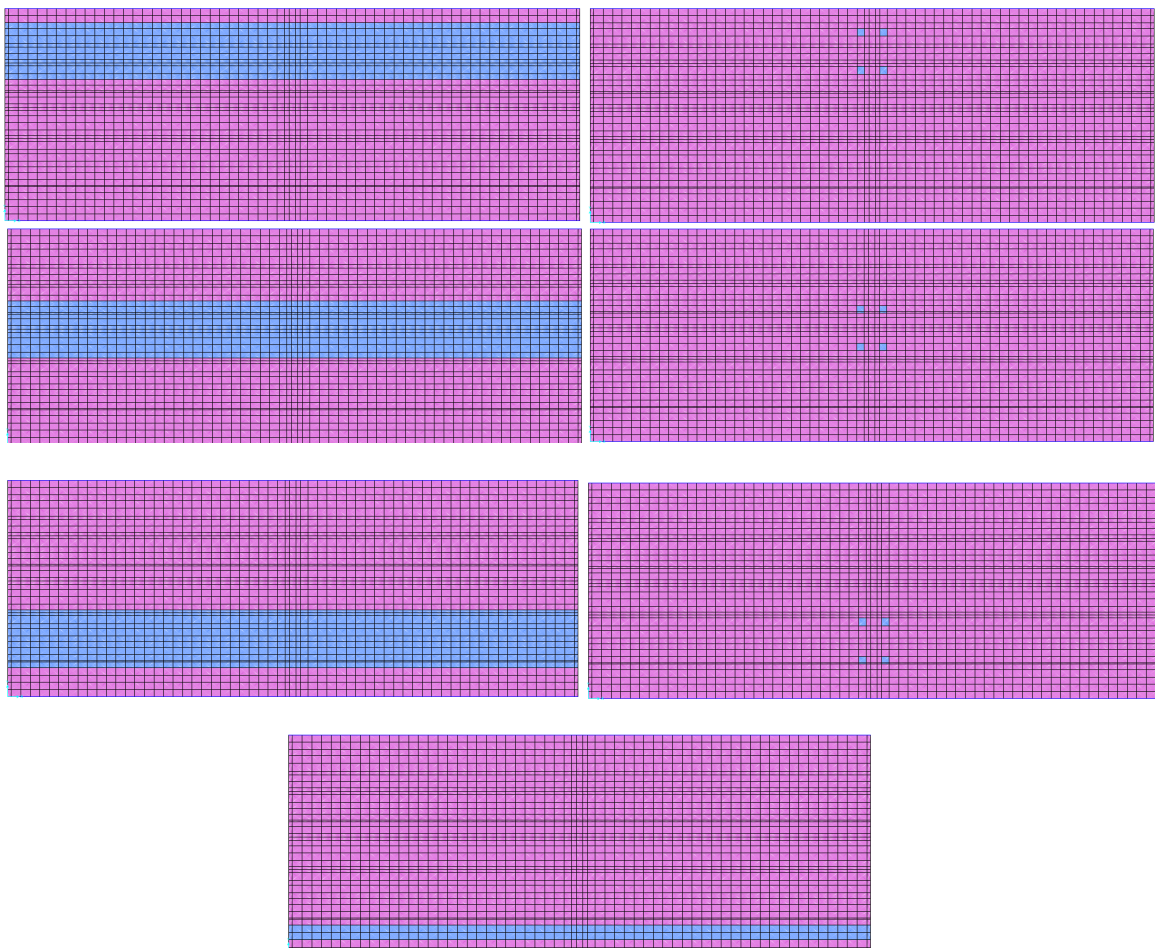


Figura 12.6 Posizione delle corsie e dei carichi tandem nella prima disposizione SLU1

PROGETTAZIONE ATI:

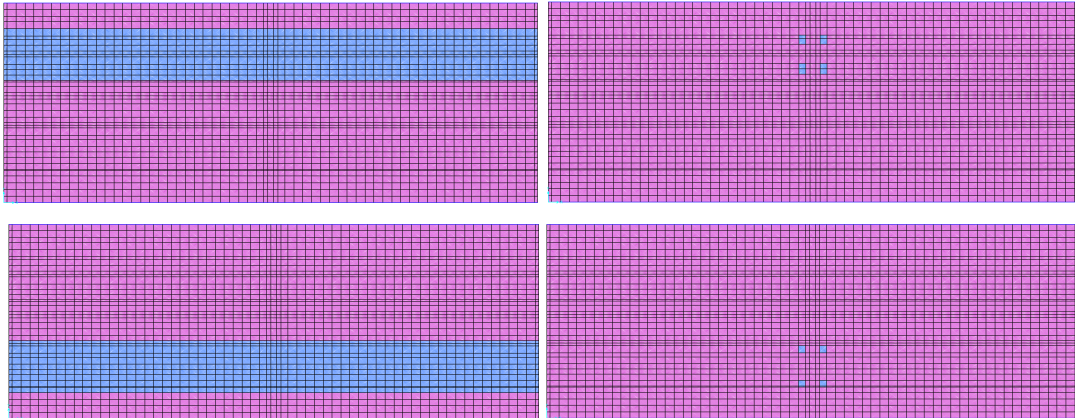


Figura 12.7 Posizione delle corsie e dei carichi tandem nella prima disposizione SLU1.2

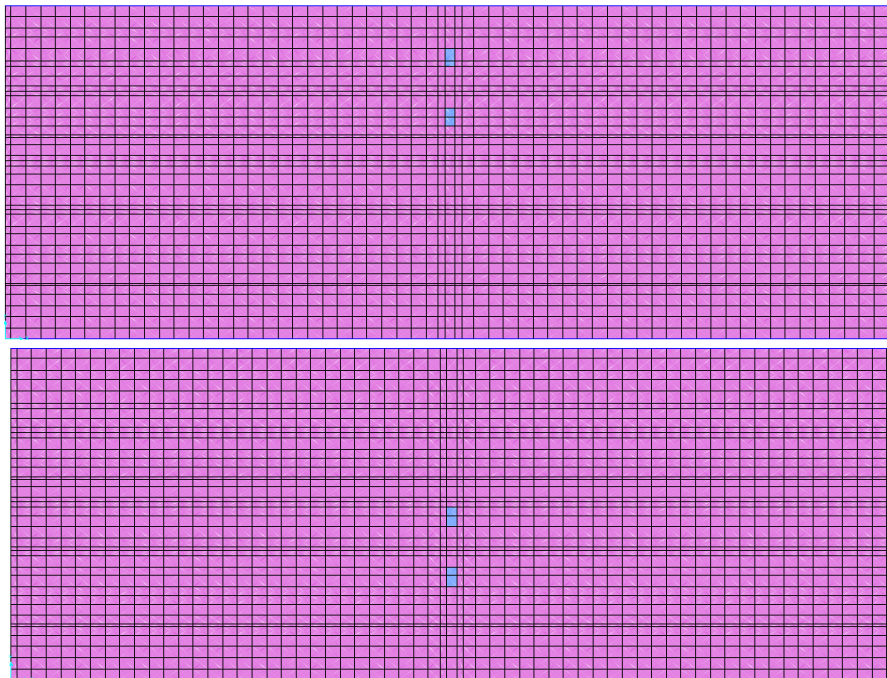


Figura 12.8 Posizioni dei carichi tandem per lo schema2

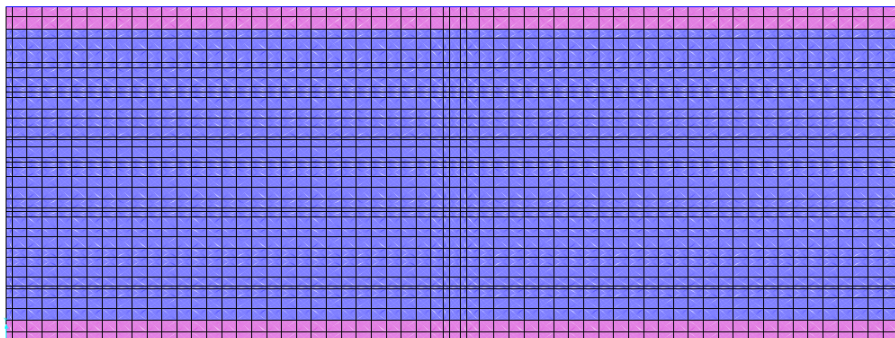


Figura 12.9 Carico pavimentazione

PROGETTAZIONE ATI:

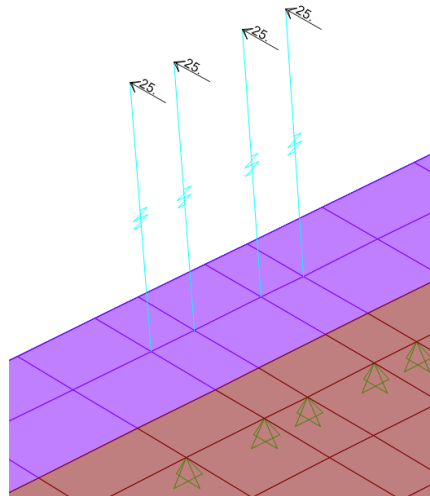


Figura 12.10 Carico relativo all'urto

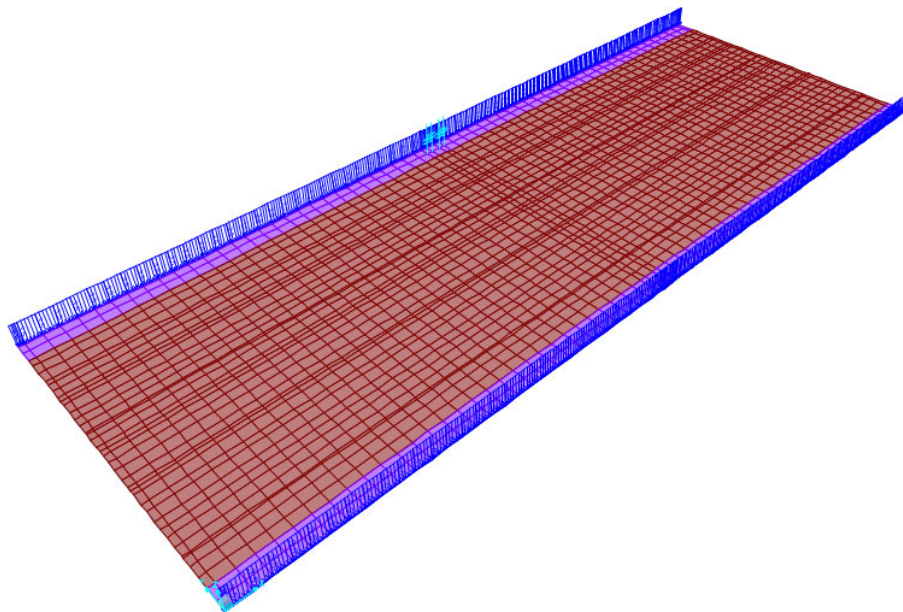


Figura 12.11 Carichi dei delle barriere e velette

### 12.2.1. COMBINAZIONE DELLE AZIONI AGLI SLU

Per la determinazione dei massimi momenti flettenti in campata e sugli sbalzi si considerano gli effetti di tutti i carichi definiti, opportunamente disposti, ad esclusione degli urti.

Per la determinazione delle massime sollecitazioni di progetto le corsie di carico sono state disposte trasversalmente sia in modo da massimizzare i momenti negativi sugli sbalzi, sia in modo da massimizzare le sollecitazioni flettenti in campata. Si è proceduto analogamente per la massimizzazione delle sollecitazioni taglianti.

Oltre alle condizioni di carico ordinarie, è stata considerata anche la condizione di carico eccezionale che consiste nell'urto sulla barriera sicurvia.

PROGETTAZIONE ATI:

Combinazione	Tipologia	Caso di carico considerato	Coefficiente di combinazione	Descrizione
env_s2	Envelope	Schema 2	1	Combinazione di comodo delle due configurazioni dello schema 2
		Schema 2 centrale	1	
SLU2	Linear Add	DEAD	1.35	SLU relativa allo schema di carico 2, rispettivamente in due posizioni
		Pavimentazione	1.35	
		env_s2	1.35	
		Barr + vel + tubi	1.35	
SLU 1.1	Linear Add	DEAD	1.35	SLU relativa allo schema di carico 1, tale da massimizzare le sollecitazioni nella prima campata
		Pavimentazione	1.35	
		Dist1	1.35	
		Dist2	1.35	
		Dist3	1.35	
		Tan 1	1.35	
		Tan 2	1.35	
		Tan 3	1.35	
		Zona rimanente	1.35	
		Barr+ vel + tubi	1.35	
SLU 1.2	Linear Add	DEAD	1.35	SLU relativa allo schema di carico 1, tale da massimizzare le sollecitazioni in appoggio
		Pavimentazione	1.35	
		Dist 1 centrale	1.35	
		Dist 2 centrale	1.35	
		Dist 3 centrale	1.35	
		Tan 1 centrale	1.35	
		Tan 2 centrale	1.35	
		Tan 3 centrale	1.35	
		Zona rimanente	1.35	
		Barr + vel + tubi	1.35	
ECC_urto	Linear Add	DEAD	1	SLU eccezionale relativa all'urto
		Pavimentazione	1	
		Schema 2	1	
		Urto	1	
		Barr + vel + tubi	1	

### 12.2.2. COMBINAZIONE DELLE AZIONI AGLI SLE

Analogamente agli stati limiti ultimi si riportano per gli stati limite di esercizio le combinazioni individuate. Le disposizioni dei carichi saranno le medesime già viste.

