



SOGGETTO ATTUATORE:



PROVINCIA DI REGGIO EMILIA
come da Protocollo d'Intesa tra la Provincia di Reggio Emilia
e la Provincia di Mantova sottoscritto il 09/03/2020

MANUTENZIONE STRAORDINARIA DEL PONTE SUL FIUME PO TRA GUASTALLA (RE) E DOSOLO (MN)

CUP: C67H20000290001

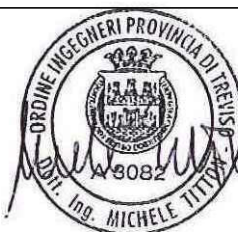
PROGETTO ESECUTIVO

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

CAPOGRUPPO R.T.P.



ITS srl
Corte delle Caneve, 11
31053 Pieve di Soligo (TV)
Tel. 0438 82082 email: info@its-engineering.com



Ing. MICHELE TITTON
Ing. ANDREA DE PIN
Ing. MATTEO TANCON
Ing. MIRKO LORENZON
Ing. ELOISA TORRESINI
Ing. MASSIMO DE NARDI
Geom. FABIO LUCCHETTA

Prof. Ing. PIER GIORGIO MALERBA
Ing. PAOLO GALLI

MANDANTE:

MALERBA INGEGNERIA STRUTTURALE

Prof. Ing. PIER GIORGIO MALERBA
Viale Abruzzi, 17 - 20131 Milano (MI) - Tel. 02 29526561

ELABORATO:

PROGETTO STRUTTURALE TRANSITABILITÀ PER CARICHI ECCEZIONALI

PROGETTISTA:

Ing. MICHELE TITTON

RESP. UNICO DEL PROCEDIMENTO:

Ing. GIUSEPPE TUMMINO

IL DIRIGENTE:

Ing. VALERIO BUSSEI

CODICE PROGETTO

PROGETTO

STR. FASE

2	0	2	1	0	2	2	-	P	E
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

NOME FILE 2021_022 PE STR RE 04_A_Transitabili.

REVISIONE

SCALA

CODICE ELAB

S	T	R	R	E	0	4
---	---	---	---	---	---	---

A

-

A	PRIMA EMISSIONE	MDN	ADP	MT	19.11.2021
REV.	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DATA

PROVINCIA DI REGGIO EMILIA

Ponte tra Dosolo e Guastalla

Interventi di emergenza per la messa in sicurezza del fiume Po – ponte tra Dosolo e Guastalla

TRANSITABILITA' PER CARICHI ECCEZIONALI

Indice

1	PREMESSA	1
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	1
3	MATERIALI	2
3.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI ESISTENTI	2
3.1.1	Calcestruzzo	2
3.1.2	Acciaio per armatura ordinaria	3
3.1.3	Acciaio per cavi di post tensione	4
3.1.4	Acciaio per precompressione	4
4	INTERVENTI DI PROGETTO.....	5
4.1	MANTOVA – IMPALCATO POST-TESO	7
4.2	REGGIO EMILIA – IMPALCATO IN ARMATUR ORDINARIA	8
5	VERIFICA PER CARICHI ECCEZIONALI	9
5.1	MANTOVA – PONTE AD IMPALCATO POST TESO	12
5.1.1	Carico eccezionale 1 – ecc1.....	12
5.1.2	Carico eccezionale 2 - ecc 2	13
5.1.3	Cario eccezionale 3 – ecc3	15
5.2	REGGIO EMILIA – PONTE AD IMPALCATO IN ARMATURA ORDINARIA	17
5.2.1	Carico eccezionale 1 – ecc1.....	17
5.2.2	Carico eccezionale 2 – ecc2.....	19
5.2.3	Carico eccezionale 3 – ecc3.....	21

1 PREMESSA

La presente relazione fa parte di un insieme di interventi di manutenzione e rinforzo strutturale del ponte sul Po tra Dosolo e Guastalla. Grazie alle attività connesse alla messa in sicurezza del ponte previste nell'appalto e successiva perizia variante del 1° Lotto d'intervento, all'approvazione delle nuove Linee Guida 2020 del MIT per ponti e viadotti esistenti, si è raggiunto un livello di sicurezza e transitabilità maggiore rispetto a quello allo stato di fatto.

A completamento degli interventi previsti nell'ambito dei due lotti di intervento, il ponte sarà operativo al transito di mezzi con peso di 44t.

A valle dunque di questi interventi la Comittenza ha espresso la richiesta di verifica della struttura rispetto al transito di carichi eccezionali, carichi dunque non ricadenti nelle casistiche esposte nelle NTC18 e nel C.d.S.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- **D.M. 17/01/2018** Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"
- **Circ. Min. 21/01/2019, n° 7** "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 17 gennaio 2018"
- **UNI EN 1993 - 1** "Progettazione delle strutture in acciaio"
- **D.M. 578 17/12/2020** "Linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti"

3 MATERIALI

3.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI ESISTENTI

Al fine di definire la resistenza dei materiali sono state condotte indagini distruttive su elementi scelti del ponte.

In particolare si fatti dei carotaggi per indagare la resistenza del calcestruzzo e sono state prelevate delle barre d'armature per verificare la resistenza a trazione dell'acciaio.

3.1.1 CALCESTRUZZO

La resistenza del calcestruzzo viene stimata sulla base dei risultati ottenuti dalla campagna d'indagine.

Si riportano nel seguito i risultati ottenuti dalle prove di compressione sulle carote prelevate in occasione dei lavori per la messa in sicurezza del Lotto 1.

N. ORD.	Contrassegno del provino	Dimensioni (diametro x altezza) mm	Peso g	Carico Massimo kN	Tensione di rottura f_{opera} N/mm ²	Data di prova	R (*)	RETT (**) SI
1	DO – C 01	Ø 94 x h. 95	1526.75	331.3	47.76	21.03.2018	1	SI
2	DO – C 02	Ø 94 x h. 95	1576.82	601.6	86.73	21.03.2018	1	SI
3	DO – C 03	Ø 94 x h. 78	1256.91	339.8	48.98	21.03.2018	1	SI
4	DO – C 04	Ø 94 x h. 90	1518.67	661.4	95.35	21.03.2018	1	SI
5	DO – C 05	Ø 94 x h. 96	1593.25	368.3	53.09	21.03.2018	1	SI
6	DO – C 06	Ø 94 x h. 96	1593.02	420.4	60.60	21.03.2018	1	SI
7	DO – C 07	Ø 94 x h. 97	1632.34	552.2	79.61	21.03.2018	1	SI
8	DO – C 08	Ø 94 x h. 97	1645.71	329.6	47.51	21.03.2018	1	SI
9	DO – C 09	Ø 94 x h. 96	1547.13	320.4	46.19	21.03.2018	1	SI

N. ORD.	Contrassegno del provino	Dimensioni (diametro x altezza) mm	Peso g	Carico Massimo kN	Tensione di rottura f_{opera} N/mm ²	Data di prova	R (*)	RETT (**) SI
10	DO – C 10	Ø 94 x h. 97	1645.35	470.5	67.83	21.03.19	1	SI
11	DO – C 11	Ø 94 x h. 97	1661.43	434.7	62.67	21.03.19	1	SI
12	GU – C 01	Ø 94 x h. 96	1582.32	262.9	37.90	21.03.19	1	SI
13	GU – C 03	Ø 94 x h. 97	1592.70	427.8	61.67	21.03.19	1	SI
14	GU – C 05	Ø 94 x h. 102	1629.04	232.9	33.57	21.03.19	1	SI
15	GU – C 06	Ø 94 x h. 98	1601.82	429.1	61.86	21.03.19	1	SI
16	GU – C 07	Ø 94 x h. 97	1515.84	214.1	30.86	21.03.19	1	SI
17	GU – C 08	Ø 94 x h. 96	1593.68	458.6	66.11	21.03.19	1	SI
18	GU – C 09	Ø 94 x h. 97	1578.93	326.8	47.11	21.03.19	1	SI

RISULTATI PROVA DI COMPRESSIONE – UNI EN 12390-3											
Posizione	Marcatura rilevata sul provino	Data prelievo (Indicata sulla richiesta)	Data Prova	Rettifica provino (1)	Massa kg	DIMENSIONI		RISULTATI			
						Diametro mm	Altezza mm	Massa Vol. Kg/m ³	Carico kN	Resistenza N/mm ²	Modalità di rottura (2)
1	DO_C 12	12.02.19	10.04.19	SI	1,54	94	94	2360	531	76,5	S
2	DO_C 13	12.02.19	10.04.19	SI	1,49	94	93	2308	416	59,9	S
3	DO_C 14	12.02.19	10.04.19	SI	1,54	94	94	2360	526	75,7	S
4	DO_C 15	12.02.19	10.04.19	SI	1,57	94	94	2406	586	84,4	S
5	DO_C 16	12.02.19	10.04.19	SI	1,41	94	90	2257	351	50,5	S

A queste vanno aggiunte le indagini integrative effettuate nell'ambito dell'intervento di progettazione in corso.

Dati dichiarati all'accettazione				Data prova	MASSA VOLUMICA			Resistenza alla compressione				Ultrasuoni Diretti
N.	Contrassegno	Data prelievo	Provenienza		D kg/m ³	ϕ mm	h mm	F kN	f _c N/mm ²	R	P	Velocità m/s
1	C1	03/09/2021	TRAVE N° 6 IN C.A.P. TRAVE TAMPONE N° 5 TRA GIUNTO N° 9 E N° 10	14/09/2021	2382	74,4	76,0	297,1	68,3	S	TR	4318
2	C2	03/09/2021	COLONNA IN C.A. PILA N° 5	14/09/2021	2276	74,4	67,2	167,7	38,6	S	TR	3733
3	C3	03/09/2021	TRAVE N° 8 STAMPELLA PILA N° 5	14/09/2021	2378	74,4	77,0	354,8	81,6	S	TR	4375

I risultati ottenuti devono essere debitamente corretti per tenere conto delle dimensioni delle carote e della loro eterogeneità.

CALCESTRUZZO TRAVI LATO DOSOLO							
N prova	diametro	lunghezza	f (n/mm2)	I/D	Fd	FI/d	Fc
DO-C02	94	95	86.73	1.010638	1.176471	0.831809	84.87383
DO-C04	94	90	95.35	0.957447	1.176471	0.822766	92.29498
DO-C06	94	96	60.6	1.021277	1.176471	0.833617	59.43199
DO-C07	94	97	79.61	1.031915	1.176471	0.835426	78.24497
DO-C08	94	97	47.51	1.031915	1.176471	0.835426	46.69537
DO-C10	94	97	67.83	1.031915	1.176471	0.835426	66.66696
DO-C11	94	97	62.67	1.031915	1.176471	0.835426	61.59543
DO-C12	94	94	76.5	1	1.176471	0.83	74.7
DO-C14	94	94	75.7	1	1.176471	0.83	73.91882
DO-C15	94	94	84.4	1	1.176471	0.83	82.41412
C1	74.4	76	68.3	1.021505	1.176471	0.833656	66.9867
C3	47.4	77	81.6	1.624473	1.176471	0.93616	89.87139
Resistenza a compresione media				f _{cm} =	60.95	Mpa	
Resistenza a compressione				F _{ck} =	52.95	MPa	

Nel calcolo si è tenuto in considerazione un fattore di confidenza F_c=1.2 pari ad un Livello di conoscenza considerato LC=2.

