

PBS041

1

4

A

20

20

00

00

CODICE COMMESSA

LOTTO

FASE

TITOLO

REV

CUP: H47H20001950005

Scala:

DOC


**PROVINCIA
DI BRESCIA**

Provincia di BRESCIA

**AREA TECNICA E DELL'AMBIENTE
SETTORE DELLE STRADE E DEI TRASPORTI**

SPBS 069 "CALVISANO-CARPENEDOLO" MANUTENZIONE STRAORDINARIA DEL PONTE AL KM 5+170 IN COMUNE DI CALVISANO (cod. manufatto BSSP069_P001)

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazioni

Verifica di Transitabilità - T.E.



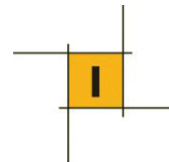
Ingegneria Territorio Grandi Infrastrutture - Roma
via S. Erasmo, 16 - 00184 Roma

Gruppo di progettazione Integra:
- Prof. Ing. Marco Petrangeli
- Ing. F. Oliveti
- Ing. A. Tanasache
- Ing. G. Potenza

REV.	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DATA
0	EMISSIONE	INTEGRA	Ing. N. Sottura	Ing. R. Salvadori	Maggio 2022

INDICE

1	INTRODUZIONE.....	2
2	VERIFICA DI TRANSITABILITA' T.E.	3
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
4	MATERIALI	4
5	GEOMETRIA IMPALCATO.....	5
6	ANALISI DEI CARICHI.....	6
7	PRESTAZIONI STRUTTURALI.....	7
7.1	Categoria A	7
7.2	Categoria B	9
8	RIEPILOGO E CONCLUSIONI.....	17



1 INTRODUZIONE

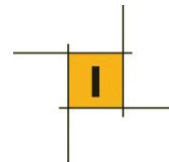
La presente relazione illustra le analisi e le verifiche strutturali necessarie a valutare la transitabilità di trasporti eccezionali, del ponte sul fiume Chiese sulla strada Provinciale SP06 (km 5+170), situato nel comune di Calvisano una volta realizzati gli interventi di miglioramento strutturale previsti.



Figura 1: Inquadramento Ponte

L'impalcato in questione è composto da un totale di 3 campate in cemento armato, con luce appoggi della campata centrale (campata più lunga) di 15.85 m. La lunghezza complessiva del ponte è di 51.35 m.

Il ponte presenta uno schema statico di trave appoggiata. Le valutazioni riguarderanno la nuova geometria dell'impalcato (sezione strutturale maggiore) e i nuovi carichi permanenti strutturali e non strutturali.



2 VERIFICA DI TRANSITABILITA' T.E.

Si valutano le prestazioni strutturali dell'impalcato nei confronti del passaggio del trasporto eccezionale (T.E.). In particolare saranno considerati 2 categorie di carichi eccezionali, categoria A e categoria B rispettivamente. La categoria B comprenderà 3 tipologie di carichi, ognuno dei quali con lunghezza e pesi differenti.

Sono state individuate le sezioni di impalcato di riferimento per le quali si è valutato lo stato tensionale innescato dal transito del carico accidentale in questione.

In particolar modo, le sezioni che risultano essere maggiormente sollecitate sono le seguenti:

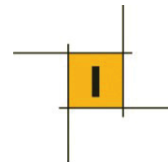
1. Mezzeria Campata Centrale – Sollecitazione flettente
2. Appoggio Campata Centrale – Sollecitazione tagliente

L'opera in questione presenta una carreggiata a due corsie di traffico a doppio senso di marcia.

Si riporta di seguito le caratteristiche delle due categorie di carico prese in considerazione:

- A. Convoglio da 108 tonnellate con peso assi 13 tonnellate massimo e lunghezza convoglio 16.5 m. Le condizioni di transito per questa categoria sono quelle di una corsia isolata per il trasporto eccezionale e nell'altra corsia la presenza del traffico leggero come da CdS.
- B. Convogli con carichi eccezionali da oltre 108 tonnellate. Poiché il passaggio di un eventuale carico eccezionale occuperebbe più di una corsia le condizioni in questo caso sono di transito esclusivo del convoglio in asse carreggiata con velocità ridotta a 5-10 km/h. Le lunghezze e i pesi complessivi dei convogli sono variabili a seconda del tipo di convoglio. Verranno considerati 3 schemi tipici, come sarà illustrato di seguito.

Il passaggio del carico eccezionale verrà analizzato prendendo in considerazione la campata centrale. Vale la pena precisare che per convogli di lunghezza maggiore di 16.0 m sono una parte del carico graverà sulla campata centrale mentre il restante sulle pile e sulle campate adiacenti. Pertanto, i carichi effettivi sulla campata risulteranno minori di quelli totali da schema di carico.



3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'assessment realizzato su questo impalcato è stato condotto con riferimento alle seguenti normative:

- D.M. 17 Gennaio 2018 – “Normativa Tecnica per le Costruzioni”
- Circ. Min. 21 Gennaio 2019, n. 21 – “Circolare esplicativa”
- linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti.
- UNI EN 1992-1-1:2005 – Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo

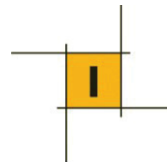
4 MATERIALI

Si riporta a seguire una tabella riassuntiva dei materiali scelti considerando tutti i dati reperiti sia dall'analisi storico critica che dalle indagini condotte sull'impalcato.

Materiali		
γ_{usura}	13	kN/m ³
γ_{binder}	17	kN/m ³
γ_{cls}	25	kN/m ³
$R_{ck,c}$	40	MPa
$f_{ck,c}$	33.2	MPa
$f_{cd,c}$	22.4	MPa
$f_{uk,s}$	340	MPa
$f_{yk,c}$	309	MPa
E_{cls}	33643	MPa
E_s	200000	MPa

Tabella 1: Caratteristiche materiali

Il fattore di confidenza impiegato nel presente studio è FC 1 (livello di conoscenza 3), pertanto ai fini delle verifiche strutturali degli elementi indagati i valori di resistenza non terranno conto del fattore di confidenza.



