



ANAS S.p.A.

Direzione Centrale Programmazione Progettazione

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO –CALTANISSETTA–A19

S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"

AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001
Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19

PROGETTO DEFINITIVO

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

ATI:
TECHNITAL s.p.a. (mandataria)
S.I.S. Studio di Ingegneria Stradale s.r.l.
DELTA Ingegneria s.r.l.
INFRATEC s.r.l Consulting Engineering
PROGIN s.p.a.

I RESPONSABILI DI PROGETTO

Dott. Ing. M. Raccosta
Ordine Ing. Verona n° A1665
Prof. Ing. A. Bevilacqua
Ordine Ing. Palermo n° 4058
Dott. Ing. M. Carlino
Ordine Ing. Agrigento n° A628
Dott. Ing. N. Troccoli
Ordine Ing. Potenza n° 836
Dott. Ing. S. Esposito
Ordine Ing. Roma n° 20837

IL GEOLOGO

INTEGRAZIONE PRESTAZIONI
SPECIALISTICHE

Dott. Ing. M. Raccosta

VISTO: IL RESPONSABILE
DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Massimiliano Fidenzi

VISTO: IL RESPONSABILE DEL
SERVIZIO PROGETTAZIONE

Dott. Ing. Antonio Valente

DATA

PROTOCOLLO

OPERE D'ARTE MAGGIORI – VIADOTTI OPERE SULL'ASSE PRINCIPALE

SVINCOLO CON A19 – RAMPA 3

RELAZIONE PRELIMINARE DI CALCOLO – IMPALCATO

CODICE PROGETTO		NOME FILE	REVISIONE	FOGLIO	SCALA:
L0407B D 0501		P01VI15STRRE08 A.pdf			
CODICE ELAB.		P01VI15STRRE08	A	01 di 01	
D					
C					
B					
A	EMISSIONE	Ottobre 2006	P. Polani	F. Arciuli	C. Marro
REV.	DESCRIZIONE	DATA	VERIFICATO RESP. TECNICO	CONTROLLATO RESP. D'ITINERARIO	APPROVATO RESP. DI SETTORE

INDICE

RELAZIONE TECNICA	3
1 Generalità	3
1.1 Parte “A” – da pila 35 alle pile 40/43	3
1.2 Parte “B” – da pila 43 alla spalla C.....	5
2 Criteri di calcolo	6
2.1 Impalcato.....	6
2.1.1 Statica longitudinale.....	6
2.1.2 Statica trasversale.....	7
3 Riferimenti normativi	8
RELAZIONE SUI MATERIALI	9
4 Conglomerati cementizi	9
5 Acciaio ad aderenza migliorata.....	9
6 Acciaio da carpenteria.....	9
7 Controventi	10
8 Bulloni ad alta resistenza	10
9 Pioli con testa tipo “Nelson”	10
10 Saldature	10
CALCOLI STATICI: PARTE I – IMPALCATO	11
1 Generalità.....	11
2 Analisi dei carichi	11
3 Analisi strutturale.....	16
3.1 Criteri generali	16
3.2 Sollecitazioni di progetto	17
4 Verifiche dell’impalcato	21
4.1 Verifica di resistenza travi principali.....	21
4.2 Verifica di stabilità dei pannelli d’anima delle travi principali	28
4.3 Soletta	30
4.3.1 Verifica di resistenza della soletta	30
4.3.2 Verifica a fessurazione della soletta.....	35
PARTE II: APPOGGI, GIUNTI E DISPOSITIVI ANTISISMICI	41
1 Appoggi e Dispositivi Antisismici.....	41
2 Giunti e scorrimenti degli appoggi di estremità.....	43

APPENDICE A: Sollecitazioni di calcolo degli impalcati

APPENDICE B: Modelli di calcolo degli impalcati

RELAZIONE TECNICA

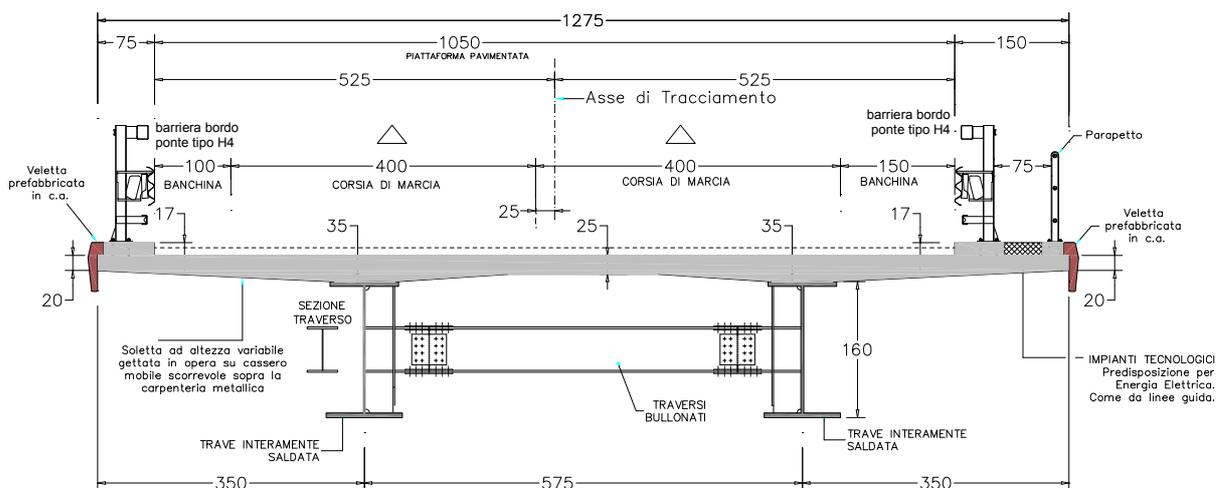
1 Generalità

Nel presente elaborato sono riportati i calcoli statici dell' impalcato e degli Appoggi, Giunti e Dispositivi Antisismici del viadotto della RAMPA 3 dello svincolo con l' Autostrada A19, inserito nei lavori per l' ammodernamento e l' adeguamento alla cat. B del D.M. 5.11.2001 della S.S. 640 "di Porto Empedocle" nel tratto dal km 44+000 allo svincolo con l' A19.

Il Viadotto è suddiviso in due parti separate da un giunto: la parte "A" va dalla pila 35 alle pile 40/43 e presenta 5 campate di luce 35.5+43.0+30.5+43.0+30.5 m, la parte "B" va dalla pila 43 alla Spalla C e presenta 2 campate di luce 24.0+24.0 m.

1.1 Parte "A" – da pila 35 alle pile 40/43

Le prime quattro campate di luce 35.5+43.0+30.5+43.0 m (da P35 a P39) presentano la sezione trasversale riportata nella figura seguente:



Sezione trasversale impalcato da P35 a P39

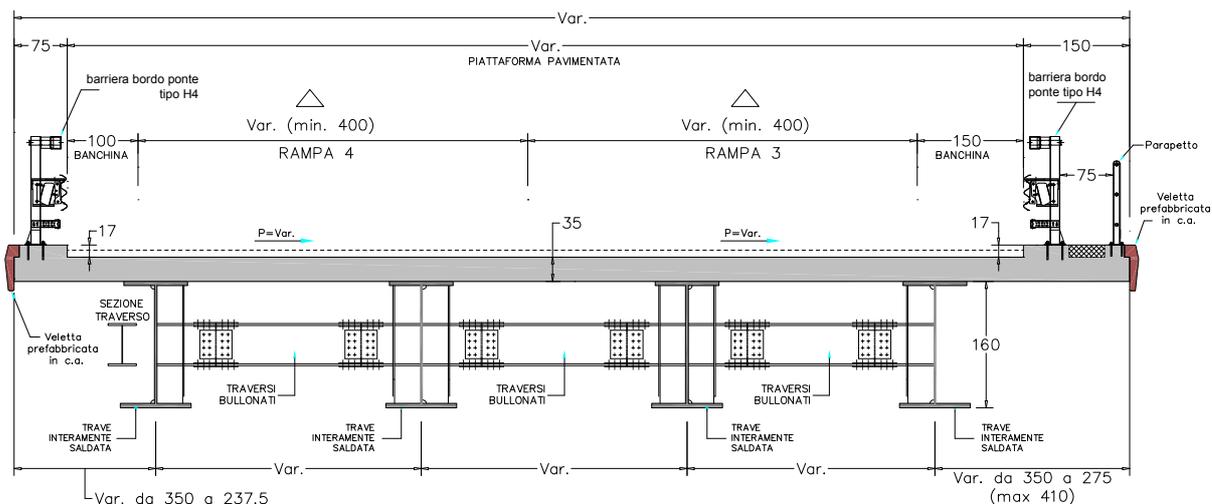
L' impalcato ha una larghezza complessiva di 12,75 m così suddivisa:

- due corsie di marcia da 4,00 m e due banchine da 1,50 m e 1,00 m che costituiscono la sede stradale;
- un cordolo da 1,50 m per l'alloggiamento della barriera di sicurezza, del parapetto e del marciapiede di servizio di 0,75 m;
- un cordolo da 0,75 m per l' alloggiamento della barriere di sicurezza.

La carpenteria metallica dell' impalcato è costituita da due travi a doppio T di altezza 1,60 m poste ad interasse di 5,75 m collegate da traversi con anima piena ad interasse di circa 6 m ubicati a metà altezza delle travi. Gli sbalzi laterali hanno lunghezza di 3,50 m.

La soletta ha spessore variabile da 35 cm in corrispondenza delle travi a 25 cm in mezzzeria e 20 cm all' estremità degli sbalzi.

La 5° campata (da P39 a P40/P43), che costituisce la campata di biforcazione delle rampe 3 e 4, presenta la sezione a larghezza variabile riportata nella figura seguente:



Sezione trasversale impalcato da P39 a P40/P43

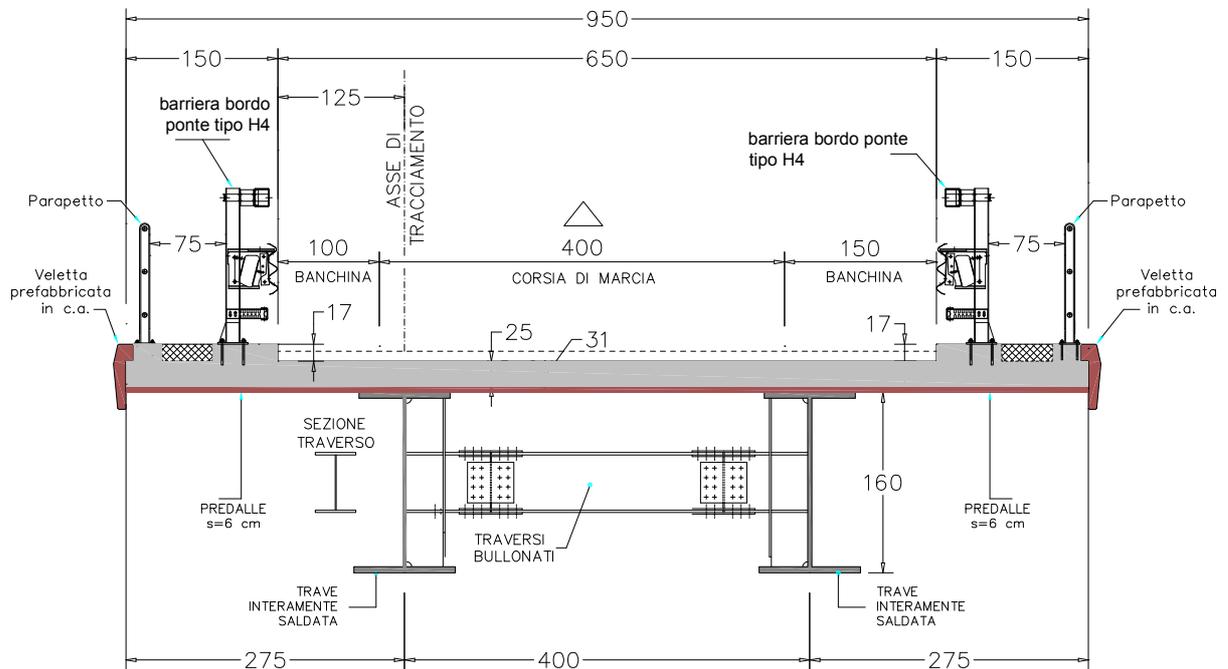
Il Viadotto presenta, in senso longitudinale, i seguenti dispositivi antisismici:

- Appoggi fissi su P37
- Dispositivi di vincolo dinamico (shock-trasmitters) integrati con gli appoggi unidirezionali su P36,P38,P39.

In senso trasversale le azioni sismiche sono trasmesse alle sottostrutture mediante gli appoggi unidirezionali longitudinali su P36,P38,P39,P40 e gli appoggi fissi su P37.

1.2 Parte "B" – da pila 43 alla spalla C

Le sezione trasversale è riportata nella figura seguente:



Sezione trasversale impalcato da pila 43 a spalla C

L' impalcato ha una larghezza complessiva di 9,5 m così suddivisa:

- Una corsia di marcia da 4,00 m e due banchine da 1,50 m e 1,00 m che costituiscono la sede stradale;
- due cordoli da 1,50 m per l'alloggiamento della barriera di sicurezza, del parapetto e del marciapiede di servizio di 0,75 m;

La carpenteria metallica dell' impalcato è costituita da due travi a doppio T di altezza 1,60 m poste ad interasse di 4,00 m collegate da traversi con anima piena ad interasse di circa 5 m ubicati a metà altezza delle travi. Gli sbalzi laterali hanno lunghezza di 2,75 m.

La soletta ha spessore costante di 31 cm di cui 6 cm di predalle e 25 cm di getto in opera.

In senso longitudinale le azioni sismiche sono trasmesse alla pila 44 mediante gli appoggi fissi.

In senso trasversale le azioni sismiche sono trasmesse alle sottostrutture mediante gli appoggi fissi sulla pila 44 e unidirezionali longitudinali sulla pila 43 e sulla spalla C.

2 Criteri di calcolo

2.1 Impalcato

2.1.1 Statica longitudinale

Lo schema statico adottato è quello di un ponte bitrave continuo a più campate ad asse rettilineo con luci pari agli interassi delle pile misurate in asse impalcato.

L'analisi strutturale è condotta su una singola trave composta, sottoposta al peso proprio, ai sovraccarichi permanenti, alle distorsioni e all'aliquota dei carichi mobili che discende dalla ripartizione trasversale dei carichi.

La trave continua composta è discretizzata in conci di sezione costante, tenendo conto quindi delle variazioni geometriche, della fessurazione della soletta e delle azioni concentrate.

Nell'analisi strutturale si tiene conto delle fasi transitorie e di esercizio e si opera con i seguenti modelli:

Modello 1: ottenuto considerando le proprietà inerziali delle sole travi metalliche ed utilizzato per la valutazione degli effetti indotti dal peso proprio dell'acciaio e della soletta.

Modello 2: ottenuto considerando le proprietà inerziali ideali della sezione composta con soletta collaborante omogeneizzata all'acciaio mediante coefficiente 6. Il modello è utilizzato per la valutazione degli effetti indotti dalle azioni di breve durata.

Modello 3: ottenuto considerando le proprietà inerziali ideali della sezione mista con soletta collaborante omogeneizzata all'acciaio mediante coefficiente 20. Il modello è utilizzato per la valutazione degli effetti indotti dalle azioni di lunga durata e dal ritiro.

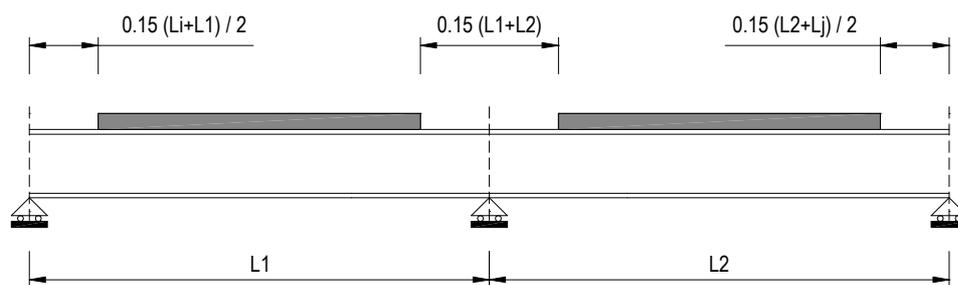


Figura 2.1 - Modellazione degli effetti dovuti alla fessurazione

Nei modelli 2 e 3 si tiene conto della riduzione di rigidità della sezione composta in prossimità degli appoggi interni per la fessurazione della soletta, trascurando il contributo inerziale del calcestruzzo su un tratto di lunghezza pari al 15 % delle luci delle due campate adiacenti e mettendo comunque in conto il contributo inerziale delle armature presenti entro la larghezza collaborante (Figura 2.1).

Per le verifiche di sicurezza, si considerano le seguenti quattro sezioni tipo:

Sezione Tipo 1: proprietà inerziali della sola membratura metallica soggetta alle sollecitazioni dovute al peso proprio dell'acciaio e della soletta di calcestruzzo.

Sezione Tipo 2: proprietà inerziali ideali della sezione mista con calcestruzzo omogeneizzato all'acciaio con coefficiente di omogeneizzazione $n = 6$. La sezione è utilizzata per le sollecitazioni prodotte dalle azioni di breve durata nelle regioni a momento flettente positivo.

Sezione Tipo 3: proprietà inerziali ideali della sezione mista con calcestruzzo omogeneizzato all'acciaio con coefficiente di omogeneizzazione $n = 20$. La sezione è utilizzata per le sollecitazioni prodotte dai sovraccarichi permanenti e dal ritiro nelle regioni a momento flettente positivo.

Sezione Tipo 4: proprietà inerziali della sezione costituita dalla membratura metallica e dalle barre di armatura con esclusione del calcestruzzo. La sezione è utilizzata nelle regioni a momento flettente negativo.

2.1.2 Statica trasversale

Il calcolo della soletta è stato effettuato su un tratto di sezione di lunghezza unitaria. Le sollecitazioni dei carichi permanenti sono riferite al metro. Per i carichi da traffico è stata considerata una diffusione a 45° del carico fino all'appoggio. Il coefficiente di amplificazione dinamica per i carichi da traffico è pari ad 1,4.

Il dimensionamento dei traversi di campata è stato effettuato su schemi semplificati che consentono la valutazione della rigidezza necessaria a garantire la stabilità delle piattabande compresse delle travi principali, sia nelle fasi transitorie che in quelle di esercizio.

3 Riferimenti normativi

Le analisi delle azioni e le verifiche di sicurezza sono state condotte facendo riferimento alle seguenti normative:

- D.M. 16/01/96 “Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi”;
- D.M. 16/01/96 “Norme tecniche per l’esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche”;
- D.M. 16/01/96 “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”;
- D.M. 04/05/90 “Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali”;
- CNR 10011/97 “Costruzioni di Acciaio – Istruzioni per il calcolo, l’esecuzione, il collaudo e la manutenzione”;
- CNR 10016/85 “Strutture composte di acciaio e calcestruzzo istruzioni per l’impiego nelle costruzioni”;
- CNR 10018/85 “Apparecchi di appoggio in gomma e PTFE nelle costruzioni. Istruzioni per il calcolo e l’impiego”.

RELAZIONE SUI MATERIALI

4 Conglomerati cementizi

Le prescrizioni relative ai conglomerati cementizi sono riportate nell' Elaborato Grafico relativo alle Prescrizioni sui Materiali, facente parte integrante del Progetto.

5 Acciaio ad aderenza migliorata

Le armature da porre in opera non dovranno presentare tracce di ossidazione, corrosione e di qualsiasi altra sostanza che possa ridurre l'aderenza al conglomerato; dovranno inoltre presentare sezione integra e priva di qualsiasi difetto.

Si utilizzeranno barre ad aderenza migliorata tipo FeB44 k controllato in stabilimento, aventi le seguenti caratteristiche:

- tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} \geq 430 \text{ MPa}$
- tensione caratteristica di rottura $f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
- modulo elastico $E_s = 206.000 \text{ MPa}$

6 Acciaio da carpenteria

La carpenteria metallica sarà realizzata in acciaio tipo Fe 510 (grado C), conforme alle prescrizioni del D.M. 9.1.1996 e delle Istruzioni CNR 10011, avente le seguenti caratteristiche:

- tensione di rottura a trazione $f_t \geq 510 \text{ MPa}$
- tensione di snervamento $f_y \geq 355 \text{ MPa}$
- resilienza $KV \geq 27 \text{ J a } -20 \text{ }^\circ\text{C}$
- allungamento (lamiera) $\epsilon_t \geq 21\%$

Nei tratti a direttrice curva la carpenteria metallica dovrà presentare curvatura continua. E' esclusa la realizzazione per tratti rettilinei consecutivi (spezzata) approssimanti la curva.

Tutte le giunzioni per l'assemblaggio dei conci delle travi portanti, sia quelle da eseguire in officina che quelle in cantiere, saranno di tipo saldato a completa penetrazione.

I traversi intermedi, di pila e di spalla saranno collegati alle travi principali attraverso giunzioni bullonate.

La carpenteria metallica sarà protetta con tre mani di vernice, due applicate in officina e la terza in opera, a conferire il colore finale.