In conclusione il calcestruzzo in opera risulta assimilabile ad un C45/55.

Per il rimanente tratto lato Guastalla, il calcestruzzo è riconducibile ad una classe C35/45.

$$R_{ck} = 45 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 0.83 \cdot 45 = 37.35 \text{ MPa}$$

3.1.2 ACCIAIO PER ARMATURA ORDINARIA

Per l'acciaio da armatura lenta si assume un acciaio equivalente al FeB44k:

$$f_{yk} = 430 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 373.91 \text{ MPa}$$

3.1.3 ACCIAIO PER CAVI DI POST TENSIONE

I cavi da post tensioni sono composti da 9 trefoli in acciaio armonico a 7 fili viplato ed ingrassato con le seguenti caratteristiche:

TREFOLI IN ACCIAIO ARMONICO				
Diametro nominale T15S	dn=	15.7	mm	
Area nomiale	An=	150	mmq	
Tensione di rottura	f _{ptk} =	1860	Mpa	

3.1.4 ACCIAIO PER PRECOMPRESSIONE

Non vi sono informazioni da progetto originale sul materiale utilizzato per la precompressione. Si assume in via cautelativa che la precompressione sia avvenuta per post-tensione di fili in acciaio armonico, in uso all'epoca in alternativa ai trefoli, per cui si assumono i valori caratteristici riportati in tabella 11.3.VIII del D.M. 17.1.2018.

$$f_{pyk} = 1570MPa$$

$$f_{p(0.1)k} = 1420MPa$$

4 INTERVENTI DI PROGETTO

Per l'intera struttura sono stati studiati e progettati interventi di manutenzione straordinaria e di rinforzo strutturale. Nella presente relazione si vuole dunque verificare che la struttura sia capace di garantire il transito di mezzi eccezionali nella configurazione di post-intervento.

Gli interventi di rinforzo strutturale sono stati dimensionati per soddisfare quanto stabilito dalle vigenti LL.GG.202° per i ponti esistenti. In dettaglio, lo stato limite considerato è lo SLO (*Stato limite di operatività*) per il quale la norma prevede uno schema di carico congruente al *modello di carico 1* delle NTC18 con coefficiente di amplificazione ridotti. Il tempo di riferimento fissato per le azioni accidentali è di 30 anni.

OPERATIVITA'	Valutazione del livello di sicurezza strutturale con t_{ref} ridotto e fattori parziali ridotti	Schemi da NTC 2018, con fattori parziali ridotti	30 anni
TRANSITABILITA' NTC 2018 (Immediata transitabilità 1)	Valutazione del livello di sicurezza strutturale con t_{ref} ulteriormente ridotto imponendo restrizioni all'uso del ponte e fattori parziali ridotti	Schemi da NTC 2018, con restrizioni di uso e fattori parziali ridotti	5 anni
TRANSITABILITA' CdS <ul style="list-style-type: none"> PESANTE INTERMEDIA LEGGERA AUTOVEICOLI (Immediata transitabilità 2)	Valutazione del livello di sicurezza strutturale con t_{ref} ulteriormente ridotto, imponendo limitazione dei carichi secondo CdS e con relativi fattori parziali ridotti	Schemi da CdS con relativi fattori parziali ridotti	5 anni

Figura 1 Prospetto livelli di analisi stabiliti dalle LLGG2020

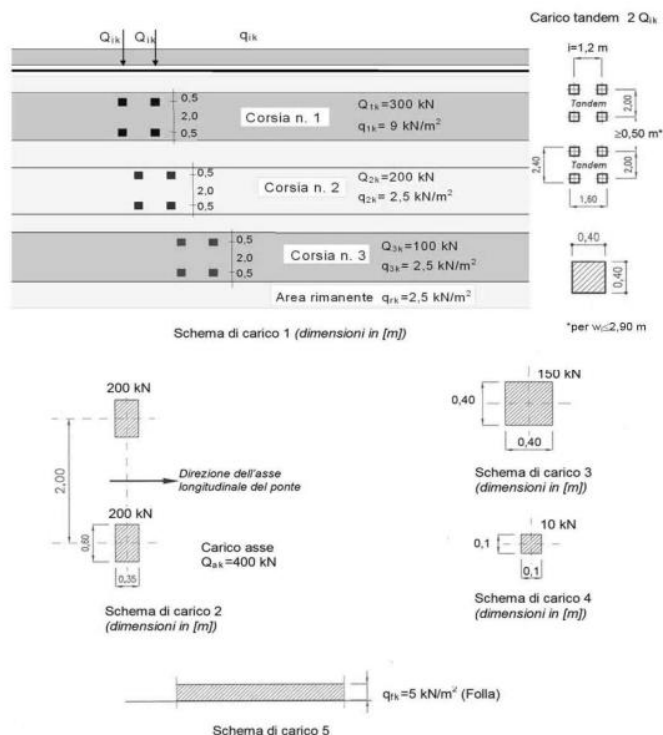


Figura 2 Schema di carico 1 - NTC18

La distribuzione di carico assunta è quella che massimizza l'eccentricità, sempre secondo lo schema fornito dalla norma:

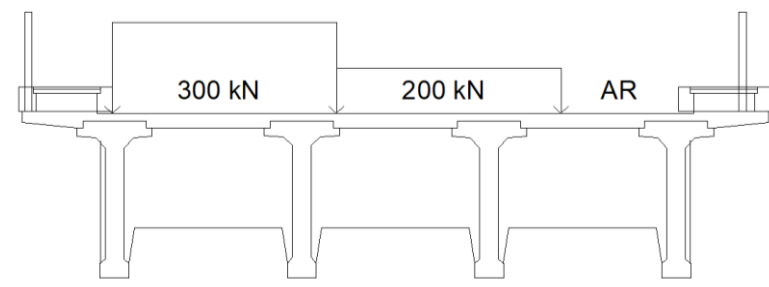


Figura 3 Distribuzione del carico

La combinazione di carico utilizzata per il dimensionamento degli interventi vede i seguenti contributi amplificati secondo quanto stabilito dalla norma:

- Carichi permanenti G: $\gamma_G = 1.26$;

CLASSE DI CONSEGUENZA	(1) CONDIZIONI STANDARD	(2) CON ACCURATO CONTROLLO STATISTICO DI MATERIALI E GEOMETRIA E COV<0,05	(3) COME (2) E CON ABBATTIMENTO INCERTEZZE DI MODELLO (§ 6.3.3.5)
CC3	1.26	1.16	1.10

Figura 4 Fattori parziali di sicurezza per i carichi permanenti, per verifiche di transitabilità ed operatività

- Carichi da Codice della Strada: per lo stato limite considerato, i carichi devono essere amplificati di $\gamma_G = 1.20$;

La combinazione totale risulta dunque

$$1.26G_1 + 1.26G_2 + 1.20Q_k$$

4.1 MANTOVA – IMPALCATO POST-TESO

Il tratto di ponte ricadente nella Provincia di Mantova è stato rinforzato ed adeguato allo SLO attraverso l'utilizzo di cavi da precompressione esterna non aderenti. Nel dettaglio, si è previsto di installare 4 cavi per ogni trave (2 per ogni lato) composti da 9 trefoli in acciaio performante a bassissimo rilassamento.

L'intervento è il medesimo per tutte le travi di entrambi e tipologie di campata (campata a travi continue su pila e campata a travi tampone su Selle Gerber).

Questo tipo di intervento è stato ritenuto il migliore in quanto lo sforzo assiale generato dalla precompressione esterna produce un effetto migliorativo di confinamento sulle Selle Gerber, preservandole dunque da fenomeni di fessurazione e cedimento.

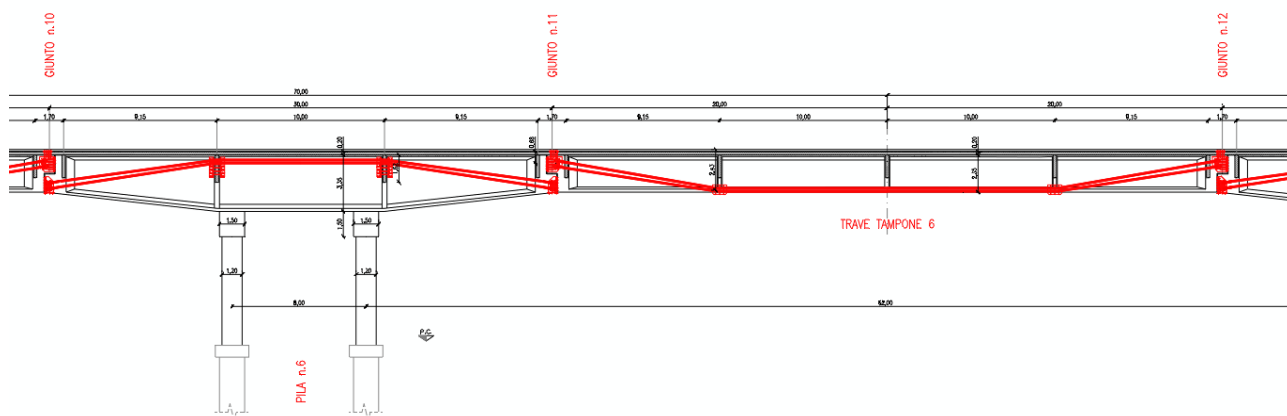


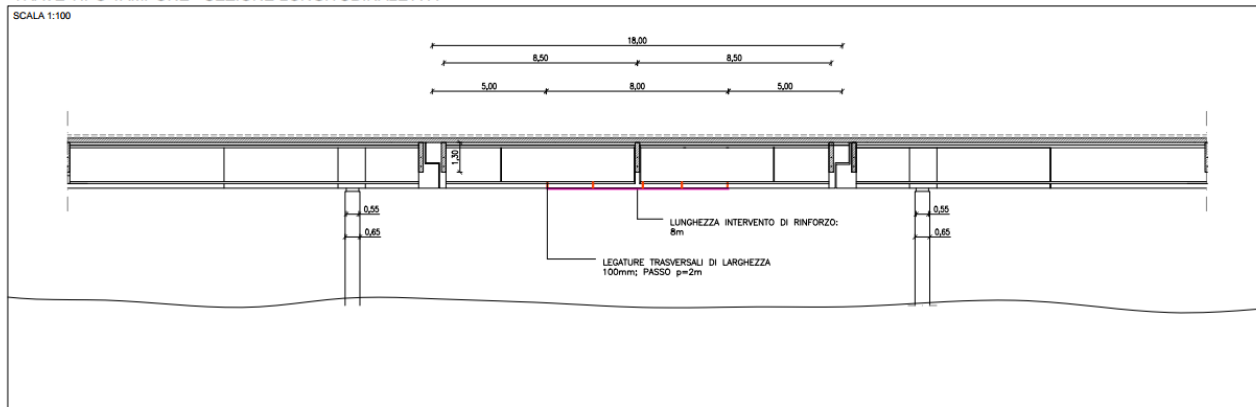
Figura 5 Intervento di rinforzo strutturale per il tratto di ponte ad impalcato post-teso

Per tutte le verifiche e la trattazione completa si rimanda alla relazione *PE STR RE 02 A - Relazione di calcolo precompressione esterna di Progetto Esecutivo*.