5 GEOMETRIA IMPALCATO

Si riportano in tabella le dimensioni principali dell'impalcato e il profilo trasversale post intervento.

Geometria		
L_{trave}	16.35	[m]
B_{trave}	0.20	[m]
H_{trave}	1.00	[m]
s_{sol}	0.30	[m]
h_{binder}	0.04	[m]
h_{usura}	0.04	[m]
n_{tr}	5.00	[-]
L_{trasv}	7.00	[m]
$H_{trasversi}$	0.90	[m]
$B_{trasversi}$	0.20	[m]

Tabella 2: Tabella geometria elementi

IPOTESI REALIZZATIVA B

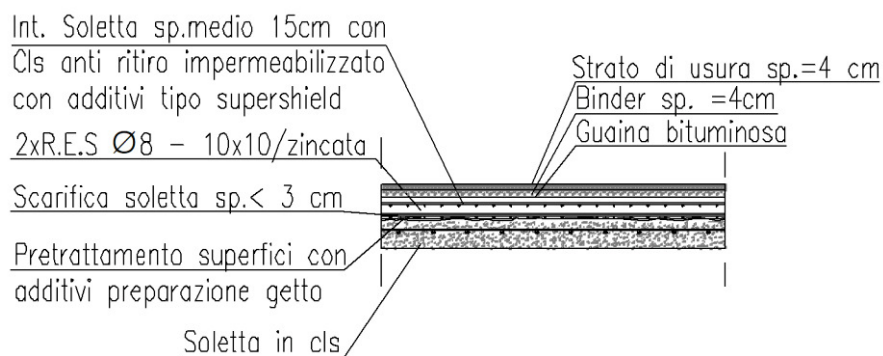


Figura 2: Stratigrafia impalcato post intervento

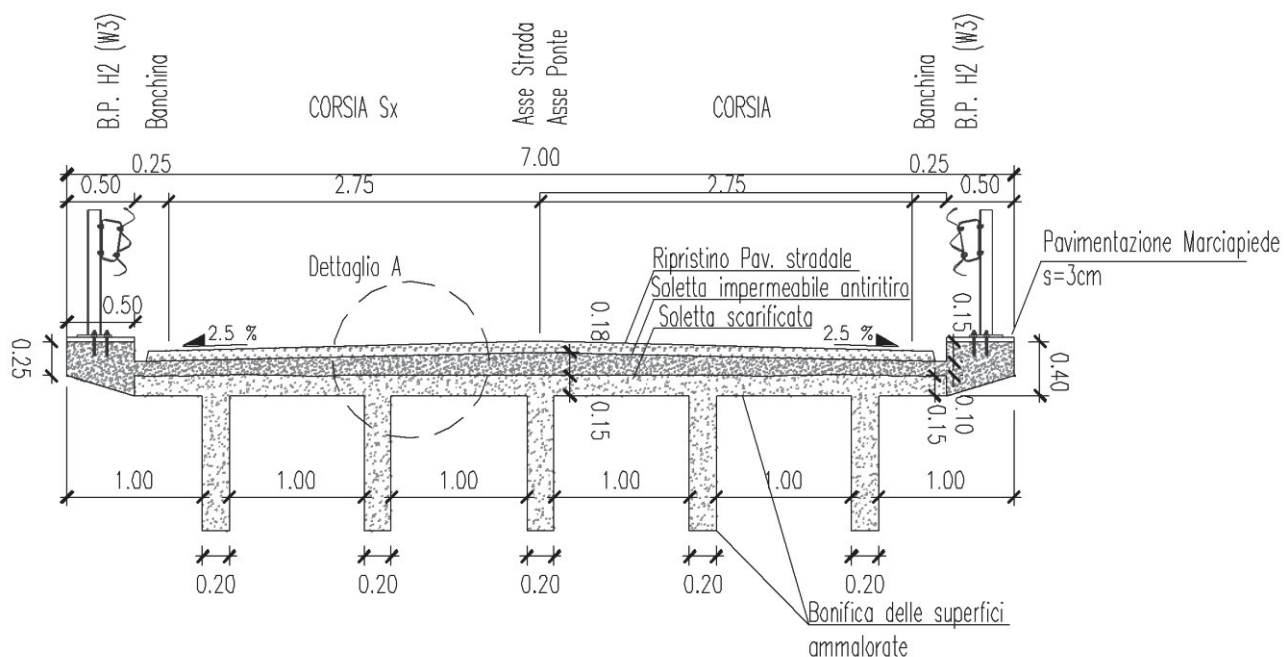
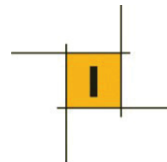


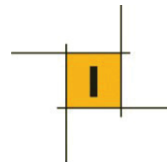
Figura 3: Sezione trasversale post intervento

6 ANALISI DEI CARICHI

Per valutare lo stato tensionale nell'impalcato è stata condotta una analisi dei carichi. Si riporta a seguire una tabella riassuntiva dei pesi ottenuti per i carichi permanenti strutturali e non strutturali. L'intervento previsto ha permesso una riduzione del permanente portato e la rimozione dei New Jersey.

Analisi dei carichi									
		B [m]	H [m]	L [m]	A [m ²]	V [m ³]	P_cad [kN]	el.	P_tot [kN]
G1	Trave	0.20	1.00	16.35	0.20	3.27	81.75	5	409
	Trasversi	0.20	0.90	1.00	0.18	0.18	4.50	20	90
	Soletta	7.00	0.30	16.35	2.10	34.34	858.38	1	858
G2	Strato di usura	7.00	0.04	16.35	0.28	4.58	59.51	1	60
	Binder	7.00	0.04	16.35	0.28	4.58	77.83	1	78
barriere		-	-	16.35	-	-	0.75	2	25
TOT.									1519

Tabella 3: Analisi dei carichi post intervento



7 PRESTAZIONI STRUTTURALI

Si riportano a seguire i risultati ottenuti per le valutazioni delle prestazioni strutturali nelle due sezioni di verifica individuate per le categorie di carichi presi in considerazione.