PROGETTAZIONE ATI:

Combinazione	Tipologia	Caso di carico considerato	Coefficiente di combinazione	Descrizione
env_s2	Envelope	Schema 2	1	Combinazione di comodo delle due configurazioni dello schema 2
		Schema 2_centrale	1	
SLE 1.1	Linear Add	DEAD	1	SLE rara relativa allo schema di carico 1, tale da massimizzare le sollecitazioni nella prima campata
		Pavimentazione	1	
		Dist1	1	
		Dist2	1	
		Dist3	1	
		Tan 1	1	
		Tan 2	1	
		Tan 3	1	
SLE 1.2	Linear Add	Zona rimanente	1	SLE rara relativa allo schema di carico 1, tale da massimizzare le sollecitazioni in appoggio
		Barr+vel + tubi	1	
		DEAD	1	
		Pavimentazione	1	
		Dist 1_centrale	1	
		Dist 2_centrale	1	
		Dist 3_centrale	1	
		Tan 1_centrale	1	
SLE 1.3	Linear Add	Tan 2_centrale	1	SLE rara relativa allo schema2
		Tan 3_centrale	1	
		Zona rimanente	1	
		Barr+vel + tubi	1	
SLE 2.1	Linear Add	DEAD	1	SLE frequente relativa allo schema di carico 1, tale da massimizzare le sollecitazioni nella prima campata
		Pavimentazione	1	
		Dist1	0.4	
		Dist2	0.4	
		Dist3	0.4	
		Tan 1	0.75	
		Tan 2	0.75	
		Tan 3	0.75	
SLE 2.2	Linear Add	Zona rimanente	0.75	SLE frequente
		Barr+vel + tubi	1	

PROGETTAZIONE ATI:



		Pavimentazione	1	relativa allo schema di carico 1, tale da massimizzare le sollecitazioni in appoggio
		Dist 1_centrale	0.4	
		Dist 2_centrale	0.4	
		Dist 3_centrale	0.4	
		Tan 1_centrale	0.75	
		Tan 2_centrale	0.75	
		Tan 3_centrale	0.75	
		Zona rimanente	0.75	
		Barr+vel + tubi	1	
SLE 3	Linear Add	DEAD	1	SLE quasi permanente
		Pavimentazione	1	
		Barr+vel + tubi	1	

### 12.3. VERIFICA DELLE LASTRE IN FASE DI GETTO

Per la verifica delle lastre durante la fase di getto, oltre al peso del getto di calcestruzzo fresco, si considera un carico accidentale di 2 kN/m<sup>2</sup> che simula la presenza di operai e/o accumulo locale di materiale.

Di seguito sono riportati i dettagli del calcolo della verifica della fase di getto. Le verifiche sono soddisfatte.

<b>DATI</b>				
LUCE DELLA CAMPATA	L	=	1.13	m
SPESSORE SOLETTA CLS	S <sub>s</sub>	=	0.20	m
SPESSORE FONDELLO CLS	S <sub>f</sub>	=	0.05	m
INTERASSE TRASVERSALE TRALICCI	i	=	0.40	m
Altezza efficace dei correnti (asse - asse)	h <sub>eff</sub>	=	0.165	m
Passo diagonali (dir. LN al traliccio)	l	=	20.00	cm
Interasse trasversale dei correnti inferiori	it <sub>gl</sub>	=	10.00	cm
Larghezza predalle	B <sub>pred</sub>	=	2.4	m
n° tralici per predalle	n°tral.	=	6	
Carichi accidentali di getto	q <sub>acc</sub>	=	2.00	kN/mq
<b>SOLLECITAZIONI AGENTI</b>				
COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE DEI CARICHI G	γ <sub>G</sub>	=	1.35	
COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE DEI CARICHI q	γ <sub>q</sub>	=	1.50	
sollecitazioni agli SLU su singolo traliccio				
Carico uniformemente distribuito	q <sub>eq</sub>	=	4.58	kN
MOMENTO FLETTENTE	M	=	0.73	kNm
TAGLIO	V	=	2.58	kN
SFORZO NORMALE (di traz/compr nei correnti) M/h <sub>eff</sub>	N	=±	4.43	kN
<b>CORRENTE INFERIORE</b>				
AREA DEL CORRENTE INFERIORE	A <sub>inf</sub>	=	2.26	cm <sup>2</sup>
Tensione nella singola barra (trazione)	σ <sub>S</sub>	=	-19.6	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione N <sub>t,Rd</sub>	N <sub>t,Rd</sub>	=	96.9	kN
<b>N/N<sub>t,Rd</sub> &lt;1</b>	<b>N/N<sub>t,Rd</sub></b>	=	<b>0.05</b>	
<b>CORRENTE SUPERIORE</b>				
AREA DEL CORRENTE SUPERIORE	A <sub>sup</sub>	=	2.01	cm <sup>2</sup>
Tensione nella barra (compressione)	σ <sub>S</sub>	=	22.0	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione N <sub>c,Rd</sub>	N <sub>c,Rd</sub>	=	86.17	kN
<b>N/N<sub>c,Rd</sub> &lt;1</b>	<b>N/N<sub>c,Rd</sub></b>	=	<b>0.051</b>	
<b>STABILITA' CORR. SUP.</b>				
Coefficiente di vincolo β <sub>v</sub>	β <sub>v</sub>	=	1	
Lunghezza tra due tralici successivi	l	=	20.00	cm
Lunghezza libera d'inflexione l <sub>0</sub> =l*β	l <sub>0</sub>	=	20.00	cm
N critico euleriano	N <sub>cr</sub>	=	166.69	kN
Snellezza adimensionale	λ <sub>ad</sub>	=	0.74	
Fattore di imperfezione	α <sub>i</sub>	=	0.49	
coefficiente φ	φ	=	0.90	
Coefficiente χ	χ	=	0.702	
Coefficiente gamma M1	γ <sub>M1</sub>	=	1.10	
RESISTENZA INSTABILITA' ASTA COMPRESSA N <sub>b,Rd</sub>	N <sub>b,Rd</sub>	=	57.73	kN
<b>N/N<sub>b,Rd</sub> &lt;1</b>	<b>N/N<sub>b,Rd</sub></b>	=	<b>0.077</b>	
<b>DIAGONALI</b>				
AREA DEI DIAGONALI	A <sub>dia</sub>	=	1.57	cm <sup>2</sup>
ANGOLO ASTA DEL DIAGONALE SULLA VISTA TRASVERSALE	α	=	17.4	deg
ANGOLO ASTA DEL DIAGONALE SULLA VISTA LONGITUDINALE	β	=	34.7	deg
SFORZO NORMALE NEL SINGOLO DIAGONALE (Compressione)	N	=	1.65	kN
Tensione nella singola barra (compressione)	σ <sub>S</sub>	=	21.0	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione N <sub>c,Rd</sub>	N <sub>c,Rd</sub>	=	33.66	kN
<b>N/N<sub>c,Rd</sub> &lt;1</b>	<b>N/N<sub>c,Rd</sub></b>	=	<b>0.049</b>	
<b>STABILITA'</b>				
Coefficiente di vincolo β <sub>v</sub>	β <sub>v</sub>	=	1	
Lunghezza del diagonale	l	=	19.93	cm
Lunghezza libera d'inflexione l <sub>0</sub> =l*β	l <sub>0</sub>	=	19.93	cm
N critico euleriano	N <sub>cr</sub>	=	25.61	kN
Snellezza adimensionale	λ <sub>ad</sub>	=	1.17	
Fattore di imperfezione	α <sub>i</sub>	=	0.49	
coefficiente φ	φ	=	1.43	
Coefficiente χ	χ	=	0.446	
Coefficiente gamma M1	γ <sub>M1</sub>	=	1.10	
RESISTENZA INSTABILITA' ASTA COMPRESSA N <sub>b,Rd</sub>	N <sub>b,Rd</sub>	=	14.33	kN
<b>N/N<sub>b,Rd</sub> &lt;1</b>	<b>N/N<sub>b,Rd</sub></b>	=	<b>0.115</b>	
Portata residua dei diagonali	N <sub>res</sub>	=	12.7	kN
	V <sub>res</sub>	=	19.9	kN
	<b>V<sub>res</sub></b>	=	<b>49.7</b>	<b>kN/m</b>

PROGETTAZIONE ATI:

<b>DATI</b>				
LUCE DELLO SBALZO	L	=	1.10	m
SPESSORE SOLETTA CLS	S <sub>s</sub>	=	0.20	m
SPESSORE FONDELLO CLS	S <sub>f</sub>	=	0.05	m
INTERASSE TRASVERSALE DEL SINGOLO TRALICCIO	i	=	0.40	m
Altezza efficace dei correnti (asse - asse)	h <sub>eff</sub>	=	0.165	m
Lunghezza tra due tralici successivi	l	=	20.0	cm
Interasse trasversale dei correnti inferiori	i <sub>ci</sub>	=	10.0	cm
Larghezza predalle	B <sub>pred</sub>	=	2.4	m
n° tralici per predalle	n°tral.	=	6	
Peso veletta all'estremità della predalle	pvel.	=	1.50	kN/m
Carichi accidentali in fase di getto	qacc	=	1.00	kN/mq
<b>SOLLECITAZIONI AGENTI</b>				
COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE DEI CARICHI G	γ <sub>G</sub>	=	1.35	
COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE DEI CARICHI q	γ <sub>q</sub>	=	1.50	
sollecitazioni agli SLU su singolo traliccio				
Carico uniformemente distribuito	q <sub>sol+acc</sub>	=	3.98	kN
Carico concentrato	q <sub>vel.</sub>	=	0.81	kN
MOMENTO FLETTENTE	M	=	3.30	kNm
TAGLIO	T	=	5.18	kN
SFORZO NORMALE (di traz/compr nei correnti) M/h <sub>eff</sub>	N	=	19.98	kN
<b>CORRENTE INFERIORE COMPRESSO</b>				
AREA DEL CORRENTE INFERIORE	A <sub>inf</sub>	=	2.26	cm <sup>2</sup>
Coefficiente di vincolo β <sub>v</sub>	β <sub>v</sub>	=	0.9	
Lunghezza tra due tralici successivi	l	=	20.00	cm
Lunghezza libera d'inflessione l <sub>0</sub> =l*β	l <sub>0</sub>	=	18	cm
RAGGIO D'INERZIA	i	=	0.30	cm
SNELLEZZA	λ	=	60.00	
Resistenza di calcolo a compressione N <sub>c,Rd</sub>	N <sub>c,Rd</sub>	=	96.94	kN
N/N <sub>c,Rd</sub> <1	N/N <sub>c,Rd</sub>	=	0.206	
<b>STABILITA'</b>				
N critico euleriano	N <sub>cr</sub>	=	130.23	kN
Snellezza adimensionale	λ <sub>ad</sub>	=	0.88	
Fattore di imperfezione	α <sub>i</sub>	=	0.49	
coefficiente φ	φ	=	1.06	
Coefficiente χ	χ	=	0.610	
Coefficiente gamma M1	γ <sub>M1</sub>	=	1.1	
RESISTENZA INSTABILITA' ASTA COMPRESSA N <sub>b,Rd</sub>	N <sub>b,Rd</sub>	=	56.41	kN
N/N <sub>b,Rd</sub> <1	N/N <sub>b,Rd</sub>	=	0.35	
<b>CORRENTE SUPERIORE TESO</b>				
AREA DEL CORRENTE SUPERIORE	A <sub>sup</sub>	=	2.01	cm <sup>2</sup>
Tensione nella barra (trazione)	σ	=	99.35	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione N <sub>t,Rd</sub>	N <sub>t,Rd</sub>	=	86.17	kN
N/N <sub>t,Rd</sub> <1	N/N <sub>t,Rd</sub>	=	0.23	
<b>DIAGONALI</b>				
AREA DEI DIAGONALI	A <sub>inf</sub>	=	1.57	cm <sup>2</sup>
ANGOLO ASTA DEL DIAGONALE SULLA VISTA TRASVERSALE	α	=	17.4	deg
ANGOLO ASTA DEL DIAGONALE SULLA VISTA LONGITUDINALE	β	=	34.7	deg
SFORZO NORMALE NEL SINGOLO DIAGONALE (Compressione)	N	=	3.30	kN
Tensione nella singola barra (compressione)	σ <sub>s</sub>	=	42.1	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a compressione N <sub>c,Rd</sub>	N <sub>c,Rd</sub>	=	33.66	kN
N/N <sub>c,Rd</sub> <1	N/N <sub>c,Rd</sub>	=	0.098	
<b>STABILITA'</b>				
Coefficiente di vincolo β <sub>v</sub>	β <sub>v</sub>	=	1	
Lunghezza del diagonale	l	=	19.93	cm
Lunghezza libera d'inflessione l <sub>0</sub> =l*β	l <sub>0</sub>	=	19.93	cm
N critico euleriano	N <sub>cr</sub>	=	25.61	kN
Snellezza adimensionale	λ <sub>ad</sub>	=	1.66	
Fattore di imperfezione	α <sub>i</sub>	=	0.49	
coefficiente φ	φ	=	2.24	
Coefficiente χ	χ	=	0.268	
Coefficiente gamma M1	γ <sub>M1</sub>	=	1.10	
RESISTENZA INSTABILITA' ASTA COMPRESSA N <sub>b,Rd</sub>	N <sub>b,Rd</sub>	=	17.19	kN
N/N <sub>b,Rd</sub> <1	N/N <sub>b,Rd</sub>	=	0.192	
Portata residua dei diagonaloni	N <sub>res</sub>	=	13.9	kN
	V <sub>res</sub>	=	21.8	kN
	V <sub>res</sub>	=	54.5	kN/m