4.2 REGGIO EMILIA – IMPALCATO IN ARMATURA ORDINARIA

Il viadotto ricadente nella Provincia di Reggio Emilia è stato costruito in cemento armato e armatura ordinaria. Per questo tratto il metodo di rinforzo ottimale è stato individuato nell'applicazione di fibre di carbonio ad alta resistenza FRP.

TRAVE TIPO TAMPONE - SEZIONE LONGITUDINALE A-A



TRAVE TIPO SU PILA- SEZIONE ORIZZONTALE F-F

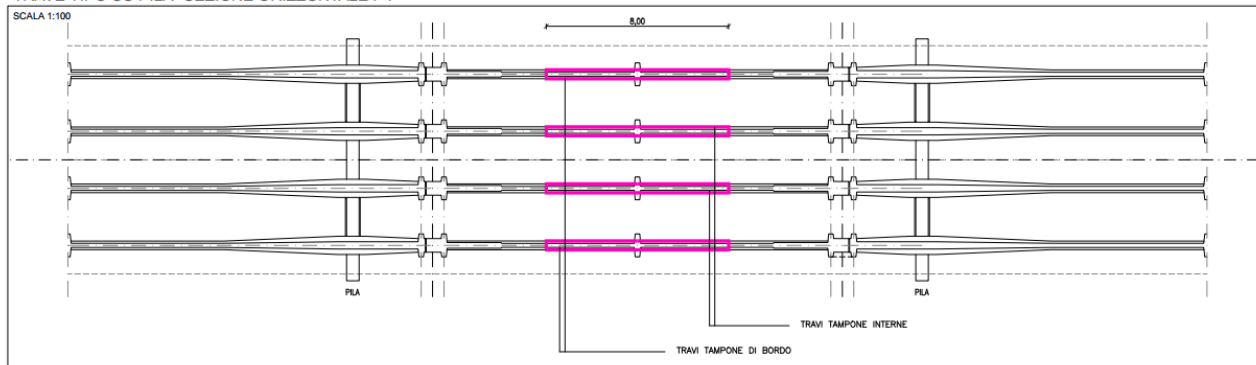


Figura 6 Intervento di rinforzo strutturale per il tratto di ponte in armatura ordinaria

Per il tratto di opera in questione, l'intervento è stato differenziato per le travi di bordo e le travi interne. Ciò è stato possibile avendo a disposizione i disegni di progetto dell'epoca e dunque un'accurata rappresentazione della diversa quantità di armatura presente.

Per i dettagli sull'intervento di rimanda alla relazione di perizia di variante del primo lotto d'intervento 2020_052_DL STR RE 03 A_ *Intervento di rinforzo FRP*.

5 VERIFICA PER CARICHI ECCEZIONALI

Si considera ora la possibilità di transito sul ponte di un mezzo eccezionale. Con tale definizione s'intende **un veicolo di peso e geometria eccedenti quelli definito nel Codice della Strada**, per tale motivo si rende necessario una trattazione specifica.

L'analisi è condotta nel rispetto delle LL.GG.2020, le quali prescrivono di considerare per carichi eccezionali coefficienti di combinazione delle azioni pari a quelli stabiliti per azioni e materiali con un tempo di riferimento pari a 5 anni. Si riporta un estratto della norma.

6.3.5.4. Verifiche di sicurezza per il transito di mezzi eccezionali

Le verifiche di sicurezza per il transito di mezzi eccezionali si effettuano con le regole delle presenti Linee Guida, considerando i fattori parziali per azioni e materiali con un tempo di riferimento pari a 5 anni (condizione di transitabilità). In particolare, in presenza di certezza del carico del mezzo, il coefficiente parziale relativo al carico verticale provocato dal mezzo eccezionale γ_Q può essere assunto pari a 1,10. Nelle verifiche si deve tenere conto dell'effettiva distribuzione dei pesi fra i diversi assi.

Inoltre, nel caso in esame si ha certezza del carico del mezzo.

La combinazione sarà dunque la seguente:

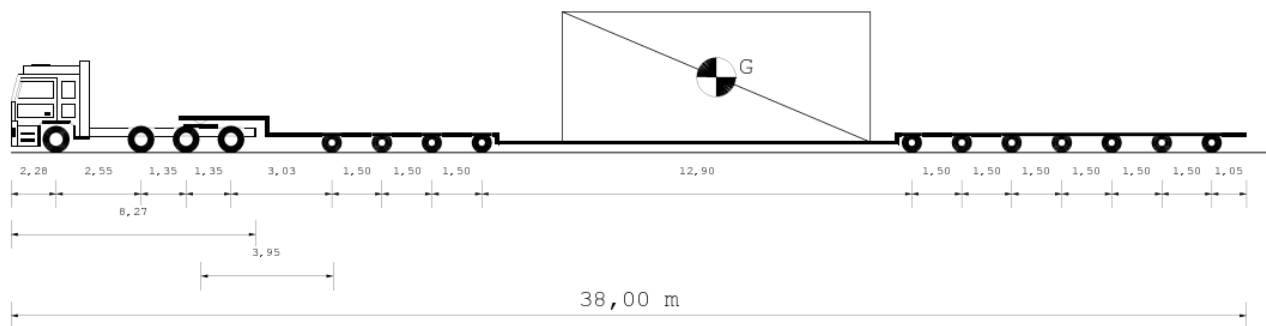
$$1.26 G_1 + 1.26 G_2 + 1.10 Q_k$$

Secondo quanto stabilito si sono individuati diversi tipi di carichi eccezionali, forniti dalla stazione appaltante. Ne segue quindi la trattazione per ognuno di essi.

Le corsie di carico considerate sono quelle stabilite dalle NTC 2018.

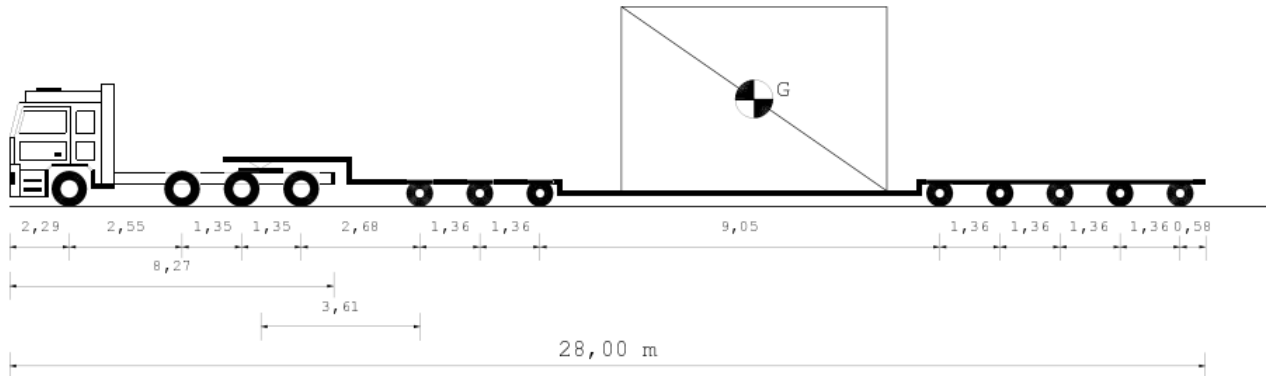
Si riportano nel seguito gli scemi di carico utilizzati,.

Nota: poiché si tratta di carico eccezionale, il coefficiente di amplificazione dinamica non è tenuto in considerazione. Si assume infatti che il veicolo transiti sul ponte a velocità limitata al fine di evitare l'insorgere di effetti dinamici che amplificherebbero le sollecitazioni di taglio e momento sulle travi.



Tipo asse	S	S	TSG	TSG		C8	C8	C8	C8		C8	C8	C8	C8	C8	C8	C8
Ruote asse	2	2	4	4		8	8	8	8		8	8	8	8	8	8	8
Peso a vuoto [t]	5,27	5,27	7,21	7,21		4,90	4,90	4,90	4,90		4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90
Peso ammesso [t]	8,50	8,50	16,00	16,00		21,00	21,00	21,00	21,00		21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	10,00	21,00
Press.spec.terreno [Kg/cm²]	3,36	5,94	5,17	5,18		3,49	3,49	3,49	3,49		3,13	3,13	3,13	3,13	3,13	3,13	3,13
Peso totale asse [t]	4,03	7,13	12,41	12,42		12,56	12,56	12,56	12,56		11,27	11,27	11,27	11,27	11,27	11,27	11,28

Figura 7 Carico eccezionale 1 – ECC1



Tipo asse	S	S	TSG	TSG	C4V	C4V	C4V		C4V	C4V	C4V	C4V	C4V
Ruote asse	2	2	4	4	4	4	4		4	4	4	4	4
Peso a vuoto [t]	5,17	5,17	5,20	5,20	3,19	3,19	3,19		3,19	3,19	3,19	3,19	3,19
Peso ammesso [t]	9,00	8,00	15,30	15,30	12,00	12,00	12,00		12,00	12,00	12,00	12,00	12,00
Fress.spec.terreno [Kg/cm²]	5,83	5,83	4,58	4,58	5,78	5,78	5,78		5,78	5,78	5,78	5,78	5,78
Peso totale asse [t]	7,00	7,00	11,00	11,00	10,41	10,41	10,41		10,41	10,41	10,41	10,41	10,41

Figura 8 Carico eccezionale 2 – ECC2



Figura 9 Carico eccezionale 3 – ECC3

I carichi eccezionali riportati sono implementati nel modello FEM attraverso il comando *permit truck*. Questo fornisce la possibilità di stabilire con accuratezza la distanza tra gli assi, l'interasse tra le ruote e i carichi massimi per ogni asse.

Si riporta un'immagine della finestra di input.