7.1 CATEGORIA A

Si considera su una delle due corsie il passaggio di un convoglio (T.E.) composto di 11 assi da 10 tonnellate di lunghezza complessiva pari a 16.5 m. Sull'altra corsia invece si considera il transito di veicoli leggeri come prescritto da Codice della Strada, figura Figura 5.

Caratteristiche Convoglio	n° assi ant.	n° assi post.	n° assi tot.	P _{asse,ant} [kN]	P _{asse,post} [kN]	P _{assi/distribuito} [kN]	P _{tot} [kN]
Trasporto eccezionale	-	-	11	-	-	98.1	1079.1
Traffico leggero	1	1	2	25.0	50.0	252.0	327.0
TOT.							1406

Tabella 4: Caratteristiche moving load

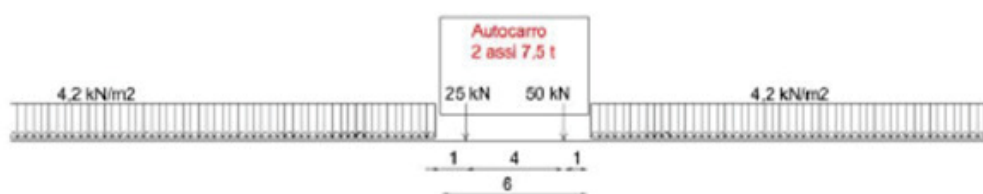


Figura 4: Possibile distribuzione di carico corrispondente ad un mezzo di 75 kN

Si riporta di seguito l'applicazione dei carichi sul modello.

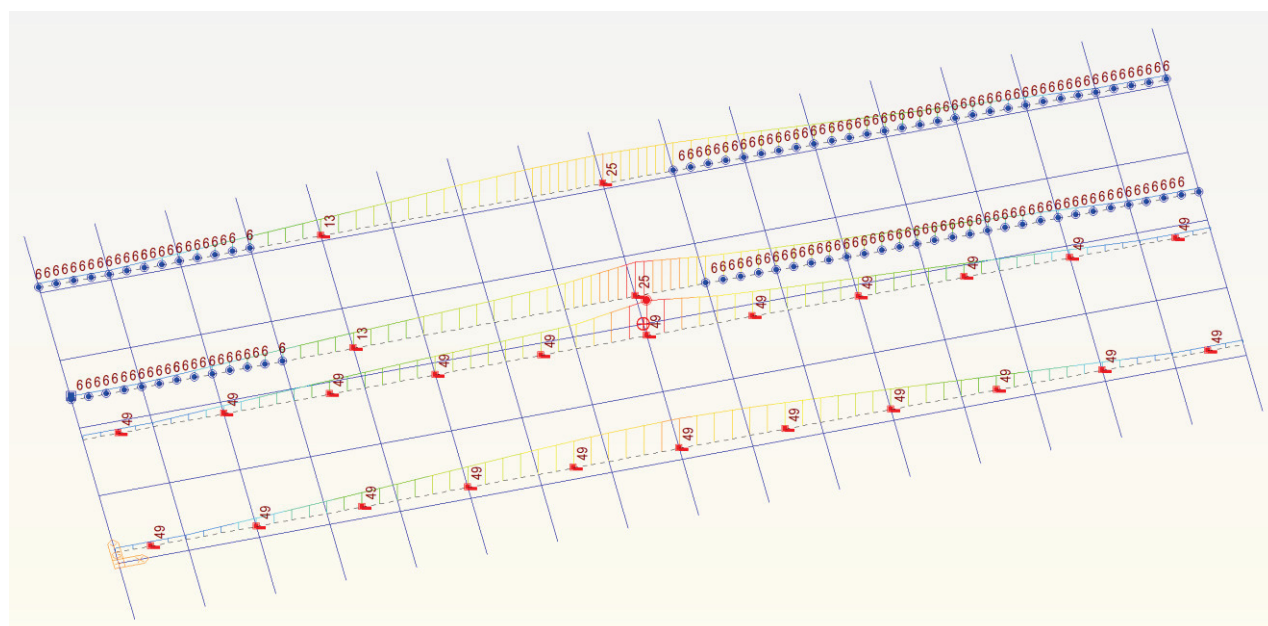
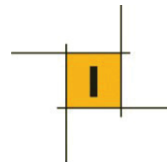


Figura 5: Applicazione T.E. e traffico leggero sul modello di calcolo



La combinazione di carico considerata è la seguente:

$$SLU_T.E._A = 1.1*(G_1+G_2) + 1* \text{Moving Load}$$

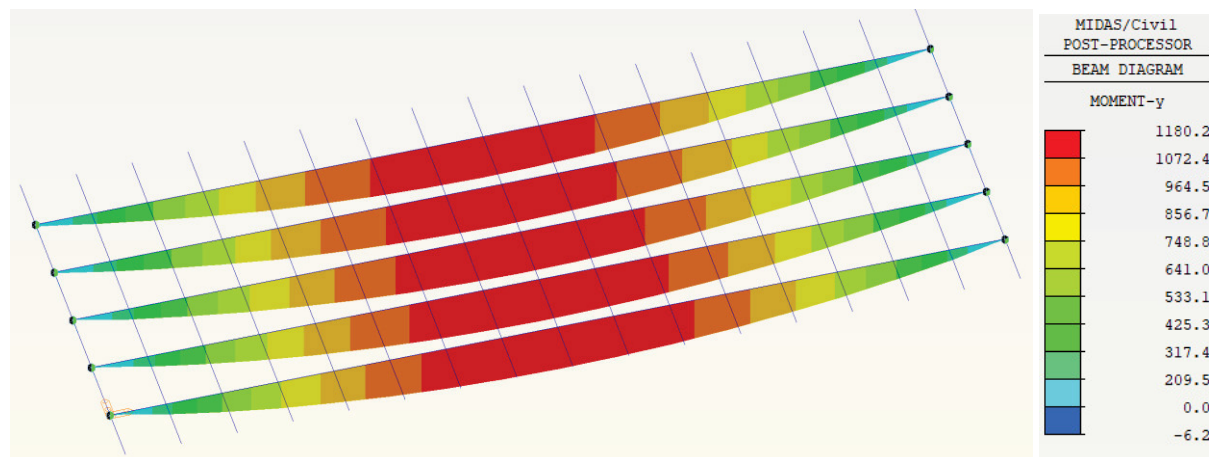


Figura 6: Momento flettente in mezzeria

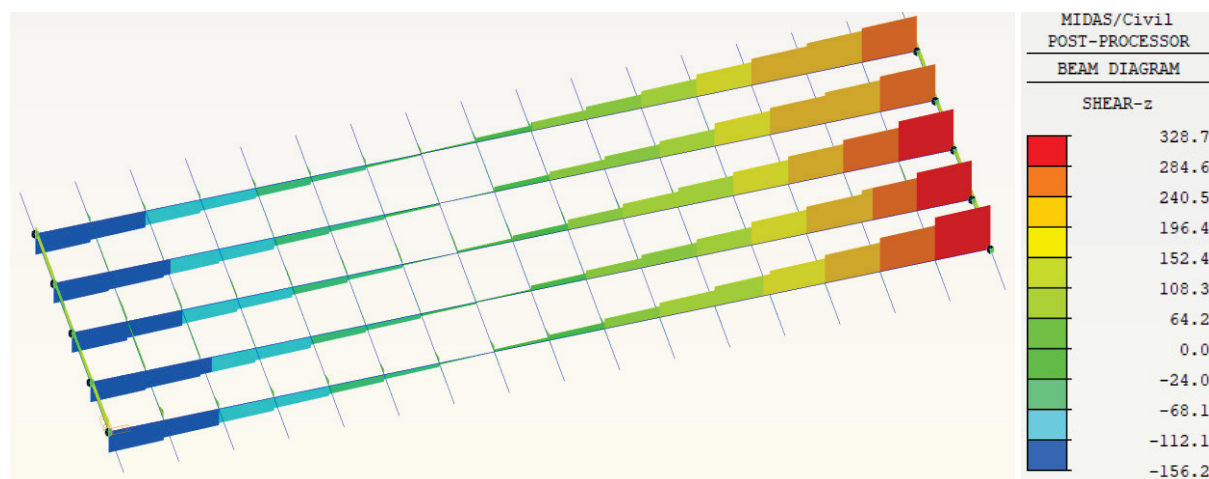
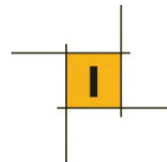


Figura 7: Taglio appoggi

Per la verifica sono state estrapolate le sollecitazioni in corrispondenza delle sezioni di verifica (mezzeria e appoggio). Si riporta a seguire la tabella con le sollecitazioni, la capacità sezionale (coefficienti di sicurezza), il tasso di lavoro dell'armatura inferiore della trave e la percentuale di carico accidentale che graverà sulla campata. Quest'ultimo in questo caso sarà il 100%.

Com b	Ved (kN)	Med (kNm)	VRd (kN)	MRd (kNm)	ρ_v	ρ_m	σ_s (MPa)	σ_s (%)	PESO TOT (kN)	SCARICO CAMPATA (kN)	SCARICO (%)
TIPO A	328.7	1180.2	465.0	1540.0	1.4	1.3	257.0	83%	1406.0	1400.0	100%

Tabella 5: Tabella verifiche T.E. categoria A



7.2 CATEGORIA B

Si considerano tre tipologie di convogli con carichi eccezionali di oltre 108 tonnellate. Le condizioni di carico in questo caso sono di transito esclusivo del convoglio in asse carreggiata con velocità ridotta a 5-10 km/h.

7.2.1 Tipo 1

La prima tipologia di T.E. consiste nel passaggio di un convoglio da 16 assi da 13 tonnellate, come riportato in Figura 8. La lunghezza complessiva del convoglio è di 34,36 m. Il rimorchio anteriore è composto da 2 assi da 8 tonnellate e 2 assi da 13 tonnellate. In questo caso, viste le lunghezze del convoglio e della campata centrale, il peso scaricato sulla campata sarà circa il 60%.

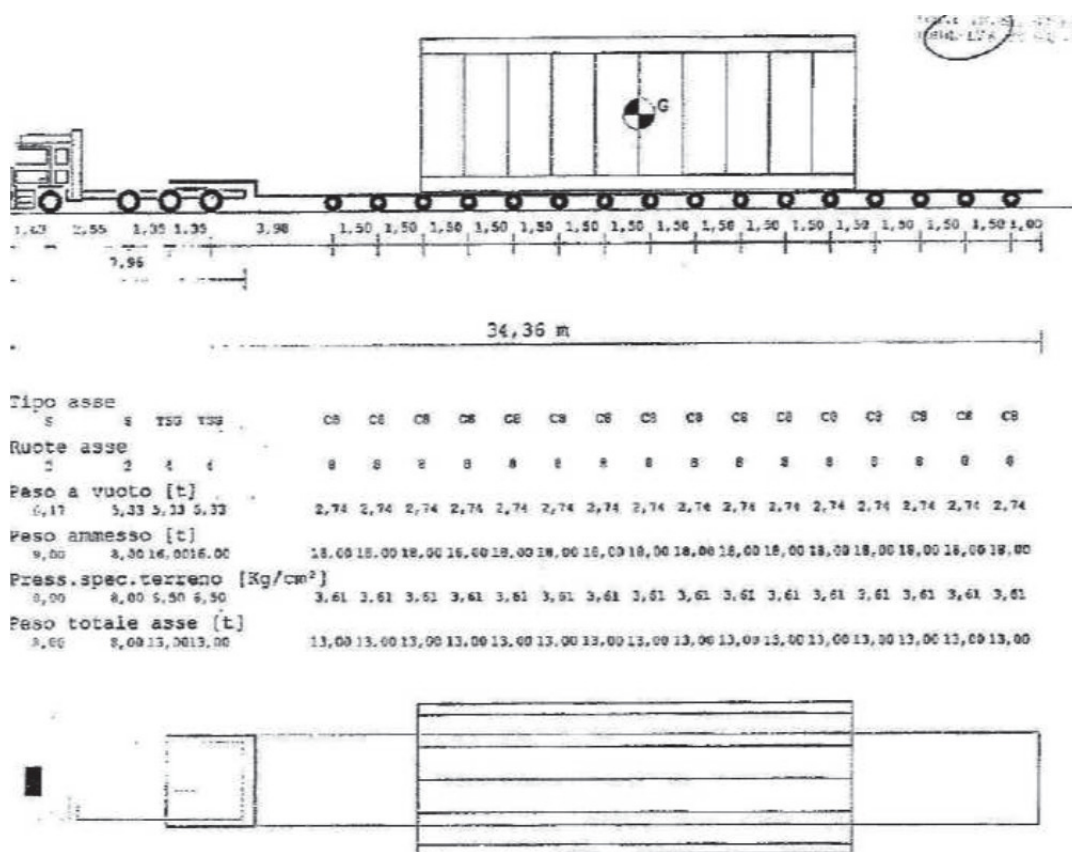
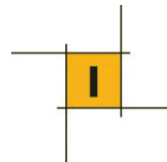


