

# AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA DAL CASELLO DI REGGIOLO-ROLO SULLA A22 AL CASELLO DI FERRARA SUD SULLA A13

CODICE C.U.P. E81B08000060009

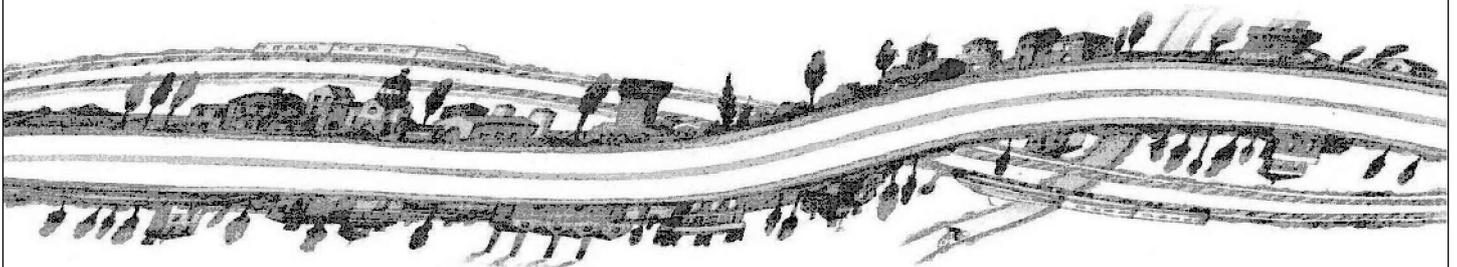
## PROGETTO DEFINITIVO

**VIABILITA' DI ADDUZIONE AL SISTEMA AUTOSTRADALE D04-08 (ex 1FE)  
 Raccordo Bondeno-Cento-Autostrada Cispadana  
 OPERE STRUTTURALI**

**OPERE D'ARTE MAGGIORI - VIADOTTI E PONTI - D08 (EX 1FE - TRATTO D)**

**DPO10 - PONTE SUL PANARO**

**RELAZIONE TECNICA DI CALCOLO - IMPALCATO**



IL PROGETTISTA

**Alpina S.p.A.**  
 Dott. Ing. Marco Bonfanti  
 Ordine Ingegneri di Milano  
 n. A/23384

RESPONSABILE INTEGRAZIONE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Emilio Salsi  
 Albo Ing. Reggio-Emilia n° 945



IL CONCESSIONARIO

Autostrada Regionale  
 Cispadana S.p.A.  
 IL PRESIDENTE  
 Graziano Pattuzzi

G										
F										
E										
D										
C										
B										
A	17.04.2012	EMISSIONE				Ing. Illuminati	Ing. Bonfanti	Ing. Salsi		
REV.	DATA	DESCRIZIONE				REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE		
IDENTIFICAZIONE ELABORATO										DATA: <b>MAGGIO 2012</b>
NUM. PROGR.	FASE	LOTTO	GRUPPO	CODICE OPERA WBS	TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	REV.	SCALA: _
5644	PD	0	D08	DPO10	D	OM	RC	02	A	



## I N D I C E

<b>1. GENERALITA' .....</b>	<b>4</b>
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>7</b>
<b>3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....</b>	<b>8</b>
<b>4. INCIDENZE .....</b>	<b>9</b>
<b>5. SOFTWARE DI CALCOLO .....</b>	<b>10</b>
<b>6. DIMENSIONAMENTO DELL'OPERA .....</b>	<b>11</b>
6.1. FASI REALIZZATIVE.....	11
6.2. MODELLAZIONE UTILIZZATA .....	12
6.3. ANALISI DEI CARICHI .....	15
6.3.1. MODELLAZIONE UTILIZZATA .....	15
6.3.2. CARICHI PORTATI .....	16
6.3.3. CARICO DA VENTO .....	17
6.3.3.1 <i>Vento a ponte scarico</i> .....	17
6.3.3.2 <i>Vento a ponte carico</i> .....	18
6.3.4. VISCOSITA' E RITIRO .....	18
6.3.5. CARICO TERMICO .....	18
6.3.6. CEDIMENTI VINCOLARI .....	18
6.3.7. AZIONI PARASSITE .....	19
6.3.8. AZIONE SISMICA (STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV)).....	19
6.3.9. AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO.....	30
6.3.9.1 <i>LM1 (SLU) – Schema Di Carico</i> .....	32
6.3.9.2 <i>Azione longitudinale di frenamento o accelerazione</i> .....	33
6.3.9.3 <i>Azione centrifuga</i> .....	33
6.4. COMBINAZIONI DI CARICO.....	34
6.5. RISULTATI DELL'ANALISI.....	45
6.5.1. SOLLECITAZIONI .....	45
6.5.2. DEFORMAZIONI.....	51
6.5.3. VINCOLI .....	53
6.6. DIMENSIONAMENTO ISOLATORI A SCORRIMENTO A SUPERFICIE CURVA .....	54
6.6.1. ISOLATORI DI PILA.....	54
6.6.2. ISOLATORI DI SPALLA .....	55
6.7. DIMENSIONAMENTO GIUNTO DI DILATAZIONE .....	56

6.8. VERIFICHE DEL CASSONE METALLICO .....	57
6.8.1. VERIFICA IN FASE 1 (SEZIONE SOLO ACCIAIO) .....	57
6.8.2. VERIFICA DELLA SEZIONE COMPOSTA ACCIAIO – CALCESTRUZZO (FASE 2) .....	59
6.8.2.1 <i>Bending resistance</i> .....	60
6.8.2.2 <i>Resistance to vertical shear</i> .....	66
6.8.2.3 <i>Resistance to longitudinal shear</i> .....	69
6.8.2.4 <i>Verifica a deformabilità</i> .....	71
6.9. VERIFICHE DEI CONTROVENTI IN ACCIAIO.....	72
6.9.1. MODELLAZIONE .....	72
6.9.2. CARICHI AGENTI .....	75
6.9.3. SOLLECITAZIONI .....	89
6.9.4. VERIFICHE .....	90
6.9.4.1 <i>Tensioni</i> .....	90
6.9.4.2 <i>Stabilità</i> .....	92
6.10. VERIFICHE DELLA SOLETTA IN CEMENTO ARMATO .....	95
6.10.1. MODELLAZIONE E CARICHI .....	95
6.10.2. SOLLECITAZIONI .....	99
6.10.3. VERIFICHE .....	101
6.11. VERIFICHE DELLE PREDALLES .....	106
6.12. VERIFICHE DELLA TRAVE ROMPITRATTA .....	111

## **1. GENERALITA'**

---

La presente parte della relazione è volta al dimensionamento e alla verifica dell'impalcato metallico del ponte sul fiume Panaro inserito nella realizzazione della viabilità denominata "Bondeno-Cento" di adduzione all'Autostrada Regionale Cispadana.

L'opera in oggetto è un ponte in acciaio-calcestruzzo costituito da tre campate di luci rispettivamente di 56.00 ml, 78.00 ml, 56 ml. La luce totale risulta quindi pari a 190.00 ml.

L'opera è costituita da una sola carreggiata stradale, si larghezza costante pari a 9.00 ml. A lato della carreggiata sono presenti due cordoli di dimensioni 0.70 ml per l'infissione della barriera stradale.

La soletta di calcestruzzo ha quindi larghezza di 10.40 ml. Il cassone di acciaio del ponte ha altezza pari a 3.00 ml, larghezza massima di 7.30 ml e minima di circa 4.50 ml.

Le immagini seguenti mostrano la geometria dell'impalcato. Per elementi di maggior dettaglio si può fare riferimento agli elaborati grafici del presente progetto.



L'impalcato è costituito da un cassone di altezza pari a 3.00 ml sul quale poggia una soletta di calcestruzzo di spessore 35 cm.

Il cassone presenta anime inclinate. Al centro della soletta è inserita una trave rompi tratto per spezzare la luce della stessa, vincolata ai controventi trasversali.

A interasse pari a 3.50 ml sono previsti controventamenti trasversali realizzati con profili ad L per i correnti superiori e per i diagonali, mentre per l'irrigidimento delle anime e delle piattabande si prevedono costole metalliche a loro volta irrigidite da elementi longitudinali.

Il sistema di vincolamento della struttura è realizzata da isolatori a scorrimento a superficie curva.

La vita nominale dell'opera è pari a 50 anni e rientra in una classe d'uso III.

## **2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

---

I calcoli e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore elencate nell'elaborato PD\_0\_0000\_0000\_GE\_KT\_01 - ELENCO NORMATIVE DI RIFERIMENTO.

### **3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI**

---

I materiali utilizzati sono descritti nell'elaborato generale PD\_0\_0000\_0000\_GE\_TB\_01 - ELENCO  
NORMATIVE DI RIFERIMENTO.

## 4. INCIDENZE

Si forniscono qui di seguito le incidenze d'armatura relative ai singoli elementi costituenti l'Opera:

Cod Wbs	Parte d'opera	Incidenza kg/mc											Incidenza kg/mq	
		Pali	Diaframmi	Diaframmi Idraulici	Trave di coronamento Diafr. Idraulici	Fondazione	Elevazione	Pulvino	Baggioli e ritegni	Soletta di transizione	Soletta Marciapiede su Spalla	Soletta (escluso predalles)		Traverso
D08-PO10 Panaro	IMPALCATO ACCIAIO										100	140		360

## **5. SOFTWARE DI CALCOLO**

---

Il calcolo agli elementi finiti è stato utilizzato il software “Midas Civil 2012, versione 1.1”.

Il modello è stato realizzato con elementi beam (elementi tipo trave) a comportamento misto.

Il cassone, infatti, viene realizzato come “beam” avente sezione composta acciaio-calcestruzzo. Nel proseguo verranno identificati tali elementi.

Il programma utilizzato permette un ottimale modellazione delle azioni variabili da traffico (capitolo 5 delle NTC 2008) tramite l'utilizzo di un carico mobile e la progettazione secondo EC4 delle travate principali a sezione composta acciaio-calcestruzzo.

Per quanto concerne le verifiche degli elementi strutturali non a sezione mista esse verranno effettuate mediante l'utilizzo di altri programmi o manualmente.

Nei capitoli seguenti verranno spiegate nei dettagli il dimensionamento e la verifica degli elementi strutturali impiegati.

## **6. DIMENSIONAMENTO DELL'OPERA**

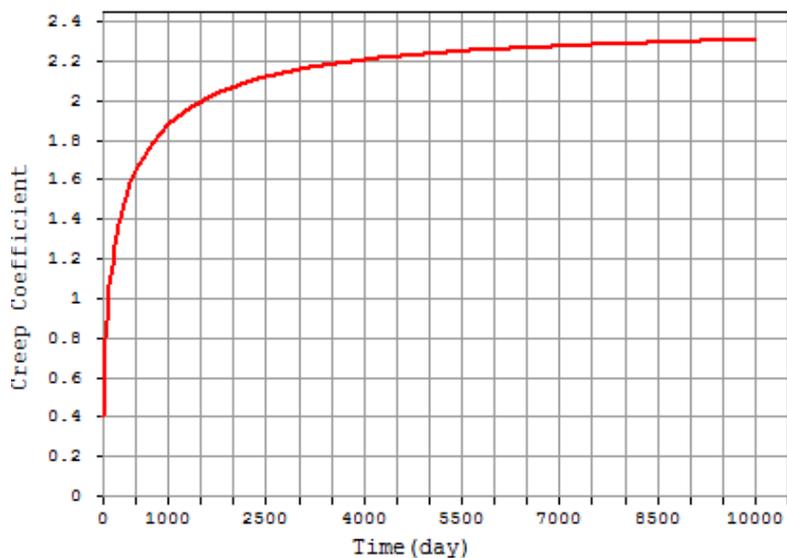
---

### **6.1. FASI REALIZZATIVE**

---

Come già esposto precedentemente il sistema costituente l'impalcato è di tipo misto acciaio-calcestruzzo. La modellazione, corrispondente alla reale costruzione dell'opera, sarà pertanto divisa per fasi, che presentano diversi carichi agenti e diverse rigidezze degli elementi strutturali.

- FASE 0: la struttura è costituita dai soli elementi di acciaio, ossia dal cassone e dai controventi. Il solo carico agente è il peso proprio della struttura metallica e, ad essa, corrisponde l'area resistente.
- FASE 1: in questa fase avviene il getto della soletta. La struttura metallica della fase precedente viene sollecitata dal carico della soletta in cemento armato. La sola struttura metallica dovrà essere in grado di assorbire il peso della soletta in fase di getto.
- FASE 2: alla struttura metallica si aggiunge la resistenza della soletta in cemento armato. Dopo un adeguata maturazione del calcestruzzo la struttura resistente è di tipo misto acciaio-calcestruzzo. I carichi agenti sono quelli di normativa, compresi quelli stradali, che verranno descritti in seguito. In questa fase vengono tenuti in considerazione i fenomeni di viscosità e ritiro del calcestruzzo come da NTC 2008 (vedi immagine).



**FIGURA 6-1** DIAGRAMMA RITIRO CALCESTRUZZO

## 6.2. MODELLAZIONE UTILIZZATA

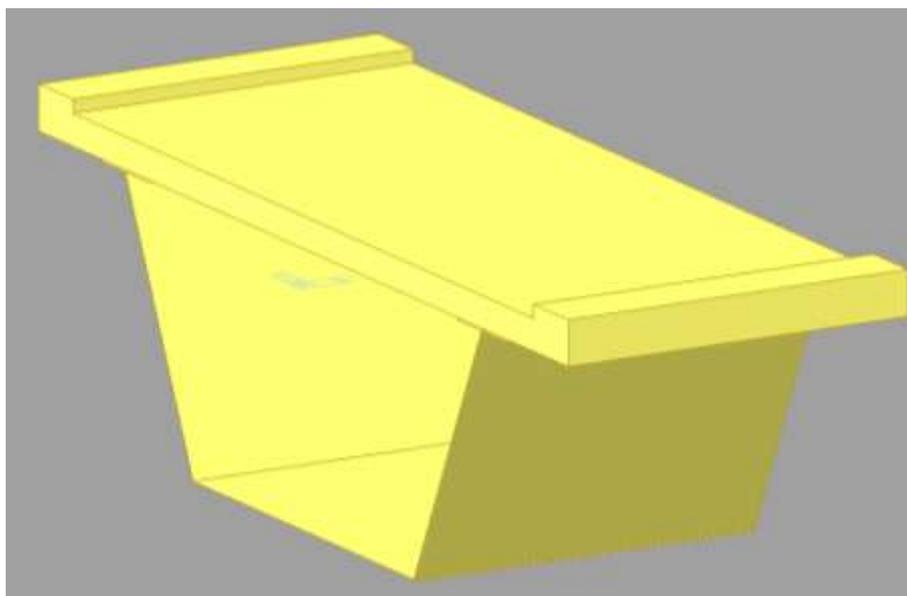
L'impalcato è modellato tramite l'utilizzo di aste aventi sezione corrispondente al cassone misto acciaio-calcestruzzo e aventi lunghezza pari ai conci dell'impalcato.



**FIGURA 6-2** NUMERAZIONE ASTE DELL'IMPALCATO



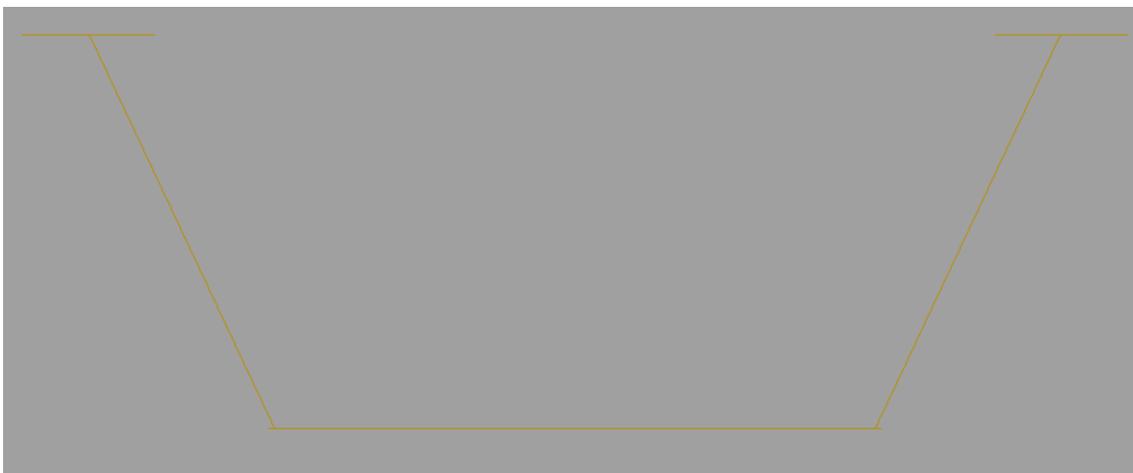
**FIGURA 6-3 SEZIONE TIPOLOGICA UTILIZZATA**



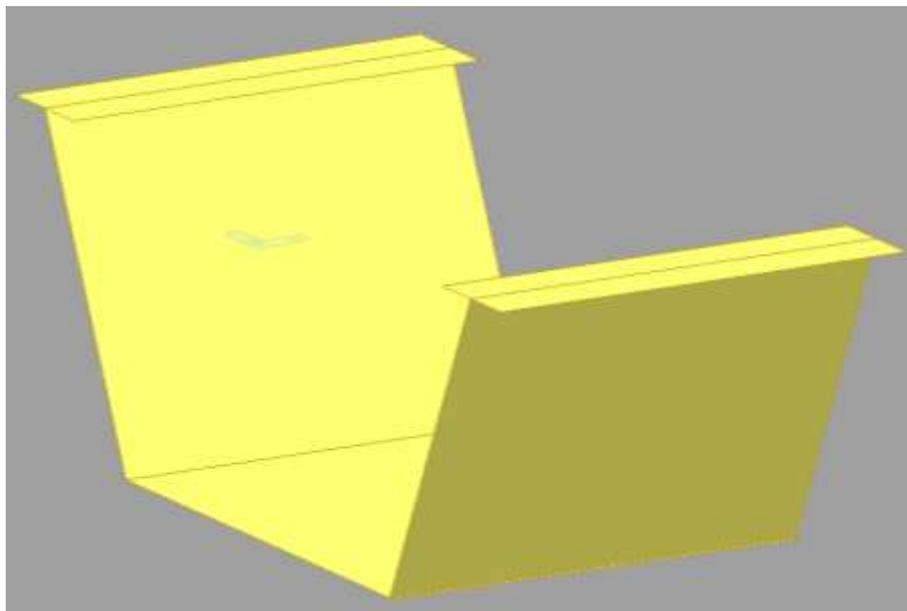
**FIGURA 6-4 SEZIONE TIPOLOGICA UTILIZZATA**

Per le varie sezioni utilizzate si vedano gli elaborati specifici.

Come descritto in precedenza il programma permette una modellazione per fasi. In una prima fase sarà presente solo il cassone in acciaio, mentre in una seconda fase nascerà la soletta in calcestruzzo.

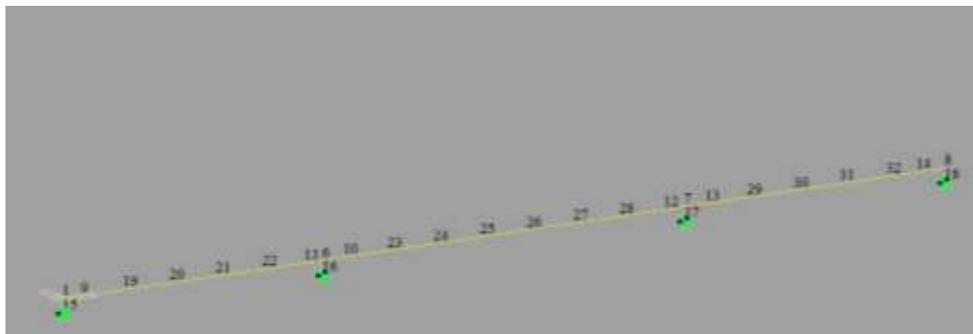


**FIGURA 6-5 SEZIONE SOLO ACCIAIO DI PRIMA FASE**



**FIGURA 6-6 SEZIONE SOLO ACCIAIO DI PRIMA FASE**

Per quanto concerne il sistema di vincolamento l'impalcato viene modellato come trave continua su più appoggi come mostra l'immagine sotto riportata. Si sono utilizzati vincoli rigidi elastici per trasmettere le azioni dal baricentro della struttura alla reale posizione del sistema di vincolamento.



**FIGURA 6-7 NUMERAZIONE DEI NODI**

Non sono stati inseriti isolatori a scorrimento nella modellazione dell'impalcato.

In base alle sollecitazioni ottenute da questa modellazione si procederà al dimensionamento del sistema di isolamento.

Esso verrà inserito nella modellazione delle sottostrutture. Infatti sono pile e spalle che sono maggiormente influenzate dall'utilizzo o no di isolatori sismici.

Si rimandano a capitoli successivi e alla relazione delle sottostrutture precisazioni in merito.

### **6.3. ANALISI DEI CARICHI**

Nel presente paragrafo si descrivono i carichi elementari da assumere per le verifiche di resistenza.

I carichi sotto esposti verranno poi opportunamente combinati secondo la normativa vigente.

#### **6.3.1. MODELLAZIONE UTILIZZATA**

In seguito si riassumono i pesi propri dell'impalcato metallico distinti (fase 0 e fase 1) e della soletta collaborante (nascente in termini di resistenza in fase 2).

Il peso proprio del cassone viene calcolato automaticamente dal programma.

- peso cassone metallico (calcolo automatico) da computo e da modellazione = 7152.00 KN circa

Il peso dei controventi è inserito in fase 0 come carico portato in quanto essi non rientrano nella modellazione.

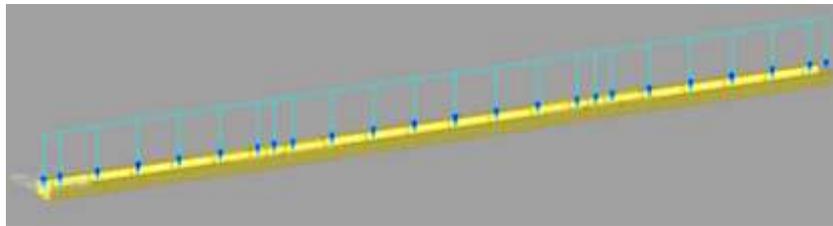
Si assume come peso comprensivo di irrigidimenti, controventi, piolature, etc.. un carico pari a 10 KN/ml.

- peso acciaio (inserito in fase 0)  $10.00\text{KN/ml} \cdot 190.00\text{ml} = 1900.00 \text{ KN}$

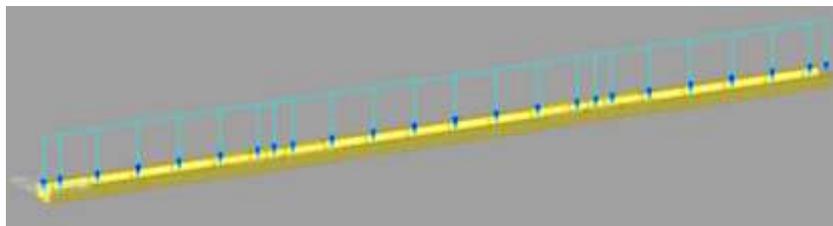
Il peso della soletta viene inserito come carico in fase 1. Il getto della soletta è a carico delle travi in quanto in questa fase la soletta non ha ancora resistenza.

- peso soletta in cls (inserito in fase 1)  $25.00\text{KN/mc} \cdot 4.00\text{mq} \cdot 190.00\text{ml} = 19000.00 \text{ KN}$

Le immagini seguente mostrano l'inserimento dei carichi non automatici sopra esposti.



**FIGURA 6-8 PESO ACCIAIO**

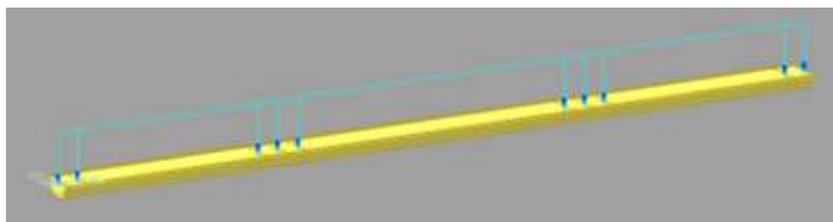


**FIGURA 6-9 GETTO SOLETTA**

### **6.3.2. CARICHI PORTATI**

Si assume come carico permanente comprensivo di pavimentazione stradale, dei guard-rail, delle velette laterali, delle strutture reggi impianti, etc, un carico lineare di 70 KN/ml.

L'immagine seguente ne mostra l'inserimento nella modellazione. Trattandosi di un progetto definitivo il carico è stato inserito in asse struttura.



**FIGURA 6-10 CARICHI PORTATI**

### **6.3.3. CARICO DA VENTO**

Il calcolo della pressione del vento è effettuata in ottemperanza alle NTC 2008. Si assume come pressione un carico di 1KN/mq.

I sottoparagrafi trattano nello specifico il calcolo del vento nelle due fasi (ponte scarico e ponte carico).

L'immagine seguente mostra l'inserimento del carico suddetto nella modellazione. Il carico viene inserito con eccentricità verticale rispetto al baricentro della trave per simularne meglio il comportamento.



**FIGURA 6-11 CARICO DA VENTO**

#### **6.3.3.1 Vento a ponte scarico**

L'altezza totale sulla quale agisce il carico da vento risulta essere:

$$htot = 3.00 + 0.35 + 0.16 + 2.00 \text{ (trave + soletta + cordolo + parapetto)} = 5.51 \text{ ml}$$

Il carico da vento risulta quindi:

$$qv = 1.00 \text{ KN/mq} \times 5.51 \text{ ml} = 5.51 \text{ KN/ml}$$

### 6.3.3.2 Vento a ponte carico

L'altezza totale sulla quale agisce il carico da vento risulta essere:

$$h_{tot} = 3.00 + 0.35 + 0.11 + 3.00 \text{ (trave + soletta + pavimentazione + veicolo)} = 6.46 \text{ ml}$$

Il carico da vento risulta quindi:

$$q_v = 1.00 \text{ KN/mq} \times 6.46 \text{ ml} = 6.46 \text{ KN/ml}$$

### 6.3.4. VISCOSITA' E RITIRO

Come indicato in precedenza il ritiro viene calcolato in automatico dal programma.

Il calcolo è effettuato partendo dalle indicazioni riportate al punto 11.2.10.6 delle NTC 2008.

In particolare sono stati impostati i seguenti parametri:

- Umidità relativa: 60%
- $f_{ck} = 28.00 \text{ MPa}$

### 6.3.5. CARICO TERMICO

Le variazioni termiche sono state considerate partendo dalle indicazioni riportate al punto 3.5.4 delle NTC08 ma seguendo anche l'Eurocodice 1 che tratta nello specifico la temperatura sugli impalcati da ponte.

Prendendo dalle NTC 2008 la temperatura minima e massima all'ombra e dall'Eurocodice la modalità di applicazione dei carichi otteniamo tre diverse tipologie di temperatura

- TEMPERATURA UNIFORME POSITIVA = 44 °C
- TEMPERATURA UNIFORME NEGATIVA = -36 °C
- TEMPERATURA DIFFERENZIALE applicata solo sulla soletta = 10 °C

### 6.3.6. CEDIMENTI VINCOLARI

Secondo le indicazioni fornite dalle elaborazioni geotecniche sarebbe ragionevole ipotizzare cedimenti vincolari minimi ma poiché la loro incidenza percentuale in riferimento alle massime sollecitazioni agenti in condizione statica (SLU) risulta minima si ritiene opportuno trascurare tale carico e rimandarne lo studio in fase di progetto esecutivo.

### **6.3.7. AZIONI PARASSITE**

Per quanto riguarda le combinazioni di carico in condizione statica, fino a quando le azioni orizzontali trasmesse dall'impalcato ai dispositivi di vincolamento risultano inferiori alle forze d'attrito, i dispositivi si comportano come collegamenti rigidi; una volta superato tale valore di forza, si comportano come collegamenti elastici di rigidezza crescente all'aumentare dall'azione assiale agente (diversa da combinazione a combinazione) e al diminuire dello spostamento orizzontale (anch'esso diverso tra una combinazione di carico e l'altra).

Dal momento però che la condizione dimensionante per le sottostrutture è quella sismica, si considera superflua l'ipotesi di approfondire tale problematica in quanto non vincolante ai fini del dimensionamento.

Si rimanda alla fase esecutiva la valutazione di suddette azioni.

