

ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROV. DI TRENTO

dott.ing. **ROBERTO BOSETTI**

INSCRIZIONE ALBO N° 1027

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
dott. ing. Roberto Bosetti

autostrada del brennero

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE
DELLA TERZA CORSIA NEL TRATTO COMPRESO
TRA VERONA NORD (KM 223) E L'INTERSEZIONE
CON L'AUTOSTRADA A1 (KM 314)

A1	LOTTO 2 - dal km 223+100 al km 230+717
4.20.21.	INTERVENTI SULLE OPERE D'ARTE Sottopasso F.S. Verona-Mantova (pr km 230+163) Relazioni di calcolo Impalcato

0	MAR. 2021	EMISSIONE	POLUZZI	M. ZINI	C. COSTA
REVISIONE:	DATA:	DESCRIZIONE:	REDAZIONE:	VERIFICA:	APPROVAZIONE:
DATA PROGETTO: LUGLIO 2009			DIREZIONE TECNICA GENERALE		IL DIRETTORE TECNICO GENERALE E PROGETTISTA: 
NUMERO PROGETTO: 31/09					

INDICE

1	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	6
1.1	ASPETTI GENERALI	6
1.2	ELEMENTI STRUTTURALI	7
1.3	METODO DI CALCOLO	8
1.3.1	CRITERI E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA	8
1.3.2	COMBINAZIONI DI CARICO	9
1.3.2.1	Combinazione fondamentale (slu)	9
1.3.2.2	Combinazione rara o caratteristica (sle)	12
1.3.2.3	Combinazione frequente (sle)	12
1.3.2.4	Combinazione quasi permanente (sle)	12
1.3.2.5	Combinazione eccezionale (slu)	12
1.3.2.6	Combinazione Sismica (slv)	12
1.3.3	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI	12
1.4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	13
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	14
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	15
3.1	TABELLA RIASSUNTIVA CLASSI DI ESPOSIZIONE SECONDO NORMATIVA UNI EN 206-1	15
3.2	PARAMETRI DI IDENTIFICAZIONE PER LA VERIFICA A FESSURAZIONE	16
3.3	CALCESTRUZZO PER SOLETTA IMPALCATO	16
3.4	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO	17
3.5	STRUTTURE METALLICHE	17
3.5.1	ACCIAIO	17
3.5.2	BULLONI	17
3.5.3	SALDATURE	18
3.5.4	PIOLI	18
3.6	COPRIFERRI	19
4	CODICI DI CALCOLO	20
5	CALCOLO DELLA STRUTTURA - IMPALCATO	21
5.1	CRITERI DI CALCOLO	21
5.1.1	MODELLO 3D	24

COMMITTENTE AUTOSTRADA DEL BRENNERO	CODIFICA DOCUMENTO A1_04_20_02_01_RELAZIONE_CALCULO_IMPALCATO.DOC	FOGLIO 3 DI 162
5.2	ANALISI DEI CARICHI	26
5.2.1	PESO PROPRIO CARPENTERIA METALLICA	26
5.2.2	PESO PROPRIO SOLETTA	26
5.2.3	CARICHI PERMANENTI	27
5.2.4	EFFETTI DOVUTI AL RITIRO DELLA SOLETTA	28
5.2.5	EFFETTI DEL SALTO TERMICO $\Delta T = +10^\circ$ E $\Delta T = -5^\circ$ DELLA SOLETTA RISPETTO ALLA TRAVE	30
5.2.6	CEDIMENTI VINCOLARI	31
5.2.7	AZIONE DEL VENTO	32
5.2.8	CARICHI VARIABILI DA TRAFFICO	33
5.2.9	AZIONI SISMICHE	38
5.2.9.1	Definizione dell'azione sismica	38
5.3	TRAVI PRINCIPALI	41
5.3.1	SOLLECITAZIONI (CARICHI STATICI)	43
5.3.1.1	MODELLO 1 (SOLO STRUTT. METALLICA) – TRAVE DI BORDO ESTERNA (all.1)	43
5.3.1.2	MODELLO 1 (SOLO STRUTT. METALLICA) – TRAVE DI BORDO INTERNA (all.2)	45
5.3.1.3	MODELLO NON FESSURATO – TRAVE DI BORDO ESTERNA (all. 1)	47
5.3.1.4	MODELLO FESSURATO – TRAVE DI BORDO ESTERNA (all. 1)	50
5.3.1.5	MODELLO NON FESSURATO – TRAVE DI BORDO INTERNA (all. 2)	53
5.3.1.6	MODELLO FESSURATO – TRAVE DI BORDO INTERNA(all. 2)	56
5.3.2	SOLLECITAZIONI (CARICHI SISMICI)	59
5.3.2.1	MODELLO NON FESSURATO	59
5.3.2.2	MODELLO FESSURATO	61
5.3.3	VERIFICA DELLA SEZIONE TRASVERSALE (CARICHI STATICI)	63
5.3.4	VERIFICA DELLA SEZIONE TRASVERSALE (CARICHI SISMICI)	95
5.3.5	VERIFICA ALL'IMBOZZAMENTO DEI PANNELLI D'ANIMA	101
5.3.6	VERIFICA DEGLI IRRIGIDIMENTI VERTICALI	106
5.3.7	VERIFICA DELLA PIOLATURA	107
5.3.7.1	Piolatura tipica	108
5.3.7.2	Piolatura di pila/spalla	112
5.4	VERIFICHE DEI TRAVERSI DI CAMPATA	115
5.4.1	COMBINAZIONI DI CARICO	115

COMMITTENTE AUTOSTRADA DEL BRENNERO	CODIFICA DOCUMENTO AI_04_20_02_01_RELAZIONE_CALCULO_IMPALCATO.DOC	FOGLIO 4 DI 162
5.4.2	SOLLECITAZIONI DI VERIFICA	116
5.4.3	VERIFICA DELLA SEZIONE	118
5.4.4	VERIFICA DEI GUNTI BULLONATI	120
5.5	VERIFICHE DEI TRAVERSI DI PILA	121
5.5.1	COMBINAZIONI DI CARICO	122
5.5.2	SOLLECITAZIONI	123
5.5.2.1	Traverso di pila P1	123
5.5.2.2	Traverso di spalla S1	124
5.5.3	VERIFICHE DI RESISTENZA	124
5.5.4	VERIFICA DEI GUNTI BULLONATI	127
5.6	VERIFICA DEI CONTROVENTI	128
5.6.1	SOLLECITAZIONI	128
5.6.2	VERIFICHE DI RESISTENZA	129
5.6.3	VERIFICA DEI GIUNTI BULLONATI	130
5.7	VERIFICHE A FATICA	131
5.7.1	VERIFICHE PER VITA ILLIMITATA	131
5.7.1.1	Sollecitazione indotte dai carichi di fatica sulle travi principali	131
5.7.1.1.1	Attacco ala superiore trave principale / ala superiore traverso di pila e spalla	143
5.7.1.1.2	Attacco irrigidimenti verticali / trave principale	143
5.7.1.1.3	Saldatura anima trave principale / ali travi principali	143
5.7.1.1.4	Saldatura di collegamento dei conci	144
5.7.1.1.5	Attacco dei pioli all'ala superiore delle travi	144
5.7.1.2	Attacco delle piattabande dei traversi di campata all'anima delle travi principali	144
5.7.1.3	Attacco delle piattabande dei traversi di pila e spalla all'anima delle travi principali	145
5.7.2	VERIFICHE A DANNEGGIAMENTO	147
5.8	VERIFICA DELLA SOLETTA COLLABORANTE	154
5.8.1	VERIFICA DELL'ARMATURA LONGITUDINALE	154
5.8.1.1	Verifiche di resistenza (SLU)	154
5.8.2	VERIFICHE A FESSURAZIONE (SLE)	154
5.9	CALCOLO DELLE FRECCE MASSIME	158
6	FASI DI VARO	160
6.1	ASPETTI GENERALI	160

6.2	SOLLECITAZIONI E VERIFICHE	161
6.2.1	ANALISI DI BUCKLING	161
6.2.2	DEFORMATA	161
6.2.3	SOLLECITAZIONI TRAVI	162

1 RELAZIONE ILLUSTRATIVA

1.1 ASPETTI GENERALI

Nel presente elaborato sono riportati i calcoli statici dell'impalcato del Viadotto FS Verona-Mantova la cui realizzazione è prevista nell'ambito dei lavori occorrenti per l'adeguamento del tracciato A22 tra lo svincolo di Verona Nord (Km 225+372) ed il sovrappasso della linea ferroviaria Verona-Mantova (Km 230+163).

Il viadotto in progetto è a due carreggiate separate ed è costituito da 3 campate: le luci delle campate lungo l'asse tracciamento, dalla spalla A alla spalla B, misurano rispettivamente 16.60m, 23.10m e 16.60m.

Il viadotto sovrappassa la linea Ferroviaria Verona-Mantova con la campata 2 tra la pila 1 e la pila 2.

Si riporta di seguito lo schema grafico dell'intervento.

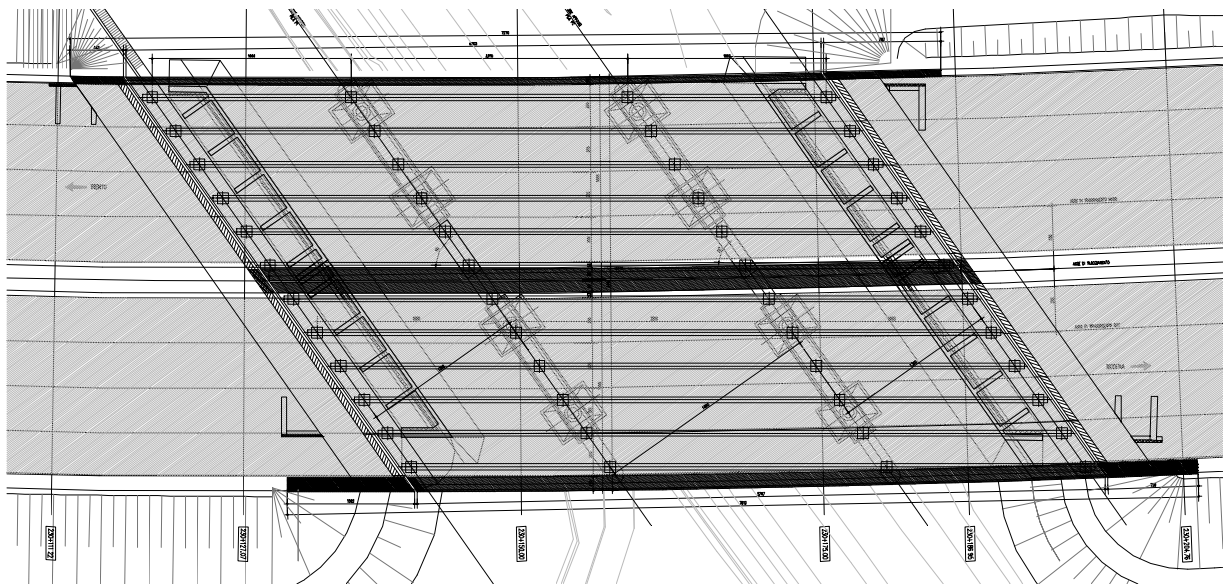


Figura 1-1 Pianta impalcato

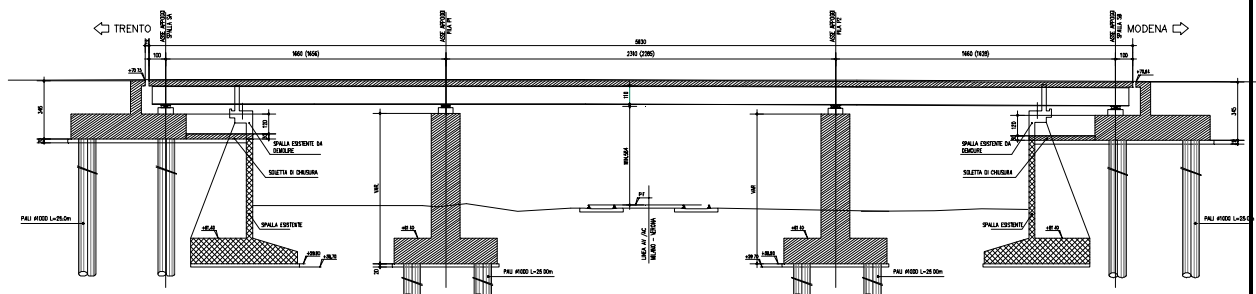


Figura 1-2 Sezione longitudinale

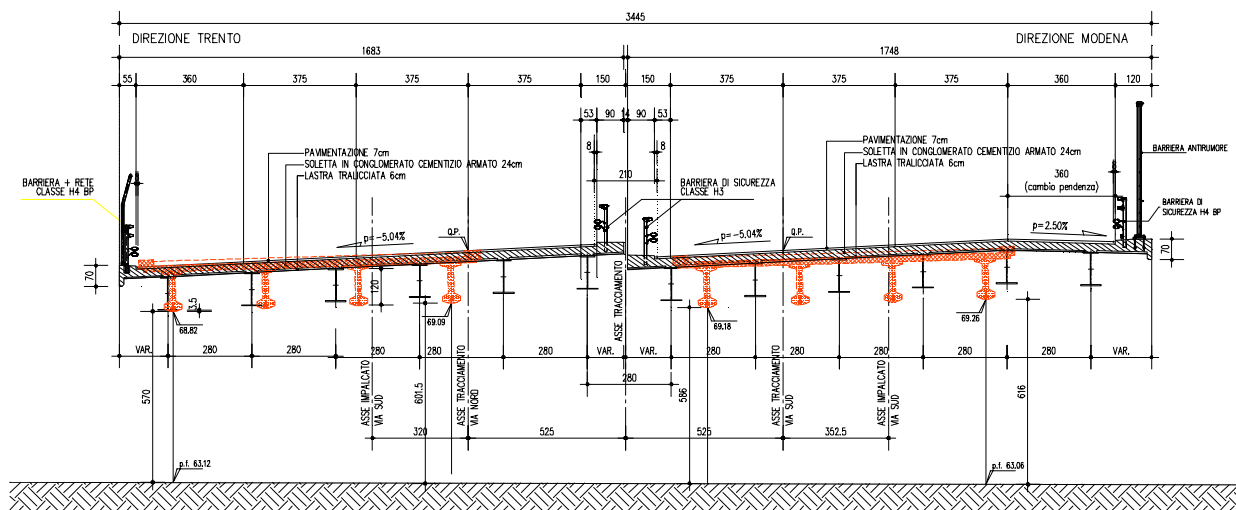


Figura 1-4 Sezione in retto impalcato

1.3 METODO DI CALCOLO

La sicurezza strutturale è verificata tramite il metodo semiprobabilistico agli stati limite, applicando il DM14/01/2008 “Norme Tecniche per le costruzioni” e relative Istruzioni.

In particolare viene verificata la sicurezza sia nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) sia nei confronti degli stati limite di esercizio (SLE).

1.3.1 CRITERI E DEFINIZIONE DELL’AZIONE SISMICA

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, come riportato al § 4.1.2.2.5.

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; nel caso di specie 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.

Per quanto riguarda l'azione sismica, i suoi effetti sull'impalcato vanno valutati a ponte "scarico" (per i carichi dovuti al transito dei mezzi $\psi_2 = 0$, come si desume dal punto 3.2.4 e Tab.5.1.VI delle NTC, data la scarsa probabilità di avere la contemporaneità dei due eventi).

Per la definizione dell'azione sismica considerata si rimanda alla relazione A1_4_20_1 in cui si specificano i dati relativi alla vita nominale (100 anni) ed alla classe d'uso ($C_u=2.0$): i risultati relativi alla combinazione sismica non vengono riportati, essendo per l'impalcato più severa la condizione sotto l'azione dei carichi da traffico.

1.3.2 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al . 5.1.3.12 e 2.5.3 del D.M. 14/01/2008.

I carichi variabili sono stati suddivisi in carichi da traffico, vento e resistenza passiva dei vincoli; di conseguenza, le combinazioni sono state generate assumendo alternativamente ciascuno dei tre suddetti carichi come azione variabile di base.

Fra i carichi variabili si distinguono:

Q carichi da traffico

Q_T azioni termiche

Q_w azione del vento

Inoltre, come indicato nella tabella 5.1.IV, sono stati identificati tre gruppi di azioni caratteristiche, corrispondenti rispettivamente ai carichi verticali, alla forza di frenamento e alla forza centrifuga.

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

1.3.2.1 COMBINAZIONE FONDAMENTALE (SLU)

$$\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{k2} + \gamma_{Q3} * \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$$

dove:

G_1 peso di tutti gli elementi strutturali

G_2	peso proprio di tutti gli elementi non strutturali
Q_{k1}	azione variabile dominante
Q_{ki}	azioni variabili che possono agire contemporaneamente a quella dominante

Il ritiro e la viscosità nelle NTC sono indicate genericamente come azioni permanenti G (punto 2.5.1.3).

Fra i carichi variabili si distinguono:

Q	carichi da traffico
Q_T	azioni termiche
Q_w	azione del vento

I valori dei coefficienti parziali e dei coefficienti di combinazione ψ nel caso dei ponti stradali sono indicati rispettivamente nelle Tab.5.1.V e Tab.5.1.VI delle NTC, tabelle che vengono di seguito riportate.