Figura 8: Carico tipo 1

Caratteristiche Convoglio	n° assi ant.	n° assi post.	n° assi tot.	P _{asse,ant} [kN]	P _{asse,post} [kN]	P _{assi} [kN]	P _{tot} [kN]
Rimorchio anteriore	2	2	4	78.5	127.6	-	412.2
Trasporto eccezionale	-	-	16	-	-	127.6	2041.6
TOT.							2454

Tabella 6: Caratteristiche convoglio tipo 1



Si riporta di seguito l'applicazione dei carichi sul modello.

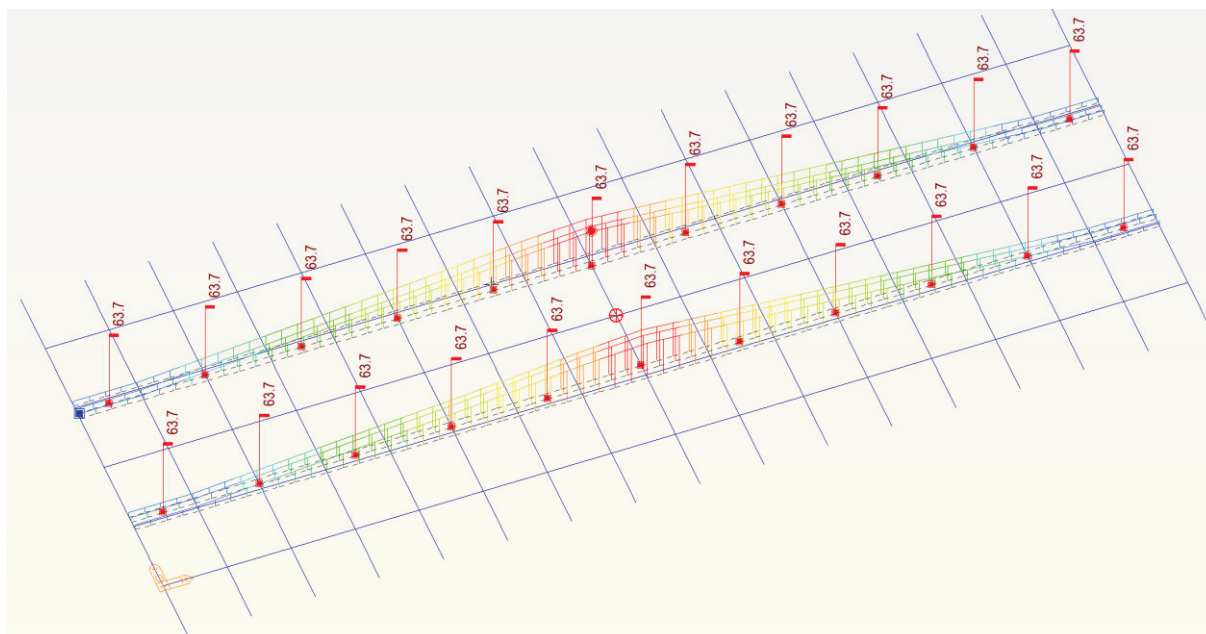


Figura 9: Applicazione T.E. sul modello di calcolo

La combinazione di carico considerata è la seguente:

$$SLU_T.E._B1 = 1.1 \cdot (G_1 + G_2) + 1 \cdot \text{Moving Load}$$

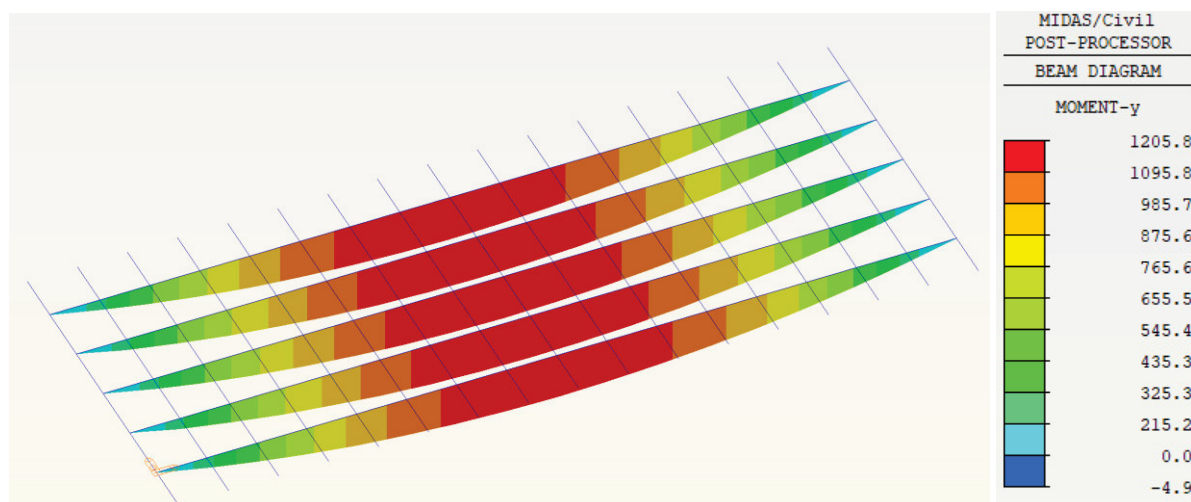


Figura 10: Momento flettente in mezzeria

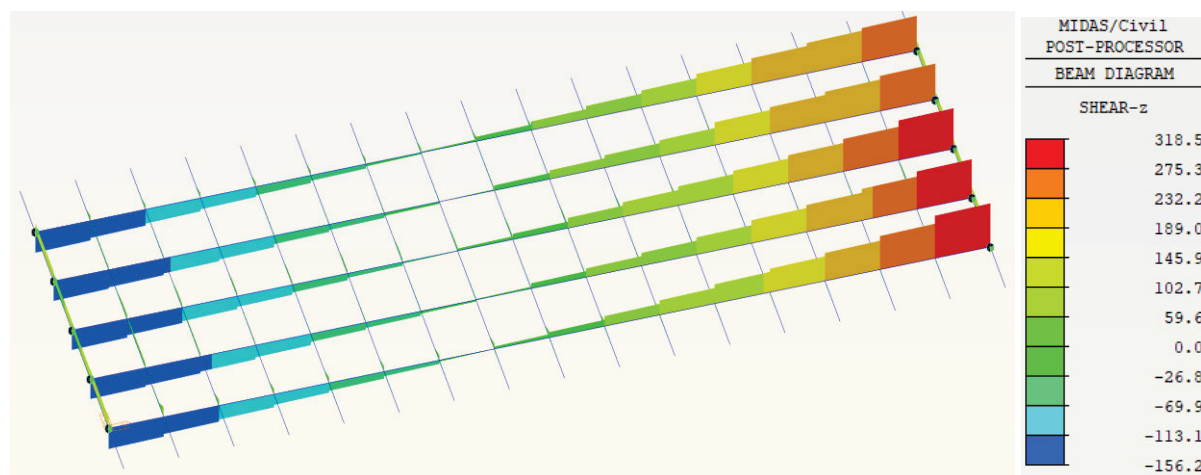
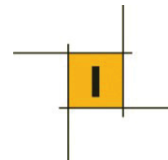


Figura 11: Taglio appoggi

Per la verifica sezionale sono state estrapolate le sollecitazioni in corrispondenza delle sezioni di verifica (mezzera e appoggio). Si riporta a seguire la tabella con le sollecitazioni, la capacità sezionale (coefficienti di sicurezza), il tasso di lavoro dell'armatura inferiore della trave e la percentuale di carico accidentale che graverà sulla campata.

Com b	Ved (kN)	Med (kNm)	VRd (kN)	MRd (kNm)	ρ_v	ρ_M	σ_s (MPa)	σ_s (%)	PESO TOT (kN)	SCARICO CAMPATA (kN)	SCARICO (%)
TIPO 1	318.5	1205.8	465.0	1540.0	1.5	1.3	262.4	85%	2453.8	1402.2	57%

Tabella 7: Tabella verifiche T.E. categoria A

7.2.2 Tipo 2

La prima tipologia di T.E. consiste nel passaggio di un convoglio da 20 assi da 14.4 tonnellate, come riportato in Figura 12. La lunghezza complessiva del convoglio è di 32.16 m. Il rimorchio anteriore è composto da 2 assi da 7 tonnellate e 2 assi da 13 tonnellate. In questo caso, viste le lunghezze del convoglio e della campata centrale il peso scaricato sulla campata sarà circa il 40%.



Tabella 8: Caratteristiche convoglio tipo 2

pag. 12

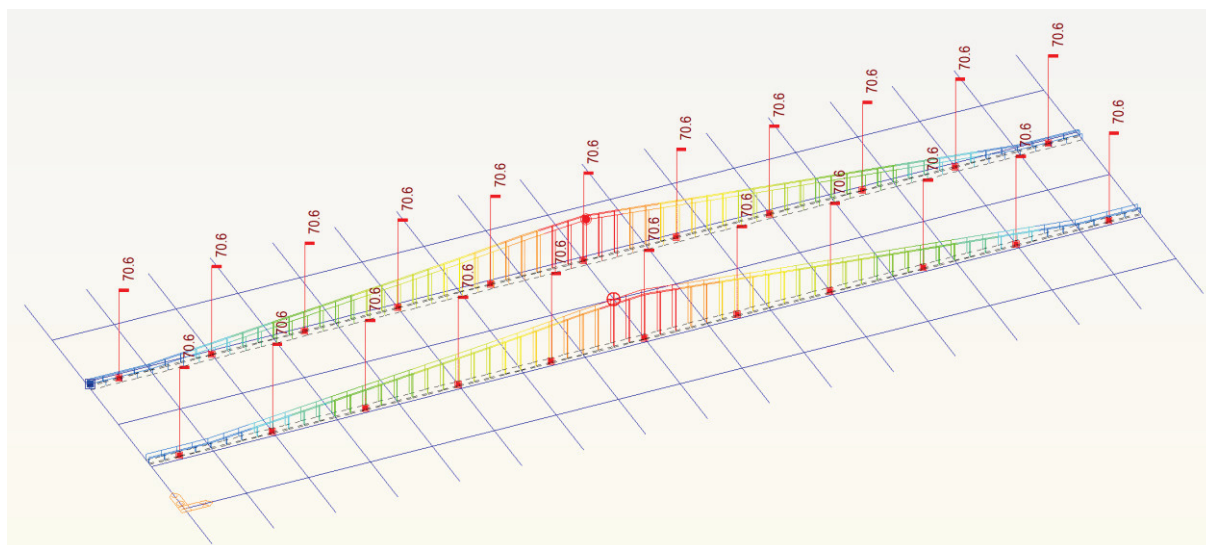
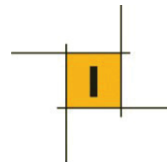