### **6.3.8. AZIONE SISMICA (STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV))**

Il calcolo dell'azione sismica e del relativo spettro di risposta viene effettuato in ottemperanza delle norme vigenti, il DM 14/01/2008 e successive modifiche ed integrazioni.

L'effetto dell'azione sismica di progetto sull'opera nel suo complesso, includendo il volume significativo di terreno, la struttura di fondazione, gli elementi strutturali e non, nonché gli impianti, deve rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio definiti al § 3.2.1, i cui requisiti di sicurezza sono indicati nel § 7.1 della norma.

Il rispetto degli stati limite si considera conseguito quando:

- nei confronti degli stati limite di esercizio siano rispettate le verifiche relative al solo Stato Limite di Danno;
- nei confronti degli stati limite ultimi siano rispettate le indicazioni progettuali e costruttive riportate nel § 7 e siano soddisfatte le verifiche relative al solo Stato Limite di salvaguardia della Vita.

Per Stato Limite di Danno (SLD) s'intende che l'opera, nel suo complesso, a seguito del terremoto, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non provocare rischi agli utenti e non compromette significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali e orizzontali. Lo stato limite di esercizio comporta la verifica delle tensioni di lavoro, in conformità al § 4.1.2.2.5 (NTC).

Per Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) si intende che l'opera a seguito del terremoto subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali e impiantistici e significativi danni di componenti strutturali, cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali (creazione di cerniere plastiche secondo il criterio della gerarchia delle resistenze), mantenendo ancora un margine di sicurezza (resistenza e rigidità) nei confronti delle azioni verticali.

Gli stati limite, sia di esercizio sia ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni che l'opera a realizzarsi deve assolvere durante un evento sismico; per la funzione che l'opera deve espletare nella sua vita utile, è significativo calcolare lo Stato Limite di Danno (SLD) per l'esercizio e lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per lo stato limite ultimo.

Le norme tecniche (DM 14/01/2008) adottano un approccio prestazionale alla progettazione delle strutture.

Nei riguardi dell'azione sismica l'obiettivo è il controllo del danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che potrebbero verificarsi nell'area.

Affinché l'azione sismica sia valutata correttamente ed attentamente i risultati di un buon studio sismico portano ad avere i seguenti valori:

- valore dell'accelerazione orizzontale massima  $a_g$  ;
- caratteri per la definizione degli spettri di progetto quali, per esempio, caratteristiche geologiche o strutturali;
- determinazione degli stati limite e delle relative probabilità di superamento;
- determinazione, tramite un reticolo fitto di punti delle tre componenti principali per la definizione dell'azione sismica, quali  $a_g$ ,  $T_0$ ,  $T_c^*$ ;

Si riassumono sinteticamente di seguito i valori che verranno utilizzati per il calcolo degli spettri.

In ottemperanza alla Circolare esplicativa delle NTC 2008 l'opera sarà verificata con due spettri diversi corrispondenti a due diversi stati limite:

- SLV spettro allo stato limite di salvaguardia alla vita ottenuto con una probabilità di superamento pari al 10%
- SLD spettro allo stato limite di danno ottenuto con una probabilità di superamento pari al 63%

Per il dimensionamento degli isolatori verrà utilizzato, come prescritto dalla normativa vigente lo stato limite di collasso (SLC):

- SLC spettro allo stato limite di collasso ottenuto con una probabilità di superamento pari al 5%

Stati Limite		$P_{V_R}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

**TABELLA 6.3-1 PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PVR AL VARIARE DELLO STATO LIMITE CONSIDERATO**

Secondo le norme tecniche in presenza di azioni sismiche le opere risultano divise in classi d'uso:

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Per l'opera oggetto della presente relazione si adotta una classe d'uso III alla quale corrisponde (vedi tabella seguente) un coefficiente d'uso  $c_u$  pari a 1.50.

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

**TABELLA 6.3-2 VALORI DEL COEFFICIENTE D'USO  $C_U$**

La vita nominale di un'opera strutturale  $N_V$  è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella tabella seguente.

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

**TABELLA 6.3-3 VITA NOMINALE  $V_N$  PER DIVERSI TIPI DI OPERE**

Per l'opera oggetto della presente relazione si adotta una vita nominale  $V_N$  di 50 anni.

L'opera è sita nella provincia di Ferrara, ad una longitudine di 11.3955 e latitudine di 44.87060.





Questi valori definiscono mediante interpolazione le caratteristiche del sito in termini di accelerazione massima attesa e periodi. La tabella seguente mostra i risultati per l'opera oggetto della presente relazione.

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	45	0.045	2.519	0.268
SLD	75	0.058	2.484	0.277
SLV	712	0.165	2.562	0.275
SLC	1462	0.220	2.501	0.283

Si procede ora a determinare gli spettri di progetto.

Si ricorda quanto espresso dal paragrafo 7.9.2 delle NTC 2008:

...”la struttura del ponte deve essere concepita e dimensionata in modo tale che sotto l'azione sismica di progetto per lo SLV essa dia luogo alla formazione di un meccanismo dissipativo stabile, nella quale la dissipazione sia limitata alle pile o ad appositi apparecchi dissipativi....Gli elementi ai quali non viene richiesta capacità dissipativa e devono, quindi, mantenere un comportamento sostanzialmente elastico sono: l'impalcato, gli apparecchi di appoggio, le strutture di fondazione e il terreno da esse interessato, le spalle se sostengono l'impalcato attraverso appoggi mobili o deformabili..”

Essendo un viadotto a tre campate ed essendo l'impalcato collegato alle spalle attraverso appoggi classici liberi di traslare nelle direzioni scelte verrà applicato alla struttura il solo spettro elastico, allo SLV e allo SLD.

Esso verrà calcolato pertanto con un fattore di struttura  $q = 1$ .

Le immagini seguenti mostrano gli spettri di risposta elastici orizzontali e verticali, allo SLV e allo SLD per l'opera in questione con terreno di tipo D (da relazione geologica) e smorzamento del 5%.

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.165 g
$F_c$	2.562
$T_c$	0.275 s
$S_B$	1.767
$C_c$	2.385
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.767
$\eta$	1.000
$T_B$	0.218 s
$T_C$	0.655 s
$T_D$	2.259 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_B \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0.55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4 \cdot 0 \cdot a_g / \xi + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

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

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

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_c \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

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

Lo spettro di progetto  $S_e(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.291
$T_B$	0.218	0.746
$T_C$	0.655	0.746
	0.731	0.668
	0.808	0.605
	0.884	0.553
	0.961	0.509
	1.037	0.471
	1.113	0.439
	1.190	0.411
	1.266	0.386
	1.342	0.364
	1.419	0.344
	1.495	0.327
	1.572	0.311
	1.648	0.296
	1.724	0.283
	1.801	0.271
	1.877	0.260
	1.954	0.250
	2.030	0.241
	2.106	0.232
	2.183	0.224
$T_D$	2.259	0.216
	2.342	0.201
	2.425	0.188
	2.508	0.175
	2.591	0.164
	2.674	0.154
	2.756	0.145
	2.839	0.137
	2.922	0.129
	3.005	0.122
	3.088	0.116
	3.171	0.110
	3.254	0.104
	3.337	0.099
	3.420	0.094
	3.503	0.090
	3.585	0.086
	3.668	0.082
	3.751	0.078
	3.834	0.075
	3.917	0.072
	4.000	0.069

**FIGURA 6-12 SLV- SPETTRO ORIZZONTALE**

**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato linSLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_{sv}$	0.090 g
$S_s$	1.000
$S_T$	1.000
$q$	1.000
$T_B$	0.050 s
$T_C$	0.150 s
$T_D$	1.000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	1.404
$S$	1.000
$\eta$	1.000

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left( \frac{a_x}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.090
$T_B$	0.050	0.231
$T_C$	0.150	0.231
	0.235	0.148
	0.320	0.108
	0.405	0.086
	0.490	0.071
	0.575	0.060
	0.660	0.053
	0.745	0.047
	0.830	0.042
	0.915	0.038
$T_D$	1.000	0.035
	1.094	0.029
	1.188	0.025
	1.281	0.021
	1.375	0.018
	1.469	0.016
	1.563	0.014
	1.656	0.013
	1.750	0.011
	1.844	0.010
	1.938	0.009
	2.031	0.008
	2.125	0.008
	2.219	0.007
	2.313	0.006
	2.406	0.006
	2.500	0.006
	2.594	0.005
	2.688	0.005
	2.781	0.004
	2.875	0.004
	2.969	0.004
	3.063	0.004
	3.156	0.003
	3.250	0.003
	3.344	0.003
	3.438	0.003
	3.531	0.003
	3.625	0.003
	3.719	0.003
	3.813	0.002
	3.906	0.002
	4.000	0.002

**FIGURA 6-13 SLV- SPETTRO VERTICALE**

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLD**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_g$	0.058 g
$F_c$	2.484
$T_c$	0.277 s
$S_g$	1.800
$C_c$	2.373
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.800
$\eta$	1.000
$T_B$	0.219 s
$T_C$	0.658 s
$T_D$	1.832 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_g \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(S + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c' \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

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

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

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

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

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.105
$T_B \leftarrow$	0.219	0.260
$T_C \leftarrow$	0.658	0.260
	0.714	0.239
	0.770	0.222
	0.826	0.207
	0.882	0.194
	0.938	0.182
	0.994	0.172
	1.050	0.163
	1.106	0.155
	1.162	0.147
	1.217	0.140
	1.273	0.134
	1.329	0.129
	1.385	0.123
	1.441	0.119
	1.497	0.114
	1.553	0.110
	1.609	0.106
	1.665	0.103
	1.720	0.099
	1.776	0.096
$T_D \leftarrow$	1.832	0.093
	1.935	0.084
	2.039	0.075
	2.142	0.068
	2.245	0.062
	2.348	0.057
	2.452	0.052
	2.555	0.048
	2.658	0.044
	2.761	0.041
	2.865	0.038
	2.968	0.036
	3.071	0.033
	3.174	0.031
	3.277	0.029
	3.381	0.027
	3.484	0.026
	3.587	0.024
	3.690	0.023
	3.794	0.022
	3.897	0.021
	4.000	0.020

**FIGURA 6-14 SLD- SPETTRO ORIZZONTALE**

**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato lirSLD**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_{sv}$	0.019 g
$S_S$	1.000
$S_T$	1.000
$q$	1.000
$T_B$	0.050 s
$T_C$	0.150 s
$T_D$	1.000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	0.808
$S$	1.000
$\eta$	1.000

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left( \frac{a_x}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.019
$T_B$	0.050	0.047
$T_C$	0.150	0.047
	0.235	0.030
	0.320	0.022
	0.405	0.017
	0.490	0.014
	0.575	0.012
	0.660	0.011
	0.745	0.009
	0.830	0.008
	0.915	0.008
$T_D$	1.000	0.007
	1.094	0.006
	1.188	0.005
	1.281	0.004
	1.375	0.004
	1.469	0.003
	1.563	0.003
	1.656	0.003
	1.750	0.002
	1.844	0.002
	1.938	0.002
	2.031	0.002
	2.125	0.002
	2.219	0.001
	2.313	0.001
	2.406	0.001
	2.500	0.001
	2.594	0.001
	2.688	0.001
	2.781	0.001
	2.875	0.001
	2.969	0.001
	3.063	0.001
	3.156	0.001
	3.250	0.001
	3.344	0.001
	3.438	0.001
	3.531	0.001
	3.625	0.001
	3.719	0.001
	3.813	0.000
	3.906	0.000
	4.000	0.000

**FIGURA 6-15 SLD- SPETTRO VERTICALE**

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLC**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLC
$a_g$	0.220 g
$F_c$	2.501
$T_c$	0.283 s
$S_g$	1.573
$C_c$	2.351
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.573
$\eta$	1.000
$T_B$	0.222 s
$T_C$	0.665 s
$T_D$	2.481 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$S = S_g \cdot S_T$  (NTC-08 Eq. 3.2.5)

$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q$  (NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5)

$T_B = T_c / 3$  (NTC-07 Eq. 3.2.8)

$T_C = C_c \cdot T_c^2$  (NTC-07 Eq. 3.2.7)

$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$  (NTC-07 Eq. 3.2.9)

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

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

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

$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_c \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$

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

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.347
$T_B \leftarrow$	0.222	0.867
$T_C \leftarrow$	0.665	0.867
	0.751	0.767
	0.838	0.688
	0.924	0.623
	1.011	0.570
	1.097	0.525
	1.184	0.487
	1.270	0.454
	1.357	0.425
	1.443	0.399
	1.530	0.377
	1.616	0.356
	1.703	0.338
	1.789	0.322
	1.876	0.307
	1.962	0.294
	2.049	0.281
	2.135	0.270
	2.222	0.259
	2.308	0.250
	2.395	0.241
$T_D \leftarrow$	2.481	0.232
	2.554	0.219
	2.626	0.207
	2.698	0.196
	2.771	0.186
	2.843	0.177
	2.915	0.168
	2.988	0.160
	3.060	0.153
	3.132	0.146
	3.205	0.139
	3.277	0.133
	3.349	0.127
	3.421	0.122
	3.494	0.117
	3.566	0.112
	3.638	0.108
	3.711	0.104
	3.783	0.100
	3.855	0.096
	3.928	0.093
	4.000	0.089

**FIGURA 6-16 SLC- SPETTRO ORIZZONTALE**

**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato IIRSLC**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLC
$a_{sv}$	0.140 g
$S_S$	1.000
$S_T$	1.000
$q$	1.000
$T_B$	0.050 s
$T_C$	0.150 s
$T_D$	1.000 s

**Parametri dipendenti**

$F_v$	1.585
$S$	1.000
$\eta$	1.000

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left( \frac{a_x}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_z(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_z(T) = a_x \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_z(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_z(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.140
$T_B$	0.050	0.349
$T_C$	0.150	0.349
	0.235	0.223
	0.320	0.164
	0.405	0.129
	0.490	0.107
	0.575	0.091
	0.660	0.079
	0.745	0.070
	0.830	0.063
	0.915	0.057
$T_D$	1.000	0.052
	1.094	0.044
	1.188	0.037
	1.281	0.032
	1.375	0.028
	1.469	0.024
	1.563	0.021
	1.656	0.019
	1.750	0.017
	1.844	0.015
	1.938	0.014
	2.031	0.013
	2.125	0.012
	2.219	0.011
	2.313	0.010
	2.406	0.009
	2.500	0.008
	2.594	0.008
	2.688	0.007
	2.781	0.007
	2.875	0.006
	2.969	0.006
	3.063	0.006
	3.156	0.005
	3.250	0.005
	3.344	0.005
	3.438	0.004
	3.531	0.004
	3.625	0.004
	3.719	0.004
	3.813	0.004
	3.906	0.003
	4.000	0.003

**FIGURA 6-17 SLC- SPETTRO VERTICALE**

Gli spettri sopra esposti vengono inseriti nel programma e applicati dallo stesso in automatico alla modellazione.

Gli spettri sopra esposti saranno applicati al modello secondo tre direzioni mediante l'utilizzo di sei casi di carico sismici:

- SLV 1 --> spettro orizzontale allo stato limite di salvaguardia della vita applicato in direzione longitudinale
- SLV 2 --> spettro orizzontale allo stato limite di salvaguardia della vita applicato in direzione trasversale
- SLV 3 --> spettro verticale allo stato limite di salvaguardia della vita
- SLD 1 --> spettro orizzontale allo stato limite di danno applicato in direzione longitudinale
- SLD 2 --> spettro orizzontale allo stato limite di danno applicato in direzione trasversale
- SLD 3 --> spettro verticale allo stato limite di danno
- SLC 1 --> spettro orizzontale allo stato limite di collasso applicato in direzione longitudinale
- SLC 2 --> spettro orizzontale allo stato limite di collasso applicato in direzione trasversale
- SLC 3 --> spettro verticale allo stato limite di collasso

Si precisa che mentre gli spettri allo SLV e SLD verranno utilizzati per il dimensionamento dell'impalcato, lo spettro allo SLC sarà utilizzato solo per il dimensionamento di idonei isolatori (tabella C7.1.I Circolare 2 Febbraio 2009 n° 617).

### **6.3.9. AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO**

I carichi da traffico vengono calcolati seguendo il DM 14/01/2008.

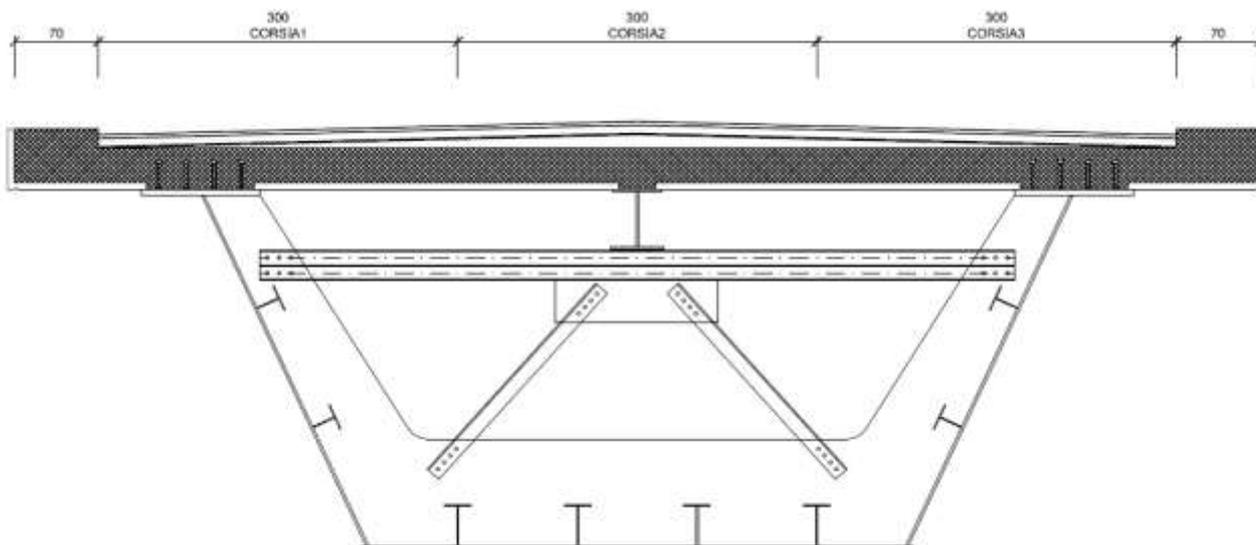
I carichi stradali, come da normativa vigente, sono applicati su 3 corsie convenzionali stradali di larghezza 3 metri. In questo caso non esiste area rimanente.

I cordoli laterali assumono solo la funzione di supporto barriera stradale quindi non presentano carico da folla su di essi applicati.

Riassumendo si sono prese in considerazione le seguenti linee di carico:

- C1: corsia principale n°1 di larghezza metri 3
- C2: corsia n°2 (interna) di larghezza metri 3
- C3: corsia n°3 di larghezza metri 3

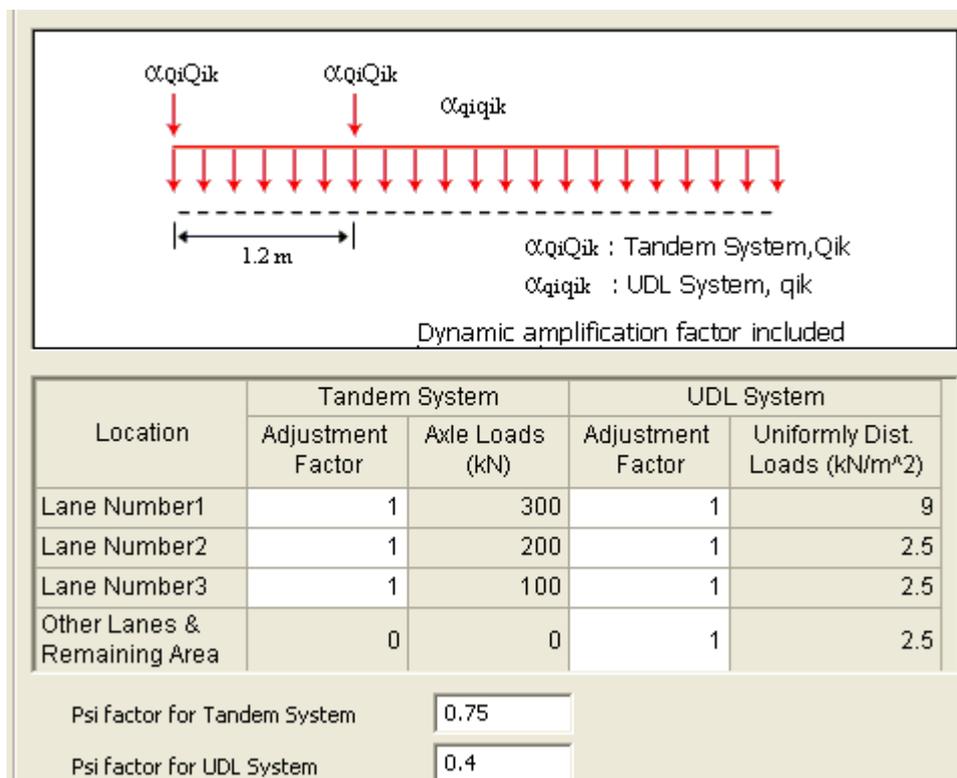
L'immagine seguente mostra la schematizzazione delle corsie.



**FIGURA 6-18 SCHEMATIZZAZIONE DELLE CORSIE CONVENZIONALI**

Seguendo le disposizioni di cui al capitolo 5 del DM 14/01/2008 e successive integrazioni si considerano gli schemi di carico sotto esposti. Le immagini seguenti mostrano la costruzione dei veicoli effettuata col programma di calcolo.

6.3.9.1 *LM1 (SLU) – Schema Di Carico*



**FIGURA 6-19 CASO DI CARICO 1 (PAR. 5.1.3.3.3. NTC 2008)**

Il veicolo agisce sulle quattro corsie convenzionali e sull'area rimanente. E' costituito da carichi concentrati tandem, applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0.40 m. e da carichi uniformemente distribuiti.

Il caso di carico è assunto sia per verifiche globali che locali, considerando un solo carico tandem per corsia, disposto in asse alla corsia stessa.

I coefficienti  $\psi$  rappresentati in figura vengono utilizzati per assegnare valore frequente al caso di carico.

Le combinazioni dei carichi, effettuate in accordo con le tabelle 5.1.IV, 5.1.V, 5.1.VI delle NTC 2008 prenderanno in considerazione due casi di carico differenti da combinare con le altre azioni stradali:

- LM1 totale, cioè non fattorizzato, col suo valore caratteristico
- LM1 ridotto con valore di combinazione frequente

### 6.3.9.2 Azione longitudinale di frenamento o accelerazione

La forza di frenamento o accelerazione è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n° 1.

In rispetto del paragrafo 5.1.3.5 del DM 14/01/2008 è calcolata come:

$$q = 0.6(2Q_{1k}) + 0.10q_{1k}w_lL = 1233.00 \text{ KN}$$

dove  $Q_{1k} = 300 \text{ KN}$ ,  $q_{1k} = 9 \text{ KN/mq}$ ,  $w_l = 3 \text{ m.}$ ,  $L = 190.00 \text{ m.}$

L'immagine seguente mostra l'inserimento del carico suddetto nella modellazione.



**FIGURA 6-20 FRENATURA**

### 6.3.9.3 Azione centrifuga

L'azione centrifuga non è presente in quanto l'opera si sviluppa in rettilineo.

## 6.4. COMBINAZIONI DI CARICO

---

Lo studio dell'impalcato metallico è svolto col metodo degli Stati Limite Ultimi.

Le combinazioni di carico sono determinate in riferimento al paragrafo 5.1.3.12 e 2.5.3 del DM. 14/01/2008.

Ai fini delle verifiche si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- Combinazione fondamentale (SLU), generalmente impiegata per gli stati limite ultimi;
- Combinazione sismica (SLV-SLD), generalmente impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica;
- Combinazione sismica (SLC), impiegata per il dimensionamento degli isolatori;
- Combinazione caratteristica (rara-SLE), impiegata per gli stati limite di esercizio irreversibili;
- Combinazione frequente (SLE), impiegata per gli stati limite di esercizio reversibili;
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine.

Si rimanda al DM 14/01/2008 per la descrizione approfondita delle combinazioni sopra citate e per i coefficienti di combinazione delle azioni variabili da traffico. In particolare si fa riferimento alle tabelle 5.1.IV, 5.1.V, 5.1.VI.

Di seguito si riportano tutte le combinazioni utilizzate: alcune portano a sollecitazioni massime che verranno utilizzate per la verifica dell'impalcato, altre hanno solo la funzione di creare un involucro di azioni da riportare nella modellazione della sottostruttura per procedere al dimensionamento della stessa.

Le combinazioni utilizzate per il dimensionamento dell'impalcato sono riportate in rosso.