7 Controventi

Le aste del controvento orizzontale ed i relativi elementi di collegamento, saranno realizzati in acciaio tipo Fe 510, conforme alle prescrizioni del D.M. 09.01.1996 e alle Istruzioni CNR 10011, avente le seguenti caratteristiche:

- tensione di rottura a trazione $f_t \geq 510 \text{ MPa}$
- tensione di snervamento $f_y \geq 355 \text{ MPa}$
- resilienza $KV \geq 27 \text{ J a } -20 \text{ }^\circ\text{C}$
- allungamento (lamiera) $\epsilon_t \geq 21\%$

8 Bulloni ad alta resistenza

Le giunzioni bullonate saranno realizzate con bulloni ad alta resistenza aventi le seguenti caratteristiche (UNI 3740):

- vite classe 10.9 (UNI5712)
- tensione di rottura a trazione $f_t \geq 1000 \text{ MPa}$
- tensione di snervamento $f_y \geq 900 \text{ MPa}$
- tensione caratteristica $f_{k,N} \geq 700 \text{ MPa}$
- dado classe 10 (UNI 5713)
- rosette C50 (UNI 5714)
- forza di serraggio $N_s = 0,8 f_{k,N} A_{res}$
- coppia di serraggio $T_s = 0,2 N_s d$

9 Pioli con testa tipo “Nelson”

- materiale base ST37-3K – DIN 17100
- tensione di snervamento $f_{yk} \geq 355 \text{ Mpa}$
- tensione di rottura a trazione $f_u \geq 510 \text{ Mpa}$

10 Saldature

Le saldature dovranno essere realizzate secondo le indicazioni delle Norme CNR 10011/97. Tutte le giunzioni per l'unione dei conci delle travi principali saranno eseguite con saldature testa a testa a completa penetrazione di 1^a classe.

CALCOLI STATICI: PARTE I – IMPALCATO

1 Generalità

I calcoli sono condotti utilizzando uno schema statico a trave continua su 5 campate con luci 35.5+43.0+30.5+43.0+30.5 m.

2 Analisi dei carichi

+-----+
| RELAZIONE TECNICA: Analisi dei Carichi |
+-----+

Peso proprio della struttura (g1)

- Carpenteria Metallica (g1,1)

Travi principali.....= 19,42 kN/m
Carpenteria secondaria.....= 4,04 kN/m

- Soletta (g1,2).....25 kN/mc x 3,670 mq = 91,75 kN/m

Carichi permanenti (g2)

Marciaipiedi.....25 kN/mc x (1,50 x 0,17 + 0,75 x 0,17 mq) = 9,56 kN/m
Pavimentazione stradale.....20 kN/mc x 10,50 m x 0,11 m = 23,10 kN/m
Velette.....2 x 1,55 kN/m = 3,10 kN/m
Canalette smaltimento acque.....1 x 0,50 kN/m = 0,50 kN/m
Parapetti.....1 x 0,50 kN/m = 0,50 kN/m
Sicurvia.....2 x 1,00 kN/m = 2,00 kN/m

Carichi permanenti totali.....= 38,77 kN/m

Ritiro del calcestruzzo (e2)

Il ritiro del calcestruzzo è stato schematizzato attraverso le seguenti azioni statiche equivalenti:

Forza assiale d'estremità.....Ncr = Ea x ec x Acollrit / nr = -7930 kN
Momento flettente d'estremità.....Mcr = Nc x z = 4084 kNm

avendo assunto:

contrazione finale da ritiro.....ec = 2,10E-04
coefficiente di omogeneizzazione a tinf.....nr = 20
modulo elastico dell'acciaio.....Ea = 206010 MPa
area della soletta collaborante.....Acollrit = 3,666E+06 mmq
distanza fra il baricentro della soletta in cls
e il baricentro della sezione composta a tinf z = 0,515 m



Figura 2.1- Azioni statiche equivalenti al ritiro

Variazioni termiche (e3)

Gli effetti prodotti dalle variazioni termiche differenziali fra la soletta in calcestruzzo e le travi metalliche sono stati valutati con azioni statiche equivalenti concentrate alle estremità dell'impalcato.

Sono state prese in esame le seguenti variazioni termiche:

Variazione termica differenziale positiva 10 °C

Forza assiale d'estremità..... $N_{cdT+} = E_a \times a \times 10 \times A_{collDT} / n_0 = 12587$ kN

Momento flettente d'estremità..... $M_{cdT+} = N_{cdT+} \times z = -3210$ kNm

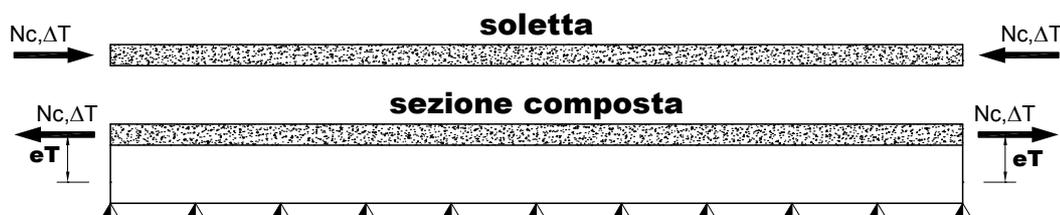


Figura 2.2 - Azioni statiche equivalenti alla variazione termica positiva

Variazione termica differenziale negativa -5 °C

Forza assiale d'estremità..... $N_{cdT-} = E_a \times a \times -5 \times A_{collDT} / n_0 = -6293$ kN

Momento flettente d'estremità..... $M_{cdT-} = N_{cdT-} \times z = 1605$ kNm

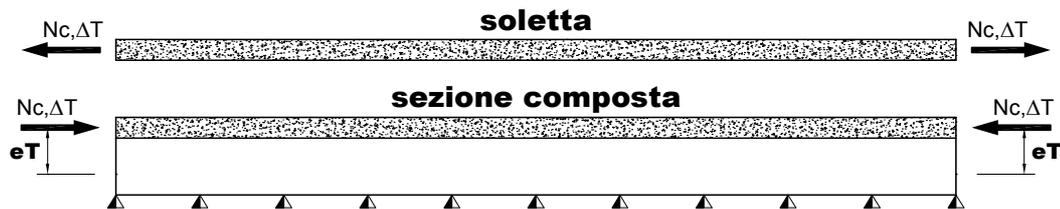


Figura 2.3 - Azioni statiche equivalenti alla variazione termica negativa

avendo assunto:

coefficiente di dilatazione termica..... $a = 1,00E-05$

coefficiente di omogeneizzazione a t0..... $n_0 = 6$

modulo elastico dell'acciaio..... $E_a = 206010$ MPa

area della soletta collaborante..... $A_{collDT} = 3,666E+06$ mmq

distanza fra il baricentro della soletta in cls

e il baricentro della sezione composta a t0... $z = 0,255$ m

Carichi mobili (q_1)

Si considerano i seguenti carichi mobili:

- $q_{1,a}$: mezzo convenzionale da 600 kN a 3 assi avente ingombro longitudinale di 15 m;
- $q_{1,b}$: carico di 30 kN/m uniformemente distribuito al di fuori dell'ingombro del $q_{1,a}$;

In senso trasversale i carichi $q_{1,a}$ e $q_{1,b}$ sono stati distribuiti su corsie convenzionali di larghezza pari a 3,50 m in modo tale da ottenere la distribuzione trasversale più gravosa per la singola trave (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

Il carico sulla trave maggiormente sollecitata risulta (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**):

carico d'asse: = 292 kN
 carico uniforme: = 44 kN/m

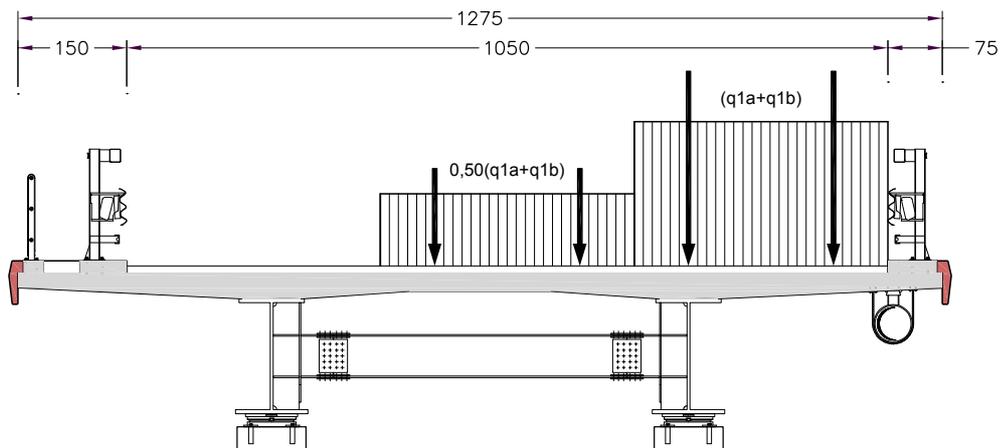


Figura 2.4 - Distribuzione trasversale dei carichi da traffico

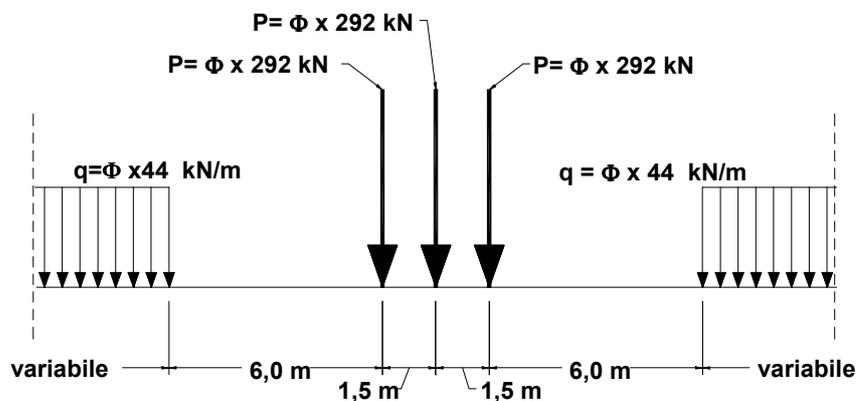


Figura 2.5 - Carico mobile agente sulla trave più sollecitata

Effetto dinamico dei carichi mobili (q2)

coeff. ampl. din. = 1,23 per L = 35,50 m
coeff. ampl. din. = 1,18 per L = 43,00 m
coeff. ampl. din. = 1,26 per L = 30,50 m
coeff. ampl. din. = 1,18 per L = 43,00 m
coeff. ampl. din. = 1,26 per L = 30,50 m

Azione del vento (q5)

L'azione del vento è riconducibile ad un carico orizzontale uniforme di 2,50 kN/m², diretto ortogonalmente all'asse longitudinale del ponte, agente sulla proiezione, nel piano verticale, delle superfici direttamente investite dal vento. La superficie dei carichi transitanti sul ponte esposta al vento è assimilata ad una parete rettangolare continua di altezza costante pari a 3,00 m dalla pavimentazione stradale.

Tale azione dà luogo ad una sollecitazione torcente che provoca una flessione differenziale dalle due travi portanti.

Con riferimento allo schema riportato in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, risulta:

$$q_5 = (R \times b_v) / i = 5,6 \text{ kN/m}$$

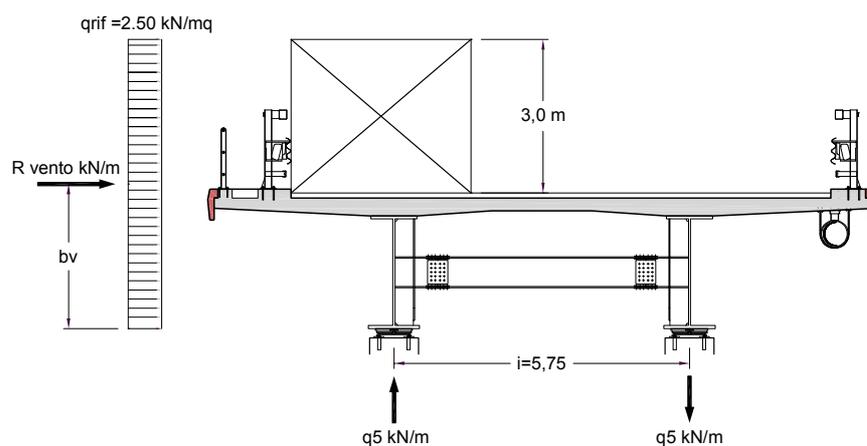


Figura 2.6 - Schematizzazione delle azioni dovute al vento

Azione del sisma (q₆)

L'azione sismica orizzontale (longitudinale e trasversale) è valutata mediante la seguente espressione:

$$F_h = C \cdot R \cdot I \cdot \varepsilon \cdot \beta \cdot W$$

essendo:

$C = (S-2)/100 = 0,04$	coefficiente di intensità sismica
$R = 1$	coefficiente di risposta
$I = 1,2$	coefficiente di protezione sismica
$\varepsilon = 1,2$	coefficiente di fondazione
$\beta = 2,5$	coefficiente di struttura (per appoggi e ritegni sismici)
W	peso proprio e carichi permanenti

RIEPILOGO DEI CARICHI AGENTI SULLA TRAVE DESTRA

Peso trave continua	=	da geometria conci
Peso elementi secondari	=	2,50 kNm ⁻¹
PESO DELLA SOLETTA IN C.A. [g _{1,2}]	=	45,88 kNm ⁻¹
CARICHI PERMANENTI [g ₂]	=	17,02 kNm ⁻¹
RITIRO DEL CALCESTRUZZO [ε ₂]		
Forza assiale N	=	-3964,88 kN
Momento flettente M	=	1764,37 kNm
VARIAZIONE TERMICA NEGATIVA [ε ₃]		
Forza assiale N	=	-3146,73 kN
Momento flettente M	=	670,25 kNm
VARIAZIONE TERMICA POSITIVA [ε ₃]		
Forza assiale N	=	6293,47 kN
Momento flettente M	=	-1340,51 kNm
AZIONE DEL VENTO [q ₅]	=	6,96 kNm ⁻¹
CARICHI MOBILI CON EFFETTO DINAMICO [q ₁ ×q ₂]		
Carico dovuto al sistema Tridem [P]	=	873,92 × φ kN
Carico uniforme [q]	=	43,7 × φ kNm ⁻¹

n.b.

Forza assiale positiva = trazione

Momento f. positivo tende le fibre inferiori

φ = coefficiente dinamico

Tabella 2.1– Riepilogo dei carichi sulla trave più sollecitata

3 Analisi strutturale

3.1 Criteri generali

L'analisi strutturale è stata condotta per la trave maggiormente sollecitata (trave di destra) su un modello agli elementi finiti di tipo "beam" ottenuto discretizzando la struttura in conci di caratteristiche geometriche ed inerziali costanti. Le analisi sono state eseguite per le seguenti condizioni di carico:

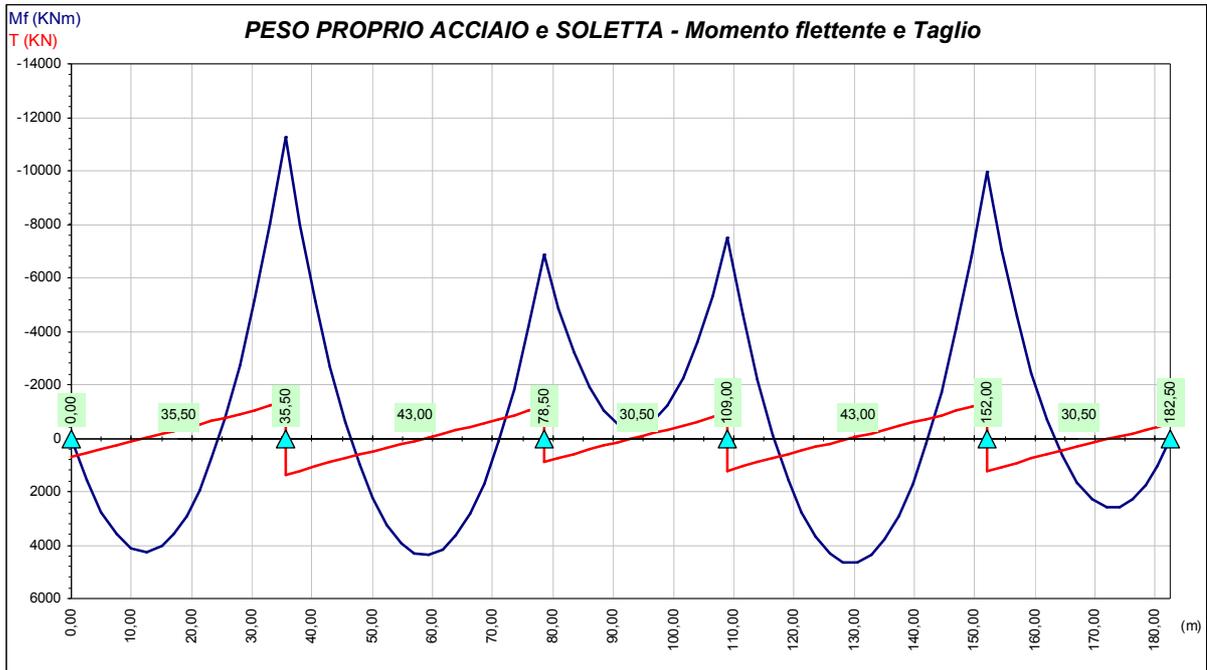
- a) peso proprio della carpenteria metallica e della soletta (modello solo acciaio)
- b) carichi permanenti (modello per carichi di lunga durata);
- c) ritiro (modello per carichi di lunga durata);
- d) variazione termica differenziale (modello per carichi di breve durata);
- e) carichi mobili (modello per carichi di breve durata);
- f) vento (modello per carichi di breve durata).

La larghezza collaborante della soletta, per la definizione delle caratteristiche inerziali della sezione è stata valutata secondo le indicazioni della norma CNR 10016.

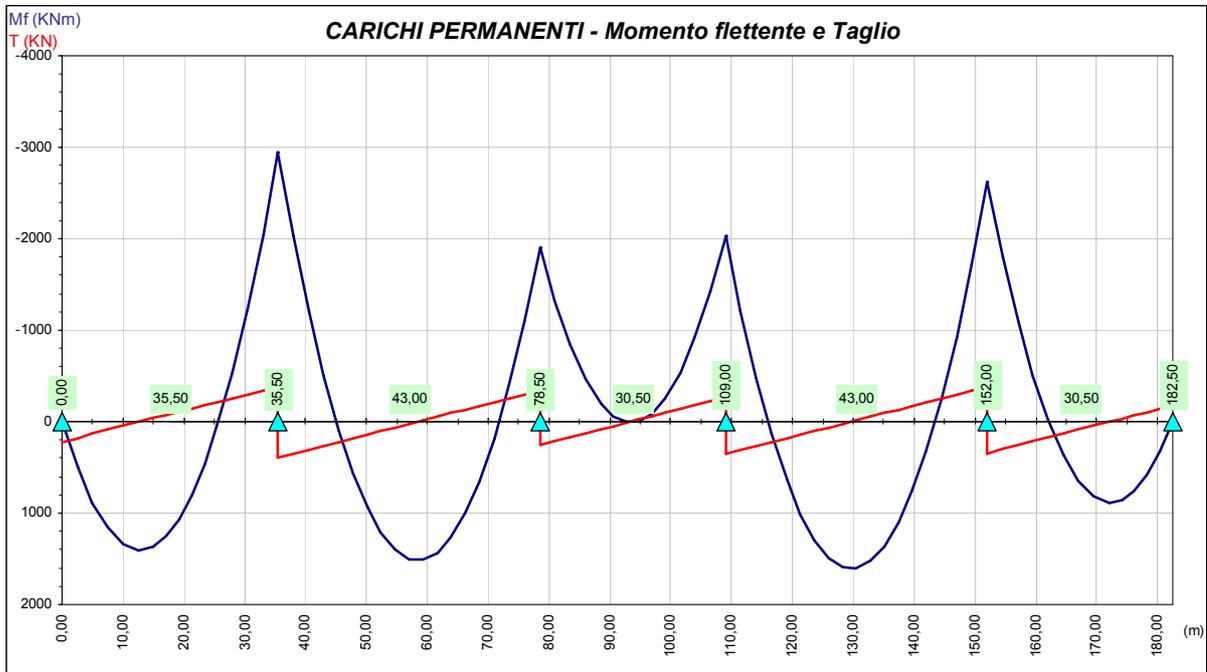
Ai fini delle verifiche di resistenza, per quanto riguarda la condizione di carico a), la soletta è stata considerata realizzata in un unico getto. Con tale ipotesi si sovrastimano le tensioni sulle travi metalliche e quindi si perviene ad una verifica conservativa della sicurezza.