PROGETTAZIONE ATI:

Le verifiche risultano soddisfatte.

#### 12.4. VERIFICHE NELLE FASI SUCCESSIVE

I carichi tandem, in senso longitudinale, sono stati considerati applicati in corrispondenza della mezzeria della campata. Le verifiche sono state effettuate sia agli SLU che agli SLE in sezioni "notevoli", indicate nell'immagine successiva; rispettivamente: sezioni di mezzeria (A), di appoggio centrale (B) e di sbalzo (C).

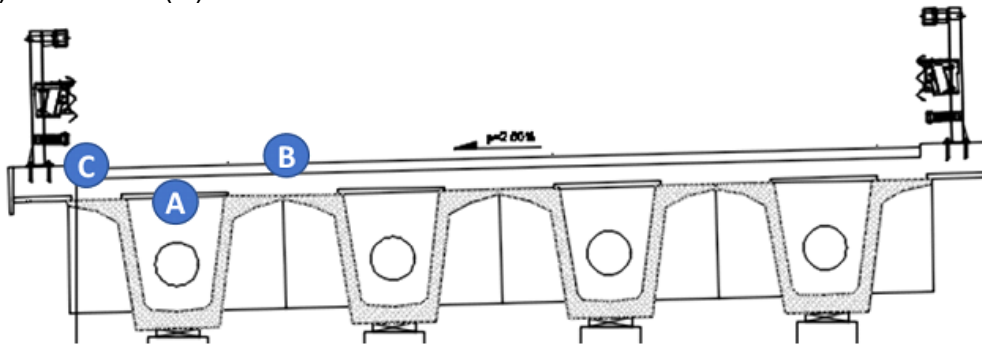


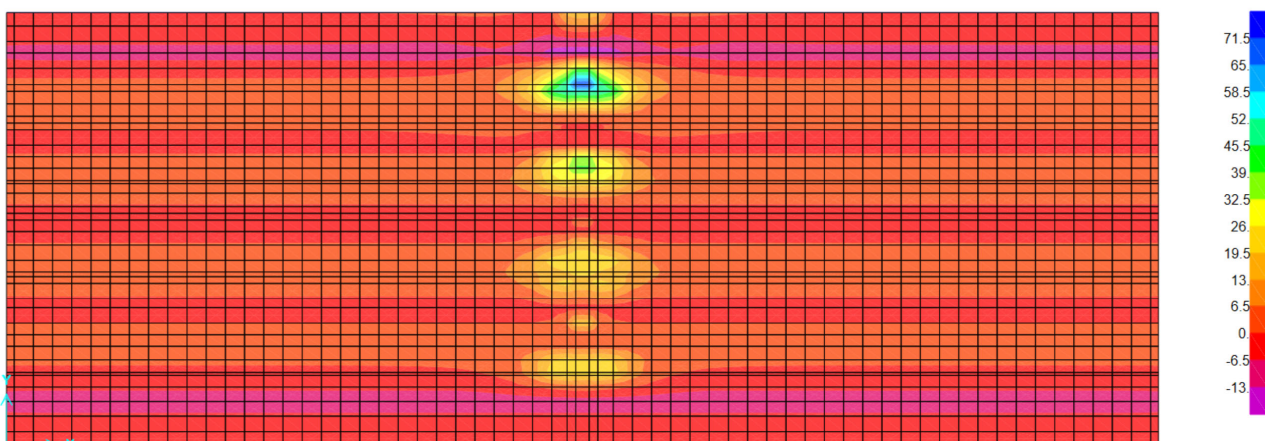
Figura 12.12 Posizionamento delle sezioni di verifica

#### 12.5. VERIFICA ALLO SLU

Le verifiche verranno effettuate in termini di sollecitazioni per le sezioni individuate, più una verifica a aggiuntiva per i cordoli nel caso di urto.

##### 12.5.1. SOLLECITAZIONI AGLI SLU

Si riportano di seguito i diagrammi delle sollecitazioni relative alle principali combinazioni considerate allo SLU.



PROGETTAZIONE ATI:

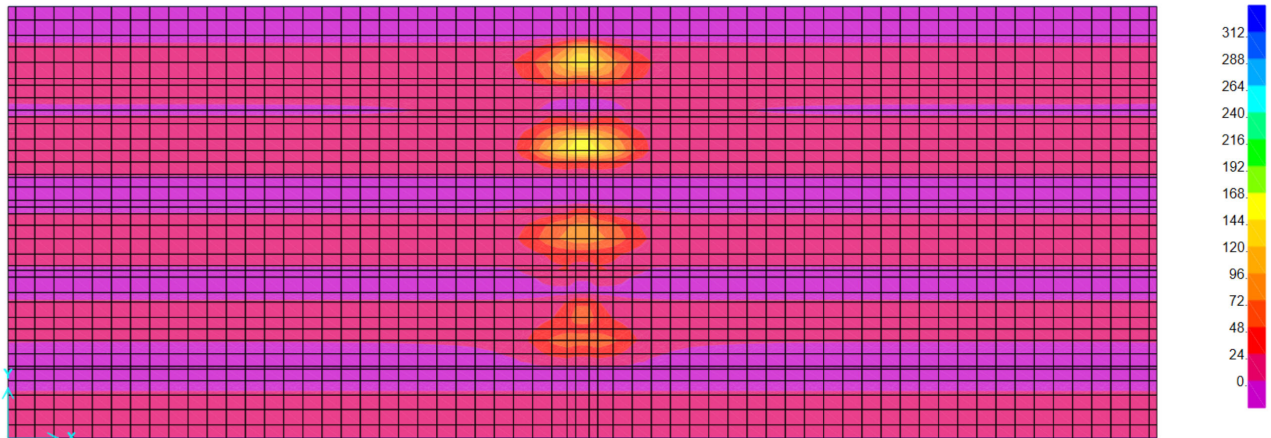


Figura 12.13 Involuppo momento flettente M22 e taglio V23 per comb SLU (massimi)

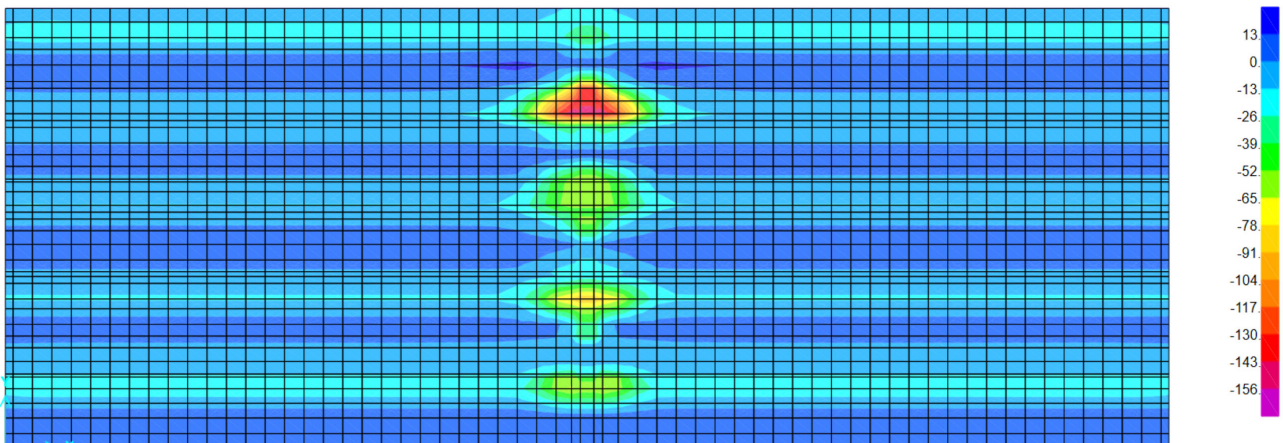
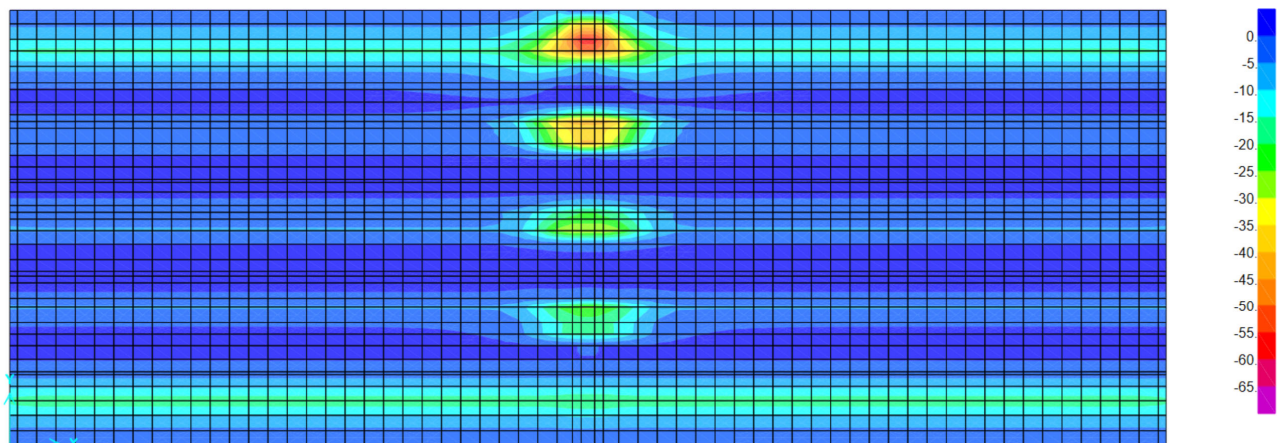


Figura 12.14 Involuppo momento flettente M22 e taglio V23 per comb. SLU (minimi)

### 12.5.2. VERIFICHE NELLE SEZIONI NOTEVOLI

Di seguito le verifiche dimensionanti delle armature nelle tre sezioni di verifica.

PROGETTAZIONE ATI:

### 12.5.3. VERIFICA A FLESSIONE

Il massimo momento sollecitante positivo risulta  $M_{Ed} = 72\text{kNm}$ .

L'armatura a momento positivo della sezione è costituita da:  $1\phi 16/20''$

Si riporta di seguito la verifica che viene eseguita con riferimento ad una fascia di larghezza 1m, per cui si ha:

$$M_{Rd} = 73\text{kNm} > M_{Ed} = 72\text{kNm}$$

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

**N° figure elementari** 1 **Zoom** **N° strati barre** 2 **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	25	1	10.05	3
			2	10.05	19.5

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

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

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

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

**Tipo rottura**  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali**  
**B450C** **C35/45**  
 $\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm²  $f_{cd}$  19.83  
 $E_s/E_c$  6  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  13.5  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0.8  
 $\tau_{c1}$  2.257

**M<sub>xRd</sub>** 73.12 kN m  
 $\sigma_c$  -19.83 N/mm²  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  21.01 ‰  
 d 19.5 cm  
 x 2.785 x/d 0.1428  
 $\delta$  0.7

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

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

**N° rett.** 100  
 Calcola MRd **Dominio M-N**  
 L<sub>o</sub> 0 cm **Col. modello**  
**M-curvatura**  
 Precompresso

Figura 12.15 Momento Positivo – Sezione (A)

L'armatura a momento negativo della sezione è costituita da:  $1\phi 16/20''$ .