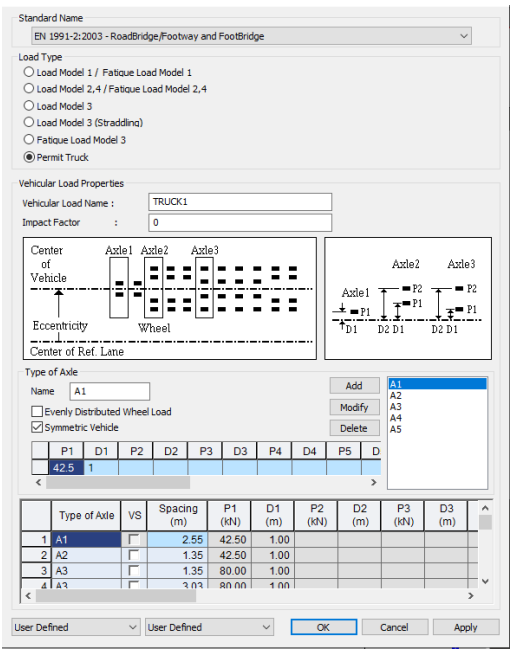


Figura 10 Definizione del permit truck

5.1 MANTOVA – PONTE AD IMPALCATO POST TESO

5.1.1 CARICO ECCEZIONALE 1 – ECC1

5.1.1.1 DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONI E VERIFICHE

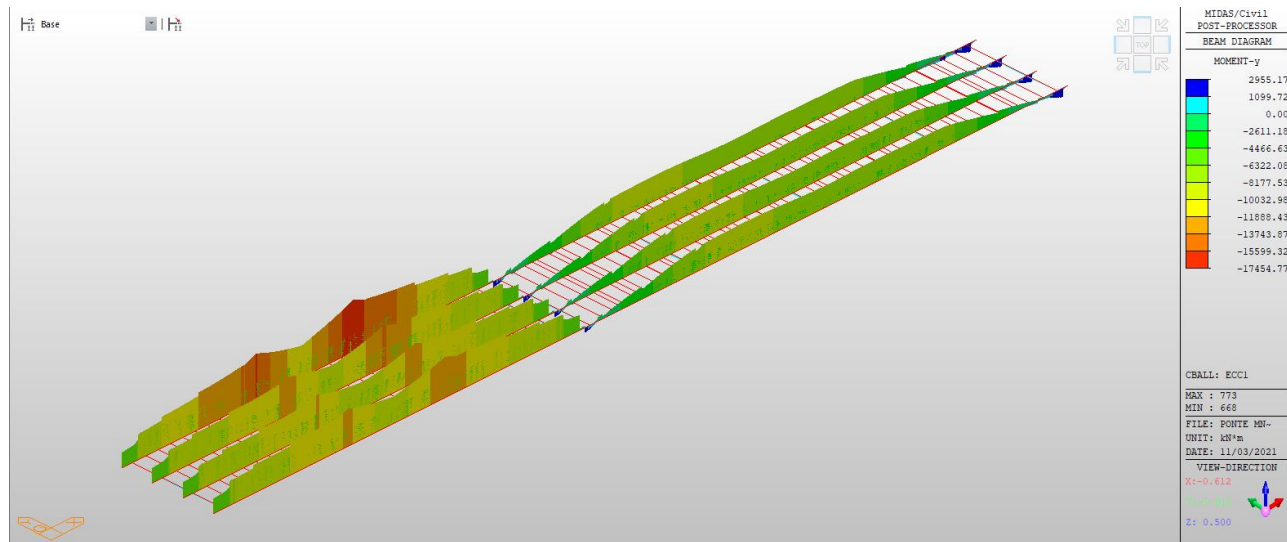


Figura 11 Diagramma di momento

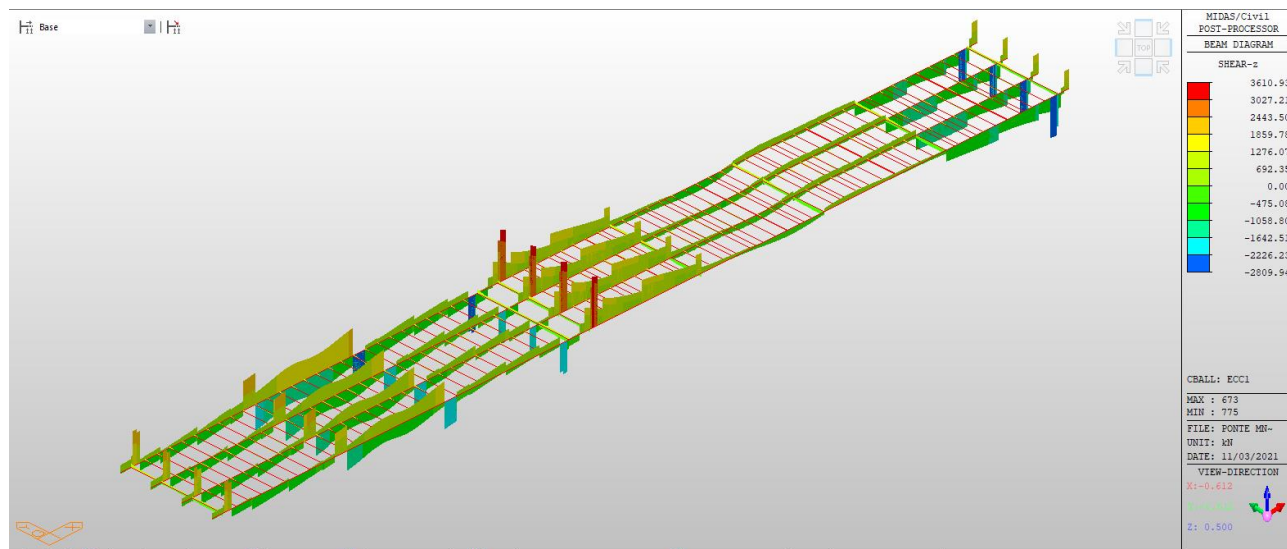


Figura 12 Diagramma di taglio

Dal confronto delle sollecitazioni resistenti con quelle sollecitanti derivanti dal carico eccezionale, le verifiche vengono verificate.

CARICO ECCEZIONALE - ECC1			
TRAVE TAMPONE			
Momento resistente positivo	Mrd+=	25577	kNm
Momento resistente negativo	MRd-=	-9648	kNm
Taglio resistente	Vrd=	5335.09	kN
Momento sollecitante	Med=	-8579	kNm
		VERIFICATO	
Taglio sollecitante	Ved=	3610	kN
		VERIFICATO	
TRAVE CONTINUA			
Momento resistente negativo	MRd-=	-22131	kNm
Taglio resistente	Vrd=	3348	kN
Momento sollecitante	Med=	-17454	kNm
		VERIFICATO	
Taglio sollecitante	Ved=	2532	kN
		VERIFICATO	

5.1.2 CARICO ECCEZIONALE 2 - ECC2

5.1.2.1 DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONI E VERIFICHE

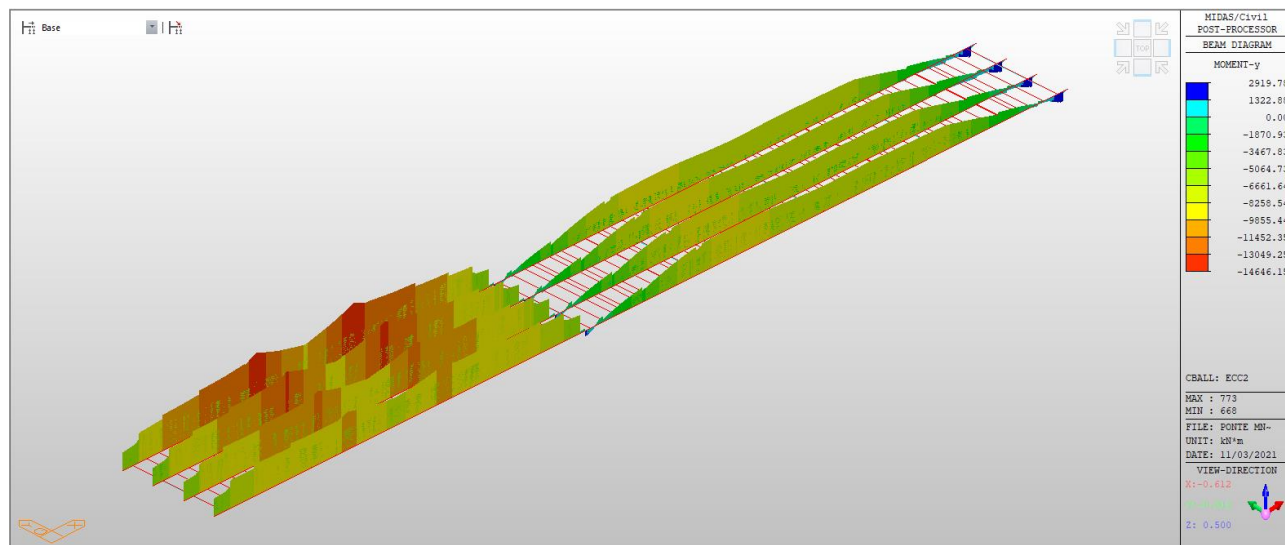


Figura 13 Diagramma di momento

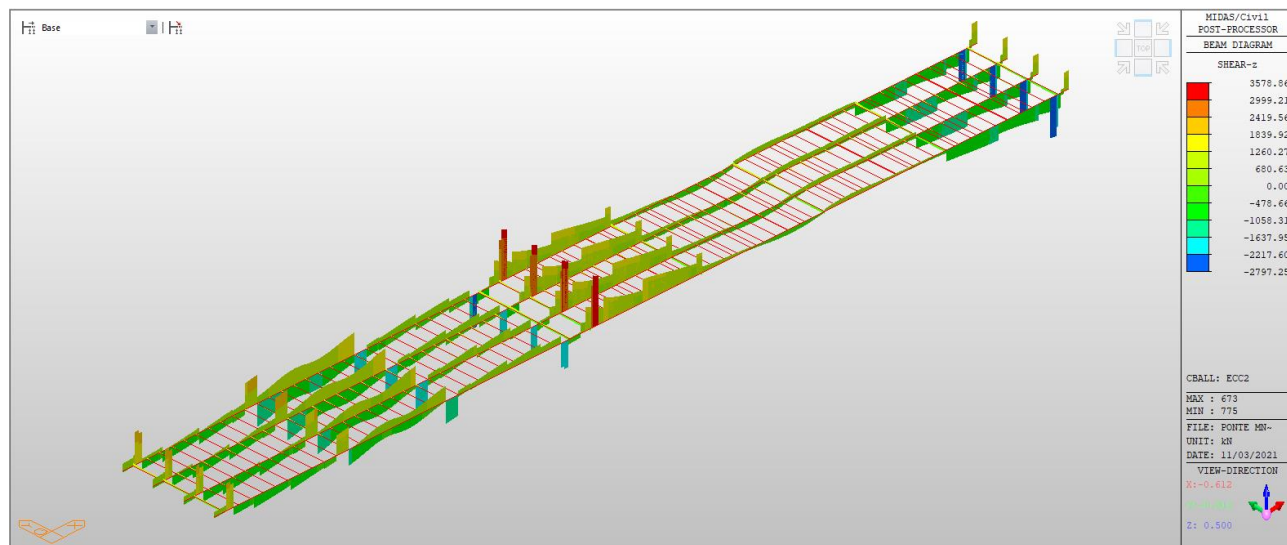


Figura 14 Diagramma di taglio

Anche in questo caso le verifiche risultano soddisfatte.