Figura 13: Applicazione T.E. sul modello di calcolo

La combinazione di carico considerata è la seguente:

$$SLU_T.E._B2 = 1.1*(G_1+G_2) + 1* \text{Moving Load}$$

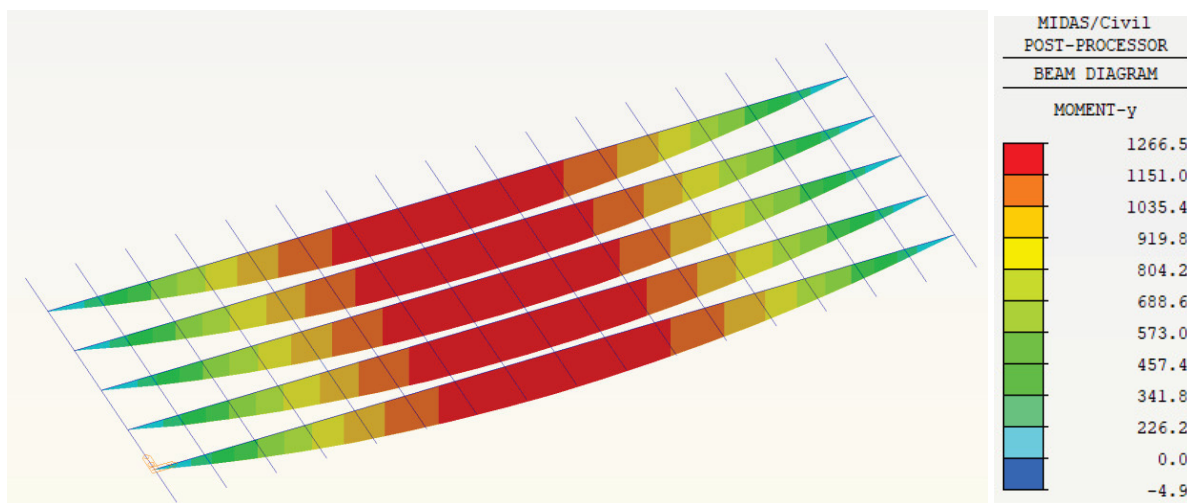


Figura 14: Momento flettente in mezzeria

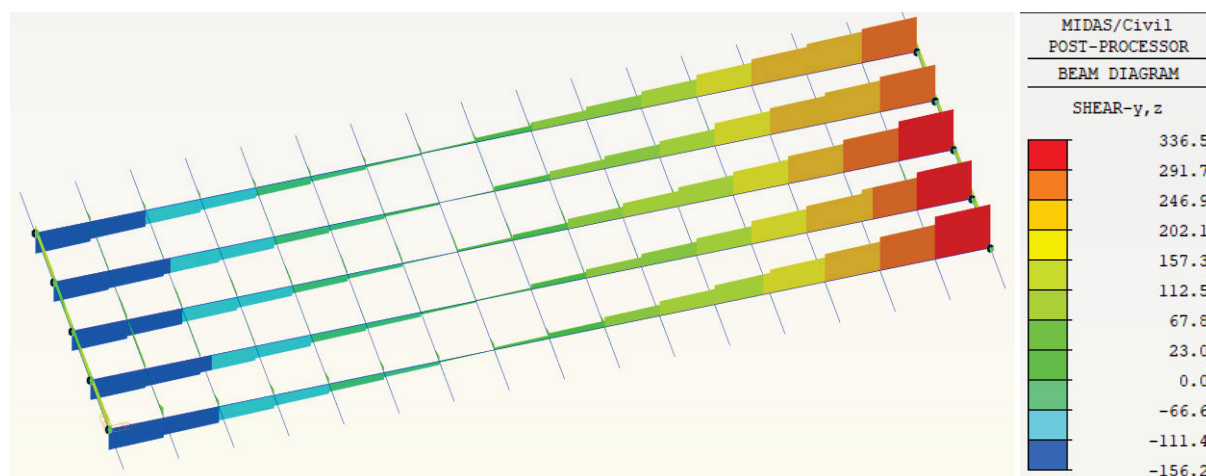
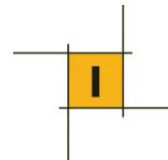


Figura 15:Taglio appoggi

Per la verifica sezionale sono state estrapolate le sollecitazioni in corrispondenza delle sezioni di verifica (mezzeria e appoggio). Si riporta a seguire la tabella con le sollecitazioni, la capacità sezionale (coefficienti di sicurezza), il tasso di lavoro dell'armatura inferiore della trave e la percentuale di carico accidentale che graverà sulla campata.

Com b	Ved (kN)	Med (kNm)	VRd (kN)	MRd (kNm)	ρ_V	ρ_M	σ_s (MPa)	σ_s (%)	PESO TOT (kN)	SCARICO CAMPATA (kN)	SCARICO (%)
TIPO 2	336.5	1266.5	465.0	1540.0	1.4	1.2	275.7	89%	3611.0	1553.4	43%

Tabella 9: Tabella verifiche T.E. categoria B2

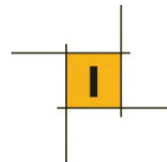
7.2.3 Tipo 3

La prima tipologia di T.E. consiste nel passaggio di un convoglio da 12 assi da 12.75 tonnellate, come riportato in Figura 16. La lunghezza complessiva del convoglio è di 21 m. Il rimorchio anteriore è composto da 2 assi da 8 tonnellate e 2 assi da 12 tonnellate. In questo caso, viste le lunghezze del convoglio e della campata centrale il peso scaricato sulla campata sarà circa 70%.