Si riporta di seguito la verifica che viene eseguita con riferimento ad una fascia di larghezza 1m

$$M_{Rd} = -89.65\text{kNm} > M_{Ed} = -40\text{kNm}$$

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

N° figure elementari  Zoom      N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	25

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10.05	3
2	10.05	19.5

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

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

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

**Materiali**  
**B450C**   **C35/45**  
 $\epsilon_{su}$  67.5 ‰    $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²    $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm²    $f_{cd}$  19.83 ‰  
 $E_s/E_c$  6    $f_{cc}/f_{cd}$  0.8 [?]   
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰    $\sigma_{c,adm}$  13.5 ‰  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²    $\tau_{co}$  0.8    $\tau_{c1}$  2.257

**M**  $M_{xRd}$  -89.65 kN m  
 $\sigma_c$  -19.83 N/mm²  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  15.58 ‰  
 d 22 cm  
 x 4.036   x/d 0.1835  
 $\delta$  0.7

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

**Tipo flessione**  
 Retta    Deviata

N° rett. 100  
 Calcola MRd   Dominio M-N  
 L<sub>0</sub>  cm   Col. modello  
 M-curvatura  
 Precompresso

Figura 12.16 Momento Negativo – Sezione (B)

Il massimo momento sollecitante nella sezione di sbalzo risulta risulta  $M_{Ed} = -58\text{kNm}$ .

L'armatura nella sezione considerata è costituita da: 1 $\phi$ 16/20''.

Si riporta di seguito la verifica che viene eseguita con riferimento ad una fascia di larghezza 1m:

$$M_{Rd} = -89\text{kNm} > M_{Ed} = -58\text{kNm}$$

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

N° figure elementari  Zoom      N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	25

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10.05	3
2	10.05	19.5

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

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

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

**Materiali**  
**B450C**   **C35/45**  
 $\epsilon_{su}$  67.5 ‰    $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²    $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm²    $f_{cd}$  19.83 ‰  
 $E_s/E_c$  6    $f_{cc}/f_{cd}$  0.8 [?]   
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰    $\sigma_{c,adm}$  13.5 ‰  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²    $\tau_{co}$  0.8    $\tau_{c1}$  2.257

**M**  $M_{xRd}$  -89.65 kN m  
 $\sigma_c$  -19.83 N/mm²  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  15.58 ‰  
 d 22 cm  
 x 4.036   x/d 0.1835  
 $\delta$  0.7

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

**Tipo flessione**  
 Retta    Deviata

N° rett. 100  
 Calcola MRd   Dominio M-N  
 L<sub>0</sub>  cm   Col. modello  
 M-curvatura  
 Precompresso

Figura 12.17 Momento Negativo – Sezione (C)

PROGETTAZIONE ATI:

### 12.5.4. VERIFICA A TAGLIO

Il massimo taglio sollecitante (mediato su una larghezza di soletta 1m) risulta rispettivamente:  
 $V_{Ed,A} = 135\text{kN}$ ,  $V_{Ed,B} = 160\text{kN}$ ,  $V_{Ed,C} = 142\text{kN}$ ,

La resistenza a taglio è affidata al traliccio della predalle composto da diagonali  $\phi 10$  passo 20cm tenendo in conto della effettiva inclinazione delle stesse rispetto alla verticale.

Si riporta di seguito la verifica:

SEZIONE					
$b_w$	=	100	cm		
$h$	=	16.5	cm		
$c$	=	2	cm		
$d$	=	$h-c$	=	14.5	cm
MATERIALI					
$f_{ywd}$	=	391.30	MPa		
$R_{ck}$	=	40.00	MPa		
$\gamma_c$	=	1.5			
$f_{ck}$	=	$0.83 \times R_{ck}$	=	33.20	MPa
$f_{cd}$	=	$0.85 \times f_{ck} / \gamma_c$	=	18.81	MPa
ARMATURE A TAGLIO					
$\phi_{st}$	=	10			
braccia	=	4.25			
$\phi_{st2}$	=	0			
braccia	=	0			
passo	=	20	cm		
$(A_{sw} / s)$	=	16.690	cm <sup>2</sup> / m		
$\alpha$	=	60	°	(90° staffe verticali)	
ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO					
<b>Armatura trasversale</b>		$\cot(\theta) = 2.50$	$(\theta) = 21.80$		
$V_{Rsd} =$	227.13 (KN)	$0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\ctg\alpha + \ctg\theta) \cdot \sin\alpha$			
$V_{Rcd} =$	521.06 (KN)	$0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\ctg\alpha + \ctg\theta) / (1 + \ctg^2\theta)$			
$V_{Rd} =$	<b>227.13 (KN)</b>	<b>min(<math>V_{Rsd}</math>, <math>V_{Rcd}</math>)</b>			

Verifica soddisfatta per tutte e tre le sezioni.

### 12.5.5. RAPPORTI CAPACITÀ/DOMANDA

Si riporta quindi un riassunto delle verifiche appena viste agli SLU:

PROGETTAZIONE ATI:



Sollecitazione	u	Sezione di mezzeria (A)			Sezione di appoggio (B)			Sezione di sbalzo (C)		
		domanda	capacità	C/D	domanda	capacità	C/D	domanda	capacità	C/D
Max M22	KNm	72	115	1.60	-40.0	-167	4.18	-58	-167	2.88
Max V23	KN	135	227	1.68	160	227	1.42	142	227	1.60

Figura 12.18 Riassunto verifiche e rapporti C/D

### 12.5.6. VERIFICA CORDOLO PER L'URTO DEL VEICOLO IN SVIO

Il cordolo ha una larghezza di 75cm e su di esso viene fissata la barriera guard rail. Il cordolo è armato con staffe  $\phi 16/20$ cm a 4 bracci.

L'urto è modellato come una forza di intensità  $F=100$ kN applicata alla barriera ad un'altezza (dall'estradosso soletta)  $h=1.00+0.18$ m = 1.15m.

Per effetto della forza  $F$ , in corrispondenza della sezione di interfaccia cordolo - soletta, si avranno le seguenti sollecitazioni taglianti e flettenti:

- $F = 100$ kN
- $M = F \cdot h = 115$ kNm

Il cordolo sarà sollecitato a strappo da una forza di taglio ed a momento flettente dato dall'eccentricità (braccio) della stessa. Si verifica quindi la sezione orizzontale d'interfaccia cordolo-soletta data dalla ripresa del getto, considerando l'azione di taglio assorbita dai soli bracci interni, mentre a momento cautelativamente si considerano i soli due esterni come resistenti.

Cautelativamente si fa riferimento ad una porzione di cordolo di 80cm (diffusione a  $45^\circ$  nel piano verticale) in cui vi saranno 4 bracci di staffe. Considerando inoltre 5cm di copriferro per lato, si avrà un braccio massimo di 65cm:

$$T^*b = A_f \cdot \sigma_f \cdot b = 4 \cdot 39.13 \cdot 0.65 + 3 \cdot 39.13 \cdot 0.45 = 172 \text{ kNm} > F \cdot h = 115 \text{ kNm} \quad \text{OK!}$$

Si effettua quindi la verifica a taglio (all'interfaccia getto soletta – getto cordolo) considerando i (restanti) bracci delle staffe che risultano non impegnati dalla flessione.

Sempre con riferimento ad una porzione di cordolo considerata si ha:

$$V_{Rsd} > (A_f \cdot f_{yd}) / \text{radq}(3) = 2 \cdot 4 \cdot 201 \cdot 391.3 / 1.73 = 363 \text{ kN} > F = 100 \text{ kN} \quad \text{OK!}$$

### 12.6. VERIFICA ALLO SLE

Si riportano di seguito le verifiche allo SLE per le sezioni già illustrate (A), (B), (C).

Le verifiche sono soddisfatte se sono rispettati i seguenti limiti di tensioni nel cls e nell'acciaio, e di apertura delle fessure.

La massima tensione di compressione del calcestruzzo  $\sigma_c$ , deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_c < 0.60 f_{ck} \text{ per combinazione caratteristica (rara) } = 21 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c < 0.45 f_{ck} \text{ per combinazione quasi permanente } = 15.75 \text{ MPa}$$

La massima tensione di trazione nell'acciaio  $\sigma_s$ , deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_s < 0.8 f_{yk} \text{ per combinazione quasi permanente } = 360 \text{ MPa}$$

Condizioni ambientali:

- XC4+XS1 - con cls C35/45 per la soletta → condizioni aggressive
- XC4+XS1 - con cls C35/45 per il cordolo → condizioni aggressive

Tipo Armatura: Poco sensibile

**Tabella 4.1.III** – Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

**Tabella 4.1.IV** – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

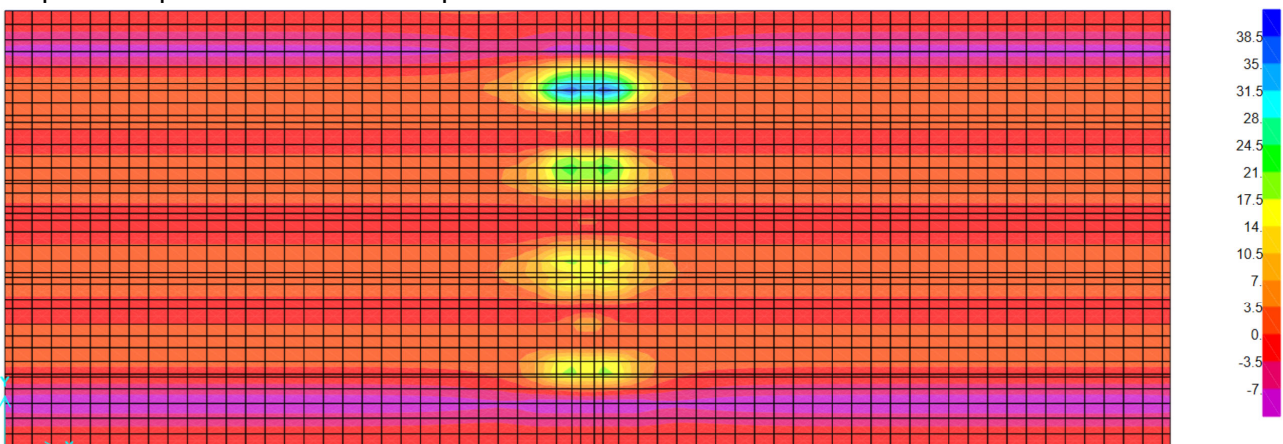
Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	$w_d$	Stato limite	$w_d$
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

$w_1, w_2, w_3$  sono definiti al § 4.1.2.2.4.1, il valore di calcolo  $w_d$ , è definito al § 4.1.2.2.4.6.

La soletta prevede quindi un limite di ampiezza delle fessure:

- QP:  $W_1 = 0.2\text{mm}$
- FREQ:  $W_2 = 0.3\text{mm}$

Si riportano quindi le sollecitazioni per le combinazioni di esercizio.