3.2 Sollecitazioni di progetto

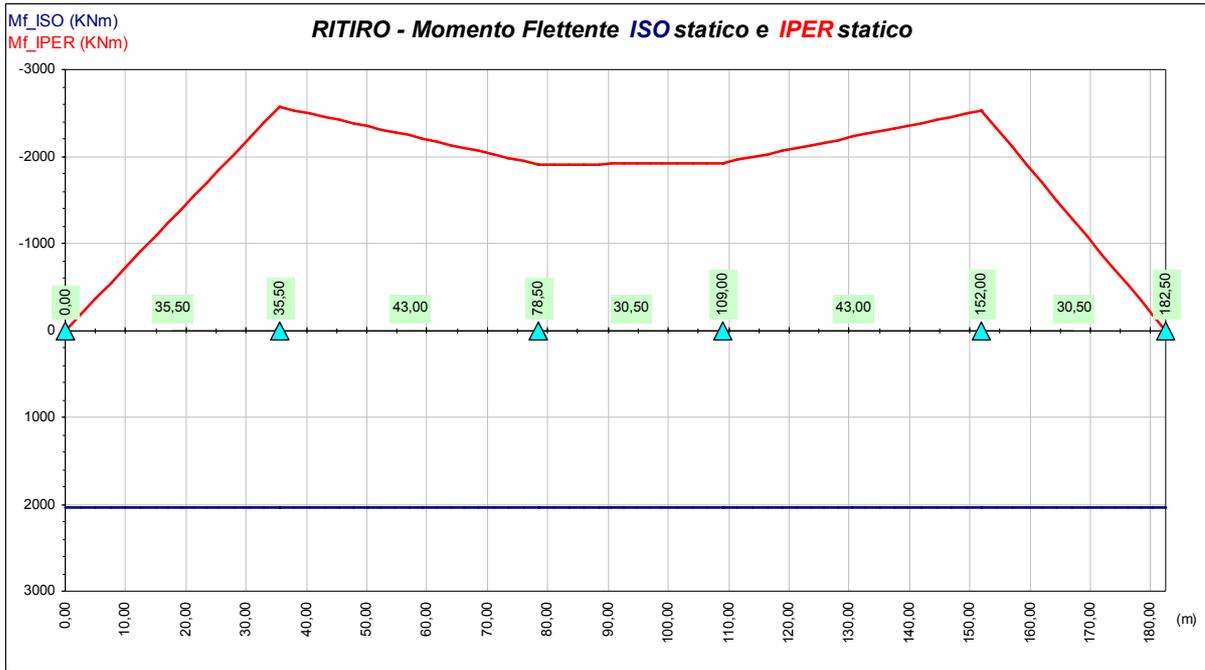
- a) peso proprio della carpenteria metallica e della soletta (modello solo acciaio);



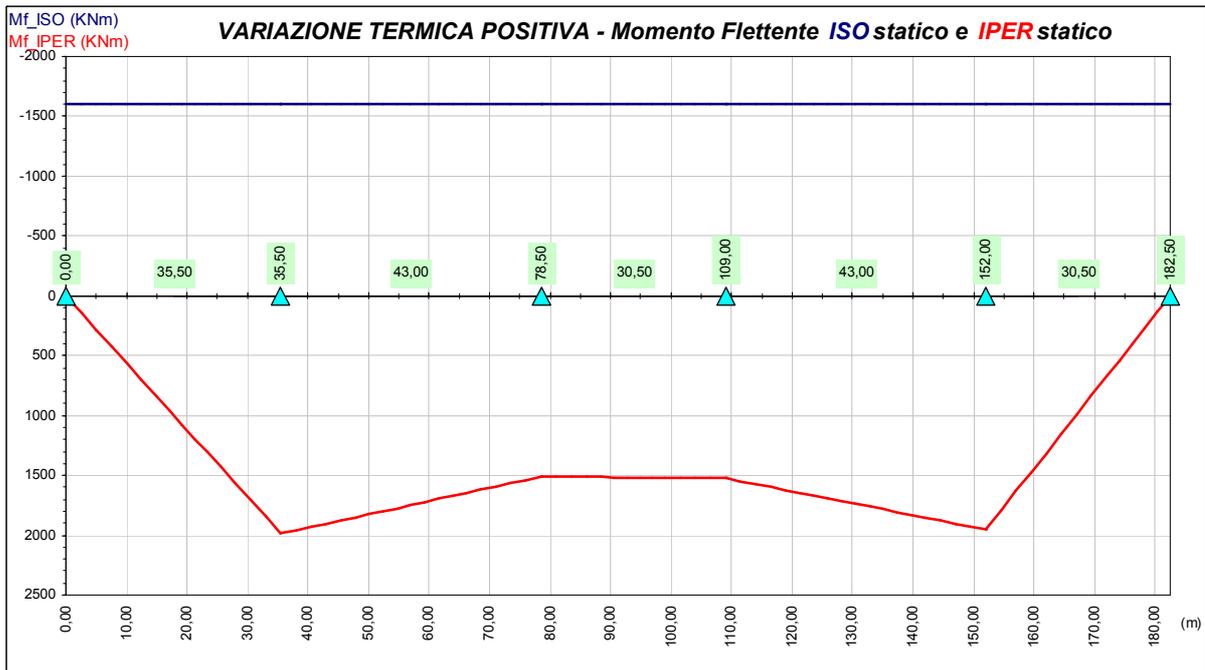
- b) carichi permanenti (modello per carichi di lunga durata);

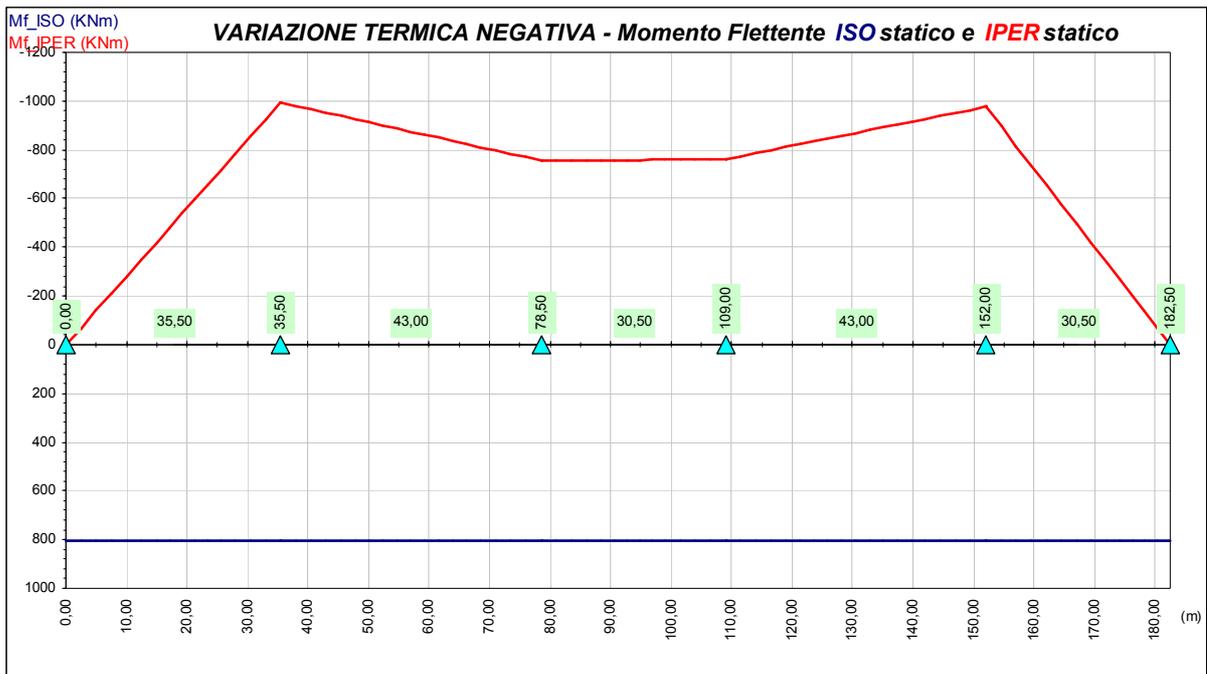


- c) ritiro (modello per carichi di lunga durata);

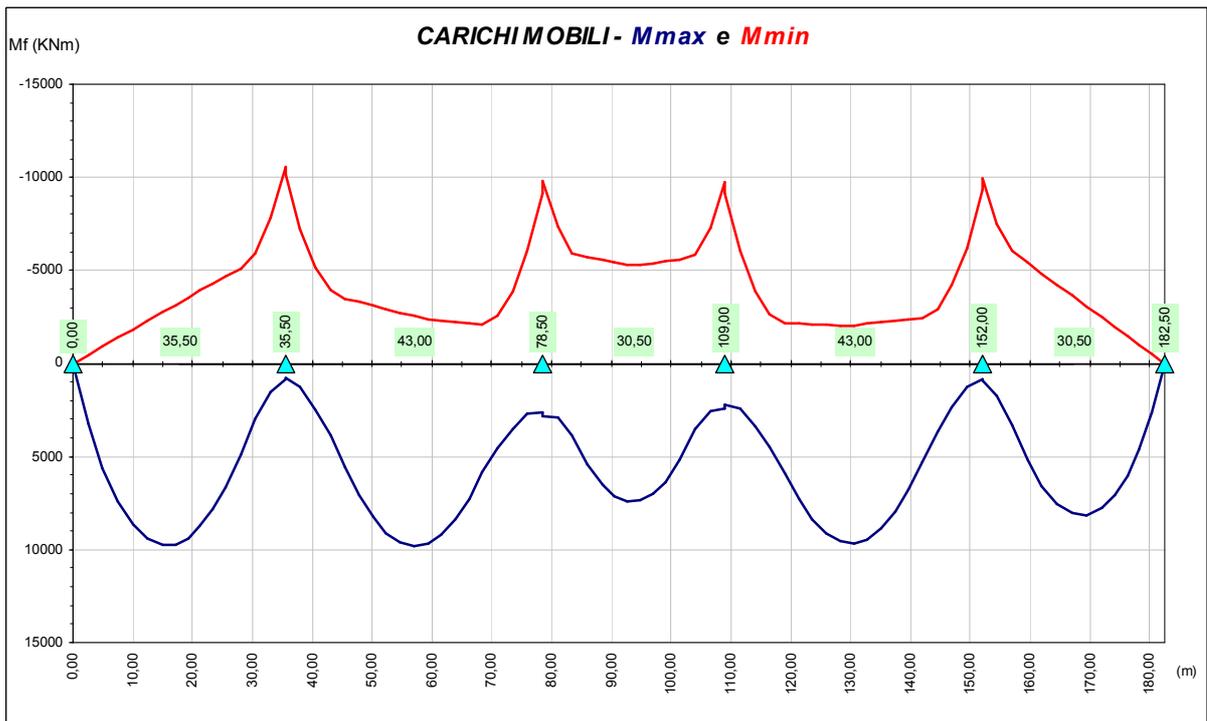


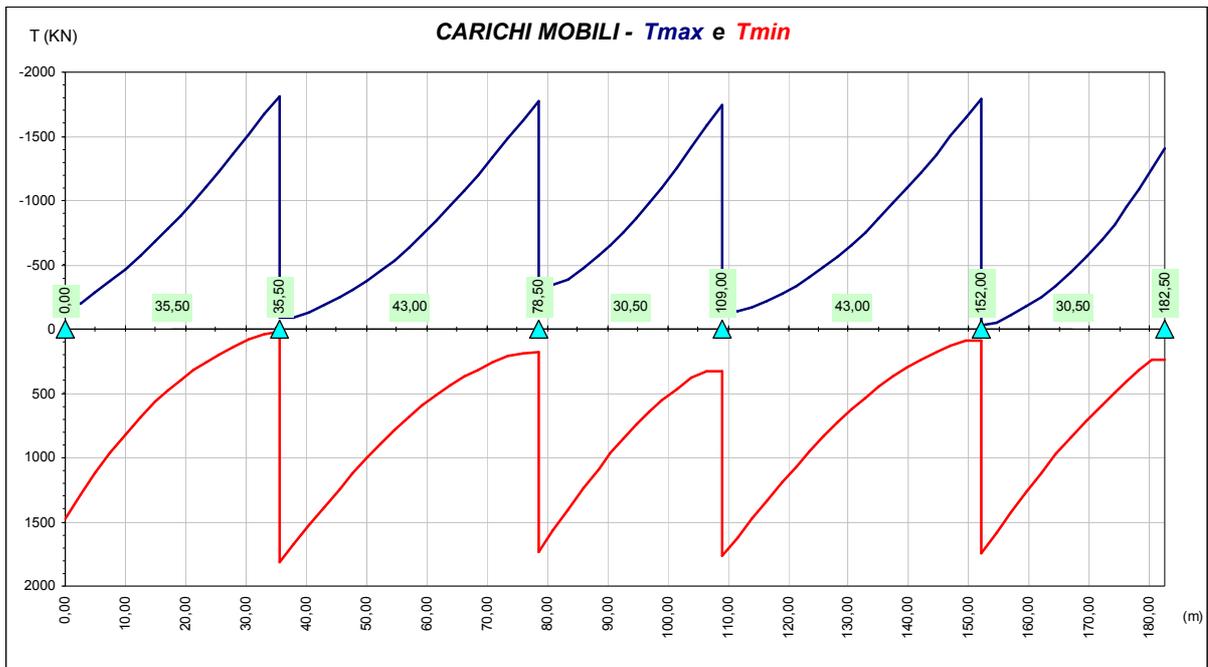
- d) variazione termica differenziale (modello per carichi di breve durata);



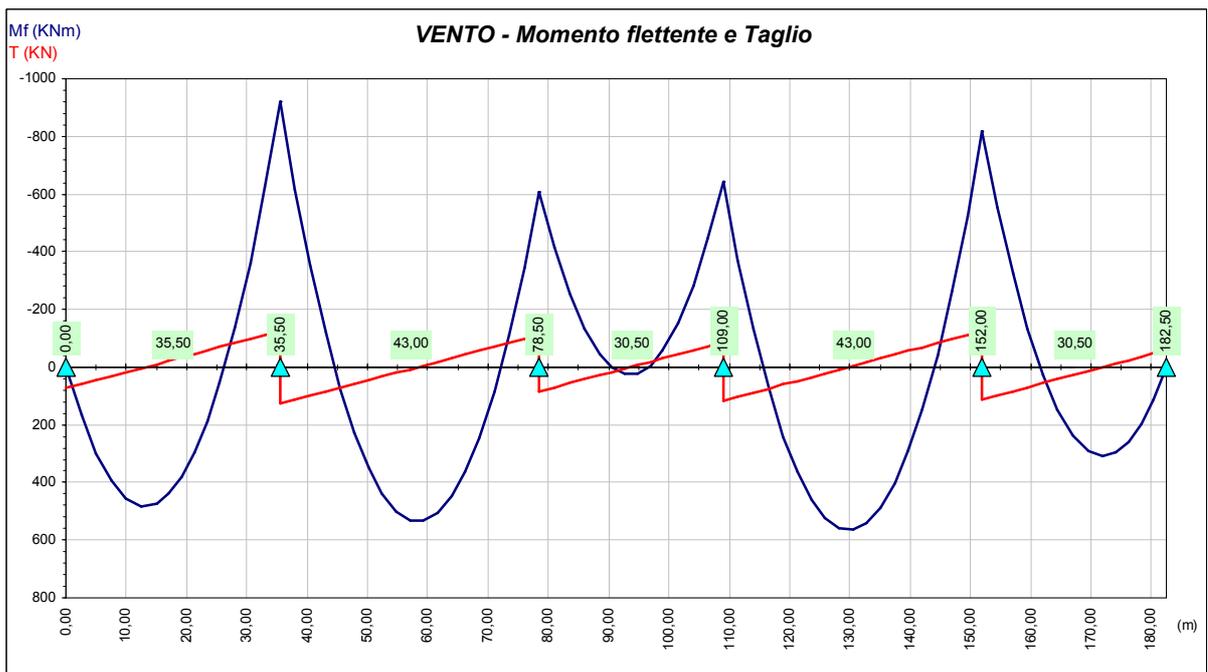


- e) carichi mobili (modello per carichi di breve durata);





- f) vento (modello per carichi di breve durata).



4 Verifiche dell'impalcato

4.1 Verifica di resistenza travi principali

Le verifiche sono condotte per le seguenti combinazioni di carico:

$$I) F_d = G_k + Q_k + 0,6 Q_5 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3$$

essendo:

- G_k pesi propri e carichi permanenti ($g_1 + g_2$);
- Q_k carichi mobili ($q_1 + q_2$);
- Q_5 azione del vento (q_5);
- ε_2 ritiro del calcestruzzo;
- $\varepsilon_3 = (-5 \text{ }^\circ\text{C})$ variazione termica differenziale negativa ;

$$II) F_d = G_k + Q_k + 0,6 Q_5 + \varepsilon_3$$

dove:

- $\varepsilon_3 = (+10 \text{ }^\circ\text{C})$ variazione termica differenziale positiva

Per quanto riguarda i carichi mobili, sezione per sezione, sono considerati i massimi e minimi del momento flettente con i valori del taglio concomitante e i tagli massimi e minimi con i concomitanti momenti flettenti, al fine di determinare la più gravosa condizione di verifica.

Nelle verifiche di resistenza è omessa (per il solo sisma verticale) la combinazione AV definita al punto 3.9 del DM 04 maggio 1990 riguardante i ponti stradali, in quanto non dimensionante e non significativa in rapporto alle combinazioni analizzate, con carichi accidentali come condizione dominante. Secondo il punto 3.9, le azioni sismiche verticali devono essere calcolate in assenza di carico accidentale, considerando le sole masse corrispondenti ai pesi propri ed ai sovraccarichi permanenti, ed in accordo con le vigenti “Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica” (DM 16 gennaio 1996). Le azioni verticali da applicare alle strutture mediante analisi statica sono equivalenti ad un sistema di forze uniformemente distribuite, proporzionali alle masse presenti, con valore pari a:

$$F_v = m \cdot C \cdot I \cdot W = 0,168 W$$

essendo:

- C il coefficiente di intensità sismica (0,07 per zone di II categoria);
- $m = 2$;
- $I = 1,2$ il coefficiente di protezione sismica
- W peso complessivo masse.

Il viadotto ha un impalcato di larghezza pari a 12,75 m ed un peso complessivo a metro lineare di 150 kN/m. Nella combinazione di sisma verticale andrebbe considerato un carico uniformemente distribuito pari al 16,8 % delle masse verticali ovvero pari a 25,2 kN/m.

Gli impalcati sono stati calcolati considerando nell'ingombro della carreggiata due corsie convenzionali di carico, per un carico totale di 1,50 volte la singola colonna di carico nominale ($q_{1a} + q_{1b}$), da maggiorare successivamente in base al coefficiente di amplificazione dinamica. Di conseguenza, il carico accidentale medio uniformemente distribuito è sicuramente uguale o superiore a $q_{1b} \times 1,85 = 30 \text{ kN/m} \times 1,50 = 45,0 \text{ kN/m}$ ovvero almeno pari al 30 % del peso della struttura. Inoltre, i carichi accidentali sono posizionati in base alle linee di influenza, in modo da ottenere le massime sollecitazioni, mentre il carico sismico uniformemente distribuito agisce sull'intera struttura. Appare quindi lecita la scelta di trascurare la combinazione AV per il sisma verticale, in rapporto alle combinazioni di verifica I) e II) sopra descritte.

Le resistenze di progetto dei materiali costituenti la sezione sono:

Acciaio da carpenteria Fe 510:

$$\text{per elementi di spessore } t \leq 40 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad \sigma_{a,amm} = 240 \text{ MPa}$$

$$\text{per elementi di spessore } t > 40 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad \sigma_{a,amm} = 210 \text{ MPa}$$

$$\text{Calcestruzzo } R_{ck} 40: \quad \Rightarrow \quad \sigma_{c,amm} = 12,25 \text{ MPa}$$

$$\text{Acciaio per armature FeB44K:} \quad \Rightarrow \quad \sigma_{s,amm} = 255 \text{ MPa}$$

Nelle zone a momento negativo si trascura il contributo del calcestruzzo teso e si considera agente il solo effetto iperstatico del ritiro e/o della variazione termica.

Le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico sulle sezioni più significative dell'impalcato. Le grandezze geometriche ed inerziali delle sezioni tengono conto delle fasi costruttive e di esercizio a breve e a lungo termine.

Il calcolo delle tensioni è stato effettuato sezione per sezione, con le proprietà inerziali della sezione tipo associata all'azione presa in considerazione.

In presenza di stati di sollecitazione pluriassiali la tensione ideale di confronto è determinata mediante l'espressione indicata nella CNR - UNI 10011.

Le tensioni ideali calcolate in riferimento a ciascuna sezione tipo sono state sommate fra loro e quindi confrontate con le tensioni di progetto.

Si riportano nel seguito le rappresentazioni grafiche delle verifiche per le combinazioni di carico precedentemente individuate (confronto tra tensioni ideali di calcolo e tensioni di progetto).

Le curve di colore blu (grigio scuro) rappresentano l'involuppo delle tensioni ideali di calcolo per le combinazioni di carico precedentemente individuate, mentre quelle rosse (grigio chiaro) le tensioni resistenti di progetto.

La verifica è stata effettuata nelle 5 fibre di riferimento della sezione composta specificate nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e sull'armatura superiore della soletta.