CARICO ECCEZIONALE - ECC2			
TRAVE TAMPONE			
Momento resistente positivo	Mrd+=	25577	kNm
Momento resistente negativo	MRd=-	-9648	kNm
Taglio resistente	Vrd=	5335.09	kN
Momento sollecitante	Med=	-8469	kNm
		VERIFICATO	
Taglio sollecitante	Ved=	3578	kN
		VERIFICATO	
TRAVE CONTINUA			
Momento resistente negativo	MRd=-	-22131	kNm
Taglio resistente	Vrd=	3348	kN
Momento sollecitante	Med=	-14646	kNm
		VERIFICATO	
Taglio sollecitante	Ved=	2262	kN
		VERIFICATO	

5.1.3 CARIO ECCEZIONALE 3 – ECC3

5.1.3.1 DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONI E VERIFICHE

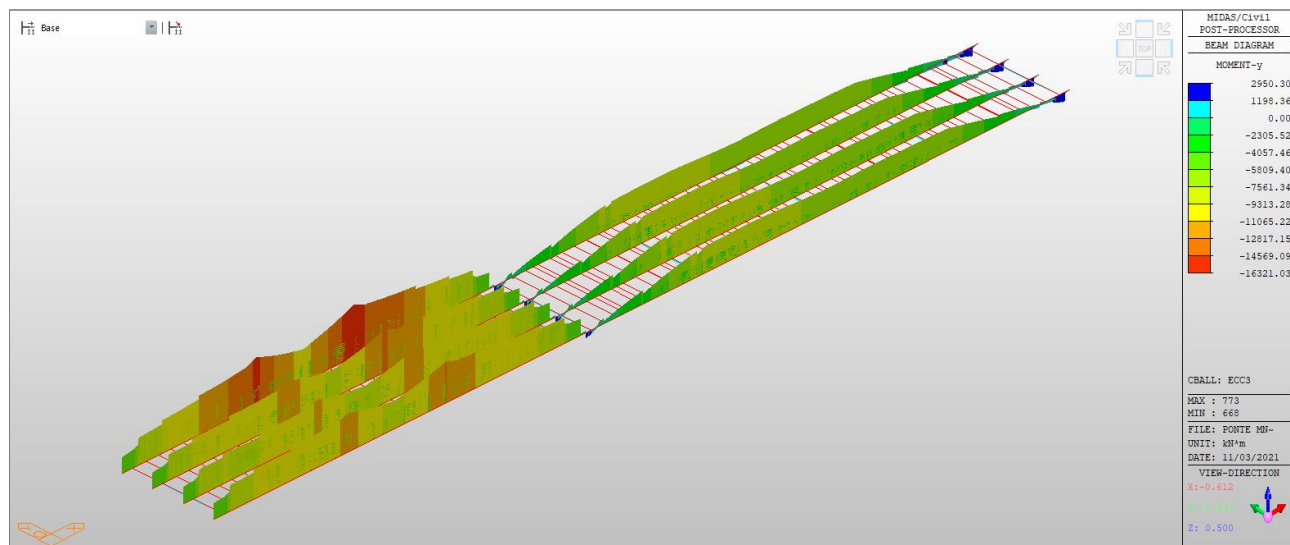


Figura 15 Diagramma di momento

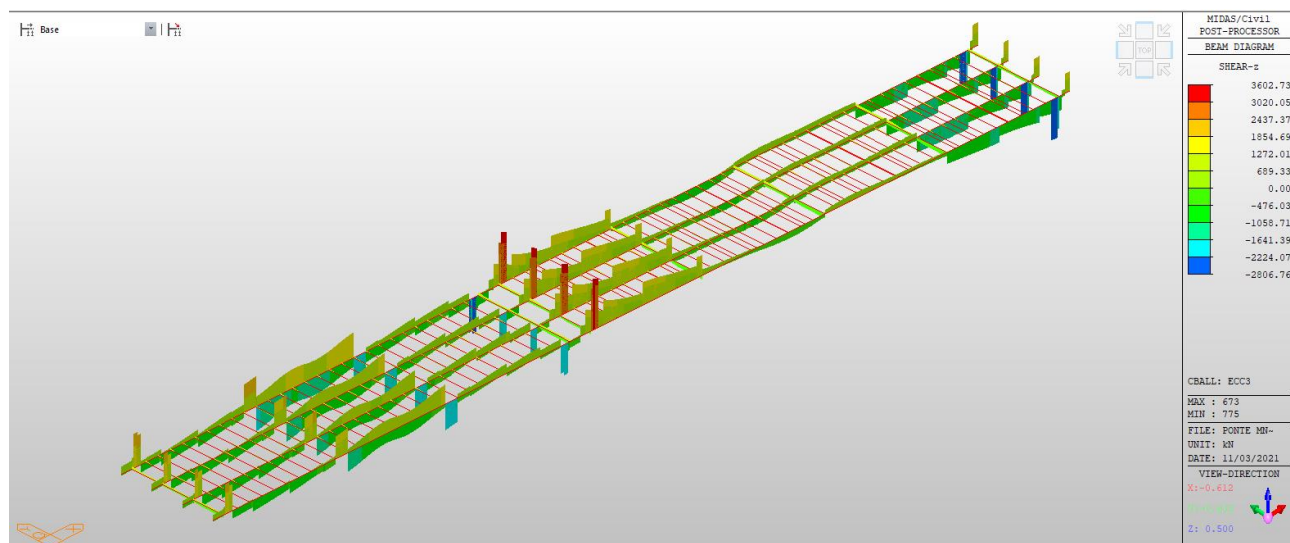


Figura 16 Diagramma di taglio

CARICO ECCEZIONALE - ECC3			
TRAVE TAMPONE			
Momento resistente positivo	Mrd+=	25577	kNm
Momento resistente negativo	MRd=-	-9648	kNm
Taglio resistente	Vrd=	5335.09	kN
Momento sollecitante	Med=	-8476	kNm
		VERIFICATO	
Taglio sollecitante	Ved=	3602	kN
		VERIFICATO	
TRAVE CONTINUA			
Momento resistente negativo	MRd=-	-22131	kNm
Taglio resistente	Vrd=	3348	kN
Momento sollecitante	Med=	-16321	kNm
		VERIFICATO	
Taglio sollecitante	Ved=	2434	kN
		VERIFICATO	

Le verifiche sono soddisfatte.

5.2 REGGIO EMILIA – PONTE AD IMPALCATO IN ARMATURA ORDINARIA

Si ripete quanto fatto per il tratto di Mantova anche per il tratto emiliano. Si ricorda che nel tratto in questione l'impalcato è stato rinforzato mediante applicazione di fibre in carbonio al alta resistenza.