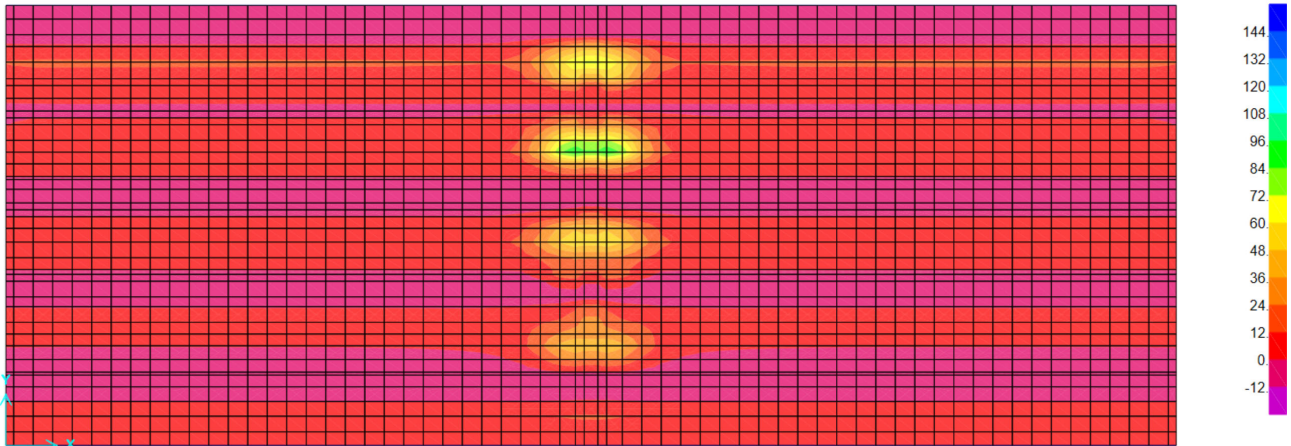


Figura 12.19 Momento flettente M22 e Taglio V23, Mmax per combinazione Rara

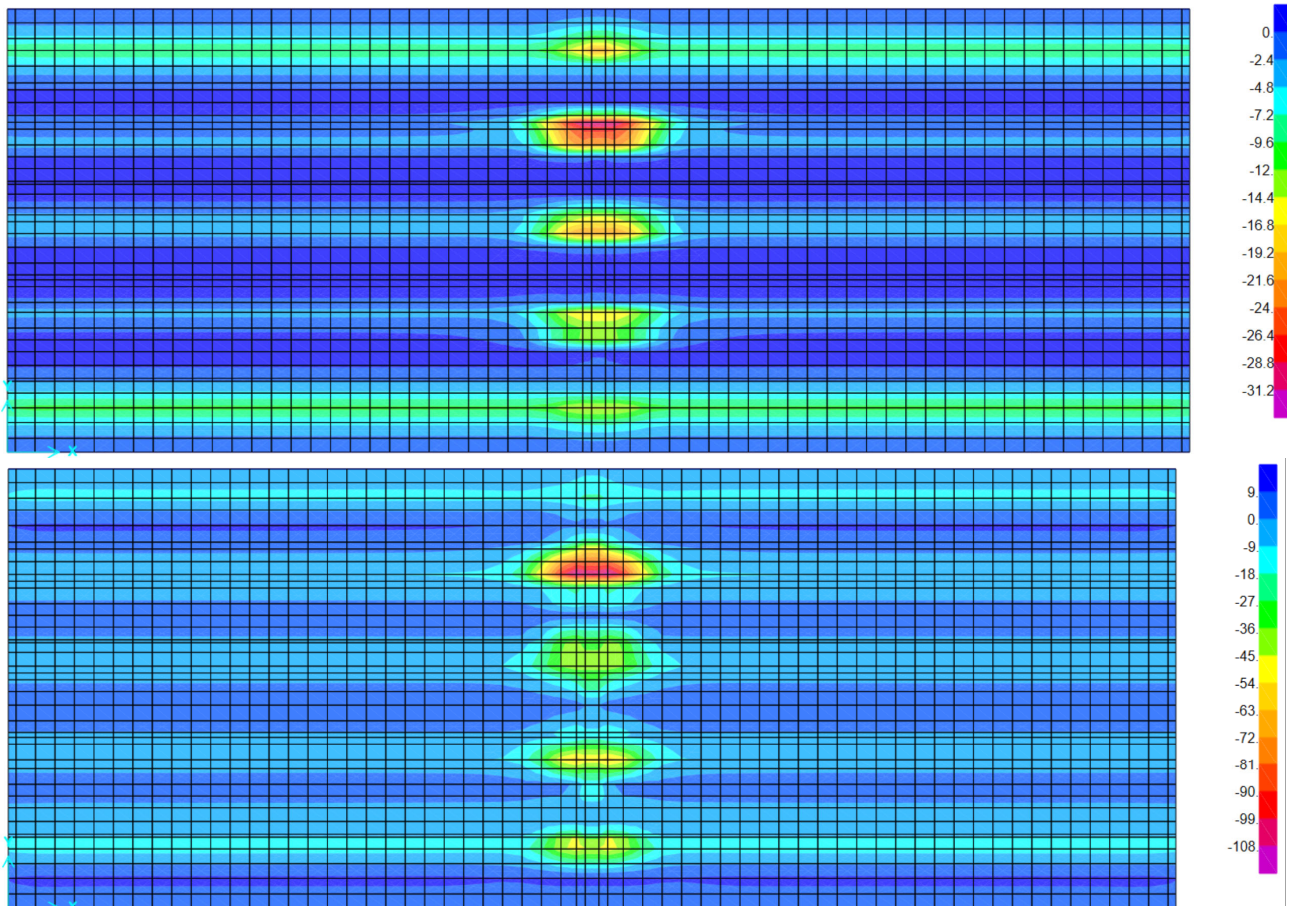


Figura 12.20 Momento flettente M22, Mmin per combinazione Rara

PROGETTAZIONE ATI:

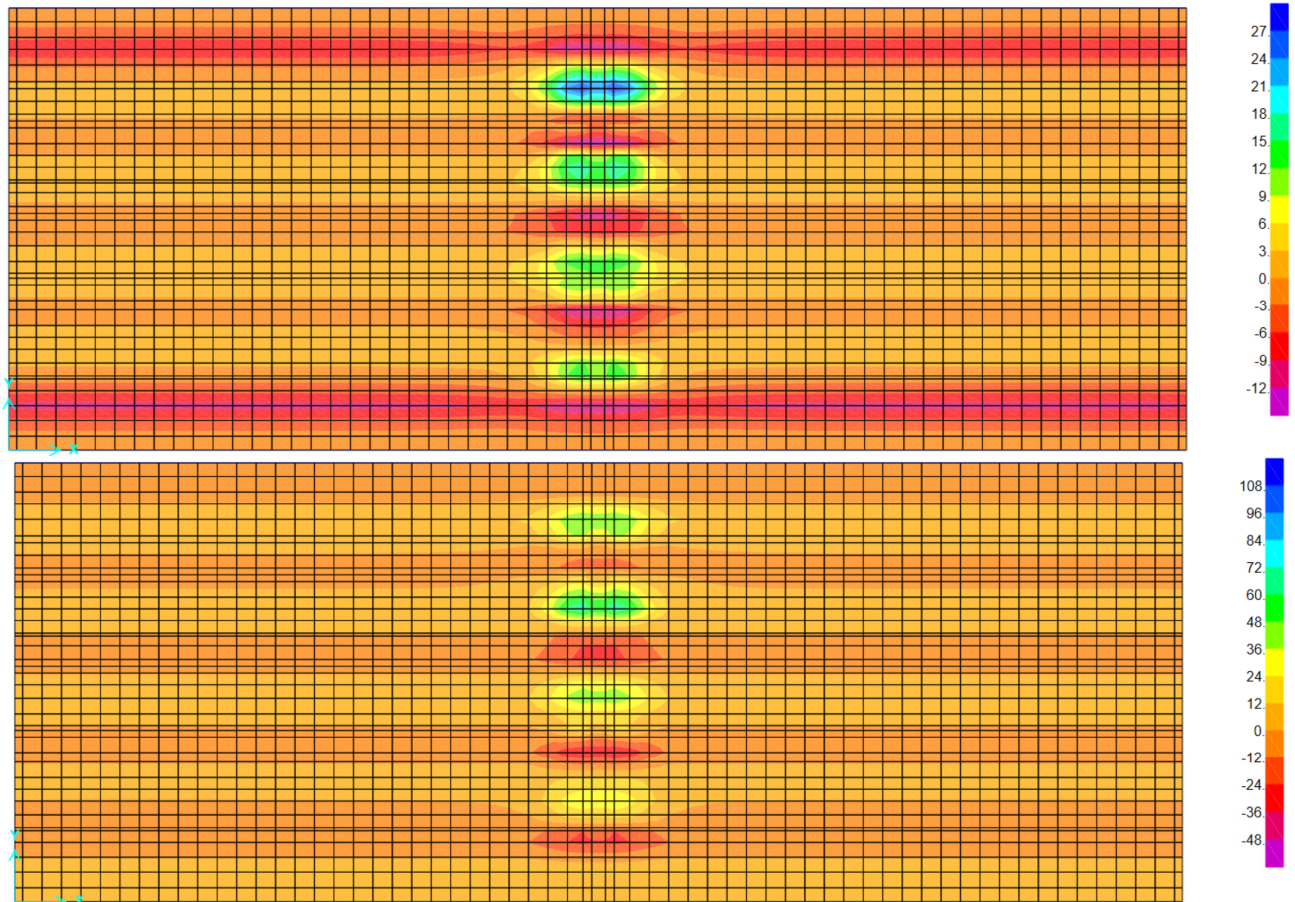
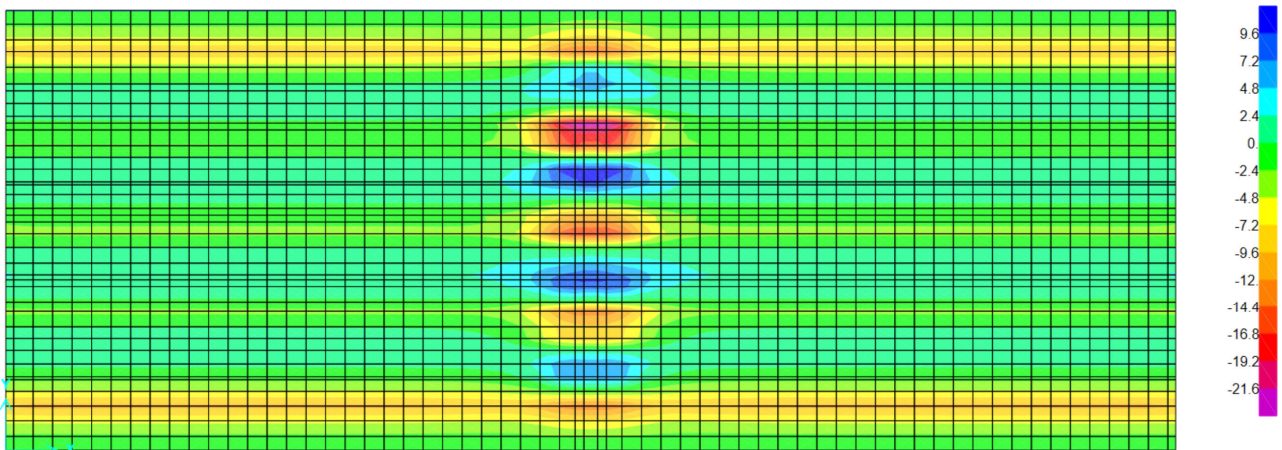