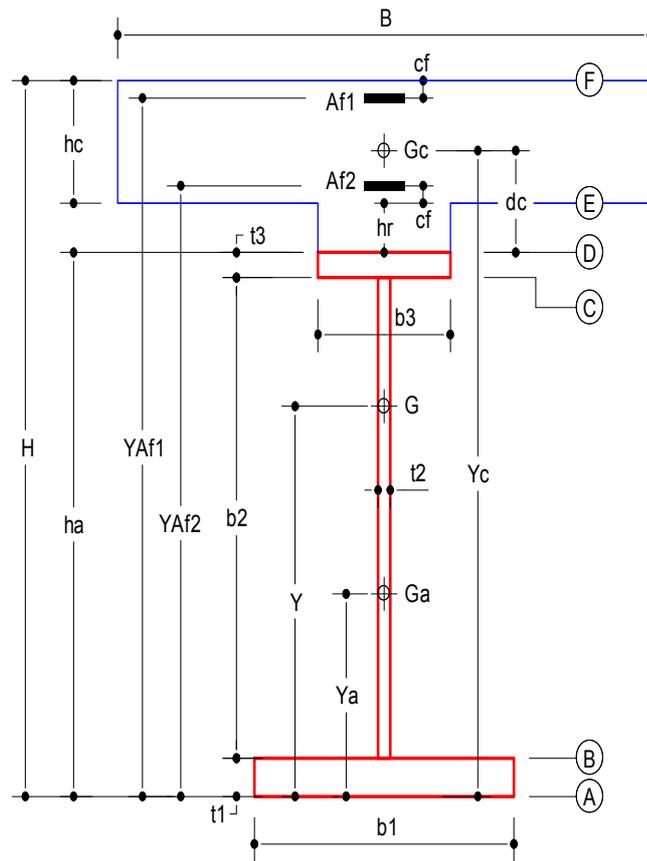
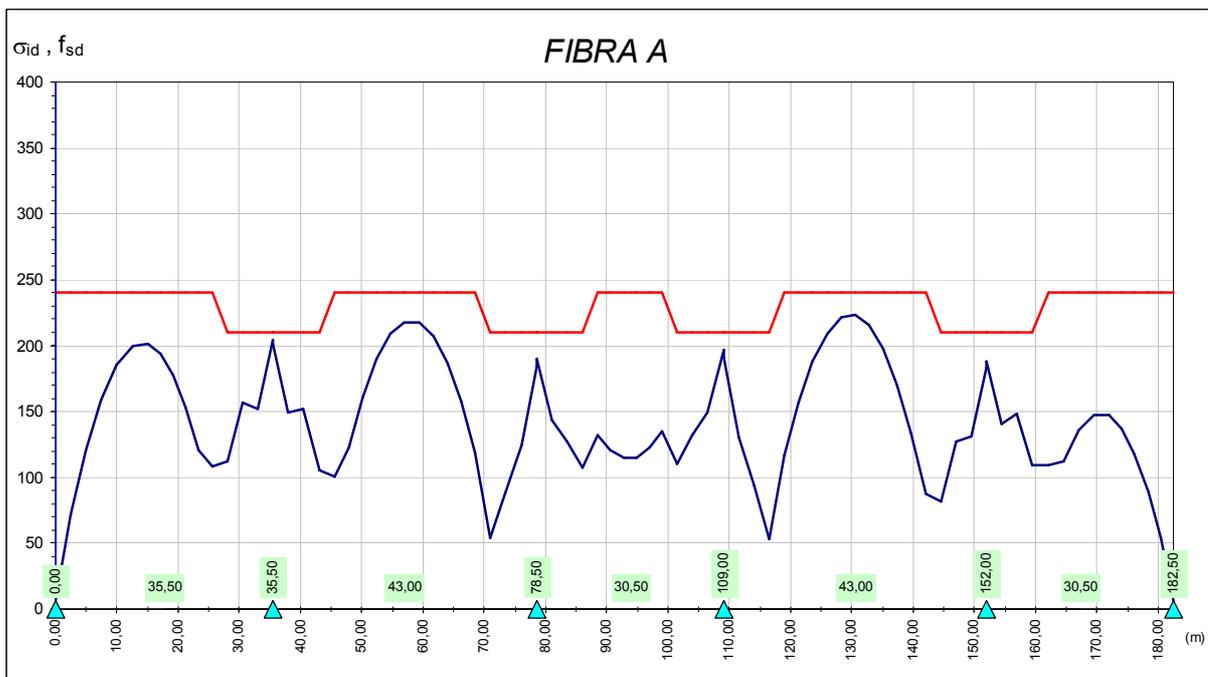
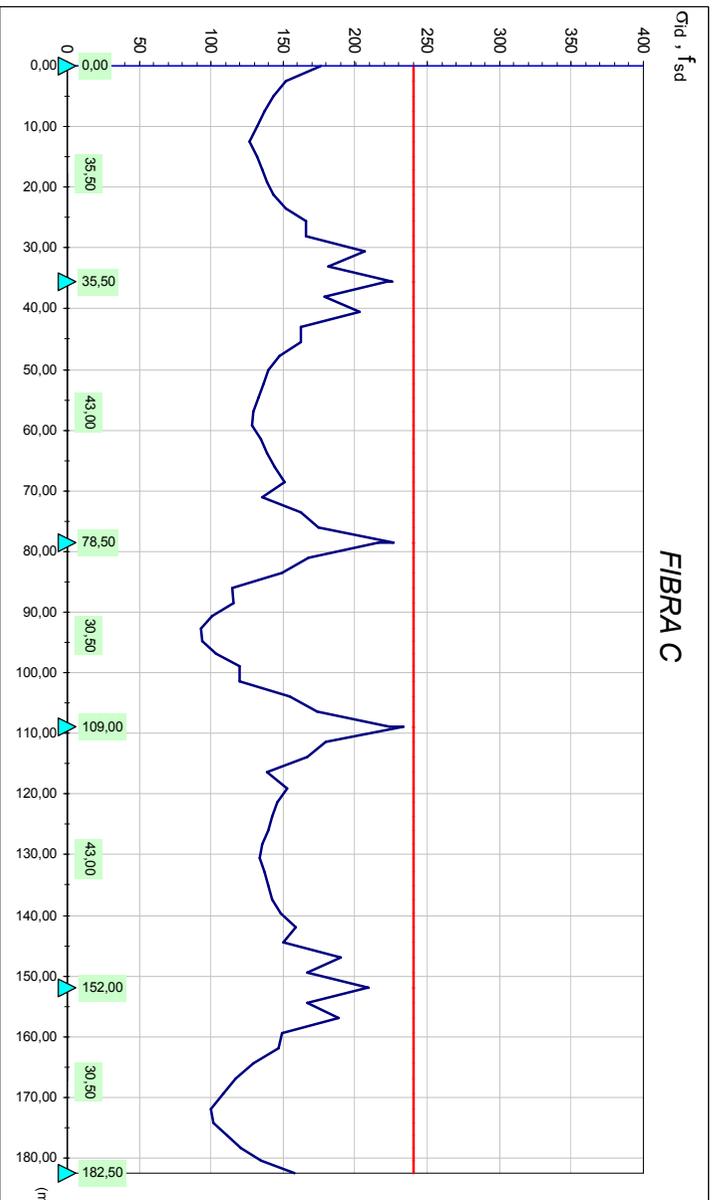
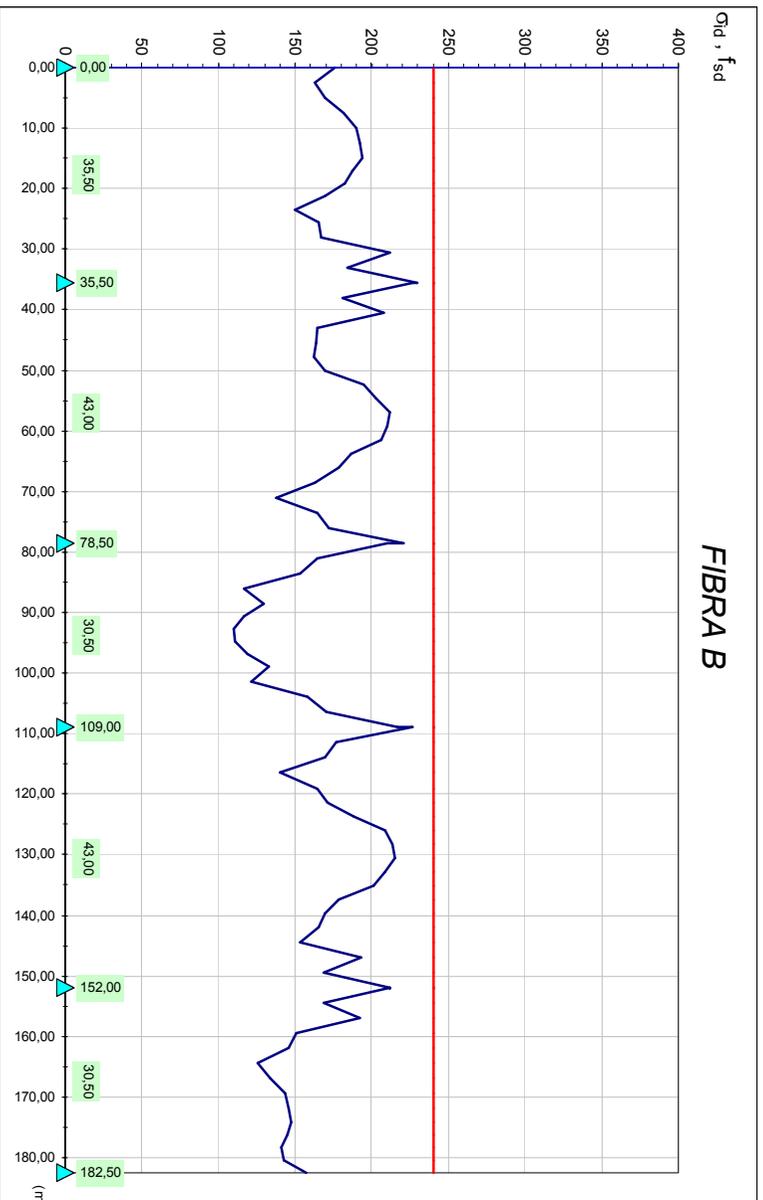
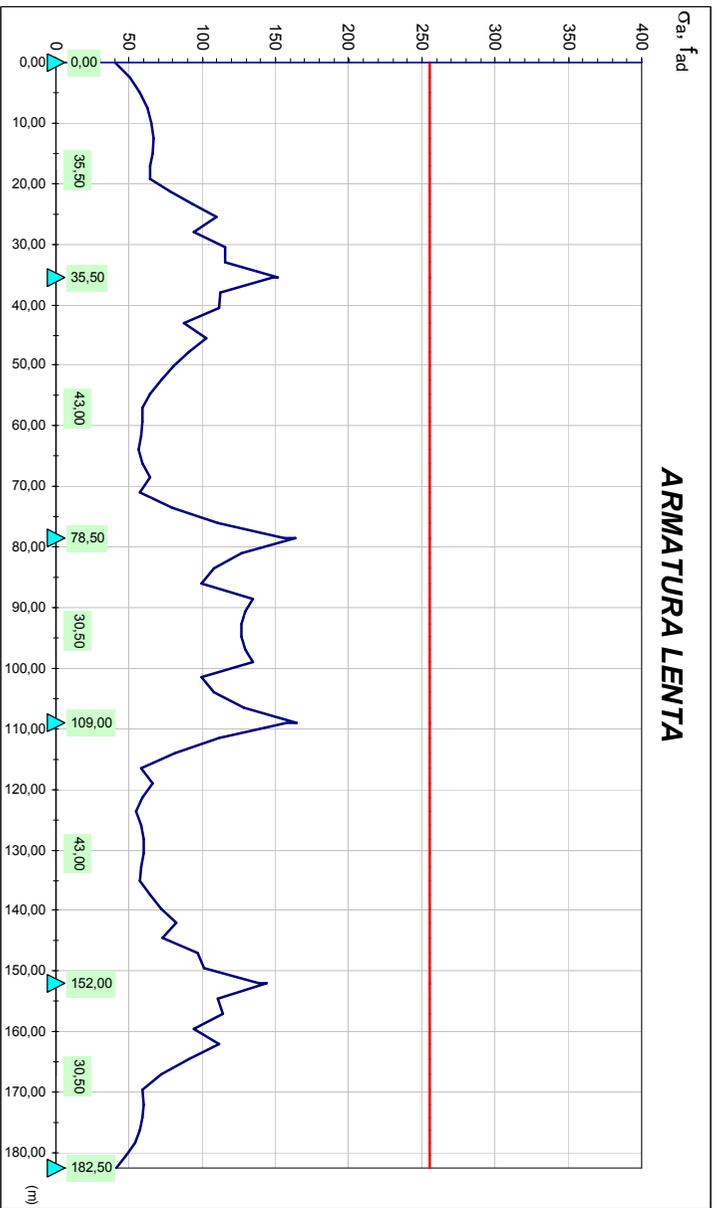
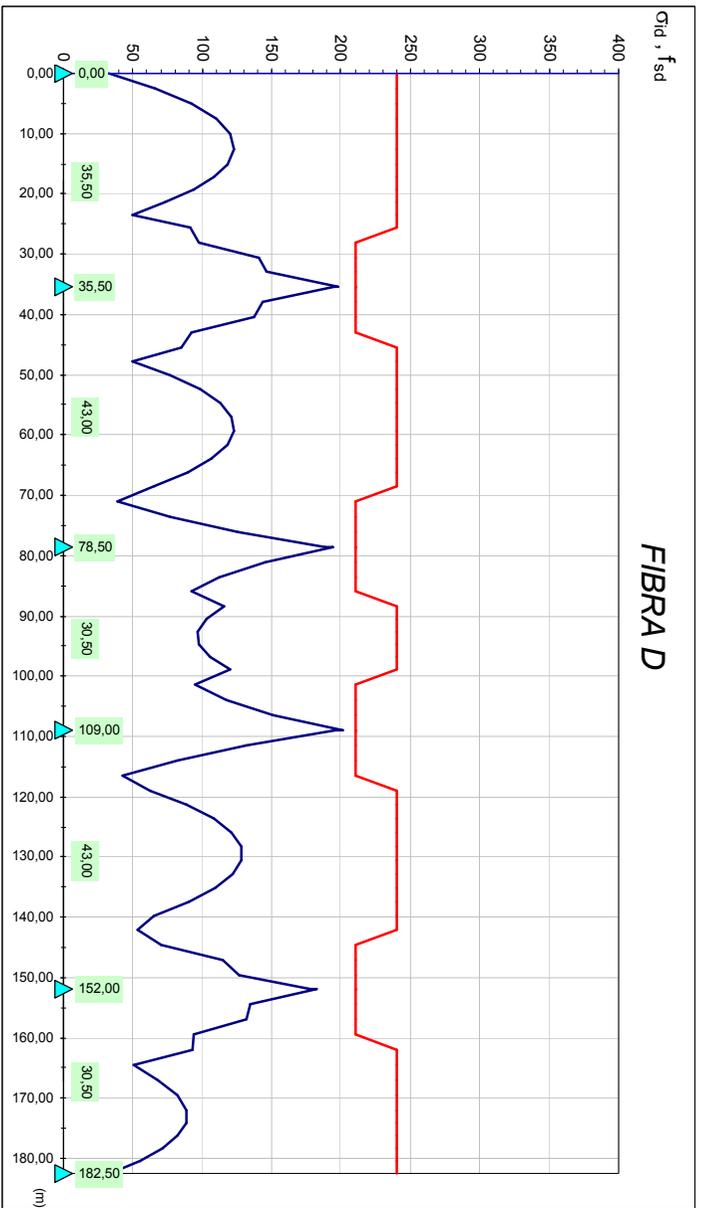


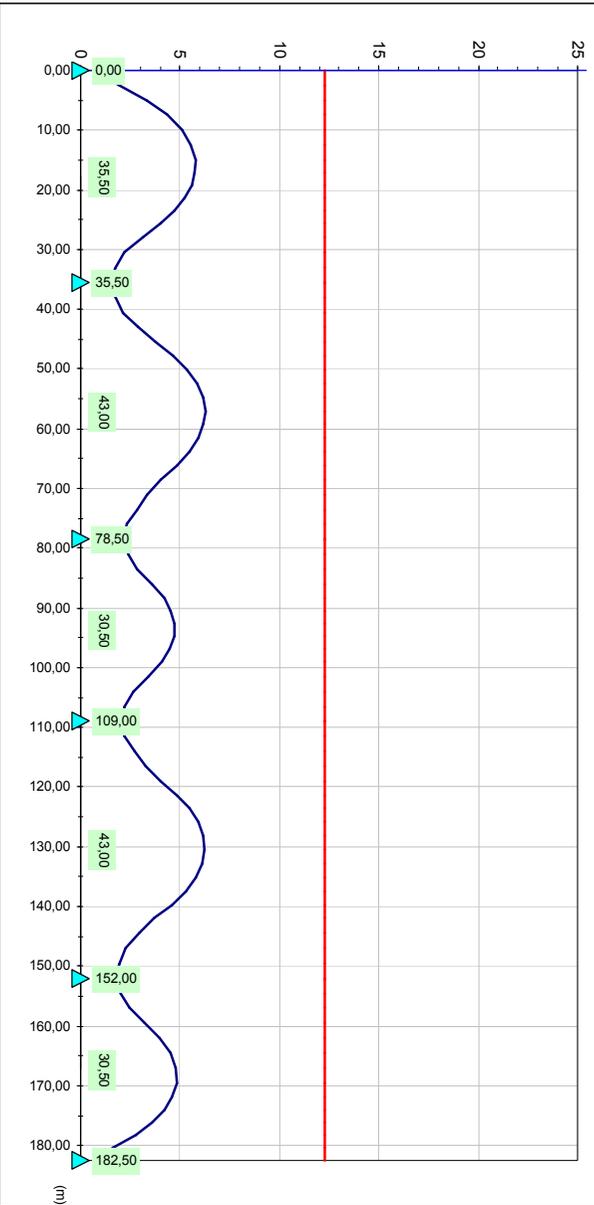
Figura 4.1 – Fibre di riferimento per le verifiche di resistenza







σ_c, f_{cd} **FIBRE - F (SOLETTA)**



4.2 Verifica di stabilità dei pannelli d'anima delle travi principali

Nelle pagine successive si riportano il dettaglio della verifica del pannello maggiormente sollecitato e la verifica sintetica di tutti i pannelli individuati.

Caratteristiche del pannello			
Pannello	N_pan	13	
Ascissa inizio	Inizio	72,34	m
Ascissa fine	Fine	78,50	m
Lunghezza del pannello	a	616,0	cm
Campata	n°	2	

Sollecitazioni di verifica			
Combinazione	n°	1	
Condizione carichi mobili		V max	
Forza assiale	N	-2050	kN
Momento flettente	M	-14941	kNm
Taglio	V	-3227	kN
Tensione punto C (bordo superiore)	σ_c	142,0	N/mm ²
Tensione punto B (bordo inferiore)	σ_b	-141,0	N/mm ²
Tensione tangenziale	τ	-91,1	N/mm ²

Verifica di stabilità			
Tensione di compressione massima (σ_1)	σ_1	-141,0	N/mm ²
Tensione all'altro estremo (σ_2)	$\psi \cdot \sigma_1$	142,0	N/mm ²
Tensione tangenziale	τ	-91,1	N/mm ²
Tensione dovuta ad N	$\sigma_N =$	0,5	N/mm ²
Tensione dovuta ad M	$\sigma_M =$	-141,5	N/mm ²
Coefficiente ψ ($\psi = \sigma_2 / \sigma_1$)	ψ	-1,01	
Coefficiente α ($\alpha = a / b_{ani}$)	α	4,19	
Modulo elastico dell'acciaio	E_acciaio	206000	N/mm ²
Tensione di snervamento (f _{sy})	f _{sy}	355	N/mm ²
Resistenza di calcolo f _{sd} (f _{sd} = f _{sy} / γ_m)	f _{sd}	355	N/mm ²
Coefficiente di imbozzamento	K $\sigma =$	30,11	
Coefficiente di imbozzamento	K $\tau =$	5,61	
Coefficiente correttivo di $k \sigma$ e $k \tau$		1,26	
Tensione di riferimento	$\sigma_{cr,0} =$	49,7	N/mm ²
	$\sigma_{cr} =$	-1498,1	N/mm ²
	$\tau_{cr} =$	279,2	N/mm ²
Tensione critica ideale	$\sigma_{cr,id} =$	343,3	N/mm ²
Tensione ideale	$\sigma_{id} =$	211,6	N/mm ²
Coefficiente per metodo di verifica	$\nu =$	1,5	
	$\beta =$	1,00	
VERIFICA	$(\sigma_{cr,id} / \sigma_{id}) \geq \beta \times \nu$	SODDISFATTA	
	$\sigma_{cr,id} / \sigma_{id} =$	1,622	> 1,50

Tabella 4.1 – Verifica dettagliata del pannello n° 13

Pann. N°	Camp. N°	Ascissa Iniziale [m]	Sez. N°	Ascissa Finale [m]	Sez. N°	Lungh. Pannello [m]	Ala superiore		Ala inferiore		Anima		Tipo sezione	s,cr,id ----- s,id	coeff. limite b x v	Comb.	Cond. car. mob.	Pos. sez. ver.	Sollecitazioni		
							b3 [cm]	t3 [cm]	b1 [cm]	t1 [cm]	b2 [cm]	t2 [cm]							N [kN]	M [kNm]	T [kN]
1	1	0,00	1	5,92	4	5,92	90,0	3,000	100,0	4,000	153,0	1,800	eff.	1,831	1,500	2	V min	SX	1051	790	2370
2	1	5,92	4	11,84	7	5,92	90,0	3,000	100,0	4,000	153,0	1,800	eff.	2,515	1,500	1	V min	SX	3142	6696	1361
3	1	11,84	7	17,76	11	5,92	90,0	3,000	100,0	4,000	153,0	1,800	med.	2,594	1,500	1	V max	DX	1894	6205	-1226
4	1	17,76	11	23,68	15	5,92	90,0	3,000	100,0	4,000	153,0	1,800	eff.	2,122	1,500	1	V max	DX	97	2507	-1988
5	1	23,68	15	29,60	18	5,92	90,0	5,078	100,0	5,385	149,5	1,939	med.	1,659	1,500	1	V max	DX	-1003	-7183	-2799
6	1	29,60	18	35,50	21	5,90	90,0	8,542	100,0	8,542	142,9	2,847	med.	1,548	1,500	1	V max	DX	-2086	-22604	-3644
7	2	35,50	22	41,64	25	6,14	90,0	8,443	100,0	8,443	143,1	2,814	med.	1,554	1,500	1	V min	SX	-2038	-22342	3577
8	2	41,64	25	47,78	28	6,14	90,0	4,886	100,0	5,257	149,9	1,926	med.	1,698	1,500	1	V min	SX	-920	-6692	2711
9	2	47,78	28	53,92	32	6,14	90,0	3,000	100,0	4,000	153,0	1,800	eff.	2,218	1,500	1	V min	SX	229	2868	1887
10	2	53,92	32	60,06	36	6,14	90,0	3,000	100,0	4,000	153,0	1,800	eff.	2,650	1,500	1	V min	SX	1926	6385	1118
11	2	60,06	36	66,20	39	6,14	90,0	3,000	100,0	4,000	153,0	1,800	eff.	2,403	1,500	1	V max	DX	961	5078	-1539
12	2	66,20	39	72,34	42	6,14	90,0	3,655	100,0	4,436	151,9	1,844	med.	1,767	1,500	1	V max	DX	-1339	-1253	-2362
13	2	72,34	42	78,50	45	6,16	90,0	6,000	100,0	6,812	147,2	2,406	med.	1,622	1,500	1	V max	DX	-2050	-14941	-3227
14	3	78,50	46	84,60	49	6,10	90,0	6,000	100,0	6,820	147,2	2,410	med.	1,713	1,500	1	V min	SX	-2024	-15655	2824
15	3	84,60	49	90,70	53	6,10	90,0	4,918	100,0	5,279	149,8	1,928	med.	2,360	1,500	1	V min	SX	-860	-5159	1923
16	3	90,70	53	96,80	56	6,10	90,0	3,000	100,0	4,000	153,0	1,800	eff.	2,965	1,500	1	M min	DX	-2172	-6363	-235
17	3	96,80	56	102,90	60	6,10	90,0	4,918	100,0	5,279	149,8	1,928	med.	2,278	1,500	1	V max	DX	-854	-5487	-1986
18	3	102,90	60	109,00	63	6,10	90,0	6,000	100,0	6,820	147,2	2,410	med.	1,660	1,500	1	V max	DX	-2049	-16333	-2887
19	4	109,00	64	115,14	67	6,14	90,0	6,000	100,0	6,814	147,2	2,407	med.	1,580	1,500	1	V min	SX	-2078	-15624	3278
20	4	115,14	67	121,28	70	6,14	90,0	3,664	100,0	4,443	151,9	1,844	med.	1,739	1,500	1	V min	SX	-1365	-1655	2416
21	4	121,28	70	127,42	74	6,14	90,0	3,000	100,0	4,000	153,0	1,800	eff.	2,352	1,500	1	V min	SX	914	5027	1592
22	4	127,42	74	133,56	78	6,14	90,0	3,000	100,0	4,000	153,0	1,800	eff.	2,583	1,500	1	V max	DX	2255	7045	-1029
23	4	133,56	78	139,70	81	6,14	90,0	3,000	100,0	4,000	153,0	1,800	eff.	2,268	1,500	1	V max	DX	685	3885	-1801
24	4	139,70	81	145,84	84	6,14	90,0	4,876	100,0	5,251	149,9	1,925	med.	1,792	1,500	1	V max	DX	-1713	-3984	-2625
25	4	145,84	84	152,00	87	6,16	90,0	8,435	100,0	8,435	143,1	2,812	med.	1,657	1,500	1	V max	DX	-1916	-20021	-3494
26	5	152,00	88	158,10	91	6,10	90,0	8,459	100,0	8,459	143,1	2,820	med.	1,665	1,500	1	V min	SX	-1854	-20582	3401
27	5	158,10	91	164,20	94	6,10	90,0	4,918	100,0	5,279	149,8	1,928	med.	1,840	1,500	1	V min	SX	-892	-6138	2509
28	5	164,20	94	170,30	98	6,10	90,0	3,000	100,0	4,000	153,0	1,800	med.	2,505	1,500	1	V min	SX	-109	2211	1662
29	5	170,30	98	176,40	102	6,10	90,0	3,000	100,0	4,000	153,0	1,800	eff.	3,229	1,500	1	V max	DX	2582	5423	-1027
30	5	176,40	102	182,50	105	6,10	90,0	3,000	100,0	4,000	153,0	1,800	eff.	2,057	1,500	2	V max	DX	1009	614	-2108

Tabella 4.2 - Verifica sintetica dei pannelli d'anima

4.3 Soletta

La soletta ha una larghezza complessiva di 12,75 m e spessore variabile da 25 cm in campata a 35 cm sugli appoggi in corrispondenza delle travi metalliche. Gli sbalzi, destro e sinistro, hanno lunghezza pari a 350 cm e l'interasse delle travi principali è di 575 cm. Il getto viene eseguito per tratti con l'utilizzo di casseri mobili seguendo uno schema di getto con sequenze ottimizzate che prevedono prima l'esecuzione dei conci in campata, poi quelli sugli appoggi.

4.3.1 Verifica di resistenza della soletta

Per il getto della soletta è previsto l'utilizzo di cls con R_{ck} 40 MPa e di acciaio tipo FeB44k; le caratteristiche meccaniche dei materiali sono le seguenti:

- cls R_{ck} 40: $\sigma_{c adm} = 12,25$ MPa
- acciaio Fe B 44K: $\sigma_{s adm} = 255$ MPa

La verifica è condotta su una striscia di soletta di larghezza unitaria, avente schema statico di trave appoggiata sulle due travi metalliche, con due sbalzi laterali. Per i carichi da traffico è stata considerata:

- il carico $q_{1,a}$ posto a 15 cm di distanza dal cordolo, per il calcolo delle sollecitazioni sui due sbalzi;
- il carico $q_{1,a}$ posta a cavallo della mezzeria della soletta, per il calcolo delle sollecitazioni in campata.

Le sollecitazioni dei carichi permanenti sono riferite al metro lineare.

Le sollecitazioni dei carichi da traffico, trattandosi di carichi localizzati, sono state riportate al metro lineare diffondendo il carico a 45° fino all'appoggio. Il coefficiente di amplificazione dinamica per i carichi da traffico è pari ad 1,4.

Verifica dello sbalzo sinistro

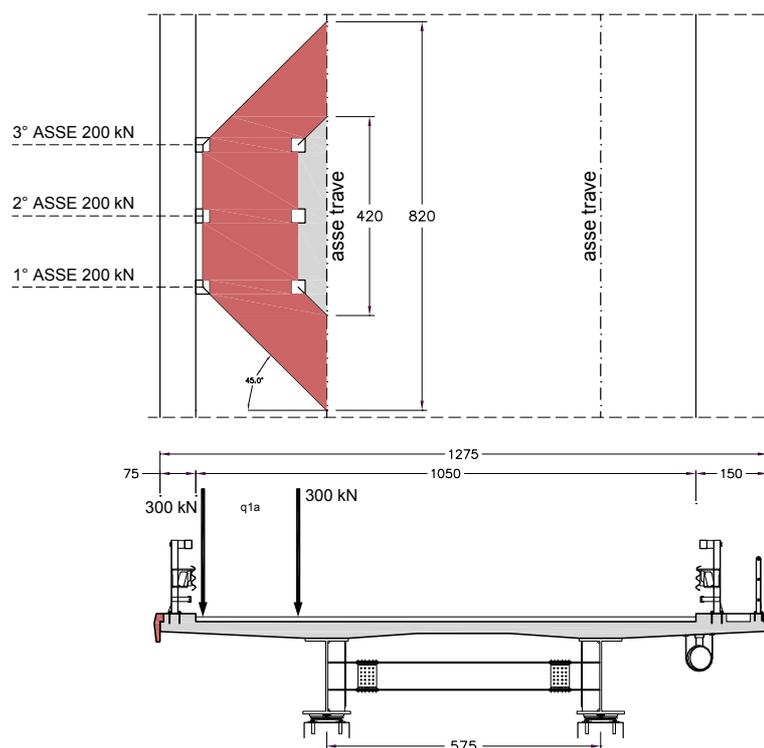


Figura 4.2 – Distribuzione dei carichi mobili per la verifica dello sbalzo della soletta

---- MOMENTO FLETTENTE IN CORRISPONDENZA DELL'ASSE DELLA TRAVE SINISTRA ----
 carichi mobili in posizione 2

Larghezza sbalzo SX [cm]	350
Peso di una fila di ruote del carico mobile q_{1a} [kN]	300
Coefficiente di amplificazione dinamica ϕ	1,4
Posizione della 1 ^a fila di ruote [cm]	260
Lunghezza di diffusione del carico [cm]	820
Posizione della 2 ^a fila di ruote [cm]	60
Lunghezza di diffusione del carico [cm]	420
MOMENTO dovuto al peso della soletta [kNm/m]	-39,39 +
MOMENTO dovuto al peso della pavimentazione [kNm/m]	-8,32 +
MOMENTO dovuto al peso del cordolo/marciapiede [kNm/m]	-9,96 +
MOMENTO dovuto al peso veletta [kNm/m]	-5,43 +
MOMENTO dovuto al peso della canaletta smaltimento acque [kNm/m] ...	0,00 +
MOMENTO dovuto al peso del parapetto [kNm/m]	0,00 +
MOMENTO dovuto peso della barriera anti-rumore [kNm/m]	0,00 +
MOMENTO dovuto al peso della rete di protezione [kNm/m]	0,00 +
MOMENTO dovuto al peso sicurvia [kNm/m]	-3,15 +
MOMENTO dovuto alla 1 ^o fila di ruote [kNm/m]	-133,17 +
MOMENTO dovuto alla 2 ^o fila di ruote [kNm/m]	-60,00 =
MOMENTO di progetto [kNm/m]	-259,42

---- TAGLIO IN CORRISPONDENZA DELL'ASSE DELLA TRAVE SINISTRA ----
 carichi mobili in posizione 2

TAGLIO dovuto al peso della soletta [kN/m]	-24,91
TAGLIO dovuto al peso della pavimentazione [kN/m]	-6,05
TAGLIO dovuto al peso del cordolo/marciapiede [kN/m]	-3,19
TAGLIO dovuto al peso veletta [kN/m]	-1,55
TAGLIO dovuto al peso della canaletta smaltimento acque [kN/m]	0,00
TAGLIO dovuto al peso del parapetto [kN/m]	0,00
TAGLIO dovuto peso della barriera anti-rumore [kN/m]	0,00
TAGLIO dovuto al peso della rete di protezione [kN/m]	0,00
TAGLIO dovuto al peso sicurvia [kN/m]	-1,00
TAGLIO dovuto alla 1° fila di ruote [kN/m]	-51,22
TAGLIO dovuto alla 2° fila di ruote [kN/m]	-100,00
TAGLIO di progetto [kN/m]	-187,91

Considerando un'armatura superiore di $5\phi 20 + 5\phi 26$ al metro (area $42,26 \text{ cm}^2$), una inferiore di $5\phi 20$ al metro (area $15,71 \text{ cm}^2$) si ha la seguente verifica di resistenza della sezione 100×35 :

```

+-----+
|                                     |
|                               Viadotto Salso                               |
|                               Progetto Soletta                             |
|                               Sezione: ATTACCO SBALZO SINISTRO             |
+-----+
    
```

METODO DI CALCOLO: Tensioni Ammissibili;

MATERIALI:

Resistenza caratteristica cubica cls: Rck = 400.00 Kg/cmq
 Tipo acciaio: Fe B 44 k
 Coefficiente di omogeneizzazione Ea/Ec: n = 15.00
 Tensione ammissibile cls: sigma_c amm. = 122.00 Kg/cmq
 Tensione ammissibile acciaio: sigma_f amm. = 2600.00 ''

FORMA DELLA SEZIONE: RETTANGOLARE

Base: B = 100.00 cm; Altezza: H = 35.00 cm
 Rotazione: rot = 0.00 gradi sess.
 Area totale acciaio: Af = 57.96 ''
 Copriferro: c = 3.00 cm

GEOMETRIA DELLE MASSE SEZIONE IN CALCESTRUZZO:

Area: Acls = 3500.00 cmq; Baricentro: XgCls = 0.00 cm; YgCls = 0.00 cm
 Momenti d'inerzia: Jx = 357291.67 cm⁴; Jy = 2916666.67 cm⁴;
 Momenti principali d'inerzia: Jcsi = 2916666.67 cm⁴; Jeta = 357291.67 cm⁴;
 Angolo tra l'asse principale d'inerzia csi e l'asse x: Theta = -1.57 rad;

COMBINAZIONI DI CARICO:

Azione normale (positiva se di compressione).
 Azioni rispetto x e y baricent. paralleli agli assi x e y (unita' Kg, Kg*m).

Combinazioni:

comb.	N	Mx	Tx	My	Ty	Mt
1	0.00	-25900.00	0.00	0.00	18800.00	0.00

---- MOMENTO FLETTENTE IN CORRISPONDENZA DELLA MEZZERIA DELLA SOLETTA ----

carichi mobili in posizione 3

Peso di una fila di ruote del carico mobile q_{1a} [kN]	300
Coefficiente di amplificazione dinamica ϕ	1,4
Posizione fila di ruote [cm]	100
Lunghezza di diffusione del carico [cm]	675
MOMENTO dovuto al peso della soletta [kNm/m]	-143,42 +
MOMENTO dovuto al peso della pavimentazione [kNm/m]	-26,14 +
MOMENTO dovuto al peso del cordolo/marciapiede [kNm/m]	-35,86 +
MOMENTO dovuto al peso veletta [kNm/m]	-9,88 +
MOMENTO dovuto al peso della canaletta smaltimento acque [kNm/m] ...	-3,19 +
MOMENTO dovuto al peso del parapetto [kNm/m]	-3,09 +
MOMENTO dovuto peso della barriera anti-rumore [kNm/m]	0,00 +
MOMENTO dovuto al peso della rete di protezione [kNm/m]	0,00 +
MOMENTO dovuto al peso sicurvia [kNm/m]	-5,28 +
MOMENTO dovuto ad una fila di ruote [kNm/m]	-62,22 +
MOMENTO dovuto alla reazione vincolare della trave destra	373,33 =
MOMENTO di progetto [kNm/m]	84,25

n.b.

Momento f. positivo tende le fibre inferiori

Momento f. negativo tende le fibre superiori

---- TAGLIO IN CORRISPONDENZA DELLA MEZZERIA DELLA SOLETTA ----

carichi mobili in posizione 3

TAGLIO dovuto al peso della soletta [kN/m]	45,88 +
TAGLIO dovuto al peso della pavimentazione [kN/m]	10,73 +
TAGLIO dovuto al peso del cordolo/marciapiede [kN/m]	6,38 +
TAGLIO dovuto al peso veletta [kN/m]	1,55 +
TAGLIO dovuto al peso della canaletta smaltimento acque [kN/m]	0,50 +
TAGLIO dovuto al peso del parapetto [kN/m]	0,50 +
TAGLIO dovuto peso della barriera anti-rumore [kN/m]	0,00 +
TAGLIO dovuto al peso della rete di protezione [kN/m]	0,00 +
TAGLIO dovuto al peso sicurvia [kN/m]	1,00 +
TAGLIO dovuto alla 1° fila di ruote [kN/m]	62,22 +
TAGLIO dovuto alla reazione vincolare della trave destra [kN/m].....	-129,85 =
TAGLIO di progetto [kN/m]	-1,10

Considerando un'armatura superiore di 5Ø20 al metro (area 15,71 cm²) e inferiore di 5Ø20 + 2,5Ø26 al metro (area 28,98 cm²) si ha la seguente verifica di resistenza della sezione 120 × 25:

```

+-----+
|                                     |
|                               Viadotto Salso                               |
|                               Progetto Soletta                             |
|                               Sezione: CAMPATA                             |
|                                     |
+-----+

```

METODO DI CALCOLO: Tensioni Ammissibili;

MATERIALI:

Resistenza caratteristica cubica cls: Rck = 400.00 Kg/cmq
 Tipo acciaio: Fe B 44 k
 Coefficiente di omogeneizzazione Ea/Ec: n = 15.00
 Tensione ammissibile cls: sigma_c amm. = 122.00 Kg/cmq
 Tensione ammissibile acciaio: sigma_f amm. = 2600.00 ''
 Tensione amm. acciaio staffe: sigma_fs amm.= 2600.00 ''

FORMA DELLA SEZIONE: RETTANGOLARE
 Base: B = 120.00 cm; Altezza: H = 25.00 cm
 Rotazione: rot = 0.00 gradi sess.
 Area totale acciaio: Af = 53.63 ''
 Copriferro: c = 3.00 cm

GEOMETRIA DELLE MASSE SEZIONE IN CALCESTRUZZO:
 Area: Acls = 3000.00 cmq; Baricentro: XgCls = 0.00 cm; YgCls = 0.00 cm
 Momenti d'inerzia: Jx = 156250.00 cm⁴; Jy = 3600000.00 cm⁴; Jxy = 0.00 cm⁴;
 Momenti principali d'inerzia: Jcsi = 3600000.00 cm⁴; Jeta = 156250.00 cm⁴;
 Angolo tra l'asse principale d'inerzia csi e l'asse x: Theta = -1.57 rad;

COMBINAZIONI DI CARICO:
 Azione normale (positiva se di compressione).
 Azioni rispetto x e y baricent. paralleli agli assi x e y (unita' Kg, Kg*m).

Combinazioni:

comb.	N	Mx	Tx	My	Ty	Mt
1	0.00	8400.00	0.00	0.00	0.00	0.00

VERIFICA PRESSO-TENSOFFLESSIONE (comb. di carico N.ro 1):
 Area sezione reagente: Ar = 1883.53 cmq
 Mom. statici della sez. reagente (cm³) : Sx = 6606.12, Sy = 0.00
 Mom. d'inerzia sezione reagente (cm⁴)...: Jx=134517.47 , Jy=2442196.52
 Baricentro sezione reagente Br: Xgr = 0.00 cm; Ygr = 3.51 cm
 Equaz. asse neutro ax+by+c=0 : a=0.000000; b=7.543934; c=-26.458946

Tensioni (segno positivo se di compressione). Sezione parzializzata
 Tensione massima cls: sigma_c = 67.840 Kg/cmq
 Tensione minima acciaio: sigma_f = -1358.736 ''
 Tensione massima acciaio: sigma_f' = 564.967 ''
 Valori tutti inferiori a quelli ammissibili: VERIFICA POSITIVA

4.3.2 Verifica a fessurazione della soletta

Nel presente capitolo si riportano le verifiche a fessurazione per la soletta in c.a. effettuate in direzione longitudinale e trasversale in accordo con le normative:

- D.M. 4-5-1990 Norme tecniche per i ponti stradali
- CNR 10016/85 Travi composte in acciaio calcestruzzo
- D.M. 9-01-1996 Norme tecniche per il calcolo delle strutture in c.a.
- Circolare Ministeriale 15-10-96 n. 252

Il valore caratteristico di apertura delle fessure nell'area di efficacia delle armature non deve superare i seguenti limiti:

- $w_k = 0,2$ mm per la combinazione di carico FII;
- $w_k = 0,1$ mm per la combinazione di carico FIII.

Il valore caratteristico è dato da:

$$w_k = 1,7 w_m$$

in cui w_m , che rappresenta il valor medio dell'apertura calcolata in base alla deformazione media ε_{am} del tratto s_{rm} pari alla distanza media fra le fessure vale:

$$w_m = 1,7 \varepsilon_{am} s_{rm}.$$

La distanza media fra le fessure può essere calcolata attraverso l'espressione:

$$s_{rm} = 2 \left(c + \frac{s}{10} \right) + k_2 k_3 \frac{\phi}{\rho_t}$$

nella quale:

- c è il ricoprimento dell'armatura;
- s è la distanza fra le barre;
- ϕ il diametro delle barre;
- k_2 è il coefficiente che caratterizza l'aderenza del calcestruzzo alle barre che vale 0,4 nel caso di barre ad aderenza migliorata;
- k_3 è il coefficiente della forma del diagramma delle tensioni prima della fessurazione, da assumersi pari a 0,125 nel caso in cui l'asse neutro sia interno alla soletta, $0,125(1+\sigma_1/\sigma_2)$ nel caso in cui l'asse neutro sia esterno, essendo σ_1 e σ_2 le tensioni nominali ai lembi estremi della soletta;
- ρ_t è il rapporto A_a/A_{cef} ;
- A_{cef} è l'area di calcestruzzo entro la quale la barre di acciaio possono effettivamente influenzare l'apertura delle fessure;
- A_a è l'area di acciaio contenuta nell'area A_{cef} .

La deformazione unitaria media ε_{am} può valutarsi invece con la formula:

$$\varepsilon_{am} = \frac{\sigma_o}{E_a} \left[1 - \beta_1 \beta_2 \left(\frac{\sigma_{ar}}{\sigma_o} \right)^2 \right] \quad (\varepsilon_{am} \geq 0,4 \frac{\sigma_o}{E_a})$$

essendo:

- σ_o la tensione nell'acciaio calcolata nella sezione fessurata per la combinazione di carico considerata, tenuto conto del ritiro;
- σ_{ar} la tensione nell'acciaio calcolata nella sezione fessurata per la sollecitazione corrispondente al raggiungimento della resistenza a trazione f_{ctm} nella fibra di

calcestruzzo più sollecitata in sezione interamente reagente, compresa nell'area efficace;

- β_1 il coefficiente rappresentativo dell'aderenza acciaio calcestruzzo che assume il valore unitario nel caso di barre ad aderenza migliorata;
- β_2 il coefficiente che tiene conto delle condizioni di sollecitazione: 1,0 nel caso di prima applicazione di un azione di breve durata, 0,5 nel caso di azioni di lunga durata o nel caso di azioni ripetute.

Verifica in direzione longitudinale

La verifica a fessurazione della soletta in direzione longitudinale è stata condotta per le sezioni soggette a momento negativo nelle zone a cavallo degli appoggi interni.

Nella tabella seguente è riportato in dettaglio il calcolo effettuato per la sezione maggiormente sollecitata.

Combinazione FII

Verifica a fessurazione secondo CNR 10016/85 e DM 04/05/90			
	Sezione n. 70	Ascissa (m) 98	
Combinazione di carico (DM 04/05/90)		F II	
Luce campata		42	m
Coefficienti ψ_1	ψ_1	0,65	
Coefficienti ψ_2	ψ_2	0,44	
Valore limite di apertura fessure w_{limite}	w_{limite}	0,3	mm
Ricoprimento armatura c	c	3,7	cm
Diametro barre ϕ	ϕ	26	mm
Interasse barre s	s	20	cm
Larghezza efficace b_{c_ef}	b_{c_ef}	20	cm
Larghezza efficace d_{c_ef}	d_{c_ef}	13,85	cm
Tipo di barre		am	
Coefficiente k_2	k_2	0,4	
Tensione σ_1	σ_1	51,77	kg/cm ²
Tensione σ_2	σ_2	41,18	kg/cm ²
Coefficiente k_3	k_3	0,22	
Area efficace A_{c_ef}	A_{c_ef}	277	cm ²
Area acciaio A_a	A_a	5,31	cm ²
Coefficiente ρ_t	ρ_t	0,02	
Distanza media tra le fessure s_m	s_m	23,58	cm
Tensione σ_0	σ_0	1066,5	kg/cm ²
Tensione di trazione media nel cls f_{cfm}	f_{cfm}	37,78	kg/cm ²
Coefficiente β_1	β_1	1	
Coefficiente β_2	β_2	0,5	
Tensione σ_{ar}	σ_{ar}	771,4	kg/cm ²
Deformazione media unitaria ϵ_{am}	ϵ_{am}	0,00038	
Distanza media tra le fessure w_m	w_m	0,088	mm
Distanza caratteristica di apertura delle fessure w_k	w_k	0,150	mm
Esito della verifica		Verificato	

Combinazione FIII

Verifica a fessurazione secondo CNR 10016/85 e DM 04/05/90			
	Sezione n.	70	Ascissa (m) 98
Combinazione di carico (DM 04/05/90) F III			
Luce campata		42	m
Coefficienti ψ_1	ψ_1	0,65	
Coefficienti ψ_2	ψ_2	0,44	
Valore limite di apertura fessure w_{limite}	w_{limite}	0,15	mm
Ricoprimento armatura c	c	3,7	cm
Diametro barre ϕ	ϕ	26	mm
Interasse barre s	s	20	cm
Larghezza efficace b_{c_ef}	b_{c_ef}	20	cm
Larghezza efficace d_{c_ef}	d_{c_ef}	13,85	cm
Tipo di barre		am	
Coefficiente k_2	k_2	0,4	
Tensione σ_1	σ_1	42,08	kg/cm ²
Tensione σ_2	σ_2	35,31	kg/cm ²
Coefficiente k_3	k_3	0,23	
Area efficace A_{c_ef}	A_{c_ef}	277	cm ²
Area acciaio A_a	A_a	5,31	cm ²
Coefficiente ρ_t	ρ_t	0,02	
Distanza media tra le fessure s_{rm}	s_{rm}	23,87	cm
Tensione σ_0	σ_0	868,7	kg/cm ²
Tensione di trazione media nel cls f_{cfm}	f_{cfm}	37,78	kg/cm ²
Coefficiente β_1	β_1	1	
Coefficiente β_2	β_2	0,5	
Tensione σ_{ar}	σ_{ar}	771,4	kg/cm ²
Deformazione media unitaria ε_{am}	ε_{am}	0,00025	
Distanza media tra le fessure w_m	w_m	0,060	mm
Distanza caratteristica di apertura delle fessure w_k	w_k	0,102	mm
Esito della verifica		Verificato	

Verifica in direzione trasversale

La verifica a fessurazione della soletta in direzione trasversale è stata effettuata per la zona di appoggio sulle travi metalliche. I carichi considerati sono: il peso della soletta, i carichi permanenti ed i carichi mobili. Nelle tabelle seguenti sono riportate in dettaglio le verifiche relative agli sbalzi, nel caso in cui il carico accidentale q_{1a} sia posizionato in modo tale da massimizzare il momento flettente.

Combinazione FII

GEOMETRIA DELLA SEZIONE E CARATTERISTICHE MATERIALI

Calcestruzzo Rck [daNcm ⁻²]	400
Tipo acciaio	FeB44k
Modulo elastico acciaio [daNcm ⁻²]	2100000
Tensione ammissibile cls σ_{camm} [daNcm ⁻²]	122,5
Resistenza a trazione del cls per flessione f _{cfk} [daNcm ⁻²]	26,53
Resistenza media a trazione del cls f _{ctm} [daNcm ⁻²]	31,58
Tensione ammissibile acciaio σ_{samm} [daNcm ⁻²]	2600
Altezza della sezione h [cm]	35
Larghezza della sezione b [cm]	100
Spaziatura verticale delle barre S [cm]	0,30
Spaziatura orizzontale delle barre s [cm]	10,00
Ricoprimento dell'armatura c [cm]	3,00

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

Forza assiale di progetto [daN]	0
Momento flettente di progetto [daN]	25900

CALCOLO DISTANZA MEDIA FRA LE FESSURE

Coefficiente k ₂	0,4
Coefficiente k ₃	0,125
Altezza efficace deff [cm]	8,15
Larghezza efficace beff [cm]	100,00
Area efficace Ac,eff [cm ²]	814,85
Area delle barre contenute in Ac,eff, As [cm ²]	42,25
Coefficiente pr	0,052
Distanza media fra le fessure s _{rm} [cm]	10,24

DEFORMAZIONE MEDIA DELL'ARMATURA

Tensione σ_s [daNcm ⁻²]	2348,10
Tensione σ_r [daNcm ⁻²]	889,32
Coefficiente β_1	1
Coefficiente β_2	0,5
Deformazione unitaria media ϵ_{sm}	1,04E-03

CALCOLO AMPIEZZA FESSURE

Ampiezza delle fessure wk [mm]	0,181
Coefficiente di riduzione	0,67
Ampiezza delle fessure ridotta w _{rid} [mm]	0,120
Ampiezza massima ammissibile w [mm]	0,200

Combinazione FIII

GEOMETRIA DELLA SEZIONE E CARATTERISTICHE MATERIALI

Calcestruzzo Rck [daNcm ⁻²]	400
Tipo acciaio	FeB44k
Modulo elastico acciaio [daNcm ⁻²]	2100000
Tensione ammissibile cls σ_{camm} [daNcm ⁻²]	122,5
Resistenza a trazione del cls per flessione f _{cfk} [daNcm ⁻²]	26,53
Resistenza media a trazione del cls f _{ctm} [daNcm ⁻²]	31,58
Tensione ammissibile acciaio σ_{samm} [daNcm ⁻²]	2600
Altezza della sezione h [cm]	35
Larghezza della sezione b [cm]	100
Spaziatura verticale delle barre S [cm]	0,30
Spaziatura orizzontale delle barre s [cm]	10,00
Ricoprimento dell'armatura c [cm]	3,00

SOLLECITAZIONI DI PROGETTO

Forza assiale di progetto [daN]	0
Momento flettente di progetto [daN]	20100

CALCOLO DISTANZA MEDIA FRA LE FESSURE

Coefficiente k ₂	0,4
Coefficiente k ₃	0,125
Altezza efficace deff [cm]	8,15
Larghezza efficace beff [cm]	100,00
Area efficace Ac,eff [cm ²]	814,85
Area delle barre contenute in Ac,eff, As [cm ²]	42,25
Coefficiente pr	0,052
Distanza media fra le fessure s _{rm} [cm]	10,24

DEFORMAZIONE MEDIA DELL'ARMATURA

Tensione σ_s [daNcm ⁻²]	1822,27
Tensione σ_r [daNcm ⁻²]	889,32
Coefficiente β_1	1
Coefficiente β_2	0,5
Deformazione unitaria media ϵ_{sm}	7,64E-04

CALCOLO AMPIEZZA FESSURE

Ampiezza delle fessure wk [mm]	0,133
Coefficiente di riduzione	0,67
Ampiezza delle fessure ridotta w _{rid} [mm]	0,089
Ampiezza massima ammissibile w [mm]	0,100

PARTE II: APPOGGI, GIUNTI E DISPOSITIVI ANTISISMICI

1 Appoggi e Dispositivi Antisismici

Per la determinazione delle massime reazioni verticali degli appoggi sono state considerate le seguenti due condizioni di carico:

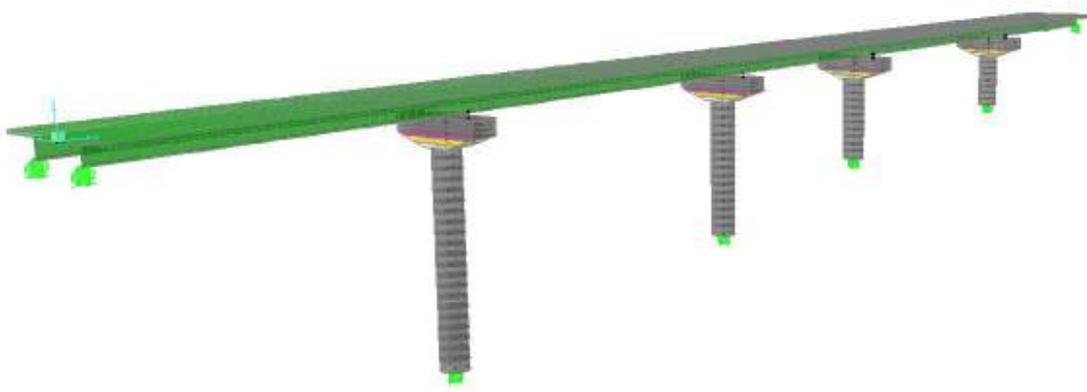
- 1) P.p. acciaio + p.p. soletta + permanenti + ritiro + vento + ΔT_{neg} + carichi mobili;
- 2) P.p. acciaio + p.p. soletta + permanenti + vento + ΔT_{pos} + carichi mobili.

Nella tabella seguente sono riportati i valori delle reazioni verticali ed il calcolo delle capacità verticali degli appoggi.

Tipo Struttura	N°	Peso Proprio Carp.	Soletta	Carichi Permanenti	Ritiro	Vento	Δt Negativa	Δt Positiva	Carichi Mobili (q1+q2)	Comb. 1	Comb. 2	V (kN)
Pila	35	126	564	219	-72	74	-28	56	1472	2354	2511	4000
Pila	36	605	2140	775	88	253	34	-67	2806	6700	6511	7000
Pila FISSA	37	481	1592	596	-16	197	-6	12	2694	5540	5573	7000
Pila	38	496	1660	615	-13	203	-5	10	2699	5656	5683	7000
Pila	39	573	1996	724	97	237	37	-74	2725	6388	6181	7000
Pila	40	100	443	173	-83	59	-32	64	1403	2063	2242	4000

Reazioni (Rv) e capacità verticale (V) appoggi

Le azioni orizzontali trasversali e longitudinali agenti sugli appoggi per effetto del sisma sono state calcolate mediante analisi dinamica eseguita sul modello agli elementi finiti rappresentato nella figura seguente.



Modello agli elementi finiti per l' Analisi Sismica

Lo spettro di progetto in accelerazione è dato dalla seguente funzione:

$$S_a(T) = C \cdot R \cdot \varepsilon \cdot \beta \cdot I \cdot g$$

dove:

- T è il periodo di vibrazione della struttura;
- $C = (S-2)/100 = 0,07$ è il coefficiente di intensità sismica (zona di 2° cat.);
- $R = 1,0$ per $T \leq 0,8$ s – $R = 0,862 / T^{2/3}$ per $T > 0,80$ s
è il coefficiente di risposta;
- $I = 1,2$ è il coefficiente di protezione sismica;
- $\varepsilon = 1,2$ è il coefficiente di fondazione;
- $\beta = 2,5$ è il coefficiente di struttura
(per il progetto degli apparecchi d'appoggio);
- $g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$ è l'accelerazione di gravità.

Le modalità di valutazione degli scorrimenti di progetto degli appoggi sulle pile 43,48 e sulla spalla C sono riportate nel paragrafo 2, unitamente al calcolo dell'escursione dei giunti.

Nella tabella seguente è riportato il riepilogo dei carichi e degli scorrimenti di progetto degli appoggi.

TRAVE SINISTRA									TRAVE DESTRA				
V (kN)	HL (kN)	HT (kN)	SL (mm)	ST (mm)	Tipo Struttura	N°	Progressiva Asse appoggi	Luce Campata	V (kN)	HL (kN)	HT (kN)	SL (mm)	ST (mm)
4000	-	800	± 160	-	Pila	35	0,00		4000	-	-	± 160	± 15
7000	1000	800	± 40	-	Pila	36	35,50	35,50	7000	1000	800	± 40	-
7000	1000	800	± 0	-	Pila FISSA	37	78,50	43,00	7000	1000	800	± 0	-
7000	1500	800	± 40	-	Pila	38	109,00	30,50	7000	1500	800	± 40	-
7000	2500	1600	± 40	-	Pila	39	152,00	43,00	7000	2500	1600	± 40	-
4000	-	800	± 160	-	Pila	40	182,50	30,50	4000	-	-	± 160	± 15
3000	-	-	± 160	± 15	Pila	43	-	-	3000	-	-	± 160	± 15

Tabella riassuntiva dei carichi e degli scorrimenti di progetto degli appoggi

2 Giunti e scorrimenti degli appoggi di estremità

L'escursione dei giunti e gli scorrimenti degli appoggi sulle pile 35,40,43 sono stati dimensionati considerando l'azione sismica e, a favore di sicurezza, una variazione termica di ± 40 °C sull'intero impalcato intendendo così inglobati anche gli effetti del ritiro della soletta in calcestruzzo.

L'entità dell'escursione totale dei giunti e degli apparecchi d'appoggio è stata valutata nello spirito della seguente formulazione contenuta nell' "Istruzione 44 b" relativa ai ponti ferroviari, che fa riferimento ad una trave continua con appoggio fisso iniziale:

$$E_L = K_1 \cdot (2 \cdot K_2 \cdot D_t + 4 \cdot K_2 \cdot D_e + 2 \cdot K_2 \cdot D_{RL})$$

dove:

- $K_1 = 0.7$, coefficiente che tiene conto della non contemporaneità dei valori massimi corrispondenti a ciascun evento sismico;
- $K_2 = 0.65$, coefficiente che tiene conto della effettiva probabilità che si verifichi il moto in opposizione di fase dei due elementi indipendenti;
- D_t = dilatazione termica in direzione longitudinale associata alla variazione termica uniforme;
- $D_e = \eta \cdot \phi$ = spostamento longitudinale associato all'azione sismica, con $\phi=9$;
- D_{RL} = spostamento orizzontale (longitudinale) relativo fra strutture di fondazione contigue distanti L, definito come $1,5 \cdot (L/1000)$ per zona sismica di 2^a categoria;

Nel caso in esame, poiché lo schema statico quello di trave continua con appoggio fisso centrale, la formula indicata nelle "Istruzioni 44 b" viene applicata nella seguente maniera:

$$E_L = K_1 \cdot [2 \cdot K_2 \cdot (D_{t,s} + D_{t,d}) + 2 \cdot K_2 \cdot (D_{e,s} + D_{e,d}) + 2 \cdot K_2 \cdot D_{RL}]$$

dove:

- i pedici “s” e “d” si riferiscono al generico tronco posizionato alla “*destra*” o “*sinistra*” del giunto considerato.

Il giunto fra le testate di due travi adiacenti deve consentire un’escursione totale pari a $\pm E_L/2$.

La corsa degli apparecchi di appoggio mobili deve essere non inferiore a $\pm E_L/2$. Inoltre al fine di scongiurare la caduta dell’impalcato deve essere garantito un ulteriore franco, di corsa pari a $E_L/8$ nella sola direzione d’allontanamento dell’impalcato dalla pila.

I valori delle escursioni dei giunti fra gli impalcati e degli scorrimenti di progetto degli appoggi di estremità, calcolati secondo le precedenti indicazioni, sono riportati nelle tavole di progetto.