5.2.1 CARICO ECCEZIONALE 1 – ECC1

5.2.1.1 DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONI E VERIFICHE

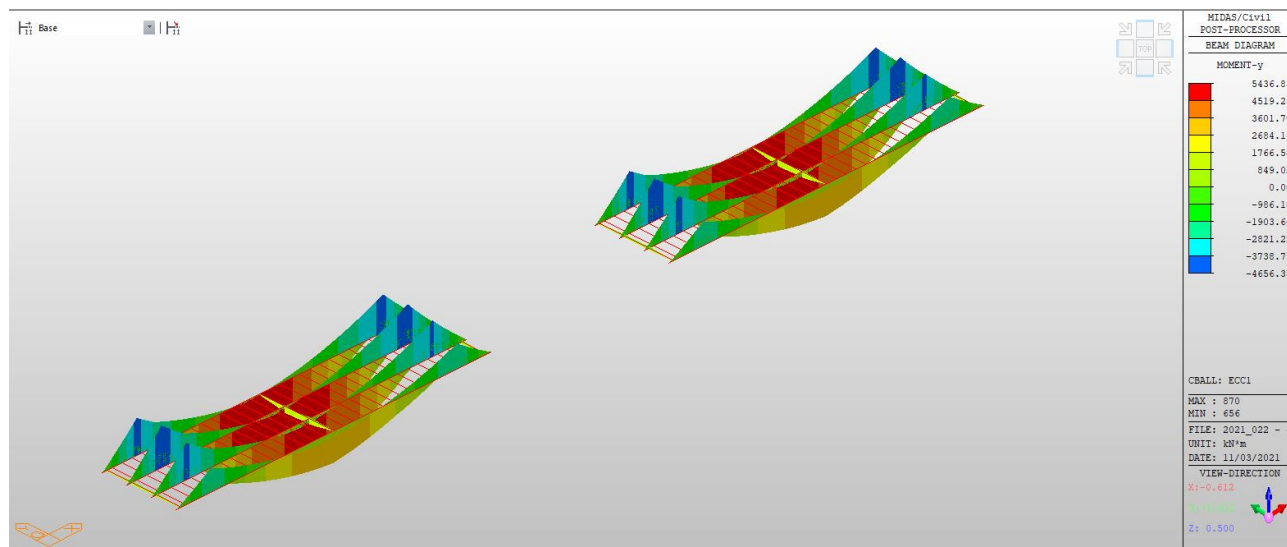


Figura 17 Travi continue - diagramma di momento

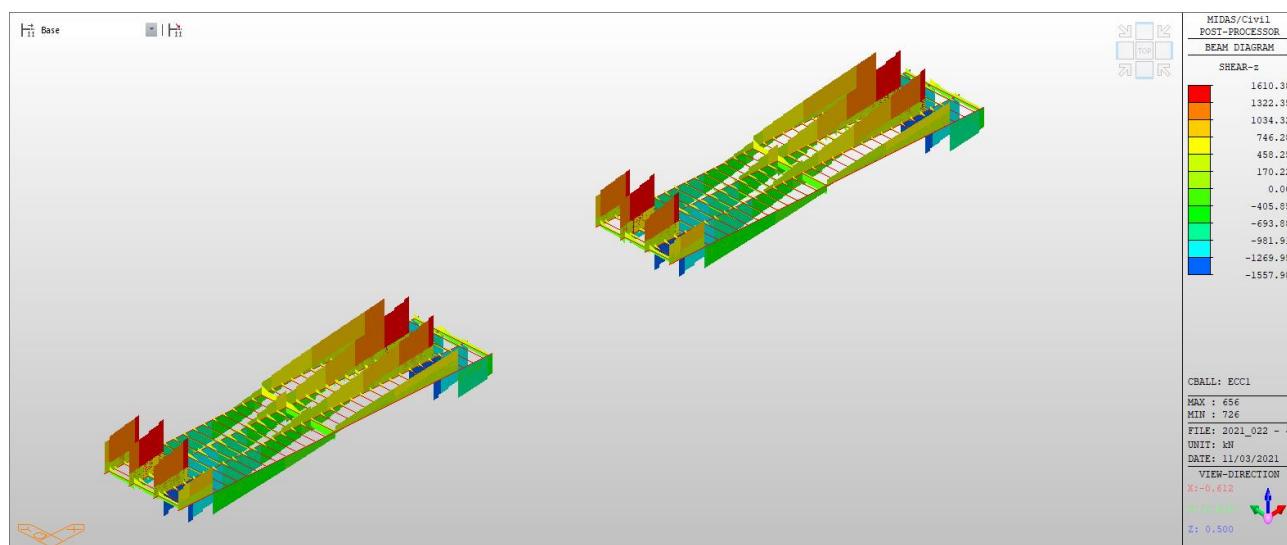


Figura 18 Travi continue - diagramma di taglio

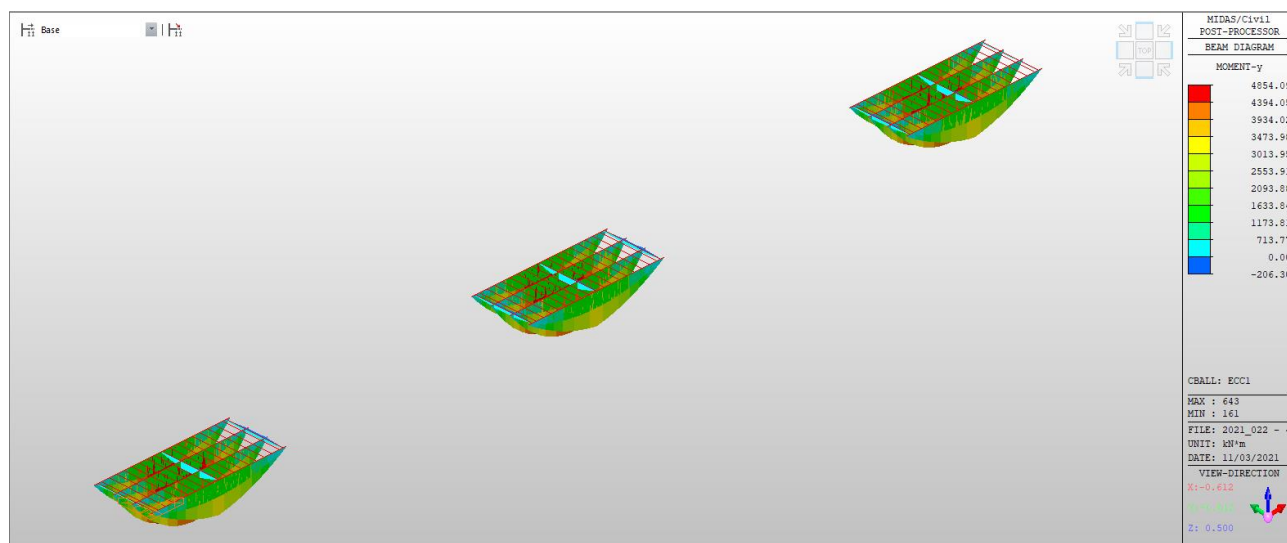


Figura 19 Travi tampone - diagramma di momento

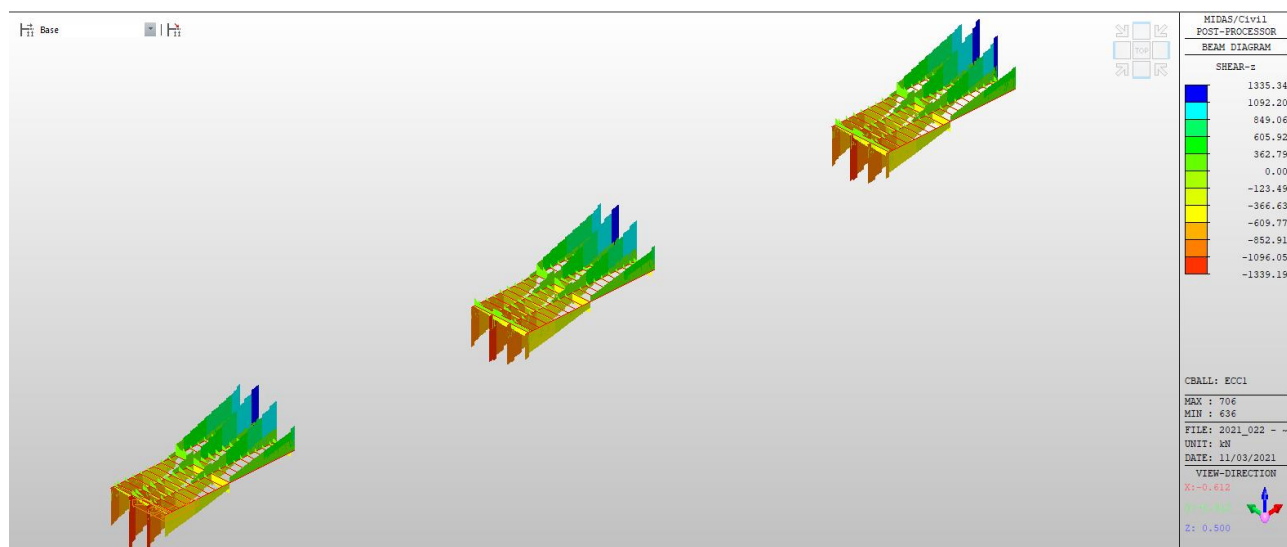


Figura 20 Travi tampone - diagramma di taglio

CARICO ECCEZIONALE - ECC1			
TRAVE TAMPONE - bordo			
Momento resistente positivo	Mrd+=	4016.27	kNm
Taglio resistente	Vrd=	992.12	kN
Momento sollecitante	Med=	4854	kNm
		NON VERIFICATO	
Taglio sollecitante	Ved=	1335	kN
		NON VERIFICATO	
TRAVE CONTINUA - bordo			
Momento resistente positivo	Mrd+=	5165.79	kNm
Taglio resistente	Vrd=	1832	kN
Momento sollecitante	Med=	5436	kNm
		NON VERIFICATO	
Taglio sollecitante	Ved=	1610	kN
		VERIFICATO	

La verifica non risulta soddisfatta.

RTP: ITS Srl (capogruppo), Prof. Ing. Pier Giorgio Malerba

Nome file: PE STR RE 04_A_Transitabilità per carichi eccezionali

5.2.2 CARICO ECCEZIONALE 2 – ECC2

5.2.2.1 DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONI E VERIFICHE

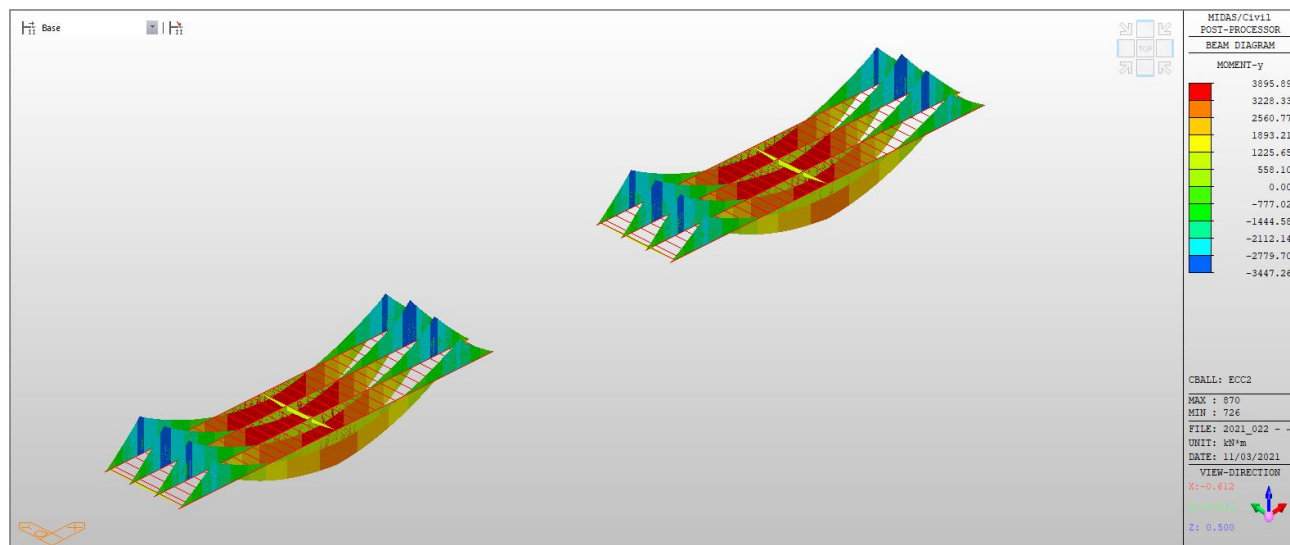


Figura 21 Travi continua - diagramma di momento

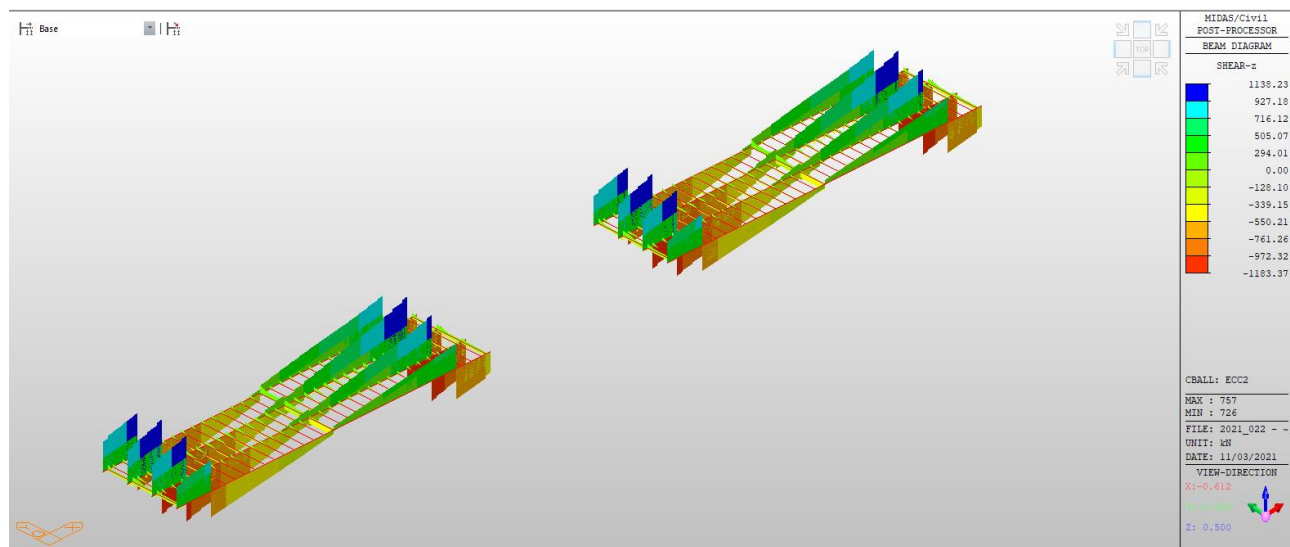


Figura 22 Travi continue - diagramma di taglio

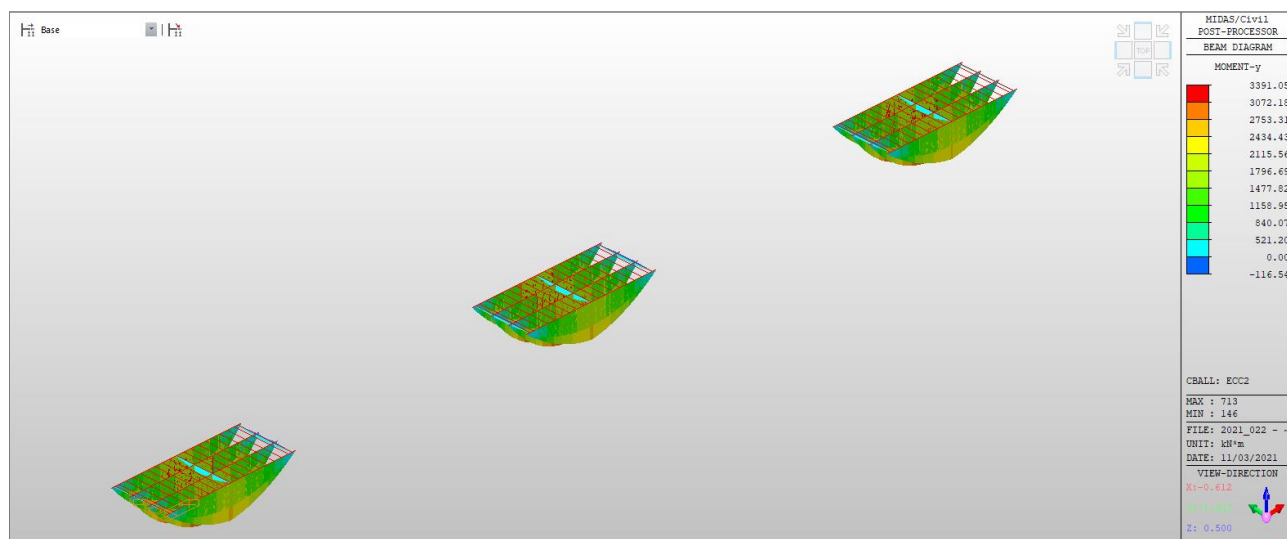


Figura 23 Travi tampone - diagramma di momento

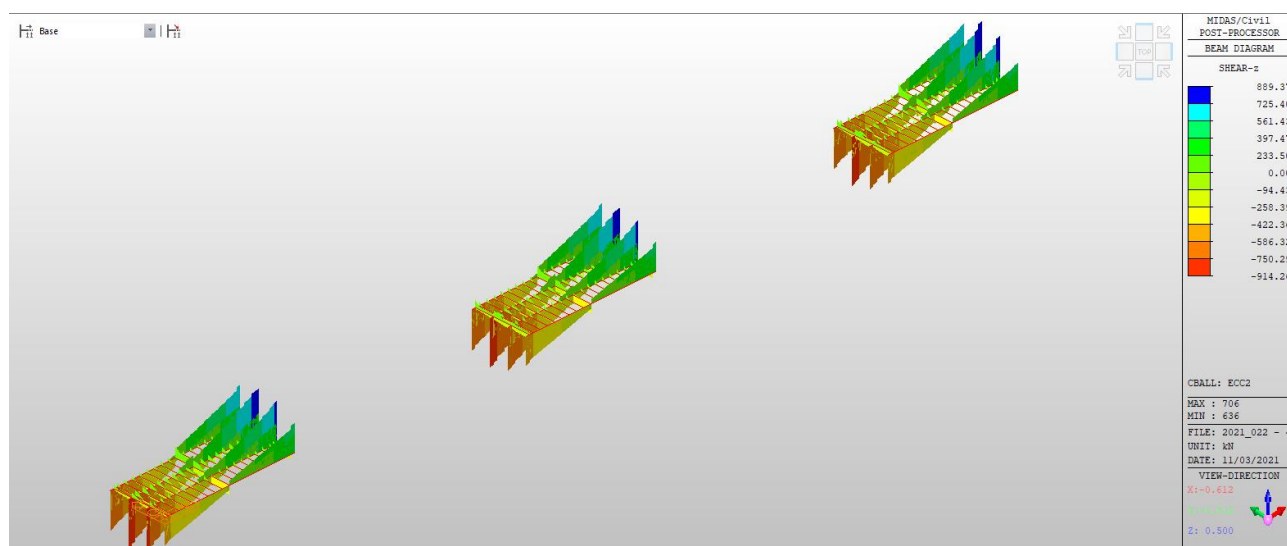


Figura 24 Travi tampone - diagramma di taglio

CARICO ECCEZIONALE - ECC2			
TRAVE TAMPONE - bordo			
Momento resistente positivo	Mrd+=	4016.27	kNm
Taglio resistente	Vrd=	992.12	kN
Momento sollecitante	Med=	3391	kNm
		VERIFICATO	
Taglio sollecitante	Ved=	914	kN
		VERIFICATO	
TRAVE CONTINUA - bordo			
Momento resistente positivo	Mrd+=	5165.79	kNm
Taglio resistente	Vrd=	1832	kN
Momento sollecitante	Med=	3895	kNm
		VERIFICATO	
Taglio sollecitante	Ved=	1183	kN
		VERIFICATO	

La verifica risulta soddisfatta.