Tabella 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{e1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Tabella 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	----	0,75	0,0
Vento q_s	Vento a ponte scarico	0,6	0,2	0,0
	SLU e SLE			
	Esecuzione	0,8	----	0,0
Neve q_s	Vento a ponte carico	0,6		
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Temperatura	esecuzione	0,8	0,6	0,5
	T_k	0,6	0,6	0,5

Per le opere di luce maggiore di 300 m è possibile modificare i coefficienti indicati in tabella previa autorizzazione del Servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture, sentito il Consiglio Superiore dei lavori pubblici.

1.3.2.2 COMBINAZIONE RARA O CARATTERISTICA (SLE)

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \psi_{02} * Q_{k2} + \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$$

dove, per il significato dei simboli e per i valori dei coefficienti di combinazione ψ (relativi alle azioni variabili), si rimanda al paragrafo 1.3.2.1.

1.3.2.3 COMBINAZIONE FREQUENTE (SLE)

$$G_1 + G_2 + \psi_{11} Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$$

dove, per il significato dei simboli e per i valori dei coefficienti di combinazione ψ (relativi alle azioni variabili), si rimanda al paragrafo 1.3.2.1.

1.3.2.4 COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE (SLE)

$$G_1 + G_2 + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$$

dove, per il significato dei simboli e per i valori dei coefficienti di combinazione ψ (relativi alle azioni variabili), si rimanda al paragrafo 1.3.2.1.

1.3.2.5 COMBINAZIONE ECCEZIONALE (SLU)

$$G_1 + G_2 + A_d + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$$

dove, per il significato dei simboli e per i valori dei coefficienti di combinazione ψ (relativi alle azioni variabili), si rimanda al paragrafo 1.3.2.1.

1.3.2.6 COMBINAZIONE SISMICA (SLV)

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

$$G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

I valori del coefficiente ψ_{2i} sono quelli riportati nella tabella 2.5.I della norma; la stessa propone nel caso di ponti, e più in generale per opere stradali, di assumere per i carichi dovuti al transito dei mezzi $\psi_{2i} = 0.2$ (condizione cautelativa). Data la natura dell'opera in progetto, così come previsto dalla norma, si assume $\psi_{2i} = 0.00$.

1.3.3 VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Le verifiche degli elementi strutturali verranno svolte secondo quanto prescritto dalla normative in vigore (DM 14/01/2008); i limiti tensionali massimi assunti sono riportati nel paragrafo specifico relativo alle caratteristiche dei materiali.

Per le parti strutturali costituenti l'impalcato (soletta, travi, traversi, cordoli) saranno svolte le verifiche allo stato limite ultimo per le condizioni di esercizio, nonché le verifiche a fessurazione per lo stato limite di esercizio.

Per quanto riguarda l'azione sismica, i suoi effetti sull'impalcato vanno valutati a ponte "scarico" (per i carichi dovuti al transito dei mezzi $\psi_2 = 0$, come si desume dal punto 3.2.4 e Tab.5.1.VI delle NTC, data la scarsa probabilità di avere la contemporaneità dei due eventi). I risultati relativi alla combinazione sismica non vengono riportati, essendo per l'impalcato più severa la condizione sotto l'azione dei carichi da traffico.

1.4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

La presente relazione è inscindibile dagli elaborate grafici e dai seguenti documenti:

	A1_4_20_2_1 Relazione di Calcolo Impalcato
A1_4_20_2_2	Relazione di Calcolo Soletta
A1_4_20_2_3	Relazione di Calcolo apparecchi di Appoggio e Giunti
A1_4_20_2_4	Relazione di Calcolo Spalla SA - Lato Trento
A1_4_20_2_5	Relazione di Calcolo Spalla SB - Lato Modena
A1_4_20_2_6	Relazione di Calcolo Pile

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

I calcoli sviluppati nel seguito sono svolti secondo il Metodo degli Stati Limite e nel rispetto della normativa vigente; in particolare si sono osservate le prescrizioni riportate nel cap.2 della relazione A1_4_20_1-Relazione Tecnica e Illustrativa, facente parte del progetto in oggetto.

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per le parti strutturali di nuova costruzione si prevede l'impiego di materiali come prescritti dal Decreto Ministeriale 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni": le parti esistenti fanno riferimento a materiali con proprietà relative all'epoca di realizzazione (vedasi cap.3 della relazione A1_4_20_1).

3.1 TABELLA RIASSUNTIVA CLASSI DI ESPOSIZIONE SECONDO NORMATIVA UNI EN 206-1

Tab 2

Classi di esposizione ambientale secondo UNI EN 206-1								
Classe di esposizione ambientale	Descrizione dell'ambiente di esposizione	Esempi di condizioni ambientali	UNI 3833	A/C massimo	Contenuto minimo di cemento kg/m ³	Rok minima N/mm ²	Contenuto minimo di aria %	Copriferro minimo Mm
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco								
X0	Molto secco	Cls per interni di edifici con umidità dell'aria molto bassa	1	-		C12/15	-	15
2 Composizione delle armature per effetto della carbonatazione								
XC1	Secco o permanentemente bagnato	Cls per interni di edifici con umidità relativa bassa o immerso in acqua	2a	0,65	260	C20/25	-	20
XC2	Bagnato, raramente secco	Superfici in cls a contatto con acqua per lungo tempo es. fondazioni	2a	0,60	280	C25/30	-	20
XC3	Umidità moderata	Cls per interni con umidità relativa moderata o alta e cls all'esterno protetto dalla pioggia	5a	0,55	280	C30/37	-	30
XC4	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Superfici in cls a contatto con l'acqua, non nella classe XC2.	4a, 5b	0,50	300	C30/37	-	30
3 Composizione delle armature per effetto dei cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare								
XD1	Umidità moderata	Superfici in cls esposte a nebbia salina	5a	0,55	300*	C30/37	-	30
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Piscine; cls esposto ad acque industriali contenenti cloruri	4a, 5b	0,55	300	C30/37	-	30
XD3	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri, pavimentazioni di parcheggi	5c	0,45	320	C35/45	-	40
4 Composizione delle armature indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare								
XS1	Esposto alla nebbia salina ma non all'acqua di mare	Strutture prossime o sulla costa	4a, 5b	0,50	300	C30/37	-	30
XS2	Permanentemente sommerso	Parti di strutture marine	5c	0,45	320	C35/45	-	40
XS3	Zone esposte alle onde o alla marea	Parti di strutture marine	5c	0,45	340	C35/45	-	40
5 Attacco dei cicli di gelo/sgelo o cono senza sali disgelanti								
XF1	Moderata saturazione d'acqua in assenza di sali disgelanti	Superfici verticali in cls esposte alla pioggia e al gelo	2b	0,55	300	C30/37	-	30
XF2	Moderata saturazione d'acqua in presenza di sali disgelanti	Superfici verticali in cls di strutture stradali esposte al gelo e nebbia dei sali disgelanti	3, 4b	0,55	300	C25/30	4,0 e aggregati resistenti al gelo/sgelo	30
XF3	Elevata saturazione d'acqua in assenza di sali disgelanti	Superfici orizzontali in cls esposte alla pioggia e al gelo	2b	0,50	320	C30/37	4,0 e aggregati resistenti al gelo/sgelo	30
XF4	Elevata saturazione d'acqua in presenza di sali disgelanti o acqua di mare	Strade e impalcati da ponte esposti ai sali disgelanti. Superfici in cls esposte direttamente a nebbia contenente sali disgelanti	3, 4b	0,45	340	C30/37	4,0 e aggregati resistenti al gelo/sgelo	40
6 Attacco chimico								
XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)	-	5a	0,55	300	C30/37	-	30
XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)	-	4*, 5b	0,50	320 cemento resistente ai solati	C30/37	-	30
XA3	Ambiente chimico fortemente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)	-	5c	0,45	360 cemento resistente ai solati	C35/45	-	40

Le prescrizioni relative all'elemento in oggetto sono riportate nella tabella seguente.

Conglomerato cementizio per elementi strutturali:

ELEMENTO	CLASSE DI ESPOSIZIONE	CLASSE DI RESISTENZA MINIMA (Mpa)	COPRIFERRO (mm)	CLASSE DI CONSISTENZA	CLASSE DI CONTENUTO IN CLORURI	DIMENSIONE MASSIMA NOMINALE DEGLI AGGREGATI (mm)
IMPALCATI GETTATI IN OPERA	XC4+XF4	C32/40	40	S4/S5	0.45 (+4%)	25

3.2 PARAMETRI DI IDENTIFICAZIONE PER LA VERIFICA A FESSURAZIONE

Nel capitolo 4 del DM 14.01.2008 si identificano i parametri a cui fare riferimento per la verifica a fessurazione.

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 4.1.IV – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w _s	Stato limite	w _s
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	≤ w ₂	ap. fessure	≤ w ₃
		quasi permanente	ap. fessure	≤ w ₁	ap. fessure	≤ w ₂
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	≤ w ₁	ap. fessure	≤ w ₂
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ w ₁
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	≤ w ₁
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ w ₁

w₁, w₂, w₃ sono definiti al § 4.1.2.2.4.1, il valore di calcolo w_d è definito al § 4.1.2.2.4.6.

ELEMENTO	Classe di esposizione	Gruppo di esigenza	Combinazione	w _d
IMPALCATI GETTATI IN OPERA	XC4+ XF4	c	frequente	0.2
			quasi permanente	0.2

3.3 CALCESTRUZZO PER SOLETTA IMPALCATO

Per la realizzazione della soletta d'impalcato in cemento armato, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo in classe C32/40, che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza a compressione (cilindrica)	→	$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} =$	33.20 N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione	→	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 =$	18.37 N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione elastica	→	$\sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} =$	19.92 N/mm ²
Resistenza a trazione media	→	$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} =$	3.10 N/mm ²
Resistenza a trazione	→	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} =$	2.17 N/mm ²
Resistenza a trazione di calcolo	→	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c =$	1.44 N/mm ²

3.4 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo B450C controllato in stabilimento, che presentano le seguenti caratteristiche:

Proprietà	Requisito
Limite di snervamento f_y	≥ 450 MPa
Limite di rottura f_t	≥ 540 MPa
Allungamento totale al carico massimo A_{gt}	$\geq 7\%$
Rapporto f_t/f_y	$1,13 \leq R_m/R_c \leq 1,35$
Rapporto $f_{y \text{ misurato}}/f_{y \text{ nom}}$	$\leq 1,25$

Tensione di snervamento caratteristica	→ $f_{yk} \geq$	450.00 N/mm ²
Tensione caratteristica a rottura	→ $f_{tk} \geq$	540.00 N/mm ²
Tensione di calcolo elastica	→ $\sigma_c = 0.80 * f_{yk} =$	360.00 N/mm ²
Fattore di sicurezza acciaio	→ $\gamma_s =$	1.15
Resistenza a trazione di calcolo	→ $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s =$	391.30 N/mm ²

3.5 STRUTTURE METALLICHE

3.5.1 ACCIAIO

Materiale secondo UNI EN 10025 (laminati), UNI EN 102109-1 (tubi saldati)

Per le travi ed i traversi a sostegno dell'impalcato si prevede l'impiego di acciaio da carpenteria tipo S355 (ex Fe 510) con le seguenti caratteristiche:

Tensione di snervamento caratteristica	→ $f_{yk} \geq$	355.00 N/mm ²
Tensione caratteristica a rottura	→ $f_{tk} \geq$	510.00 N/mm ²
Fattore di sicurezza acciaio	→ γ_s	A seconda della verifica
Resistenza a trazione di calcolo	→ $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s =$	284.00 N/mm ²
Modulo elastico	→ $E_s =$	206000 N/mm ²

(*) Il valore del coeff. parziale di sicurezza dell'acciaio sarà precisato volta per volta in funzione della verifica.

Elementi principali composti per saldatura.

3.5.2 BULLONI

Giunzioni a taglio

Per i collegamenti di controventi sono previsti giunzioni a taglio, le cui caratteristiche dimensionali dovranno essere conformi alle norme UNI EN ISO 4016: 2002 e UNI 5592: 1968.

Classi secondo UNI EN ISO 898-1: 2001

Viti classe 8.8 (UNI 14399: 2005), Dadi classe 8 (UNI 14399: 2005)

Giunzioni ad attrito

Per il collegamento dei traversi di impalcato sono previsti giunzioni ad attrito con bulloni classe 10.9.

Tabella 11.3.XII.a

	Normali			Ad alta resistenza	
Vite	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
Dado	4	5	6	8	10

Le tensioni di snervamento f_{yb} e di rottura f_{tb} delle viti appartenenti alle classi indicate nella precedente tabella 11.3.XII.a sono riportate nella seguente tabella 11.3.XII.b:

Tabella 11.3.XII.b

Classe	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
F_{yb} (N/mm ²)	240	300	480	649	900
F_{tb} (N/mm ²)	400	500	600	800	1000

I bulloni per giunzioni ad attrito devono essere conformi alle prescrizioni della Tab. 11.3.XIII Viti e dadi, devono essere associati come indicato nella Tab. 11.3.XII.

Tabella 11.3.XIII

Elemento	Materiale	Riferimento
Viti	8.8 – 10.9 secondo UNI EN ISO 898-1 : 2001	UNI EN 14399 :2005 parti 3 e 4
Dadi	8 - 10 secondo UNI EN 20898-2 :1994	
Rosette	Acciaio C 50 UNI EN 10083-2: 2006 temperato e rinvenuto HRC 32÷ 40	UNI EN 14399 :2005 parti 5 e 6
Piastrine	Acciaio C 50 UNI EN 10083-2: 2006 temperato e rinvenuto HRC 32÷ 40	

Gli elementi di collegamento strutturali ad alta resistenza adatti al precarico devono soddisfare i requisiti di cui alla norma europea armonizzata UNI EN 14399-1, e recare la relativa marcatura CE.

3.5.3 SALDATURE

Esecuzione secondo UNI EN 1011: 2005.

Preparazione lembi secondo UNI EN ISO 9692-1: 2005.

Controlli secondo UNI EN 12062: 2004

3.5.4 PIOLI

Secondo UNI EN ISO 13918

Pioli tipo Nelson (diametro ed altezza come da elaborati grafici):

Acciaio ex ST37-3K (S235J2G3+C450)

Tensione di snervamento → $f_y \geq$ 350.00 N/mm²

Tensione di rottura → $f_t \geq$ 450.00 N/mm²

3.6 COPRIFERRI

Impalcato - Si adottano copriferrì pari a:

	Copriferrò - c_{\min} [mm]
Soletta	40

4 CODICI DI CALCOLO

Per il dimensionamento delle strutture facenti parte del ponte in oggetto sono stati utilizzati programmi come descritto nella relazione A1_4_20_1: si riassumono di seguito i programmi di calcolo utilizzati.

1. SAP 2000

Nome software	N° revisione	Data revisione	Estensore	Data d'acquisto	Data validazione
SAP 2000	14.1.0	11 Ottobre 2010	CSI	10.09.2009	(fare riferimento al produttore)

2. ENG - SIGMAC

Nome software	N° revisione	Data revisione	Estensore	Data d'acquisto	Data validazione
Eng	8.15	Dicembre 2009	SIGMAc Soft		(fare riferimento al produttore)

5 CALCOLO DELLA STRUTTURA - IMPALCATO

5.1 CRITERI DI CALCOLO

L'impalcato in struttura mista del ponte è stato analizzato mediante la modellazione tridimensionale dello stesso nella sua interezza; questa scelta è stata resa necessaria dalla forte obliquità del ponte che, associata al ridotto rapporto fra larghezza dell'impalcato e lunghezza delle campate, comporta un accentuato comportamento spaziale non rilevabile mediante modellazioni piane.

La modellazione è stata sviluppata mediante il programma di calcolo ad elementi finiti **SAP2000 Advanced v.14.1** e, per tenere conto dell'effetto delle fasi costruttive sullo stato sollecitativo e tensionale, sono stati realizzati tre distinti modelli:

- Modello 1 ("DEAD"): si riferisce alla fase di struttura metallica completa e di soletta gettata ma non collaborante. E' utilizzato per la valutazione degli effetti indotti dai pesi propri strutturali;
- Modello 2 ("n18"): si riferisce all'impalcato misto acciaio/calcestruzzo completo e sottoposto ad azioni di lunga durata ed al ritiro. E' ottenuto considerando le proprietà inerziali degli elementi metallici e della soletta collaborante omogeneizzata ad acciaio con coefficiente $n=18$;
- Modello 3 ("n6"): si riferisce all'impalcato misto acciaio/calcestruzzo completo e sottoposto ad azioni di breve durata. E' ottenuto considerando le proprietà inerziali degli elementi metallici e della soletta collaborante omogeneizzata ad acciaio con coefficiente $n=6$.

Il valore dei moduli di elasticità dei materiali adottati, in relazione a quanto precedentemente detto, è pari a:

$$E_s = \text{modulo di elasticità dell'acciaio} = 2.06 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{c,n18} = \text{modulo di elasticità del calcestruzzo per fenomeni lenti} = 1.14 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{c,n6} = \text{modulo di elasticità del calcestruzzo per fenomeni veloci} = 3.43 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$$

I controventamenti diagonali posti presso l'estradosso delle travi metalliche principali sono concepiti per irrigidire l'impalcato prima che la soletta collaborante sia efficace strutturalmente; in condizioni di esercizio la loro azione è ridottissima per la presenza della soletta: questi elementi vengono quindi presi in conto unicamente nel Modello 1, dove la soletta non è efficiente, mentre nei Modelli 2 e 3 non se ne considera la presenza a favore di sicurezza.