Figura 12.21 Momento flettente M22, Mmax per combinazione Frequente



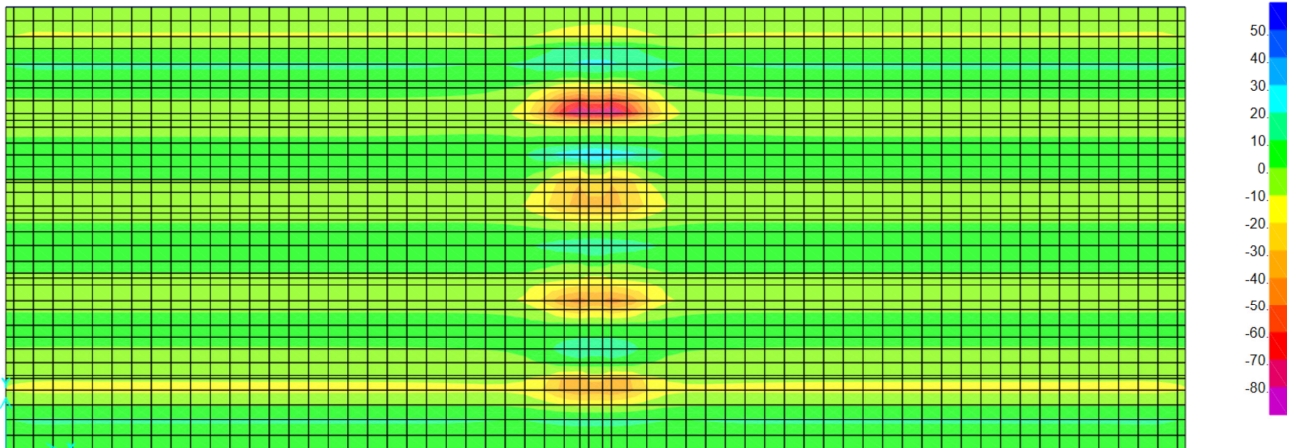


Figura 12.22 Momento flettente M22, Mmin per combinazione Frequente

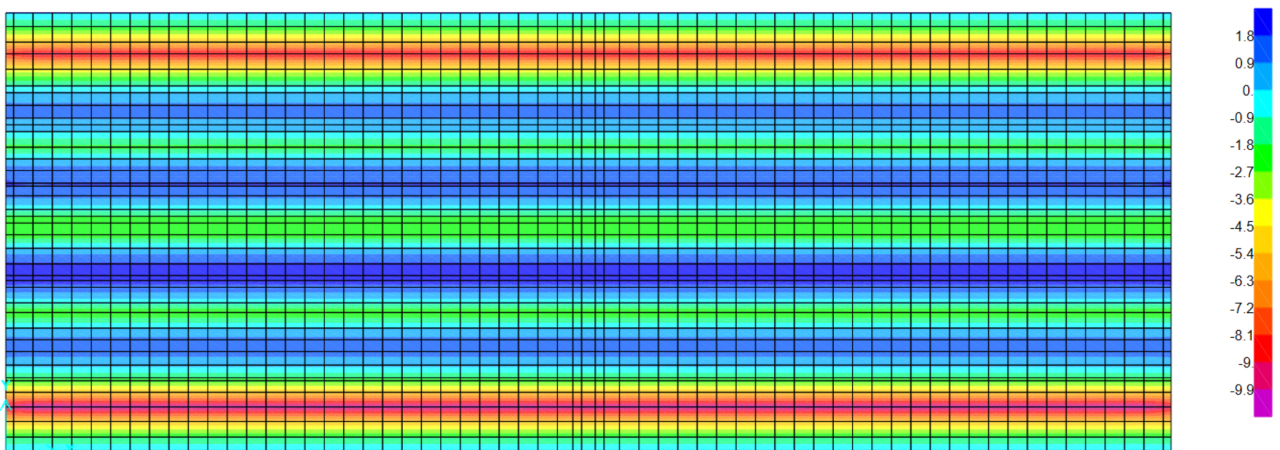
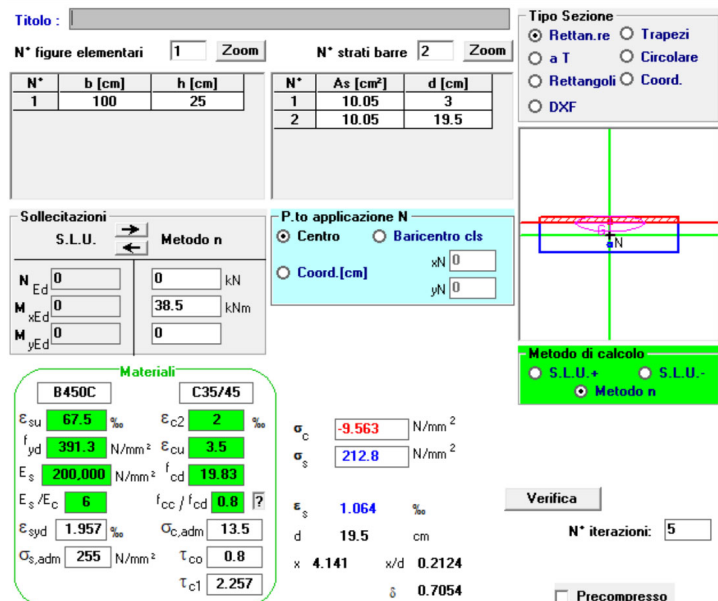


Figura 12.23 Momento flettente M22 per combinazione Quasi Permanente

### 12.6.1. VERIFICHE TENSIONALI – COMBINAZIONE RARA

Sono eseguite verifiche tensionali a momento flettente per tutte le combinazioni considerate nelle sezioni notevoli definite in precedenza. Tutte le sezioni mostrano tensioni nell'acciaio e nel calcestruzzo inferiori ai limiti per la condizione Rara.



**Titolo:**

N° figure elementari: 1  N° strati barre: 2

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	25

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10.05	3
2	10.05	19.5

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

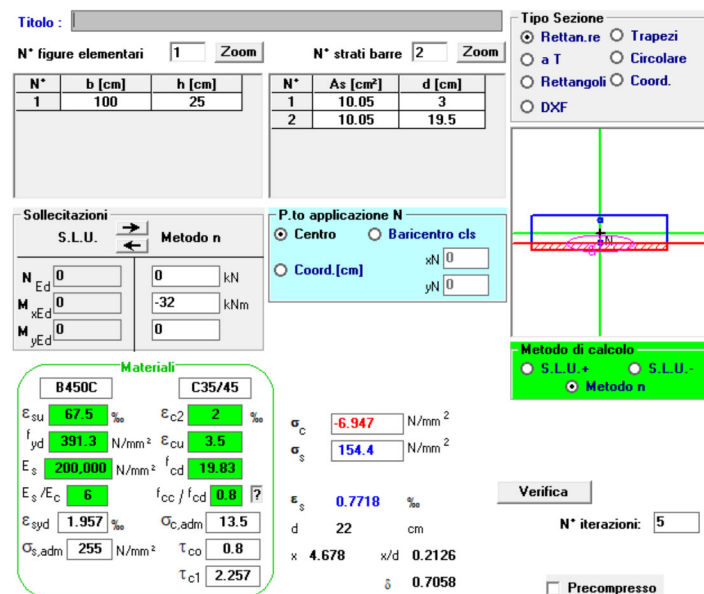
**Caratteristiche Geometriche:**  
N<sub>Ed</sub>: 0 kN  
M<sub>xEd</sub>: 0 kNm  
M<sub>yEd</sub>: 0 kNm

**Caratteristiche Materiali:**  
B450C:  $\epsilon_{su}$  67.5 ‰,  $f_{yd}$  391.3 N/mm<sup>2</sup>, E<sub>s</sub> 200,000 N/mm<sup>2</sup>,  $\epsilon_s/E_c$  6,  $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰,  $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>.  
C35/45:  $\epsilon_{c2}$  2 ‰,  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰,  $f_{cd}$  19.83,  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8,  $\sigma_{c,adm}$  13.5,  $\tau_{co}$  0.8,  $\tau_{c1}$  2.257.

**Stato Tensionale (Positivo):**  
 $\sigma_c$  -9.563 N/mm<sup>2</sup>,  $\sigma_s$  212.8 N/mm<sup>2</sup>,  $\epsilon_s$  1.064 ‰, d = 19.5 cm, x = 4.141, x/d = 0.2124,  $\delta$  = 0.7054.

**Verifica:** N° iterazioni: 5

Figura 12.24 Verifica della sezione (A) – momento positivo



**Titolo:**

N° figure elementari: 1  N° strati barre: 2

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	25

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10.05	3
2	10.05	19.5

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

**Caratteristiche Geometriche:**  
N<sub>Ed</sub>: 0 kN  
M<sub>xEd</sub>: -32 kNm  
M<sub>yEd</sub>: 0 kNm

**Caratteristiche Materiali:**  
B450C:  $\epsilon_{su}$  67.5 ‰,  $f_{yd}$  391.3 N/mm<sup>2</sup>, E<sub>s</sub> 200,000 N/mm<sup>2</sup>,  $\epsilon_s/E_c$  6,  $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰,  $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>.  
C35/45:  $\epsilon_{c2}$  2 ‰,  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰,  $f_{cd}$  19.83,  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8,  $\sigma_{c,adm}$  13.5,  $\tau_{co}$  0.8,  $\tau_{c1}$  2.257.

**Stato Tensionale (Negativo):**  
 $\sigma_c$  -6.947 N/mm<sup>2</sup>,  $\sigma_s$  154.4 N/mm<sup>2</sup>,  $\epsilon_s$  0.7718 ‰, d = 22 cm, x = 4.678, x/d = 0.2126,  $\delta$  = 0.7058.

**Verifica:** N° iterazioni: 5

Figura 12.25 Verifica delle sezioni (B) (C) – momento negativo

### 12.6.2. VERIFICHE TENSIONALI – COMBINAZIONE FREQUENTE

Sono eseguite verifiche tensionali a momento flettente per tutte le combinazioni considerate nelle sezioni notevoli definite in precedenza. Tutte le sezioni mostrano tensioni nell'acciaio e nel calcestruzzo inferiori ai limiti per la condizione Frequente.

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

N° figure elementari  Zoom      N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	25

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10.05	3
2	10.05	19.5

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

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

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

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

**Materiali**  
 B450C    C35/45

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

$\sigma_c$   N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$   N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_s$   ‰  
 d  cm  
 x    x/d   
     $\delta$

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

**Verifica**  
 N° iterazioni:

Precompresso

Figura 12.26 Verifica della sezione (A) – momento positivo

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

N° figure elementari  Zoom      N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	25

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10.05	3
2	10.05	19.5

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

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

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

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

**Materiali**  
 B450C    C35/45

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

$\sigma_c$   N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$   N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_s$   ‰  
 d  cm  
 x    x/d   
     $\delta$

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

**Verifica**  
 N° iterazioni:

Precompresso

Figura 12.27 Verifica delle sezioni (B) (C) – momento negativo

**12.6.3. VERIFICHE TENSIONALI – COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE**

Sono eseguite verifiche tensionali a momento flettente per tutte le combinazioni considerate nelle sezioni notevoli definite in precedenza. Non sono previste prescrizioni tensionali per questa combinazione ma le caratteristiche della sezione sono necessarie per le verifiche di fessurazione.

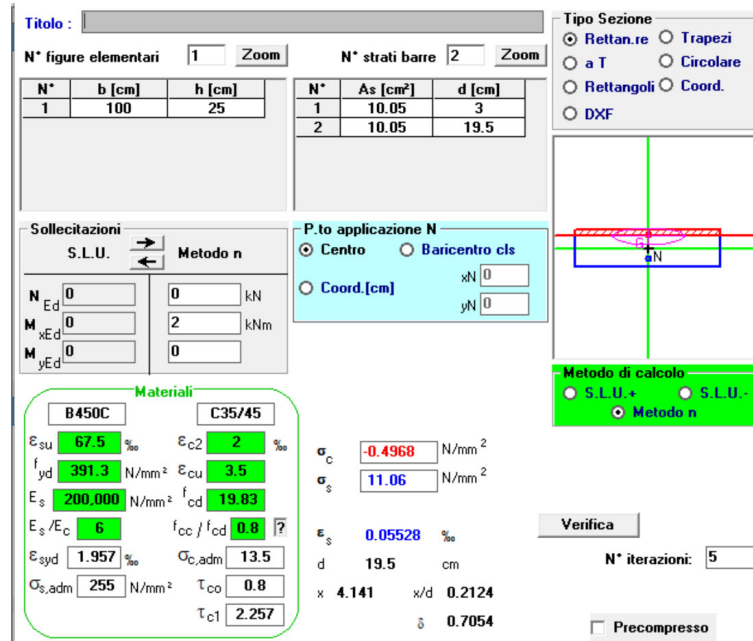


Figura 12.28 Verifica della sezione (A) – momento positivo

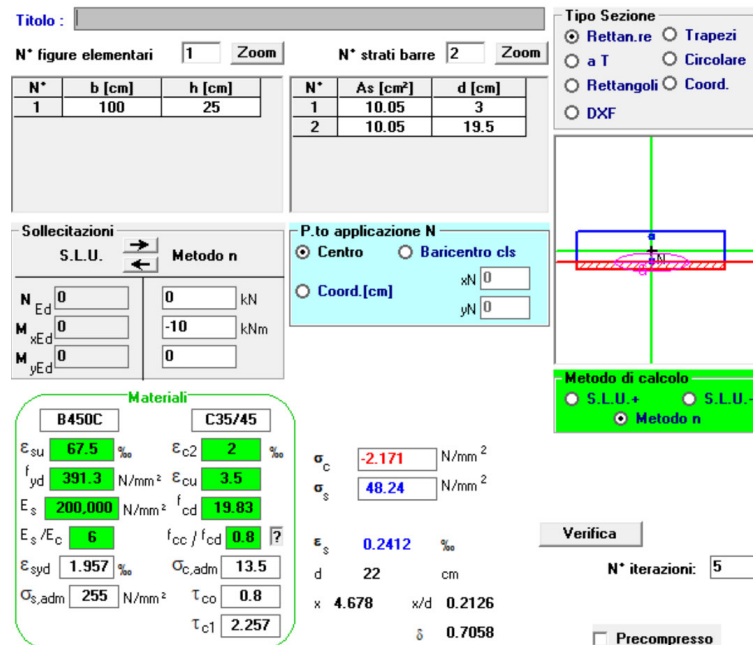


Figura 12.29 Verifica delle sezioni (B) (C) – momento negativo



#### **12.6.4. VERIFICA FESSURAZIONE**

Si verificano le sezioni di momento positivo (A) e momento negativo (B), (C), per le combinazioni frequente e quasi permanente.

Per i materiali e le condizioni ambientali in esame (XC4+XS1 con cls 35/45) si hanno condizioni aggressive che determinano un'apertura delle lesioni caratteristica di 0.4mm e 0.2mm rispettivamente per le combinazioni indicate. Le verifiche risultano soddisfatte.