Tabella 10: Caratteristiche convoglio tipo 2

Figura 17: Applicazione T.E. sul modello di calcolo



La combinazione di carico considerata è la seguente:

$$SLU_T.E._B3 = 1.1 \cdot (G_1 + G_2) + 1 \cdot \text{Moving Load}$$

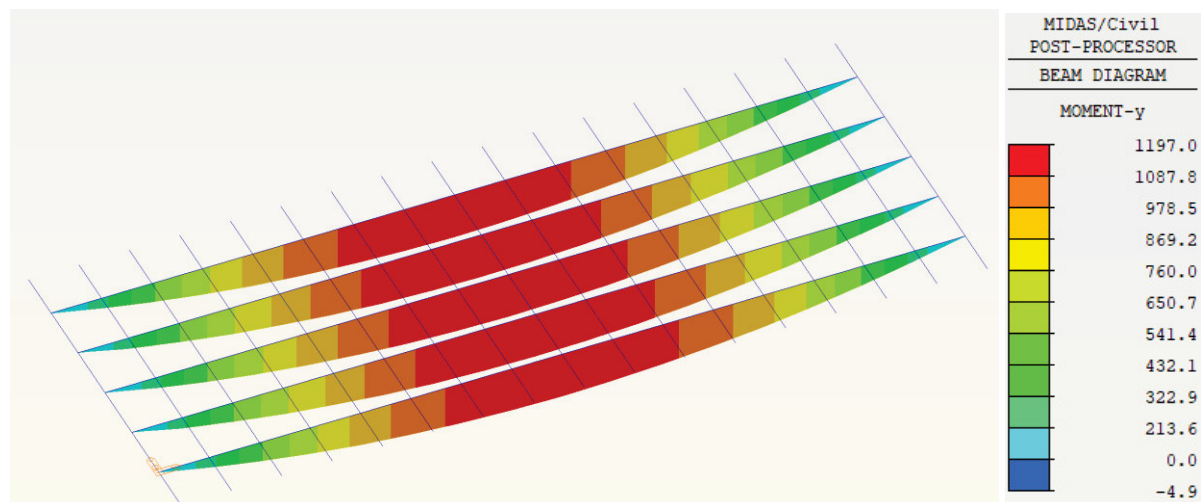


Figura 18: Momento flettente in mezzeria

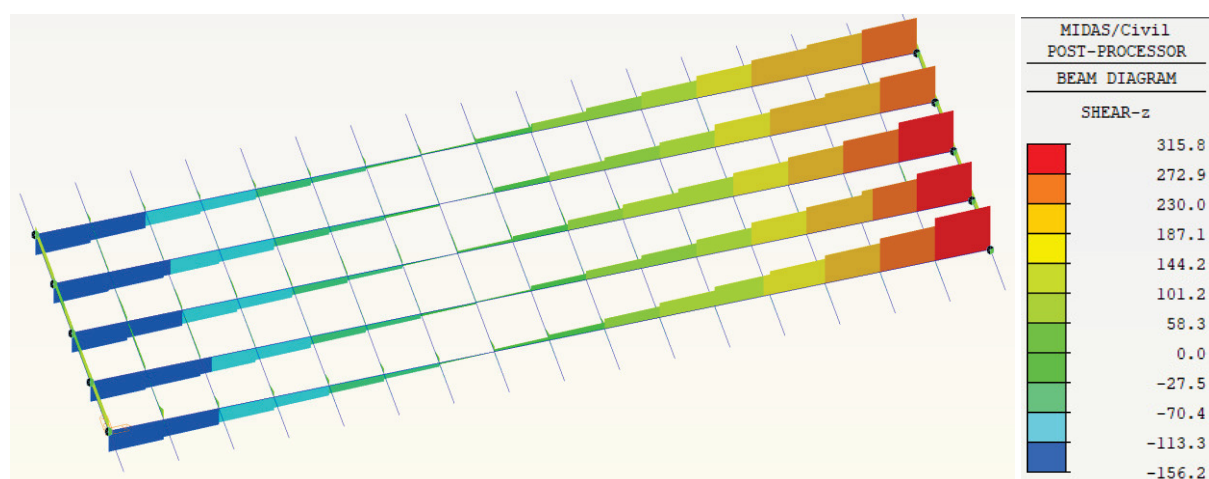
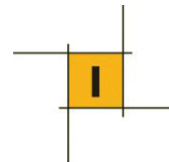


Figura 19: Taglio appoggi

Per la verifica sezionale sono state estrapolate le sollecitazioni in corrispondenza delle sezioni di verifica (mezzeria e appoggio). Si riporta a seguire la tabella con le sollecitazioni, la capacità sezionale (coefficienti di sicurezza), il tasso di lavoro dell'armatura inferiore della trave e la percentuale di carico accidentale che graverà sulla campata.

Com b	Ved (kN)	Med (kNm)	VRd (kN)	MRd (kNm)	ρ_V	ρ_M	σ_s (MPa)	σ_s (%)	PESO TOT (kN)	SCARICO CAMPATA (kN)	SCARICO (%)
TIPO 3	315.8	1197.0	465.0	1540.0	1.5	1.3	260.6	84%	1894.0	1380.7	73%

Tabella 11: Tabella verifiche T.E. categoria B2



8 RIEPILOGO E CONCLUSIONI

Alla luce dei risultati ottenuti dall'analisi condotta si ritiene che le sollecitazioni sono minori della capacità strutturale e nei limiti imposti dalla normativa vigente e che, pertanto, il trasporto eccezionale potrà transitare sul ponte in questione.

Nel caso della categoria A, il carico eccezionale potrà transitare su una delle due corsie permettendo il traffico leggero sulla corsia adiacente. Nel caso della categoria B invece, il carico dovrà necessariamente transitare in asse carreggiata. In questo modo il carico sarà ripartito tra le travi interne, evitando che il passaggio degli pneumatici del T.E. avvenga in corrispondenza della trave di bordo.