Nel calcolo delle sollecitazioni nelle sezioni soggette a momento positivo, nei modelli 2 e 3, si tiene conto della riduzione di rigidità della sezione composta in prossimità degli appoggi interni per la fessurazione della soletta, trascurando il contributo inerziale del calcestruzzo sul tratto di lunghezza in cui nasce momento flettente negativo e mettendo comunque in conto il contributo inerziale delle armature presenti entro la larghezza collaborante (Figura 5-1).

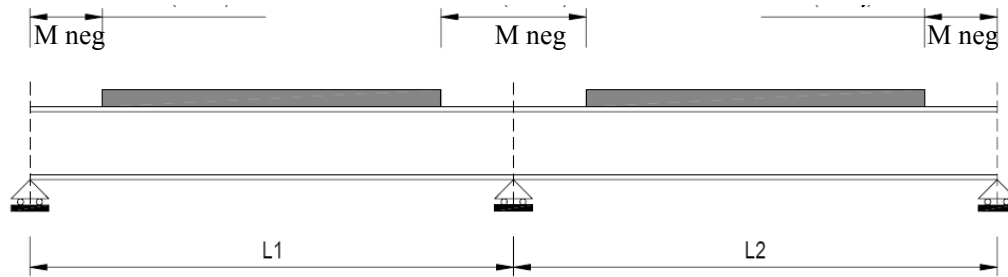


Figura 5-1 Effetti dovuti alla fessurazione (per i “modelli fessurati”)

I modelli 2 e 3 utilizzati nel calcolo delle sollecitazioni sono quindi sviluppati in due versioni, una “fessurata” (modelli SAP 2000 denominati “MEZZ”), con rigidezza della sezione ridotta nelle zone di momento negativo, ed una “non fessurata” (modelli denominati “APP”), con rigidezza della sezione uniforme lungo tutto l’impalcato: i modelli “fessurati” vengono utilizzati per determinare le sollecitazioni nelle sezioni soggette a momento flettente positivo, i modelli “non fessurati” vengono utilizzati per determinare le sollecitazioni nelle sezioni soggette a momento flettente negativo.

Per la determinazione della lunghezza del tratto fessurato della soletta ci si riferisce al par. 4.3.2.2.1 comma 3 delle NTC08: considerando i risultati di entrambi i metodi proposti ci si riferisce al primo, ossia alla valutazione delle zone soggette a momento flettente negativo sul modello, che dà risultati più severi. Le immagini seguente rappresentano la sezione longitudinale dell’impalcato, con la denominazione delle pile e delle spalle che sarà adottata nel seguito della relazione ed il diagramma del momento dovuto al peso proprio dell’impalcato, sulla base del quale si sono definite le zone fessurate della soletta.

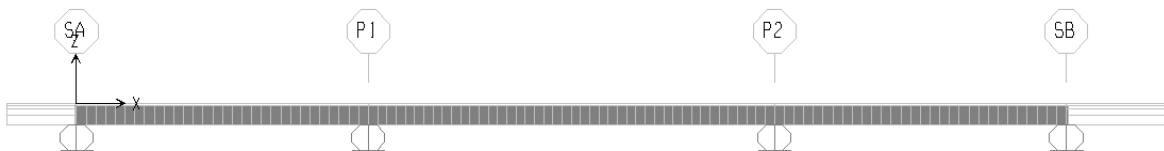


Figura 5-2 Sezione longitudinale schematica impalcato (Spalla SA lato Verona, spalla SB Mantova)

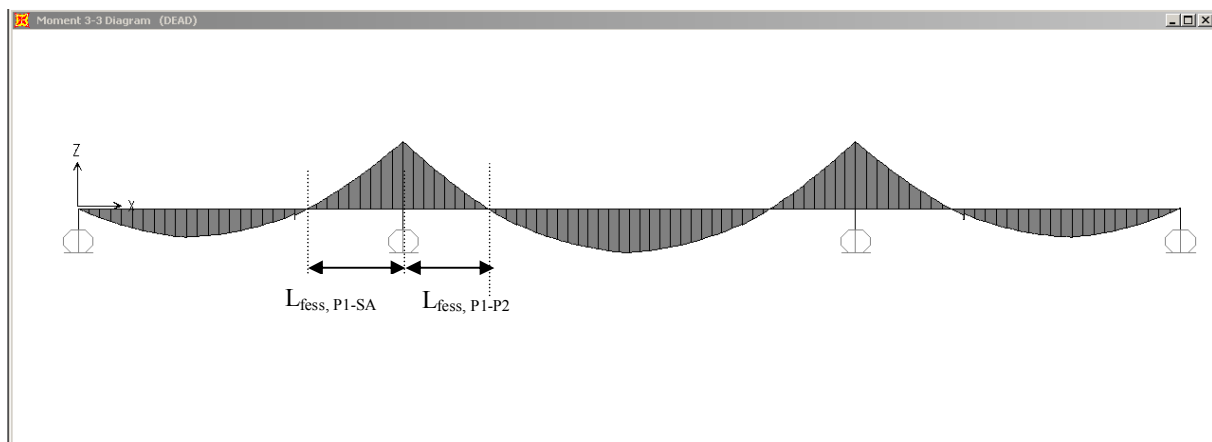


Figura 5-3 Modello 1: diagramma. mom. flettente condizione “DEAD” e definizione tratti di soletta fessurata

La lunghezza dei tratti fessurati assunta è la seguente:

$L_{fess, P1-SA}$ = lunghezza tratto fessurato campata corta =5.0m

$L_{fess, P1-P2}$ = lunghezza tratto fessurato campata lunga =4.2m

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

- Sezione Tipo 1: proprietà inerziali della sola membratura metallica soggetta alle sollecitazioni dovute al peso proprio dell'acciaio e della soletta di calcestruzzo.
- Sezione Tipo 2: proprietà inerziali ideali della sezione mista con calcestruzzo omogeneizzato all'acciaio con coefficiente di omogeneizzazione $n = 6$. La sezione è utilizzata per le sollecitazioni prodotte dalle azioni di breve durata nelle regioni a momento flettente positivo.
- Sezione Tipo 3: proprietà inerziali ideali della sezione mista con calcestruzzo omogeneizzato all'acciaio con coefficiente di omogeneizzazione $n = 18$. La sezione è utilizzata per le sollecitazioni prodotte dai sovraccarichi permanenti e dal ritiro nelle regioni a momento flettente positivo.
- Sezione Tipo 4: proprietà inerziali della sezione costituita dalla membratura metallica e dalle barre di armatura con esclusione del calcestruzzo. La sezione è utilizzata nelle regioni a momento flettente negativo.

Condizioni sismiche

Il criterio di dimensionamento per l'impalcato in condizioni sismiche è che esso non subisca danni per le azioni corrispondenti allo SLV, ossia per effetto delle massime sollecitazioni indotte dall'azione sismica di progetto (punto 7.9.5.3).

La verifica di resistenza risulta superflua per le azioni sismiche orizzontali, mentre viene effettuata per le azioni sismiche verticali; si rammenta come, secondo la Norma, tale verifica è richiesta per i soli siti ricadenti in zona 1 e zona 2, mentre la nostra opera è in zona 3.

5.1.1 MODELLO 3D

La modellazione dell'impalcato in ciascuna fase è realizzata con l'ausilio del programma di calcolo ad elementi finiti **SAP2000 Advanced v.14**, schematizzando le membrature metalliche con elementi lineari tipo "beam" ("Frame" nella denominazione del programma SAP2000 di seguito adottata) e la soletta con una stesa di elementi bidimensionali tipo "shell", a cui sono assegnate le relative caratteristiche geometrico-inerziali.

Tutti gli elementi sono posizionati in corrispondenza del loro asse baricentrico, e se non complanari sono collegati reciprocamente da elementi di rigidità infinita.

Gli *shell* della soletta sono implementati con spessore costante pari a $s=30\text{cm}$, mentre i cordoli di bordo sono stati unicamente considerati come peso portato senza significato inerziale.

L'intera struttura risulta vincolata tramite gli apparecchi di appoggio posizionati sulle spalle e sulle pile, con una disposizione tale da consentire all'impalcato di deformarsi nelle due direzioni (longitudinale e trasversale).

La sezione trasversale dell'impalcato implementata nel modello è rappresentata nell'immagine seguente: si può notare che si è adottata una sezione trasversale della soletta costante lungo lo sviluppo del ponte, senza tenere conto della modestissima variazione della larghezza dei cordoli per tener conto della sede viaria in curva; si è comunque considerata la maggior larghezza che la soletta raggiunge nel suo sviluppo.

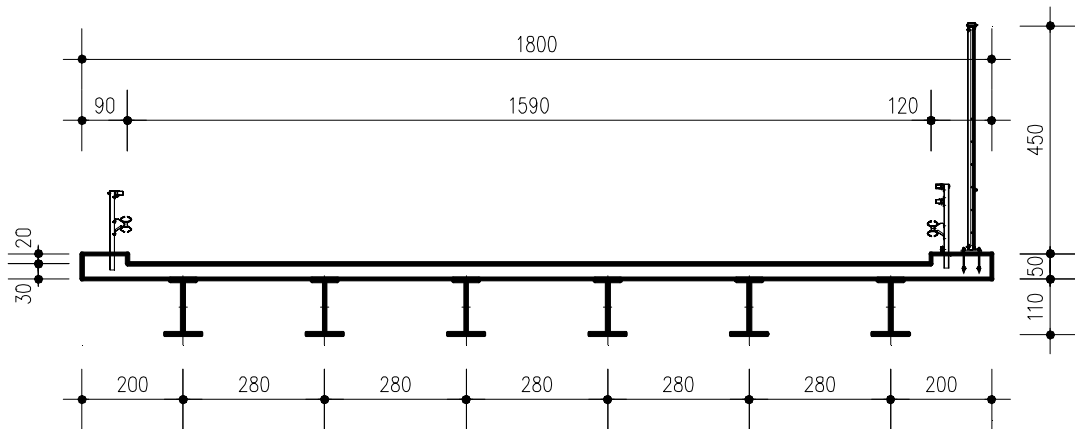


Figura 5-4 Sezione trasversale dell'impalcato considerata per la definizione dei modelli SAP2000

Nelle figure seguenti sono riportate immagini dei modelli 3D implementati per il calcolo.

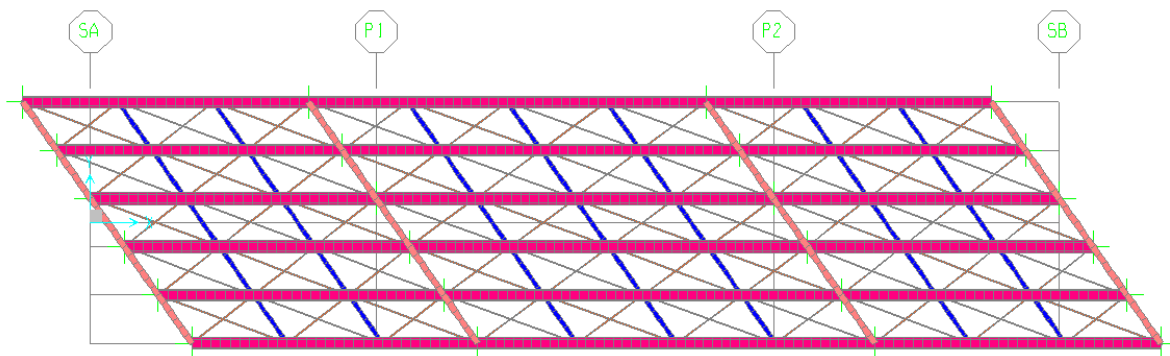


Figura 5-5 Modello 1: pianta del modello

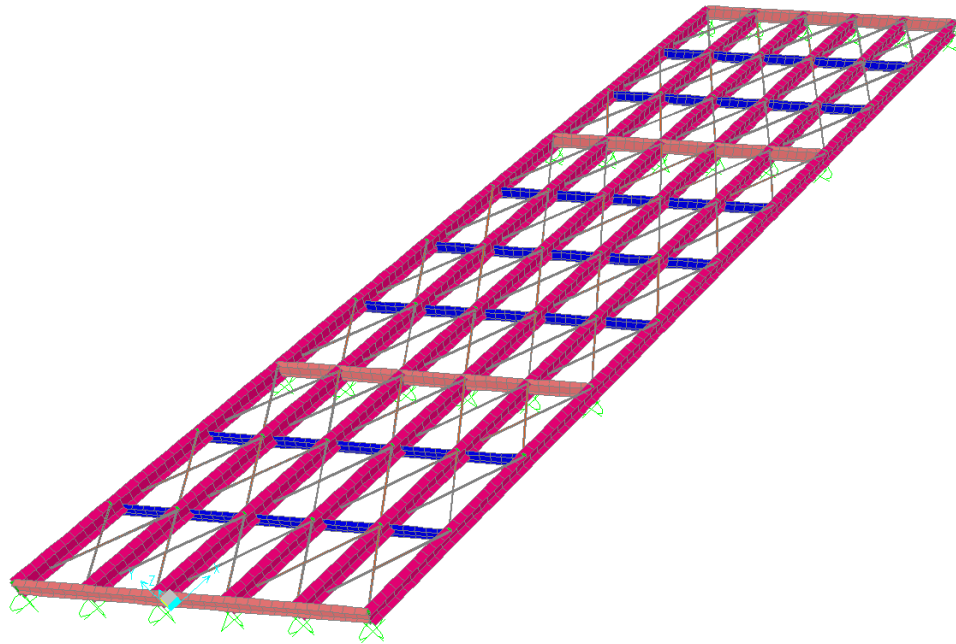


Figura 5-6 Modello 1: vista generale del modello. Si nota l'assenza della soletta e la presenza dei controventi

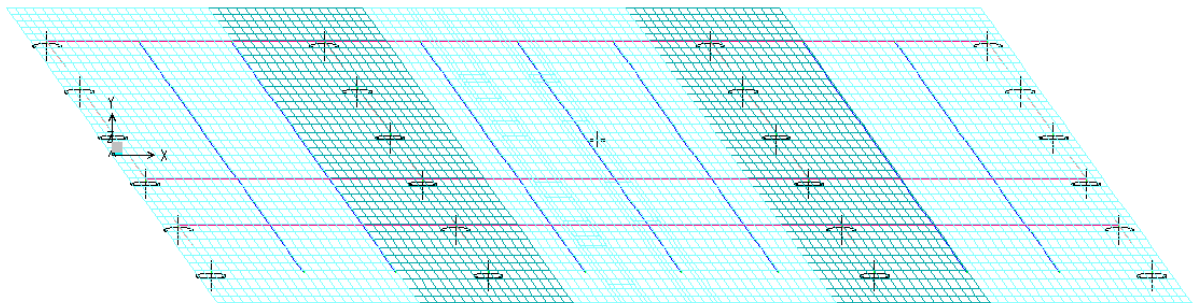


Figura 5-7 Modelli 2 e 3: pianta del modello. Si nota l'assenza dei controventi e le zone di soletta fessurata (in celeste scuro)

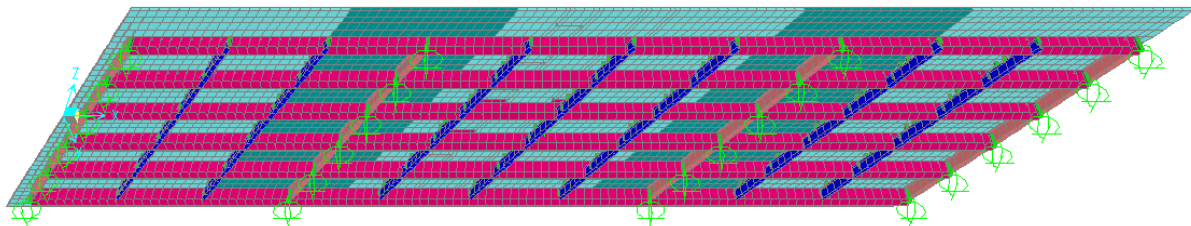


Figura 5-8 Modelli 2 e 3: vista generale del modello. Si nota l'assenza dei controventi e le zone di soletta fessurata (in celeste scuro)

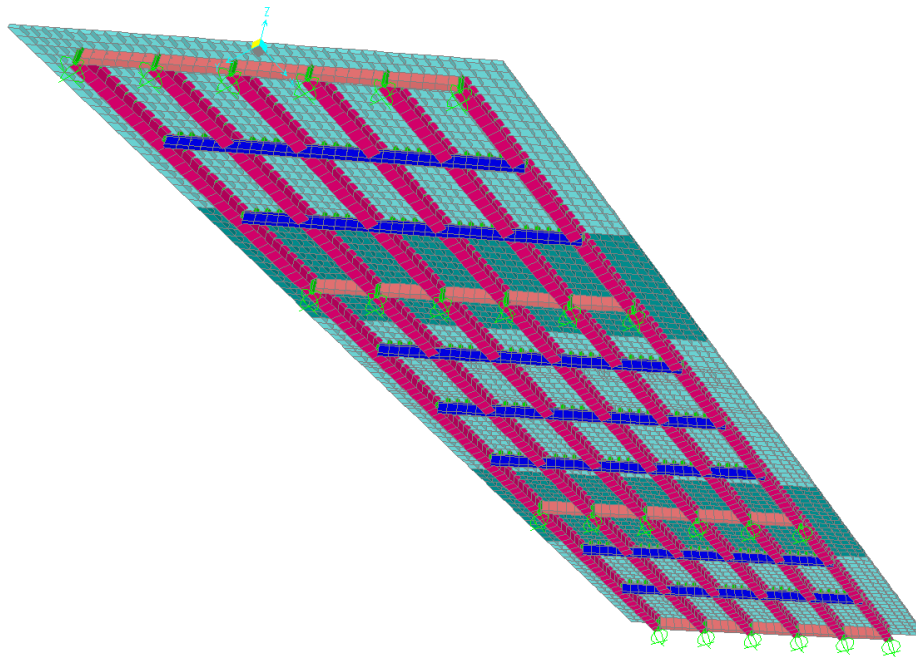


Figura 5-9 Modelli 2 e 3: vista generale del modello. Si nota l'assenza dei controventi e le zone di soletta fessurata (in celeste scuro)

5.2 ANALISI DEI CARICHI

5.2.1 PESO PROPRIO CARPENTERIA METALLICA

Il peso proprio della carpenteria metallica è determinato automaticamente dal programma di calcolo, considerando la sezione trasversale delle aste implementate ed il peso specifico dell'acciaio posto pari a:

$$\gamma_s = 78.80 \text{ kN/m}^3$$

Questo carico è inserito nella condizione di carico elementare "DEAD"

5.2.2 PESO PROPRIO SOLETTA

Il peso proprio della soletta è valutato in ragione di 25.00 kN/m^3 , per uno spessore di 30 cm.

L'azione viene implementata come carico lineare agente sulle travi principali, con intensità in funzione della larghezza di influenza. Avremo:

$$p = 25.00 \cdot 0.3 = 7.50 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{travi di bordo}} = 7.50 \cdot (2.8/2 + 2) = 25.50 \text{ kN/m}$$

$$q_{\text{interne}} = 7.50 \cdot 2.8 = 21.00 \text{ kN/m}$$

Questo carico è inserito nella condizione di carico elementare "g1_soletta"

5.2.3 CARICHI PERMANENTI

I carichi permanenti constano del peso della pavimentazione stradale, del peso della porzione dei cordoli perimetrali eccedenti lo spessore di 30cm, le velette, i parapetti e le barriere; la loro entità è la seguente:

$P_{\text{pavimentazione}}$	=	3.00 kN/m ²
$P_{\text{cordoli}} = 25.00 \cdot 0.2$	=	50.00 kN/m ²
$P_{\text{parapetto+veletta}}$	=	2.50 kN/m
$P_{\text{parapetto+veletta+barriera}}$	=	7.50 kN/m

I carichi distribuiti superficiali sono applicati come carichi uniformi sugli *shell* della soletta, mentre i carichi lineari sono applicati a *frame* fittizi privi di rigidezza disposti lungo i cordoli.

Questi carichi sono inseriti nella condizione di carico elementare “g2_perm”.

I grafici seguenti riportano la distribuzione di tali carichi sull’impalcato.

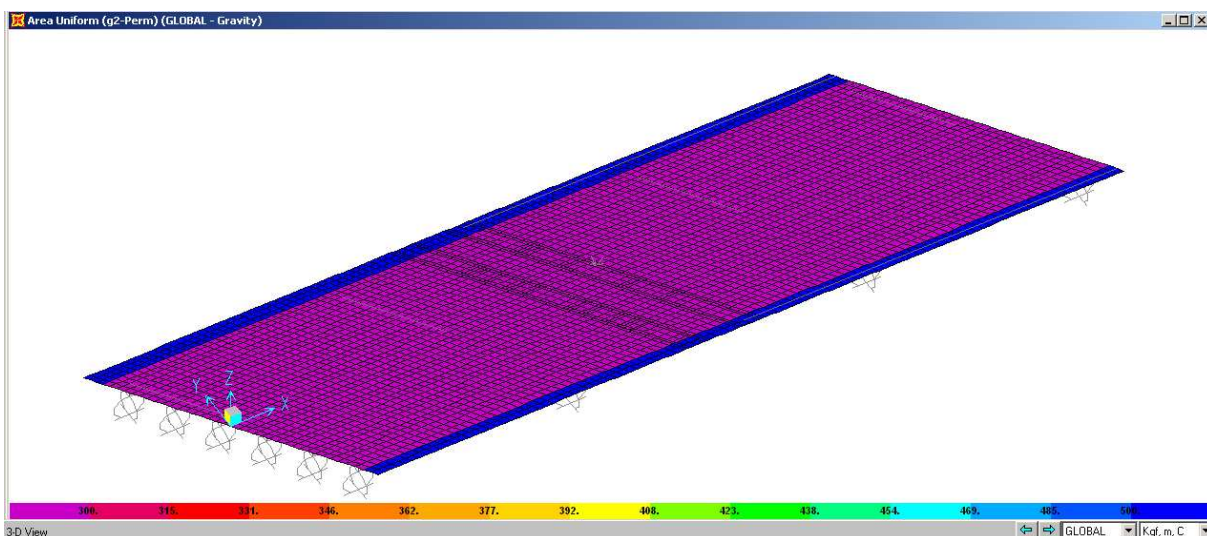


Figura 5-10 Condizione “g2_perm”: carichi distribuiti superficiali

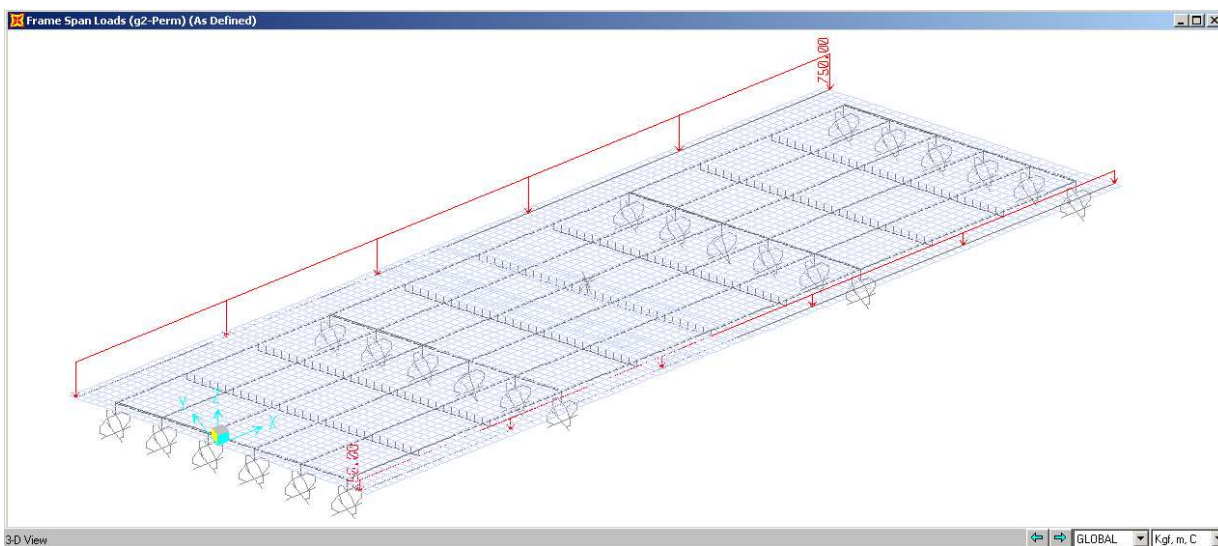


Figura 5-11 Condizione “g2_perm”: carichi distribuiti lineari

5.2.4 EFFETTI DOVUTI AL RITIRO DELLA SOLETTA

Si assume per la deformazione totale da ritiro l'espressione fornita dal par.11.2.10.6 della Norma:

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca}$$

dove i due termini sono determinati di seguito. Si rammenta che la sezione di calcestruzzo soggetta a ritiro è solo quella gettata in opera, ragion per cui per la determinazione degli effetti del ritiro si detrairà allo spessore della soletta quello delle coppelle prefabbricate delle predalles, per uno spessore pari a $s=6.0\text{cm}$.

Avremo

$$\varepsilon_{cd} = \varepsilon_{c0} * k_h$$

Riferendosi alla tab. 11.2.Va, considerando prudenzialmente $f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$ e l'umidità relativa pari al 60% avremo per interpolazione

$$\varepsilon_{c0} = (0.49+0.38)*10^{-3}/2 = 0.435*10^{-3}$$

Considerando che l'area della sezione in calcestruzzo della soletta A_c ed il perimetro della sezione esposta u sono rispettivamente pari a

$$A_c = 18.00*0.24 = 4.32 \text{ m}^2$$

$$u = 18+0.24*2 = 18.48 \text{ m}$$

avremo

$$h_0 = 2*A_c/u = 2*4.32/18.48*10^3 = 467 \text{ mm}$$

$$k_h = 0.7$$

$$\varepsilon_{cd, \infty} = 0.7*0.435*10^{-3} = 30.45*10^{-5}$$

Il valor medio del ritiro per deformazione autogena è pari a

$$\varepsilon_{ca, \infty} = -2.5*(f_{ck} - 10)*10^{-6} = -2.5*(30-10)*10^{-6} = 5.00*10^{-5}$$

ed infine la deformazione totale da ritiro a tempo infinito sarà pari a

$$\varepsilon_{cs, \infty} = \varepsilon_{cd, \infty} + \varepsilon_{ca, \infty} = (30.45 + 5.00)*10^{-5} = 35.45*10^{-5}$$

Le sollecitazioni sull'impalcato dovute al ritiro sono determinate riferendosi al metodo dell'equilibrio, considerando una prima fase in cui agisce il ritiro ed alla soletta è impedita la deformazione assiale, ed una seconda fase in cui all'impalcato si applica l'azione dei vincoli ausiliari della prima fase cambiati di segno.

Le sollecitazioni sulle travi metalliche saranno quindi quelle determinate dalla seconda fase, mentre quelle sulla soletta saranno relative alla somma delle due fasi.

La tensione normale di trazione indotta sulla soletta in prima fase è pari a

$$\sigma_{c,r} = \varepsilon_{cs, \infty} * E_{c, n18} = 35.45*10^{-5} * 1.14*10^4 = 4.013 \text{ N/mm}^2$$

Lo sforzo di compressione complessivo che agisce sull'impalcato in corrispondenza dell'asse mediano della soletta in seconda fase è pari a

$$N_{c,r\infty} = \sigma_{c,r} * A_c = 40.13*18000*240 = 17336 \text{ kN}$$

Tale azione viene implementata come forza concentrata sui nodi ("joint" secondo la denominazione del SAP2000) di estremità della soletta, con intensità pari a

$$n_{c,r} = N_{c,r\infty} / n_{\text{nodi}} = 17336 / 40 = 433.4 \text{ kN}$$

Questo carico è inserito nella condizione di carico elementare "e2_ritiro".

Le immagini seguenti riportano rispettivamente lo schema statico adottato per il calcolo delle azioni da ritiro e la loro distribuzione sul modello di calcolo.

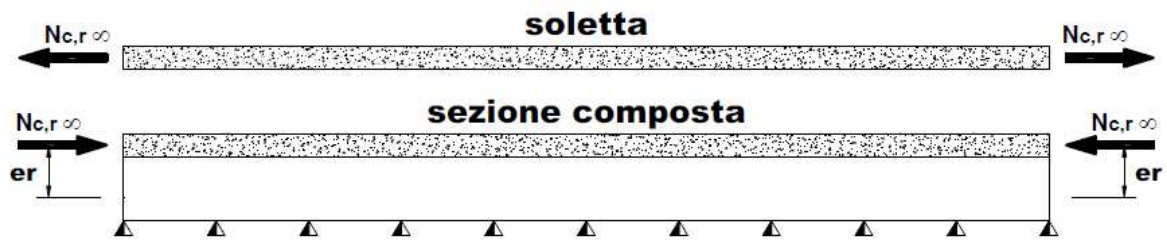


Figura 5-12 Schema statico per la determinazione delle azioni equivalenti al ritiro

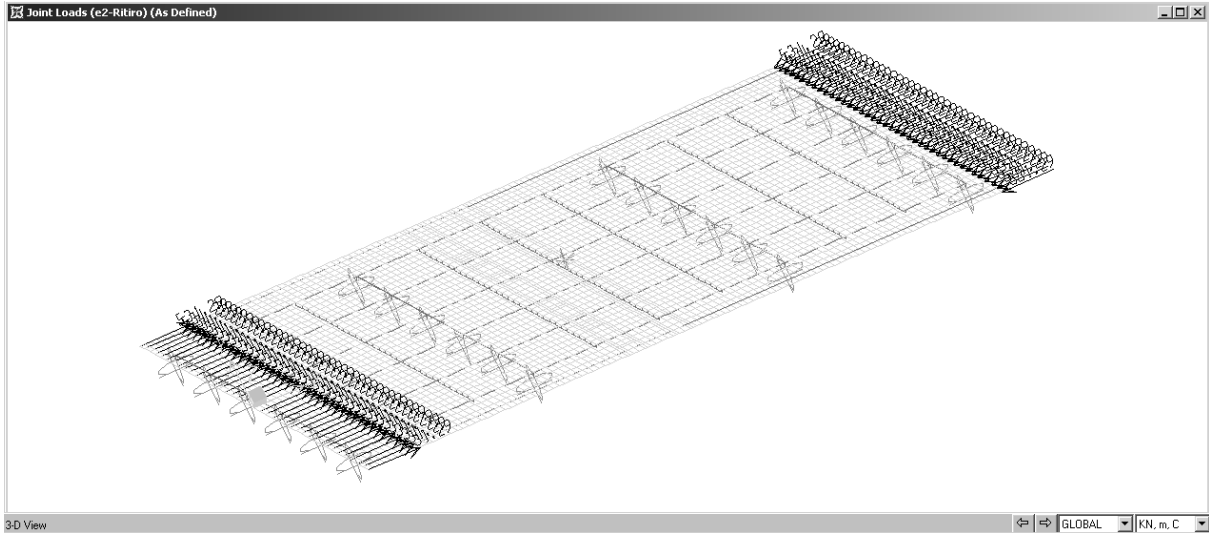


Figura 5-13 Condizione “e2_ritiro”: carichi applicati

5.2.5 EFFETTI DEL SALTO TERMICO $\Delta T = +10^\circ$ E $\Delta T = -5^\circ$ DELLA SOLETTA RISPETTO ALLA TRAVE

Le condizioni di squilibrio termico più significative per gli impalcato misti sono i salti termici fra soletta e travi metalliche. Si considerano due casi: salto termico di $+10^\circ$ e salto termico di -5° .

La determinazione delle azioni conseguenti a queste distorsioni si effettua in analogia a quanto fatto per il ritiro (vedi par.5.2.4).

Riferendosi al caso di salto termico $\Delta t = +10^\circ$, la deformazione relativa della soletta rispetto alle travi metalliche è pari a:

$$\epsilon_{\Delta t+10} = \Delta T * \alpha_s = 10 * 1 * 10^{-5} = 10 * 10^{-5}$$

La tensione di compressione che si determina nella prima fase nella soletta è pari a:

$$\sigma_{c,\Delta T+10} = - \epsilon_{\Delta t+10} * E_{c,n6} = - 10 * 10^{-5} * 3.43 * 10^4 = - 3.43 \text{ N/mm}^2$$

Lo sforzo di compressione complessivo che agisce sull'impalcato in corrispondenza dell'asse mediano della soletta in seconda fase è pari a

$$N_{c,\Delta t+10} = \sigma_{c,\Delta T+10} * A_c = - 3.43 * 18000 * 240 = - 14818 \text{ kN}$$

Tale azione viene implementata come forza concentrata sui nodi ("joint" secondo la denominazione del SAP2000) di estremità della soletta, con intensità pari a

$$n_{c,\Delta T+10} = N_{c,\Delta t+10} / n^\circ_{\text{nod}} = 14818 / 40 = 370.4 \text{ kN}$$

Questo carico è inserito nella condizione di carico elementare "e3_dT+10".

Le sollecitazioni relative al caso di salto termico $\Delta T = -5^\circ$ si ottengono moltiplicando i risultati ottenuti per il caso +10 per il coefficiente -0.5. tramite la definizione della condizione di carico "e3_dT-5".

Le immagini sottostanti riportano rispettivamente lo schema statico adottato per il calcolo delle azioni da distorsione termica e la loro distribuzione sul modello di calcolo.