PROGETTAZIONE ATI:

**12.6.5. FESSURAZIONE – CASO FREQUENTE**

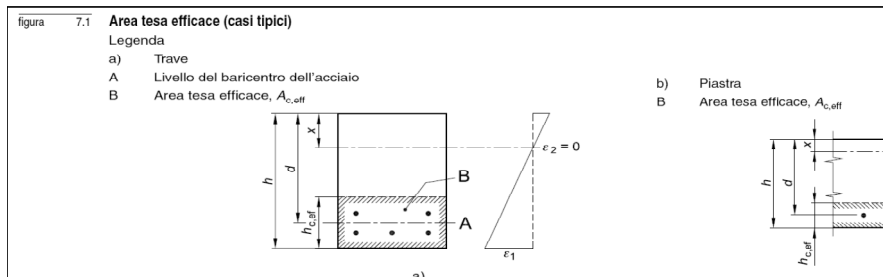
<b>Geometria della sezione</b>	
Altezza della sezione	h = 250 [mm]
Larghezza della sezione	b = 1000 [mm]
Altezza utile della sezione	d = 220 [mm]
Distanza tra asse armatura e lembo compresso	d' = 30 [mm]
Ricoprimento dell'armatura	c = 30 [mm]
<b>Armatura tesa ordinaria</b>	
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	n <sub>r,1</sub> = 5 [-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	φ <sub>r,1</sub> = 16 [mm]
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	A <sub>sf,1</sub> = 1005 [mm <sup>2</sup> ]
<b>Armatura tesa di infittimento</b>	
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	n <sub>r,2</sub> = 2 [-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	φ <sub>r,2</sub> = 16 [mm]
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	A <sub>sf,2</sub> = 402 [mm <sup>2</sup> ]
<b>Caratteristiche dei materiali</b>	
Resistenza caratteristica cilindrica dal calcestruzzo	f <sub>ck</sub> = 37.35 [MPa]
Resistenza a trazione media del calcestruzzo	f <sub>ctm</sub> = 3.4 [MPa]
Modulo di elasticità del calcestruzzo	E <sub>cm</sub> = 34625 [MPa]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub> = 450 [MPa]
Modulo di elasticità dell'acciaio	E <sub>s</sub> = 210000 [MPa]
<b>DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE</b>	
Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ <sub>s</sub> = 149.3 [MPa]
Asse neutro della sezione	x = 41.41 [mm]
Tipo e durata dei carichi applicati	
Coefficiente di omogeneizzazione	α <sub>e</sub> = 6.06 [-]
Area totale delle armature presenti nella zona tesa	A <sub>s</sub> = 1407 [mm <sup>2</sup> ]
Area efficace tesa di calcestruzzo	A <sub>c,eff,1</sub> = 75000 [mm <sup>2</sup> ] A <sub>c,eff,2</sub> = 69530 [mm <sup>2</sup> ] A <sub>c,eff,3</sub> = 125000 [mm <sup>2</sup> ] A <sub>c,eff,min</sub> = 69530 [mm <sup>2</sup> ]
<p>figura 7.1 Area tesa efficace (casi tipici)</p> <p>Legenda</p> <p>a) Trave A Livello del baricentro dell'acciaio B Area tesa efficace, A<sub>c,eff</sub></p> <p>b) Piastra B Area tesa efficace, A<sub>c,eff</sub></p>	
Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso	ρ <sub>p,eff</sub> = 0.02024 [-]
Resistenza efficace media del calcestruzzo	f <sub>ct,eff</sub> = 3.4 [MPa]
Fattore di durata del carico	k <sub>f</sub> = 0.4 [-]
<b>Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cls</b>	
	[ε <sub>sm</sub> -ε <sub>cm</sub> ] <sub>min</sub> = 0.000427 [-]
	[ε <sub>sm</sub> -ε <sub>cm</sub> ] <sub>calc.</sub> = 0.000357 [-]
	<b>[ε<sub>sm</sub>-ε<sub>cm</sub>] = 0.000427 [-]</b>
Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri)	s = 100 [mm]
Diametro equivalente delle barre	φ <sub>eq</sub> = 16.00 [mm]
Spaziatura massima di riferimento	s <sub>max,rif</sub> = 190 [mm]
Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione	
	k <sub>1</sub> = 0.800 [-]
	k <sub>2</sub> = 0.500 [-]
	k <sub>3</sub> = 3.400 [-]
	k <sub>4</sub> = 0.425 [-]
<b>Distanza massima tra le fessure</b>	
	s <sub>r,max,1</sub> = 236 [mm]
	s <sub>r,max,2</sub> = 271 [mm]
	<b>s<sub>r,max</sub> = 236 [mm]</b>
Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente	
	w <sub>k,lim</sub> = 0.20 [mm]
<b>Ampiezza delle fessure (di calcolo)</b>	<b>w<sub>k</sub> = 0.10 [mm]</b>

**Figura 12.30 Verifica a fessurazione per sezione A (momento positivo)**

Geometria della sezione	
Altezza della sezione	h = 250 [mm]
Larghezza della sezione	b = 1000 [mm]
Altezza utile della sezione	d = 220 [mm]
Distanza tra asse armatura e lembo compresso	d' = 30 [mm]
Ricoprimento dell'armatura	c = 30 [mm]
<u>Armatura tesa ordinaria</u>	
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	n <sub>r,1</sub> = 10 [-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	φ <sub>r,1</sub> = 16 [mm]
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	A <sub>sf,1</sub> = 2011 [mm <sup>2</sup> ]
<u>Armatura tesa di infittimento</u>	
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	n <sub>r,2</sub> = 0 [-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	φ <sub>r,2</sub> = 0 [mm]
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	A <sub>sf,2</sub> = 0 [mm <sup>2</sup> ]

Caratteristiche dei materiali	
Resistenza caratteristica cilindrica dal calcestruzzo	f <sub>ck</sub> = 33.2 [MPa]
Resistenza a trazione media del calcestruzzo	f <sub>ctm</sub> = 3.1 [MPa]
Modulo di elasticità del calcestruzzo	E <sub>cm</sub> = 33643 [MPa]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub> = 450 [MPa]
Modulo di elasticità dell'acciaio	E <sub>s</sub> = 210000 [MPa]

DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE	
Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ <sub>s</sub> = 101.3 [MPa]
Asse neutro della sezione	x = -46.8 [mm]
Tipo e durata dei carichi applicati	Lunga
Coefficiente di omogeneizzazione	α <sub>e</sub> = 6.24 [-]
Area totale delle armature presenti nella zona tesa	A <sub>s</sub> = 2011 [mm <sup>2</sup> ]
Area efficace tesa di calcestruzzo	A <sub>c,eff,1</sub> = 75000 [mm <sup>2</sup> ]
	A <sub>c,eff,2</sub> = 98933 [mm <sup>2</sup> ]
	A <sub>c,eff,3</sub> = 125000 [mm <sup>2</sup> ]
	A <sub>c,eff,min</sub> = 75000 [mm <sup>2</sup> ]



Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso	ρ <sub>p,eff</sub> = 0.02681 [-]
Resistenza efficace media del calcestruzzo	f <sub>ct,eff</sub> = 3.1 [MPa]
Fattore di durata del carico	k <sub>t</sub> = 0.4 [-]
<u>Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cls</u>	[ε <sub>sm</sub> -ε <sub>cm</sub> ] <sub>min</sub> = 0.000289 [-]
	[ε <sub>sm</sub> -ε <sub>cm</sub> ] <sub>calc.</sub> = 0.000225 [-]
	<b>[ε<sub>sm</sub>-ε<sub>cm</sub>] = 0.000289 [-]</b>

Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri)	s = 100 [mm]
Diametro equivalente delle barre	φ <sub>eq</sub> = 16.00 [mm]
Spaziatura massima di riferimento	s <sub>max,rif</sub> = 190 [mm]
Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione	k <sub>1</sub> = 0.800 [-]
	k <sub>2</sub> = 0.500 [-]
	k <sub>3</sub> = 3.400 [-]
	k <sub>4</sub> = 0.425 [-]

Distanza massima tra le fessure	
	s <sub>r,max,1</sub> = 203 [mm]
	s <sub>r,max,2</sub> = 386 [mm]
	<b>s<sub>r,max</sub> = 203 [mm]</b>

Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente	w <sub>k,lim</sub> = 0.20 [mm]
Ampiezza delle fessure (di calcolo)	<b>w<sub>k</sub> = 0.06 [mm]</b>

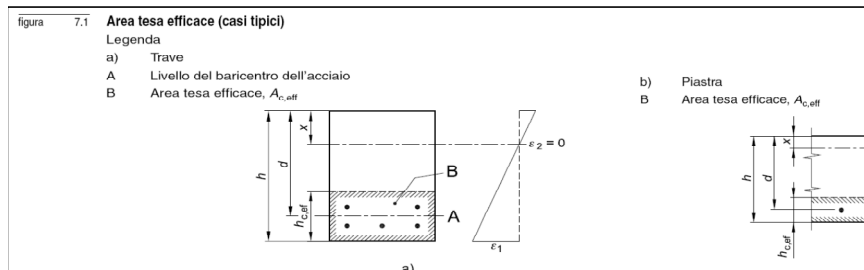
Figura 12.31 Verifica a fessurazione per sezioni (B) e (C) (momento negativo)

### 12.6.6. FESSURAZIONE – CASO QUASI PERMANENTE

Geometria della sezione	
Altezza della sezione	h = 250 [mm]
Larghezza della sezione	b = 1000 [mm]
Altezza utile della sezione	d = 220 [mm]
Distanza tra asse armatura e lembo compresso	d' = 30 [mm]
Ricoprimento dell'armatura	c = 30 [mm]
<u>Armatura tesa ordinaria</u>	
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	n <sub>t,1</sub> = 5 [-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	φ <sub>t,1</sub> = 16 [mm]
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	A <sub>sf,1</sub> = 1005 [mm <sup>2</sup> ]
<u>Armatura tesa di infittimento</u>	
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	n <sub>t,2</sub> = 2 [-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	φ <sub>t,2</sub> = 16 [mm]
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	A <sub>sf,2</sub> = 402 [mm <sup>2</sup> ]

Caratteristiche dei materiali	
Resistenza caratteristica cilindrica dal calcestruzzo	f <sub>ck</sub> = 37.35 [MPa]
Resistenza a trazione media del calcestruzzo	f <sub>ctm</sub> = 3.4 [MPa]
Modulo di elasticità del calcestruzzo	E <sub>cm</sub> = 34625 [MPa]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub> = 450 [MPa]
Modulo di elasticità dell'acciaio	E <sub>s</sub> = 210000 [MPa]

DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE	
Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ <sub>s</sub> = 11.1 [MPa]
Asse neutro della sezione	x = 41.41 [mm]
Tipo e durata dei carichi applicati	Lunga
Coefficiente di omogeneizzazione	α <sub>e</sub> = 6.06 [-]
Area totale delle armature presenti nella zona tesa	A <sub>s</sub> = 1407 [mm <sup>2</sup> ]
Area efficace tesa di calcestruzzo	A <sub>c,eff,1</sub> = 75000 [mm <sup>2</sup> ] A <sub>c,eff,2</sub> = 69530 [mm <sup>2</sup> ] A <sub>c,eff,3</sub> = 125000 [mm <sup>2</sup> ] A <sub>c,eff,min</sub> = 69530 [mm <sup>2</sup> ]



Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso	ρ <sub>p,eff</sub> = 0.02024 [-]
Resistenza efficace media del calcestruzzo	f <sub>ct,eff</sub> = 3.4 [MPa]
Fattore di durata del carico	k <sub>t</sub> = 0.4 [-]
<u>Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cls</u>	
	[ε <sub>sm</sub> -ε <sub>cm</sub> ] <sub>min</sub> = 0.000032 [-]
	[ε <sub>sm</sub> -ε <sub>cm</sub> ] <sub>calc.</sub> = -0.000301 [-]
	[ε <sub>sm</sub> -ε <sub>cm</sub> ] = 0.000032 [-]

Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri)	s = 100 [mm]
Diametro equivalente delle barre	φ <sub>eq</sub> = 16.00 [mm]
Spaziatura massima di riferimento	s <sub>max,rif</sub> = 190 [mm]
Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione	
	k <sub>1</sub> = 0.800 [-]
	k <sub>2</sub> = 0.500 [-]
	k <sub>3</sub> = 3.400 [-]
	k <sub>4</sub> = 0.425 [-]

Distanza massima tra le fessure	
	s <sub>r,max,1</sub> = 236 [mm]
	s <sub>r,max,2</sub> = 271 [mm]
	s <sub>r,max</sub> = 236 [mm]

Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente	w <sub>k,lim</sub> = 0.20 [mm]
Ampiezza delle fessure (di calcolo)	w <sub>k</sub> = 0.01 [mm]