NAME	PERMANENTI	FRENATURA	TEMP. 1	VENTO SCARICO	VENTO CARICO	TEMP. 2	TEMP. 3	SLV	SLV	SLV	SLC	SLC	SLC	SLD	SLD	SLD	LM1	LM1	PESO	RITIRO	VISCOSITA'
								1	2	3	1	2	3	1	2	3	TOTALE	RIDOTTO	PROPRIO		
GRUPPO 1-1	1.35																1.35		1.35	1.2	1.2
GRUPPO 1-2	1.35				0.9												1.35		1.35	1.2	1.2
GRUPPO 1-3	1.35		0.72		0.9												1.35		1.35	1.2	1.2
GRUPPO 1-5	1.35		0.72														1.35		1.35	1.2	1.2
GRUPPO 1-7	1.35				0.9	0.72											1.35		1.35	1.2	1.2
GRUPPO 1-9	1.35					0.72											1.35		1.35	1.2	1.2
GRUPPO 1-11	1.35				0.9		0.72										1.35		1.35	1.2	1.2
GRUPPO 1-13	1.35						0.72										1.35		1.35	1.2	1.2
GRUPPO 2a-1	1.35	1.35																1.35	1.35	1.2	1.2
GRUPPO 2a-2	1.35	1.35			0.9													1.35	1.35	1.2	1.2
GRUPPO 2a-3	1.35	1.35	0.72		0.9													1.35	1.35	1.2	1.2
GRUPPO 2a-5	1.35	1.35	0.72															1.35	1.35	1.2	1.2
GRUPPO 2a-7	1.35	1.35			0.9	0.72												1.35	1.35	1.2	1.2
GRUPPO 2a-9	1.35	1.35				0.72												1.35	1.35	1.2	1.2
GRUPPO 2a-11	1.35	1.35			0.9		0.72											1.35	1.35	1.2	1.2
GRUPPO 2a-13	1.35	1.35					0.72											1.35	1.35	1.2	1.2

NAME	PERMANENTI	FRENATURA	TEMP. 1	VENTO SCARICO	VENTO CARICO	TEMP. 2	TEMP. 3	SLV 1	SLV 2	SLV 3	SLC 1	SLC 2	SLC 3	SLD 1	SLD 2	SLD 3	LM1 TOTALE	LM1 RIDOTTO	PESO PROPRIO	RITIRO	VISCOSITA'
SCARICO 1	1.35		1.2																1.35	1.2	1.2
SCARICO 3	1.35		1.2	0.9															1.35	1.2	1.2
SCARICO 5	1.35					1.2													1.35	1.2	1.2
SCARICO 7	1.35			0.9		1.2													1.35	1.2	1.2
SCARICO 9	1.35						1.2												1.35	1.2	1.2
SCARICO 11	1.35			0.9			1.2												1.35	1.2	1.2
SCARICO 13	1.35			1.5															1.35	1.2	1.2
SCARICO 14	1.35			1.5															1.35	1.2	1.2
SCARICO 15	1.35		0.72	1.5															1.35	1.2	1.2
SCARICO 17	1.35			1.5		0.72													1.35	1.2	1.2
SCARICO 19	1.35			1.5			0.72												1.35	1.2	1.2
PERMANENTI PORTATI	1																				
SLV 1	1							1	0.3	0.3									1	1	1
SLV 2	1							1	0.3	-0.3									1	1	1
SLV 3	1							1	-0.3	-0.3									1	1	1
SLV 4	1							1	-0.3	0.3									1	1	1
SLV 5	1							-1	0.3	0.3									1	1	1

NAME	PERMANENTI	FRENATURA	TEMP. 1	VENTO SCARICO	VENTO CARICO	TEMP. 2	TEMP. 3	SLV 1	SLV 2	SLV 3	SLC 1	SLC 2	SLC 3	SLD 1	SLD 2	SLD 3	LM1 TOTALE	LM1 RIDOTTO	PESO PROPRIO	RITIRO	VISCOSITA'
SLV 6	1							-1	0.3	-0.3									1	1	1
SLV 7	1							-1	-0.3	-0.3									1	1	1
SLV 8	1							-1	-0.3	0.3									1	1	1
SLV 9	1							0.3	1	0.3									1	1	1
SLV 10	1							0.3	1	-0.3									1	1	1
SLV 11	1							-0.3	1	-0.3									1	1	1
SLV 12	1							-0.3	1	0.3									1	1	1
SLV 13	1							0.3	-1	0.3									1	1	1
SLV 14	1							0.3	-1	-0.3									1	1	1
SLV 15	1							-0.3	-1	-0.3									1	1	1
SLV 16	1							-0.3	-1	0.3									1	1	1
SLV 17	1							0.3	0.3	1									1	1	1
SLV 18	1							0.3	-0.3	1									1	1	1
SLV 19	1							-0.3	-0.3	1									1	1	1
SLV 20	1							-0.3	0.3	1									1	1	1
SLV 21	1							0.3	0.3	-1									1	1	1
SLV 22	1							0.3	-0.3	-1									1	1	1
SLV 23	1							-0.3	-0.3	-1									1	1	1

NAME	PERMANENTI	FRENATURA	TEMP. 1	VENTO SCARICO	VENTO CARICO	TEMP. 2	TEMP. 3	SLV 1	SLV 2	SLV 3	SLC 1	SLC 2	SLC 3	SLD 1	SLD 2	SLD 3	LM1 TOTALE	LM1 RIDOTTO	PESO PROPRIO	RITIRO	VISCOSITA'
SLV 24	1							-0.3	0.3	-1									1	1	1
SLC 1	1										1	0.3	0.3						1	1	1
SLC 2	1										1	0.3	-0.3						1	1	1
SLC 3	1										1	-0.3	-0.3						1	1	1
SLC 4	1										1	-0.3	0.3						1	1	1
SLC 5	1										-1	0.3	0.3						1	1	1
SLC 6	1										-1	0.3	-0.3						1	1	1
SLC 7	1										-1	-0.3	-0.3						1	1	1
SLC 8	1										-1	-0.3	0.3						1	1	1
SLC 9	1										0.3	1	0.3						1	1	1
SLC 10	1										0.3	1	-0.3						1	1	1
SLC 11	1										-0.3	1	-0.3						1	1	1
SLC 12	1										-0.3	1	0.3						1	1	1
SLC 13	1										0.3	-1	0.3						1	1	1
SLC 14	1										0.3	-1	-0.3						1	1	1
SLC 15	1										-0.3	-1	-0.3						1	1	1
SLC 16	1										-0.3	-1	0.3						1	1	1
SLC 17	1										0.3	0.3	1						1	1	1

NAME	PERMANENTI	FRENATURA	TEMP. 1	VENTO SCARICO	VENTO CARICO	TEMP. 2	TEMP. 3	SLV 1	SLV 2	SLV 3	SLC 1	SLC 2	SLC 3	SLD 1	SLD 2	SLD 3	LM1 TOTALE	LM1 RIDOTTO	PESO PROPRIO	RITIRO	VISCOSITA'
SLC 18	1										0.3	-0.3	1						1	1	1
SLC 19	1										-0.3	-0.3	1						1	1	1
SLC 20	1										-0.3	0.3	1						1	1	1
SLC 21	1										0.3	0.3	-1						1	1	1
SLC 22	1										0.3	-0.3	-1						1	1	1
SLC 23	1										-0.3	-0.3	-1						1	1	1
SLC 24	1										-0.3	0.3	-1						1	1	1
SLD 1	1													1	0.3	0.3			1	1	1
SLD 2	1													1	0.3	-0.3			1	1	1
SLD 3	1													1	-0.3	-0.3			1	1	1
SLD 4	1													1	-0.3	0.3			1	1	1
SLD 5	1													-1	0.3	0.3			1	1	1
SLD 6	1													-1	0.3	-0.3			1	1	1
SLD 7	1													-1	-0.3	-0.3			1	1	1
SLD 8	1													-1	-0.3	0.3			1	1	1
SLD 9	1													0.3	1	0.3			1	1	1
SLD 10	1													0.3	1	-0.3			1	1	1
SLD 11	1													-0.3	1	-0.3			1	1	1

NAME	PERMANENTI	FRENATURA	TEMP. 1	VENTO SCARICO	VENTO CARICO	TEMP. 2	TEMP. 3	SLV	SLV	SLV	SLC	SLC	SLC	SLD	SLD	SLD	LM1	LM1	PESO	RITIRO	VISCOSITA'
								1	2	3	1	2	3	1	2	3	TOTALE	RIDOTTO	PROPRIO		
SLD 12		1												-0.3	1	0.3			1	1	1
SLD 13		1												0.3	-1	0.3			1	1	1
SLD 14		1												0.3	-1	-0.3			1	1	1
SLD 15		1												-0.3	-1	-0.3			1	1	1
SLD 16		1												-0.3	-1	0.3			1	1	1
SLD 17		1												0.3	0.3	1			1	1	1
SLD 18		1												0.3	-0.3	1			1	1	1
SLD 19		1												-0.3	-0.3	1			1	1	1
SLD 20		1												-0.3	0.3	1			1	1	1
SLD 21		1												0.3	0.3	-1			1	1	1
SLD 22		1												0.3	-0.3	-1			1	1	1
SLD 23		1												-0.3	-0.3	-1			1	1	1
SLD 24		1												-0.3	0.3	-1			1	1	1
RARE 1		1															1		1	1	1
RARE 2		1			0.6												1		1	1	1
RARE 3		1	0.6		0.6												1		1	1	1
RARE 4		1	-0.6		0.6												1		1	1	1
RARE 5		1	0.6														1		1	1	1

NAME	PERMANENTI	FRENATURA	TEMP. 1	VENTO SCARICO	VENTO CARICO	TEMP. 2	TEMP. 3	SLV 1	SLV 2	SLV 3	SLC 1	SLC 2	SLC 3	SLD 1	SLD 2	SLD 3	LM1 TOTALE	LM1 RIDOTTO	PESO PROPRIO	RITIRO	VISCOSITA'
RARE 6	1		-0.6														1		1	1	1
RARE 7	1	1																1	1	1	1
RARE 8	1	1			0.6													1	1	1	1
RARE 9	1	1	0.6		0.6													1	1	1	1
RARE 10	1	1	-0.6		0.6													1	1	1	1
RARE 11	1	1	0.6															1	1	1	1
RARE 12	1	1	-0.6															1	1	1	1
RARE 13	1			1															1	1	1
RARE 14	1		1																1	1	1
RARE 15	1		-0.6	1															1	1	1
RARE 16	1		0.6	1															1	1	1
RARE 17	1		1	0.6															1	1	1
RARE 18	1		-1	0.6															1	1	1
RARE 19	1		-1																1	1	1
RARE 20	1				0.6	0.6											1		1	1	1
RARE 21	1				0.6	-0.6											1		1	1	1
RARE 22	1					0.6											1		1	1	1
RARE 23	1					-0.6											1		1	1	1

NAME	PERMANENTI	FRENATURA	TEMP. 1	VENTO SCARICO	VENTO CARICO	TEMP. 2	TEMP. 3	SLV	SLV	SLV	SLC	SLC	SLC	SLD	SLD	SLD	LM1	LM1	PESO	RITIRO	VISCOSITA'
								1	2	3	1	2	3	1	2	3	TOTALE	RIDOTTO	PROPRIO		
RARE 24	1	1			0.6	0.6												1	1	1	1
RARE 25	1	1			0.6	-0.6												1	1	1	1
RARE 26	1	1				0.6												1	1	1	1
RARE 27	1	1				-0.6												1	1	1	1
RARE 28	1					1													1	1	1
RARE 29	1			1		-0.6													1	1	1
RARE 30	1			1		0.6													1	1	1
RARE 31	1			0.6		1													1	1	1
RARE 32	1			0.6		-1													1	1	1
RARE 33	1					-1													1	1	1
RARE 34	1				0.6		0.6										1		1	1	1
RARE 35	1				0.6		-0.6										1		1	1	1
RARE 36	1					0.6											1		1	1	1
RARE 37	1					-0.6											1		1	1	1
RARE 38	1	1			0.6	0.6												1	1	1	1
RARE 39	1	1			0.6	-0.6												1	1	1	1
RARE 40	1	1				0.6												1	1	1	1
RARE 41	1	1				-0.6												1	1	1	1

NAME	PERMANENTI	FRENATURA	TEMP. 1	VENTO SCARICO	VENTO CARICO	TEMP. 2	TEMP. 3	SLV	SLV	SLV	SLC	SLC	SLC	SLD	SLD	SLD	LM1	LM1	PESO	RITIRO	VISCOSITA'
								1	2	3	1	2	3	1	2	3	TOTALE	RIDOTTO	PROPRIO		
RARE 42	1						1												1	1	1
RARE 43	1			1			-0.6												1	1	1
RARE 44	1			1			0.6												1	1	1
RARE 45	1			0.6			1												1	1	1
RARE 46	1			0.6			-1												1	1	1
RARE 47	1						-1												1	1	1
FREQUENTI 1	1		0.5															1	1	1	1
FREQUENTI 2	1		-0.5															1	1	1	1
FREQUENTI 3	1				0.2														1	1	1
FREQUENTI 4	1		0.5		0.2														1	1	1
FREQUENTI 5	1		-0.5		0.2														1	1	1
FREQUENTI 6	1		0.6																1	1	1
FREQUENTI 7	1		-0.6																1	1	1
FREQUENTI 8	1					0.5												1	1	1	1
FREQUENTI 9	1					-0.5												1	1	1	1
FREQUENTI 10	1				0.2														1	1	1
FREQUENTI 11	1				0.2	0.5													1	1	1
FREQUENTI 12	1				0.2	-0.5													1	1	1

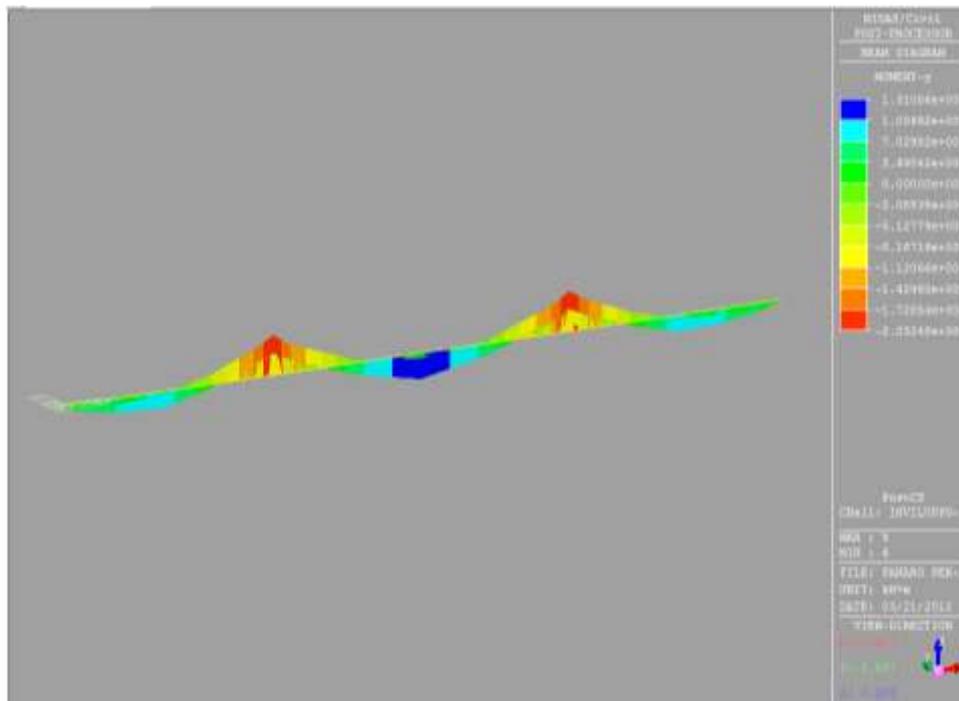
NAME	PERMANENTI	FRENATURA	TEMP. 1	VENTO SCARICO	VENTO CARICO	TEMP. 2	TEMP. 3	SLV 1	SLV 2	SLV 3	SLC 1	SLC 2	SLC 3	SLD 1	SLD 2	SLD 3	LM1 TOTALE	LM1 RIDOTTO	PESO PROPRIO	RI TIRO	VISCOSITA'
FREQUENTI 13	1					0.6													1	1	1
FREQUENTI 14	1					-0.6													1	1	1
FREQUENTI 15	1						0.5										1		1	1	1
FREQUENTI 16	1						-0.5										1		1	1	1
FREQUENTI 17	1				0.2														1	1	1
FREQUENTI 18	1				0.2		0.5												1	1	1
FREQUENTI 19	1				0.2		-0.5												1	1	1
FREQUENTI 20	1						0.6												1	1	1
FREQUENTI 21	1						-0.6												1	1	1
Q.P. 1	1		0.5																1	1	1
Q.P. 2	1		-0.5																1	1	1
Q.P. 3	1					0.5													1	1	1
Q.P. 4	1					-0.5													1	1	1
Q.P. 5	1						0.5												1	1	1
Q.P. 6	1						-0.5												1	1	1

## 6.5. RISULTATI DELL'ANALISI

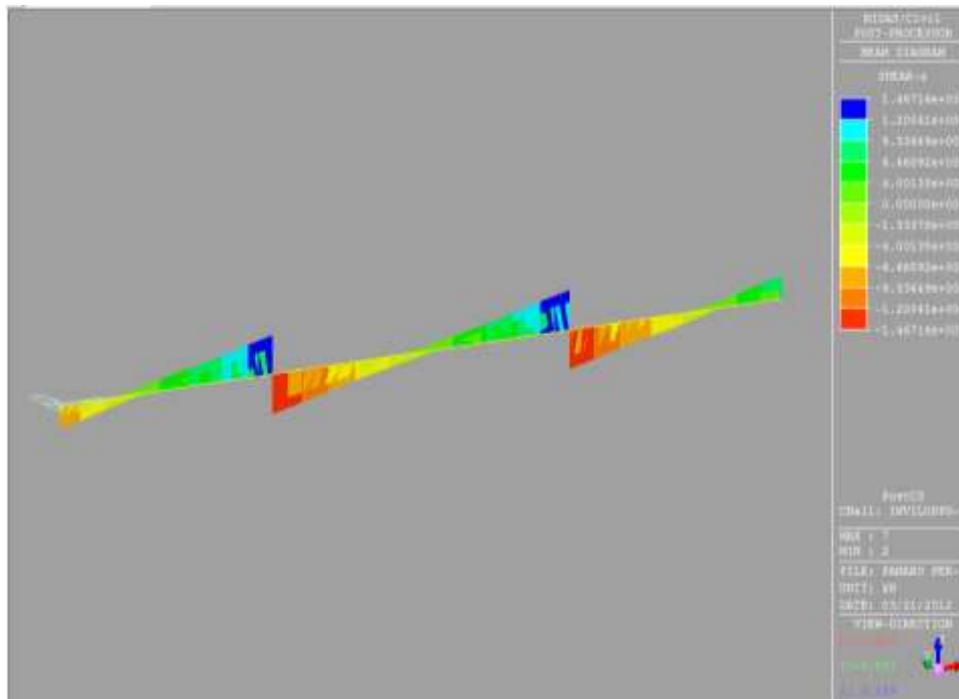
Si riportano di seguito gli involuپی dei gruppi di combinazioni utilizzati e quindi le sollecitazioni più gravosa per il calcolo.

Si riportano inoltre le deformazioni massime più significative e le reazioni sui vincoli utilizzate per il dimensionamento degli isolatori.

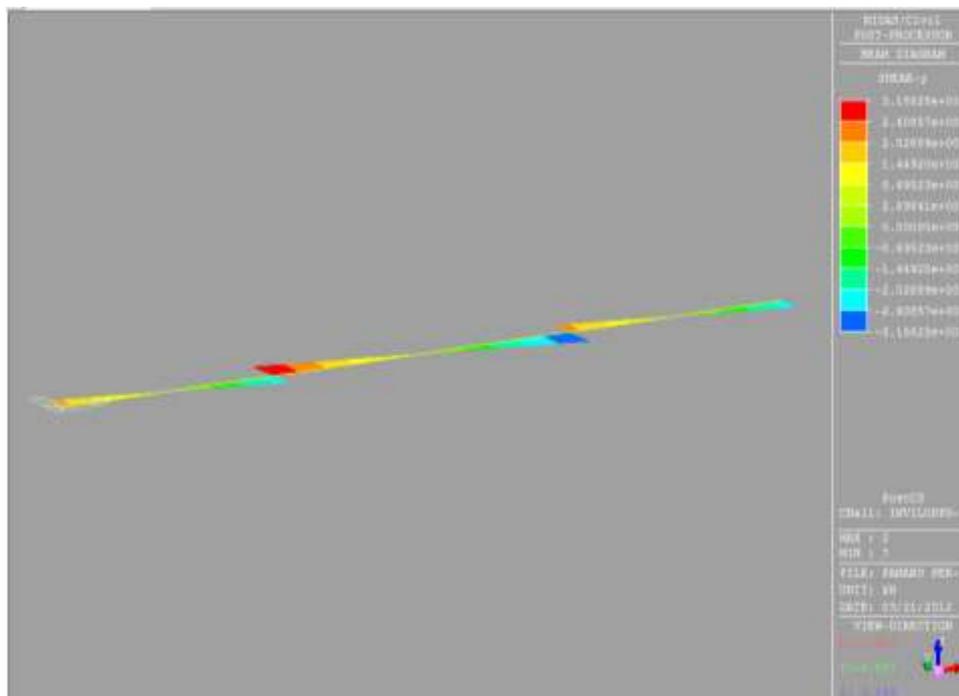
### 6.5.1. SOLLECITAZIONI



**FIGURA 6-21 MOMENTI: INVILUPPO COMBINAZIONI STATICHE (SLU)**



**FIGURA 6-22 TAGLI: INVILUPPO COMBINAZIONI STATICHE (SLU)**



**FIGURA 6-23 TAGLI: INVILUPPO COMBINAZIONI STATICHE (SLU)**

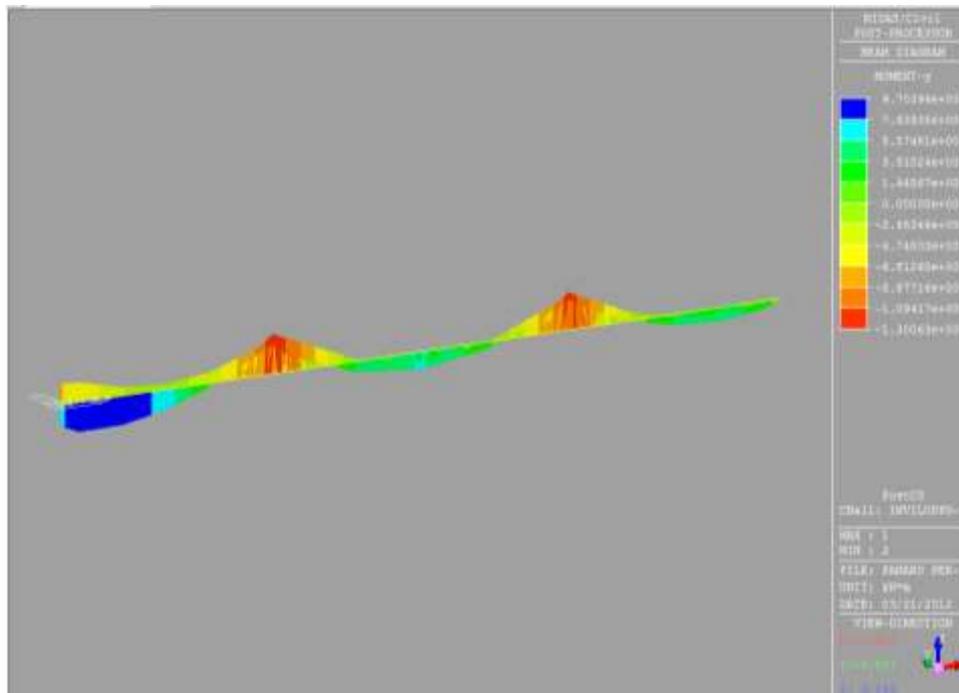


FIGURA 6-24 MOMENTI: INVILUPPO COMBINAZIONI SISMICHE (SLV)

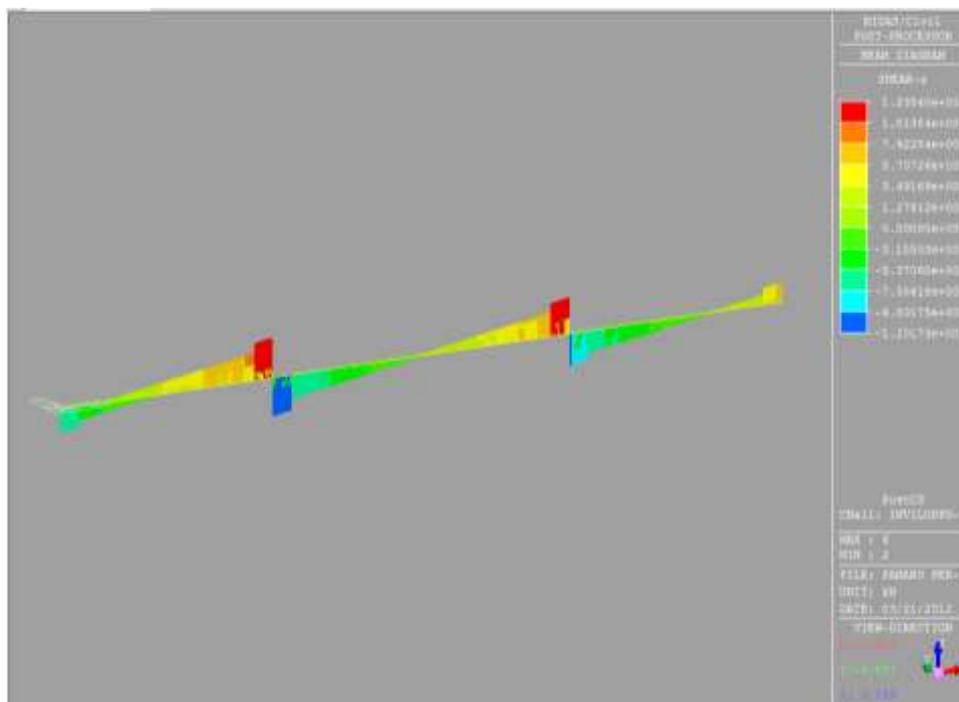


FIGURA 6-25TAGLI: INVILUPPO COMBINAZIONI SISMICHE (SLV)

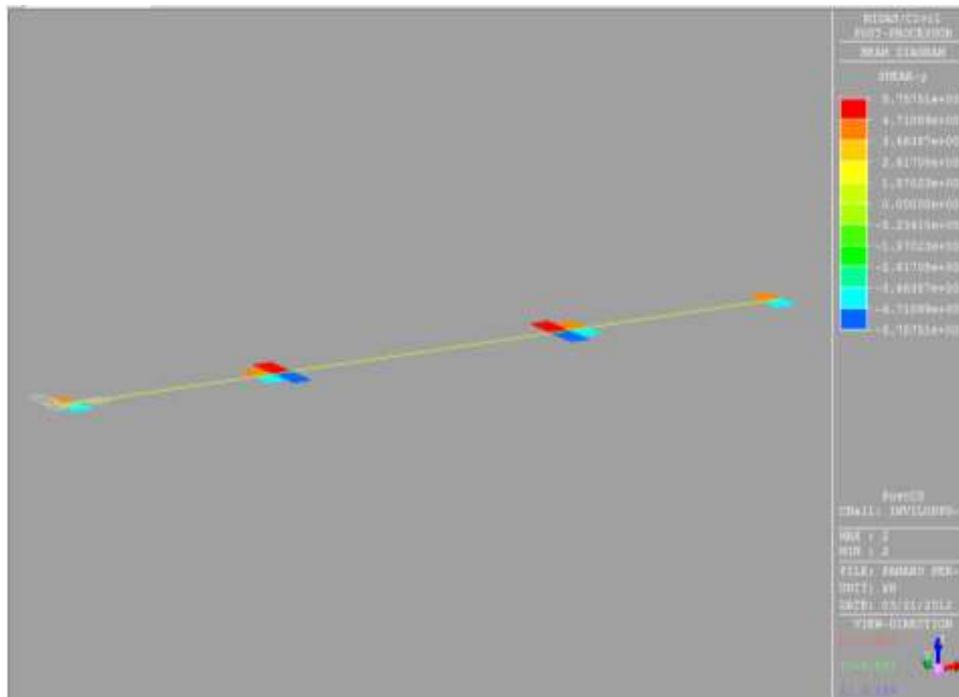


FIGURA 6-26 TAGLI: INVILUPPO COMBINAZIONI SISMICHE (SLV)

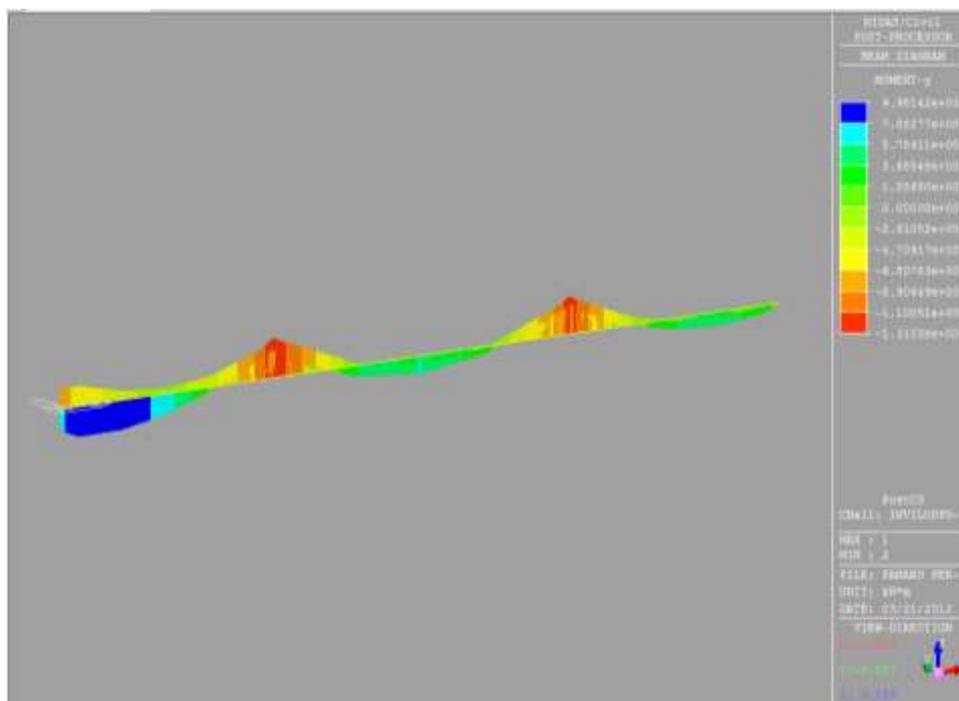
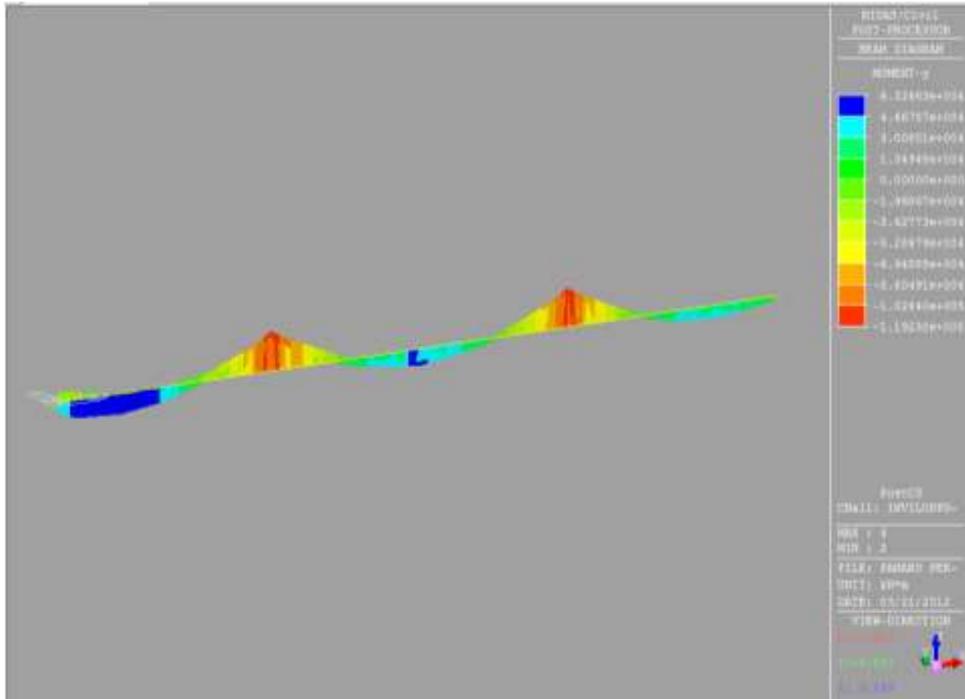
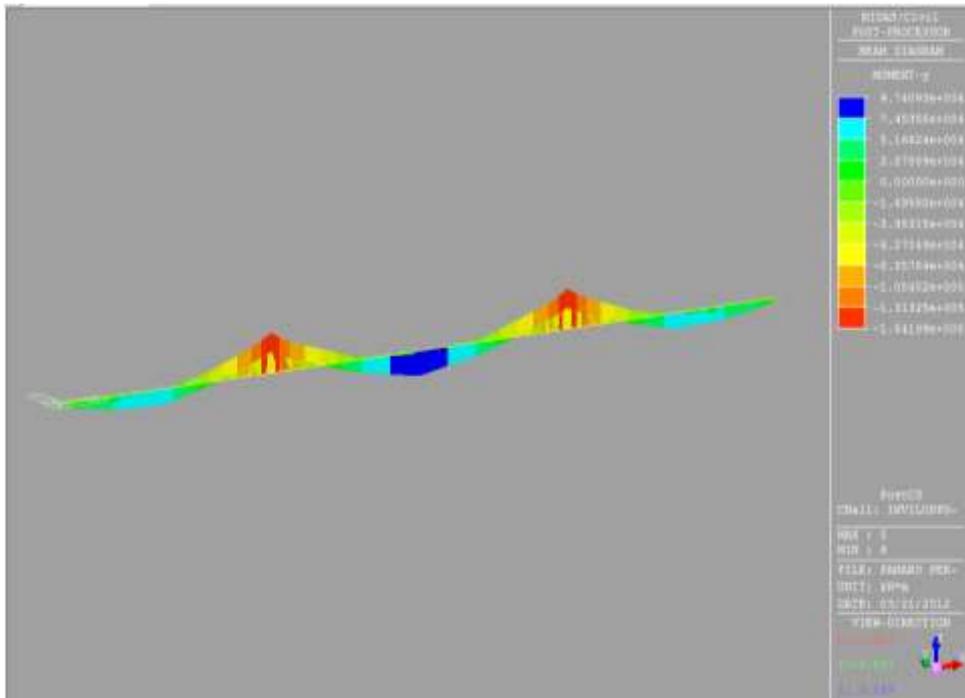


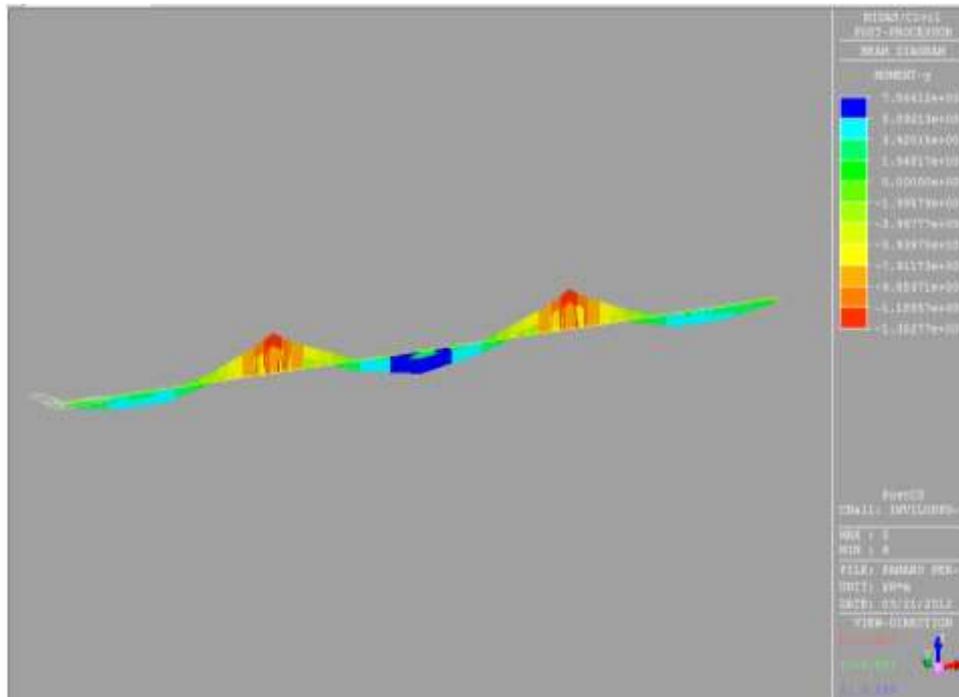
FIGURA 6-27 MOMENTI: INVILUPPO COMBINAZIONI SISMICHE (SLC)



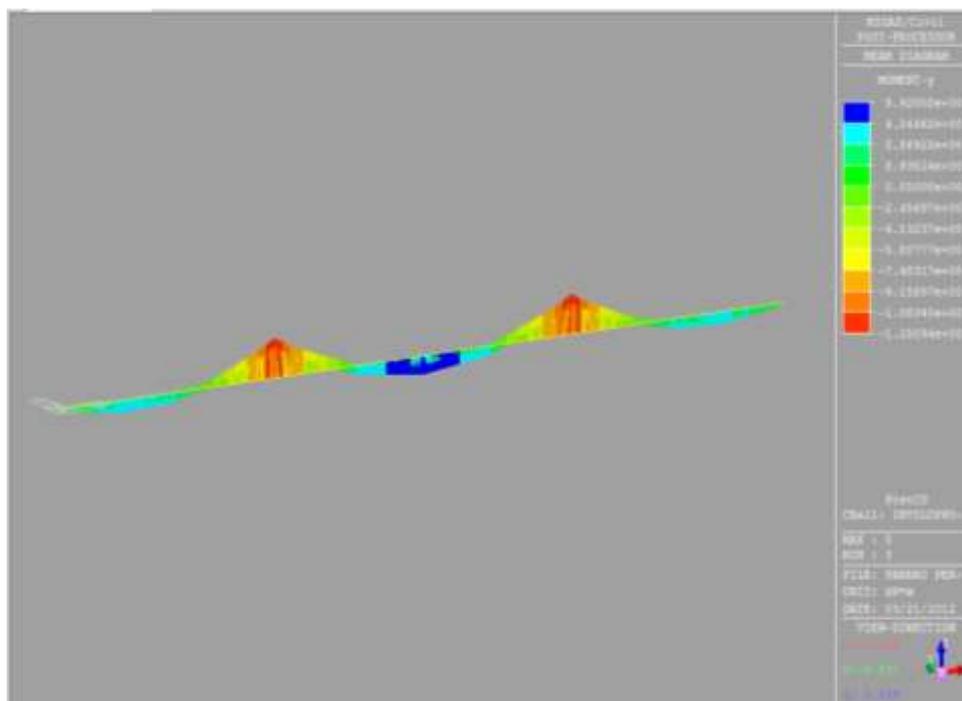
**FIGURA 6-28 MOMENTI: INVILUPPO COMBINAZIONI SISMICHE (SLD)**



**FIGURA 6-29 MOMENTI: INVILUPPO COMBINAZIONI ALLO SLE RARE**



**FIGURA 6-30 MOMENTI: INVILUPPO COMBINAZIONI ALLO SLE FREQUENTI**



**FIGURA 6-31 MOMENTI: INVILUPPO COMBINAZIONI ALLO SLE QUASI PERMANENTI**





**6.5.3. VINCOLI**

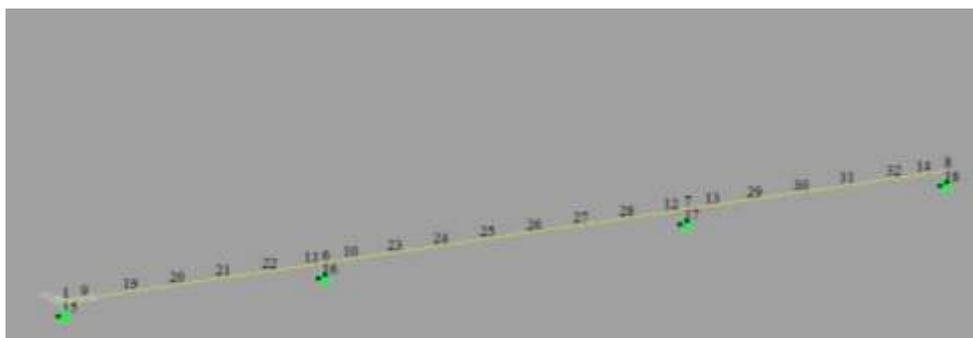


FIGURA 6-36 SCHEMA DI VINCOLO

Node	Load	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*m)
15	INVILUPPO STATICA(all)	-1282.50	-228.87	8525.84	5991.53	0.00	-2135.45
16	INVILUPPO STATICA(all)	0.00	-547.76	27398.18	10996.05	0.00	-2007.15
17	INVILUPPO STATICA(all)	0.00	-547.76	27398.18	10996.05	0.00	2007.15
18	INVILUPPO STATICA(all)	0.00	-228.87	8525.84	5991.53	0.00	2135.45
15	INVILUPPO SLV(all)	25133.07	3980.15	7355.47	10985.21	0.00	18097.90
16	INVILUPPO SLV(all)	0.00	7014.55	20500.15	19360.15	0.00	32445.70
17	INVILUPPO SLV(all)	0.00	7014.55	19365.22	19360.14	0.00	32445.70
18	INVILUPPO SLV(all)	0.00	3985.37	6039.83	10999.62	0.00	-18097.90
15	INVILUPPO SLC(all)	25994.64	4111.33	7525.67	11347.27	0.00	18694.17
16	INVILUPPO SLC(all)	0.00	7245.17	21182.42	19996.66	0.00	33511.60
17	INVILUPPO SLC(all)	0.00	7245.16	19901.94	19996.65	0.00	33511.60
18	INVILUPPO SLC(all)	0.00	4116.77	6172.14	11362.29	0.00	-18694.17





## 6.7. DIMENSIONAMENTO GIUNTO DI DILATAZIONE

---

Per “capacità di spostamento” dei giunti di dilatazione posti alle estremità dell’impalcato si intende la capacità di deformarsi in allungamento (dilatazione), di accorciarsi (contrazione) e di deformarsi trasversalmente (scorrimento). I giunti sono stati previsti secondo i seguenti indici prestativi:

- Devono garantire come capacità di spostamento, senza danneggiarsi, l’assorbimento degli spostamenti longitudinali e trasversali dovuti al normale esercizio dell’opera (SLE) per le variazioni termiche, l’azione di frenatura, l’azione del vento, le azioni dei carichi mobili e quelle dovute ai carichi permanenti portati;
- Devono garantire come capacità di spostamento, senza danneggiarsi, l’assorbimento degli spostamenti longitudinali e trasversali dovuti allo Stato Limite di Danno (SLD) in condizione sismica, opportunamente combinati con quelli derivanti dalle variazioni termiche e dai carichi permanenti portati;
- Devono garantire la fruibilità del ponte in condizioni sismiche violente (SLC) opportunamente combinato con le variazioni termiche e i carichi permanenti, anche se irreversibilmente danneggiati in termini di capacità di spostamento;
- Devono evitare, in termini di distanza strutturale tra la spalle e la testata della soletta, fenomeni longitudinali di martellamento per un sisma violento (SLC) opportunamente combinato con le variazioni termiche e i carichi permanenti.

In base alle dilatazioni presenti sull’impalcato (si vedano immagini riportate nei capitoli precedenti) si prevede un giunto che abbia capacità di spostamento longitudinale pari a +/- 310 mm.

## 6.8. VERIFICHE DEL CASSONE METALLICO

### 6.8.1. VERIFICA IN FASE 1 (SEZIONE SOLO ACCIAIO)

Le immagini seguenti riportano le sollecitazioni significative in fase 1 dove, alla sola presenta del cassone metallico, si aggiungono i carichi permanenti derivanti dal peso proprio degli elementi metallici e il carico derivante dal getto della soletta.

Le sollecitazioni riportate nelle immagini non sono fattorizzate agli SLU.

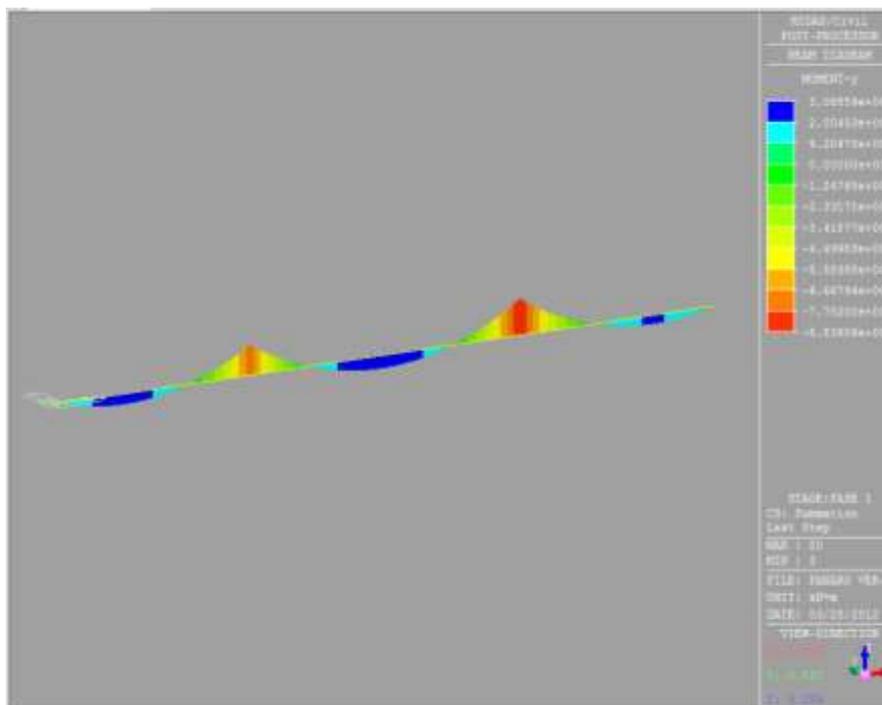
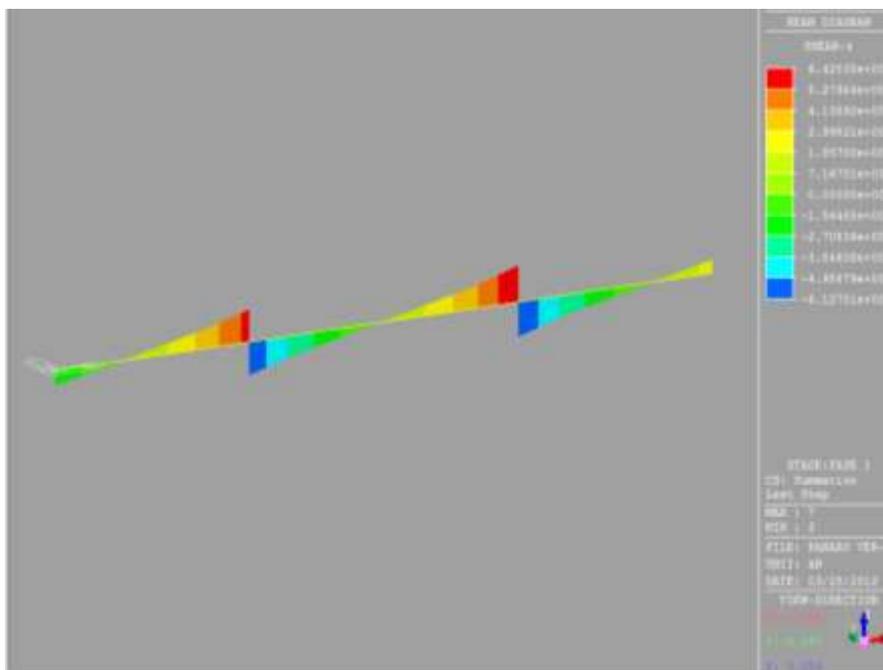


FIGURA 6-37 MOMENTO FLETTENTE FASE 1



**FIGURA 6-38 SFORZO DI TAGLIO FASE 1**

Riassumendo sul solo cassone metallico agiscono le seguenti azioni:

$$M^+ \text{ (campata)} = 30886.00 \text{ KNm}$$

$$M^- \text{ (appoggio)} = 88360.00 \text{ KNm}$$

$$V = 6421.00 \text{ KN}$$

I carichi, fattorizzati agli SLU, risultano:

$$M^+ \text{ (campata)} = 30886.00 * 1.35 = 41696.10 \text{ KNm}$$

$$M^- \text{ (appoggio)} = 88360.00 * 1.35 = 119286.00 \text{ KNm}$$

$$V = 6421.00 * 1.35 = 8668.35 \text{ KN}$$

Per quanto riguarda il taglio esso è agente nella sola direzione z e vale 8668.35 KN.

In assenza di torsione, attorno all'asse forte (taglio z-z) la resistenza a taglio vale:

$$V_{c,RD} = (h_w * t_w * f_{yk}) / (\sqrt{3} * \alpha_{M0}) = (2 * 3280 * 24 * 355) / (\sqrt{3} * 1.05) = 30732.19 \text{ KN} > 8668.35 \text{ --> } \underline{\text{Verifica soddisfatta}}$$

Essendo lo sforzo di taglio di calcolo  $< 0.5 < V_{c,RD}$  si può trascurare l'influenza del taglio sulla resistenza a flessione.

Si procede quindi alla verifica a flessione.

Il momento massimo, sull'appoggio, è pari a 119286.00 KNm,  $1.20 \cdot 10^{11}$  Nmm

Il momento d'inerzia della sezione è pari a  $1.43 \cdot 10^{12}$  mm<sup>4</sup>.

Si calcola quindi il modulo di resistenza che risulta pari a  $9.97 \cdot 10^8$  mm<sup>3</sup>.

La sezione è quindi sollecitata da una sollecitazione pari a:

$$q = (1.20 \cdot 10^{11} \text{ Nmm}) / (9.97 \cdot 10^8 \text{ mm}^3) = 120.25 \text{ Mpa}$$

L'acciaio utilizzato (S355) presenta le seguenti caratteristiche:

$f_{yk} = 355 \text{ Mpa}$  (resistenza a snervamento)

$f_u = 510 \text{ Mpa}$  (resistenza ultima)

$f_d = f_{yk} / \gamma_{MO} = 338.10 \text{ Mpa}$  (resistenza di progetto)

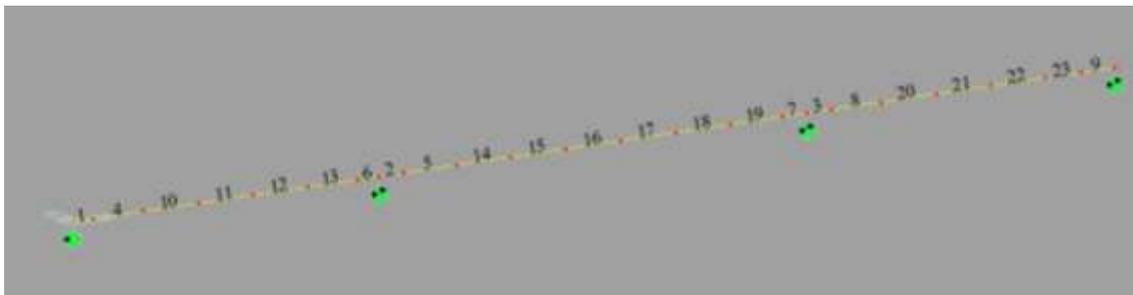
La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### **6.8.2. VERIFICA DELLA SEZIONE COMPOSTA ACCIAIO – CALCESTRUZZO (FASE 2)**

Il programma verifica in automatico agli stati limite ultimi le sezioni miste in acciaio-calcestruzzo secondo l'UNI EN 1994-2, paragrafo 6 ed altri Eurocodici richiamati nella suddetta norma.

Si riporteranno pertanto di seguito gli elementi utilizzati per il progetto e le rispettive verifiche.

L'immagine seguente mostra la numerazione delle aste per avere riscontro nelle verifiche.



Per quanto riguarda le posizioni indicate nelle verifiche I e J indicano il lato della trave mentre il numero indica la posizione sulla trave dove si ha il carico maggiormente sollecitante.

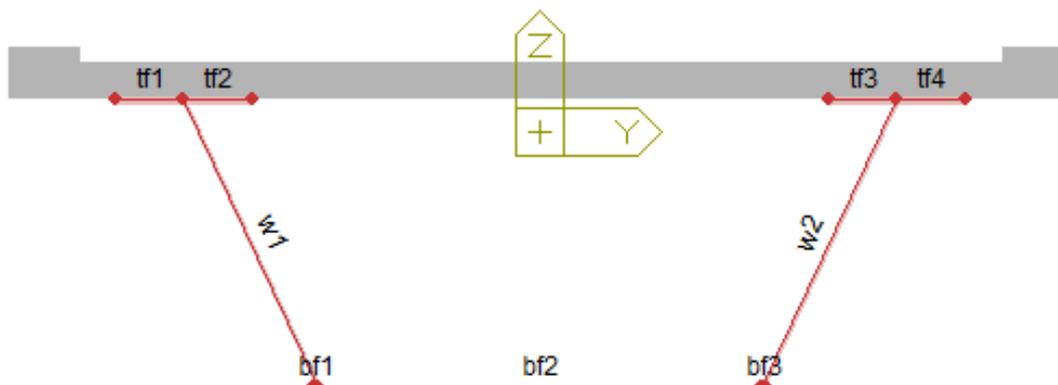
L'immagine seguente mostra i parametri utilizzati per il calcolo scelti in accordo alle NTC 2008 e all' EN 1994-2.

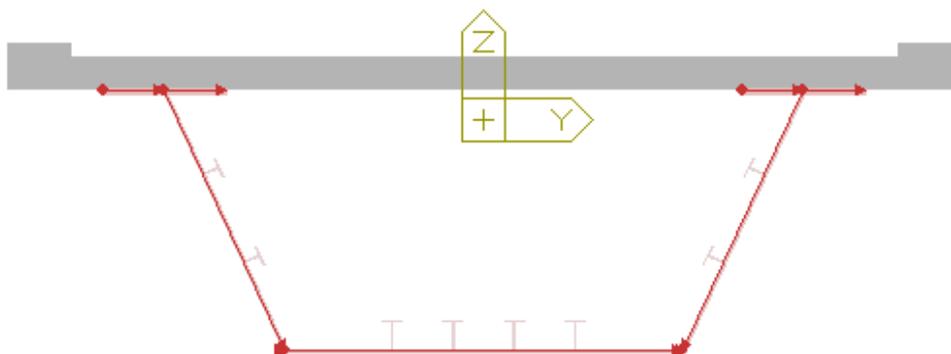
Partial Factor	
Concrete(Gamma C)	1.5
Reinforcing Steel(Gamma S)	1.15
Structural Steel(Gamma M0)	1.05
Structural Steel(Gamma M1)	1.1
Shear Resistance of a Headed Stud(Gamma V)	1.25
Equivalent Constant Amplitude Stress Range(Gamma FF)	1
Fatigue Strength(Gamma MF)	1
Fatigue Strength of Studs in Shear(Gamma MF,s)	1
Damage equivalence factors(for Resistance to fatigue)	
Design life of the bridge in year(t Ld)	100

**FIGURA 6-39 PARAMETRI DI CALCOLO**

### 6.8.2.1 Bending resistance

Il programma calcola il momento resistente della trave composta secondo quanto descritto nell' Eurocodice 4. L'area della sezione resistente dipende sia dalla geometria dell'acciaio sia dalle dimensioni della larghezza efficace della soletta collaborante.





Le immagini sopra riportate mostrano la geometria della sezione che il programma verifica compresi gli irrigidimenti.

Elem	Position	Positive/Negative	Lcom	Type	Top Class	Bot Class	Web Class	Sect. Class	Ma,Ed (kgf*cm)	Mc,Ed (kgf*cm)	Mpl,Rd (kgf*cm)	Mel,Rd (kgf*cm)	M_Rd (kgf*cm)
1	I[1]	Negative	SLV 7	-	1	4	4	4	0.0001	-4921026	20468847	5452496	5452496
1	I[1]	Positive	SLV 9	-	1	1	4	4	0.0001	1559747	37781393	10643998	10643998
1	J[9]	Negative	SLV 7	-	1	4	4	4	192459.9	-3335288	20468847	5263839	5263839
1	J[9]	Positive	GRUPPO 3	1-FX-MAX	1	1	4	4	259820.9	2390168	37781393	9095827	9095827
2	I[6]	Negative	GRUPPO 3	1-FX-MIN	1	1	1	1	-1E+07	-1.3E+07	44704860	29417624	44704860
2	I[6]	Positive	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	J[10]	Negative	GRUPPO 3	1-FX-MIN	1	1	1	1	-7328428	-9614822	44704860	29431934	44704860
2	J[10]	Positive	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	I[7]	Negative	GRUPPO 11	1-FX-MIN	1	1	1	1	-1E+07	-1.3E+07	44704860	29417347	44704860
3	I[7]	Positive	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	J[13]	Negative	GRUPPO 11	1-FX-MIN	1	1	1	1	-7408756	-9966415	44704860	29431560	44704860
3	J[13]	Positive	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	I[9]	Negative	SLV 7	-	1	4	4	4	192459.9	-3335015	20468847	5275447	5275447
4	I[9]	Positive	GRUPPO 3	1-FX-MAX	1	1	4	4	259820.9	2390168	37781393	9095827	9095827



Elem	Position	Positive/Negative	Lcom	Type	Top Class	Bot Class	Web Class	Sect. Class	Ma,Ed (kgf*cm)	Mc,Ed (kgf*cm)	Mpl,Rd (kgf*cm)	Mel,Rd (kgf*cm)	M_Rd (kgf*cm)
4J[19]	Negative		SLV 7	-	4	4	4	4	448659.4	-1574136	20468847	4389324	4389324
4J[19]	Positive		GRUPPO 1-3	FX-MAX	1	1	4	4	605690.2	5665434	37781393	9441696	9441696
5I[10]	Negative		GRUPPO 1-11	FX-MIN	1	4	4	4	-7328428	-9614822	33412062	20215604	20215604
5I[10]	Positive		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5J[23]	Negative		SLV 7	-	1	4	4	4	-1665342	-5851320	33412062	17219060	17219060
5J[23]	Positive		SLV 3	-	1	4	3	4	-1665342	41167.63	49260860	2418094	2418094
6I[11]	Negative		GRUPPO 1-3	FX-MIN	1	1	1	1	-7678665	-1E+07	44704860	29430305	44704860
6I[11]	Positive		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6J[6]	Negative		GRUPPO 1-3	FX-MIN	1	1	1	1	-1E+07	-1.3E+07	44704860	29417624	44704860
6J[6]	Positive		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7I[12]	Negative		GRUPPO 1-3	FX-MIN	1	1	1	1	-7381207	-9668815	44704860	29431689	44704860
7I[12]	Positive		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7J[7]	Negative		GRUPPO 1-3	FX-MIN	1	1	1	1	-1E+07	-1.3E+07	44704860	29417347	44704860
7J[7]	Positive		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8I[13]	Negative		GRUPPO 1-11	FX-MIN	1	4	4	4	-7408756	-9966415	33412062	20213403	20213403
8I[13]	Positive		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8J[29]	Negative		GRUPPO 1-11	FX-MIN	1	4	4	4	-2590702	-5972211	33412062	20345422	20345422
8J[29]	Positive		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9I[14]	Negative		SLV 6	-	4	1	1	4	270983.6	-31887.5	20468847	6010935	6010935
9I[14]	Positive		GRUPPO 1-3	FX-MAX	1	1	4	4	365827.9	3362131	37781393	9201834	9201834
9J[8]	Negative		SLV 7	-	4	4	4	4	0	-371.085	20468847	1670857	1670857
9J[8]	Positive		SLV 1	-	1	4	4	4	0	371.0849	37781393	191085	191085
10I[19]	Negative		SLV 20	-	4	1	1	4	1906357	-184310	19452552	5556506	5556506



Elem	Position	Positive/Negative	Lcom	Type	Top Class	Bot Class	Web Class	Sect. Class	Ma,Ed (kgf*cm)	Mc,Ed (kgf*cm)	Mpl,Rd (kgf*cm)	Mel,Rd (kgf*cm)	M_Rd (kgf*cm)
10I[19]		Positive	GRUPPO 1-3	FX-MAX	1	1	4	4	2573761	3697364	36537168	11498344	11498344
10J[20]		Negative	GRUPPO 2a-3	FX-MIN	4	1	1	4	2545245	-151704	19452552	7394310	7394310
10J[20]		Positive	GRUPPO 1-3	FX-MAX	1	1	4	4	2545245	4013962	36537168	11469829	11469829
11I[20]		Negative	GRUPPO 2a-3	FX-MIN	4	1	1	4	2545245	-151704	19452552	7394310	7394310
11I[20]		Positive	GRUPPO 1-3	FX-MAX	1	1	4	4	2545245	4013962	36537168	11469829	11469829
11J[21]		Negative	SLV 7	-	1	4	4	4	581568.6	-4131317	19452552	5373374	5373374
11J[21]		Positive	GRUPPO 1-3	FX-MAX	1	1	4	4	785572.8	2283603	36537168	9710156	9710156
12I[21]		Negative	SLV 7	-	1	4	4	4	7682.993	-42384.6	311620.2	82824.34	82824.34
12I[21]		Positive	SLV 22	-	1	1	3	3	7682.993	440.9769	445729.8	36079.15	36079.15
12J[22]		Negative	GRUPPO 1-11	FX-MIN	1	4	4	4	-27116.6	-58780.4	311620.2	93417.78	93417.78
12J[22]		Positive	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13I[22]		Negative	GRUPPO 1-11	FX-MIN	1	4	4	4	-2786542	-6094483	33412062	20340055	20340055
13I[22]		Positive	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13J[11]		Negative	GRUPPO 1-11	FX-MIN	1	4	4	4	-7678665	-1E+07	33412062	20206007	20206007
13J[11]		Positive	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14I[23]		Negative	SLV 7	-	1	4	4	4	-13804.7	-57898.4	311620.2	85611.92	85611.92
14I[23]		Positive	SLV 3	-	1	4	4	4	-13804.7	2946.134	445729.8	101335.1	101335.1
14J[24]		Negative	SLV 7	-	4	4	4	4	14317.05	-36345.7	311620.2	84262.08	84262.08
14J[24]		Positive	GRUPPO 1-11	FX-MAX	1	1	3	3	19328.01	15395.91	445729.8	259113.2	259113.2
15I[24]		Negative	SLV 7	-	1	4	4	4	916087.9	-3646684	19452552	5658167	5658167
15I[24]		Positive	GRUPPO 1-11	FX-MAX	1	1	4	4	1237453	1257443	36537168	10162036	10162036
15J[25]		Negative	SLV 9	-	4	1	1	4	2192772	-145252	19452552	6376186	6376186



Elem	Position	Positive/Negative	Lcom	Type	Top Class	Bot Class	Web Class	Sect. Class	Ma,Ed (kgf*cm)	Mc,Ed (kgf*cm)	Mpl,Rd (kgf*cm)	Mel,Rd (kgf*cm)	M_Rd (kgf*cm)
15	J[25]	Positive	GRUPPO 1-11	FX-MAX	1	1	4	4	2960961	3078245	36537168	11885545	11885545
16	I[25]	Negative	SLV 9	-	4	1	1	4	2192772	-145278	19452552	6484594	6484594
16	I[25]	Positive	GRUPPO 1-11	FX-MAX	1	1	4	4	2960961	3078245	36537168	11885545	11885545
16	J[26]	Negative	SLV 9	-	4	1	1	4	2187118	-46995.2	19452552	4742754	4742754
16	J[26]	Positive	GRUPPO 1-11	FX-MAX	1	1	4	4	2953312	3069610	36537168	11877896	11877896
17	I[26]	Negative	SLV 9	-	4	1	1	4	2187118	-46933.3	19452552	4877055	4877055
17	I[26]	Positive	GRUPPO 1-11	FX-MAX	1	1	4	4	2953312	3069610	36537168	11877896	11877896
17	J[27]	Negative	SLV 7	-	1	4	4	4	899125	-3859169	19452552	5765784	5765784
17	J[27]	Positive	GRUPPO 1-11	FX-MAX	1	1	4	4	1214506	1232199	36537168	10139089	10139089
18	I[27]	Negative	SLV 7	-	1	4	4	4	14214.05	-38555.8	311620.2	90131.1	90131.1
18	I[27]	Positive	GRUPPO 1-11	FX-MAX	1	1	3	3	19188.97	15252.47	445729.8	258974.2	258974.2
18	J[28]	Negative	SLV 7	-	1	4	4	4	-13976.4	-51487.6	311620.2	87129.1	87129.1
18	J[28]	Positive	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	I[28]	Negative	SLV 7	-	1	4	4	4	-1693614	-5264263	33412062	18141752	18141752
19	I[28]	Positive	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	J[12]	Negative	GRUPPO 1-11	FX-MIN	1	4	4	4	-7381207	-9668815	33412062	20214158	20214158
19	J[12]	Positive	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	I[29]	Negative	GRUPPO 1-11	FX-MIN	1	4	4	4	-2590702	-5972211	29145155	8866262	8866262
20	I[29]	Positive	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	J[30]	Negative	SLV 7	-	1	4	4	4	665730.9	-3648814	29145155	8618850	8618850
20	J[30]	Positive	GRUPPO 1-11	FX-MAX	1	1	3	3	899113.5	2402218	44393651	24853830	24853830
21	I[30]	Negative	SLV 7	-	1	4	4	4	665730.9	-3649003	19452552	6027068	6027068
21	I[30]	Positive	GRUPPO 1-11	FX-MAX	1	1	4	4	899113.5	2402218	36537168	9823697	9823697



Elem	Position	Positive/Negative	Lcom	Type	Top Class	Bot Class	Web Class	Sect. Class	Ma,Ed (kgf*cm)	Mc,Ed (kgf*cm)	Mpl,Rd (kgf*cm)	Mel,Rd (kgf*cm)	M_Rd (kgf*cm)
21	J[31]	Negative	GRUPPO 2a-3	FX-MIN	4	1	1	4	2576487	-327079	19452552	8310491	8310491
21	J[31]	Positive	GRUPPO 3	1-FX-MAX	1	1	4	4	2576487	4037941	36537168	11501071	11501071
22	I[31]	Negative	GRUPPO 2a-3	FX-MIN	4	1	1	4	2576487	-327079	19452552	8310491	8310491
22	I[31]	Positive	GRUPPO 3	1-FX-MAX	1	1	4	4	2576487	4037941	36537168	11501071	11501071
22	J[32]	Negative	SLV 12	-	4	1	1	4	1868562	-41354.3	19452552	6247103	6247103
22	J[32]	Positive	GRUPPO 3	1-FX-MAX	1	1	4	4	2522704	3618804	36537168	11447287	11447287
23	I[32]	Negative	SLV 5	-	4	1	1	4	441746.9	-281142	20468847	8830834	8830834
23	I[32]	Positive	GRUPPO 3	1-FX-MAX	1	1	4	4	596358.3	5545150	37781393	9432364	9432364
23	J[14]	Negative	SLV 6	-	4	4	4	4	270983.6	-31665.6	20468847	3027548	3027548
23	J[14]	Positive	GRUPPO 3	1-FX-MAX	1	1	4	4	365827.9	3362131	37781393	9201834	9201834

### 6.8.2.2 Resistance to vertical shear

Il programma calcola e verifica l'instabilità a taglio della sezione.

Il momento plastico resistente ( $V_{pl,Rd}$ ) coincide con la resistenza della sezione in acciaio calcolata come segue:

$$V_{pl,Rd} = (A_v(f_y/\sqrt{3}))/\gamma_{MO} \quad \text{EN 1993-1-5, 6.2.6}$$

dove  $\gamma_{MO} = 1.05$  e gli altri valori dipendono dalla geometria della trave in acciaio.

La resistenza ad instabilità a taglio dell'anima della trave è data dalla formula:

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \quad \text{EN 1993-1-5, 5.2}$$

dove  $V_{bw,Rd}$  è il contributo dell'anima e  $V_{bf,Rd}$  quello delle flange.

Viene pertanto verificato che:

$$\eta_3 = V_{Ed} / V_b < 1$$

dove  $V_{Ed}$  è il taglio di analisi e  $V_b$  è il minimo taglio resistente fra quello plastico ( $V_{pl,Rd}$ ) e quello dato dall'instabilità ( $V_{b,Rd}$ ).

Inoltre il programma calcola l'interazione fra taglio, momento e sforzo normale come da EN 1993-1-5, 7.1 verificando che:

$V_{Ed}/V_{bw,Rd}$  sia minore di 1.

Elem	Position	Lcom	Type	Top Class	Bot Class	Web Class	Sect. Class	N_Ed (kgf)	M_Ed (kgf*cm)	V_Ed (kgf)	Vpl,Rd (kgf)	Vb,Rd (kgf)
1	I[1]	GRUPPO 1-11	FX-MIN	4	4	4	4	-0.0016	0.5754	-757469.8388	2958770.807	933430.3793
1	J[9]	GRUPPO 1-11	FX-MIN	1	1	4	4	-0.0016	210030611.8	-609935.4753	2958770.807	933430.3793
2	I[6]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	1	1	1	1	0.0007	2358494499	-1536449.004	4245003.768	1775887.347
2	J[10]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	1	1	1	1	0.0007	1736463163	-1355374.103	4245003.768	1775887.347
3	I[7]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	1	1	1	1	0.0007	2370930318	-1546401.499	4245003.768	1775887.347
3	J[13]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	1	1	1	1	0.0007	1780602528	-1364012.17	4245003.768	1775887.347



4	I[9]	GRUPPO 1- 11	FX-MIN	1	1	4	4	-0.0016	210030611.8	-609935.4753	2958770.807	933430.3793
4	J[19]	SLV 7	-	4	4	4	4	-1778073.303	271830682.9	-357964.3632	2958770.807	933430.3793
5	I[10]	GRUPPO 1- 3	FX-MIN	1	4	4	4	0.0007	1800335097	-1355374.103	3945027.743	1549530.946
5	J[23]	GRUPPO 1- 3	FX-MIN	1	4	4	4	0.0007	801757590.3	-999715.5915	3945027.743	1549530.946
6	I[11]	GRUPPO 1- 3	FX-MAX	1	1	1	1	0.0012	1347022536	1380022.783	4245003.768	1775887.347
6	J[6]	GRUPPO 1- 3	FX-MAX	1	1	1	1	0.0012	1784887220	1542135.297	4245003.768	1775887.347
7	I[12]	GRUPPO 1- 11	FX-MAX	1	1	1	1	-0.0012	1327278044	1358301.253	4245003.768	1775887.347
7	J[7]	GRUPPO 1- 11	FX-MAX	1	1	1	1	-0.0012	1793854130	1539323.946	4245003.768	1775887.347
8	I[13]	GRUPPO 1- 3	FX-MIN	1	4	4	4	0.0007	1845174568	-1364012.17	3945027.743	1549530.946
8	J[29]	GRUPPO 1- 3	FX-MIN	1	4	4	4	0.0007	898840823.6	-1024920.783	3945027.743	1549530.946
9	I[14]	GRUPPO 1- 11	FX-MAX	1	1	4	4	-0.0011	492299604.9	535939.4298	2958770.807	933430.3793
9	J[8]	GRUPPO 1- 11	FX-MAX	4	4	4	4	-0.0011	0.173	756411.3482	2958770.807	933430.3793
10	I[19]	SLV 7	-	4	4	4	4	-1733057.881	329709641.4	-300098.0493	2630018.495	755383.8287
10	J[20]	SLV 1	-	1	1	4	4	1733057.88	1318873565	379264.1293	2630018.495	755383.8287
11	I[20]	GRUPPO 1- 3	FX-MAX	1	1	4	4	0.0012	1441533459	341721.7672	2630018.495	755383.8287
11	J[21]	GRUPPO 1- 3	FX-MAX	1	1	4	4	0.0012	551451389.8	680905.1187	2630018.495	755383.8287
12	I[21]	GRUPPO 1- 3	FX-MAX	1	1	3	3	0.0012	680923820.7	680905.1187	3945027.743	1549530.946
12	J[22]	GRUPPO 1- 3	FX-MAX	1	4	4	4	0.0012	420235871.3	1040861.533	3945027.743	1549530.946
13	I[22]	GRUPPO 1- 3	FX-MAX	1	4	4	4	0.0012	446995388	1040861.533	3945027.743	1549530.946
13	J[11]	GRUPPO 1- 3	FX-MAX	1	4	4	4	0.0012	1413947003	1380022.783	3945027.743	1549530.946



14	I[23]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	1	4	4	4	0.0007	820233018.6	-999715.5915	3287523.119	1125768.065
14	J[24]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	1	4	4	4	0.0007	227862623.7	-652535.8783	3287523.119	1125768.065
15	I[24]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	1	4	4	4	0.0007	234313643.1	-652535.8783	2630018.495	755383.8287
15	J[25]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	4	1	1	4	0.0007	246713268.2	-316211.003	2630018.495	755383.8287
16	I[25]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	4	1	1	4	0.0007	246713268.2	-316211.003	2630018.495	755383.8287
16	J[26]	GRUPPO 1-11	FX-MAX	1	1	4	4	-0.0012	1510727660	319158.6819	2630018.495	755383.8287
17	I[26]	GRUPPO 1-11	FX-MAX	1	1	4	4	-0.0012	1510727660	319158.6819	2630018.495	755383.8287
17	J[27]	GRUPPO 1-11	FX-MAX	1	1	4	4	-0.0012	618191702.2	655539.1898	2630018.495	755383.8287
18	I[27]	GRUPPO 1-11	FX-MAX	1	1	4	4	-0.0012	626822079.2	655539.1898	3287523.119	1125768.065
18	J[28]	GRUPPO 1-11	FX-MAX	1	4	4	4	-0.0012	478166774.5	1002711.538	3287523.119	1125768.065
19	I[28]	GRUPPO 1-11	FX-MAX	1	4	4	4	-0.0012	459376946.4	1002711.538	3945027.743	1549530.946
19	J[12]	GRUPPO 1-11	FX-MAX	1	4	4	4	-0.0012	1391609978	1358301.253	3945027.743	1549530.946
20	I[29]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	1	4	4	4	0.0007	873961980	-1024920.783	3945027.743	1549530.946
20	J[30]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	1	4	4	4	0.0007	252545160.2	-665170.2932	3945027.743	1549530.946
21	I[30]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	1	4	4	4	0.0007	257127227.5	-665170.2932	2630018.495	755383.8287
21	J[31]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	4	1	1	4	0.0007	276694062.6	-326331.4056	2630018.495	755383.8287
22	I[31]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	4	1	1	4	0.0007	276694062.6	-326331.4056	2630018.495	755383.8287
22	J[32]	GRUPPO 1-11	FX-MAX	1	1	4	4	-0.0011	1392096845	302963.0625	2630018.495	755383.8287
23	I[32]	GRUPPO 1-11	FX-MAX	1	1	4	4	-0.0011	809087973.6	302963.0625	2958770.807	933430.3793

23	J[14]	GRUPPO 1-11	FX-MAX	1	1	4	4	-0.0011	492299604.9	535939.4298	2958770.807	933430.3793
----	-------	-------------	--------	---	---	---	---	---------	-------------	-------------	-------------	-------------

### 6.8.2.3 Resistance to longitudinal shear

Si tratta della verifica dei pioli di collegamento tra trave in acciaio e soletta in calcestruzzo allo SLU.

Essi infatti devono essere idonei a garantire un'adeguata collaborazione tra i due materiali.

Sono stati adottati, per ogni trave, 4 pioli di collegamento di acciaio SS355 distanti 23 cm con le seguenti caratteristiche:

- altezza totale del piolo = 25 cm
- diametro del piolo = 2.0 cm
- in senso longitudinale hanno passo 10/20 cm

Per elementi di maggior dettaglio si vedano gli elaborati grafici in allegato al presente progetto.

Il passo dei pioli potrà variare in funzione della verifica a fatica degli stessi. Tale verifica si rimanda alla fase esecutiva del progetto in quanto non considerata rilevante in questa fase.

Elem	Position	Lcom	Type	V_L,Ed (kgf)	v_L,Ed (kgf/cm)	P_Rd (kgf)	v_L,Rd (kgf/cm)
1	I[1]	GRUPPO 1-11	FX-MIN	-682911.3912	1935.0859	9724.3204	1944.8641
1	J[9]	GRUPPO 1-11	FX-MIN	-552022.1241	1698.3842	9724.3204	1944.8641
2	I[6]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	-786613.25	1885.2088	9724.3204	1944.8641
2	J[10]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	-711318.5354	1704.7564	9724.3204	1944.8641
3	I[7]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	-801248.418	1920.2836	9724.3204	1944.8641
3	J[13]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	-724639.2752	1736.681	9724.3204	1944.8641
4	I[9]	GRUPPO 1-11	FX-MIN	-552022.1241	1698.3842	9724.3204	1944.8641
4	J[19]	SLV 7	-	-342807.4117	1054.7017	9724.3204	1944.8641
5	I[10]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	-711318.5354	1918.8875	9724.3204	1944.8641
5	J[23]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	-553004.0486	1491.8106	9724.3204	1944.8641
6	I[11]	GRUPPO 1-3	FX-MAX	732257.7318	1754.9395	9724.3204	1944.8641
6	J[6]	GRUPPO 1-3	FX-MAX	800343.4134	1918.1147	9724.3204	1944.8641
7	I[12]	GRUPPO 1-11	FX-MAX	712685.7041	1708.0329	9724.3204	1944.8641

7	J[7]	GRUPPO 1-11	FX-MAX	787928.2104	1888.3602	9724.3204	1944.8641
8	I[13]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	-724639.2752	1928.8221	9724.3204	1944.8641
8	J[29]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	-572505.3852	1544.4184	9724.3204	1944.8641
9	I[14]	GRUPPO 1-11	FX-MAX	486249.8137	1496.0252	9724.3204	1944.8641
9	J[8]	GRUPPO 1-11	FX-MAX	681754.0876	1852.5253	9724.3204	1944.8641
10	I[19]	SLV 1	-	240338.5942	750.245	9724.3204	1944.8641
10	J[20]	SLV 1	-	311718.7292	973.0665	9724.3204	1944.8641
11	I[20]	GRUPPO 1-3	FX-MAX	250549.5414	782.1197	9724.3204	1944.8641
11	J[21]	GRUPPO 1-3	FX-MAX	413203.9851	1289.8646	9724.3204	1944.8641
12	I[21]	GRUPPO 1-3	FX-MAX	413203.9851	1160.6799	9724.3204	1944.8641
12	J[22]	GRUPPO 1-3	FX-MAX	580053.9785	1629.3575	9724.3204	1944.8641
13	I[22]	SLV 1	-	587632.5357	1585.2261	9724.3204	1944.8641
13	J[11]	GRUPPO 1-3	FX-MAX	732257.7318	1746.3741	9724.3204	1944.8641
14	I[23]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	-553004.0486	1666.7404	9724.3204	1944.8641
14	J[24]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	-388522.5074	1170.9971	9724.3204	1944.8641
15	I[24]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	-388522.5074	1212.8185	9724.3204	1944.8641
15	J[25]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	-228726.5398	713.9966	9724.3204	1944.8641
16	I[25]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	-228726.5398	713.9966	9724.3204	1944.8641
16	J[26]	GRUPPO 1-11	FX-MAX	230114.2372	718.3285	9724.3204	1944.8641
17	I[26]	GRUPPO 1-11	FX-MAX	230114.2372	718.3285	9724.3204	1944.8641
17	J[27]	GRUPPO 1-11	FX-MAX	389965.8373	1217.324	9724.3204	1944.8641
18	I[27]	GRUPPO 1-11	FX-MAX	389965.8373	1175.3473	9724.3204	1944.8641
18	J[28]	GRUPPO 1-11	FX-MAX	554440.0136	1671.0683	9724.3204	1944.8641
19	I[28]	GRUPPO 1-11	FX-MAX	554440.0136	1495.6843	9724.3204	1944.8641
19	J[12]	GRUPPO 1-11	FX-MAX	712685.7041	1922.5756	9724.3204	1944.8641
20	I[29]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	-572505.3852	1608.1537	9724.3204	1944.8641
20	J[30]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	-405861.3165	1140.0545	9724.3204	1944.8641
21	I[30]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	-405861.3165	1266.9436	9724.3204	1944.8641
21	J[31]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	-243551.3368	760.274	9724.3204	1944.8641
22	I[31]	GRUPPO 1-3	FX-MIN	-243551.3368	760.274	9724.3204	1944.8641

22J[32]	GRUPPO 1-11	FX-MAX	209214.2235	653.0867	9724.3204	1944.8641
23I[32]	GRUPPO 1-11	FX-MAX	280321.7279	862.4545	9724.3204	1944.8641
23J[14]	GRUPPO 1-11	FX-MAX	486249.8137	1496.0252	9724.3204	1944.8641

#### 6.8.2.4 Verifica a deformabilità

Per quanto concerne la verifica a deformabilità si determina il massimo spostamento derivante dai carichi mobili (l'immagine seguente mostra le deformazioni).



Il massimo spostamento in campata è pari a  $f = 54.63$  mm.

L'abbassamento massimo ammissibile è pari a:

$$f_{\max} = L/900 = 72000/900 = 80.00 \text{ mm}$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

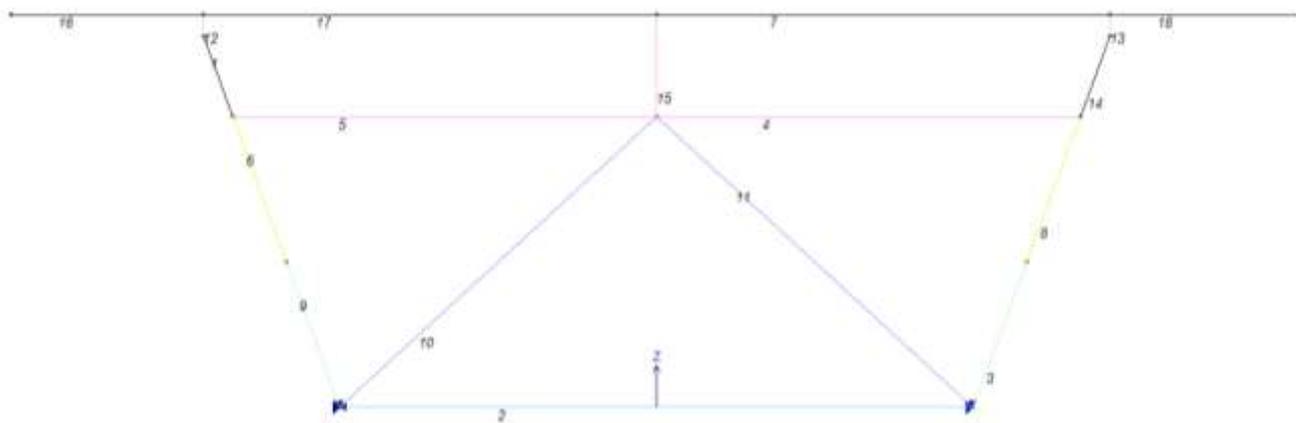
## 6.9. VERIFICHE DEI CONTROVENTI IN ACCIAIO

### 6.9.1. MODELLAZIONE

La modellazione dei controventi viene effettuata tramite l'ausilio del programma PRO\_SAP RY2011 (versione 9.2.0) prodotto dalla 2si di Ferrara.

Le verifiche sono effettuate in ottemperanza alla normativa vigente.

Il traverso è modellato con elementi tipo "asta" ed è costituito dalle aste di cui in figura.



**FIGURA 6-40 NUMERAZIONE DELLE ASTE**

Le aste presentano la geometria riportata nelle tabelle sottostanti. Sono presenti tratti infinitamente rigidi di collegamento fra parte metallica e soletta.

Id	Tipo	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
		cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
1	SOLETTA CLS	1.225e+04	1.021e+04	1.021e+04	4.687e+06	1.251e+08	1.251e+06	7.146e+05	7.146e+04	1.072e+06	1.072e+05
2	ANIMA SOPRA	164.00	0.0	0.0	187.48	8566.67	4.682e+04	428.33	1335.20	514.00	1602.24
3	ANIMA MEZZO	184.00	0.0	0.0	214.14	8573.33	7.561e+04	428.67	1857.12	514.40	2228.55
4	ANIMA SOTTO	224.00	0.0	0.0	267.48	8586.67	1.614e+05	429.33	3125.31	515.20	3750.38



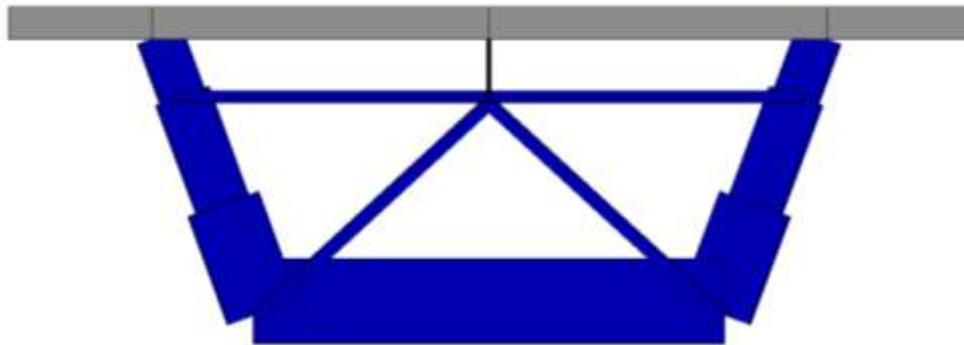
Id	Tipo	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
5	PIATTABANDA	280.00	0.0	0.0	371.95	2.089e+04	2.576e+05	835.73	4192.87	1002.88	5031.44
6	2 LU 150x15 DIAGONALI	86.00	0.0	0.0	64.10	3736.38	1796.00	241.06	167.00	289.27	200.40
7	2 LU 120x12 TRAVERSO	55.00	0.0	0.0	26.26	1572.55	736.00	125.80	85.40	150.96	102.48

La tabella successiva invece ne descrive l'attribuzione alle aste.

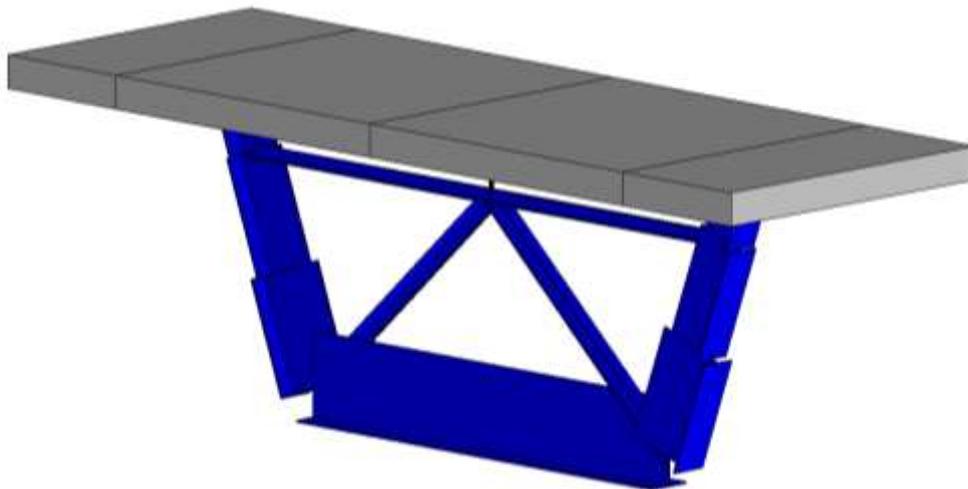
Elem.	Note	Nodo I	Nodo J	Mat.	Sez.	Rotaz.	Svincolo I	Svincolo J	Wink V	Wink O
						gradi			daN/cm3	daN/cm3
1	Trave	11	7	12	2	180.00				
2	Trave	2	1	12	5	180.00				
3	Trave	1	8	12	4	180.00				
4	Trave	5	6	12	7					
5	Trave	7	5	12	7					
6	Trave	7	9	12	3	180.00				
7	Trave	10	4	4	1					
8	Trave	8	6	12	3	180.00				
9	Trave	9	2	12	4	180.00				
10	Trave	2	5	12	6	180.00				
11	Trave	5	1	12	6	180.00				
12	Pilas.	11	3	47	8					
13	Pilas.	12	4	47	8					
14	Trave	6	12	12	2	180.00				
15	Pilas.	5	10	47	8					
16	Trave	13	3	4	1					
17	Trave	3	10	4	1					
18	Trave	4	14	4	1					

Le diagonali e il traverso intermedio sono costituiti da profili ad "L" accoppiati.

Per quanto concerne le nervature d'anima e piattabande sono costuite da piatti a sezione variabile con larghezza d'anima collaborante su ciascun lato della nervatura calcolata e approssimata in difetto (a afvore di sicurezza) con la formula  $15 \cdot \varepsilon \cdot t$  (dove t è lo spessore e  $\varepsilon$  ha valore 0.81 per acciaio S355)



**FIGURA 6-41 VISTA MODELLAZIONE 3D**



**FIGURA 6-42 VISTA MODELLAZIONE 3D**

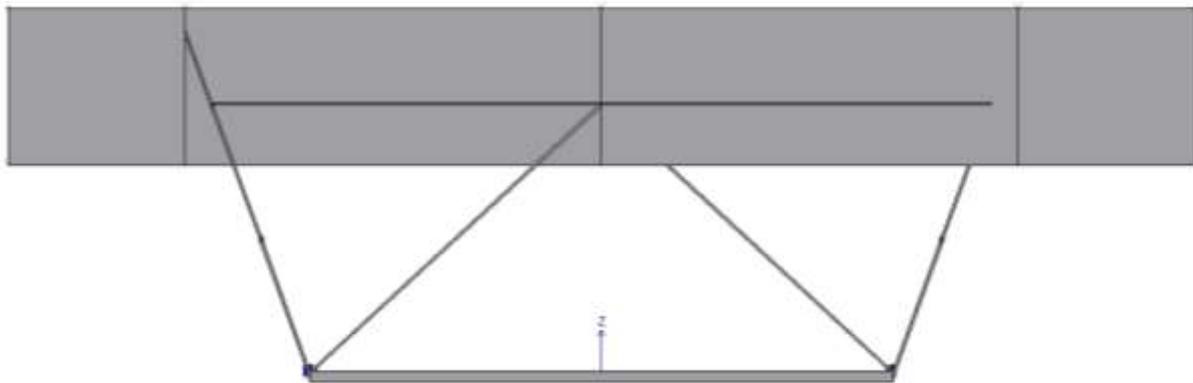
### 6.9.2. CARICHI AGENTI

Alla struttura verranno applicati i carichi descritti nel prosieguo.

Peso proprio

Il peso proprio è calcolato in automatico dal programma.

L'immagine seguente mostra il caso di carico modellato.



**FIGURA 6-43 PESO PROPRIO**

Permanenti

Peso guard rail	3.50 KN
Peso impianti	3.50 KN
Peso cordoli	10.50 KN
Peso neri	10.50 KN/ml

L'immagine seguente mostra il caso di carico modellato.

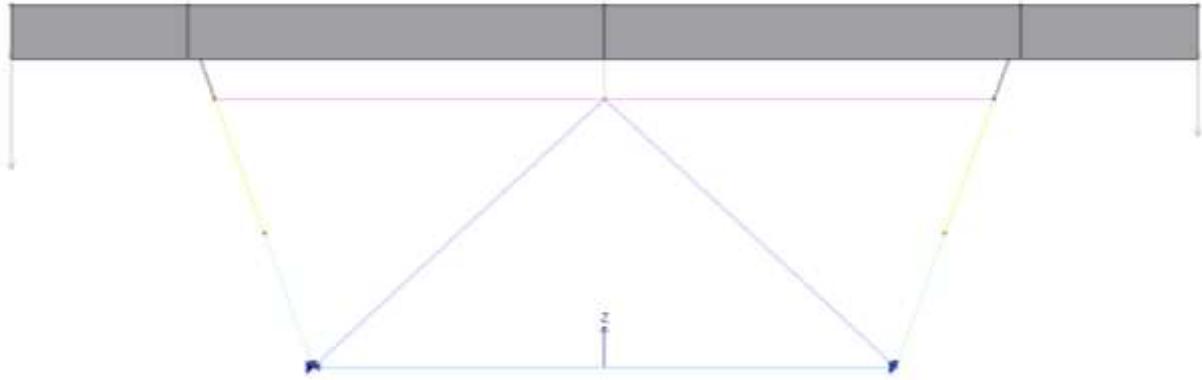


FIGURA 6-44 CARICHI PERMANENTI

Temperatura

Vengono applicate tre diverse temperature come descritto in precedenza.

Le immagini seguenti ne mostrano l'applicazione.

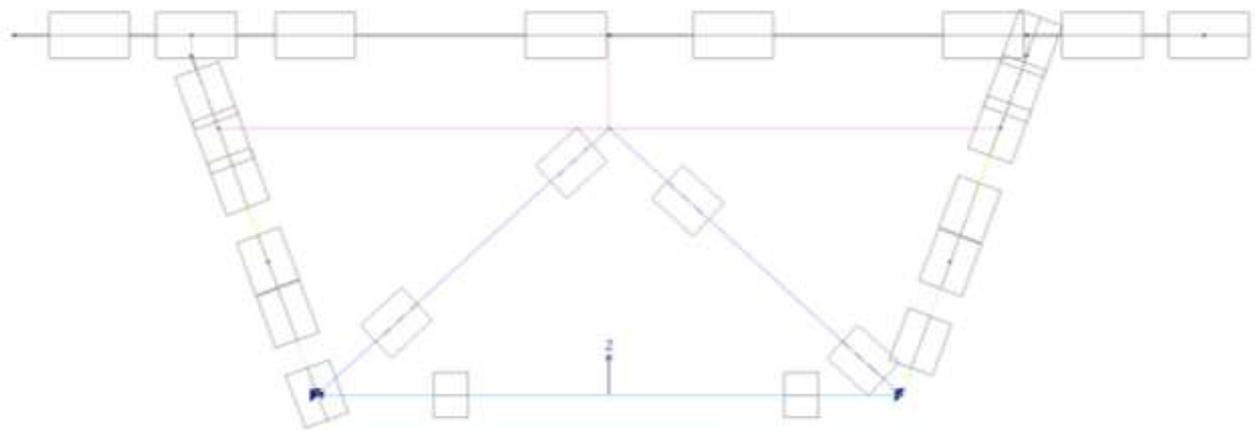
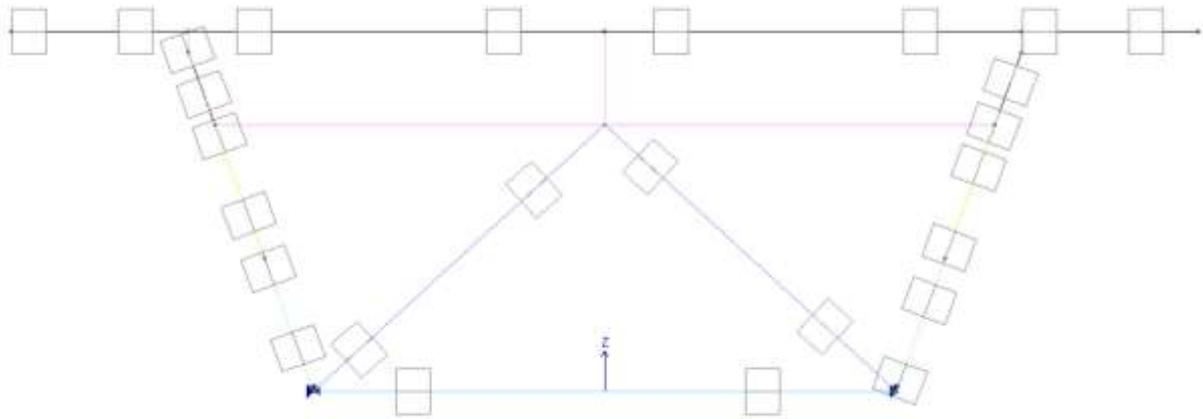
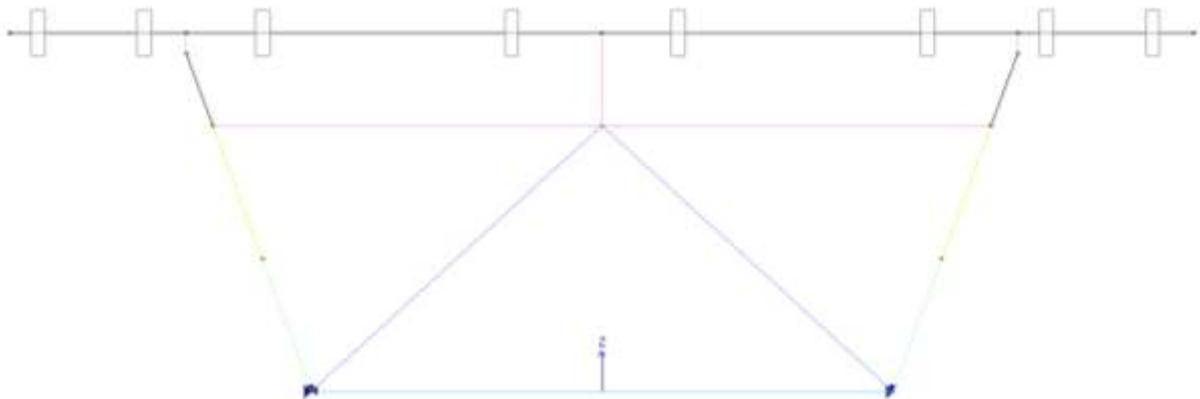


FIGURA 6-45 TEMPERATURA 1



**FIGURA 6-46 TEMPERATURA 2**



**FIGURA 6-47 TEMPERATURA 3**

### Carico accidentale stradale

I carichi mobili sono stati applicati come carichi “viaggianti” (“moving load”) secondo configurazioni equivalenti ai carichi mobili previsti dalla norma e tenendo conto dell’effetto di diffusione dei carichi concentrati nel corpo della soletta.

Sono state inseriti 6 casi di carico mobili diversi per simulare tutte le combinazioni di corsie possibili.

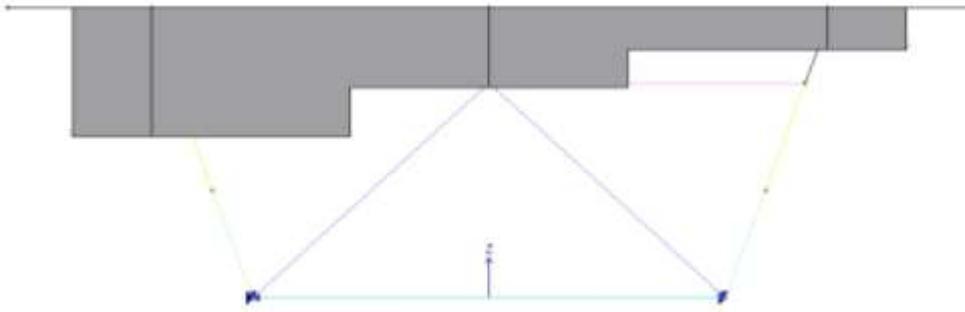


FIGURA 6-48 VEICOLO 1

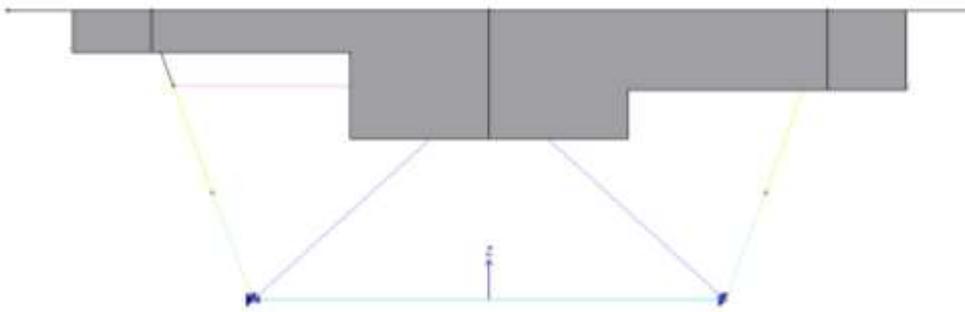


FIGURA 6-49 VEICOLO 2

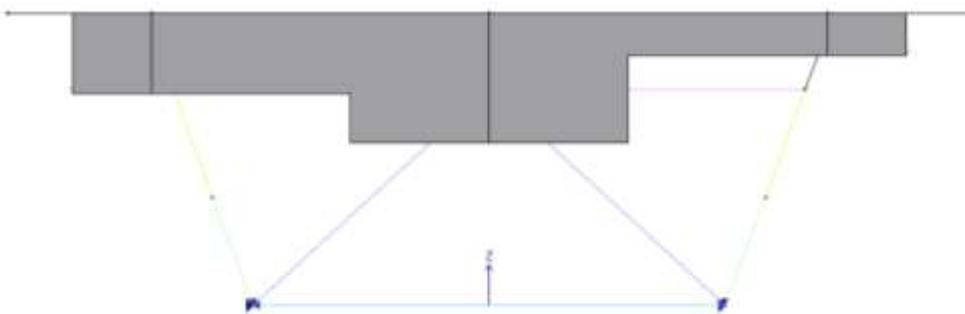
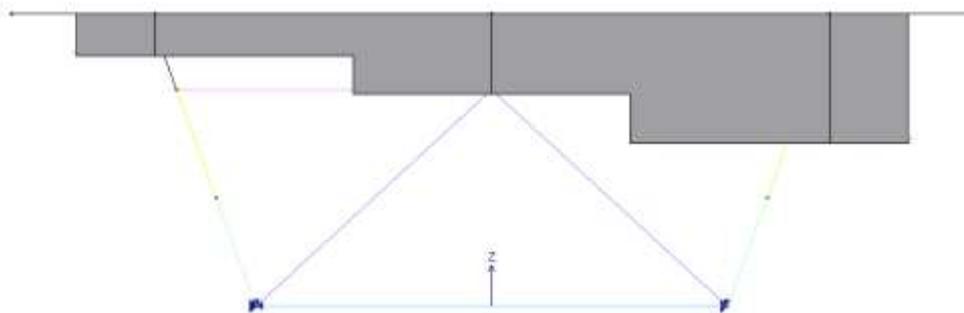
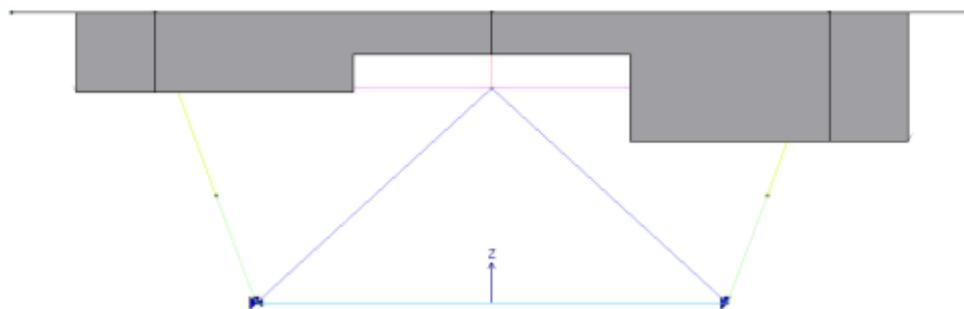


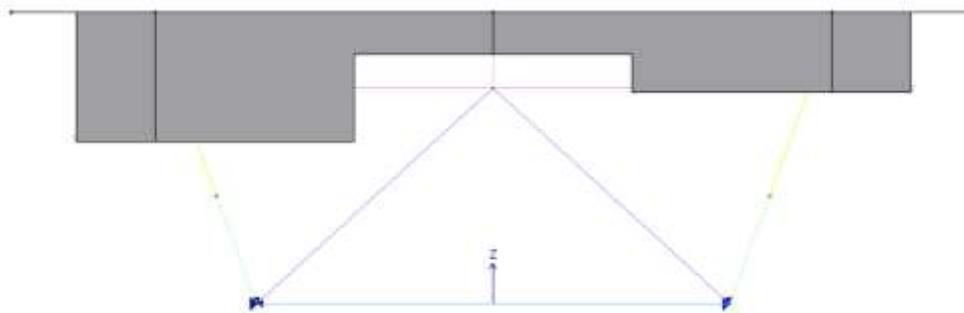
FIGURA 6-50 VEICOLO 3



**FIGURA 6-51 VEICOLO 4**



**FIGURA 6-52 VEICOLO 5**



**FIGURA 6-53 VEICOLO 6**

Le tabelle seguenti mostrano il valore delle azioni inserite e la modellazione utilizzata.

Tipo carico concentrato nodale

Id	Tipo	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
		daN	daN	daN	daN cm	daN cm	daN cm
1	guard rail	0.0	0.0	-350.00	0.0	0.0	0.0
2	impianti	0.0	0.0	-350.00	0.0	0.0	0.0
3	cordoli	0.0	0.0	-1050.00	0.0	0.0	0.0

Tipo carico distribuito globale su trave

Id	Tipo	Pos.	fx	fy	fz	mx	my	mz
		cm	daN/cm	daN/cm	daN/cm	daN	daN	daN
4	neri	0.0	0.0	0.0	-10.50	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	-10.50	0.0	0.0	0.0
10	veicolo 1 asta 1	70.00	0.0	0.0	-231.50	0.0	0.0	0.0
		155.00	0.0	0.0	-231.50	0.0	0.0	0.0
12	veicolo 1 asta 2	0.0	0.0	0.0	-231.50	0.0	0.0	0.0
		215.00	0.0	0.0	-231.50	0.0	0.0	0.0
13	veicolo 1 asta 2*	215.00	0.0	0.0	-142.10	0.0	0.0	0.0
		365.00	0.0	0.0	-142.10	0.0	0.0	0.0
14	veicolo 1 asta 3	0.0	0.0	0.0	-142.10	0.0	0.0	0.0
		150.00	0.0	0.0	-142.10	0.0	0.0	0.0
15	veicolo 1 asta 3*	150.00	0.0	0.0	-75.45	0.0	0.0	0.0
		365.00	0.0	0.0	-75.45	0.0	0.0	0.0
16	veicolo 1 asta 4	0.0	0.0	0.0	-75.45	0.0	0.0	0.0
		85.00	0.0	0.0	-75.45	0.0	0.0	0.0
17	veicolo 2 asta 1	70.00	0.0	0.0	-75.45	0.0	0.0	0.0
		155.00	0.0	0.0	-75.45	0.0	0.0	0.0
18	veicolo 2 asta 2	0.0	0.0	0.0	-75.45	0.0	0.0	0.0
		215.00	0.0	0.0	-75.45	0.0	0.0	0.0
19	veicolo 2 asta 2*	215.00	0.0	0.0	-231.50	0.0	0.0	0.0
		365.00	0.0	0.0	-231.50	0.0	0.0	0.0



Id	Tipo	Pos.	fx	fy	fz	mx	my	mz
20	veicolo 2 asta 3	0.0	0.0	0.0	-231.50	0.0	0.0	0.0
		150.00	0.0	0.0	-231.50	0.0	0.0	0.0
21	veicolo 2 asta 3*	150.00	0.0	0.0	-142.10	0.0	0.0	0.0
		365.00	0.0	0.0	-142.10	0.0	0.0	0.0
22	veicolo 2 asta 4	0.0	0.0	0.0	-142.10	0.0	0.0	0.0
		85.00	0.0	0.0	-142.10	0.0	0.0	0.0
23	veicolo 3 asta 1	70.00	0.0	0.0	-142.10	0.0	0.0	0.0
		155.00	0.0	0.0	-142.10	0.0	0.0	0.0
24	veicolo 3 asta 2	0.0	0.0	0.0	-142.10	0.0	0.0	0.0
		215.00	0.0	0.0	-142.10	0.0	0.0	0.0
25	veicolo 3 asta 2*	215.00	0.0	0.0	-231.50	0.0	0.0	0.0
		365.00	0.0	0.0	-231.50	0.0	0.0	0.0
26	veicolo 3 asta 3	0.0	0.0	0.0	-231.50	0.0	0.0	0.0
		150.00	0.0	0.0	-231.50	0.0	0.0	0.0
27	veicolo 3 asta 3*	150.00	0.0	0.0	-75.45	0.0	0.0	0.0
		365.00	0.0	0.0	-75.45	0.0	0.0	0.0
28	veicolo 3 asta 4	0.0	0.0	0.0	-75.45	0.0	0.0	0.0
		85.00	0.0	0.0	-75.45	0.0	0.0	0.0
29	veicolo 4 asta 1	70.00	0.0	0.0	-75.45	0.0	0.0	0.0
		155.00	0.0	0.0	-75.45	0.0	0.0	0.0
30	veicolo 4 asta 2	0.0	0.0	0.0	-75.45	0.0	0.0	0.0
		215.00	0.0	0.0	-75.45	0.0	0.0	0.0
31	veicolo 4 asta 2*	215.00	0.0	0.0	-142.10	0.0	0.0	0.0
		365.00	0.0	0.0	-142.10	0.0	0.0	0.0
32	veicolo 4 asta 3	0.0	0.0	0.0	-142.10	0.0	0.0	0.0
		150.00	0.0	0.0	-142.10	0.0	0.0	0.0
33	veicolo 4 asta 3*	150.00	0.0	0.0	-231.50	0.0	0.0	0.0
		365.00	0.0	0.0	-231.50	0.0	0.0	0.0
34	veicolo 4 asta 4	0.0	0.0	0.0	-231.50	0.0	0.0	0.0
		85.00	0.0	0.0	-231.50	0.0	0.0	0.0
35	veicolo 5 asta 1	70.00	0.0	0.0	-142.10	0.0	0.0	0.0
		155.00	0.0	0.0	-142.10	0.0	0.0	0.0
36	veicolo 5 asta 2	0.0	0.0	0.0	-142.10	0.0	0.0	0.0



Id	Tipo	Pos.	fx	fy	fz	mx	my	mz
		215.00	0.0	0.0	-142.10	0.0	0.0	0.0
37	veicolo 5 asta 2*	215.00	0.0	0.0	-75.45	0.0	0.0	0.0
		365.00	0.0	0.0	-75.45	0.0	0.0	0.0
38	veicolo 5 asta 3	0.0	0.0	0.0	-75.45	0.0	0.0	0.0
		150.00	0.0	0.0	-75.45	0.0	0.0	0.0
39	veicolo 5 asta 3*	150.00	0.0	0.0	-231.50	0.0	0.0	0.0
		365.00	0.0	0.0	-231.50	0.0	0.0	0.0
40	veicolo 5 asta 4	0.0	0.0	0.0	-231.50	0.0	0.0	0.0
		85.00	0.0	0.0	-231.50	0.0	0.0	0.0
41	veicolo 6 asta 1	70.00	0.0	0.0	-231.50	0.0	0.0	0.0
		155.00	0.0	0.0	-231.50	0.0	0.0	0.0
42	veicolo 6 asta 2	0.0	0.0	0.0	-231.50	0.0	0.0	0.0
		215.00	0.0	0.0	-231.50	0.0	0.0	0.0
43	veicolo 6 asta 2*	215.00	0.0	0.0	-75.45	0.0	0.0	0.0
		365.00	0.0	0.0	-75.45	0.0	0.0	0.0
44	veicolo 6 asta 3	0.0	0.0	0.0	-75.45	0.0	0.0	0.0
		150.00	0.0	0.0	-75.45	0.0	0.0	0.0
45	veicolo 6 asta 3*	150.00	0.0	0.0	-142.10	0.0	0.0	0.0
		365.00	0.0	0.0	-142.10	0.0	0.0	0.0
46	veicolo 6 asta 4	0.0	0.0	0.0	-142.10	0.0	0.0	0.0
		85.00	0.0	0.0	-142.10	0.0	0.0	0.0

Tipo variazione termica applicata a trave

Id	Tipo	DT uniforme	DT iniziale	DT finale	DT 2-2 ini	DT 2-2 fin	DT 3-3 ini	DT 3-3 fin
		C	C	C	C	C	C	C
5	temp 1 sol sup	70.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	temp 1 controventi	49.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	temp 1 piatt inf	30.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	temp 2	-30.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	ritiro	-12.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



CDC	Tipo	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Gk	PERMANENTI	Nodo: 13 Azione : cordoli
			Nodo: 13 Azione : guard rail
			Nodo: 13 Azione : impianti
			Nodo: 14 Azione : cordoli
			Nodo: 14 Azione : guard rail
			D2 : 7 Azione : neri
			D2 : 16 Azione : neri
			D2 : 17 Azione : neri
			D2 : 18 Azione : neri
3	Qk	TEMP 1	D2 : 1 Azione : temp 1 controventi
			D2 : 2 Azione : temp 1 piatt inf
			D2 : 3 Azione : temp 1 controventi
			D2 : 6 Azione : temp 1 controventi
			D2 : 7 Azione : temp 1 sol sup
			D2 :da 8 a 11 Azione : temp 1 controventi
			D2 : 14 Azione : temp 1 controventi
			D2 : 16 Azione : temp 1 sol sup
			D2 : 17 Azione : temp 1 sol sup
			D2 : 18 Azione : temp 1 sol sup
4	Qk	TEMP 2	D2 : 1 Azione : temp 2
			D2 : 2 Azione : temp 2
			D2 : 3 Azione : temp 2
			D2 : 6 Azione : temp 2
			D2 : 7 Azione : temp 2
			D2 :da 8 a 11 Azione : temp 2
			D2 : 14 Azione : temp 2
			D2 : 16 Azione : temp 2
			D2 : 17 Azione : temp 2
			D2 : 18 Azione : temp 2
5	Qk	TEMP 3	D2 : 7 Azione : ritiro
			D2 : 16 Azione : ritiro
			D2 : 17 Azione : ritiro



CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			D2 : 18 Azione : ritiro
6	Qk	VEICOLO 1	D2 : 7 Azione : veicolo 1 asta 3
			D2 : 7 Azione : veicolo 1 asta 3*
			D2 : 16 Azione : veicolo 1 asta 1
			D2 : 17 Azione : veicolo 1 asta 2
			D2 : 17 Azione : veicolo 1 asta 2*
			D2 : 18 Azione : veicolo 1 asta 4
7	Qk	VEICOLO 2	D2 : 7 Azione : veicolo 2 asta 3
			D2 : 7 Azione : veicolo 2 asta 3*
			D2 : 16 Azione : veicolo 2 asta 1
			D2 : 17 Azione : veicolo 2 asta 2
			D2 : 17 Azione : veicolo 2 asta 2*
			D2 : 18 Azione : veicolo 2 asta 4
8	Qk	VEICOLO 3	D2 : 7 Azione : veicolo 3 asta 3
			D2 : 7 Azione : veicolo 3 asta 3*
			D2 : 16 Azione : veicolo 3 asta 1
			D2 : 17 Azione : veicolo 3 asta 2
			D2 : 17 Azione : veicolo 3 asta 2*
			D2 : 18 Azione : veicolo 3 asta 4
9	Qk	VEICOLO 4	D2 : 7 Azione : veicolo 4 asta 3
			D2 : 7 Azione : veicolo 4 asta 3*
			D2 : 16 Azione : veicolo 4 asta 1
			D2 : 17 Azione : veicolo 4 asta 2
			D2 : 17 Azione : veicolo 4 asta 2*
			D2 : 18 Azione : veicolo 4 asta 4
10	Qk	VEICOLO 5	D2 : 7 Azione : veicolo 5 asta 3
			D2 : 7 Azione : veicolo 5 asta 3*
			D2 : 16 Azione : veicolo 5 asta 1
			D2 : 17 Azione : veicolo 5 asta 2
			D2 : 17 Azione : veicolo 5 asta 2*
			D2 : 18 Azione : veicolo 5 asta 4
11	Qk	VEICOLO 6	D2 : 7 Azione : veicolo 6 asta 3
			D2 : 7 Azione : veicolo 6 asta 3*



CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			D2 : 16 Azione : veicolo 6 asta 1
			D2 : 17 Azione : veicolo 6 asta 2
			D2 : 17 Azione : veicolo 6 asta 2*
			D2 : 18 Azione : veicolo 6 asta 4

La tabella seguente mostra invece le combinazioni utilizzate.

Le combinazioni rispecchiano quanto descritto nei capitoli precedenti e la normativa vigente.