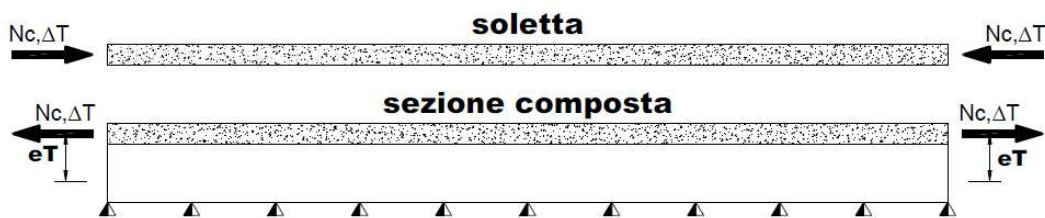


Figura 5-14 Azioni statiche equivalenti alla variazione termica positiva

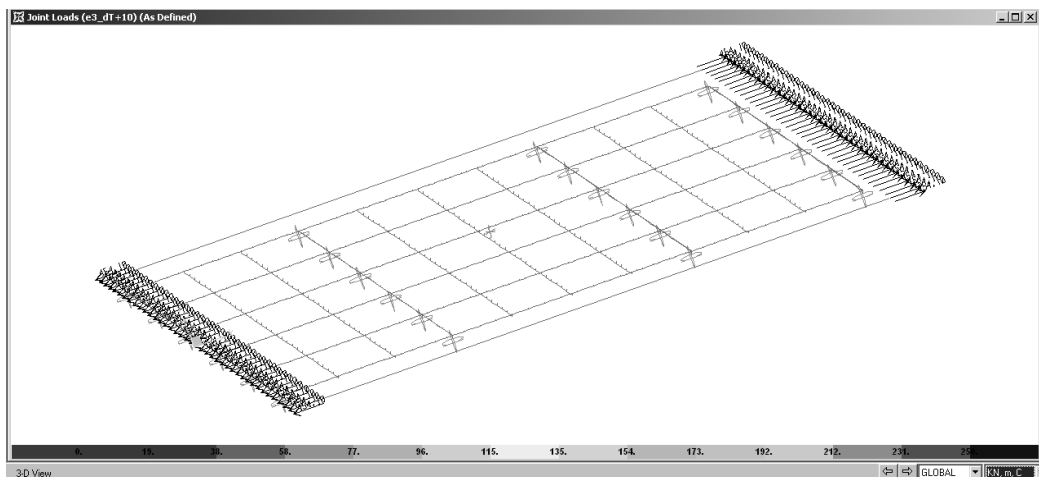


Figura 5-15 Condizione "e3_dT+10": carichi applicati

5.2.6 CEDIMENTI VINCOLARI

Si ipotizza l'entità di tali cedimenti sulla base delle istruzioni delle Ferrovie dello Stato. Tale documento suggerisce di assumere per essi un valore pari ad 1/5000 della luce delle campate afferenti sull'appoggio. Trattandosi di un fenomeno "lento", gli effetti prodotti dai cedimenti (qualora presi in considerazione) verranno determinati sul modello 2 (coeff. di omogeneizzazione $n=18$)

Si prevedono tre diverse condizioni di carico, così definite

- "e4_Ced_1": cedimento della pila P2, con conseguente nascita di momento negativo presso l'appoggio sulla pila P1;
- "e4_Ced_2": cedimento delle pile P1 e P2, con conseguente nascita di un momento positivo sull'impalcato, in particolare sulla campata lunga;
- "e4_Ced_Sa": cedimento della spalla Sa, con conseguente nascita di un momento negativo presso l'appoggio sulla pila P1.

L'entità di tali cedimenti sarà pari a:

$$\delta = L_{\text{media}} / 5000$$

ed in particolare

$$\delta_{P1, P2} = (16.6 + 23.1) / (2 \cdot 5000) = 3.97 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\delta_{Sa} = 16.6 / 5000 = 3.32 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Le figure successive descrivono l'assegnazione di tali distorsioni al modello di calcolo.

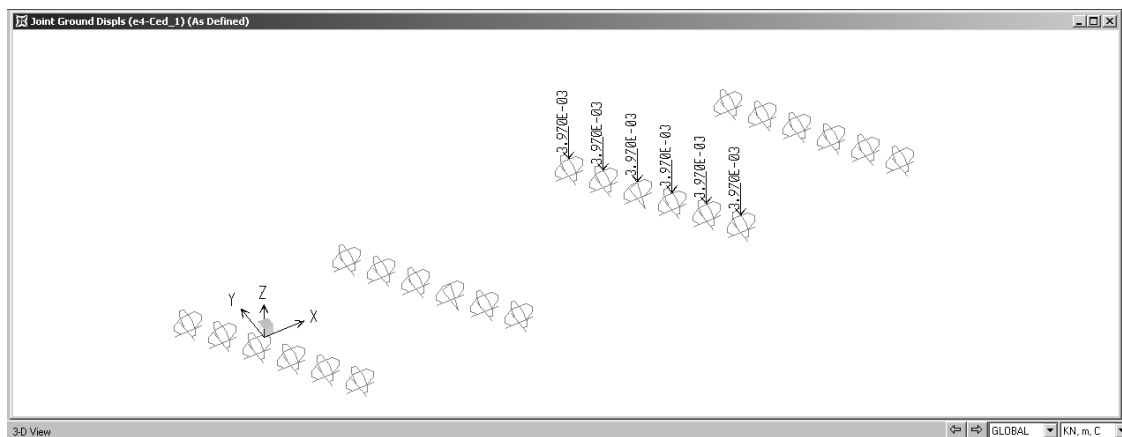


Figura 5-16 Condizione "e4_Ced_1": carichi applicati

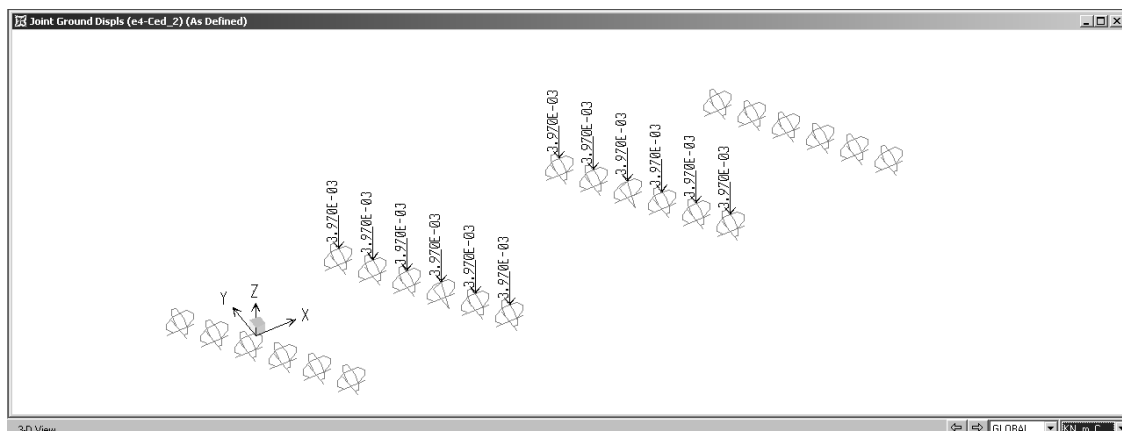


Figura 5-17 Condizione "e4_Ced_2": carichi applicati

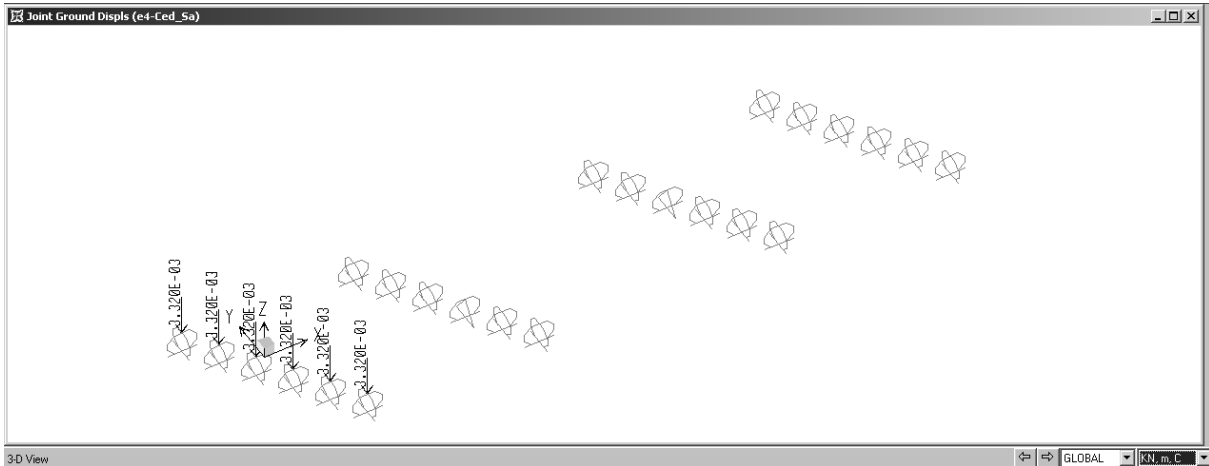


Figura 5-18 Condizione “e4_Ced_Sa”: carichi applicati

5.2.7 AZIONE DEL VENTO

L'azione del vento agente sull'impalcato è stata schematizzata con una forza statica con intensità per unità di superficie pari a:

$$p_v = 2.50 \text{ kN/m}^2$$

Considerando la geometria generale del ponte con i due impalcati adiacenti e la presenza sul lato esterno della barriera antirumore alta 4.50m, per la verifica di resistenza dell'impalcato la condizione di vento significativa è quella con direzione del vento trasversale allo stesso, e quindi ortogonale alla barriera.

L'entità delle azioni conseguenti a tale configurazione di carico, con riferimento alla Figura 5-19, sarà:

$$F_v = 2.50 \cdot (4.5 + 0.5 + 1.1) = 15.25 \text{ kN/m}$$

$$M_v = 2.50 \cdot 4.5^2 / 2 = 2.53 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

Si considererà la possibile azione del vento nei due versi; in particolare avremo le due condizioni di carico:

- “q5-Vento+ “: direzione del vento parallela all'asse Y e verso discorde;
- “q5-Vento- “: direzione del vento parallela all'asse Y e verso concorde;

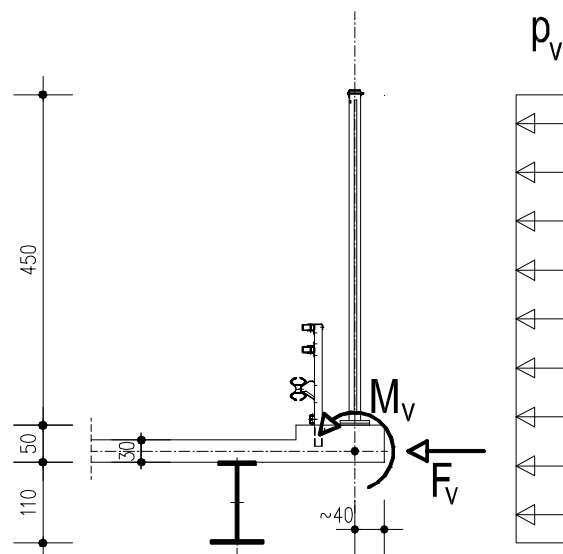
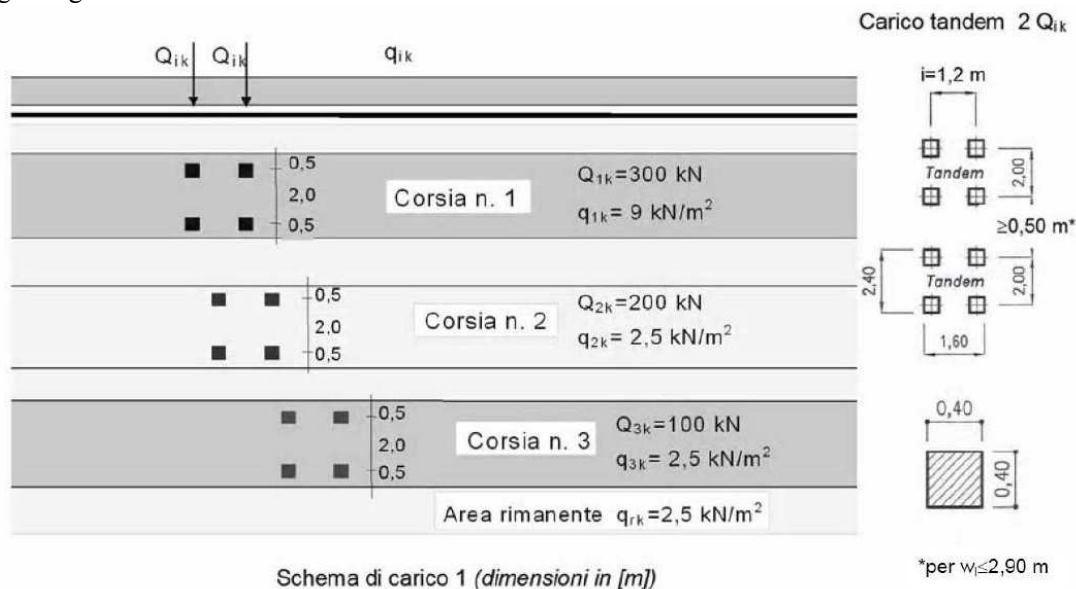


Figura 5-19 Dettaglio dell'estremità laterale dell'impalcato con individuazione delle azioni dovute al vento.

5.2.8 CARICHI VARIABILI DA TRAFFICO

Si considerano le azioni da traffico dello Schema di Carico 1, le cui caratteristiche sono riportate nella figura seguente:



La folla compatta, con valore di combinazione 2.50 kN/m^2 (Schema di Carico 5), non viene presa in considerazione perché non sono presenti né marciapiedi né piste ciclabili.

Nel modello sono implementate le disposizioni dei carichi che massimizzano le sollecitazioni nelle sezioni significative delle due travi di bordo, più sollecitate per la maggiore larghezza di soletta che sostengono e per il maggiore effetto dell'eccentricità dei carichi mobili su tali travi.

Ciascuna di queste disposizioni consta di 3 corsie di carico affiancate con larghezza convenzionale di ciascuna di 3.00 m , disposte trasversalmente per massimizzare il carico sulla trave di bordo, ossia l'eccentricità del carico, quindi con la *corsia 1* più esterna, con a fianco la *corsia 2* e questa a sua volta con a fianco la *corsia 3*; la larghezza della carreggiata di 15.90 m permetterebbe la compresenza di 5 colonne, ma le due più lontane dalla trave di bordo avrebbero un effetto alleggerente sulla stessa e non sono quindi considerate.

Sono effettuati 5 diversi posizionamenti longitudinali dei carichi "tandem" per ciascuna trave di bordo, così definiti:

- Sc_A: tandem in mezzzeria alla campata P1-P2, per determinare il massimo momento positivo in tale sezione;
- Sc_B: tandem con l'asse a 7.40 m dalla pila P1, per determinare il massimo momento negativo nella sezione di pila P1;
- Sc_C: tandem con asse a 6.00 m dalla spalla SA, per determinare il massimo momento positivo nella campata SA-P1;
- Sc_D: tandem adiacente alla pila P1, sulla campata P1-P2, per determinare il massimo taglio nella sezione di pila P1;
- Sc_E: tandem adiacente alla spalla SA, per determinare il massimo taglio nella sezione di spalla SA.

Tali posizionamenti saranno poi distinti dalla suffisso “1” o “2” a seconda che siano relativi rispettivamente alla trave di bordo dal lato esterno del ponte o interno, presso l'altra via di corsa.

Tali posizionamenti sono stati ottenuti sviluppando le linee di influenza dello schema piano di una singola travata.

Questi carichi sono implementati mediante condizioni di carico elementari distinte per posizionamento, per corsia di carico, per tipologia di carico (tandem o distribuito), con nome assegnato secondo lo schema seguente:

s[posizionamento]_c[numero corsia(1/2/3)]_ [tipologia del carico (Q / qk)].

Ad esempio la condizione elementare “sD1_c1_Q” rappresenta il carico tandem della corsia 1 relativa al posizionamento D1 (quindi presso la pila P1), mentre la condizione elementare “sS1_c1_qk” rappresenta il carico distribuito relativo allo stesso posizionamento e corsia.

Le condizioni di carico elementari implementare sono le seguenti.

TABLE: Load Pattern Definitions						
LoadPat	DesignType	SelfWtMult		LoadPat	DesignType	SelfWtMult
Text	Text	Unitless		Text	Text	Unitless
sa_c1_Q	DEAD	0		sB3_c1_Q	DEAD	0
sa_c2_Q	DEAD	0		sB3_c2_Q	DEAD	0
sa_c3_Q	DEAD	0		sB3_c3_Q	DEAD	0
sa_c1_qk	DEAD	0		sB3_c1_qk	DEAD	0
sa_c2_qk	DEAD	0		sB3_c2_qk	DEAD	0
sa_c3_qk	DEAD	0		sB3_c3_qk	DEAD	0
sC1_c1_Q	DEAD	0		sD1_c1_Q	DEAD	0
sC1_c2_Q	DEAD	0		sD1_c2_Q	DEAD	0
sC1_c3_Q	DEAD	0		sD1_c3_Q	DEAD	0
sC1_c1_qk	DEAD	0		sD1_c1_qk	DEAD	0
sC1_c2_qk	DEAD	0		sD1_c2_qk	DEAD	0
sC1_c3_qk	DEAD	0		sD1_c3_qk	DEAD	0
sC2_c1_Q	DEAD	0		sD2_c1_Q	DEAD	0
sC2_c2_Q	DEAD	0		sD2_c2_Q	DEAD	0
sC2_c3_Q	DEAD	0		sD2_c3_Q	DEAD	0
sC2_c1_qk	DEAD	0		sD2_c1_qk	DEAD	0
sC2_c2_qk	DEAD	0		sD2_c2_qk	DEAD	0
sC2_c3_qk	DEAD	0		sD2_c3_qk	DEAD	0
sA2_c1_Q	DEAD	0		sE1_c1_Q	DEAD	0
sA2_c2_Q	DEAD	0		sE1_c2_Q	DEAD	0
sA2_c3_Q	DEAD	0		sE1_c3_Q	DEAD	0
sA2_c1_qk	DEAD	0		sE1_c1_qk	DEAD	0
sA2_c2_qk	DEAD	0		sE1_c2_qk	DEAD	0
sA2_c3_qk	DEAD	0		sE1_c3_qk	DEAD	0
sb_c1_Q	DEAD	0		sE2_c1_Q	DEAD	0
sb_c2_Q	DEAD	0		sE2_c2_Q	DEAD	0
sb_c3_Q	DEAD	0		sE2_c3_Q	DEAD	0
sb_c1_qk	DEAD	0		sE2_c1_qk	DEAD	0
sb_c2_qk	DEAD	0		sE2_c2_qk	DEAD	0
sb_c3_qk	DEAD	0		sE2_c3_qk	DEAD	0

(Si precisa che il nome di alcune condizioni non rispetta lo schema sopra illustrato: in particolare bisogna intendere, in luogo di posizionamento “a” posizionamento “A1”, di posizionamento “b” posizionamento “B1”, di posizionamento “B3” il posizionamento “B2”).

Tali condizioni elementari sono poi combinate per determinare le azioni corrispondenti a ciascun posizionamento: la definizione di tali combinazioni di carico è riportata dalla tabella seguente.

TABLE: Combination Definitions					TABLE: Combination Definitions				
ComboName	ComboType	CaseType	CaseName	ScaleFactor	ComboName	ComboType	CaseType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text	Text	Text	Text	Unitless
Sc_A1	Linear Add	Linear Static	sa_c1_Q	1	Sc_D1		Linear Static	sD1_c2_Q	1
Sc_A1		Linear Static	sa_c2_Q	1	Sc_D1		Linear Static	sD1_c3_Q	1
Sc_A1		Linear Static	sa_c3_Q	1	Sc_D1		Linear Static	sD1_c1_qk	1
Sc_A1		Linear Static	sa_c1_qk	1	Sc_D1		Linear Static	sD1_c2_qk	1
Sc_A1		Linear Static	sa_c2_qk	1	Sc_D1		Linear Static	sD1_c3_qk	1
Sc_A1		Linear Static	sa_c3_qk	1	Sc_D2	Linear Add	Linear Static	sD2_c1_Q	1
Sc_C1	Linear Add	Linear Static	sC1_c1_Q	1	Sc_D2		Linear Static	sD2_c2_Q	1
Sc_C1		Linear Static	sC1_c2_Q	1	Sc_D2		Linear Static	sD2_c3_Q	1
Sc_C1		Linear Static	sC1_c3_Q	1	Sc_D2		Linear Static	sD2_c1_qk	1
Sc_C1		Linear Static	sC1_c1_qk	1	Sc_D2		Linear Static	sD2_c2_qk	1
Sc_C1		Linear Static	sC1_c2_qk	1	Sc_D2		Linear Static	sD2_c3_qk	1
Sc_C1		Linear Static	sC1_c3_qk	1	Sc_E1	Linear Add	Linear Static	sE1_c1_Q	1
Sc_C2	Linear Add	Linear Static	sC2_c1_Q	1	Sc_E1		Linear Static	sE1_c2_Q	1
Sc_C2		Linear Static	sC2_c2_Q	1	Sc_E1		Linear Static	sE1_c3_Q	1
Sc_C2		Linear Static	sC2_c3_Q	1	Sc_E1		Linear Static	sE1_c1_qk	1
Sc_C2		Linear Static	sC2_c1_qk	1	Sc_E1		Linear Static	sE1_c2_qk	1
Sc_C2		Linear Static	sC2_c2_qk	1	Sc_E1		Linear Static	sE1_c3_qk	1
Sc_C2		Linear Static	sC2_c3_qk	1	Sc_E2	Linear Add	Linear Static	sE2_c1_Q	1
Sc_A2	Linear Add	Linear Static	sA2_c1_Q	1	Sc_E2		Linear Static	sE2_c2_Q	1
Sc_A2		Linear Static	sA2_c1_qk	1	Sc_E2		Linear Static	sE2_c3_Q	1
Sc_A2		Linear Static	sA2_c2_Q	1	Sc_E2		Linear Static	sE2_c1_qk	1
Sc_A2		Linear Static	sA2_c2_qk	1	Sc_E2		Linear Static	sE2_c2_qk	1
Sc_A2		Linear Static	sA2_c3_Q	1	Sc_E2		Linear Static	sE2_c3_qk	1
Sc_A2		Linear Static	sA2_c3_qk	1	Sc_B2	Linear Add	Linear Static	sB3_c1_Q	1
Sc_B1	Linear Add	Linear Static	sb_c1_Q	1	Sc_B2		Linear Static	sB3_c1_qk	1
Sc_B1		Linear Static	sb_c1_qk	1	Sc_B2		Linear Static	sB3_c2_Q	1
Sc_B1		Linear Static	sb_c2_Q	1	Sc_B2		Linear Static	sB3_c2_qk	1
Sc_B1		Linear Static	sb_c2_qk	1	Sc_B2		Linear Static	sB3_c3_Q	1
Sc_B1		Linear Static	sb_c3_Q	1	Sc_B2		Linear Static	sB3_c3_qk	1
Sc_B1		Linear Static	sb_c3_qk	1					

Il carico tandem è applicato considerandolo distribuito su di una superficie che iscrive le impronte delle ruote, considerando la distribuzione dei carichi attraverso la pavimentazione ed il semispessore della soletta secondo un angolo di 45°.

Considerando lo spessore complessivo della soletta s=30cm, i lati di tale superficie saranno quindi pari a:

$$l_1 = 1.20+0.40+0.15*2 = 1.90m$$

$$l_2 = 2.00+0.40+0.15*2 = 2.70m$$

Il carico per unità di superficie da assegnare per le varie corsie di carico alle superfici corrispondenti al tandem sarà quindi pari a:

corsia 1: $p_{Q1} = 2*300 / (1.9*2.7) = 156.25 \text{ kN}$

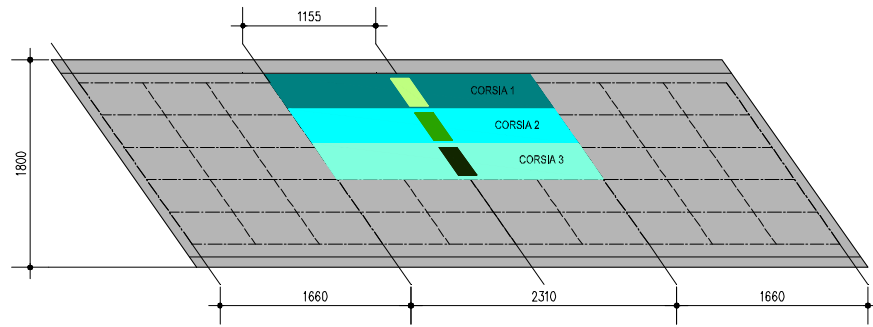
corsia 2: $p_{Q2} = 2*200 / \text{“} = 104.17 \text{ kN}$

corsia 3: $p_{Q2} = 2*200 / \text{“} = 52.08 \text{ kN}$

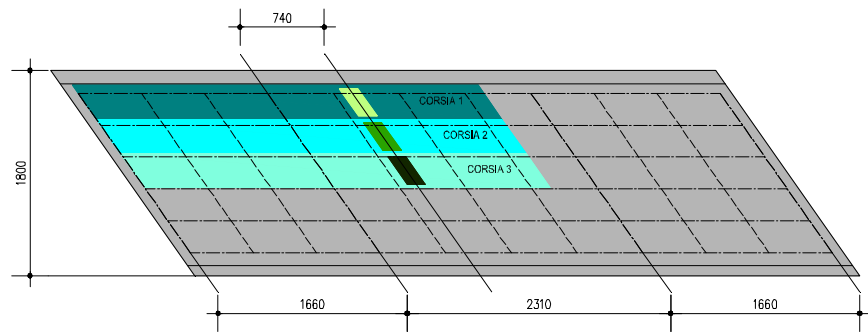
Le aree di carico schematizzanti i tandem avranno forma trapezia, per massimizzare l'effetto di tali azioni.

Le immagini delle pagine seguenti riportano la distribuzione dei carichi relative ai vari posizionamenti considerati

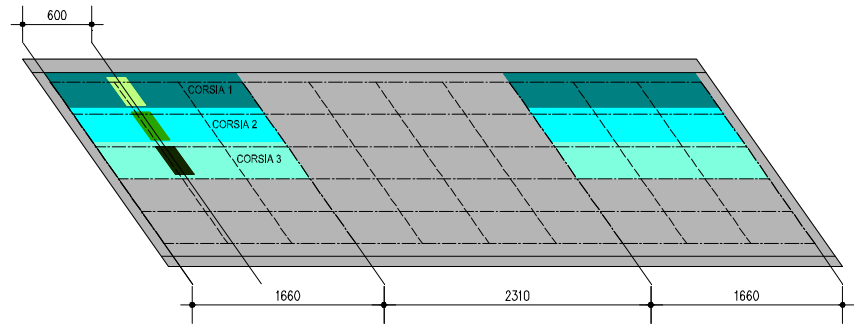
POSIZIONAMENTO Sc_A1



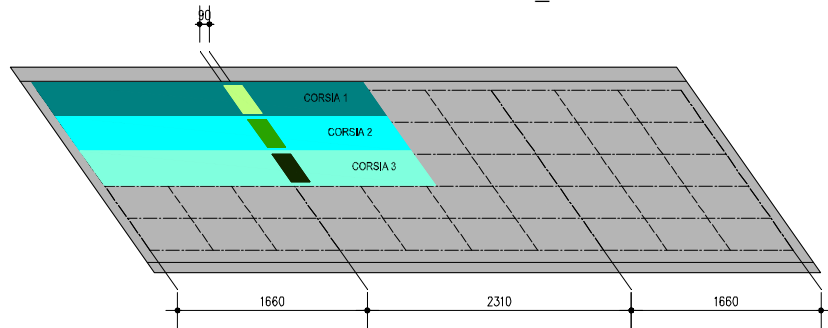
POSIZIONAMENTO Sc_B1



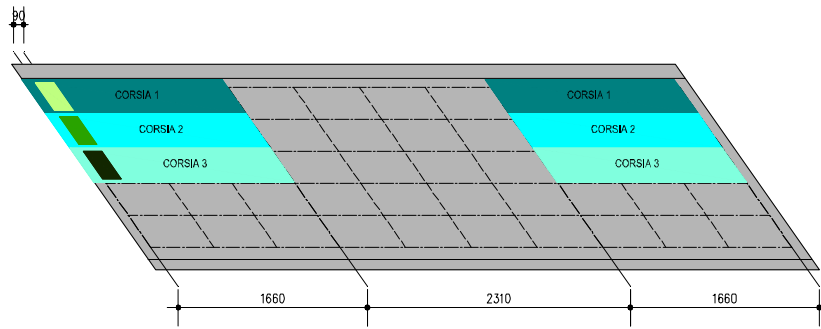
POSIZIONAMENTO Sc_C1



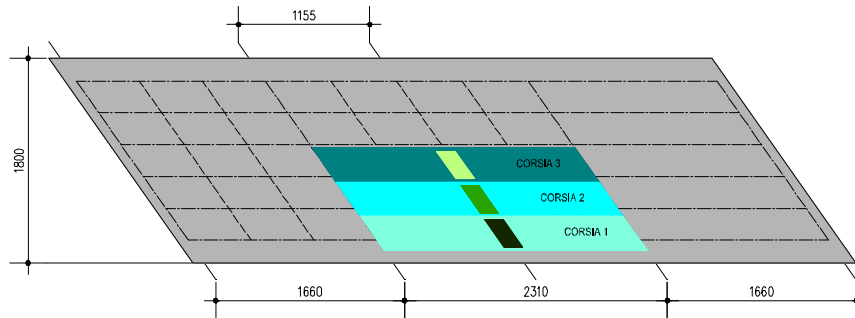
POSIZIONAMENTO Sc_D1



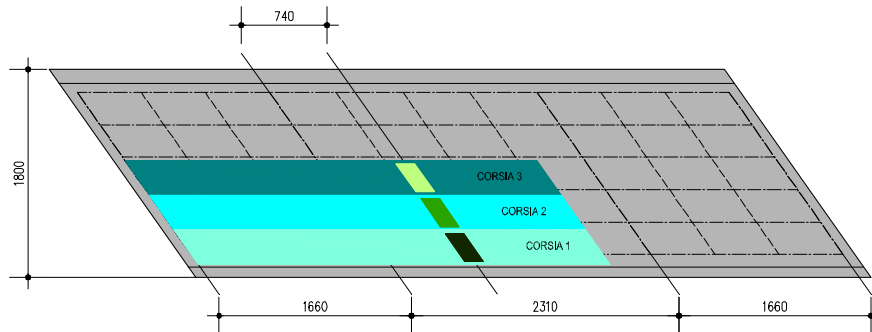
POSIZIONAMENTO Sc_E1



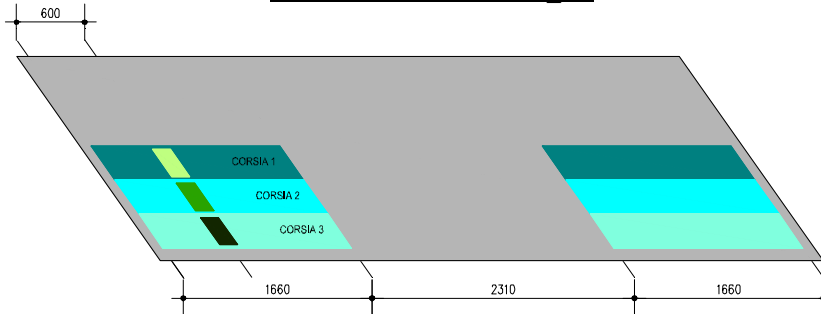
POSIZIONAMENTO Sc_A2

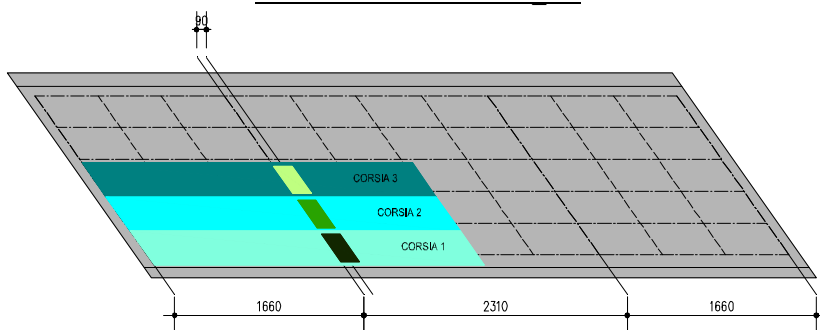
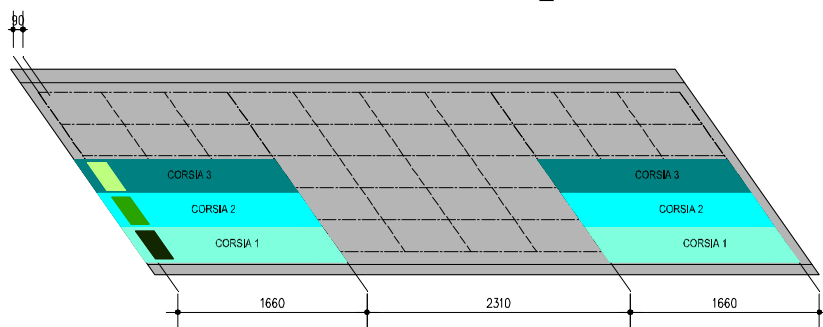


POSIZIONAMENTO Sc_B2



POSIZIONAMENTO Sc_C2



POSIZIONAMENTO Sc_D2POSIZIONAMENTO Sc_E2**5.2.9 AZIONI SISMICHE**

Il criterio di dimensionamento per l'impalcato in condizioni sismiche, secondo il par. 7.9.5.3 della Norma è che esso non subisca danni per le azioni corrispondenti allo SLV, ossia per effetto delle massime sollecitazioni indotte dall'azione sismica di progetto; inoltre, essendo presenti apparecchi di appoggio dissipativi, il par. 7.10.2 prevede il mantenimento in campo elastico della sovrastruttura.

Le sollecitazioni si determineranno quindi riferendosi allo spettro di risposta elastico e le verifiche di resistenza si effettueranno rispetto ai limiti di resistenza propri degli SLE ossia per la soletta ai limiti tensionali di cui al par. 4.1.2.2.5 delle Norme e per la struttura metallica effettuando le verifiche con il *metodo elastico*.

La verifica dell'impalcato per le azioni sismiche orizzontali non è significativa, mentre si effettua quella per il sisma agente nel piano verticale; si rammenta che tale verifica non sarebbe tassativamente richiesta dalla Norma, essendo il ponte in zona 3

5.2.9.1 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

La definizione dei dati alla base della determinazione dell'azione sismica è effettuata nel par. 1.3.1 della "Relazione tecnica illustrativa", (elaborato ES01) cui si consiglia di riferirsi per maggiori specifiche; di seguito si riportano a titolo riassuntivo i dati significativi e si determinano le conseguenti azioni sull'impalcato. Le terminologie e simbologie adottate sono riferite al par.3.2 della Norma.

$V_N = 100$ anni.

$C_u = 2.0$ (classe d'uso IV)

$V_R = 200$ anni

$P_{VR}(SLV) = 10\%$

$T_R (SLV) = 1898$ anni

Localizzazione dell'opera: 45°23'17,19 N - 10°54'30.39 E

$h_{slm} = 61$ m

I conseguenti valori dei coefficienti a_g , F_o , T_C^* per i vari stati limite sono riportati nella tabella sottostante.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0.083	2.461	0.263
SLD	201	0.106	2.421	0.270
SLV	1898	0.251	2.407	0.286
SLC	2475	0.277	2.381	0.290

Categoria topografica: T1 $\Rightarrow S_T = 1.000$

Categoria suolo: B $\Rightarrow S_S = 1.158$

Lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale e verticale del sisma è descritto dall'immagine seguente.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV

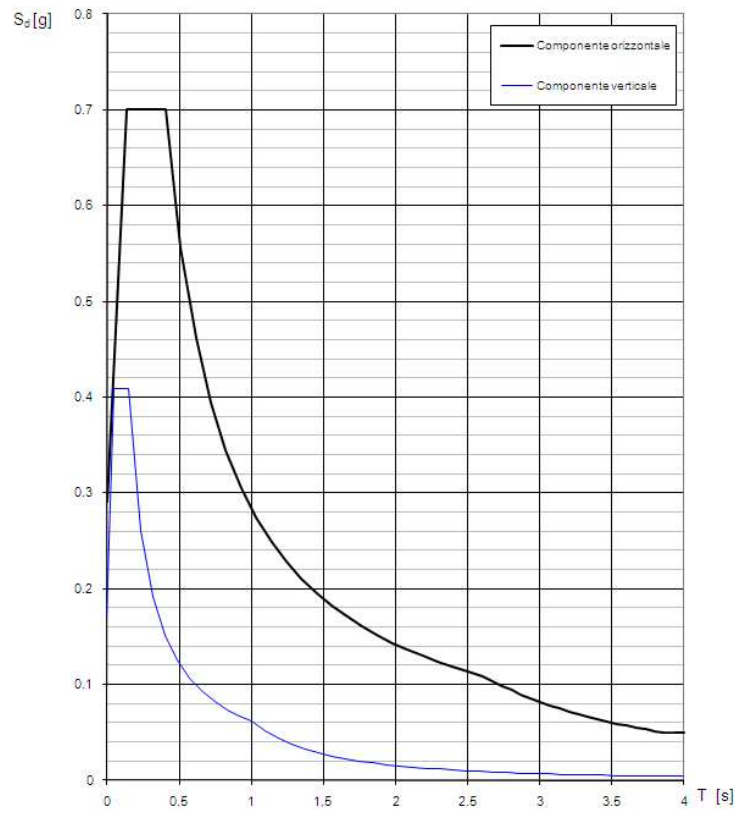


Figura 5-20 Spettro di risposta SLV elastico

5.3 TRAVI PRINCIPALI

Il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche di resistenza sono state effettuate con riferimento alle travi maggiormente sollecitate, ossia quelle di bordo, che presentano una maggiore area di influenza, sono gravate dal peso dei cordoli e delle barriere e risentono maggiormente delle disposizioni eccentriche dei carichi mobili.

Secondo il par. 4.3.4.2.1 della Norma le verifiche non si possono effettuare con il metodo plastico poiché le sezioni delle travi appartengono alla *classe 3*; ci si riferirà quindi al metodo elastico (par. 4.3.4.2.1.1) effettuando la sovrapposizione degli effetti fra i vari carichi agenti e verificando le tensioni. Questa operazione viene svolta mediante un applicativo realizzato in studio che, date per ciascuna sezione le sollecitazioni complessive sulla sezione mista relative alle varie condizioni di carico, determina le tensioni agenti tenendo conto della successione delle fasi di costruzione ed esercizio; la fattorizzazione dei carichi viene pure effettuata dall'applicativo; la verifica si effettua quindi confrontando le tensioni massime con i valori di calcolo previsti dalla normativa.

Vista la modellazione dell'impalcato con elementi distinti per definire le travi metalliche e la soletta collaborante adottata per i modelli 2 e 3, per ottenere le sollecitazioni complessivamente agenti sulle travi miste acciaio-calcestruzzo è necessario utilizzare la funzione del programma SAP2000 chiamata "section cut", che effettua l'integrazione delle azioni agenti sugli elementi tagliati da un piano di sezione definito dall'utente.

Tali "section cut" vengono definiti per le sezioni significative delle travi per le quali saranno effettuate le verifiche di resistenza, ossia, per ciascuna trave di bordo: la mezzeria della campata P1-P2; la sezione di momento massimo della campata SA-P1; la sezione di pila P1; quella di spalla SA; le sezioni di giunzione dei conci nelle campate SA-P1 e P1-P2. La denominazione e la localizzazione lungo le travi di bordo di tali sezioni sono definite nella seguente Figura 5-21.

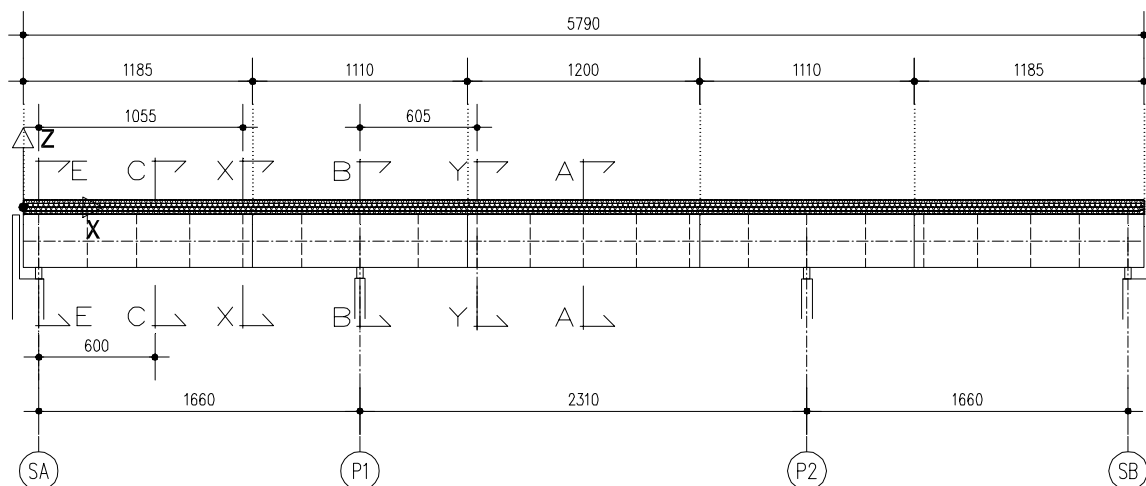


Figura 5-21 Individuazione delle sezioni di verifica

La denominazione nei modelli di calcolo di tali sezioni sarà del tipo

Sc[nome sezione][trave di bordo(1/2)]

cosicché il section cut ScA1 rappresenterà la sezione di mezzeria P1-P2 della trave di bordo lato esterno, e così via.

La successiva Figura 5-22 riporta l'indicazione sulla pianta della soletta dell'individuazione di tali section cut.

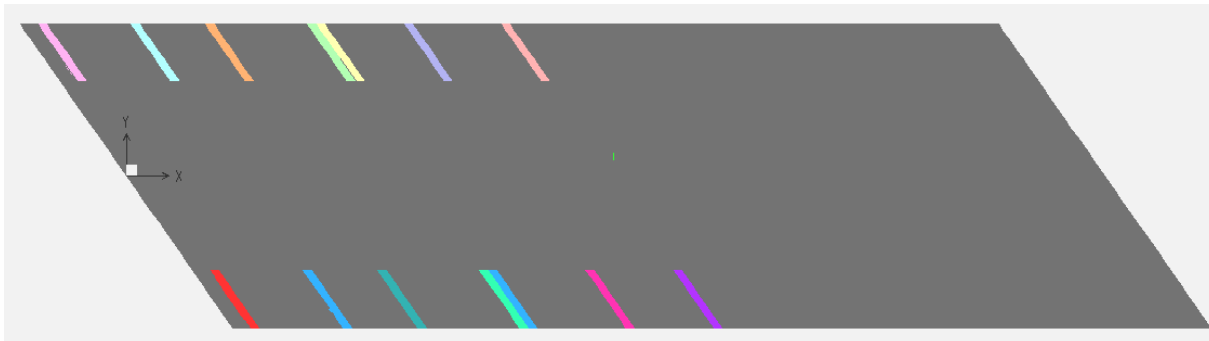


Figura 5-22 Individuazione dei section cuts nel modello SAP2000

Il sistema di riferimento locale dei section cut, sulla base dei quali il programma calcola le sollecitazioni, presentano origine coincidente con il baricentro della sezione mista ed assi di riferimento, denominati 1,2,3 paralleli al sistema di riferimento globale.

Esistono poi due tipologie di section cut: una con l'asse 1 del sistema locale parallelo e concorde all'asse X del sistema globale ed una con l'asse 1 parallelo ma discorde all'asse X; questi ultimi section cut presentano nel nome il suffisso "-".

I coseni direttori del sistema di riferimento delle due tipologie di section cuts sono riportati nella tabella seguente.

SectionCut	DirCos1X	DirCos1Y	DirCos1Z	DirCos2X	DirCos2Y	DirCos2Z	DirCos3X	DirCos3Y	DirCos3Z
	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
Sc verso X positivo	1	0	0	0	0	1	0	-1	0
Sc verso X negativo	-1	0	0	0	0	1	0	1	0

Le caratteristiche della sollecitazione assunte per le verifiche di resistenza sono lo sforzo normale N, il momento flettente M ed il taglio T agenti nel piano x-z; rispetto alla nomenclatura adottata dal SAP2000 per le azioni riferite al sistema locale dei section cuts avremo le seguenti corrispondenze:

$$N = F1$$

$$M = M3$$

$$T = F2$$

Stante l'impossibilità di ottenere direttamente dal SAP2000 grafici dell'andamento delle sollecitazioni ricavate tramite i section cut (i risultati sono espressi unicamente tramite tabelle), è stato sviluppato un elementare foglio di calcolo che, dati i risultati dell'elaborazione, rappresenta mediante una spezzata passante per le sezioni di verifica l'andamento dei diagrammi di N, M e T lungo metà trave per le varie condizioni di carico; visto il numero molto ridotto dei punti in cui le sollecitazioni sono calcolate tali grafici non sono i diagrammi delle sollecitazioni ma un'approssimazione che consente comunque di cogliere l'andamento delle stesse.

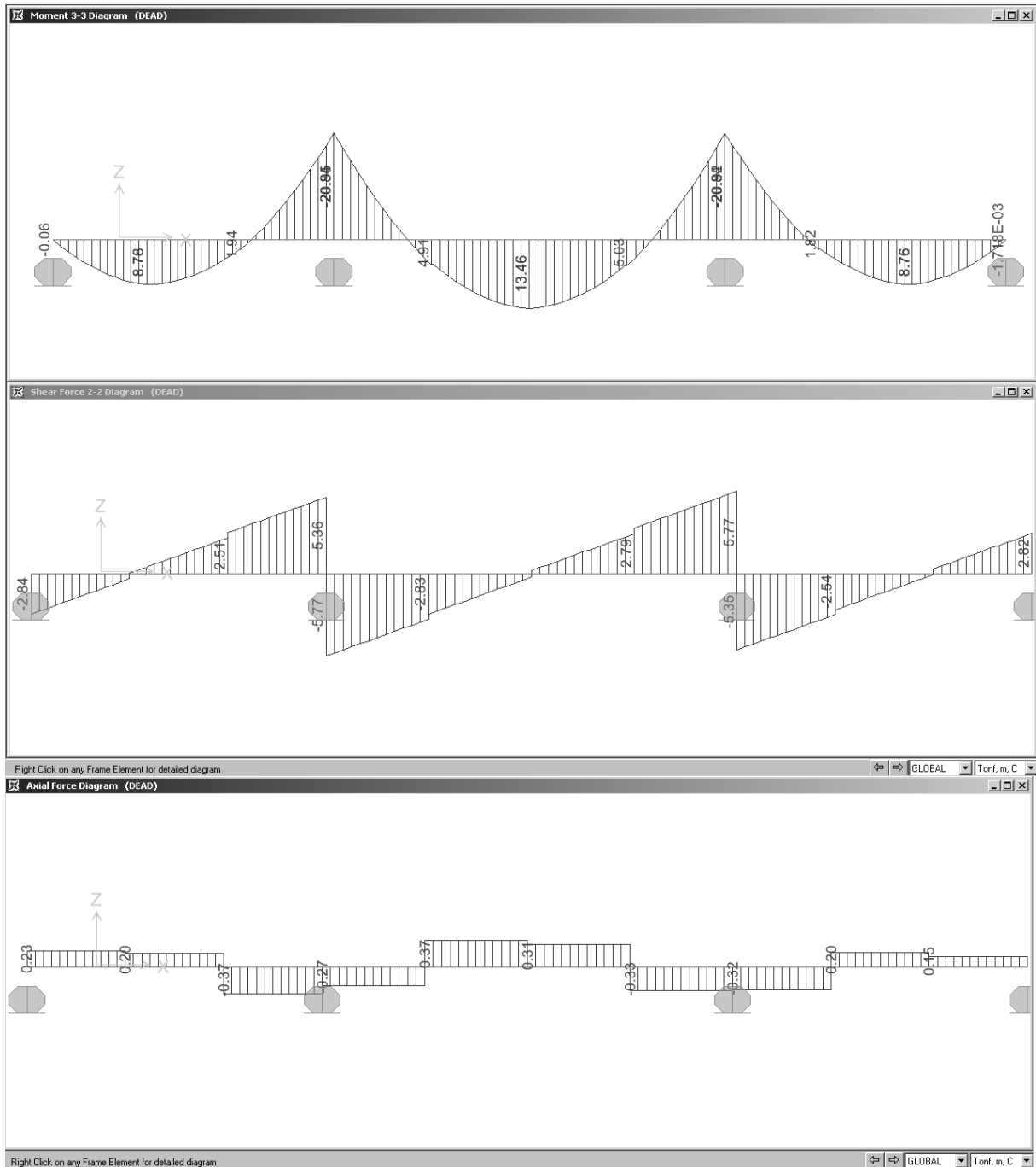
Ovviamente tutto ciò non vale per il modello 1 in cui, stante la mancanza della soletta, le sollecitazioni complessive sono quelle sui frame delle travi.

Nelle pagine seguenti si riportano i diagrammi delle sollecitazioni per le varie condizioni di carico e per ciascuna trave analizzata. L'intensità delle azioni riportate è priva di fattorizzazione.

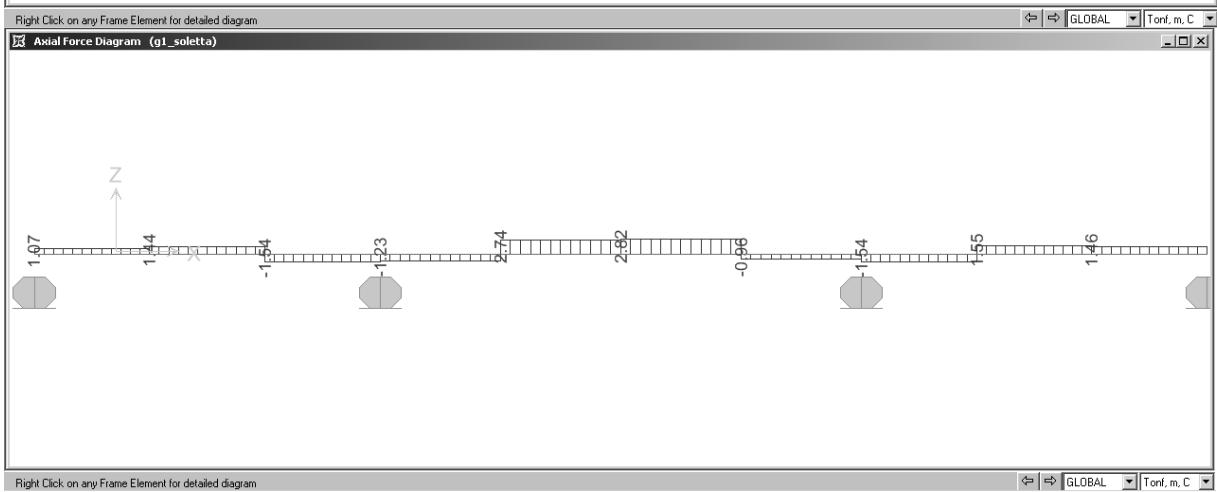
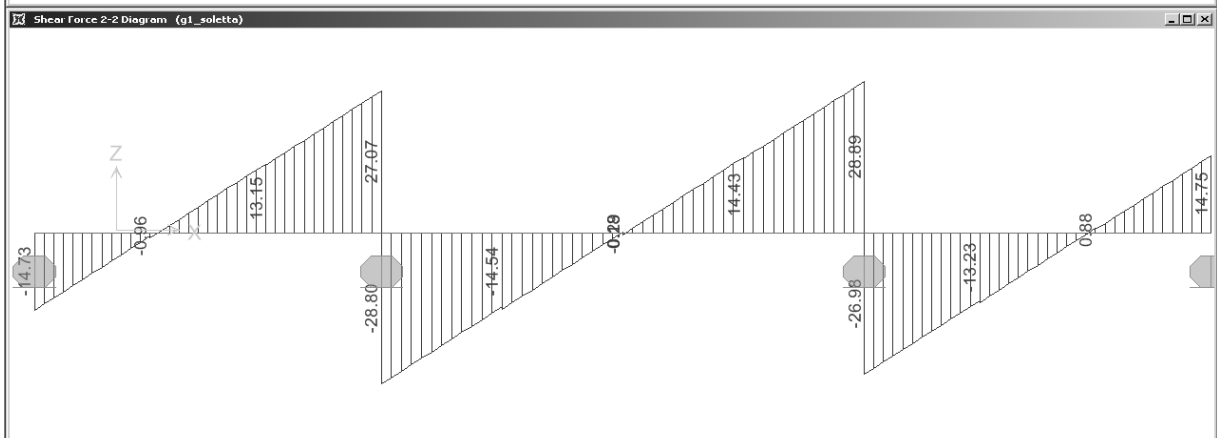
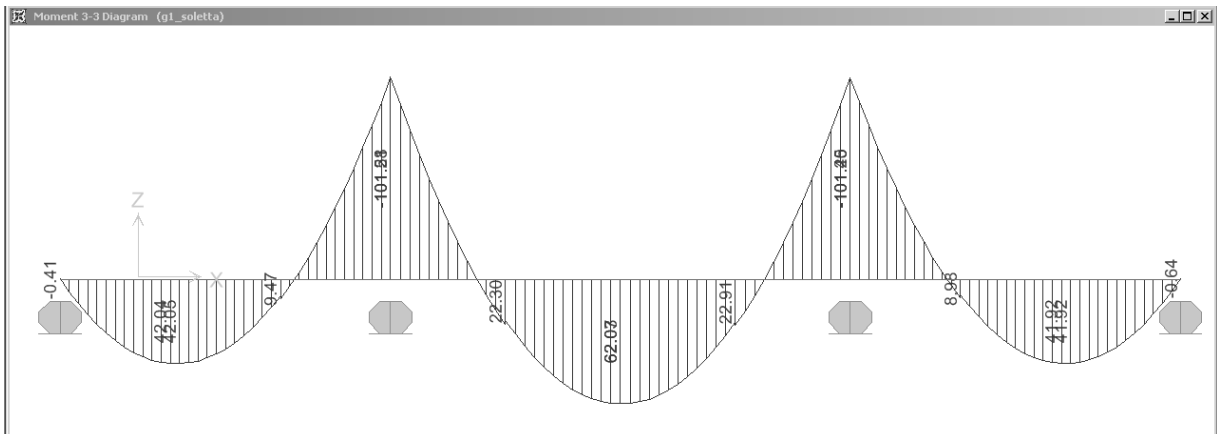
5.3.1 SOLLECITAZIONI (CARICHI STATICI)