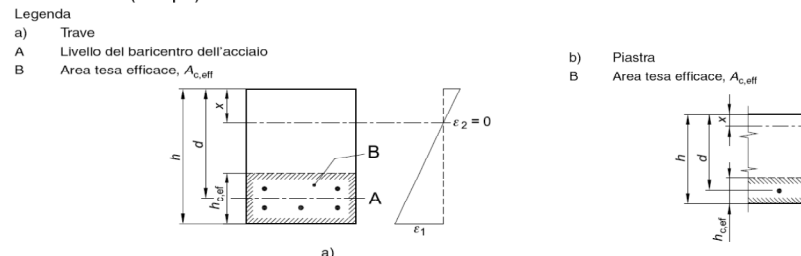
Figura 12.32 Verifica a fessurazione per sezione A (momento positivo)

Geometria della sezione	
Altezza della sezione	h = 250 [mm]
Larghezza della sezione	b = 1000 [mm]
Altezza utile della sezione	d = 220 [mm]
Distanza tra asse armatura e lembo compresso	d' = 30 [mm]
Ricoprimento dell'armatura	c = 30 [mm]
<b>Armatura tesa ordinaria</b>	
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	$n_{f,1}$ = 10 [-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	$\phi_{f,1}$ = 16 [mm]
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	$A_{sf,1}$ = 2011 [mm <sup>2</sup> ]
<b>Armatura tesa di infittimento</b>	
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	$n_{f,2}$ = 0 [-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	$\phi_{f,2}$ = 0 [mm]
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	$A_{sf,2}$ = 0 [mm <sup>2</sup> ]

Caratteristiche dei materiali	
Resistenza caratteristica cilindrica dal calcestruzzo	$f_{ck}$ = 37.35 [MPa]
Resistenza a trazione media del calcestruzzo	$f_{ctm}$ = 3.4 [MPa]
Modulo di elasticità del calcestruzzo	$E_{cm}$ = 34625 [MPa]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	$f_{yk}$ = 450 [MPa]
Modulo di elasticità dell'acciaio	$E_s$ = 210000 [MPa]

DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE	
Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	$\sigma_s$ = 48.24 [MPa]
Asse neutro della sezione	x = 46.78 [mm]
Tipo e durata dei carichi applicati	Lunga
Coefficiente di omogeneizzazione	$\alpha_e$ = 6.06 [-]
Area totale delle armature presenti nella zona tesa	$A_s$ = 2011 [mm <sup>2</sup> ]
Area efficace tesa di calcestruzzo	$A_{c,eff,1}$ = 75000 [mm <sup>2</sup> ] $A_{c,eff,2}$ = 67740 [mm <sup>2</sup> ] $A_{c,eff,3}$ = 125000 [mm <sup>2</sup> ] $A_{c,eff,min}$ = 67740 [mm <sup>2</sup> ]

figura 7.1 Area tesa efficace (casi tipici)



Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso	$\rho_{p,eff}$ = 0.02968 [-]
Resistenza efficace media del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$ = 3.4 [MPa]
Fattore di durata del carico	$k_t$ = 0.4 [-]
<b>Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cls</b>	
	$[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{min}$ = 0.000138 [-]
	$[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{calc.}$ = -0.000024 [-]
	$[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]$ = 0.000138 [-]

Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri)	s = 100 [mm]
Diametro equivalente delle barre	$\phi_{eq}$ = 16.00 [mm]
Spaziatura massima di riferimento	$s_{max,rif}$ = 190 [mm]
Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione	
	$k_1$ = 0.800 [-]
	$k_2$ = 0.500 [-]
	$k_3$ = 3.400 [-]
	$k_4$ = 0.425 [-]

Distanza massima tra le fessure	
	$s_{r,max,1}$ = 194 [mm]
	$s_{r,max,2}$ = 264 [mm]
	$s_{r,max}$ = 194 [mm]

Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente	$w_{k,lim}$ = 0.10 [mm]
Ampiezza delle fessure (di calcolo)	$w_k$ = 0.03 [mm]

Figura 12.33 Verifica a fessurazione per sezioni (B) e (C) (momento negativo)

### 13. APPOGGI GIUNTI

Si riportano di seguito le verifiche del sistema di appoggio e dei giunti per effetto delle azioni sismiche. Si fa riferimento alle combinazioni SLV, SLC, e SLU

#### 13.1. APPOGGI

Per il progetto in esame, è previsto l'impiego di diverse tipologie di appoggi per tutte le travi: su entrambe le spalle e sulla P1 (lato campata 2) è previsto l'utilizzo di un appoggio fisso posizionato su una delle due travi centrali e di tre monodirezionali trasversali collocati nelle altre travi; sulla pila 1 (lato campata 1) e sulla pila2 (verso entrambe le campate) è previsto l'utilizzo di un appoggio monodirezionale longitudinale e tre appoggi multidirezionali, come riportato in Figura 13.1.

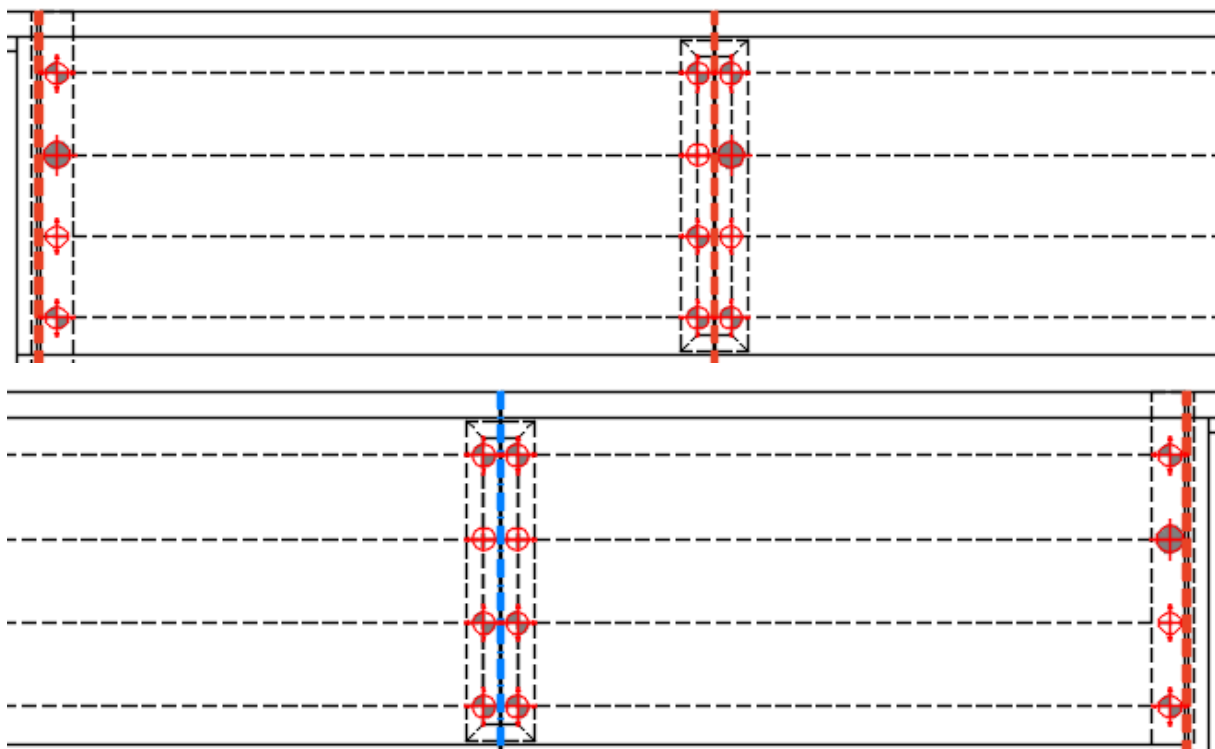


Figura 13.1: Schema di vincolo impalcato per una sola carreggiata e posizioni dei giunti

#### 13.1.1. AZIONI SUGLI APPOGGI

Si riporta di seguito la tabella riassuntiva delle sollecitazioni massime e degli spostamenti massimi a cui ciascuna tipologia di appoggio è soggetta per effetto delle combinazioni sismiche SLC e SLU.

Tipo campata	Tipo Appoggio	SLU				SLC				Spostamento	
		Nmax	Nmin	Vx,max	Vy,max	Nmax	Nmin	Vx,max	Vy,max	Dx	Dy
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[mm]	[mm]
Luce 20m	Unidir - y	1800	-	225	-	700	-	410	-	-	+/-10
	Fisso	1800	-	225	240	700	-	410	450	-	-
	Multi	1800	-	-	-	700	-	-	-	+/-30	+/-10
	Unidir - x	1800	-	-	240	700	-	-	450	+/-30	-
Luce 30m	Unidir - y	2200	-	290	-	920	-	475	-	-	+/-10
	Fisso	2200	-	290	240	920	-	475	450	-	-
	Multi	2200	-	-	-	920	-	-	-	+/-35	+/-10
	Unidir - x	2200	-	-	240	920	-	-	450	+/-35	-

I valori riportati si riferiscono a ciascun appoggio di ciascuna campata, rispettivamente da 20m e 30m. Per ulteriori dettagli si rimanda agli specifici elaborati.

### 13.2. GIUNTI DI DILATAZIONE E SOTTOPAVIMENTAZIONE

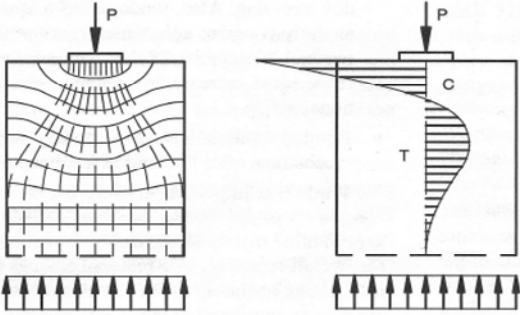
La determinazione dei giunti viene effettuata tenendo conto dei massimi spostamenti attesi secondo le combinazioni indicate in precedenza. In relazione al giunto relativo alla Pila P2 si tiene in considerazione lo schema statico e lo spostamento massimo relativo a ciascuna delle due campate attigue, che concorrono entrambe al dimensionamento del giunto e del relativo varco.

Giunto	Scorr. long.	Scorr. trasv.	Varco min
	[mm]	[mm]	[mm]
SP1	+/- 20	+/- 10	50
SP2	+/- 20	+/- 10	50
P1	+/- 20	+/- 10	50
P2	+/- 50	+/- 10	100

### 13.3. VERIFICA DEI BAGGIOLI

La verifica è condotta con riferimento al baggiolo più sollecitato soggetto all'azione tagliante allo SLC realizzato con classe di calcestruzzo C35/45 e barre di armatura B450C. La verifica è svolta con riferimento alle formulazioni per elementi tozzi. Le dimensioni in pianta considerate sono 0.70x0.70m. Il baggiolo è armato con barre verticali 24Ø16/10cm in entrambe le direzioni, staffe n. 8 Ø16 orizzontali.

Dall'analisi sismica allo SLC risulta agente un taglio massimo di 500.00kN e uno sforzo normale massimo di 2600.00kN, per le quali si riportano le verifiche:

VERIFICA BAGGIOLI				
				
VERIFICA PRESSIONE NEL CLS				
P : Reazione verticale all'appoggio		2600 kN		
a : Dimensione minima piastra di appoggio		0.40 m		
d : Larghezza baggiolo		0.70 m		
$\sigma_{cls}$ : Tensione nel cls	16.25 MPa	<	21.17 MPa	Verificato
VERIFICA ARMATURA DI FRETTAGGIO				
Forza di fenditura				
	$T = 0.25 \times P \times (1 - a/d)$	278.6 kN		
Armatura di frettaggio	n°	8		
n° staffe orizzontali	$\emptyset$	14		
	Area	12.32 cm <sup>2</sup>		
$\sigma_{acc}$ : Tensione nell'acciaio	226.2 MPa	<	391.3 MPa	Verificato

#### VERIFICA A TRANCIAMENTO DELL'ACCIAIO

Si deve verificare che in fase sismica sia rispettata la seguente condizione

T : Azione sismica su ciascun appoggio 500 kN  
 $f_{yd}$  : Tensione caratteristica dell'acciaio 391.3 MPa  
 $A_{acc}$  : Area dell'armatura

Armatura verticale

$$\tau = \frac{T}{A_{acc}} < \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

n° 24  
 $\emptyset$  16  
 $A_{acc}$  48.25 cm<sup>2</sup>

$\tau_{acc}$  : Tensione nell'acciaio 103.6 MPa < 225.9 MPa Verificato

Figura 13.2 Verifica baggioli

La verifica è soddisfatta.

PROGETTAZIONE ATI: