

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

MIGLIORAMENTO SISMICO E OPERE DI COMPLETAMENTO DEI VIADOTTI ESISTENTI DELLA LINEA FERRANDINA MATERA

Relazione di calcolo

Verifiche di Sicurezza con Treni Reali C3

VI05 - Viadotto Bradano - Impalcato ferroviario precompresso post-teso Lc=28m

SCALA:

-

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

I A 5 F 0 1 D 0 9 C L V I 0 5 0 9 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	M. Franchinotti	01/2021	S. Di Spigno	01/2021	F. Gemone	01/2021	A. Vittozzi
								01/2021

ITALFERR S.p.A.
U.O. Opere Civili, Gestione delle varianti
Dott. Ing. Angelo Vittozzi
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
N° A20783

INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	DESCRIZIONE.....	4
3	RIFERIMENTI NORMATIVI	7
3.1	Normativa – Relazione di calcolo 1993	7
3.2	Normativa – Quadro normativo vigente	7
4	MATERIALI	8
5	ANALISI DEI CARICHI	9
5.1	Analisi dei carichi – Relazione di calcolo	9
5.1.1	<i>Carichi strutturali, permanenti portati e variabili</i>	<i>9</i>
5.2	Analisi dei carichi - Quadro normativo vigente.....	10
5.2.1	<i>Carichi strutturali</i>	<i>10</i>
5.3	Post-Tensione – Relazione di calcolo.....	13
5.4	Post-Tensione - Quadro normativo vigente.....	13
5.5	Carichi verticali variabili da traffico	15
5.5.1	<i>Relazione di calcolo 1993.....</i>	<i>15</i>
5.5.2	<i>Quadro normativo vigente</i>	<i>15</i>
5.6	Incremento dinamico.....	16
5.6.1	<i>Relazione di calcolo 1993.....</i>	<i>16</i>
5.6.2	<i>Quadro normativo vigente</i>	<i>16</i>
5.7	Carichi variabili orizzontali: centrifuga.....	16
5.7.1	<i>Relazione di calcolo 1993.....</i>	<i>16</i>
5.7.2	<i>Quadro normativo vigente</i>	<i>16</i>
5.8	Carichi variabili orizzontali: frenatura+avviamento.....	17
5.8.1	<i>Relazione di calcolo 1993.....</i>	<i>17</i>
5.8.2	<i>Quadro normativo vigente</i>	<i>17</i>
5.9	Serpeggio.....	17
5.9.1	<i>Relazione di calcolo 1993.....</i>	<i>17</i>
5.9.2	<i>Quadro normativo vigente</i>	<i>17</i>
5.10	Carico folla	18
5.10.1	<i>Relazione di calcolo 1993.....</i>	<i>18</i>
5.10.2	<i>Quadro normativo vigente</i>	<i>18</i>
5.11	Azione sismica	19
5.11.1	<i>Relazione di calcolo 1993.....</i>	<i>19</i>
5.11.2	<i>Quadro normativo vigente</i>	<i>19</i>
5.12	Vento.....	21

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	ENTE	DOCUMENTO	REV	Foglio
IASF	01	D09	VI0509002	A	3 di 54

5.12.1	Relazione di calcolo 1993.....	21
5.12.2	Quadro normativo vigente.....	21
6	MODELLO ELEMENTI FINITI.....	22
7	VERIFICHE TENSIONALI SEZIONE PRECOMPRESSA.....	23
7.1	Verifica tensionale trave precompressa – sezione di campata.....	23
7.1.1	Relazione di calcolo 1993.....	23
7.1.2	Confronto analisi dei carichi e perdite.....	25
7.1.3	Quadro normativo vigente.....	26
7.1.1	Trave Sezione di campata - C3 - Fasizzazione 1.....	27
7.1.2	Trave Sezione di campata - C3 - Fasizzazione 2.....	31
7.2	Confronto tensioni trave precompressa.....	35
8	VERIFICHE SLU.....	36
8.1	Quadro normativo vigente – Combinazioni.....	36
8.2	Verifica massima azione flettente SLU in campata.....	39
8.2.1	Relazione di calcolo 1993.....	39
8.2.2	Quadro normativo vigente – treni reali.....	39
8.3	Verifica massima azione tagliante SLU.....	42
8.3.1	Relazione di calcolo 1993.....	42
8.3.2	Quadro normativo vigente – treni reali C3.....	44
8.3.3	Sezione all'appoggio.....	44
8.3.1	Sezione a 0.5m dall'appoggio.....	47
9	RIEPILOGO APPOGGI.....	50
9.1	Scarichi appoggi Relazione di calcolo 1993.....	50
9.1	Scarichi appoggi NTC2018.....	52
9.1.1	Treni reali.....	53
10	CONCLUSIONI.....	54



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

Verifiche di sicurezza con treni reali C3 - Impalcato ferroviario precompresso post-teso Lc=28m

Relazione di calcolo

COMMESSA
IASF

LOTTO
01

ENTE
D09

DOCUMENTO
VI0509002

REV
A

Foglio
4 di 54

1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto le verifiche di sicurezza secondo DM 17 gennaio 2018 con treni reali C3 di uno degli impalcati in c.a.p. della Nuova linea Ferrandina-Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale. Il presente impalcato è presente come soluzione di campata di approccio al viadotto Bradano (VI05). La soluzione strutturale è composta da una sezione a solettone alleggerito in calcestruzzo armato precompresso post-teso, a singolo binario con luce di calcolo pari a 28m e interasse pile 30m.

Verranno ripercorse le principali verifiche globali secondo il quadro normativo delle relazioni originali e secondo il quadro normativo attuale coerentemente ai treni reali C3 presi in esame

2 DESCRIZIONE

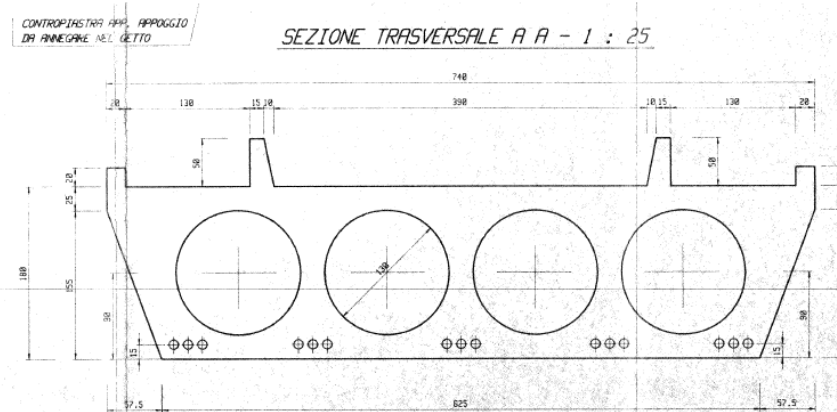
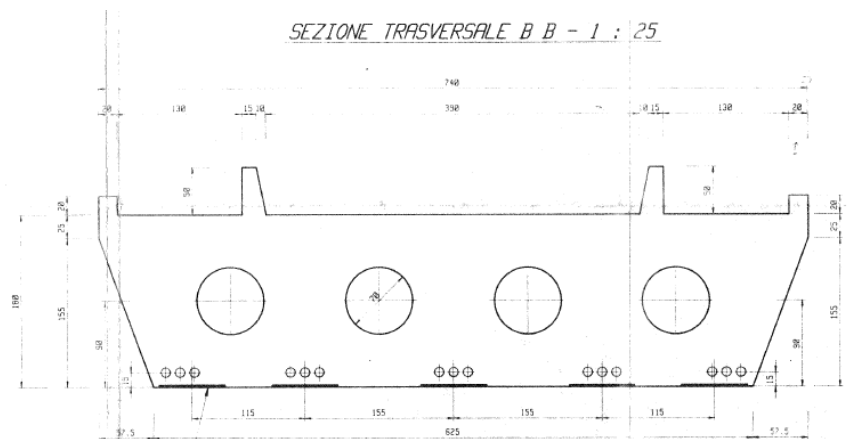
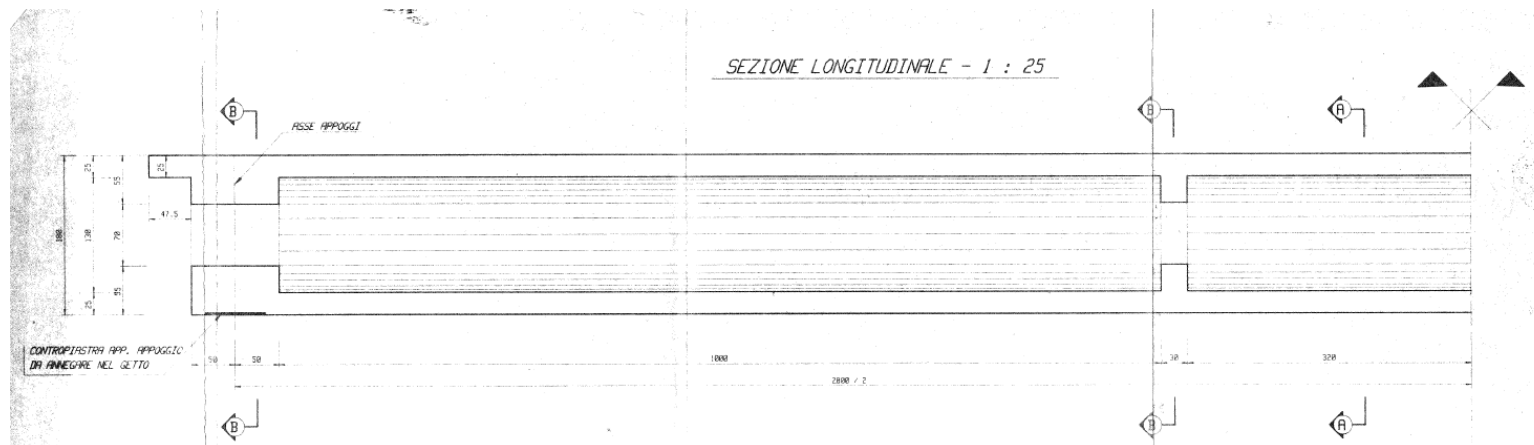
L'impalcato è rappresentato da una soluzione a solettone precompresso di luce di calcolo pari a 28m e di luce complessiva pari a 29m. L'impalcato è caratterizzato da una tipologia in cemento armato precompresso con post-tensione, gettato in opera. Il viadotto è a singolo binario e la sezione strutturale si basa, come anticipato, su una soluzione a solettone alleggerito di larghezza complessiva pari a 7.40m e altezza strutturale pari a 1.80m Sono presenti due sezioni di ringrosso all'appoggio e due intermedie.

La post-tensione è realizzata tramite 15 cavi da 19 trefoli diam. 0.6" non iniettati.

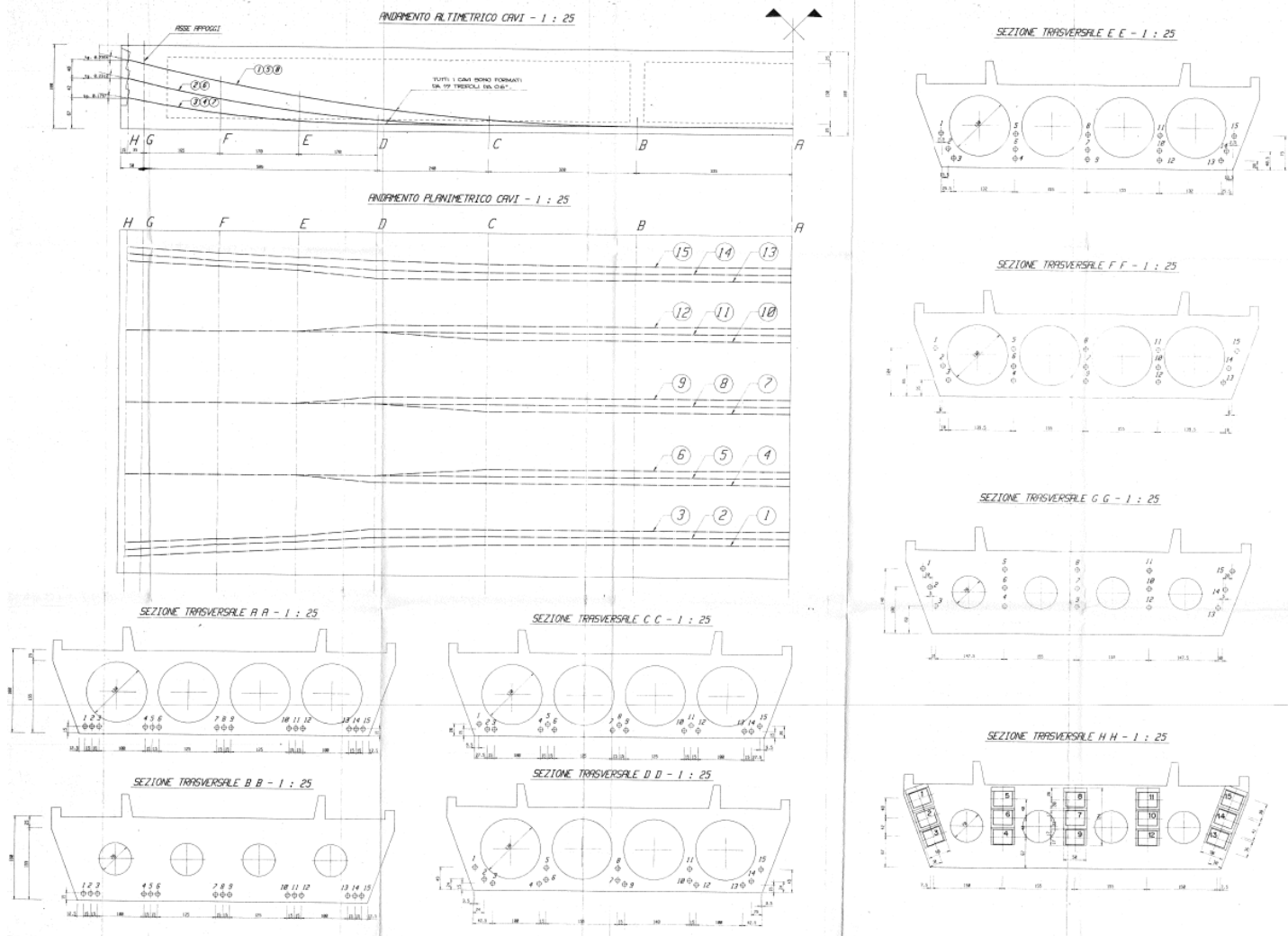
La travata è appoggiata su dieci apparecchi di appoggio, che realizzano lo schema statico di trave semplicemente appoggiata, con tre appoggi di tipo fisso e due laterali di tipo unidirezionale trasversale, mentre dal lato opposto la configurazione prevede tre appoggi di tipo unidirezionale longitudinale e due laterali di tipo multidirezionale.

Nel seguito alcune immagini rappresentative della travata.

COMMESSA	LOTTO	ENTE	DOCUMENTO	REV	Foglio
IA5F	01	D09	VI0509002	A	5 di 54



COMMESSA	LOTTO	ENTE	DOCUMENTO	REV	Foglio
IA5F	01	D09	VI0509002	A	6 di 54



 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale Verifiche di sicurezza con treni reali C3 - Impalcato ferroviario precompresso post-teso Lc=28m					
	<i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	ENTE D09	DOCUMENTO VI0509002	REV A

3 RIFERIMENTI NORMATIVI

3.1 Normativa – Relazione di calcolo 1993

- *Circolare n.54 LC.6/27215 in data 15 luglio 1945 del Servizio Lavori e Costruzioni delle Ferrovie e relative tabelle dei sovraccarichi*
- *D.M. 14.2.1992 «Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche»*

3.2 Normativa – Quadro normativo vigente

- *Ministero delle Infrastrutture, DM 17 gennaio 2018, Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»;*
- *Circolare 21 gennaio 2019, n 7 C.S.LL.PP. (G.U. n. 35 del 11 febbraio 2019) - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;*
- *Istruzione RFI DTC SI PS MA IFS 001D - Dicembre 2019 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture;*
- *Istruzione RFI DTC SI CS MA IFS 001D - Dicembre 2019 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale;*
- *Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione Europea.*

4 MATERIALI

Si riportano i materiali secondo quanto desunto dalla relazione di calcolo.

		<i>Relazione di calcolo</i>	<i>NTC 2018</i>	
Fattore di confidenza NTC2018			1,2	
Impalcato post-tesi				
		400,0		kg/cm ²
	R_{ck}	40,0	33,3	MPa
	f_{ck}		27,7	MPa
		190		kg/cm ²
	σ_c	19	15,8	MPa
		240		kg/cm ²
	σ_i	24	20,0	MPa
Acciai armatura lenta Fe 38k (controllato)				
	σ_s	2220		kg/cm ²
		222	185,0	MPa
Acciaio armonico per c.a.p.				
	$F_{t\,ptk} \geq$	180000		kg/cm ²
		1800	1500,0	MPa
	$F_{p(1)k} \geq$	15000		kg/cm ²
		1500	1250,0	MPa
	$\sigma_{spo} =$	13300		kg/cm ²
		1330	1108	MPa

Cautelativamente FC=1.2 sia per meccanismi fragili che duttili.

Si riporta quanto presente al C8.5.4 della Circ. Esplicativa 21 gennaio 2019.

LC2: si intende raggiunto quando siano stati effettuati, come minimo, l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato, con riferimento al § C8.5.1, il rilievo geometrico completo e *indagini estese* sui dettagli costruttivi, con riferimento al § C8.5.2, *prove estese* sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, con riferimento al § C8.5.3; il corrispondente fattore di confidenza è **FC=1,2** (nel caso di costruzioni di acciaio, se il livello di conoscenza non è LC3 solo a causa di una non esaustiva conoscenza sulle proprietà dei materiali, il fattore di confidenza può essere ridotto, giustificandolo con opportune considerazioni anche sulla base dell'epoca di costruzione);

Alla luce dei rilievi effettuati e delle indagini complessivamente eseguite sulle opere oggetto di intervento che confermano la corrispondenza dei materiali impiegati con le indicazioni desumibili dal progetto, si ritengono soddisfatti i requisiti per il raggiungimento del Livello di Conoscenza 2 anche per gli impalcato.

5 ANALISI DEI CARICHI

5.1 Analisi dei carichi – Relazione di calcolo

5.1.1 Carichi strutturali, permanenti portati e variabili

Si riporta nel seguito l'analisi dei carichi presente in relazione. Per i carichi verticali la travata è caricata verticalmente dal treno di Tipo A del 1945 e dal carico folla. L'analisi dei carichi agenti sull'implacato in presenza di sisma non è stata considerata nella relazione di calcolo originaria. Si rimanda al paragrafo successivo per il prospetto di confronto delle azioni.

1) **CAMPATA DI LUCE L = 28,0 m.**

1-1) **ANALISI DEI CARICHI.**

Cassone alleggerito:

$$(7,4 \times 1,8 - 1,55 \times 0,575 - 4 \times 0,65^2 \pi) \times 2,5 = 17,80 \text{ t/m}$$

Cordoli

$$2 \times (0,2 \times 0,25 + 0,2 \times 0,5) \times 2,5 = 0,75 \text{ t/m}$$

Impermeabilizzazione

$$7,4 \times 0,200 = 1,48 \text{ t/m}$$

Ballast

$$4,0 \times 0,70 \times 1,8 = 5,04 \text{ t/m}$$

$$\text{Corrimano e varie} = 0,40 \text{ t/m}$$

$$\underline{\underline{25,47 \text{ t/m}}}$$

Trasversi di campata

$$3,77 \times 0,3 \times 2,5 = 2,83 \text{ t/cad}$$

Treno tipo A (L = 28,00 m)

$$\text{carico flettente } q^A (28,00) = 13,17 \text{ t/m}$$

$$\text{carico tagliante } q^A (28,00) = 14,62 \text{ t/m}$$

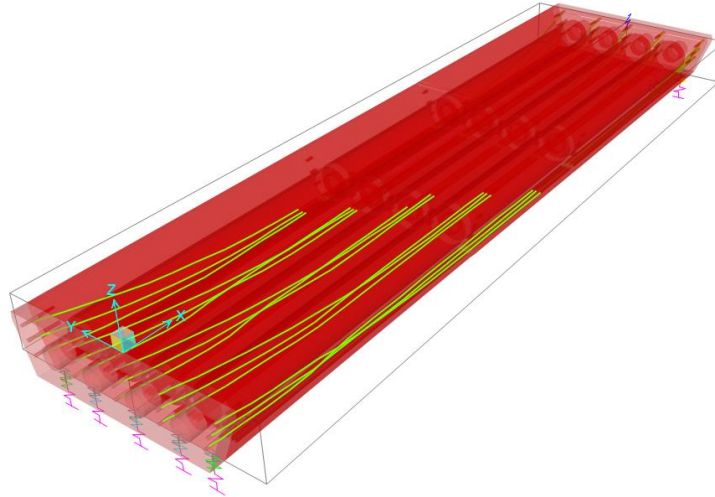
$$q^A (22,50) = 15,33 \text{ t/m}$$

$$q^A (14,00) = 16,37 \text{ t/m}$$

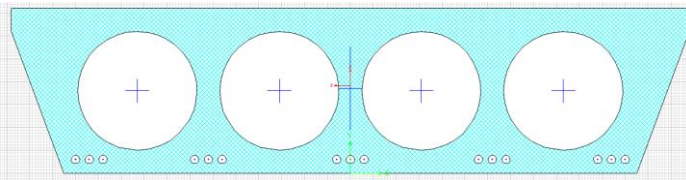
$$q^A (30,00) = 14,35 \text{ t/m}$$

5.2 Analisi dei carichi - Quadro normativo vigente

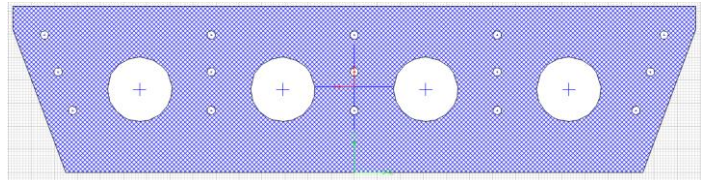
5.2.1 Carichi strutturali



Sezione di campata



Sezione all'appoggio



Property Data

Section Name: C

Properties			
Cross-section (axial) area	7,0588	Section modulus about 3 axis	2,8342
Moment of Inertia about 3 axis	2,7162	Section modulus about 2 axis	8,9188
Moment of Inertia about 2 axis	32,9997	Plastic modulus about 3 axis	4,0014
Product of Inertia about 2-3	-1,819E-03	Plastic modulus about 2 axis	13,1697
Shear area in 2 direction	3,8541	Radius of Gyration about 3 axis	0,6203
Shear area in 3 direction	4,7885	Radius of Gyration about 2 axis	2,1622
Torsional constant	8,284	Shear Center Eccentricity (x3)	0,

OK

Property Data

Section Name: R

Properties			
Cross-section (axial) area	10,831	Section modulus about 3 axis	3,5248
Moment of Inertia about 3 axis	3,2779	Section modulus about 2 axis	12,0973
Moment of Inertia about 2 axis	44,7601	Plastic modulus about 3 axis	5,3136
Product of Inertia about 2-3	7,210E-05	Plastic modulus about 2 axis	19,0054
Shear area in 2 direction	7,8783	Radius of Gyration about 3 axis	0,5501
Shear area in 3 direction	8,7943	Radius of Gyration about 2 axis	2,0329
Torsional constant	10,7714	Shear Center Eccentricity (x3)	0,

OK

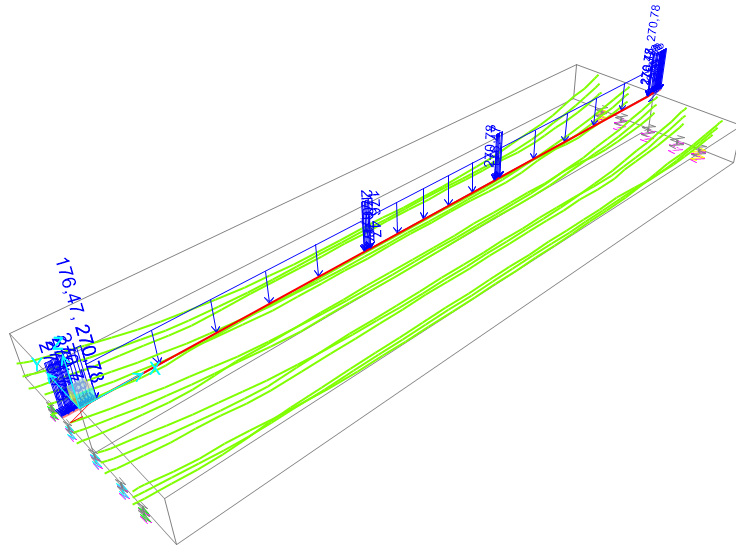
(trave simmetrica)	xi	xj	Li (xj-xi)	Area	γ_{cls}	Pi
	[m]	[m]	[m]	[m ²]	[kN/m ³]	[kN]
Sezione ringrosso	-0,5	0	0,5	10,831	25	135,4
Sezione ringrosso	0	0,5	0,5	10,83	25	135,4
Sezione campata	0,5	10,5	10	7,06	25	1764,7
Sezione ringrosso	10,5	10,8	0,3	10,83	25	81,2
Sezione campata	10,8	14	3,2	7,06	25	564,7
Tot G1 travata						5362,8

Carichi permanenti

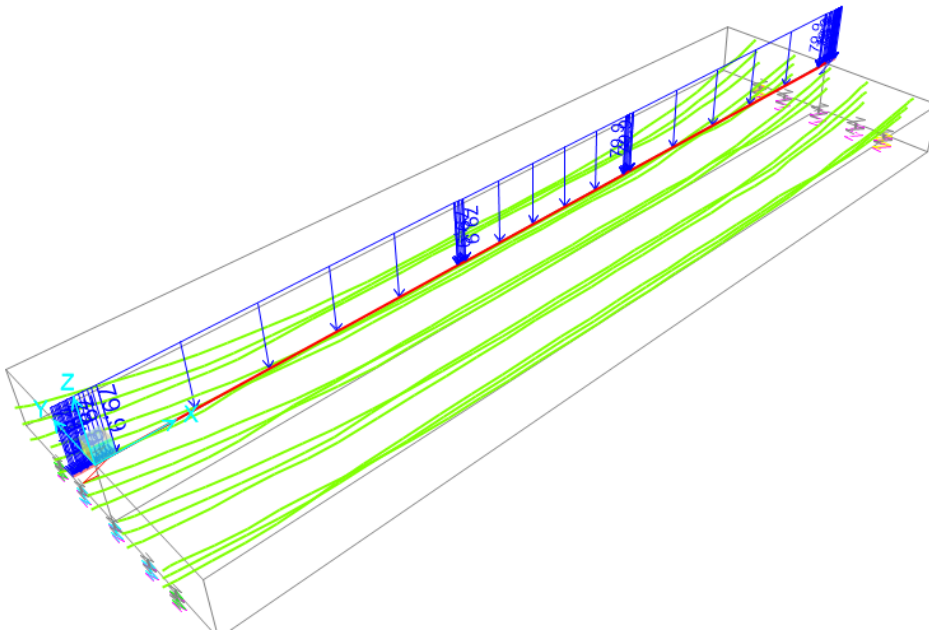
G2	n	L [m]	h [m]	B [m]	kN/m ³	kN/m
Cordoli	2		0,2	0,25	25	2,5
Paraballast	2		0,2	0,5	25	5
Impermeabilizzazione				7,4	2	14,8
ballast			0,8	4	18	57,6
						79,9

Il carico G₁ (trave e trasversi) è applicato come carico esterno distribuito sulle travi, identicamente al carico G₂ (permanentemente portati)

G1travi+traversi



G2 permaententi portati



	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	Verifiche di sicurezza con treni reali C3 - Impalcato ferroviario precompresso post-teso Lc=28m					
Relazione di calcolo	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	ENTE D09	DOCUMENTO VI0509002	REV A	Foglio 13 di 54

5.3 Post-Tensione – Relazione di calcolo

Dalla reazione di calcolo si ricava che sono presenti 15 cavi da 19 trefoli diam. 0.6” non iniettati con tesatura da entrambi i lati. Nello stralcio successivo sono calcolate le perdite di tiro per attrito nella sezione di mezzeria

1-4-1) Sezione di mezzeria (Sez. D)

1-4-1-1) Verifica alle tensioni ammissibili.

- Precompressione: (cavi da 19 trefoli 0,6")

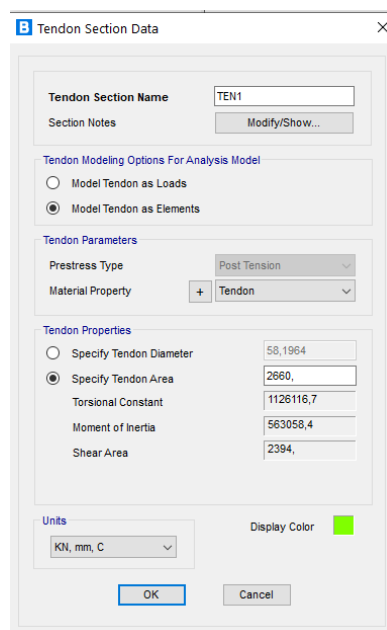
$$1 - 0,3 (0,175 + 0,01 \times 14,5) = 0,904$$

$$N_p = 19 \times 15 \times 1,39 \times 0,904 \times 13,000 = 4655,6 \text{ t}$$

$$M_p = 4655,6 \times (0,948 - 0,15) = 3715,1 \text{ tm}$$

5.4 Post-Tensione - Quadro normativo vigente

La tipologia, la geometria e lo schema dei cavi di post-tensione sono stati introdotti nel modello di calcolo concordemente agli schemi presenti negli elaborati grafici. Le perdite di post-tensione derivanti da attrito sono state introdotte nel modello a element finiti tramite la scelta degli opportuni coefficienti atti a calcolare le perdite derivanti dalla curvatura e dall'effetto “wobble”. È stata inoltre introdotta una perdita istantanea all'ancoraggio pari a 5mm. Le perdite “lente” sono calcolate tramite fogli Excel.



A titolo esemplificativo sono riportate le caratteristiche di materiale e di geometria per un cavo.

B Tendon Data For Line Object 6

Tendon Layout Data

Point ID	Segment Type	X Coord m	Y Coord m	Z Coord m
1	Start of Tendon	-0,35	-3,05	-1,13
2	Parabola Intermediate Point	0,	-3,03	-1,2
3	Parabola Intermediate Point	1,65	-2,945	-1,45
4	Parabola Intermediate Point	3,35	-2,87	-1,6
5	Parabola Intermediate Point	5,05	-2,7	-1,65
6	Parabola Intermediate Point	7,45	-2,7	-1,65
7	Parabola Intermediate Point	10,65	-2,7	-1,65

Notes: 1. Parabolic and circular 'intermediate point' segments use points (n-1), (n) and (n+1).
2. Parabolic and circular 'end point' segments use points (n-2), (n-1) and (n).

Tendon End Point Objects

L-End 74
J-End 75

Tendon Section
TEN1

Tendon Loads
Yes, 1

Tendon Local Axes Angle
0

Max. Tendon Discretization
Length 1,524


Group Loaded By Tendon
<BOBJ1>SUPER_BUT_D

Coordinate System
GLOBAL

Units
KN, m, C

Move
Move Tendon...

Tendon Layout Display



Double Click Picture For Expanded Display Refresh Plot Show Table...

Mouse Pointer Location

Distance	X	Y	Z
	26,0028	10,3842	

B Tendon Load Assignment Data For Line Object 6

Tabular Data

Load Pattern	PS
Load Type	Stress
Jack From This Location	Both Ends
Tendon End Force (KN)	
Tendon End Stress (KN/m2)	1083333,3
Curvature Coefficient (Unitless)	0,19
Wobble Coefficient (1/m)	7,500E-03
Anchorage Set Slip (m)	5,000E-03
Loss - Elastic Shortening Stress (KN/m2)	0,
Loss - Creep Stress (KN/m2)	0,
Loss - Shrinkage Stress (KN/m2)	0,
Loss - Steel Relaxation Stress (KN/m2)	0,

Units
KN, m, C

Note:
This tendon is modeled using elements. The elastic, creep, shrinkage, and relaxation loss items apply in addition to the losses computed by analysis.

Show Prestress Losses

Done

5.5 Carichi verticali variabili da traffico

5.5.1 Relazione di calcolo 1993

Treno tipo A (L = 28,00 m)

carico flettente	$q^A (28,00)$	= 13,17 t/m
carico tagliante	$q^A (28,00)$	= 14,62 t/m
	$q^A (22,50)$	= 15,33 t/m
	$q^A (14,00)$	= 16,37 t/m
	$q^A (30,00)$	= 14,35 t/m

5.5.2 Quadro normativo vigente

Si riportano di seguito le caratteristiche dei modelli di traffico presi in esame.

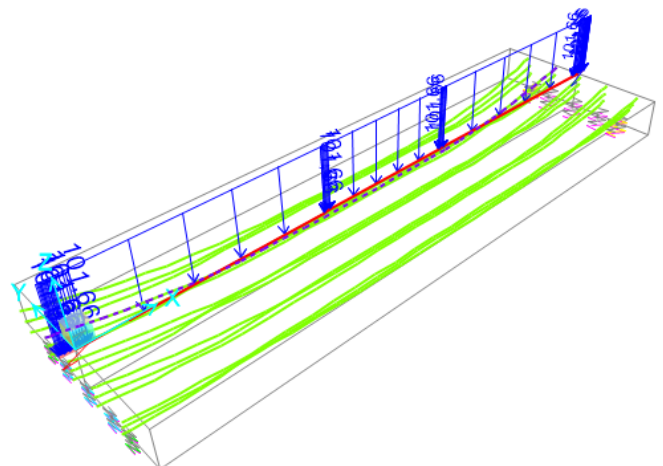
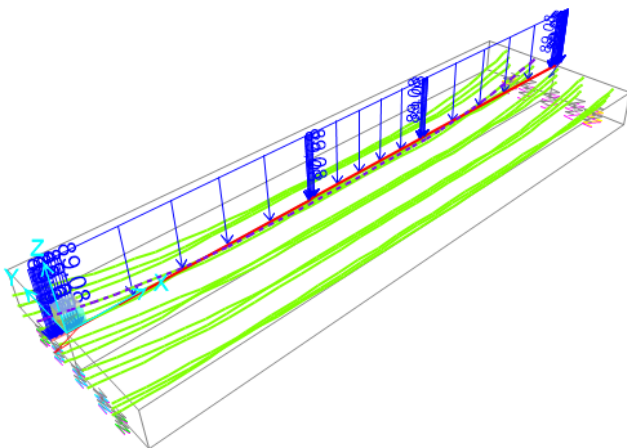
5.5.2.1 Treni reali


Si considera il Treno Reale C3. Il Treno C3 è schematizzato secondo il carico equivalente flettente e tagliante per la luce in esame.

Treno C3		
Lunghezza	Eq. flettente	Eq. Tagliante
m	kN	kNm
28	73.32	83.67

Equivalente flettente (multipl.per il coeff.din)

Equivalente tagliante (multipl.per il coeff.din)



 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale Verifiche di sicurezza con treni reali C3 - Impalcato ferroviario precompresso post-teso Lc=28m					
	Relazione di calcolo	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	ENTE D09	DOCUMENTO VI0509002	REV A

5.6 Incremento dinamico

5.6.1 Relazione di calcolo 1993

Coefficiente dinamico

$$i = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times 28,00} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{25,76}{14,17}} = 1,133$$

5.6.2 Quadro normativo vigente

5.6.2.1 Treni reali

Secondo $L_{\varphi}=28\text{m}$ e la prima frequenza flessionale ottenuta da modello impostando mass source G_1+G_2 si ottiene quanto segue:

L_{φ}	28,00	m
n_o	3,46	Hz
K	0,172	[-]
φ'	0,207	[-]
φ''	1423,267	[-]
φ'	0,207	[-]
φ''	0,008	[-]
φ'reale	1,215	[-]

5.7 Carichi variabili orizzontali: centrifuga

5.7.1 Relazione di calcolo 1993

La forza centrifuga non è prevista all'interno della r.d.c. Inoltre, l'impalcato si sviluppa su un tratto di tracciato in rettilineo.

5.7.2 Quadro normativo vigente

L'impalcato si sviluppa su un tratto di tracciato in rettilineo.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	Verifiche di sicurezza con treni reali C3 - Impalcato ferroviario precompresso post-teso Lc=28m					
Relazione di calcolo	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	ENTE D09	DOCUMENTO VI0509002	REV A	Foglio 17 di 54

5.8 Carichi variabili orizzontali: frenatura+avviamento

5.8.1 Relazione di calcolo 1993

La forza di frenatura/avviamento non è prevista all'interno della r.d.c..

5.8.2 Quadro normativo vigente

5.8.2.1 Treni reali

Si considera il valore di 1/6 dell'equivalente flettente del corrispondente treno C3

$$QV_{k,C3} = 73.32 \text{ kN/m}$$

$$QL_{k,C3} = 73.32/6 = 12.22 \text{ kN/m}$$

Inoltre si considera il corrispondente valore di momento distribuito per l'applicazione della forza a 2m dal p.f..

5.9 Serpeggio

5.9.1 Relazione di calcolo 1993

La forza di serpeggio non è prevista all'interno della r.d.c..

5.9.2 Quadro normativo vigente

5.9.2.1 Treni reali

Si considera 100 kN, su tre diverse configurazioni di posizione.

Il posizionamento è previsto in corrispondenza dell'appoggio e in campata.

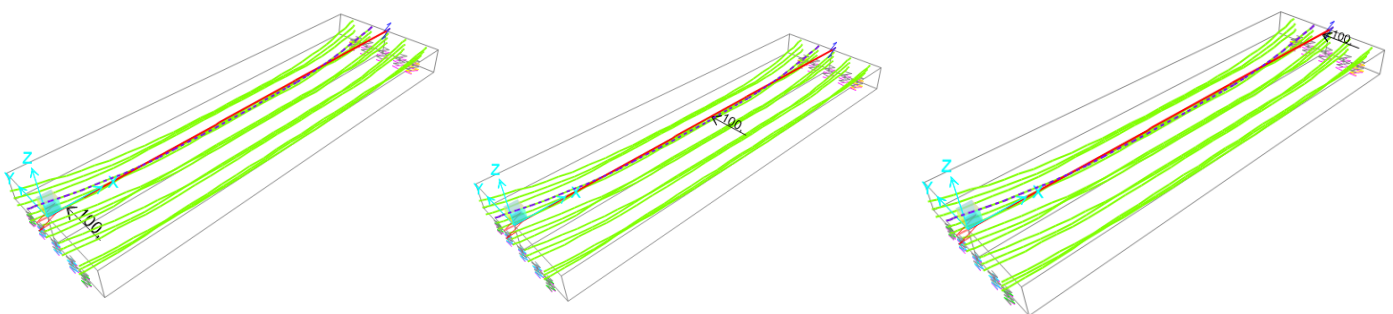


Figura 1 – Serpeggio nelle tre configurazioni (C3)



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

Verifiche di sicurezza con treni reali C3 - Impalcato ferroviario precompresso post-teso Lc=28m

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	ENTE	DOCUMENTO	REV	Foglio
IA5F	01	D09	VI0509002	A	18 di 54

5.10 Carico folla

5.10.1 Relazione di calcolo 1993

Folla su un marciapiede:

$$F = 0.40 \times 1.25 = 0.50 \text{ t/m}$$

5.10.2 Quadro normativo vigente

Non considerata (per le verifiche SLE e SLU non concomitante con il carico da traffico).

5.11 Azione sismica


5.11.1 Relazione di calcolo 1993

L'azione sismica non è prevista nel dimensionamento della travata.

5.11.2 Quadro normativo vigente

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 17 gennaio 2018 e relativa circolare applicativa.

Spettro orizzontale

 Response Spectrum Italian NTC2018 Function Definition

×

Function Name

Function Damping Ratio

Parameters

ag, F0 and Tc* - by Latitude/Longitude
 ag, F0 and Tc* - by Island
 ag, F0 and Tc* User Specified

Site Longitude (degree)

Site Latitude (degree)

Island Name

Limit State

Usage Class

Nominal Life

Peak Ground Acc., ag/g

Magnification Factor, F0

Reference period, Tc*

Spectrum Type

Soil Type

Topography

h/H ratio

Spectrum Period, Tb

Spectrum Period, Tc

Spectrum Period, Td

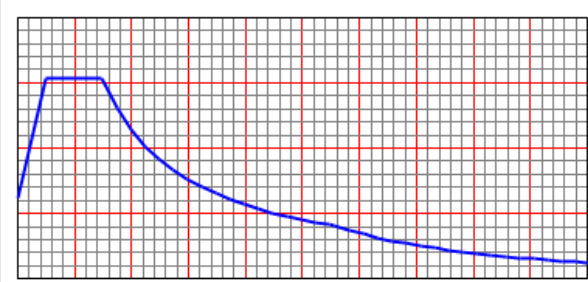
Damping Percentage, Xi

Behavior Factor, q

Define Function

Period	Acceleration
0.	0.2469
0.1975	0.612
0.5924	0.612
0.6924	0.5236
0.7924	0.4575
0.8924	0.4063
0.9924	0.3653
1.0924	0.3319

Function Graph



Spettro verticale

Response Spectrum Italian NTC2018 Function Definition

Function Name: Function Damping Ratio:

Parameters

- ag, F0 and Tc* - by Latitude/Longitude
- ag, F0 and Tc* - by Island
- ag, F0 and Tc* User Specified

Site Longitude (degree):

Site Latitude (degree):

Island Name:

Limit State:

Usage Class:

Nominal Life:

Peak Ground Acc., ag/g:

Magnification Factor, F0:

Reference period, Tc*:

Spectrum Type:

Soil Type:

Topography:

h/H ratio:

Spectrum Period, Tb:

Spectrum Period, Tc:

Spectrum Period, Td:

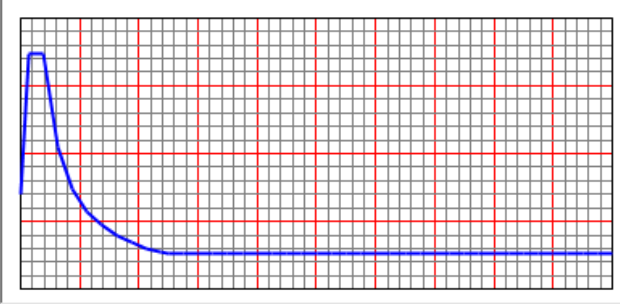
Damping Percentage, Xi:

Behavior Factor, q:

Define Function

Period	Acceleration
0.	0.0841
0.05	0.2084
0.15	0.2084
0.25	0.125
0.35	0.0893
0.45	0.0695
0.55	0.0568
0.65	0.0481

Function Graph



	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale Verifiche di sicurezza con treni reali C3 - Impalcato ferroviario precompresso post-teso Lc=28m					
	Relazione di calcolo	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	ENTE D09	DOCUMENTO VI0509002	REV A

5.12 Vento

5.12.1 Relazione di calcolo 1993

L'azione del vento non è prevista nel dimensionamento della sezione.

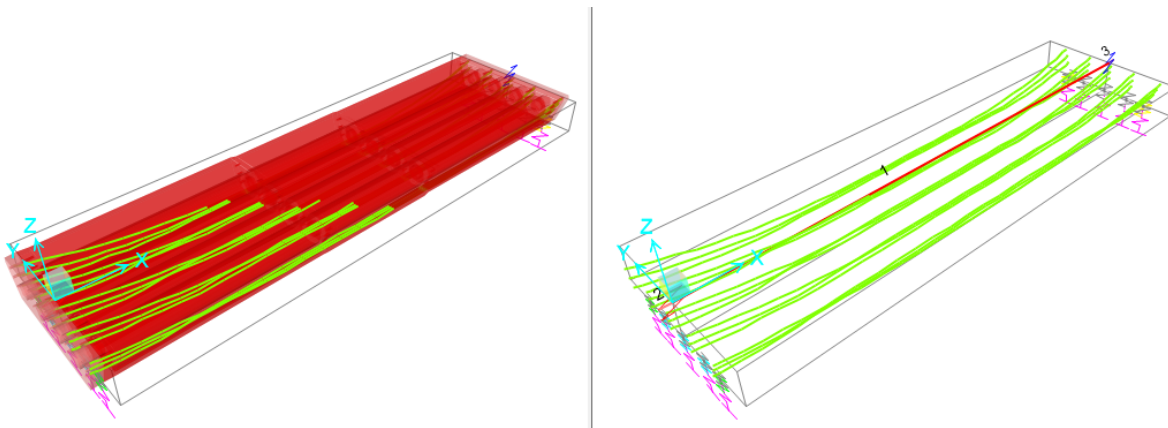
5.12.2 Quadro normativo vigente

Si considerano 2.5 kN/m², applicati considerando un'altezza pari al treno (4m) e sull'impalcato.

6 MODELLO ELEMENTI FINITI

È stato realizzato un modello di calcolo agli elementi finiti con un elemento di tipo frame atto a modellare la travata con sezione alveolare alleggerita. Per la modellazione dei cavi di post-tensione, come anticipato sono stati inseriti come elementi tendon.

L'elemento Frame 1 è definito con una variazione di sezione lungo la sua lunghezza atta a modellare alternativamente la presenza della sezione di ringrosso "R" e di campata "C". I Frame 2 e 3 sono relativi alle sezioni di ringrosso del retrotrave.



B Nonprismatic Section Definition

Nonprismatic Section Name: VAR1 Display Color: ■

Section Notes:

Start Section	End Section	Length	Length Type	EI33 Variation	EI22 Variation
R	R	0,5	Absolute	Parabolic	Linear
R	R	0,5	Absolute	Parabolic	Linear
C	C	10,	Absolute	Parabolic	Linear
R	R	0,3	Absolute	Parabolic	Linear
C	C	6,4	Absolute	Parabolic	Linear
R	R	0,3	Absolute	Parabolic	Linear
C	C	10,	Absolute	Parabolic	Linear
R	R	0,5	Absolute	Parabolic	Linear

I vincoli di tipo appoggio sono stati definiti mediante elementi di tipo Link, mentre la connessione rigida tra questi ultimi elementi e di il frame della travata è stato assicurato da vincoli di tipo body.

7 VERIFICHE TENSIONALI SEZIONE PRECOMPRESSA

7.1 Verifica tensionale trave precompressa – sezione di campata

7.1.1 Relazione di calcolo 1993

1-4) VERIFICHE ED ARMATURE.

1-4-1) Sezione di mezzeria (Sez. D)

1-4-1-1) Verifica alle tensioni ammissibili.

- Precompressione: (cavi da 19 trefoli 0,6")
 - 1 - 0,3 (0,175 + 0,01 x 14,5) = 0,904
 - $N_p = 19 \times 15 \times 1,39 \times 0,904 \times 13,000 = 4655,6 \text{ t}$
 - $M_p = 4655,6 \times (0,948 - 0,15) = 3715,1 \text{ tm}$

A fine tesatura si ha quindi:

$$N = 4655,6 \text{ t}$$

$$M = + 1772,3 - 3715,1 = - 1942,8 \text{ tm}$$

$$\sigma_c = - 653 + 598 = - 55 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_i = - 653 - 665 = - 1318 \text{ t/m}^2$$

- Cadute di tensione:

ritiro $\Delta\sigma_r = 2.100.000 \times 0,0003 = 630 \text{ kg/cm}^2$

viscosità $\Delta\sigma_v = 2 \times 6 \times 121 = 1452 \text{ kg/cm}^2$

rilassamento

$$\Delta\sigma_{rel} = 3 \times 3\% \times 13000 + 0,03 (13000 - 9000) = 1290 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta\sigma'_{rel} = 1290 \left(1 - 2,5 \frac{630 + 1452}{11752} \right) = 719 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta\sigma_{tot} = 630 + 1452 + 719 = 2801 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta N = - 1109,6 \text{ t}$$

$$\Delta M = + 885,5 \text{ tm}$$

pertanto

$$\Delta\sigma_c = + 156 - 272 = - 116 \text{ t/m}^2$$

$$\Delta\sigma_i = + 156 + 303 = + 459 \text{ t/m}^2$$

in totale si ha quindi:

$$\sigma_c = - 55 - 116 = - 171 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_i = - 1318 + 459 = - 859 \text{ t/m}^2$$

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	ENTE	DOCUMENTO	REV	Foglio
IA5F	01	D09	VI0509002	A	24 di 54

- Sovraccarichi permanenti

$$M = 750,7 \text{ tm}$$

$$\sigma_e = -171 - 231 = -402 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_i = -859 + 257 = -602 \text{ t/m}^2$$

- Sovraccarichi mobili

$$M = + 1573,3 \text{ tm}$$

$$\sigma_e = -402 - 484 = -886 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_i = -602 + 538 = - 64 \text{ t/m}^2$$

Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	ENTE	DOCUMENTO	REV	Foglio
	IA5F	01	D09	VI0509002	A	25 di 54

7.1.2 Confronto analisi dei carichi e perdite

Nel prospetto seguente sono state esplicitate in modalità tabellare le analisi dei carichi e le modalità di fasizzazione delle perdite di carico.

Impalcato c.a.p. post-teso $L_{calcolo} = 28m / L_{tot} = 29m$ - Singolo Binario			
Confronto azioni	Descrizione	Relazione di calcolo 1993	Quadro Normativo Vigente
G1travi	-	~ 190kN/m	~ 190kN/m
G2pp	Ballast, imperme, canalette	~ 80 kN/m	~ 80 kN/m
Qvk	Carico verticale da traffico	Treno A (eq.FL. $q = 129.2$ kN/m) Treno A (eq.TA. $q = 143.4$ kN/m)	C3 (eq.FL. $q = 73.32$ kN/m) C3 (eq.TA. $q = 83.67$ kN/m)
QLk	Frenatura/avviamento	Non considerata	Sì $Q_{LK C3} = 12.2$ kN/m
QTk	Centrifuga	No, in rettilineo	No, in rettilineo
Folla		4 kN/m ²	non considerata
S	Serpeggio	Non considerata	Sì (C3 - 100 kN/)
Azione sismica		Non considerata	Sì, influente per SLV verticale ($V_n = 50$ anni C.u.=1.0)
Vento		Non considerata	Sì (cautel. 2.50 kN/m ²)
Azione termica uniforme		Non considerata	Non considerata
Perdite di carico lente	Rilassamento, fluage, ritiro..	100% I fase	100% rilassamento I fase/ 40%-30%-30% rimanenti perdite
Perdite di carico istantanee		Attrito 100% I fase	Attrito, perdita all'ancoraggio 100% I fase

7.1.3 Quadro normativo vigente

Si riportano i parametri di resistenza dei materiali.

Calcestruzzo			
Fattore di confidenza NTC2018			1,2
Resistenza a compressione cubica a 28gg			
	<i>Rck</i>	33,33	<i>MPa</i>
Resistenza Cilindrica a 28gg			
	<i>fck</i>	27,67	<i>MPa</i>
	<i>fcd</i>	15,68	<i>MPa</i>
Resistenza cilindrica media			
	<i>fcm</i>	35,67	<i>MPa</i>
Resistenza a trazione media del cls			
	<i>fctm</i>	3,11	<i>MPa</i>
Resistenza a compressione del cls al tiro (Model Code 90)			
	<i>a</i>	28,00	<i>gg</i>
	<i>fckj</i>	25,25	<i>MPa</i>
Tensione massima di compressione ammissibile nel cls in condizioni iniziali	<i>σ_{cci}</i>	17,67	<i>MPa</i>
Tensione massima di trazione ammissibile nel cls in condizioni iniziali	<i>σ_{cti}</i>	2,59	<i>MPa</i>
Tensione massima di compressione ammissibile nel cls in condizioni di esercizio	<i>σ_{cce}</i>	12,45	<i>MPa</i>
Tensione massima di trazione ammissibile nel cls in condizioni di esercizio	<i>σ_{cte}</i>	2,59	<i>MPa</i>
Modulo elastico cls	<i>E_c</i>	33643	<i>MPa</i>
Acciaio			
Modulo elastico acciaio da Precompressione	<i>E_p</i>	195000	<i>MPa</i>
Tensioni caratteristiche di rottura e snervamento dell'armatura di precompressione (in trefoli)			
	<i>f_{ptk}</i>	1500	<i>MPa</i>
	<i>f_{p1k}</i>	1250	<i>MPa</i>
Tensione massima ammissibile nell'armatura al tiro	<i>σ_{pi}</i>	1063	<i>MPa</i>
Tensione massima ammissibile nell'armatura in esercizio	<i>σ_{pe}</i>	1000	<i>MPa</i>
Coefficiente omogeneizzazione al tiro t=0 $n = E_p / E_c$		5,796	

Cautelativamente, nella verifica non è considerata l'armatura lenta.

Relazione di calcolo

COMMESSA

IA5F

LOTTO

01

ENTE

D09

DOCUMENTO

VI0509002

REV

A

Foglio

27 di 54

7.1.1 Trave Sezione di campata - C3 - Fasizzazione 1
Verifiche tensionali travata
F0 - Verifica delle Tensioni nel cls in condizioni iniziali

In condizioni iniziali le tensioni massima e minima nel cls si calcolano con riferimento alle caratteristiche geometriche della fase a vuoto

Tensione massima (al lembo inferiore) nel cls a vuoto

$$N_{0,att} = N_0 - \Delta N_{att} \quad 33580 \text{ KN}$$

$$M_{P,iniziale} \quad 37151 \text{ kNm}$$

$$M_{P,att} [\text{momento precomp. dopo perdite istantanee}] = M_g - M_{piniz} \quad -19428 \text{ KNm}$$

$$A [\text{area cls}] \quad 7.058.800 \text{ mm}^2$$

$$h \quad 1800 \text{ mm}$$

$$y_p \quad 150 \text{ mm}$$

$$y_g \quad 958 \text{ mm}$$

$$e = y_g - y_p \quad 808 \text{ mm}$$

$$M_{G1} \quad 16911 \text{ KNm}$$

$$M_{G1} - M_{P,att} \quad 36339 \text{ KNm}$$

$$I_g \quad 2,7162E+12 \text{ mm}^4$$

$$W_{sup} \quad 2834200000 \text{ mm}^3$$

$$W_{inf} \quad 3227292333 \text{ mm}^3$$

$$W_{prec} \quad 18108000000 \text{ mm}^3$$

Mg

$$\sigma_{0estradosso} \quad 5,24 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{0intradosso} \quad 5,97 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{0fibra \text{ prec}} \quad 0,93 \text{ MPa}$$

Mg+Mperdite istantanee

$$\sigma_{0estradosso} \quad 1,26 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{0intradosso} \quad -11,61 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{0fibra \text{ prec}} \quad -2,75 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{lim, \text{ compressione, iniziale}} \quad -17,67 \text{ MPa}$$

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	ENTE	DOCUMENTO	REV	Foglio
IA5F	01	D09	VI0509002	A	28 di 54

F1 - sezione precompressa + Cadute di tensione lente +G1

A [area omogeneizzata]		7058800	mm ²
h		1800	mm
y_p		150	mm
y_g		958	mm
$e=y_g-y_p$		808	mm
M_{G1}		16911	KNm
$M_{G1}-M_{P,att}$		36339	KNm
I_g [inerzia omogeneizzata]		2,7162E+12	mm ⁴
W_{sup}		2834200000	mm ³
W_{inf}		3227292333	mm ³
W_{prec}		18108000000	mm ³

viscosità	42	MPa	40	%
ritiro	18	MPa	40	%
rilassamento	89	MPa	100	%
V+R+R	149	MPa		
V+R+R interdip	105	MPa	0,70	

$\Delta\sigma$	149	MPa		
A_p	39900	mm ²		
$\Delta N_{perdite\ lente}$	5932	kN		
$e=y_g-y_p$	808	mm		
$M_{perdite\ lente}$	4795	kNm		

$N_{0,att} = N_0 - \Delta N_{att} - \Delta N_{perdite\ lente\ F1}$	27648	KN		
$M_{P,att}$ [momento precomp. dopo perdite lente, F1]	22350	KNm		
M_{G1}	16911	KNm		

$\Delta_{c,extradosso}$	-0,65	MPa	$\sigma_{1extradosso} = \sigma_{0extradosso} + \Delta_{c,extradosso}$	0,62	MPa
$\Delta_{c,intradosso}$	2,53	MPa	$\sigma_{1intradosso} = \sigma_{0intradosso} + \Delta_{c,intradosso}$	-9,08	MPa
$\Delta_{c,fibra\ prec}$			$\sigma_{lim, compressione, esercizio}$	-12,45	MPa

Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	ENTE	DOCUMENTO	REV	Foglio
	IA5F	01	D09	VI0509002	A	29 di 54

F2 - Applicazione sovraccarichi permanenti						
viscosità	31	MPa		30	%	
ritiro	14	MPa		30	%	
rilassamento	0	MPa		0	%	
V+R+R	45	MPa				
V+R+R interdip	36	MPa				
$\Delta\sigma$	45	MPa				
A_p	39900	mm ²				
$\Delta N_{perdite\ lente}$	1799	kN				
$e=y_g-y_p$	808	mm				
$M_{P,att}$ [momento precomp. dopo perdite lente, F2]	1454	kNm				
$\Delta_{c,extradosso, precomp. dopo perdite lente, F2}$	-0,45	MPa				
$\Delta_{c,intradosso, precomp. dopo perdite lente, F2}$	0,51	MPa				
M_{G2}	7406	kNm				
$\Delta_{c,extradosso, G2}$	-2,29	MPa		$\sigma_{2extradosso} = \sigma_{1extradosso} + \Delta_{c,extradosso, G2}$		-2,13 MPa
$\Delta_{c,intradosso, G2}$	2,61	MPa		$\sigma_{2intradosso} = \sigma_{1intradosso} + \Delta_{c,intradosso, G2}$		-5,95 MPa
				$\sigma_{lim, compressione, esercizio}$		-12,45 MPa

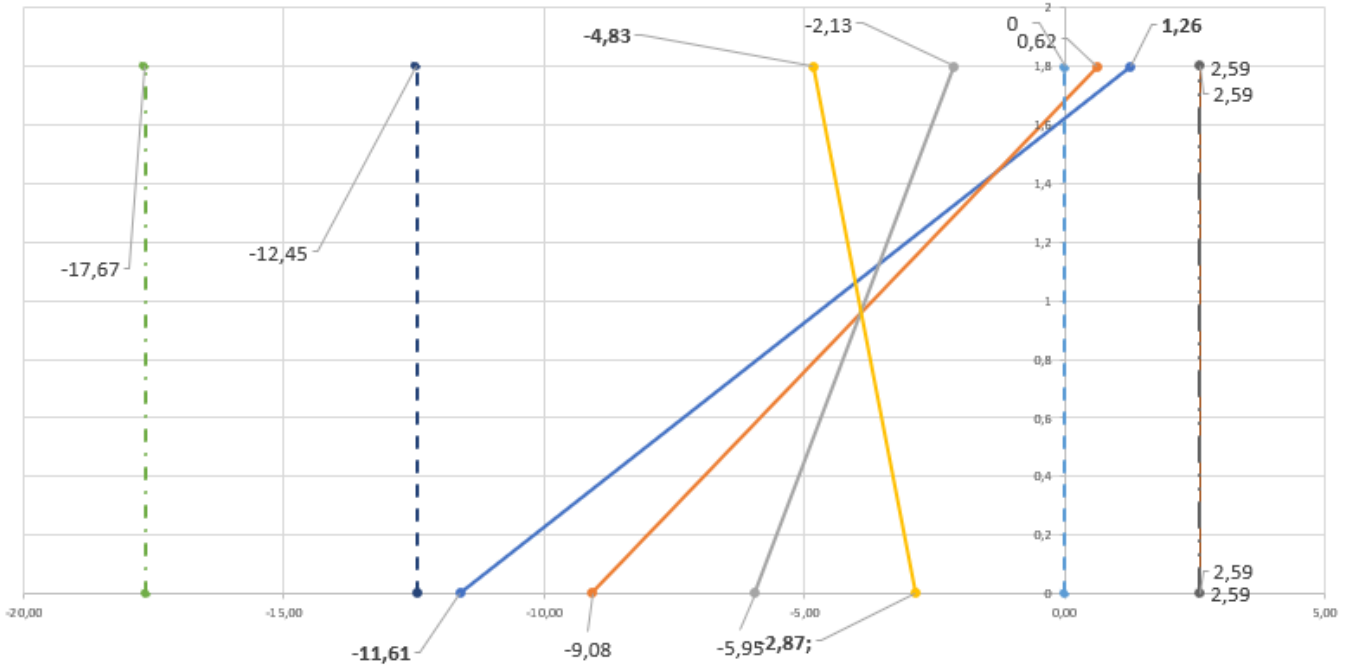
F3 - Applicazione sovraccarichi mobili						
viscosità	31	MPa		30	%	
ritiro	14	MPa		30	%	
rilassamento	0	MPa		0	%	
V+R+R	45	MPa				
V+R+R interdip	36	MPa				
$\Delta\sigma$	45	MPa				
A_p	39900	mm ²				
$\Delta N_{perdite\ lente}$	1799	kN				
$e=y_g-y_p$	808	mm				
$M_{perdite\ lente}$	1454	kNm				
$\Delta_{c,extradosso, precomp. dopo perdite lente, F2}$	-0,45	MPa				
$\Delta_{c,intradosso, precomp. dopo perdite lente, F2}$	0,51	MPa				
$M_{Q,LM71}$	8730	kNm		25272		
$\Delta_{c,extradosso, QLM71}$	-2,71	MPa		$\sigma_{3extradosso} = \sigma_{2extradosso} + \Delta_{c,extradosso, QLM71}$		-4,83 MPa
$\Delta_{c,intradosso, QLM71}$	3,08	MPa		$\sigma_{3intradosso} = \sigma_{2intradosso} + \Delta_{c,intradosso, QLM71}$		-2,87 MPa
				$\sigma_{lim, compressione, esercizio}$		-12,45 MPa

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	ENTE	DOCUMENTO	REV	Foglio
IA5F	01	D09	VI0509002	A	30 di 54

Tensioni trave

- F0 - fine tesatura
- F2 - appl. Sovr.perm+ event. 2a sottofase cadute lente.
- F1 - prima sottofase cadute lente
- F3 - appl sovracc mobili+ event. 3a sottofase cadute lente
- - - ● - - - traz,lim_MdP
- - - ● - - - compr,iniz
- - - ● - - - Max,traz,NTC,0
- - - ● - - - compr,es



Relazione di calcolo

COMMESSA

LOTTO

ENTE

DOCUMENTO

REV

Foglio

IA5F

01

D09

VI0509002

A

31 di 54

7.1.2 Trave Sezione di campata - C3 - Fasizzazione 2

Verifiche tensionali travata

F0 - Verifica delle Tensioni nel cls in condizioni iniziali

In condizioni iniziali le tensioni massima e minima nel cls si calcolano con riferimento alle caratteristiche geometriche della fase a vuoto

Tensione massima (al lembo inferiore) nel cls a vuoto

$$N_{0,att} = N_0 - \Delta N_{att} \quad 33580 \text{ KN}$$

$$MP, iniziale \quad 37151 \text{ kNm}$$

$$M_{P,att} [\text{momento precomp. dopo perdite istantanee}] = M_g - M_{piniz} \quad -19428 \text{ KNm}$$

$$A [\text{area cls}] \quad 7.058.800 \text{ mm}^2$$

$$h \quad 1800 \text{ mm}$$

$$y_p \quad 150 \text{ mm}$$

$$y_g \quad 958 \text{ mm}$$

$$e = y_g - y_p \quad 808 \text{ mm}$$

$$M_{G1} \quad 16911 \text{ KNm}$$

$$M_{G1} - M_{P,att} \quad 36339 \text{ KNm}$$

$$I_g \quad 2,7162E+12 \text{ mm}^4$$

$$W_{sup} \quad 2834200000 \text{ mm}^3$$

$$W_{inf} \quad 3227292333 \text{ mm}^3$$

$$W_{prec} \quad 18108000000 \text{ mm}^3$$

M_g

$$\sigma_{0estradosso} \quad 5,24 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{0intradosso} \quad 5,97 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{0fibra \text{ prec}} \quad 0,93 \text{ MPa}$$

M_g + M_{perdite istantanee}

$$\sigma_{0estradosso} \quad 1,26 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{0intradosso} \quad -11,61 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{0fibra \text{ prec}} \quad -2,75 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{lim, \text{ compressione, iniziale}} \quad -17,67 \text{ MPa}$$

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	ENTE	DOCUMENTO	REV	Foglio
IA5F	01	D09	VI0509002	A	32 di 54

F1 - sezione precompressa + Cadute di tensione lente +G1

A [area omogeneizzata]

7058800 mm²

h

1800 mm

y_p

150 mm

y_g

958 mm

e=y_g-y_p

808 mm

M_{G1}

16911 KNm

M_{G1}-M_{P,att}

36339 KNm

I_g [inerzia omogeneizzata]

2,7162E+12 mm⁴

W_{sup}

2834200000 mm³

W_{inf}

3227292333 mm³

W_{prec}

18108000000 mm³

viscosità

104 MPa

100 %

ritiro

46 MPa

100 %

rilassamento

89 MPa

100 %

V+R+R

239 MPa

V+R+R interdip

177 MPa

0,74

Δσ

239 MPa

A_p

39900 mm²

ΔN_{perdite lente}

9530 kN

e=y_g-y_p

808 mm

M_{perdite lente}

7703 kNm

N_{0,att} = N₀ - ΔN_{att} - ΔN_{perdite lente F1}

24050 KN

M_{P,att} [momento precomp. dopo perdite lente, F1]

19441 KNm

M_{G1}

16911 KNm

Δ_{c,extradosso}

-1,04 MPa

Δ_{c,intradosso}

4,07 MPa

Δ_{c,fibra prec}

σ_{1extradosso} = σ_{0extradosso} + Δ_{c,extradosso}

0,23 MPa

σ_{1intradosso} = σ_{0intradosso} + Δ_{c,intradosso}

-7,54 MPa

σ_{lim, compressione, esercizio}

-12,45 MPa

Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	ENTE	DOCUMENTO	REV	Foglio
	IA5F	01	D09	VI0509002	A	33 di 54

F2 - Applicazione sovraccarichi permanenti						
viscosità	0 MPa			0 %		
ritiro	0 MPa			0 %		
rilassamento	0 MPa			0 %		
V+R+R	0 MPa					
V+R+R interdip	0 MPa					
$\Delta\sigma$	0 MPa					
A_p	39900 mm ²					
$\Delta N_{perdite\ lente}$	0 kN					
$e=y_g-y_p$	808 mm					
$M_{P,att}$ [momento precomp. dopo perdite lente, F2]	0 kNm					
$\Delta_{c,extradosso, precomp. dopo perdite lente, F2}$	0,00 MPa					
$\Delta_{c,intradosso, precomp. dopo perdite lente, F2}$	0,00 MPa					
M_{G2}	7406 kNm					
$\Delta_{c,extradosso, G2}$	-2,29 MPa			$\sigma_{2extradosso} = \sigma_{1extradosso} + \Delta_{c,extradosso, G2}$	-2,07 MPa	
$\Delta_{c,intradosso, G2}$	2,61 MPa			$\sigma_{2intradosso} = \sigma_{1intradosso} + \Delta_{c,intradosso, G2}$	-4,93 MPa	
				$\sigma_{lim, compressione, esercizio}$	-12,45 MPa	

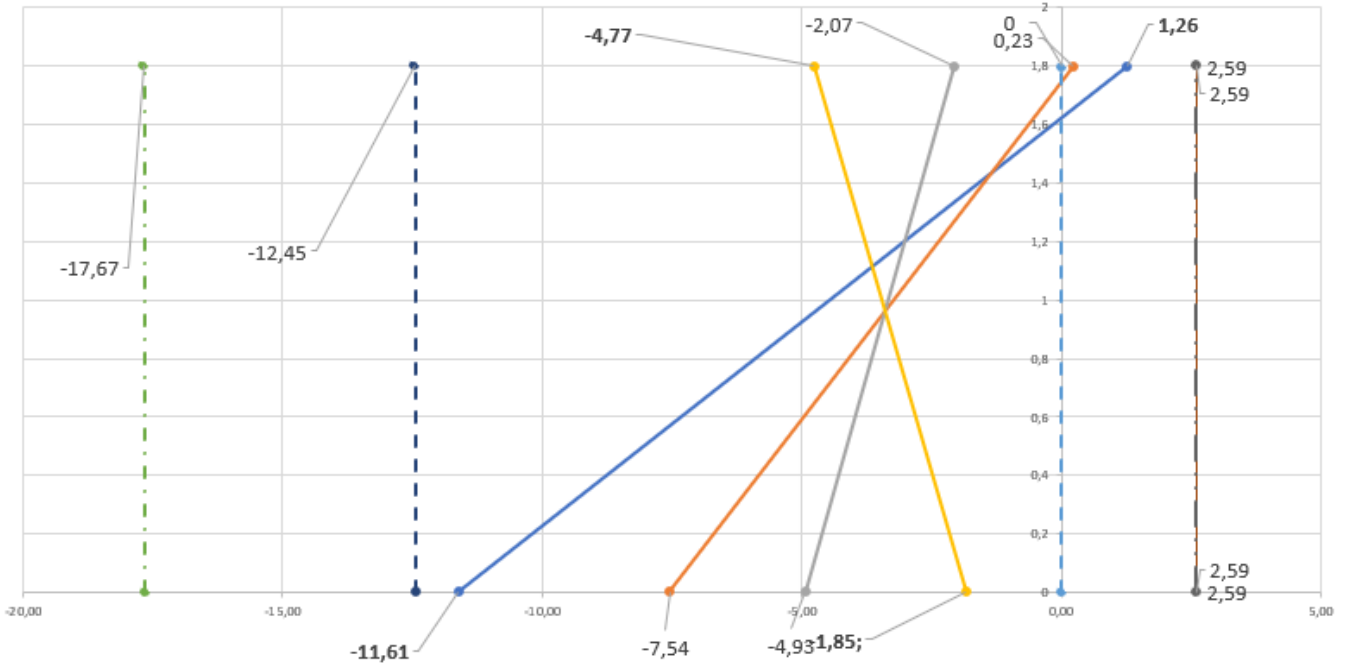
F3 - Applicazione sovraccarichi mobili						
viscosità	0 MPa			0 %		
ritiro	0 MPa			0 %		
rilassamento	0 MPa			0 %		
V+R+R	0 MPa					
V+R+R interdip	0 MPa					
$\Delta\sigma$	0 MPa					
A_p	39900 mm ²					
$\Delta N_{perdite\ lente}$	0 kN					
$e=y_g-y_p$	808 mm					
$M_{perdite\ lente}$	0 kNm					
$\Delta_{c,extradosso, precomp. dopo perdite lente, F2}$	0,00 MPa					
$\Delta_{c,intradosso, precomp. dopo perdite lente, F2}$	0,00 MPa					
$M_{Q,LM71}$	8730 kNm			25272		
$\Delta_{c,extradosso, QLM71}$	-2,71 MPa			$\sigma_{3extradosso} = \sigma_{2extradosso} + \Delta_{c,extradosso, QLM71}$	-4,77 MPa	
$\Delta_{c,intradosso, QLM71}$	3,08 MPa			$\sigma_{3intradosso} = \sigma_{2intradosso} + \Delta_{c,intradosso, QLM71}$	-1,85 MPa	
				$\sigma_{lim, compressione, esercizio}$	-12,45 MPa	


Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	ENTE	DOCUMENTO	REV	Foglio
IA5F	01	D09	VI0509002	A	34 di 54

Tensioni trave

- F0 - fine tesatura
- F2 - appl. Sovr.perm+ event. 2a sottofase cadute lente.
- - -●- - - traz,lim_MdP
- compr,es
- F1 - prima sottofase cadute lente
- F3 - appl sovracc mobili+ event. 3a sottofase cadute lente
- - -●- - - compr,iniz
- Max,traz,NTC,0



 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale Verifiche di sicurezza con treni reali C3 - Impalcato ferroviario precompresso post-teso Lc=28m					
	<i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA IA5F	LOTTO 01	ENTE D09	DOCUMENTO VI0509002	REV A

7.2 Confronto tensioni trave precompressa

Nel seguito si riepilogano le tensioni massime sulla trave

<i>Massime tensioni trave precompressa in eserc.</i>	<i>TENSIONI TOTALI trave (MPa)</i>	
	<i>sigma_i</i>	<i>sigma_s</i>
<i>Sezione mezzeria</i>	<i>sigma_i</i>	<i>sigma_s</i>
<i>Relazione di calcolo 1993- Tr. Tipo A_1945</i>	-0,64	-8,86
<i>Fasizzazione 1 - C3</i>	-2,87	-4,83
<i>Fasizzazione 2 - C3</i>	-1,85	-4,77

Si evidenzia la permanenza delle sezioni in compressione nella condizione con treni reali C3 (valori negativi).

8 VERIFICHE SLU

8.1 Quadro normativo vigente – Combinazioni

Le verifiche di sicurezza strutturali sono state condotte utilizzando combinazioni di carico definite in ottemperanza alle NT2018, secondo quanto riportato nei paragrafi 2.5.3, 5.2. Di seguito sono mostrati i coefficienti parziali di sicurezza utilizzati allo SLU ed i coefficienti di combinazione adoperati per i carichi variabili nella progettazione delle strutture da ponte.

2.5.3. COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

– Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

– Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$

– Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

– Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

– Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$

– Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.6]$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Nelle combinazioni si intende che vengano omissi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.).

Nelle formule sopra riportate il simbolo “+” vuol dire “combinato con”.

I valori dei coefficienti ψ_{0j} , ψ_{1j} e ψ_{2j} sono dati nella Tab. 2.5.I oppure nella Tab. 5.1.VI per i ponti stradali e nella Tab. 5.2.VII per i ponti ferroviari. I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qj} sono dati nel § 2.6.1.

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.

⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.

⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.

⁽⁶⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	ENTE	DOCUMENTO	REV	Foglio
IA5F	01	D09	VI0509002	A	37 di 54

Azioni		Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr1	0,80 ⁽¹⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr2	0,80 ⁽¹⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr3	0,80 ⁽¹⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr4	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F _{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T _k	0,60	0,60	0,50

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

 (2) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti Ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Azioni		Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 ⁽³⁾	⁽¹⁾	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 ⁽³⁾	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,0 ⁽³⁾	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 ⁽³⁾	-	-
	Centrifuga	⁽²⁾ ⁽³⁾	⁽²⁾	⁽²⁾
Azione laterale (serpeggio)	1,00 ⁽³⁾	0,80	0,0	

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

 (2) Si usano gli stessi coefficienti Ψ adottati per i carichi che provocano dette azioni.

 (3) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti Ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Nel seguito si riportano le azioni considerate ai fini della valutazione delle sollecitazioni agenti e, quindi, alle verifiche strutturali.

Combinazioni SLU

Sono state sviluppate complessivamente 54 combinazioni. Per sintesi si riportano le prime 18 combinazioni che vedono centrifuga e serpeggio in "Posizione 1".

Combinazioni SLU 001-018 (per le rimanenti vedi legenda)	SLU_001_C3_p1	SLU_002_C3_p1	SLU_003_C3_p1	SLU_004_C3_p1	SLU_005_C3_p1	SLU_006_C3_p1	SLU_007_C3_p1	SLU_008_C3_p1	SLU_009_C3_p1	SLU_010_C3_p1	SLU_011_C3_p1	SLU_012_C3_p1	SLU_013_C3_p1	SLU_014_C3_p1	SLU_015_C3_p1	SLU_016_C3_p1	SLU_017_C3_p1	SLU_018_C3_p1
	Coefficienti di combinazione SLU																	
G1trave, trasversi, soletta	G1k	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
permanenti portati	G2k	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Carichi verticali da traffico	QV _k -C3	1,45		1,45	1,02	1,16	0,00	1,16		1,16	0,81	1,16	1,45		1,45	1,02		1,16
	Qtrenoscarico		1,45					1,16					1,45			1,16		1,16
frenatura avviamento	QL _k -P1-LM71	0,73	0,00	1,45	1,45	0,73	0,00	0,58	0,58	1,16	1,16	0,58	0,73	0,00	1,45	1,45	0,73	0,58
vento	Q5 _q	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,00	0,90	0,90	0,90	0,90	1,50	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	1,50
centrifuga	C-LM71-B1-P1	1,45	1,45	0,73	0,73	1,45	0,00	1,16	1,16	0,58	0,58	1,16	1,45	1,45	0,73	0,73	1,45	1,16
serpeggio	S-LM71-B1-P1	1,45	1,45	0,73	0,73	1,45	0,00	1,16	1,16	0,58	0,58	0,58	1,45	1,45	0,73	0,73	1,45	0,58
P1 = centrifuga e serpeggio in posizione 1																		
P2 = centrifuga e serpeggio in posizione 2																		
P3 = centrifuga e serpeggio in posizione 3																		
Lo sviluppo complessivo combinazioni segue lo schema seguente																		
Gruppo di combinazioni	n.																	
SLU_001-018_C3_p1	18																	
SLU_019-036_C3_p2	18																	
SLU_037-054_C3_p3	18																	
totale	54																	

Combinazioni SLV

E1	Ex	1	E4	Ex	1	E7	Ex	1	E10	Ex	-1	E13	Ex	1	E16	Ex	-1		
	Ey	0.3		Ey	-0.3		Ey	0.3		Ey	-0.3		Ey	-0.3		Ey	-0.3	Ey	-0.3
	Ez	0.3		Ez	0.3		Ez	-0.3		Ez	0.3		Ez	0.3		Ez	-0.3	Ez	-0.3
E2	Ex	0.3	E5	Ex	0.3	E8	Ex	0.3	E11	Ex	-0.3	E14	Ex	0.3	E17	Ex	-0.3		
	Ey	1		Ey	-1		Ey	1		Ey	-1		Ey	-1		Ey	-1		
	Ez	0.3		Ez	0.3		Ez	-0.3		Ez	0.3		Ez	0.3		Ez	-0.3		
E3	Ex	0.3	E6	Ex	0.3	E9	Ex	0.3	E12	Ex	-0.3	E15	Ex	0.3	E18	Ex	0.3		
	Ey	0.3		Ey	-0.3		Ey	0.3		Ey	-0.3		Ey	-0.3		Ey	-0.3		
	Ez	1		Ez	1		Ez	-1		Ez	1		Ez	1		Ez	1		

Combinazioni SLV - C3		SLV_C3_001-018	SLV_C3_019-036	SLV_C3_037-054	SLV_C3_101-118	SLV_C3_119-136	SLV_C3_137-154
		Carichi caratteristici		Coefficienti di combinazione			
G1trave, trasversi, soletta	G1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Permanenti portati	G2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Sovraccarico sismico	E 1-18	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
frenatura avviamento	QLk-P1-C3	0,20	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10
Centrifuga	C-C3-B1-P1	0,10	0,10	0,10	0,20	0,20	0,20
serpeggio in P1	S-C3-B1-P1	0,10	-	-	0,20	-	-
serpeggio in P2	S-C3-B1-P2	-	0,10	-	-	0,20	-
serpeggio in P3	S-C3-B1-P3	-	-	0,10	-	-	0,20

<i>Relazione di calcolo</i>	COMMESSA	LOTTO	ENTE	DOCUMENTO	REV	Foglio
	IA5F	01	D09	VI0509002	A	39 di 54

8.2 Verifica massima azione flettente SLU in campata

8.2.1 Relazione di calcolo 1993

Verifica a rottura:

$$\mu \% = \frac{100 \times 66 \times 1.4 \times 10^{-4}}{2.00 \times 2.34} = 0.197$$

$$\frac{R_{ck}}{\mu} = \frac{300}{0.197} = 1.523 \quad ; \quad \delta = 0.892$$

$$M_r = 66 \times 1.4 \times 18 \times 0.892 \times 2.34 = 3471 \text{ tm}$$

$$\eta_r = 3471 / 1251 = 2.77$$

$$FS = 2.77$$

8.2.2 Quadro normativo vigente – treni reali

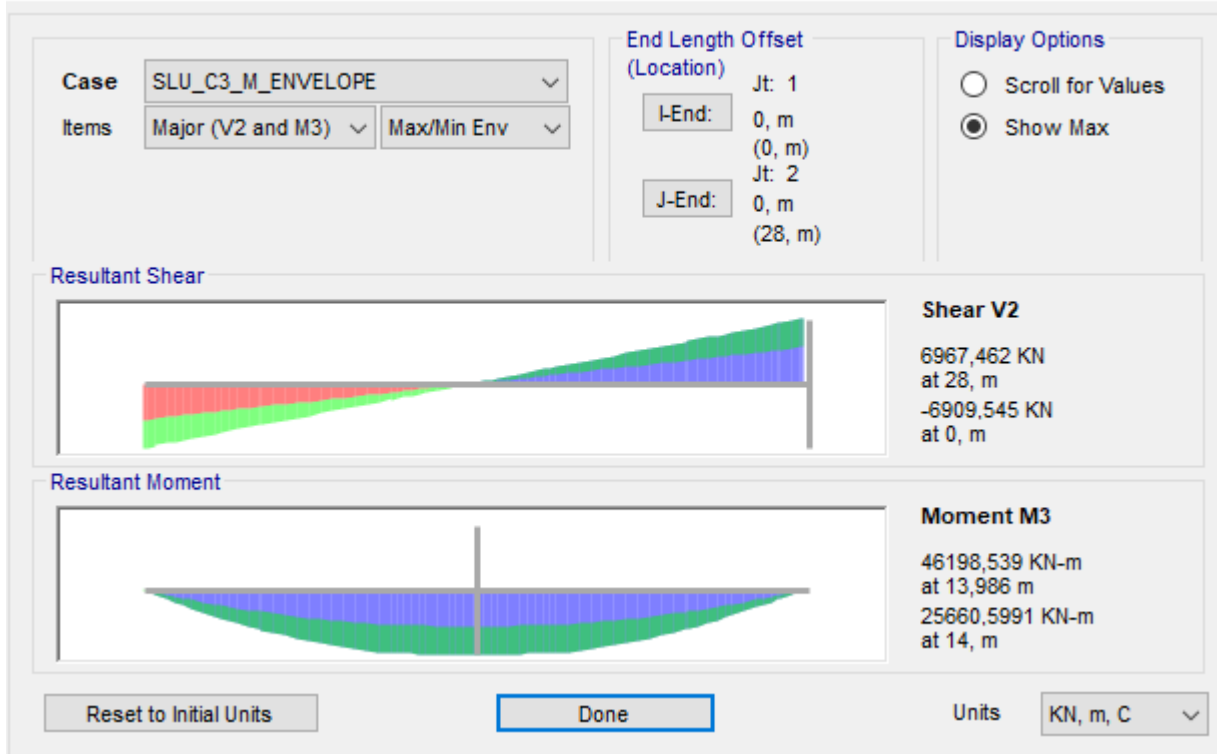
Alle sollecitazioni appena calcolate devono essere sommati gli effetti della precompressione, considerata come carico esterno, al netto delle perdite di precompressione totali. Tali sollecitazioni sono valutate di seguito. Si prende a riferimento l'azione di compressione finale, scontata delle perdite istantanee e lente pari a

$$N_{\text{prec,es}} = 23454 \text{ kN}$$

$$M_{\text{prec}} = N_{\text{prec}} \times e_p = -23454 \times (0.96 - 0.15) = -18998 \text{ kN-m}$$

Di seguito si valutano momento e sforzo assiale complessivo nella condizione più gravosa.

B Diagrams for Frame Object 1 (VAR1)



$$M_{Ed,SLU} = 46198 - 18998 = 27200 \text{ kN-m}$$

$$N_{Ed,SLU} = 23454 \text{ kN}$$

Verifica C.A. S.L.U. - File: Bradan_20210110_C3

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

Titolo: ENVE_sluc3

N° Vertici: 167 Zoom N° barre: 1 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	-170	109
2	313	0
3	-313	0
4	-370	155
5	-370	180
6	-35	180

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	399	0	15

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

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

Tipologia flessione:
 Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

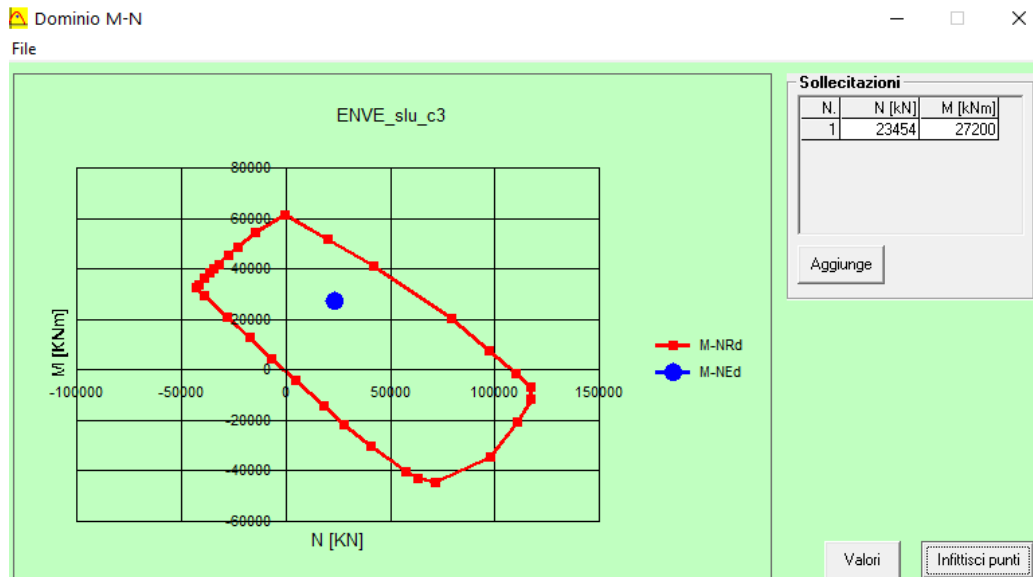
Materiali:

TRE2	C25/30		
ε _{su}	67.5 ‰	ε _{c2}	2 ‰
f _{yd}	1.087 N/mm²	ε _{cu}	3.5 ‰
E _s	200.000 N/mm²	f _{cd}	14.17
E _s /E _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0.9
ε _{syd}	5.435 ‰	σ _{c,adm}	9.75
σ _{s,adm}	0 N/mm²	τ _{co}	0.6
		τ _{c1}	1.829

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

Tipologia rottura:
 Lato calcestruzzo - Acciaio elastico

M_{xRd} 49.903 kNm
 σ_c -14.17 N/mm²
 σ_s 638.6 N/mm²
 ε_c 3.5 ‰
 ε_s 3.193 ‰
 d 165 cm
 x 86.28 x/d 0.5229
 δ 1

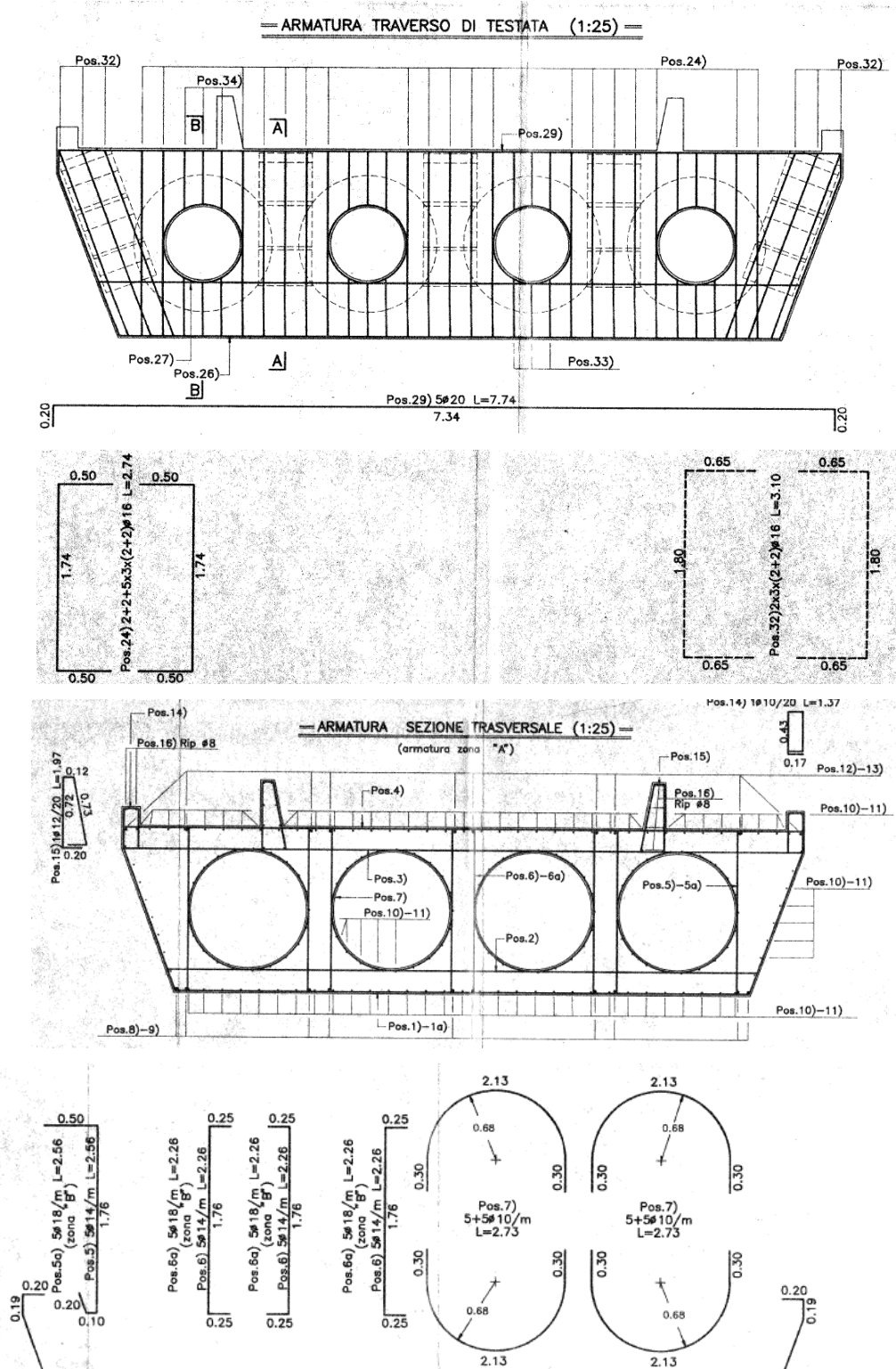


FS = 1.84

Sezione verificata

8.3 Verifica massima azione tagliante SLU

8.3.1 Relazione di calcolo 1993



Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	ENTE	DOCUMENTO	REV	Foglio
IA5F	01	D09	VI0509002	A	43 di 54

1-4-3) Sezione B.

1-4-3-1) Verifica alle tensioni ammissibili.

- Precompressione

$$1 - 0,3 (0,050 + 0,01 \times 1,0) = 0,982$$

$$N_p = 19 \times 15 \times 1,39 \times 0,982 \times 13,000 \cos 12^\circ =$$

$$= 4946,7 \text{ t}$$

$$M_p = \text{---}$$

$$T_p = 1051,5 \text{ t}$$

A fine tesatura si ha quindi:

$$N = 4946,7 \text{ t}$$

$$M = 121,6 \text{ tm}$$

$$T = -1051,5 + 243,1 = -808,4 \text{ t}$$

$$\sigma_c = -695 - 37 = -732 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_i = -695 + 42 = -635 \text{ t/m}^2$$

$$r = 320 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{id} = -\frac{695}{2} + \sqrt{\left(\frac{695}{2}\right)^2 + 320^2} = 125 \text{ t/m}^2$$

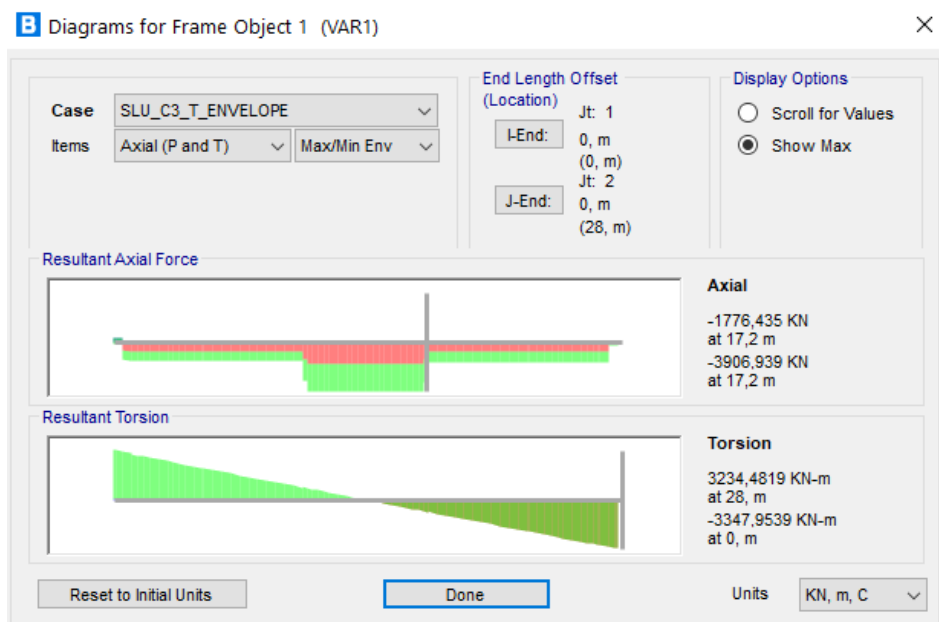
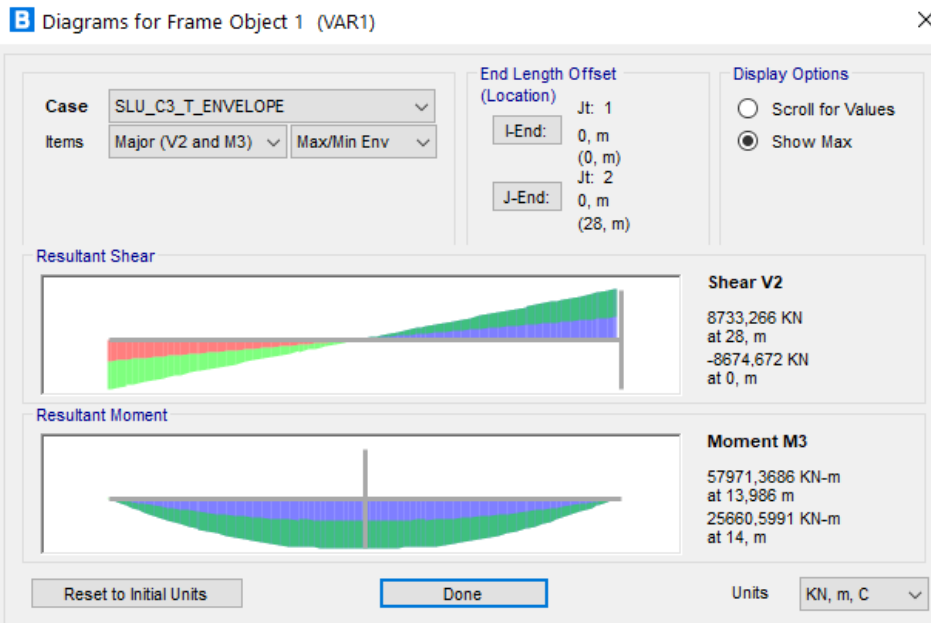
$$A_{st} = \frac{125 \times 1,72}{1,8} = 119,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

(5 x 2 ϕ 18/ 20 cm)

8.3.2 Quadro normativo vigente – treni reali C3

8.3.3 Sezione all'appoggio

Si riportano nel seguito le massime sollecitazioni di azione tagliante e torcente ricavate dal modello al fine di ricavarne il massimo taglio composto all'appoggio. A questo fine, cautelativamente, si ricalcola il φ' reale per la verifica in oggetto, prendendo a riferimento come valore di lunghezza caratteristica il valore pari a 2 volte la lunghezza della trave trasversale, cautelativamente misurata come massima distanza tra gli appoggi di estremità (5.4m), da cui φ' reale = 1.738, coefficiente maggiore del φ' reale impiegato per l'analisi della trave longitudinale.



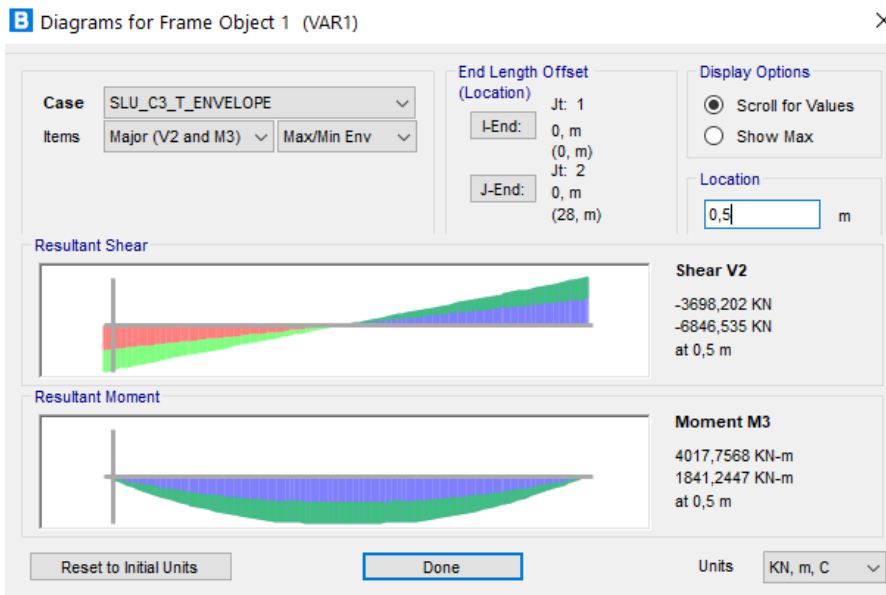
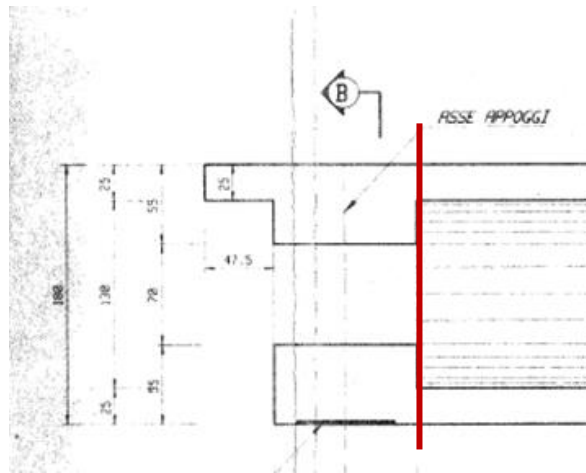
Cautelativamente, si inseriscono nella verifica staffe diam. 16mm in luogo delle staffe diam 18mm previste in relazione.

Verifica a taglio - NTC2018			
f_{ck}	34,583	MPa	Resistenza cilindrica caratteristica
f_{cd}	19,60	MPa	Resistenza cilindrica di progetto
f_{yk}	312,50		tensione caratteristica di snervamento
f_{yd}	271,7	MPa	tensione caratteristica di progetto
Inc.staffe	90,0	°	
Φ_{staffe}	16	mm	Disposizione armatura trasversale taglio
n.bracci	5	[-]	
s_{staffe}	200	mm	
A_{sw}	1005	mm ²	
h_{anima}	1800	mm	
$b_{w,sp\ anima}$	850	mm	larghezza minima sezione
c	50	mm	copriferro
d=h-c	1750	mm	altezza sezione
Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio			
n barre arm long		[-]	Disposizione armatura longitudinale
$\Phi_{arm, long}$		mm	
A_{sl}	7980	mm ²	
k	1,338	[-]	
ρ_l	0,0054	[-]	
V_{Rd}^1	1192	[kN]	
$V_{min} * b_w * d$	474	[kN]	
$V_{Rd, anima}$	1192	[kN]	NTC18 4.1.2.1.3.1
$V_{Ed, anima}$	2152	[kN]	Occorre A_{sw} a taglio
$1 \leq \cotg \theta \leq 2,5$			NTC18 4.1.2.1.3.2
V_{Rsd} "taglio trazione"			
A_{sw}/s	5,027	mm ² /mm	Armatura trasversale a taglio
$\cot \theta$	2,5	[-]	CRISI LATO ACCIAIO
V_{Rds}	5378	[kN]	NTC18 (4.1.18)
V_{Rdc}	4523	[kN]	NTC18 (4.1.19)
$V_{Rd, anima}$	4523	[kN]	
$V_{Ed, anima}$	2152	[kN]	$V_{Ed, anima} = V_{Ed, sez}$
FS	2,10	[-]	
$V_{Rd, sezione}$	4523	[kN]	$V_{Rd, sezione} = V_{Rd, anima}$ (x verif. NTC18 4.1.32)

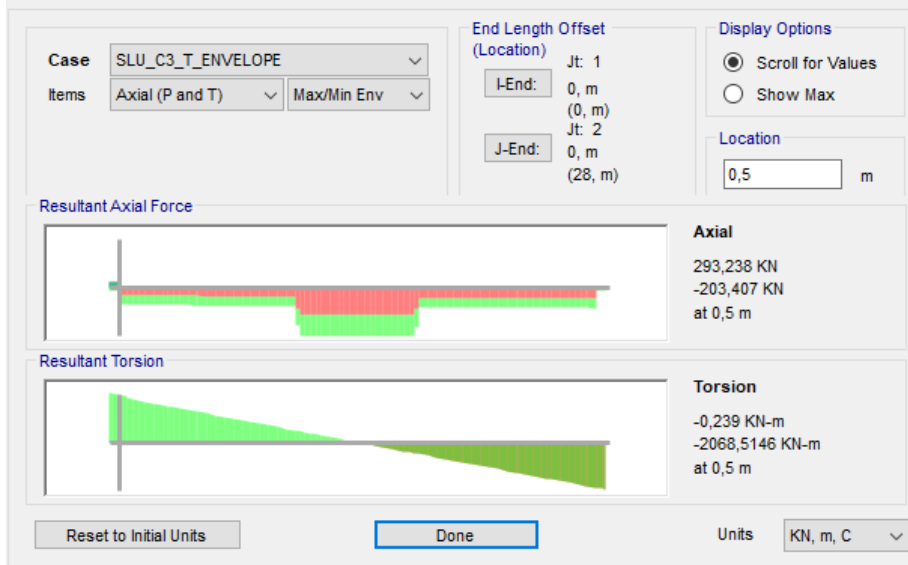
Sezione verificata

8.3.1 Sezione a 0.5m dall'appoggio

Si verifica anche la sezione in oggetto (in rosso), che presenta geometria pari a quella riscontrabile in campata



B Diagrams for Frame Object 1 (VAR1)



V': Componente derivante dal Taglio: ripartizione secondo sp.anima							
	[m]				V' _C3	[kN]	
b1	0,40				V'1	1767	
b2	0,25				V'2	1104	
b3	0,25				V'3	1104	
b4	0,25				V'4	1104	
b5	0,40				V'5	1767	
V'': Componente derivante dalla Torsione - formulaz. Bredt							
Area racchiusa dal perimetro medio				10,01	m ²		
Perimetro medio				16,26	m		
	L	s					
	[m]	[m]	[m ²]		V'' _C3	[kN]	
Soletta sup	5,8	0,25	1,75		V''1	150	
Anima estr.	1,27	0,40	0,51		V''2	0	
Anima estr.	1,27	0,40	0,51		V''3	0	
Soletta inf	5,8	0,25	1,48		V''4	0	
	15,44		4,24		V''5	150	
Spessore medio				0,52	m		
				SLU C3	V'	V''	Vtot= V'+V''
					[kN]	[kN]	[kN]
				Vtot1	1767	150	1917
				Vtot2	1104	0	1104
				Vtot3	1104	0	1104
				Vtot4	1104	0	1104
				Vtot5	1767	150	1917

Cautelativamente, si inseriscono nella verifica staffe diam. 16mm in luogo delle staffe diam 18mm previste in relazione.