Cmb	Tipo	Sigla Id
1	SLU	SLU 1
2	SLU	SLU 2
3	SLU	SLU 3
4	SLU	SLU 4
5	SLU	SLU 5
6	SLU	SLU 6
7	SLU	SLU 7
8	SLU	SLU 8
9	SLU	SLU 9
10	SLU	SLU 10
11	SLU	SLU 11
12	SLU	SLU 12
13	SLU	SLU 13
14	SLU	SLU 14
15	SLU	SLU 15
16	SLU	SLU 16
17	SLU	SLU 17
18	SLU	SLU 18
19	SLU	SLU 19
20	SLU	SLU 20
21	SLU	SLU 21
22	SLU	SLU 22
23	SLU	SLU 23
24	SLU	SLU 24



Cmb	Tipo	Sigla Id
25	SLU	SLU 25
26	SLU	SLU 26
27	SLU	SLU 27
28	SLU	SLU 28
29	SLU	SLU 29
30	SLU	SLU 30
31	SLU	SLU 31
32	SLU	SLU 32
33	SLU	SLU 33
34	SLU	SLU 34
35	SLU	SLU 35
36	SLU	SLU 36
37	SLU	SLU 37
38	SLU	SLU 38
39	SLU	SLU 39
40	SLU	SLU 40
41	SLU	SLU 41
42	SLU	SLU 42
43	SLU	SLU 43
44	SLU	SLU 44
45	SLU	SLU 45
46	SLU	SLU 46
47	SLU	SLU 47
48	SLU	SLU 48
49	SLU	SLU 49
50	SLU	SLU 50
51	SLU	SLU 51
52	SLU	SLU 52
53	SLU	SLU 53
54	SLU	SLU 54
55	SLU	SLU 55
56	SLU	SLU 56
57	SLU	SLU 57



Cmb	Tipo	Sigla Id
58	SLU	SLU 58
59	SLU	SLU 59
60	SLU	SLU 60
61	SLU	SLU 61
62	SLU	SLU 62
63	SLU	SLU 63
64	SLU	SLU 64

Cmb	PROPRIO	PERMANENTE	TEMP. 1	TEMP. 2	TEMP. 3	VEH. 1	VEH. 2	VEH. 3	VEH. 4	VEH. 5	VEH. 6
1	1.35	1.35	0.0	0.0	1.20	1.35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1.35	1.35	0.72	0.0	1.20	1.35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1.35	1.35	0.0	0.72	1.20	1.35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	1.35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	1.00	1.00	0.72	0.0	0.0	1.35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	1.00	1.00	0.0	0.72	0.0	1.35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	1.35	1.35	1.20	0.0	1.20	1.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	1.35	1.35	0.0	1.20	1.20	1.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	1.00	1.35	1.20	0.0	0.0	1.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1.00	1.35	0.0	1.20	0.0	1.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	1.30	1.30	1.50	0.0	1.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	1.30	1.30	0.0	1.50	1.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	1.00	1.30	1.50	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	1.00	1.30	0.0	1.50	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	1.35	1.35	0.0	0.0	1.20	0.0	1.35	0.0	0.0	0.0	0.0
16	1.35	1.35	0.72	0.0	1.20	0.0	1.35	0.0	0.0	0.0	0.0
17	1.35	1.35	0.0	0.72	1.20	0.0	1.35	0.0	0.0	0.0	0.0
18	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.35	0.0	0.0	0.0	0.0
19	1.00	1.00	0.72	0.0	0.0	0.0	1.35	0.0	0.0	0.0	0.0
20	1.00	1.00	0.0	0.72	0.0	0.0	1.35	0.0	0.0	0.0	0.0
21	1.35	1.35	1.20	0.0	1.20	0.0	1.01	0.0	0.0	0.0	0.0
22	1.35	1.35	0.0	1.20	1.20	0.0	1.01	0.0	0.0	0.0	0.0
23	1.00	1.35	1.20	0.0	0.0	0.0	1.01	0.0	0.0	0.0	0.0

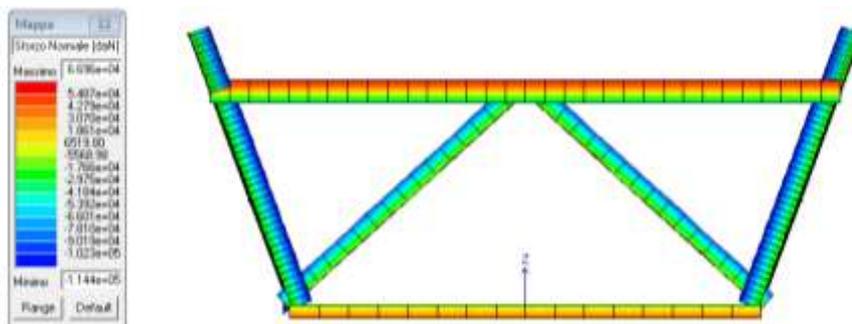


Cmb	PROPRIO	PERMANENTE	TEMP. 1	TEMP. 2	TEMP. 3	VEH. 1	VEH. 2	VEH. 3	VEH. 4	VEH. 5	VEH. 6
24	1.00	1.35	0.0	1.20	0.0	0.0	1.01	0.0	0.0	0.0	0.0
25	1.35	1.35	0.0	0.0	1.20	0.0	0.0	1.35	0.0	0.0	0.0
26	1.35	1.35	0.72	0.0	1.20	0.0	0.0	1.35	0.0	0.0	0.0
27	1.35	1.35	0.0	0.72	1.20	0.0	0.0	1.35	0.0	0.0	0.0
28	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.35	0.0	0.0	0.0
29	1.00	1.00	0.72	0.0	0.0	0.0	0.0	1.35	0.0	0.0	0.0
30	1.00	1.00	0.0	0.72	0.0	0.0	0.0	1.35	0.0	0.0	0.0
31	1.35	1.35	1.20	0.0	1.20	0.0	0.0	1.01	0.0	0.0	0.0
32	1.35	1.35	0.0	1.20	1.20	0.0	0.0	1.01	0.0	0.0	0.0
33	1.00	1.35	1.20	0.0	0.0	0.0	0.0	1.01	0.0	0.0	0.0
34	1.00	1.35	0.0	1.20	0.0	0.0	0.0	1.01	0.0	0.0	0.0
35	1.35	1.35	0.0	0.0	1.20	0.0	0.0	0.0	1.35	0.0	0.0
36	1.35	1.35	0.72	0.0	1.20	0.0	0.0	0.0	1.35	0.0	0.0
37	1.35	1.35	0.0	0.72	1.20	0.0	0.0	0.0	1.35	0.0	0.0
38	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.35	0.0	0.0
39	1.00	1.00	0.72	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.35	0.0	0.0
40	1.00	1.00	0.0	0.72	0.0	0.0	0.0	0.0	1.35	0.0	0.0
41	1.35	1.35	1.20	0.0	1.20	0.0	0.0	0.0	1.01	0.0	0.0
42	1.35	1.35	0.0	1.20	1.20	0.0	0.0	0.0	1.01	0.0	0.0
43	1.00	1.35	1.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.01	0.0	0.0
44	1.00	1.35	0.0	1.20	0.0	0.0	0.0	0.0	1.01	0.0	0.0
45	1.35	1.35	0.0	0.0	1.20	0.0	0.0	0.0	0.0	1.35	0.0
46	1.35	1.35	0.72	0.0	1.20	0.0	0.0	0.0	0.0	1.35	0.0
47	1.35	1.35	0.0	0.72	1.20	0.0	0.0	0.0	0.0	1.35	0.0
48	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.35	0.0
49	1.00	1.00	0.72	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.35	0.0
50	1.00	1.00	0.0	0.72	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.35	0.0
51	1.35	1.35	1.20	0.0	1.20	0.0	0.0	0.0	0.0	1.01	0.0
52	1.35	1.35	0.0	1.20	1.20	0.0	0.0	0.0	0.0	1.01	0.0
53	1.00	1.35	1.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.01	0.0
54	1.00	1.35	0.0	1.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.01	0.0
55	1.35	1.35	0.0	0.0	1.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.35
56	1.35	1.35	0.72	0.0	1.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.35

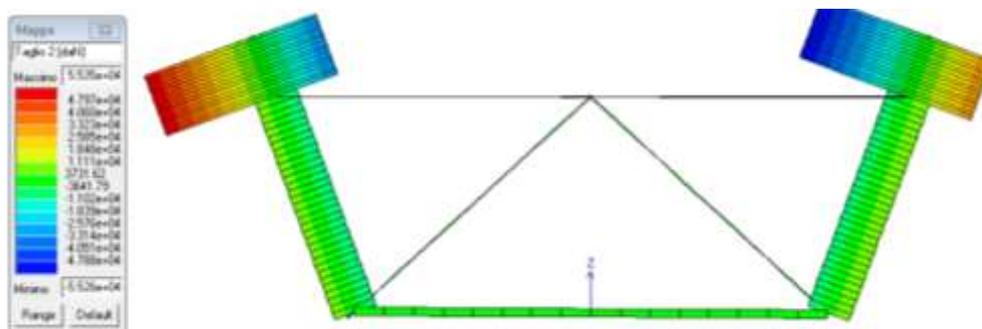
Cmb	PROPRIO	PERMANENTE	TEMP. 1	TEMP. 2	TEMP. 3	VEH. 1	VEH. 2	VEH. 3	VEH. 4	VEH. 5	VEH. 6
57	1.35	1.35	0.0	0.72	1.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.35
58	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.35
59	1.00	1.00	0.72	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.35
60	1.00	1.00	0.0	0.72	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.35
61	1.35	1.35	1.20	0.0	1.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.01
62	1.35	1.35	0.0	1.20	1.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.01
63	1.00	1.35	1.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.01
64	1.00	1.35	0.0	1.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.01

**6.9.3. SOLLECITAZIONI**

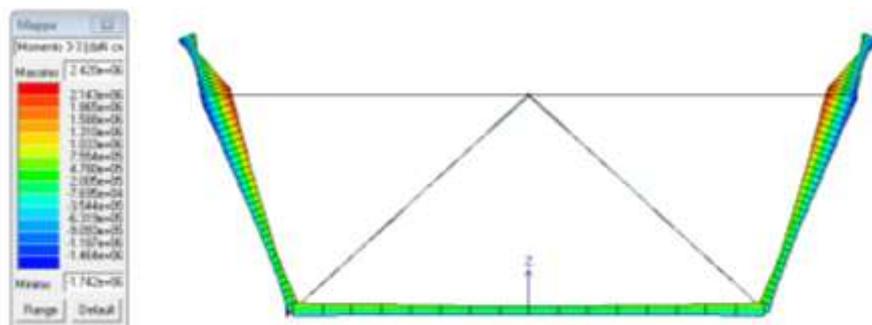
Si riportano immagini che rappresentano le massime sollecitazioni agenti.



**FIGURA 6-54 INVILUPPO SFORZO NORMALE**



**FIGURA 6-55 INVILUPPO TAGLIO**



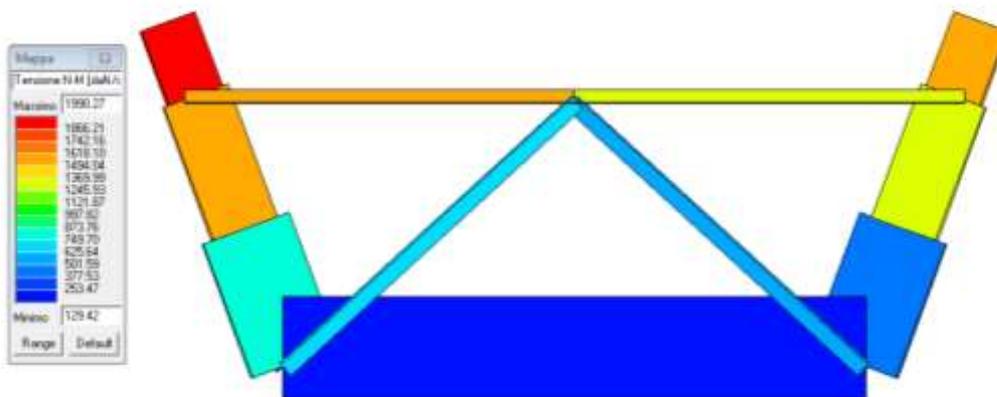
**FIGURA 6-56 INVILUPPO MOMENTO**

## 6.9.4. VERIFICHE

### 6.9.4.1 Tensioni

Il programma di calcolo è in grado di fornire i valori di tensione normale conseguenti ad M+N e della tensione dovuta al taglio V+T in funzione della geometria delle sezioni.

Le figure sottostanti riportano quanto sopra esposto.



**FIGURA 6-57 TENSIONE M+N MASSIMA**

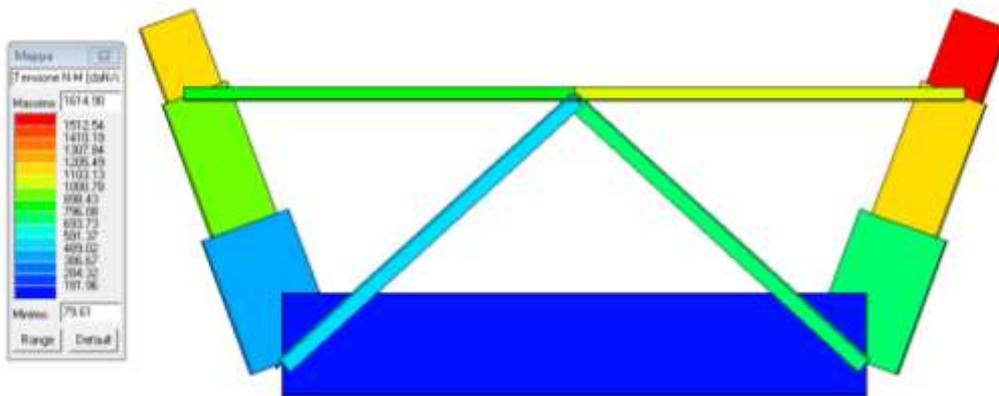


FIGURA 6-58 TENSIONE M+N MINIMA

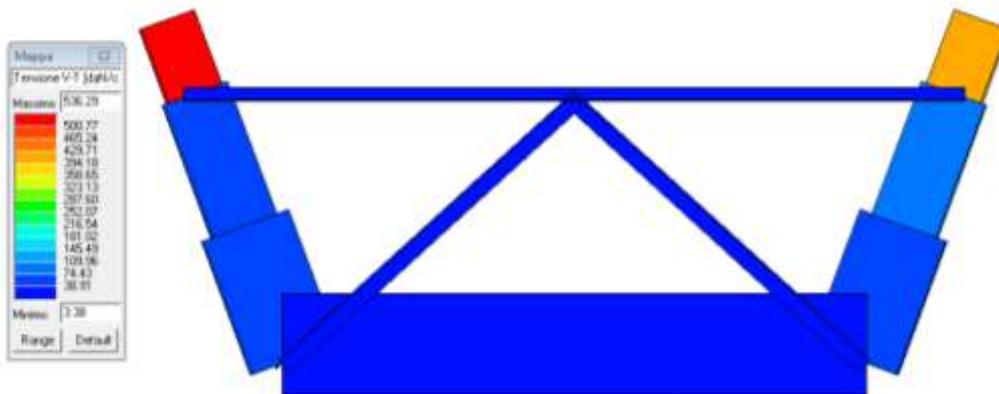
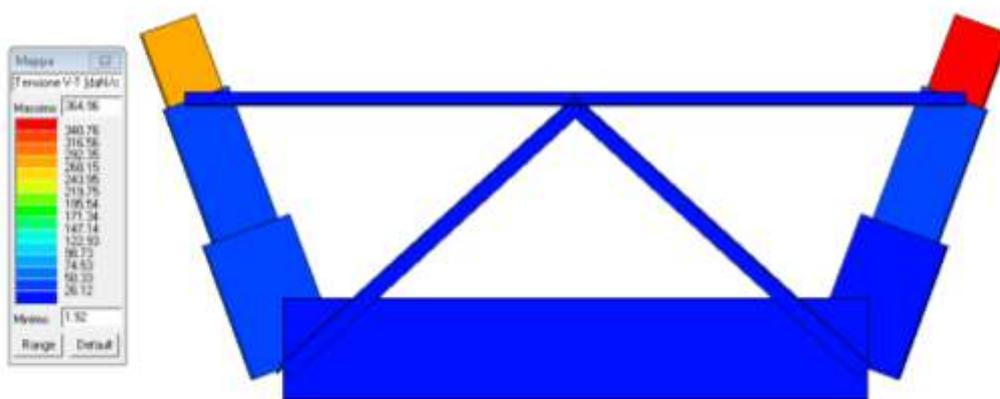


FIGURA 6-59 TENSIONE V+T MASSIMA



**FIGURA 6-60 TENSIONE V+T MINIMA**

Le tensioni ideali di calcolo risultano:

$$\sigma_{id} = (\sigma^2 + 3\tau^2)^{0.5} = (1991.00^2 + 54.00\tau^2)^{0.5} = 220.80 \text{ MPa}$$

La tensione limite riferita all'acciaio utilizzato (S355) è pari a 338 MPa.

La verifica risulta quindi soddisfatta.

#### 6.9.4.2 Stabilità

Per quanto riguarda le verifiche di stabilità delle diagonali e del traverso si possono vedere nelle immagini sottostanti.

La verifica di stabilità delle aste composte da elementi ravvicinati collegati con imbottiture si esegue come per un'asta semplice ( $L_0$ ) qualora la distanza tra le imbottiture sia inferiore a  $15 i_{min}$  espresso in millimetri.

Si trascurano le verifiche di stabilità delle nervature d'anima in quanto elementi con snellezza ridotta.

Per quanto riguarda le diagonali si ha:

$$L_0 = 2.15 \text{ m}$$

$$L_{0v} = 0.4 \text{ m}$$

$$N_d \text{ max} = - 905.20 \text{ kN}$$

L Uguali  
 L Disuguali

Doppio  
 Accosta lato corto  
 d (mm)

Ordina per  
 y  
 ly  
 g

Acciaio   $f_y$  (N/mm<sup>2</sup>)   $f_u$

Lunghezze di libera inflessione [m]  
 $l_{0y}$    $l_{0z}$    $l_{0v}$

designation	g (kg/m)	h (mm)	b (mm)	t (mm)	r1 (mm)	r2 (mm)
L 120 x 120 x 18	31.5	120	120	18.00	13.00	6.50
L 150 x 150 x 14	31.6	150	150	14.00	16.00	8.00
L 150 x 150 x 15	33.8	150	150	15.00	16.00	8.00
L 140 x 140 x 17	35.3	140	140	17.00	15.00	7.50
L 150 x 150 x 16	35.9	150	150	16.00	16.00	8.00
L 160 x 160 x 15	38.2	160	160	15.00	17.00	8.50
L 150 x 150 x 18	40.1	150	150	18.00	16.00	8.00
L 160 x 160 x 17	40.7	160	160	17.00	17.00	8.50
L 180 x 180 x 16	43.5	180	180	16.00	18.00	9.00
L 200 x 200 x 16	49.5	200	200	16.00	18.00	9.00
L 180 x 180 x 18	48.6	180	180	18.00	18.00	9.00

$N_{EdH}$  [kN]   $N_{EdV}$  [kN]

$N_{EdH}$  [kN]

Classe Sezione  
 Compressione

g (kg/m):	<input type="text" value="67.6"/>	$N_{EdH}$ [kN]:	<input type="text" value="2.258"/>	$N_{EdV}$ [kN]:	<input type="text" value="2.910"/>
h (mm):	<input type="text" value="150"/>	$N_{EdH}$ [kN]:	<input type="text" value="2.631"/>	<input type="text" value="?"/>	
b (mm):	<input type="text" value="150"/>	A (cm <sup>2</sup> ):	<input type="text" value="88.04"/>		
t (mm):	<input type="text" value="15"/>	$I_y$ (cm <sup>4</sup> ):	<input type="text" value="1.796"/>	Wz (cm <sup>3</sup> ):	<input type="text" value="223.2"/>
r1 (mm):	<input type="text" value="16"/>	Wy (cm <sup>3</sup> ):	<input type="text" value="167.0"/>	iz (cm):	<input type="text" value="6.297"/>
r2 (mm):	<input type="text" value="8"/>	$I_y$ (cm):	<input type="text" value="4.569"/>	Iu (cm <sup>4</sup> ):	<input type="text" value="1.426"/>
		iz (cm <sup>4</sup> ):	<input type="text" value="3.347"/>	Iu (cm):	<input type="text" value="5.757"/>
				iv (cm <sup>4</sup> ):	<input type="text" value="370.2"/>
				iv (cm):	<input type="text" value="2.993"/>

La verifica di stabilità è soddisfatta come rappresentato nella figura che segue in quanto  $N_{v,Rd}$  è pari a 2910.00 KN.

Per quanto riguarda il traverso si ha:

$$L_0 = 3.15 \text{ m}$$

$L_{ov} = 0.35 \text{ m}$

$N_d \text{ max} = - 443.40 \text{ kN}$

L Uguali  
 L Disuguali

Doppi  
 Accosta lato corto  
 d (mm)

Ordina per  
 y  
 ly  
 g

Acciaio **S355 (Fe510)**  $f_y$  (N/mm<sup>2</sup>)   $f_u$

Lunghezze di libera inflessione (m)  
 $l_{oy}$    $l_{oz}$    $l_{ov}$

**Aggiorna Tabella**

designation	g (kg/m)	h (mm)	b (mm)	t (mm)	r1 (mm)	r2 (mm)
L 140 x 140 x 10	21.4	140	140	10.00	15.00	7.50
<b>L 120 x 120 x 12</b>	<b>21.6</b>	<b>120</b>	<b>120</b>	<b>12.00</b>	<b>13.00</b>	<b>6.50</b>
L 150 x 150 x 10	23.0	150	150	10.00	16.00	8.00
L 100 x 100 x 16	23.2	100	100	16.00	12.00	6.00
L 120 x 120 x 13	23.3	120	120	13.00	13.00	6.50
L 130 x 130 x 12	23.5	130	130	12.00	14.00	7.00
L 120 x 120 x 15	26.6	120	120	15.00	13.00	6.50
L 130 x 130 x 14	27.2	130	130	14.00	14.00	7.00
L 150 x 150 x 12	27.3	150	150	12.00	16.00	8.00
L 140 x 140 x 13	27.4	140	140	13.00	15.00	7.50
L 130 x 130 x 16	30.9	130	130	16.00	14.00	7.00

**Plotta**

$N_{s/Rd}$  [kN]   $N_{t/Rd}$  [kN]

$N_{s/Ed}$  [kN]

Classe Sezione  
 Compressione

g (kg/m)	<input type="text" value="43.2"/>	A (cm <sup>2</sup> )	<input type="text" value="55.08"/>
h (mm)	<input type="text" value="120"/>	$I_y$ (cm <sup>4</sup> )	<input type="text" value="735.4"/>
b (mm)	<input type="text" value="120"/>	$W_z$ (cm <sup>3</sup> )	<input type="text" value="114.2"/>
t (mm)	<input type="text" value="12"/>	$I_z$ (cm <sup>4</sup> )	<input type="text" value="151.6"/>
r1 (mm)	<input type="text" value="13"/>	$W_y$ (cm <sup>3</sup> )	<input type="text" value="85.47"/>
r2 (mm)	<input type="text" value="6.5"/>	$I_z$ (cm <sup>4</sup> )	<input type="text" value="2.346"/>
		$i_y$ (cm)	<input type="text" value="3.654"/>
		$i_z$ (cm)	<input type="text" value="4.604"/>
		$I_u$ (cm <sup>4</sup> )	<input type="text" value="583.7"/>
		$I_v$ (cm <sup>4</sup> )	<input type="text" value="4.504"/>

La verifica di stabilità è soddisfatta come rappresentato nella figura che segue in quanto  $N_{vb,Rd}$  è pari a 1863.00 KN.

## 6.10. VERIFICHE DELLA SOLETTA IN CEMENTO ARMATO

Si rammenta che la verifica delle armature longitudinali di soletta viene effettuata in automatico, come descritto in precedenza, dal programma di calcolo Midas Civil.

In questo capitolo si verificherà la sezione trasversale di soletta che è anche quella più sollecitata (presenza carichi mobili).

### 6.10.1. MODELLAZIONE E CARICHI

Per quanto concerne la modellazione si adotta lo stesso modello utilizzato nel capitolo 10 per il dimensionamento degli elementi in acciaio trasversali ponendo però attenzione alle sollecitazioni agenti sulla soletta che ricordiamo avere sezione 350 cm \* 35 cm.

Si rimanda al capitolo 10 per quanto concerne la modellazione delle aste e i carichi inseriti.

La tabella seguente mostra le combinazioni agli stati limite di esercizio inserite per effettuare suddette verifiche nella soletta che non erano presenti nella modellazione precedente.

Cmb	Tipo	Sigla Id
1	SLE	RARA 1
2	SLE	RARA 2
3	SLE	RARA 3
4	SLE	RARA 4
5	SLE	RARA 5
6	SLE	RARA 6
7	SLE	RARA 7
8	SLE	RARA 8
9	SLE	RARA 9
10	SLE	RARA 10
11	SLE	RARA 11
12	SLE	RARA 12
13	SLE	RARA 13
14	SLE	RARA 14
15	SLE	RARA 15



Cmb	Tipo	Sigla Id
16	SLE	RARA 16
17	SLE	RARA 17
18	SLE	RARA 18
19	SLE	RARA 19
20	SLE	RARA 20
21	SLE	RARA 21
22	SLE	RARA 22
23	SLE	RARA 23
24	SLE	RARA 24
25	SLE	RARA 25
26	SLE	RARA 26
27	SLE	RARA 27
28	SLE	RARA 28
29	SLE	RARA 29
30	SLE	RARA 30
31	SLE	RARA 31
32	SLE	RARA 32

Cmb	PROPRIO	PERMANENTE	TEMP. 1	TEMP. 2	TEMP. 3	VEH. 1	VEH. 2	VEH. 3	VEH. 4	VEH. 5	VEH. 6
1	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1.00	1.00	0.60	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1.00	1.00	0.0	0.60	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1.00	1.00	1.00	0.0	1.00	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	1.00	1.00	0.0	1.00	1.00	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	1.00	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	1.00	1.00	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
9	1.00	1.00	0.60	0.0	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1.00	1.00	0.0	0.60	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
11	1.00	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0
12	1.00	1.00	0.0	1.00	1.00	0.0	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0
13	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0
14	1.00	1.00	0.60	0.0	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0



Cmb	PROPRIO	PERMANENTE	TEMP. 1	TEMP. 2	TEMP. 3	VEH. 1	VEH. 2	VEH. 3	VEH. 4	VEH. 5	VEH. 6
15	1.00	1.00	0.0	0.60	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0
16	1.00	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.75	0.0	0.0	0.0
17	1.00	1.00	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	0.75	0.0	0.0	0.0
18	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0
19	1.00	1.00	0.60	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0
20	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0
21	1.00	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.75	0.0	0.0
22	1.00	1.00	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.75	0.0	0.0
23	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
24	1.00	1.00	0.60	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
25	1.00	1.00	0.0	0.60	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0
26	1.00	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.75	0.0
27	1.00	1.00	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.75	0.0
28	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
29	1.00	1.00	0.60	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
30	1.00	1.00	0.0	0.60	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00
31	1.00	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.75
32	1.00	1.00	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.75

Cmb	Tipo	Sigla Id
1	SLU	FREQUENTE 1
2	SLU	FREQUENTE 2
3	SLU	FREQUENTE 3
4	SLU	FREQUENTE 4
5	SLE	FREQUENTE 5
6	SLE	FREQUENTE 6
7	SLE	FREQUENTE 7
8	SLE	FREQUENTE 8
9	SLE	FREQUENTE 9

Cmb	PROPRIO	PERMANENTE	TEMP. 1	TEMP. 2	TEMP. 3	VEH. 1	VEH. 2	VEH. 3	VEH. 4	VEH. 5	VEH. 6
-----	---------	------------	---------	---------	---------	--------	--------	--------	--------	--------	--------



Cmb	PROPRIO	PERMANENTE	TEMP. 1	TEMP. 2	TEMP. 3	VEH. 1	VEH. 2	VEH. 3	VEH. 4	VEH. 5	VEH. 6
1	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1.00	1.00	0.50	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1.00	1.00	0.0	0.50	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	1.00	1.00	0.0	1.00	1.00	0.0	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0
6	1.00	1.00	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	0.75	0.0	0.0	0.0
7	1.00	1.00	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.75	0.0	0.0
8	1.00	1.00	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.75	0.0
9	1.00	1.00	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.75

Cmb	Tipo	Sigla Id
1	SLE	Q.P. 1
2	SLE	Q.P. 2
3	SLE	Q.P. 3

Cmb	PROPRIO	PERMANENTE	TEMP. 1	TEMP. 2	TEMP. 3	VEH. 1	VEH. 2	VEH. 3	VEH. 4	VEH. 5	VEH. 6
1	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1.00	1.00	0.50	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1.00	1.00	0.0	0.50	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

## 6.10.2. SOLLECITAZIONI

Si riportano immagini che rappresentano le massime sollecitazioni agenti.

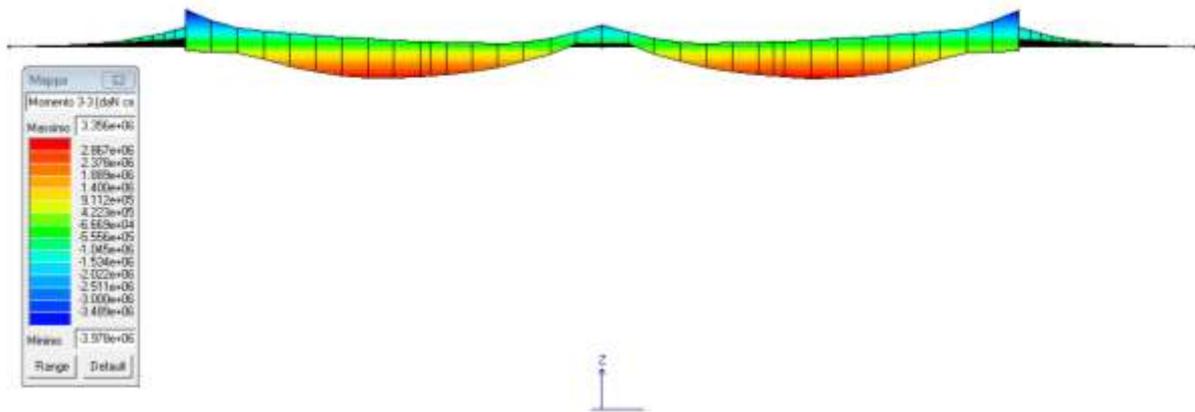


FIGURA 6-61 INVILUPPO MOMENTO FLETTENTE SLU

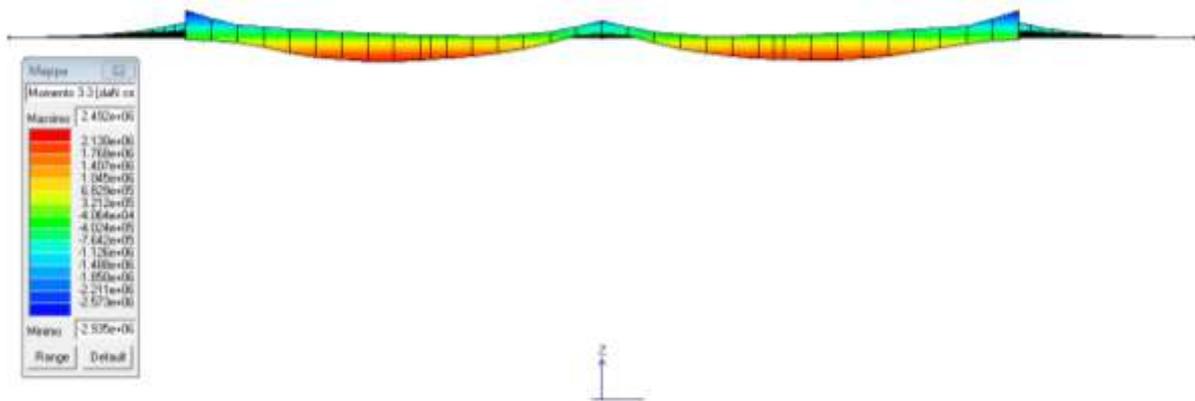


FIGURA 6-62 INVILUPPO MOMENTO FLETTENTE SLE RARA

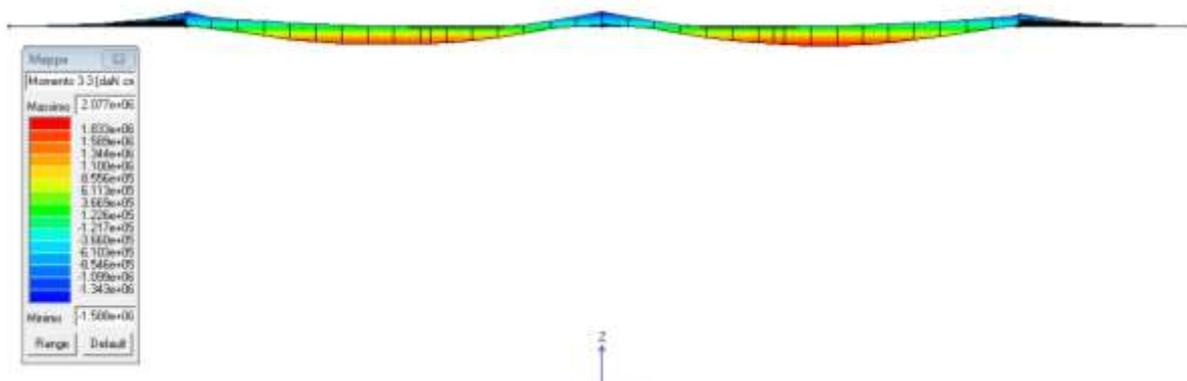


FIGURA 6-63 INVILUPPO MOMENTO FLETTENTE SLE FREQUENTE



FIGURA 6-64 INVILUPPO MOMENTO FLETTENTE SLE QUASI PERMANENTE

Riassumendo, con valori espressi in KNm, si ha:

INVILUPPO SOLLECITAZIONI	M <sup>+</sup> campata	M <sup>-</sup> appoggio
SLU	335.60	397.80
SLE RARE	249.20	293.50
SLE FREQUENTI	207.70	158.86
SLE QUASI PERMANENTI	46.63	112.30

A favore di sicurezza le verifiche verranno condotte col solo momento flettente agente.

### **6.10.3. VERIFICHE**

Le verifiche sono condotte su una strisciata di trave di dimensioni pari al modello effettuato.

Data la presenza della predalle lo spessore della soletta si considera ridotto, pari a 26 cm.

La sezione da verificare ha quindi dimensioni 350\*26.

La verifica viene condotta tramite l'ausilio del programma PRO\_VLIM, modulo aggiuntivo del programma PRO\_SAP per la verifica delle sezioni.

Il copri ferro è assunto pari a 4 cm.

Si arma la sezione con  $\phi$  20/20 cm.

Si rammenta che in direzione longitudinale sono stati inseriti nel programma  $\phi$  16/20 cm.

La verifica è condotta in ottemperanza alle NTC 2008.

#### Geometria della sezione

Vert.	X	Y
n.	cm	cm
1	0.0	0.0
2	0.0	26.0
3	350.0	26.0
4	350.0	0.0



#### Armature

Pos.	X	Y	Area	Pretens.
n.	cm	cm	cmq	(s/n)
1	23.8	21.1	3.1	no
2	42.7	21.1	3.1	no
3	61.6	21.1	3.1	no
4	80.5	21.1	3.1	no
5	99.4	21.1	3.1	no

6	118.3	21.1	3.1	no
7	137.2	21.1	3.1	no
8	156.1	21.1	3.1	no
9	175.0	21.1	3.1	no
10	193.9	21.1	3.1	no
11	212.8	21.1	3.1	no
12	231.7	21.1	3.1	no
13	250.6	21.1	3.1	no
14	269.5	21.1	3.1	no
15	288.4	21.1	3.1	no
16	307.3	21.1	3.1	no
17	326.2	21.1	3.1	no
18	326.2	4.9	3.1	no
19	307.3	4.9	3.1	no
20	288.4	4.9	3.1	no
21	269.5	4.9	3.1	no
22	250.6	4.9	3.1	no
23	231.7	4.9	3.1	no
24	212.8	4.9	3.1	no
25	193.9	4.9	3.1	no
26	175.0	4.9	3.1	no
27	156.1	4.9	3.1	no
28	137.2	4.9	3.1	no
29	118.3	4.9	3.1	no
30	99.4	4.9	3.1	no
31	80.5	4.9	3.1	no
32	61.6	4.9	3.1	no

33	42.7	4.9	3.1	no
34	23.8	4.9	3.1	no

*1	*2	*3	*4	*5	*6	*7	*8	*9	*10	*11	*12	*13	*14	*15	*16	*17
*34	*33	*32	*31	*30	*29	*28	*27	*26	*25	*24	*23	*22	*21	*20	*19	*18

### Caratteristiche limite della sezione

Nu	Mxu	Myu	Stato Sez.
kN	kN m	kN m	
-4179.68	0.0000	0.0000	Completamente tesa
21299.81	0.0000	0.0041	Completamente compressa
0.00	409.0026	0.0002	Fibre inferiori tese
0.00	-409.0026	-0.0002	Fibre superiori tese
0.00	0.0000	5788.7315	Fibre di sinistra tese
0.00	0.0000	-5788.7315	Fibre di destra tese

### Verifiche stato limite ultimo

Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:

Verifica per Mxu, Myu e Nu proporzionali (sigla verifica: P)

e in caso di verifica proporzionale positiva:

Verifica con rapporto Mxu, Myu assegnato (sigla verifica: M)

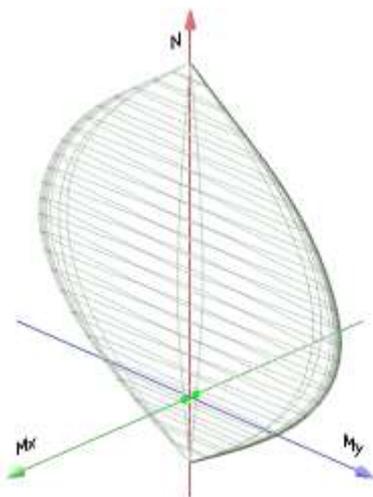
Verifica con Nu costante (sigla verifica: N)

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	0.00	355.6000	0.0000	P	0.00	409.0026	0.0002	0.870	OK
				M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
				N	0.00	409.0026	0.0002	0.870	
2	0.00	-397.8000	0.0000	P	0.00	-409.0026	-0.0002	0.970	OK

M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
N	0.00	-409.0026	-0.0002	0.970

Riepilogo combinazioni maggiormente gravose:

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
2	0.00	-397.8000	0.0000	P	0.00	-409.0026	-0.0002	0.970	OK
1	0.00	355.6000	0.0000	M	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	OK
2	0.00	-397.8000	0.0000	N	0.00	-409.0026	-0.0002	0.970	OK



Verifiche stato limite di esercizio per c. c. rare

Valori limite (tensioni: segno (-) = compressione, (+) = trazione):

CLS:  $\sigma_L = 19.92 \text{ kN/mq}$  (verifica Ok per  $\sigma_c/\sigma_L < 1$ )

Acciaio:  $\sigma_A = 360.00 \text{ kN/mq}$  (verifica Ok per  $\sigma_a/\sigma_A < 1$ )

Cmb	Mx	My	N	$\sigma_c$	$\sigma_c/\sigma_L$	$\sigma_a$	$\sigma_a/\sigma_A$
n. e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		kN/mq	
3 OK	249.2000	0.0000	0.00	-8.92	0.45	255.53	0.71
4 OK	-293.5000	0.0000	0.00	-10.51	0.53	300.95	0.84

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. frequenti

Valori limite:

Fessure:  $WkL = 0.30$  mm (verifica Ok per  $Wk/WkL < 1$ )

	Cmb	Mx	My	N	Wk	Wk/WkL
n. e stato	kN m	kN m	kN		mm	
5 OK	207.7000	0.0000	0.00		0.17	0.57
6 OK	-158.8600	0.0000	0.00		0.10	0.33

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. quasi permanenti

Valori limite:

CLS:  $\sigma cL = 14.94$  kN/mq (verifica Ok per  $\sigma c/\sigma cL < 1$ )

Fessure:  $WkL = 0.20$  mm (verifica Ok per  $Wk/WkL < 1$ )

	Cmb	Mx	My	N	$\sigma c$	$\sigma c/\sigma cL$	Wk	Wk/WkL
n. e stato	kN m	kN m	kN		kN/mq		mm	
7 OK	46.6300	0.0000	0.00		-1.67	0.11	0.00	0.00
8 OK	-112.3000	0.0000	0.00		-4.02	0.27	0.02	0.09

## 6.11. VERIFICHE DELLE PREDALLES

La soletta di impalcato presenta una sezione trasversale caratterizzata da 2 campate centrali di lunghezza 365.00 cm e due sbalzi terminali di lunghezza 155.00 cm per una larghezza complessiva di 10.40 metri.

Le lastre predalle sono verificate per la fase di getto della soletta.

Date le dimensioni dello sbalzo non si prevedono sue fasi di getto.

Per le lastre predalle si prevedono moduli da 240 cm, armati con 6 trallicci, ognuno di essi costituito da due ferri longitudinali inferiori  $\phi_i = 14\text{mm}$  ed uno superiore  $\phi_s = 16\text{mm}$  e da una doppia staffatura continua  $d_s = 10\text{mm}/200$  (vedi schema di seguito riportato).

Per il traliccio si prevede un'altezza complessiva di 240mm. In corrispondenza degli appoggi costituiti dalle piattabande superiori del cassone metallico (dove il momento negativo è alto), si prevede una modifica del traliccio con la saldatura alle staffe di  $2\phi_{18}$  inferiori al posto dei  $2\phi_{14}$ , il tutto come rappresentato nello schema di seguito riportato.

Le caratteristiche geometriche assunte per il traliccio sono le seguenti:

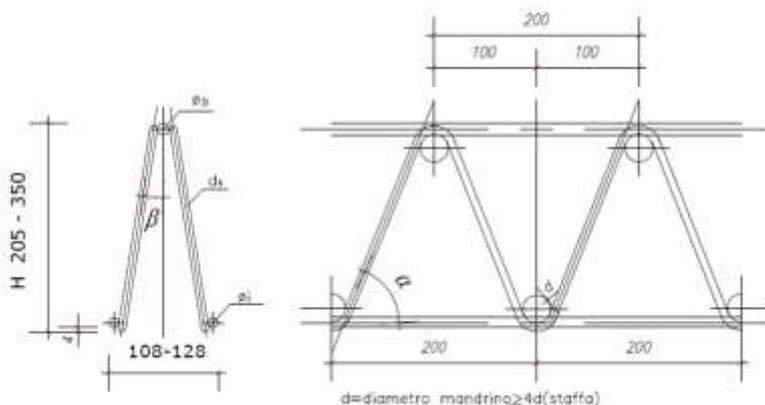
$h = \text{interasse } \phi_s - \phi_i = 221 \text{ mm};$

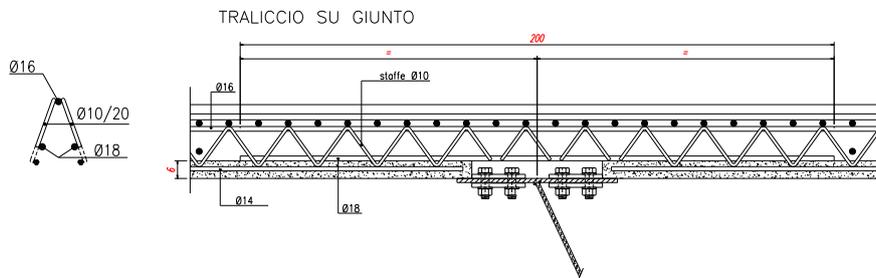
$h' = \text{interasse } \phi_s - \phi_i \text{ nella zona di giunto} = 182 \text{ mm};$

$\alpha = 66^\circ;$

$\beta = 6^\circ.$

### VISTA TRALICCIO





I carichi in gioco sono di seguito riassunti:

$p_L$  = peso lastra ( $\gamma=25$  KN/mc) = 3.60 KN/m

$p_g$  = peso getto ( $\gamma=26$  KN/mc) = 18.10 KN/m

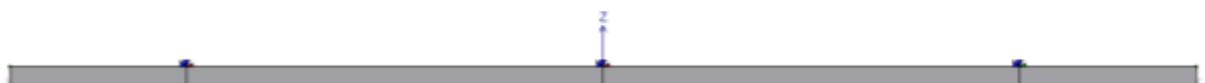
$p_v$  = sovraccarico di costruzione (1.50 KN/mq) = 3.60 KN/m

F = Peso veletta e sopralzo del cordolino terminale = 8.00 KN.

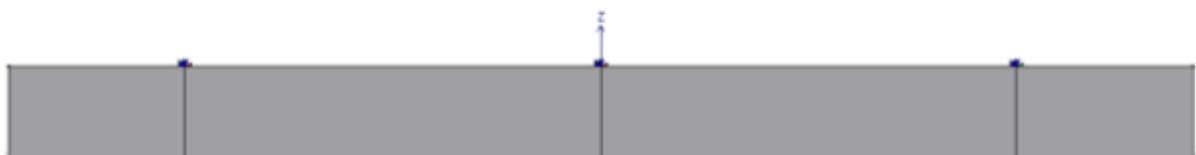
L'immagine seguente mostra lo schema di carico utilizzato e i carichi assegnati al modello.



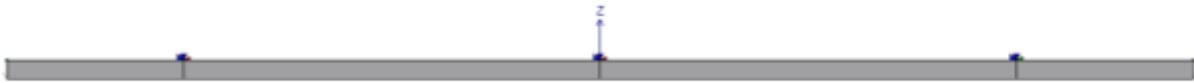
**FIGURA 6-65 SCHEMA DI CARICO: TRAVE SU PIÙ APPOGGI**



**FIGURA 6-66 PESO DELLA LASTRA**



**FIGURA 6-67 PESO DEL GETTO**

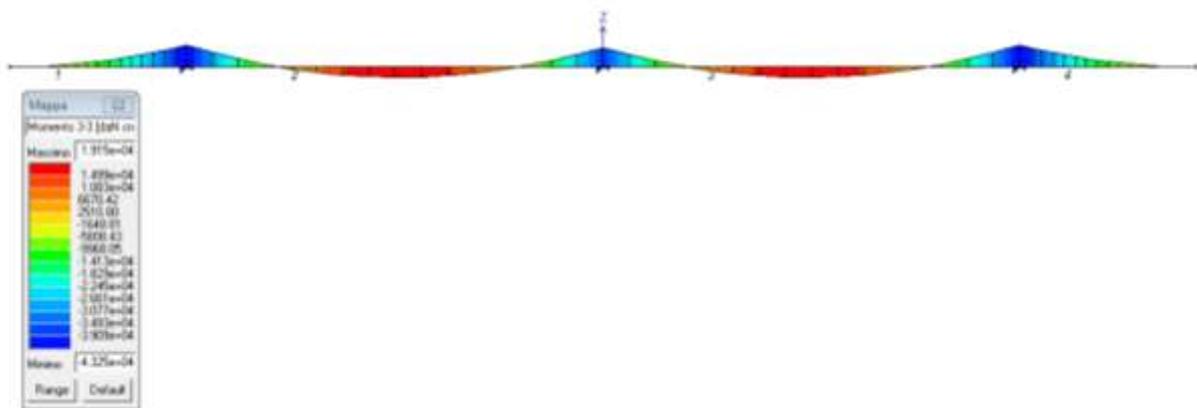


**FIGURA 6-68 SOVRACCARICO**



**FIGURA 6-69 PESO VELETTA**

Le immagini seguenti mostrano invece i momenti massimi generati dal singolo casi di carico.



**FIGURA 6-70 PESO DELLA LASTRA: DIAGRAMMA MOMENTO**

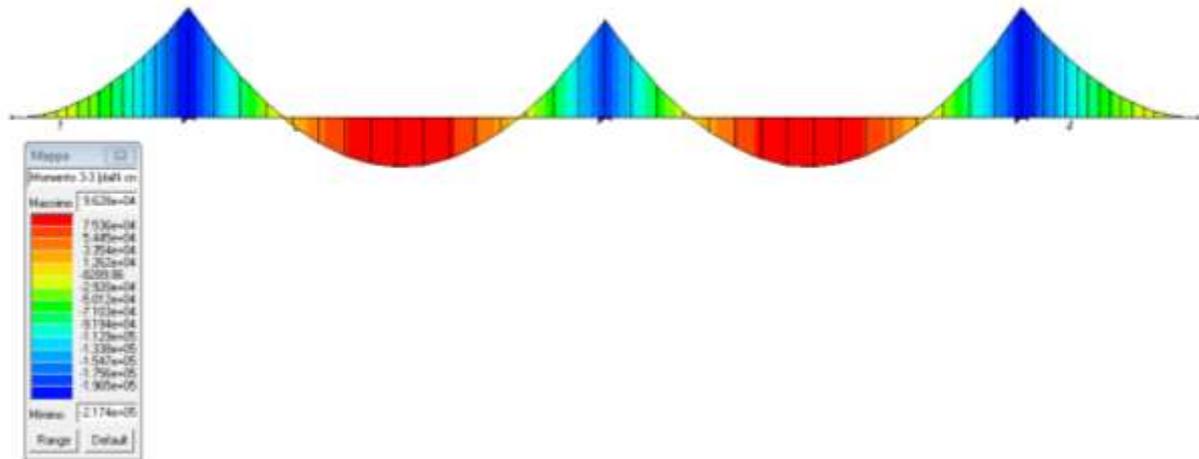


FIGURA 6-71 PESO GETTO: DIAGRAMMA MOMENTO

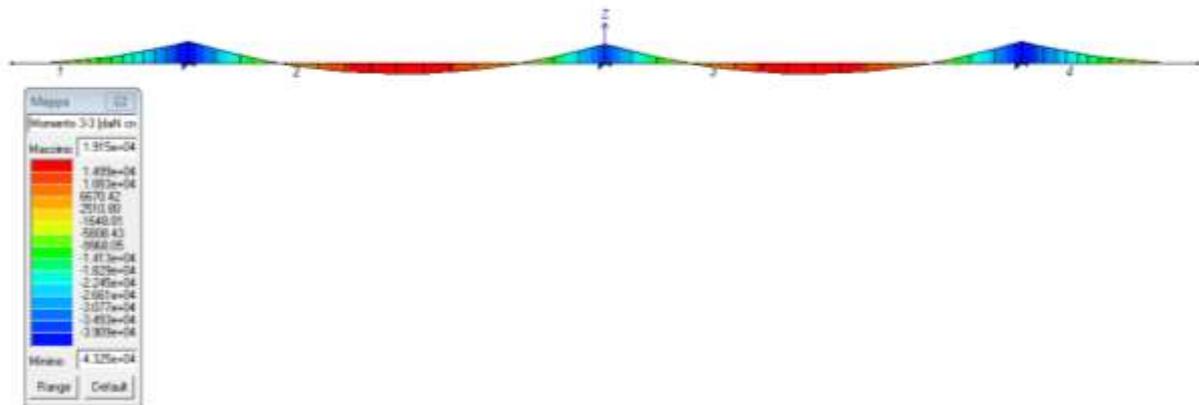
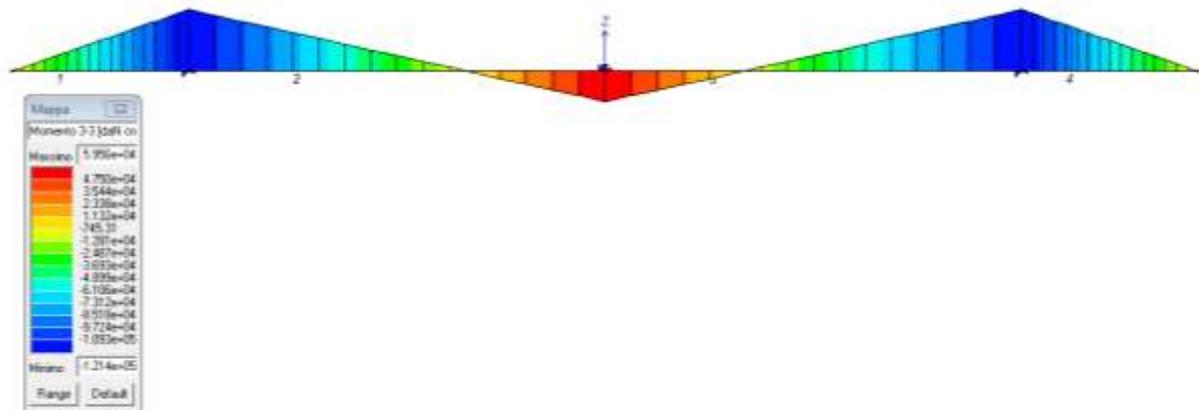


FIGURA 6-72 SOVRACCARICO: DIAGRAMMA MOMENTO



**FIGURA 6-73 PESO VELETTA: DIAGRAMMA MOMENTO**

Combinando i momenti ottenuti otteniamo i seguenti momenti agli SLU sulle predalles.

**Fase 1**

$$M^+ = 1.35 \cdot (1.92 + 9.64) + 1.50 \cdot 1.92 = 18.48 \text{ KNm}$$

$$M^- = 1.35 \cdot (4.33 + 21.74) + 1.50 \cdot 4.33 = 41.68 \text{ KNm}$$

**Fase 2**

$$M^+ = 1.35 \cdot (1.92 + 9.64 + 6.20) + 1.50 \cdot 1.92 = 26.86 \text{ KNm}$$

$$M^- = 1.35 \cdot (4.33 + 21.74 + 12.40) + 1.50 \cdot 4.33 = 58.42 \text{ KNm}$$

Si verifica direttamente la fase 2.

Per quanto concerne il momento positivo su ogni traliccio agisce una forza di:

$$F = M / (h \cdot 6) = 24.59 \text{ KN}$$

I ferri superiori del traliccio (1 $\phi$ 16) di acciaio B450C possono resistere ad una forza di circa 78.67 KN.

La verifica pertanto risulta soddisfatta.

Per quanto concerne il momento negativo su ogni traliccio agisce una forza di:

$$F = M / (h \cdot 6) = 53.50 \text{ KN}$$

I ferri inferiori del traliccio (2 $\phi$ 14) di acciaio B450C possono resistere ad una forza di circa 120.47 KN.

La verifica pertanto risulta soddisfatta.

## 6.12. VERIFICHE DELLA TRAVE ROMPI TRATTA

La trave rompi tratto è soggetta al carico trasmesso dalla soletta soprastante. La trave può essere schematizzata come trave ad una campata incastrata su un lato e appoggiata sull'altro.

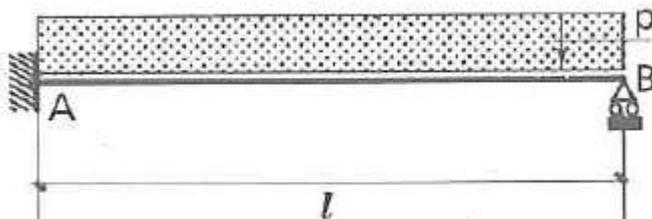
La luce della trave è pari a 3.50 metri, ossia la distanza fra gli irrigidimenti trasversali.

Il carico agente sulla trave si ottiene dalla modellazione effettuata per soletta e controventi.

Da suddetta modellazione si evince che il carico massimo agli SLU agente sull'appoggio della soletta sulla trave rompi tratto è pari a circa 1200.00 KN.

Il carico distribuito da applicare alla trave risulta quindi pari a circa 345.00 KN/ml.

Lo schema di carico utilizzato è mostrato nella figura sottostante.



Dal calcolo della trave si ottengono le seguenti sollecitazioni:

$$M = pl^2/14.2 = 297.65 \text{ KNm}$$

$$V = 5/8pl = 754.68 \text{ KN}$$

La trave in questione presenta le seguenti caratteristiche:

Modulo di resistenza a flessione  $W = 3597120 \text{ mmc}$

Area resistente a taglio  $Asz = 7488 \text{ mmq}$

Per quanto concerne il momento resistente si ottiene una tensione di 82.75 Mpa.

La tensione limite riferita all'acciaio utilizzato (S355) è pari a 338 MPa.

La verifica risulta quindi soddisfatta.

Per quanto riguarda il taglio, in assenza di torsione, attorno all'asse forte (taglio z-z) la resistenza a taglio vale:

$$V_{c,RD} = (h_w * t_w * f_{yk}) / (\sqrt{3} * \alpha_{M0}) = (7488 * 24 * 355) / (\sqrt{3} * 1.05) = 35079.67 \text{ KN} > 754.68$$

La verifica risulta quindi soddisfatta.