APPENDICE 1: Sollecitazioni di Calcolo degli Impalcati

Viadotto Parte "A" da P35 a P40/P43

Carichi mobili + Effetto dinamico																Ritiro:effetti isostatici Ritiro: eff.iper Var.Term.Pos.:eff.iso V.T.+ : eff.iper Var.Term.Neg.:eff.iso V.T.- : eff.iper																			
Sez.	Ascissa	Sez.	Acc. + Soletta	Car. Permanenti				Tmin		Tmax		Mmin		Mmax		Azione del Vento		Soletta		Strutt. Composta		Strutt. Composta		Soletta		Strutt. Composta		Strutt. Composta		Soletta		Strutt. Composta		Strutt. Composta	
N°	[m]	Tipo	T [kN]	M [kNm]	T [kN]	M [kNm]	T [kN]	M [kNm]	T [kN]	M [kNm]	T [kN]	M [kNm]	T [kN]	M [kNm]	T [kN]	M [kNm]	N [kN]	N [kN]	M [kNm]	N [kN]	M [kNm]	N [kN]	N [kN]	M [kNm]	N [kN]	N [kN]	M [kNm]	N [kN]	N [kN]	M [kNm]	N [kN]	N [kN]	M [kNm]	N [kN]	N [kN]
1	0,00	1	691	0	219	0	1472	0	-183	0	0	0	0	0	74	0	3965	-3965	2042	-72	0	-6294	6294	-1604	56	0	3147	-3147	802	-28	0				
2	2,50	1	550	1551	176	493	1291	3227	-196	768	-183	-457	932	3227	60	166	3965	-3965	2042	-72	-181	-6294	6294	-1604	56	140	3147	-3147	802	-28	-70				
3	5,00	1	410	2752	134	881	1122	5609	-283	2354	-183	-915	763	5609	46	298	3965	-3965	2042	-72	-362	-6294	6294	-1604	56	280	3147	-3147	802	-28	-140				
4	7,50	1	270	3601	91	1162	965	7236	-377	3640	-183	-1372	339	7393	32	394	3965	-3965	2042	-72	-543	-6294	6294	-1604	56	420	3147	-3147	802	-28	-210				
5	10,00	1	129	4099	49	1336	820	8202	-469	4492	-183	-1830	540	8626	18	455	3965	-3965	2042	-72	-724	-6294	6294	-1604	56	560	3147	-3147	802	-28	-280				
6	12,50	1	-11	4246	6	1405	688	8598	-570	5059	-183	-2287	24	9413	4	481	3965	-3965	2042	-72	-905	-6294	6294	-1604	56	700	3147	-3147	802	-28	-350				
7	15,00	1	-152	4043	-36	1367	568	8516	-680	5322	-183	-2745	226	9759	-10	473	3965	-3965	2042	-72	-1086	-6294	6294	-1604	56	840	3147	-3147	802	-28	-420				
8	17,10	2	-271	3599	-72	1253	476	8147	-778	5265	-183	-3129	95	9716	-22	438	3965	-3965	2042	-72	-1238	-6294	6294	-1604	56	957	3147	-3147	802	-28	-479				
9	19,20	2	-390	2904	-108	1064	394	7559	-883	4925	-183	-3513	-394	9374	-34	379	3965	-3965	2042	-72	-1390	-6294	6294	-1604	56	1075	3147	-3147	802	-28	-538				
10	21,30	2	-510	1959	-143	801	320	6806	-992	4275	-183	-3897	-524	8740	-46	296	3965	-3965	2042	-72	-1542	-6294	6294	-1604	56	1193	3147	-3147	802	-28	-596				
11	23,40	2	-629	763	-179	462	254	5940	-1106	3297	-183	-4282	-293	7824	-58	187	3965	-3965	2042	-72	-1694	-6294	6294	-1604	56	1310	3147	-3147	802	-28	-655				
12	25,50	2	-749	-684	-215	48	196	4999	-1224	1976	-183	-4666	-420	6634	-69	54	3965	-3965	2042	-72	-1847	-6294	6294	-1604	56	1428	3147	-3147	802	-28	-714				
13	28,00	3	-899	-2744	-257	-542	136	3803	-1369	-65	-183	-5123	-930	4853	-83	-137	3965	-3965	2042	-72	-2028	-6294	6294	-1604	56	1568	3147	-3147	802	-28	-784				
14	30,50	3	-1050	-5181	-300	-1239	82	2497	-1519	-2634	-544	-5941	-721	2963	-97	-362	3965	-3965	2042	-72	-2209	-6294	6294	-1604	56	1708	3147	-3147	802	-28	-854				
15	33,00	5	-1210	-8006	-342	-2041	38	1247	-1669	-5621	-930	-7797	-656	1521	-111	-623	3965	-3965	2042	-72	-2390	-6294	6294	-1604	56	1848	3147	-3147	802	-28	-924				
16	35,50	5	-1369	-11231	-385	-2950	23	824	-1817	-8945	-1253	-10544	23	824	-125	-919	3965	-3965	2042	-72	-2571	-6294	6294	-1604	56	1988	3147	-3147	802	-28	-994				
17	35,50	5	1376	-11231	390	-2950	1815	-8586	-87	791	1416	-10115	-87	791	128	-919	3965	-3965	2042	15	-2571	-6294	6294	-1604	-11	1988	3147	-3147	802	6	-994				
18	38,00	5	1216	-7991	347	-2029	1672	-5228	-90	655	981	-7225	233	1292	114	-617	3965	-3965	2042	15	-2532	-6294	6294	-1604	-11	1960	3147	-3147	802	6	-980				
19	40,50	3	1057	-5150	305	-1214	1528	-2198	-131	2081	657	-5174	578	2470	100	-351	3965	-3965	2042	15	-2493	-6294	6294	-1604	-11	1932	3147	-3147	802	6	-966				
20	43,00	3	906	-2697	262	-505	1383	428	-184	3150	335	-3939	410	3867	86	-119	3965	-3965	2042	15	-2454	-6294	6294	-1604	-11	1904	3147	-3147	802	6	-952				
21	45,50	2	755	-622	220	98	1244	2553	-243	4106	81	-3473	518	5585	72	78	3965	-3965	2042	15	-2416	-6294	6294	-1604	-11	1877	3147	-3147	802	6	-938				
22	47,80	2	624	964	181	559	1120	4084	-305	4910	81	-3287	383	7071	59	228	3965	-3965	2042	15	-2380	-6294	6294	-1604	-11	1851	3147	-3147	802	6	-926				
23	50,10	2	493	2249	142	929	1002	5234	-375	5626	81	-3100	248	8242	46	348	3965	-3965	2042	15	-2345	-6294	6294	-1604	-11	1826	3147	-3147	802	6	-913				
24	52,40	2	363	3233	103	1210	890	6028	-453	6215	81	-2914	457	9092	33	439	3965	-3965	2042	15	-2309	-6294	6294	-1604	-11	1800	3147	-3147	802	6	-900				
25	54,70	2	232	3917	63	1401	784	6494	-540	6628	81	-2728	-24	9614	20	500	3965	-3965	2042	15	-2273	-6294	6294	-1604	-11	1774	3147	-3147	802	6	-887				
26	57,00	2	101	4299	24	1502	685	6670	-634	6817	81	-2541	185	9805	7	531	3965	-3965	2042	15	-2238	-6294	6294	-1604	-11	1749	3147	-3147	802	6	-874				
27	59,30	2	-30	4381	-15	1513	594	6596	-735	6740	30	-2376	48	9664	-6	533	3965	-3965	2042	15	-2202	-6294	6294	-1604	-11	1723	3147	-3147	802	6	-862				
28	61,60	2	-160	4163	-54	1434	511	6316	-843	6362	30	-2306	-432	9194	-19	505	3965	-3965	2042	15	-2166	-6294	6294	-1604	-11	1698	3147	-3147	802	6	-849				
29	63,90	2	-291	3643	-93	1265	436	5880	-957	5649	30	-2237	-223	8399	-31	448	3965	-3965	2042	15	-2131	-6294	6294	-1604	-11	1672	3147	-3147	802	6	-836				
30	66,20	2	-422	2823	-132	1007	370	5339	-1077	4578	30	-2168	-702	7287	-44	361	3965	-3965	2042	15	-2095	-6294	6294	-1604	-11	1647	3147	-3147	802	6	-823				
31	68,50	2	-553	1702	-171	658	312	4731	-1201	3129	30	-2099	-836	5867	-57	244	3965	-3965	2042	15	-2060	-6294	6294	-1604	-11	1621	3147	-3147	802	6	-811				
32	71,00	3	-704	131	-214	177	257	4012	-1340	1107	-351	-2590	-254	4531	-71	84	3965	-3965	2042	15	-2021	-6294	6294	-1604	-11	1594	3147	-3147	802	6	-797				
33	73,50	3	-854	-1816	-256	-410	208	3219	-1484	-1400	-664	-3860	-452	3539	-85	-111	3965	-3965	2042	15	-1982	-6294	6294	-1604	-11	1566	3147	-3147	802	6	-783				
34	76,00	6	-1014	-4152	-299	-1104	185	2260	-1628	-4300	-1097	-6048	-498	2676	-99	-342	3965	-3965	2042	15	-1943	-6294	6294	-1604	-11	1538	3147	-3147	802	6	-769				
35	78,50	6	-1174	-6886	-341	-1904	182	2643	-1769	-7513	-1375	-9149	182	2643	-113	-607	3965	-3965	2042	15	-1905	-6294	6294	-1604	-11	1510	3147	-3147	802	6	-755				
36	81,00	6	900	-6886	255	-1904	1729	-7975	-337	2784	1170	-9795	-299	2829	84	-607	3965	-3965	2042	-1	-1905	-6294	6294	-1604	0	1510	3147	-3147	802	0	-755				
37	81,00	6	741	-4836	213	-1319	1568	-4858	-342	2040	775	-7343	10	2901	70	-414	3965	-3965	2042	-1	-1906	-6294	6294	-1604	0	1511	3147	-3147	802	0	-756				
38	83,50	3	581	-3184	170	-841	1405	-2129	-391	3199	359	-5924	544	3872	56	-256	3965	-3965	2042	-1	-1908	-6294	6294	-1604	0	1512	3147	-3147	802	0	-756				
39	86,00	3	430	-1920	128	-469	1242	123	-477	3784	57	-5682	679	5423	42	-133	3965	-3965	2042	-1	-1909	-6294	6294	-1604	0	1513	3147	-3147	802	0	-757				
40	88,50	2	279	-1033	85	-203	1087	1794	-570	4097	57	-5540	515	6540	28	-45	3965	-3965	2042	-1	-1911	-6294	6294	-1604	0	1514	3147	-3147	802	0	-757				
41	90,60	2	160	-572	49	-62	965	2787	-658	4162	57	-5420	8	7129	16	2	3965	-3965	2042	-1	-1912	-6294	6294	-1604	0	1515	3147	-3147	802	0	-758				
42	92,70	2	40	-362	14	4	850	3443	-756	4021	57	-5300	237	7407	5	24	3965	-3965	2042	-1	-1913	-6294	6294	-1604	0	1516	3147	-3147	802	0	-758				
43	94,80	2	-																																

Carichi mobili + Effetto dinamico																Ritiro:effetti isostatici Ritiro: eff.iper Var.Term.Pos.:eff.iso V.T.+ : eff.iper Var.Term.Neg.:eff.iso V.T.- : eff.iper																
Sez.	Ascissa	Sez.	Acc. + Soletta	Car. Permanenti				Tmin		Tmax		Mmin		Mmax		Azione del Vento	Soletta	Strutt. Composta		Strutt. Composta		Soletta	Strutt. Composta		Strutt. Composta		Soletta	Strutt. Composta		Strutt. Composta		
N°	[m]	Tipo	T [kN]	M [kNm]	T [kN]	M [kNm]	T [kN]	M [kNm]	T [kN]	M [kNm]	T [kN]	M [kNm]	T [kN]	M [kNm]	T [kN]	M [kNm]	N [kN]	N [kN]	M [kNm]	N [kN]	M [kNm]	N [kN]	N [kN]	M [kNm]	N [kNm]	M [kNm]	N [kN]	N [kNm]	M [kNm]	N [kN]	N [kNm]	M [kNm]
57	125,90	2	204	4315	65	1487	835	6250	-481	6548	13	-2067	418	9114	22	524	3965	-3965	2042	-14	-2159	-6294	6294	-1604	10	1692	3147	-3147	802	-5	-846	
58	128,20	2	73	4634	25	1590	728	6613	-565	6888	13	-2039	-62	9551	9	559	3965	-3965	2042	-14	-2191	-6294	6294	-1604	10	1715	3147	-3147	802	-5	-857	
59	130,50	2	-57	4653	-14	1604	627	6678	-657	7017	-33	-2047	146	9657	-4	564	3965	-3965	2042	-14	-2223	-6294	6294	-1604	10	1738	3147	-3147	802	-5	-869	
60	132,80	2	-188	4371	-53	1528	533	6481	-757	6891	-33	-2123	9	9431	-17	540	3965	-3965	2042	-14	-2255	-6294	6294	-1604	10	1761	3147	-3147	802	-5	-880	
61	135,10	2	-319	3788	-92	1361	448	6066	-863	6471	-33	-2200	-472	8875	-30	487	3965	-3965	2042	-14	-2288	-6294	6294	-1604	10	1784	3147	-3147	802	-5	-892	
62	137,40	2	-450	2904	-131	1105	370	5480	-976	5722	-33	-2276	-263	7991	-43	404	3965	-3965	2042	-14	-2320	-6294	6294	-1604	10	1807	3147	-3147	802	-5	-904	
63	139,70	2	-580	1720	-170	759	301	4775	-1095	4617	-33	-2353	-742	6788	-56	291	3965	-3965	2042	-14	-2352	-6294	6294	-1604	10	1830	3147	-3147	802	-5	-915	
64	142,00	2	-711	235	-209	323	241	3989	-1219	3132	-33	-2430	-877	5272	-68	148	3965	-3965	2042	-14	-2384	-6294	6294	-1604	10	1853	3147	-3147	802	-5	-927	
65	144,50	3	-862	-1731	-252	-253	183	3061	-1359	1065	-345	-2916	-366	3664	-82	-40	3965	-3965	2042	-14	-2419	-6294	6294	-1604	10	1878	3147	-3147	802	-5	-939	
66	147,00	3	-1013	-4075	-294	-935	131	2037	-1503	-1495	-662	-4173	-196	2386	-96	-264	3965	-3965	2042	-14	-2454	-6294	6294	-1604	10	1903	3147	-3147	802	-5	-952	
67	149,50	5	-1172	-6806	-337	-1724	94	722	-1648	-4454	-970	-6213	-576	1276	-110	-522	3965	-3965	2042	-14	-2489	-6294	6294	-1604	10	1928	3147	-3147	802	-5	-964	
68	152,00	5	-1332	-9937	-379	-2618	91	873	-1790	-7735	-1392	-9308	91	873	-124	-816	3965	-3965	2042	-14	-2524	-6294	6294	-1604	10	1953	3147	-3147	802	-5	-977	
69	152,00	5	1237	-9937	345	-2618	1742	-8243	-31	935	1171	-9966	-31	935	112	-816	3965	-3965	2042	83	-2524	-6294	6294	-1604	-64	1953	3147	-3147	802	32	-977	
70	154,50	5	1077	-7044	303	-1809	1587	-5111	-49	1381	802	-7479	288	1711	98	-553	3965	-3965	2042	83	-2317	-6294	6294	-1604	-64	1793	3147	-3147	802	32	-897	
71	157,00	3	918	-4551	260	-1105	1429	-2342	-106	2697	349	-6023	825	3316	84	-325	3965	-3965	2042	83	-2110	-6294	6294	-1604	-64	1633	3147	-3147	802	32	-817	
72	159,50	3	767	-2445	218	-508	1271	-21	-175	4020	235	-5405	409	5175	70	-132	3965	-3965	2042	83	-1903	-6294	6294	-1604	-64	1473	3147	-3147	802	32	-737	
73	162,00	2	616	-717	175	-17	1119	1738	-252	5157	235	-4817	619	6564	56	26	3965	-3965	2042	83	-1696	-6294	6294	-1604	-64	1313	3147	-3147	802	32	-656	
74	164,50	2	474	645	133	367	974	2962	-340	6122	235	-4230	90	7523	42	149	3965	-3965	2042	83	-1489	-6294	6294	-1604	-64	1153	3147	-3147	802	32	-576	
75	167,00	2	332	1651	90	646	837	3689	-443	6864	235	-3642	-72	8055	28	236	3965	-3965	2042	83	-1283	-6294	6294	-1604	-64	993	3147	-3147	802	32	-496	
76	169,50	2	189	2303	48	818	708	3961	-560	7284	235	-3055	-236	8142	14	289	3965	-3965	2042	83	-1076	-6294	6294	-1604	-64	833	3147	-3147	802	32	-416	
77	172,00	1	47	2599	5	884	590	3832	-693	7272	235	-2467	-31	7770	0	307	3965	-3965	2042	83	-869	-6294	6294	-1604	-64	672	3147	-3147	802	32	-336	
78	174,10	1	-71	2574	-31	857	498	3456	-815	6846	235	-1974	-539	7095	-12	295	3965	-3965	2042	83	-695	-6294	6294	-1604	-64	538	3147	-3147	802	32	-269	
79	176,20	1	-189	2302	-66	755	407	2750	-948	5971	235	-1480	-311	6055	-23	258	3965	-3965	2042	83	-521	-6294	6294	-1604	-64	403	3147	-3147	802	32	-202	
80	178,30	1	-306	1782	-102	578	314	1667	-1091	4582	235	-987	-722	4582	-35	197	3965	-3965	2042	83	-348	-6294	6294	-1604	-64	269	3147	-3147	802	32	-134	
81	180,40	1	-424	1015	-138	327	240	-382	-1244	2612	235	-493	-875	2612	-47	111	3965	-3965	2042	83	-174	-6294	6294	-1604	-64	134	3147	-3147	802	32	-67	
82	182,50	1	-542	0	-173	0	235	0	-1407	0	0	0	0	0	-59	0	3965	-3965	2042	83	0	-6294	6294	-1604	-64	0	3147	-3147	802	32	0	

APPENDICE 2: Modelli di Calcolo degli Impalcati

Generalità

Nella presente appendice si riportano per esteso i listati di input, in formato SAP 2000, per i modelli di calcolo utilizzati:

- *Modello 1*: ottenuto considerando le proprietà inerziali delle sole travi metalliche ed utilizzato per la valutazione degli effetti indotti dal peso proprio della carpenteria metallica e della soletta;
- *Modello 2*: ottenuto considerando le proprietà inerziali ideali della sezione composta con soletta collaborante omogeneizzata all'acciaio mediante coefficiente 6. Il modello è utilizzato per la valutazione degli effetti indotti dalle azioni di breve durata (azione del vento, carichi mobili, variazioni termiche);
- *Modello 3*: ottenuto considerando le proprietà inerziali ideali della sezione mista con soletta collaborante omogeneizzata all'acciaio mediante coefficiente 20. Il modello è utilizzato per la valutazione degli effetti indotti dalle azioni di lunga durata (carichi permanenti, ritiro).

Nei modelli 2 e 3 si tiene conto della riduzione di rigidità della sezione composta in prossimità degli appoggi interni per la fessurazione della soletta, trascurando il contributo inerziale del calcestruzzo su un tratto di lunghezza pari al 15 % delle luci delle due campate adiacenti e mettendo comunque in conto il contributo inerziale delle armature presenti entro la larghezza collaborante.

Nelle tabelle delle pagine successive tali modelli sono espressi con le seguenti sigle:

- ACC+CLS BT = sezione mista acciaio-calcestruzzo per azioni di breve termine;
- ACC+CLS LT = sezione mista acciaio-calcestruzzo per azioni di lungo termine;
- SOLO ACC = sezione con solo acciaio;
- ACC+ARM = sezione con acciaio ed armature metalliche (per le sezioni d'appoggio).

DESCRIZIONE DEL MODELLO: Viadotto parte "A" da P35 A P40/P43

modello con le proprietà geometriche della sola sezione in acciaio

SYSTEM

DOF=UX,UY,UZ,RX,RY,RZ LENGTH=m FORCE=KN LINES=59

JOINT

1	X=0.00	Y=0.00	Z=0.00
2	X=0.00	Y=15.00	Z=0.00
3	X=0.00	Y=25.50	Z=0.00
4	X=0.00	Y=30.50	Z=0.00
5	X=0.00	Y=35.50	Z=0.00
6	X=0.00	Y=40.50	Z=0.00
7	X=0.00	Y=45.50	Z=0.00
8	X=0.00	Y=68.50	Z=0.00
9	X=0.00	Y=73.50	Z=0.00
10	X=0.00	Y=78.50	Z=0.00
11	X=0.00	Y=83.50	Z=0.00
12	X=0.00	Y=88.50	Z=0.00
13	X=0.00	Y=99.00	Z=0.00
14	X=0.00	Y=104.00	Z=0.00
15	X=0.00	Y=109.00	Z=0.00
16	X=0.00	Y=114.00	Z=0.00
17	X=0.00	Y=119.00	Z=0.00
18	X=0.00	Y=142.00	Z=0.00
19	X=0.00	Y=147.00	Z=0.00
20	X=0.00	Y=152.00	Z=0.00
21	X=0.00	Y=157.00	Z=0.00
22	X=0.00	Y=162.00	Z=0.00
23	X=0.00	Y=172.00	Z=0.00
24	X=0.00	Y=182.50	Z=0.00

RESTRAINT

ADD=1 DOF=U1,U2,U3,R2,R3
ADD=2 DOF=U1,R2,R3
ADD=3 DOF=U1,R2,R3
ADD=4 DOF=U1,R2,R3
ADD=5 DOF=U1,U3,R2,R3
ADD=6 DOF=U1,R2,R3
ADD=7 DOF=U1,R2,R3
ADD=8 DOF=U1,R2,R3
ADD=9 DOF=U1,R2,R3
ADD=10 DOF=U1,U3,R2,R3
ADD=11 DOF=U1,R2,R3
ADD=12 DOF=U1,R2,R3
ADD=13 DOF=U1,R2,R3
ADD=14 DOF=U1,R2,R3
ADD=15 DOF=U1,U3,R2,R3
ADD=16 DOF=U1,R2,R3
ADD=17 DOF=U1,R2,R3
ADD=18 DOF=U1,R2,R3
ADD=19 DOF=U1,R2,R3
ADD=20 DOF=U1,U3,R2,R3
ADD=21 DOF=U1,R2,R3
ADD=22 DOF=U1,R2,R3
ADD=23 DOF=U1,R2,R3
ADD=24 DOF=U1,U3,R2,R3

PATTERN

NAME=TEMP
NAME=PRES

MATERIAL

NAME=1FR IDES=N
T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
NAME=2FR IDES=N
T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
NAME=3FR IDES=N
T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
NAME=4FR IDES=N
T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
NAME=5FR IDES=N
T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
NAME=6FR IDES=N
T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
NAME=7FR IDES=N

T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
 NAME=8FR IDES=N
 T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
 NAME=9FR IDES=N
 T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
 NAME=10FR IDES=N
 T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
 NAME=11FR IDES=N
 T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
 NAME=12FR IDES=N
 T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
 NAME=13FR IDES=N
 T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
 NAME=14FR IDES=N
 T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
 NAME=15FR IDES=N
 T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
 NAME=16FR IDES=N
 T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
 NAME=STEEL IDES=S M=7.8271 W=76.81954
 T=0 E=1.99948E+08 U=.3 A=.0000117
 NAME=CONC IDES=C M=2.40068 W=23.56161
 T=0 E=2.482113E+07 U=.2 A=.0000099

FRAME SECTION

; Elenco MATERIALI (ST = Sezione Tipo GEOMETRICA)
 NAME=1 MAT=1FR A=0.4229 J=0 I=0.1402503,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=1 (Acc+Cls BT)
 NAME=2 MAT=2FR A=0.2092 J=0 I=0.1106168,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=1 (Acc+Cls LT)
 NAME=3 MAT=3FR A=0.1176 J=0 I=0.0666787,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=1 (Acc+Arm)
 NAME=4 MAT=4FR A=0.0976 J=0 I=0.0459570,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=1 (Solo Acc)
 NAME=5 MAT=5FR A=0.4317 J=0 I=0.1402522,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=2 (Acc+Cls BT)
 NAME=6 MAT=6FR A=0.2180 J=0 I=0.1112566,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=2 (Acc+Cls LT)
 NAME=7 MAT=7FR A=0.1264 J=0 I=0.0704262,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=2 (Acc+Arm)
 NAME=8 MAT=8FR A=0.1064 J=0 I=0.0520101,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=2 (Solo Acc)
 NAME=9 MAT=9FR A=0.4763 J=0 I=0.1873354,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=3 (Acc+Cls BT)
 NAME=10 MAT=10FR A=0.2626 J=0 I=0.1440614,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=3 (Acc+Cls LT)
 NAME=11 MAT=11FR A=0.1710 J=0 I=0.0935965,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=3 (Acc+Arm)
 NAME=12 MAT=12FR A=0.1510 J=0 I=0.0742372,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=3 (Solo Acc)
 NAME=13 MAT=13FR A=0.5293 J=0 I=0.2300655,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=4 (Acc+Cls BT)
 NAME=14 MAT=14FR A=0.3156 J=0 I=0.1762647,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=4 (Acc+Cls LT)
 NAME=15 MAT=15FR A=0.2240 J=0 I=0.1226941,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=4 (Acc+Arm)
 NAME=16 MAT=16FR A=0.1952 J=0 I=0.0951518,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=4 (Solo Acc)