RTP: ITS Srl (capogruppo), Prof. Ing. Pier Giorgio Malerba

Nome file: PE STR RE 04_A_Transitabilità per carichi eccezionali

5.2.3 CARICO ECCEZIONALE 3 – ECC3

5.2.3.1 DIAGRAMMI DELLE SOLLECITAZIONI E VERIFICHE

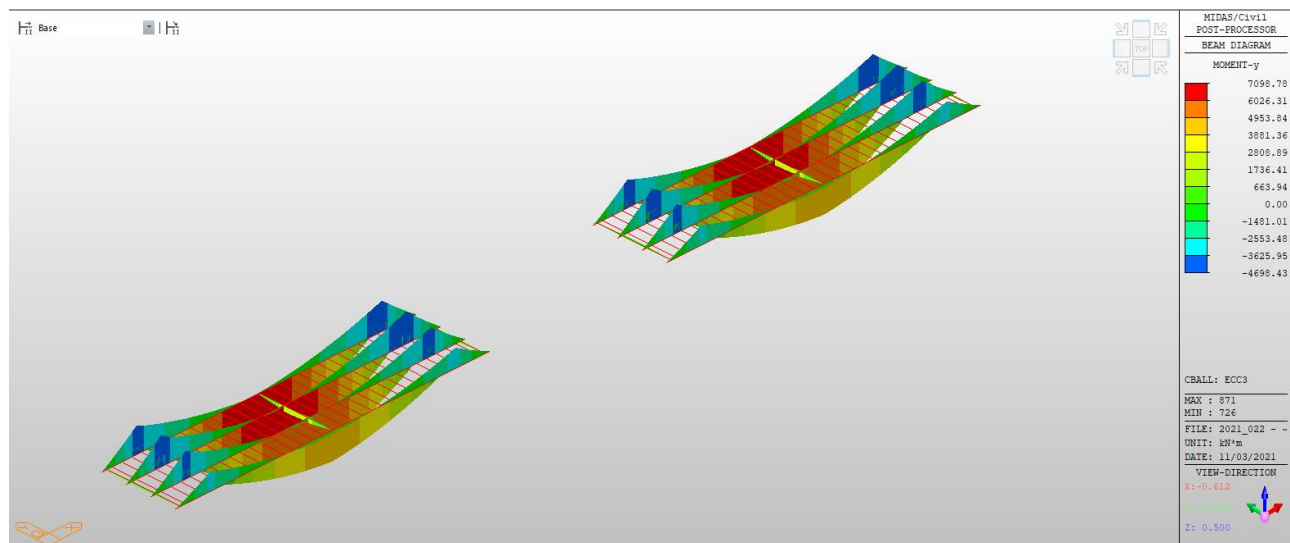


Figura 25 Travi continue - diagramma di momento

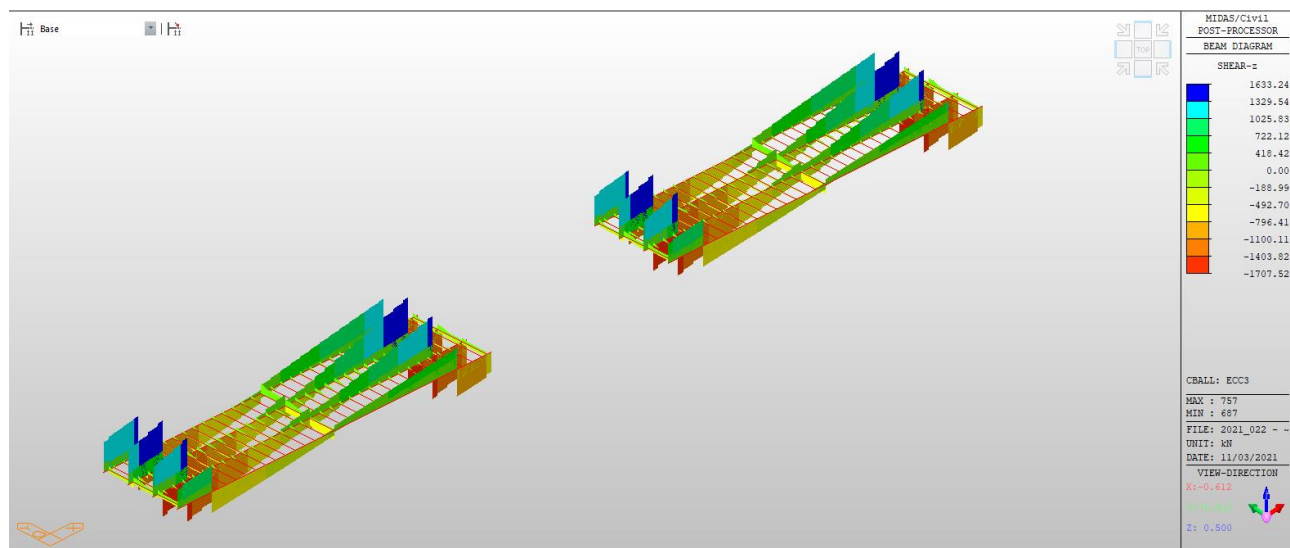


Figura 26 Travi continue - diagramma di taglio

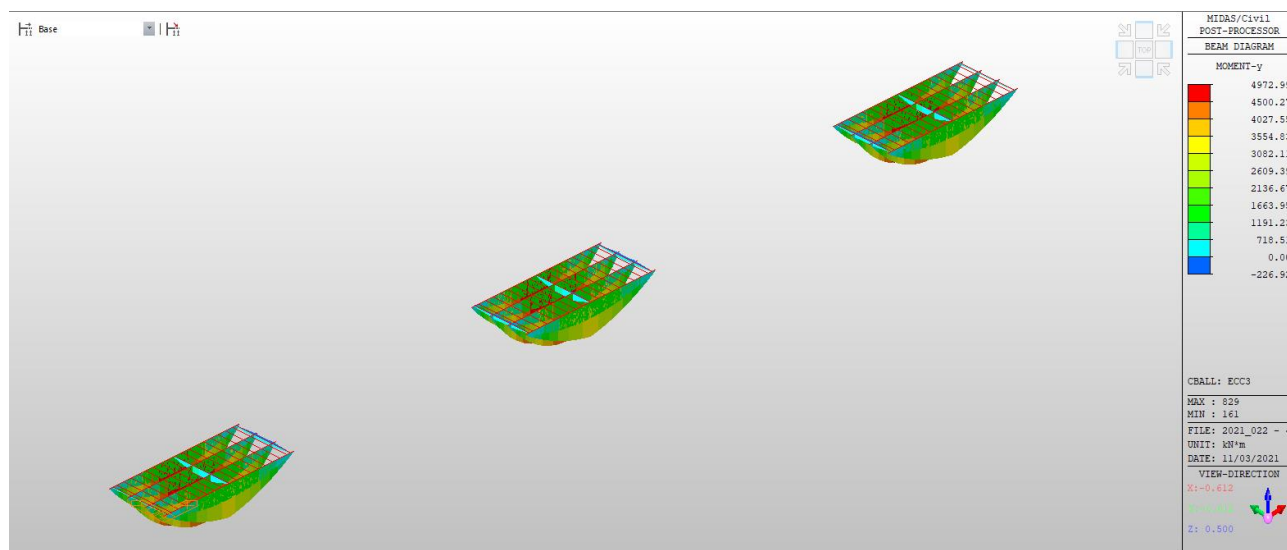


Figura 27 Travi tampone - diagramma di momento

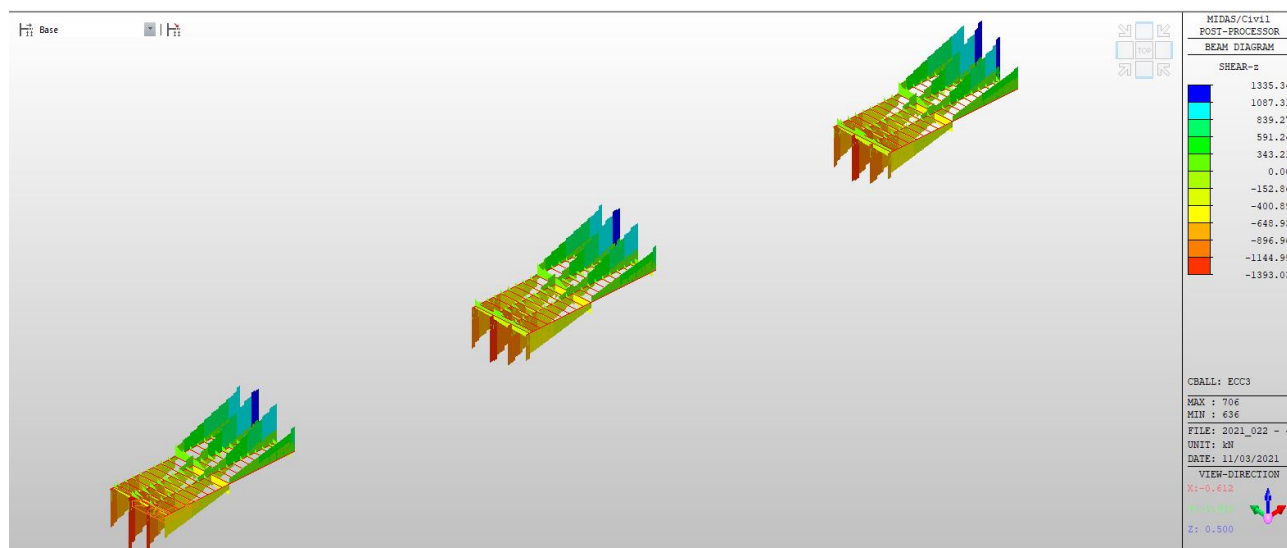


Figura 28 Travi tampone - diagramma di taglio

CARICO ECCEZIONALE - ECC3			
TRAVE TAMPONE - bordo			
Momento resistente positivo	Mrd+=	4016.27	kNm
Taglio resistente	Vrd=	992.12	kN
Momento sollecitante	Med=	4972	kNm
		NON VERIFICATO	
Taglio sollecitante	Ved=	1393	kN
		NON VERIFICATO	
TRAVE CONTINUA - bordo			
Momento resistente positivo	Mrd+=	5165.79	kNm
Taglio resistente	Vrd=	1832	kN
Momento sollecitante	Med=	7098	kNm
		NON VERIFICATO	
Taglio sollecitante	Ved=	1707	kN
		VERIFICATO	

La verifica non risulta soddisfatta.

5.2.4 OSSERVAZIONI E ALTRE CONFIGURAZIONI DI CARICO

Nelle verifiche appena condotte, come dichiarato sopra nel capitolo, il carico eccezionale è stato impostato seguendo le indicazioni delle NTC18 per quanto riguarda le corsie di carico. Poiché tuttavia il confronto tra le sollecitazioni agenti e resistenti ha dato esito negativo per il tratto di Reggio Emilia si indaga la possibilità che il carico eccezionale non scorra in una delle corsie convenzionali ma, come spesso accade, transiti in centro alla carreggiata. Di norma, infatti, i ponti e viadotti vengono chiusi al traffico ordinario al passaggio di un carico eccezionale.

Si definisce dunque una nuova corsia di carico in centro alla carreggiata. Le verifiche con unica corsia di carico vengono condotte esclusivamente per i carichi ECC 1 e ECC3, ovvero quelli che non risultavano verificati in precedenza con le corsie di carico previste da norma.

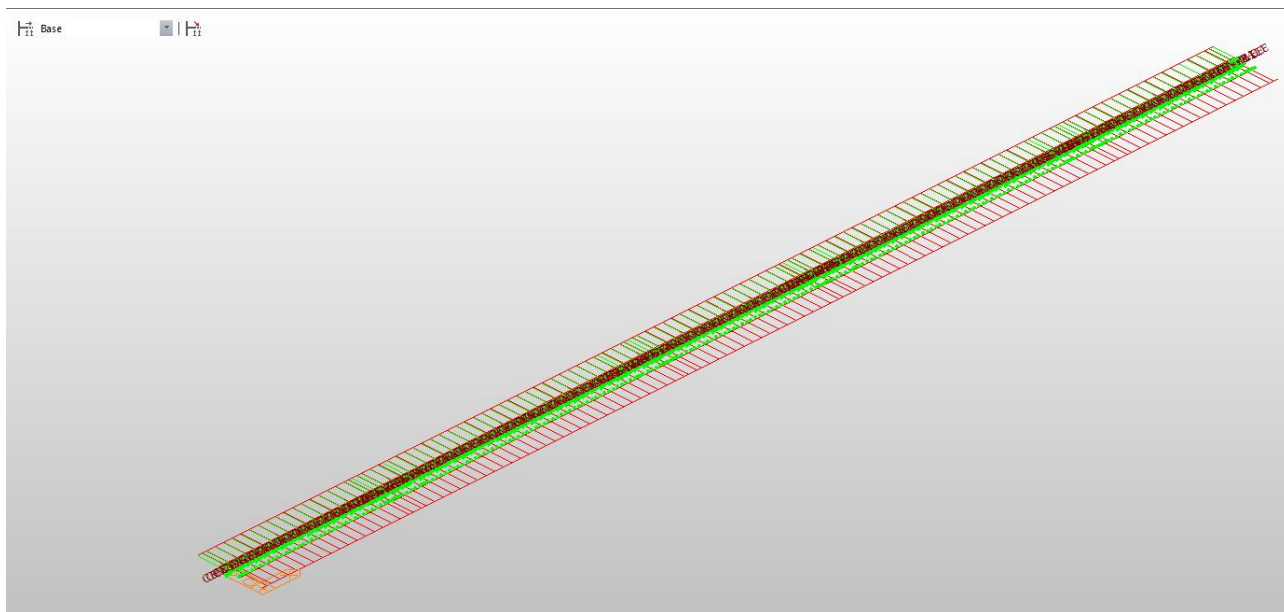


Figura 29 Definizione della nuova corsia di carico

5.2.4.1 SOLLECITAZIONI

CARICO ECCEZIONALE - ECC1 - CENTRALE			
TRAVE TAMPONE - interna			
Momento resistente positivo	Mrd+=	3911 kNm	
Taglio resistente	Vrd=	992 kN	
Momento sollecitante	Med=	3236 kNm	
		VERIFICATO	
Taglio sollecitante	Ved=	905 kN	
		VERIFICATO	
TRAVE CONTINUA - interna			
Momento resistente positivo	Mrd+=	4816 kNm	
Taglio resistente	Vrd=	1832 kN	
Momento sollecitante	Med=	3302 kNm	
		VERIFICATO	
Taglio sollecitante	Ved=	1127 kN	
		VERIFICATO	

CARICO ECCEZIONALE - ECC3 - CENTRALE		
TRAVE TAMPONE - interna		
Momento resistente positivo	Mrd+=	3911 kNm
Taglio resistente	Vrd=	992 kN
Momento sollecitante	Med=	3245 kNm
		VERIFICATO
Taglio sollecitante	Ved=	928 kN
		VERIFICATO
TRAVE CONTINUA - interna		
Momento resistente positivo	Mrd+=	4816 kNm
Taglio resistente	Vrd=	1832 kN
Momento sollecitante	Med=	3919 kNm
		VERIFICATO
Taglio sollecitante	Ved=	1135 kN
		VERIFICATO

In questo caso le verifiche risultano soddisfatte.

6 CONCLUSIONI

Gli interventi di rinforzo dell'impalcato previsti nell'ambito del 1° e 2° lotto di intervento, garantiscono la transitabilità dei veicoli eccezionali presi in considerazione.

Mentre nel tratto di ponte in provincia di Mantova il transito può avvenire senza limiti di corsia, nel tratto di Reggio Emilia, il transito è verificato esclusivamente con un'unica corsia di carico in centro carreggiata.

Il veicolo con carico eccezionale dovrà percorrere il ponte mantenendosi al centro della carreggiata, così facendo si ha un'uguale divisione del carico sulle travi e non si generano pericolose eccentricità di carico nella sezione trasversale. Il mezzo deve, altresì, percorrere il ponte a velocità moderata (5km/h) al fine di non generare effetti di amplificazione dinamica sulla struttura.

Infine, si conclude osservando che anche le selle Gerber risultano verificate nel rispetto dei carichi eccezionali considerati. A tal scopo, nella relazione di calcolo *PE STR RE 02 A - Relazione di calcolo precompressione esterna*, è stato eseguito un confronto delle sollecitazioni sui denti delle selle di post intervento rispetto a quelle di progetto simulato secondo DM'62.