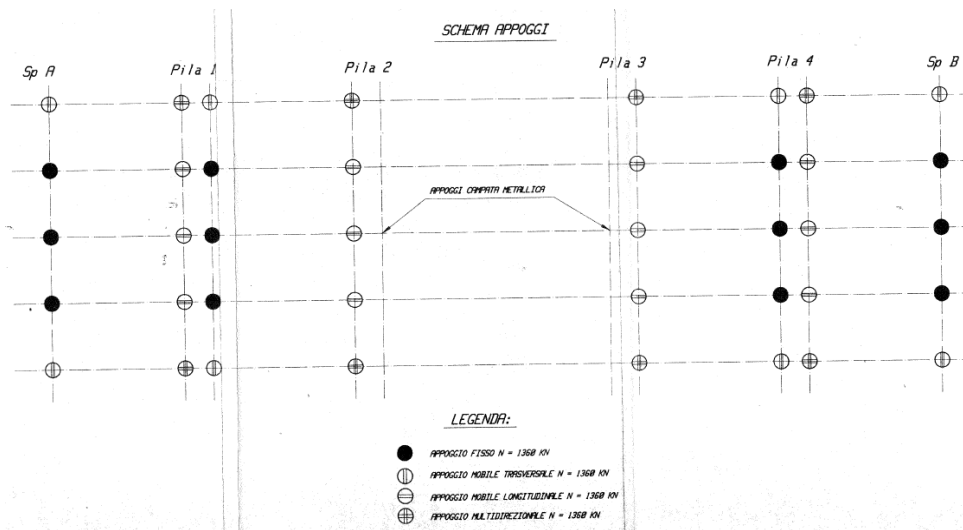
Verifica a taglio - NTC2018			
f_{ck}	34,583	MPa	Resistenza cilindrica caratteristica
f_{cd}	19,60	MPa	Resistenza cilindrica di progetto
f_{yk}	312,50		tensione caratteristica di snervamento
f_{yd}	271,7	MPa	tensione caratteristica di progetto
Inc.staffe	90,0	°	Disposizione armatura trasversale tagli
Φ_{staffe}	16	mm	
n.bracci	2	[-]	
S_{staffe}	200	mm	
A_{sw}	402	mm ²	
h_{anima}	1900	mm	altezza sezione
$b_{w,sp\ anima}$	400	mm	larghezza minima sezione
c	50	mm	copriferro
d=h-c	1850	mm	altezza sezione
Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio			
$\Pi_{barre\ arm\ long}$		[-]	Disposizione armatura longitudinale
$\Phi_{arm, long}$		mm	
A_{st}	7980	mm ²	
k	1,329	[-]	
ρ_l	0,0108	[-]	
V_{Rd}'	655	[kN]	
$V_{min} * b_w * d$	233	[kN]	
$V_{Rd, anima}$	655	[kN]	NTC18 4.1.2.1.3.1
$V_{Ed, anima}$	1917	[kN]	Occorre A_{sw} a taglio
	$1 \leq ctg\ \theta \leq 2,5$		NTC18 4.1.2.1.3.2
	V_{Rsd} "taglio trazione"		
A_{sw}/s	2,011	mm ² /mm	Armatura trasversale a taglio
$cot\ \theta$	2,5	[-]	CRISI LATO ACCIAIO
V_{Rds}	2274	[kN]	NTC18 (4.1.18)
V_{Rdc}	2250	[kN]	NTC18 (4.1.19)
$V_{Rd, anima}$	2250	[kN]	
$V_{Ed, anima}$	1917	[kN]	$V_{Ed, anima} = V_{Ed, sez}$
FS	1,17	[-]	
$V_{Rd, sezione}$	2250	[kN]	$V_{Rd, sezione} = V_{Rd, anima}$ (x verif. NTC18 4.1.32)

Sezione verificata

COMMESSA	LOTTO	ENTE	DOCUMENTO	REV	Foglio
IA5F	01	D09	VI0509002	A	50 di 54

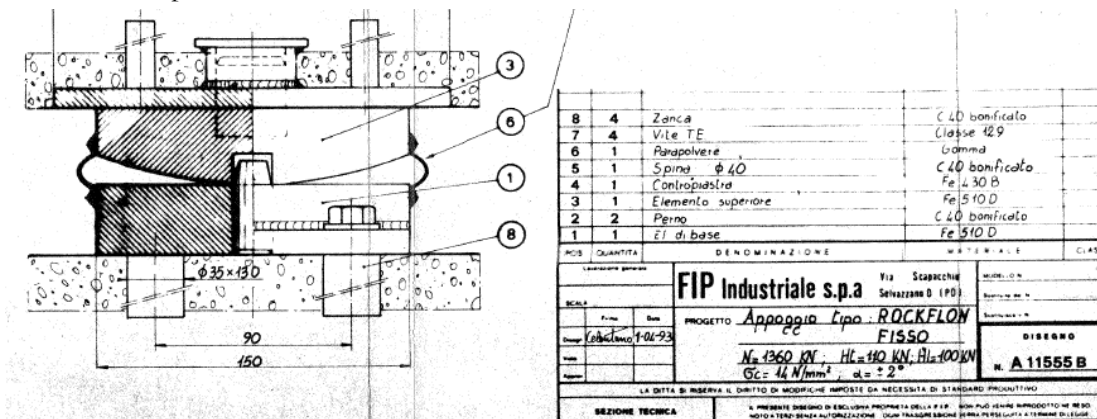
9 RIEPILOGO APPOGGI

Gli appoggi prevedono uno schema di tipo fisso-mobile, in particolare sono impiegati 3 appoggi fissi più due monodirezionali trasversali dal lato del fisso mentre da lato mobile si riscontano 3 appoggi mobili unidirezionali longitudinali e 2 multidirezionali del tipo come mostrato nelle figg. seguenti.



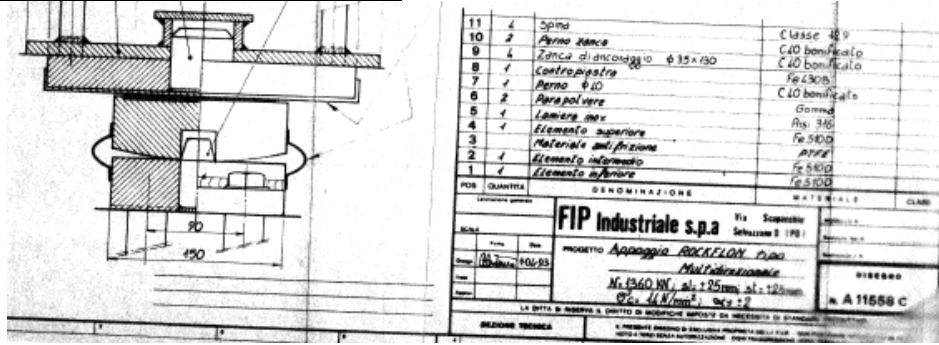
9.1 Scarichi appoggi Relazione di calcolo 1993

Si riportano nel seguito gli stralci degli elaborati relativi agli appoggi dai quali si possono desumere le tipologie e gli scarichi sui medesimi dispositivi.

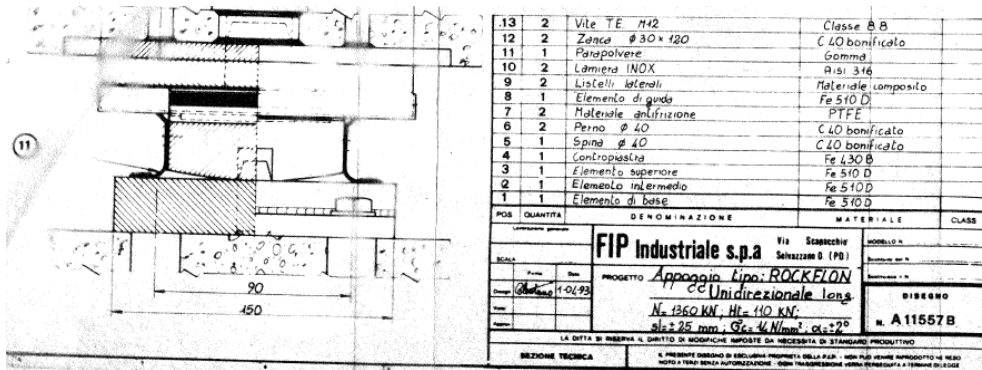


Apparecchio di appoggio di tipo fisso

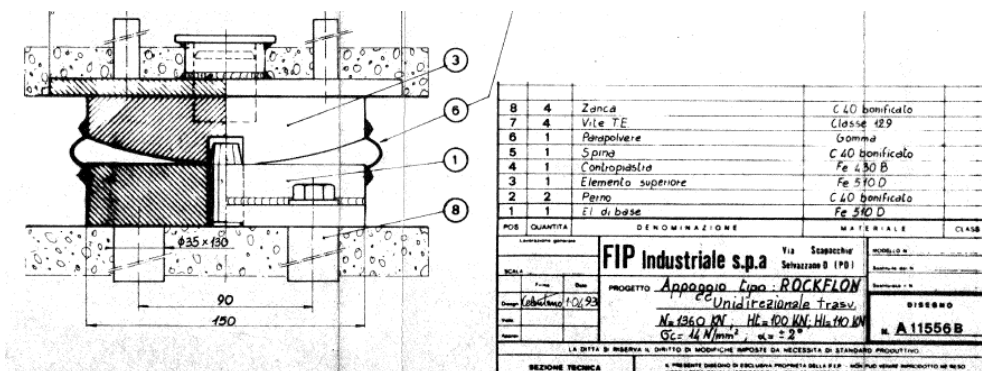
COMMESSA	LOTTO	ENTE	DOCUMENTO	REV	Foglio
IA5F	01	D09	VI0509002	A	51 di 54



Apparecchio di appoggio di tipo multidirezionale



Apparecchio di appoggio di tipo unidirezionale longitudinale



Apparecchio di appoggio di tipo unidirezionale trasversale

Da cui si ricava

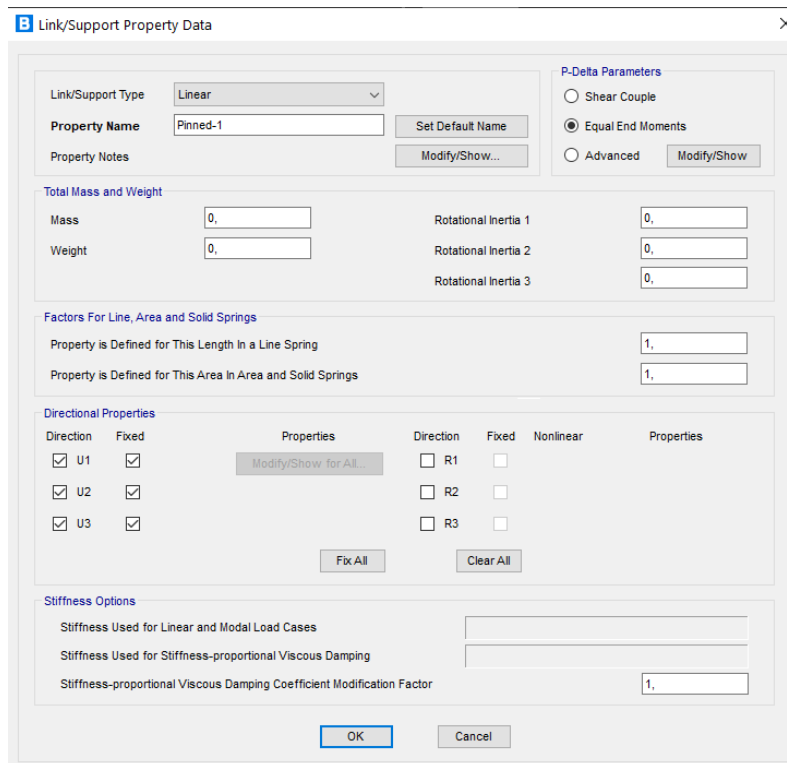
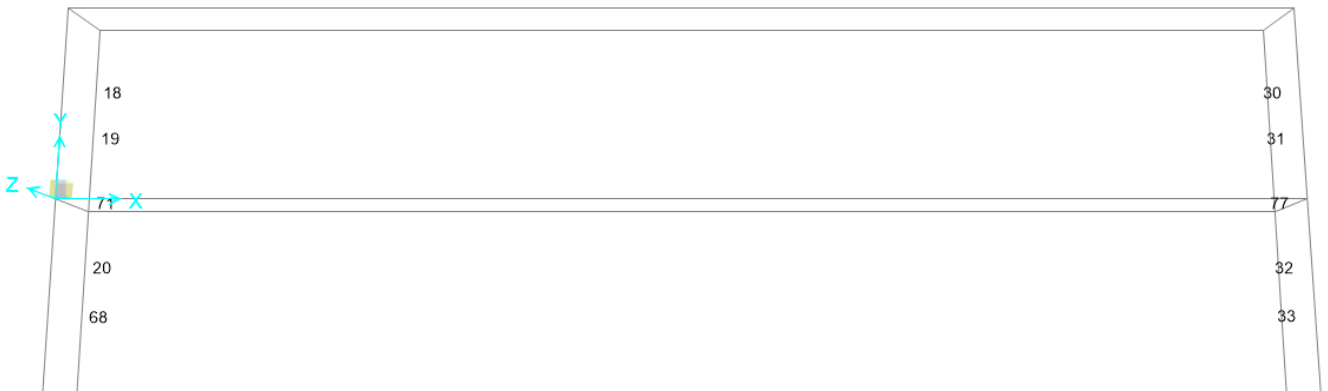
Nvert max = 1360 kN

Vorizz, long, max = 100 kN

Vorizz, trasv, max = 110 kN

9.1 Scarichi appoggi NTC2018

Lo schema appoggi è il medesimo adottato nel progetto originario. Gli appoggi sono modellati tramite elementi link. Si riporta nel seguito il caso di modellazione per l'appoggio fisso.

9.1.1 Treni reali

Si riportano nel seguito le reazioni vincolari massime e minime ottenute dagli involuppi SLU e SLV.

	<i>APPOGGI CAMPATA IN C.A.</i>		
	<i>F vert. [kN]</i>	<i>F long. [kN]</i>	<i>F trasv. [kN]</i>
<i>APPOGGIO FISSO</i>	<i>1900</i>	<i>1100</i>	<i>1100</i>
<i>APPOGGIO UNIDIREZIONALE TRASV.</i>	<i>1900</i>	<i>1100</i>	<i>0</i>
<i>APPOGGIO UNIDIREZIONALE LONG.</i>	<i>1900</i>	<i>0</i>	<i>1100</i>
<i>APPOGGIO MULTIDIREZIONALE</i>	<i>1900</i>	<i>0</i>	<i>0</i>



Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

Verifiche di sicurezza con treni reali C3 - Impalcato ferroviario precompresso post-teso Lc=28m

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	ENTE	DOCUMENTO	REV	Foglio
IA5F	01	D09	VI0509002	A	54 di 54

10 CONCLUSIONI

Tenuto conto degli interventi previsti nell'ambito del progetto di miglioramento sismico (che prevede la modifica dei sistemi di vincolo), si ritiene che le verifiche di sicurezza secondo DM 17 gennaio 2018 condotte per l'impalcato con i Treni Reali C3 siano soddisfatte.

Il confronto tra le analisi dei carichi ha evidenziato che le azioni da traffico derivanti dal Treno di tipo A del 1945 sono superiori a quelle derivanti dal Treno Reale C3.