FRAME

; Elenco ASTE (L = Lunghezza; ST = Sezione Tipo GEOMETRICA)
 1 J=1,2 SEC=4 NSEG=6 ANG=0 ; L=15,00 - ST=1 (Solo Acc) - q=10,16
 2 J=2,3 SEC=8 NSEG=5 ANG=0 ; L=10,50 - ST=2 (Solo Acc) - q=10,85
 3 J=3,4 SEC=12 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=3 (Solo Acc) - q=14,35
 4 J=4,5 SEC=16 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=4 (Solo Acc) - q=17,82
 5 J=5,6 SEC=16 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=4 (Solo Acc) - q=17,82
 6 J=6,7 SEC=12 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=3 (Solo Acc) - q=14,35
 7 J=7,8 SEC=8 NSEG=10 ANG=0 ; L=23,00 - ST=2 (Solo Acc) - q=10,85
 8 J=8,9 SEC=12 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=3 (Solo Acc) - q=14,35
 9 J=9,10 SEC=16 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=4 (Solo Acc) - q=17,82
 10 J=10,11 SEC=16 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=4 (Solo Acc) - q=17,82
 11 J=11,12 SEC=12 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=3 (Solo Acc) - q=14,35
 12 J=12,13 SEC=8 NSEG=5 ANG=0 ; L=10,50 - ST=2 (Solo Acc) - q=10,85
 13 J=13,14 SEC=12 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=3 (Solo Acc) - q=14,35
 14 J=14,15 SEC=16 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=4 (Solo Acc) - q=17,82
 15 J=15,16 SEC=16 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=4 (Solo Acc) - q=17,82
 16 J=16,17 SEC=12 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=3 (Solo Acc) - q=14,35
 17 J=17,18 SEC=8 NSEG=10 ANG=0 ; L=23,00 - ST=2 (Solo Acc) - q=10,85
 18 J=18,19 SEC=12 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=3 (Solo Acc) - q=14,35
 19 J=19,20 SEC=16 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=4 (Solo Acc) - q=17,82
 20 J=20,21 SEC=16 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=4 (Solo Acc) - q=17,82
 21 J=21,22 SEC=12 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=3 (Solo Acc) - q=14,35
 22 J=22,23 SEC=8 NSEG=4 ANG=0 ; L=10,00 - ST=2 (Solo Acc) - q=10,85
 23 J=23,24 SEC=4 NSEG=5 ANG=0 ; L=10,50 - ST=1 (Solo Acc) - q=10,16

; Elenco CARICHI

LOAD

NAME=1
 TYPE=DISTRIBUTED SPAN
 ADD=1 RD=0,1 U2=-10.16,-10.16
 ADD=2 RD=0,1 U2=-10.85,-10.85
 ADD=3 RD=0,1 U2=-14.35,-14.35
 ADD=4 RD=0,1 U2=-17.82,-17.82
 ADD=5 RD=0,1 U2=-17.82,-17.82

ADD=6 RD=0,1 U2=-14.35,-14.35
ADD=7 RD=0,1 U2=-10.85,-10.85
ADD=8 RD=0,1 U2=-14.35,-14.35
ADD=9 RD=0,1 U2=-17.82,-17.82
ADD=10 RD=0,1 U2=-17.82,-17.82
ADD=11 RD=0,1 U2=-14.35,-14.35
ADD=12 RD=0,1 U2=-10.85,-10.85
ADD=13 RD=0,1 U2=-14.35,-14.35
ADD=14 RD=0,1 U2=-17.82,-17.82
ADD=15 RD=0,1 U2=-17.82,-17.82
ADD=16 RD=0,1 U2=-14.35,-14.35
ADD=17 RD=0,1 U2=-10.85,-10.85
ADD=18 RD=0,1 U2=-14.35,-14.35
ADD=19 RD=0,1 U2=-17.82,-17.82
ADD=20 RD=0,1 U2=-17.82,-17.82
ADD=21 RD=0,1 U2=-14.35,-14.35
ADD=22 RD=0,1 U2=-10.85,-10.85
ADD=23 RD=0,1 U2=-10.16,-10.16

OUTPUT

ELEM=JOINT TYPE=DISP LOAD=1
ELEM=JOINT TYPE=APPL LOAD=1
ELEM=JOINT TYPE=REAC LOAD=1
ELEM=FRAME TYPE=FORCE LOAD=1

END

**DESCRIZIONE DEL MODELLO: Viadotto parte “A” da P35 A P40/P43
 modello con le proprietà geometriche della sezione mista per azioni di lunga durata con
 soletta fessurata in appoggio**

SYSTEM

DOF=UX,UY,UZ,RX,RY,RZ LENGTH=m FORCE=KN LINES=59

JOINT

1	X=0.00	Y=0.00	Z=0.00
2	X=0.00	Y=15.00	Z=0.00
3	X=0.00	Y=25.50	Z=0.00
4	X=0.00	Y=30.50	Z=0.00
5	X=0.00	Y=35.50	Z=0.00
6	X=0.00	Y=40.50	Z=0.00
7	X=0.00	Y=45.50	Z=0.00
8	X=0.00	Y=68.50	Z=0.00
9	X=0.00	Y=73.50	Z=0.00
10	X=0.00	Y=78.50	Z=0.00
11	X=0.00	Y=83.50	Z=0.00
12	X=0.00	Y=88.50	Z=0.00
13	X=0.00	Y=99.00	Z=0.00
14	X=0.00	Y=104.00	Z=0.00
15	X=0.00	Y=109.00	Z=0.00
16	X=0.00	Y=114.00	Z=0.00
17	X=0.00	Y=119.00	Z=0.00
18	X=0.00	Y=142.00	Z=0.00
19	X=0.00	Y=147.00	Z=0.00
20	X=0.00	Y=152.00	Z=0.00
21	X=0.00	Y=157.00	Z=0.00
22	X=0.00	Y=162.00	Z=0.00
23	X=0.00	Y=172.00	Z=0.00
24	X=0.00	Y=182.50	Z=0.00

RESTRAINT

ADD=1 DOF=U1,U2,U3,R2,R3
 ADD=2 DOF=U1,R2,R3
 ADD=3 DOF=U1,R2,R3
 ADD=4 DOF=U1,R2,R3
 ADD=5 DOF=U1,U3,R2,R3
 ADD=6 DOF=U1,R2,R3
 ADD=7 DOF=U1,R2,R3
 ADD=8 DOF=U1,R2,R3
 ADD=9 DOF=U1,R2,R3
 ADD=10 DOF=U1,U3,R2,R3
 ADD=11 DOF=U1,R2,R3
 ADD=12 DOF=U1,R2,R3
 ADD=13 DOF=U1,R2,R3
 ADD=14 DOF=U1,R2,R3
 ADD=15 DOF=U1,U3,R2,R3
 ADD=16 DOF=U1,R2,R3
 ADD=17 DOF=U1,R2,R3
 ADD=18 DOF=U1,R2,R3
 ADD=19 DOF=U1,R2,R3
 ADD=20 DOF=U1,U3,R2,R3
 ADD=21 DOF=U1,R2,R3
 ADD=22 DOF=U1,R2,R3
 ADD=23 DOF=U1,R2,R3
 ADD=24 DOF=U1,U3,R2,R3

PATTERN

NAME=TEMP
 NAME=PRES

MATERIAL

NAME=1FR IDES=N
 T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
 NAME=2FR IDES=N
 T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
 NAME=3FR IDES=N
 T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
 NAME=4FR IDES=N
 T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
 NAME=5FR IDES=N
 T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
 NAME=6FR IDES=N
 T=0 E=206000000 U=0.0 A=0

NAME=7FR IDES=N
T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
NAME=8FR IDES=N
T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
NAME=9FR IDES=N
T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
NAME=10FR IDES=N
T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
NAME=11FR IDES=N
T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
NAME=12FR IDES=N
T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
NAME=13FR IDES=N
T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
NAME=14FR IDES=N
T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
NAME=15FR IDES=N
T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
NAME=16FR IDES=N
T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
NAME=STEEL IDES=S M=7.8271 W=76.81954
T=0 E=1.99948E+08 U=.3 A=.0000117
NAME=CONC IDES=C M=2.40068 W=23.56161
T=0 E=2.482113E+07 U=.2 A=.0000099

FRAME SECTION

; Elenco MATERIALI (ST = Sezione Tipo GEOMETRICA)

NAME=1 MAT=1FR A=0.4229 J=0 I=0.1402503,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=1 (Acc+Cls BT)
NAME=2 MAT=2FR A=0.2092 J=0 I=0.1106168,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=1 (Acc+Cls LT)
NAME=3 MAT=3FR A=0.1176 J=0 I=0.0666787,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=1 (Acc+Arm)
NAME=4 MAT=4FR A=0.0976 J=0 I=0.0459570,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=1 (Solo Acc)
NAME=5 MAT=5FR A=0.4317 J=0 I=0.1402522,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=2 (Acc+Cls BT)
NAME=6 MAT=6FR A=0.2180 J=0 I=0.1112566,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=2 (Acc+Cls LT)
NAME=7 MAT=7FR A=0.1264 J=0 I=0.0704262,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=2 (Acc+Arm)
NAME=8 MAT=8FR A=0.1064 J=0 I=0.0520101,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=2 (Solo Acc)
NAME=9 MAT=9FR A=0.4763 J=0 I=0.1873354,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=3 (Acc+Cls BT)
NAME=10 MAT=10FR A=0.2626 J=0 I=0.1440614,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=3 (Acc+Cls LT)
NAME=11 MAT=11FR A=0.1710 J=0 I=0.0935965,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=3 (Acc+Arm)
NAME=12 MAT=12FR A=0.1510 J=0 I=0.0742372,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=3 (Solo Acc)
NAME=13 MAT=13FR A=0.5293 J=0 I=0.2300655,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=4 (Acc+Cls BT)
NAME=14 MAT=14FR A=0.3156 J=0 I=0.1762647,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=4 (Acc+Cls LT)
NAME=15 MAT=15FR A=0.2240 J=0 I=0.1226941,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=4 (Acc+Arm)
NAME=16 MAT=16FR A=0.1952 J=0 I=0.0951518,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=4 (Solo Acc)

FRAME

; Elenco ASTE (L = Lunghezza; ST = Sezione Tipo GEOMETRICA)

1 J=1,2 SEC=2 NSEG=6 ANG=0 ; L=15,00 - ST=1 (Acc+Cls LT)
2 J=2,3 SEC=6 NSEG=5 ANG=0 ; L=10,50 - ST=2 (Acc+Cls LT)
3 J=3,4 SEC=10 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=3 (Acc+Cls LT)
4 J=4,5 SEC=15 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=4 (Acc+Arm)
5 J=5,6 SEC=15 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=4 (Acc+Arm)
6 J=6,7 SEC=10 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=3 (Acc+Cls LT)
7 J=7,8 SEC=6 NSEG=10 ANG=0 ; L=23,00 - ST=2 (Acc+Cls LT)
8 J=8,9 SEC=10 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=3 (Acc+Cls LT)
9 J=9,10 SEC=15 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=4 (Acc+Arm)
10 J=10,11 SEC=15 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=4 (Acc+Arm)
11 J=11,12 SEC=10 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=3 (Acc+Cls LT)
12 J=12,13 SEC=6 NSEG=5 ANG=0 ; L=10,50 - ST=2 (Acc+Cls LT)
13 J=13,14 SEC=10 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=3 (Acc+Cls LT)
14 J=14,15 SEC=15 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=4 (Acc+Arm)
15 J=15,16 SEC=15 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=4 (Acc+Arm)
16 J=16,17 SEC=10 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=3 (Acc+Cls LT)
17 J=17,18 SEC=6 NSEG=10 ANG=0 ; L=23,00 - ST=2 (Acc+Cls LT)
18 J=18,19 SEC=10 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=3 (Acc+Cls LT)
19 J=19,20 SEC=15 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=4 (Acc+Arm)
20 J=20,21 SEC=15 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=4 (Acc+Arm)
21 J=21,22 SEC=10 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=3 (Acc+Cls LT)
22 J=22,23 SEC=6 NSEG=4 ANG=0 ; L=10,00 - ST=2 (Acc+Cls LT)
23 J=23,24 SEC=2 NSEG=5 ANG=0 ; L=10,50 - ST=1 (Acc+Cls LT)

OUTPUT

ELEM=JOINT TYPE=DISP LOAD=1
ELEM=JOINT TYPE=APPL LOAD=1
ELEM=JOINT TYPE=REAC LOAD=1
ELEM=FRAME TYPE=FORCE LOAD=1

END

**DESCRIZIONE DEL MODELLO: Viadotto parte “A” da P35 A P40/P43
 modello con le proprietà geometriche della sezione mista per azioni di breve durata con
 soletta fessurata in appoggio**

SYSTEM

DOF=UX,UY,UZ,RX,RY,RZ LENGTH=m FORCE=KN LINES=59

JOINT

1	X=0.00	Y=0.00	Z=0.00
2	X=0.00	Y=15.00	Z=0.00
3	X=0.00	Y=25.50	Z=0.00
4	X=0.00	Y=30.50	Z=0.00
5	X=0.00	Y=35.50	Z=0.00
6	X=0.00	Y=40.50	Z=0.00
7	X=0.00	Y=45.50	Z=0.00
8	X=0.00	Y=68.50	Z=0.00
9	X=0.00	Y=73.50	Z=0.00
10	X=0.00	Y=78.50	Z=0.00
11	X=0.00	Y=83.50	Z=0.00
12	X=0.00	Y=88.50	Z=0.00
13	X=0.00	Y=99.00	Z=0.00
14	X=0.00	Y=104.00	Z=0.00
15	X=0.00	Y=109.00	Z=0.00
16	X=0.00	Y=114.00	Z=0.00
17	X=0.00	Y=119.00	Z=0.00
18	X=0.00	Y=142.00	Z=0.00
19	X=0.00	Y=147.00	Z=0.00
20	X=0.00	Y=152.00	Z=0.00
21	X=0.00	Y=157.00	Z=0.00
22	X=0.00	Y=162.00	Z=0.00
23	X=0.00	Y=172.00	Z=0.00
24	X=0.00	Y=182.50	Z=0.00

RESTRAINT

ADD=1 DOF=U1,U2,U3,R2,R3
 ADD=2 DOF=U1,R2,R3
 ADD=3 DOF=U1,R2,R3
 ADD=4 DOF=U1,R2,R3
 ADD=5 DOF=U1,U3,R2,R3
 ADD=6 DOF=U1,R2,R3
 ADD=7 DOF=U1,R2,R3
 ADD=8 DOF=U1,R2,R3
 ADD=9 DOF=U1,R2,R3
 ADD=10 DOF=U1,U3,R2,R3
 ADD=11 DOF=U1,R2,R3
 ADD=12 DOF=U1,R2,R3
 ADD=13 DOF=U1,R2,R3
 ADD=14 DOF=U1,R2,R3
 ADD=15 DOF=U1,U3,R2,R3
 ADD=16 DOF=U1,R2,R3
 ADD=17 DOF=U1,R2,R3
 ADD=18 DOF=U1,R2,R3
 ADD=19 DOF=U1,R2,R3
 ADD=20 DOF=U1,U3,R2,R3
 ADD=21 DOF=U1,R2,R3
 ADD=22 DOF=U1,R2,R3
 ADD=23 DOF=U1,R2,R3
 ADD=24 DOF=U1,U3,R2,R3

PATTERN

NAME=TEMP
 NAME=PRES

MATERIAL

NAME=1FR IDES=N
 T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
 NAME=2FR IDES=N
 T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
 NAME=3FR IDES=N
 T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
 NAME=4FR IDES=N
 T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
 NAME=5FR IDES=N
 T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
 NAME=6FR IDES=N
 T=0 E=206000000 U=0.0 A=0

```

NAME=7FR IDES=N
T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
NAME=8FR IDES=N
T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
NAME=9FR IDES=N
T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
NAME=10FR IDES=N
T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
NAME=11FR IDES=N
T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
NAME=12FR IDES=N
T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
NAME=13FR IDES=N
T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
NAME=14FR IDES=N
T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
NAME=15FR IDES=N
T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
NAME=16FR IDES=N
T=0 E=206000000 U=0.0 A=0
NAME=STEEL IDES=S M=7.8271 W=76.81954
T=0 E=1.99948E+08 U=.3 A=.0000117
NAME=CONC IDES=C M=2.40068 W=23.56161
T=0 E=2.482113E+07 U=.2 A=.0000099

```

FRAME SECTION

```

; Elenco MATERIALI (ST = Sezione Tipo GEOMETRICA)
NAME=1 MAT=1FR A=0.4229 J=0 I=0.1402503,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=1 (Acc+Cls BT)
NAME=2 MAT=2FR A=0.2092 J=0 I=0.1106168,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=1 (Acc+Cls LT)
NAME=3 MAT=3FR A=0.1176 J=0 I=0.0666787,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=1 (Acc+Arm)
NAME=4 MAT=4FR A=0.0976 J=0 I=0.0459570,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=1 (Solo Acc)
NAME=5 MAT=5FR A=0.4317 J=0 I=0.1402522,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=2 (Acc+Cls BT)
NAME=6 MAT=6FR A=0.2180 J=0 I=0.1112566,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=2 (Acc+Cls LT)
NAME=7 MAT=7FR A=0.1264 J=0 I=0.0704262,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=2 (Acc+Arm)
NAME=8 MAT=8FR A=0.1064 J=0 I=0.0520101,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=2 (Solo Acc)
NAME=9 MAT=9FR A=0.4763 J=0 I=0.1873354,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=3 (Acc+Cls BT)
NAME=10 MAT=10FR A=0.2626 J=0 I=0.1440614,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=3 (Acc+Cls LT)
NAME=11 MAT=11FR A=0.1710 J=0 I=0.0935965,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=3 (Acc+Arm)
NAME=12 MAT=12FR A=0.1510 J=0 I=0.0742372,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=3 (Solo Acc)
NAME=13 MAT=13FR A=0.5293 J=0 I=0.2300655,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=4 (Acc+Cls BT)
NAME=14 MAT=14FR A=0.3156 J=0 I=0.1762647,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=4 (Acc+Cls LT)
NAME=15 MAT=15FR A=0.2240 J=0 I=0.1226941,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=4 (Acc+Arm)
NAME=16 MAT=16FR A=0.1952 J=0 I=0.0951518,0 AS=0,0 T=1,1 ; ST=4 (Solo Acc)

```

FRAME

```

; Elenco ASTE (L = Lunghezza; ST = Sezione Tipo GEOMETRICA)
1 J=1,2 SEC=1 NSEG=6 ANG=0 ; L=15,00 - ST=1 (Acc+Cls BT)
2 J=2,3 SEC=5 NSEG=5 ANG=0 ; L=10,50 - ST=2 (Acc+Cls BT)
3 J=3,4 SEC=9 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=3 (Acc+Cls BT)
4 J=4,5 SEC=15 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=4 (Acc+Arm)
5 J=5,6 SEC=15 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=4 (Acc+Arm)
6 J=6,7 SEC=9 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=3 (Acc+Cls BT)
7 J=7,8 SEC=5 NSEG=10 ANG=0 ; L=23,00 - ST=2 (Acc+Cls BT)
8 J=8,9 SEC=9 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=3 (Acc+Cls BT)
9 J=9,10 SEC=15 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=4 (Acc+Arm)
10 J=10,11 SEC=15 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=4 (Acc+Arm)
11 J=11,12 SEC=9 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=3 (Acc+Cls BT)
12 J=12,13 SEC=5 NSEG=5 ANG=0 ; L=10,50 - ST=2 (Acc+Cls BT)
13 J=13,14 SEC=9 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=3 (Acc+Cls BT)
14 J=14,15 SEC=15 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=4 (Acc+Arm)
15 J=15,16 SEC=15 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=4 (Acc+Arm)
16 J=16,17 SEC=9 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=3 (Acc+Cls BT)
17 J=17,18 SEC=5 NSEG=10 ANG=0 ; L=23,00 - ST=2 (Acc+Cls BT)
18 J=18,19 SEC=9 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=3 (Acc+Cls BT)
19 J=19,20 SEC=15 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=4 (Acc+Arm)
20 J=20,21 SEC=15 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=4 (Acc+Arm)
21 J=21,22 SEC=9 NSEG=2 ANG=0 ; L=5,00 - ST=3 (Acc+Cls BT)
22 J=22,23 SEC=5 NSEG=4 ANG=0 ; L=10,00 - ST=2 (Acc+Cls BT)
23 J=23,24 SEC=1 NSEG=5 ANG=0 ; L=10,50 - ST=1 (Acc+Cls BT)

```

OUTPUT

```

ELEM=JOINT TYPE=DISP LOAD=1
ELEM=JOINT TYPE=APPL LOAD=1
ELEM=JOINT TYPE=REAC LOAD=1
ELEM=FRAME TYPE=FORCE LOAD=1

```

END