5.3.1.1 MODELLO 1 (SOLO STRUTT. METALLICA) – TRAVE DI BORDO ESTERNA (ALL.1)

CONDIZIONE DI CARICO “DEAD”

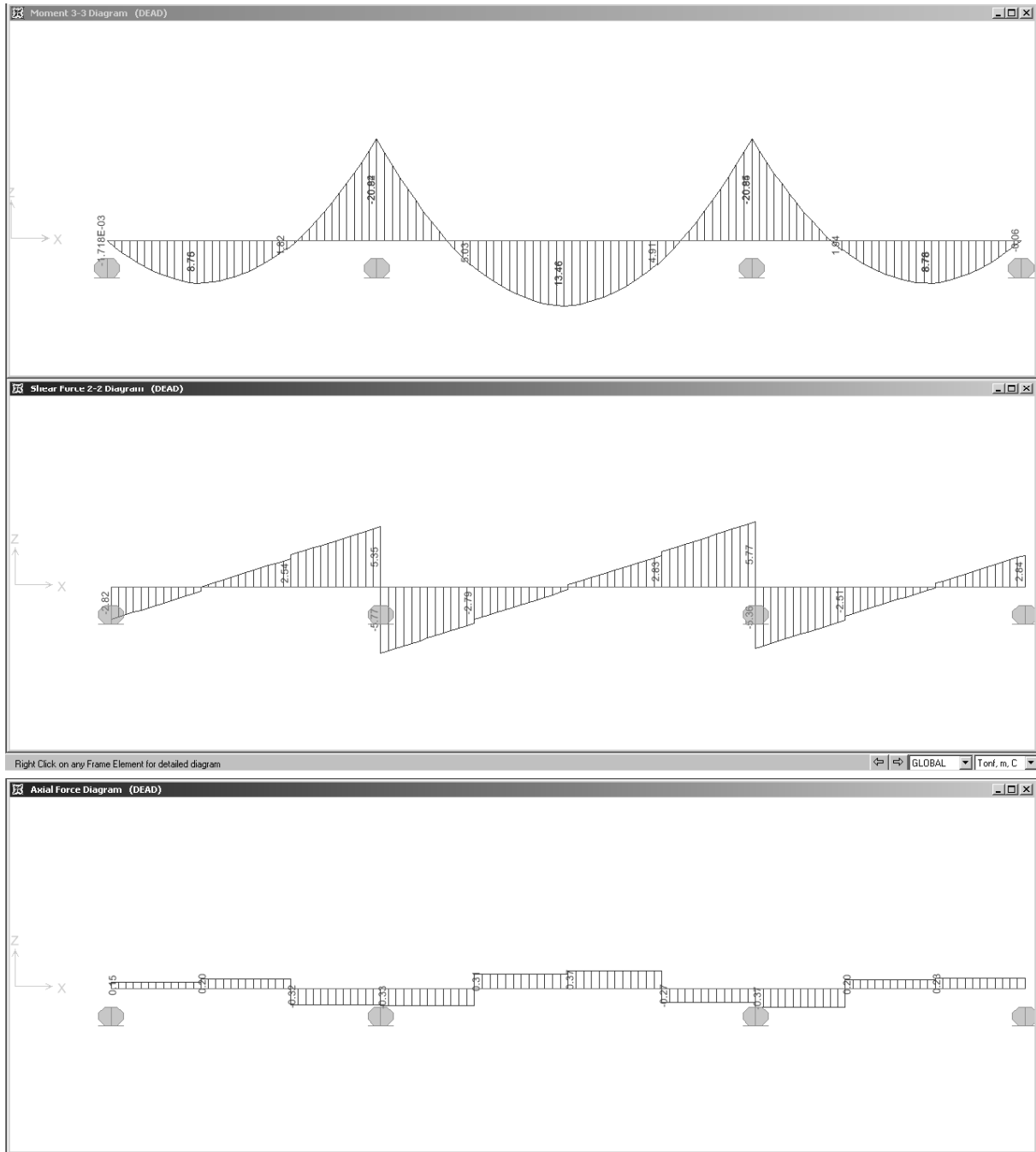


CONDIZIONE DI CARICO "g1_soletta"

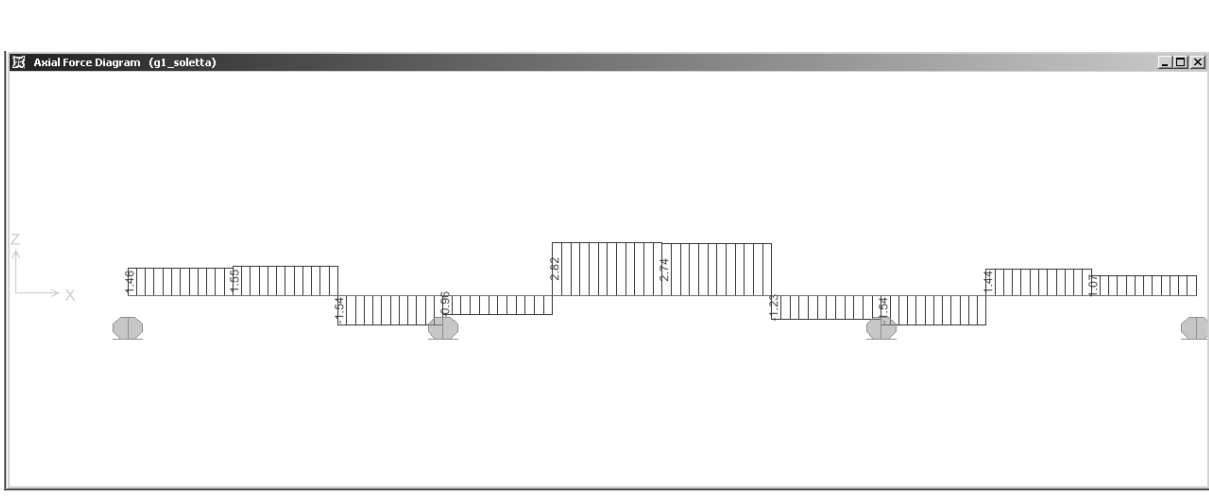
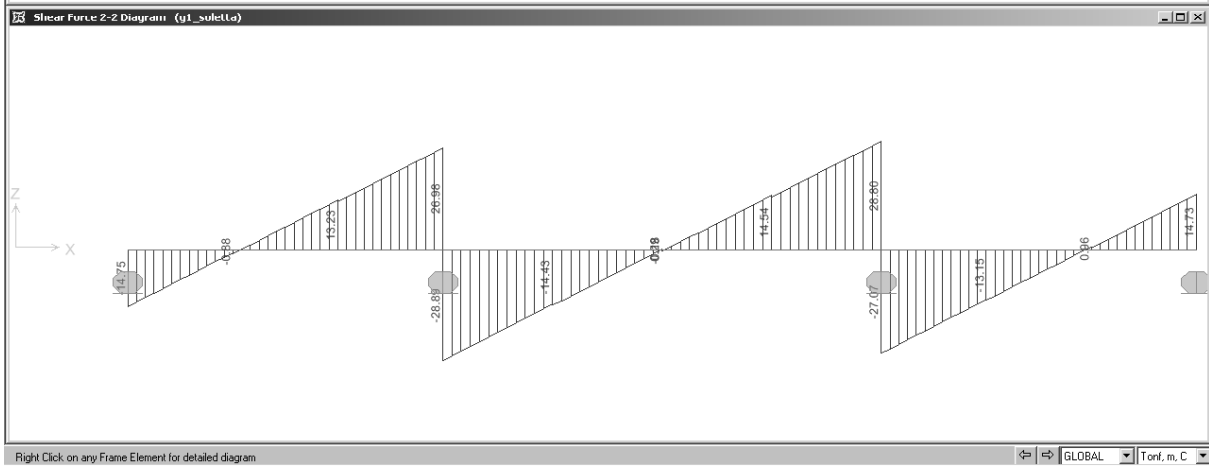
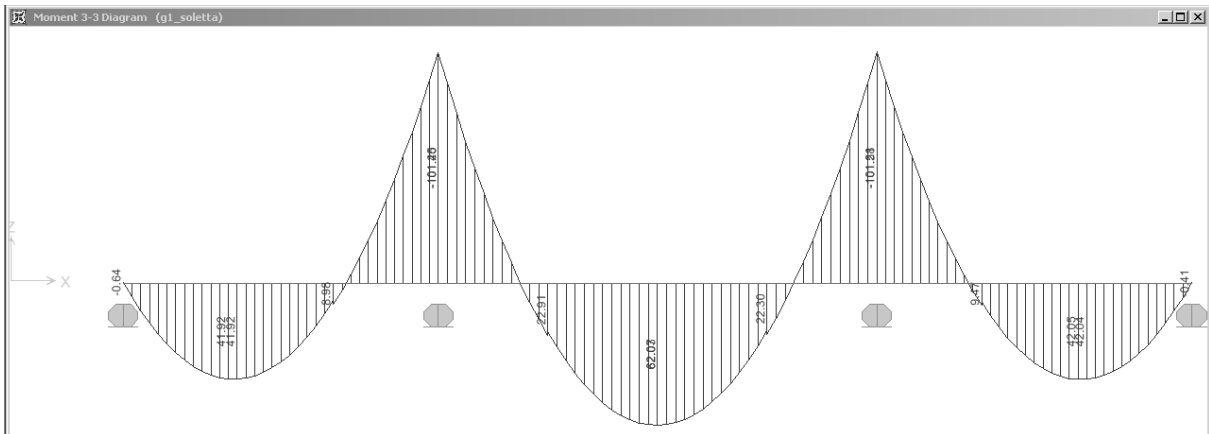


5.3.1.2 MODELLO 1 (SOLO STRUTT. METALLICA) – TRAVE DI BORDO INTERNA (ALL.2)

CONDIZIONE DI CARICO “DEAD”

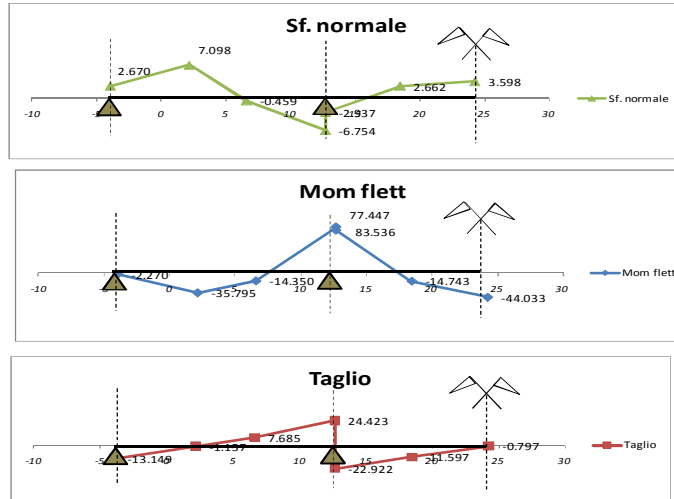


CONDIZIONE DI CARICO "g1_soletta"

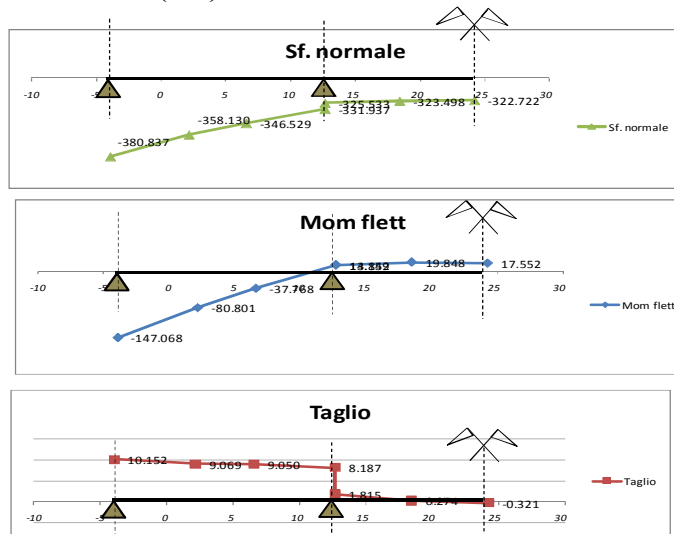


5.3.1.3 MODELLO NON FESSURATO – TRAVE DI BORDO ESTERNA (ALL. 1)

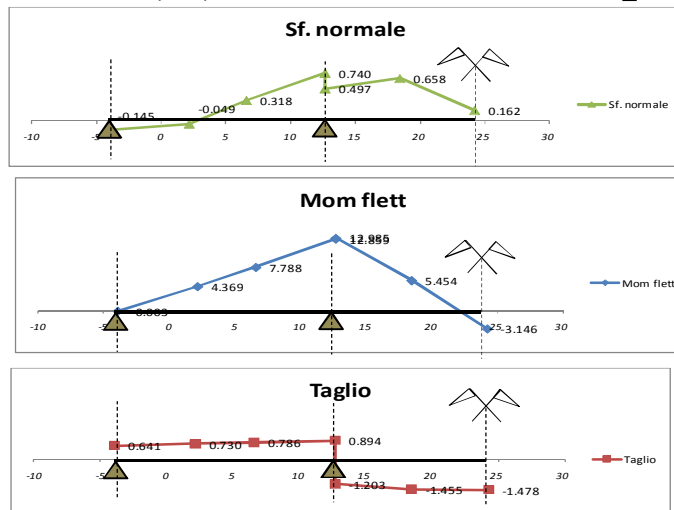
MODELLO 2 (n18)– CONDIZIONE DI CARICO “g2-perm”



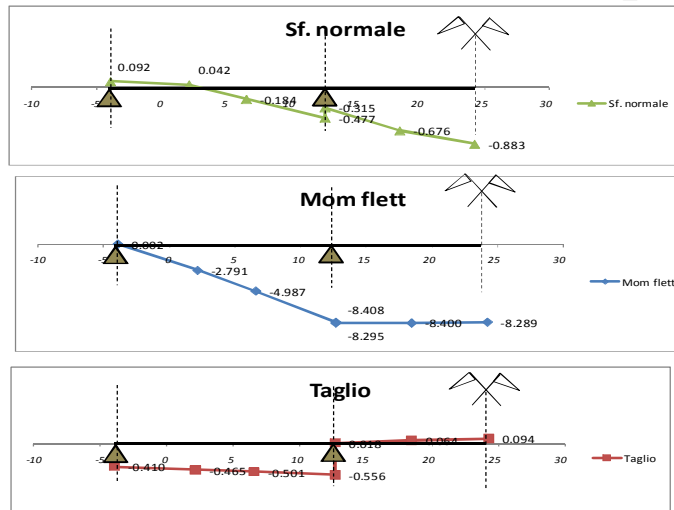
MODELLO 2 (n18).– CONDIZIONE DI CARICO “e2-ritiro”



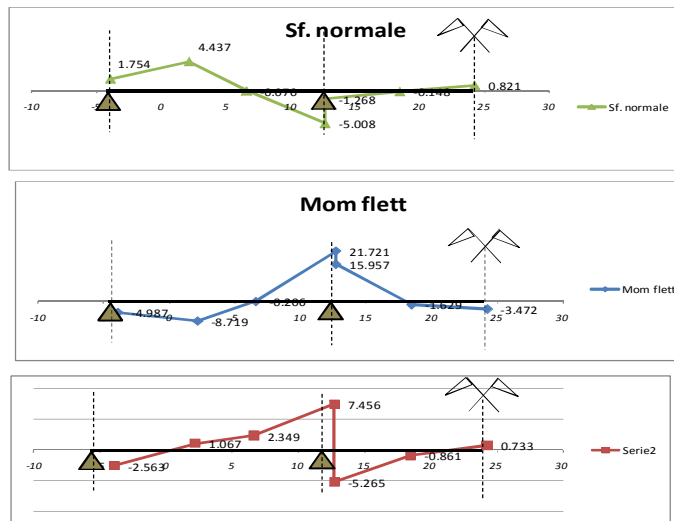
MODELLO 2 (n18).– CONDIZIONE DI CARICO “e4_Ced 1”



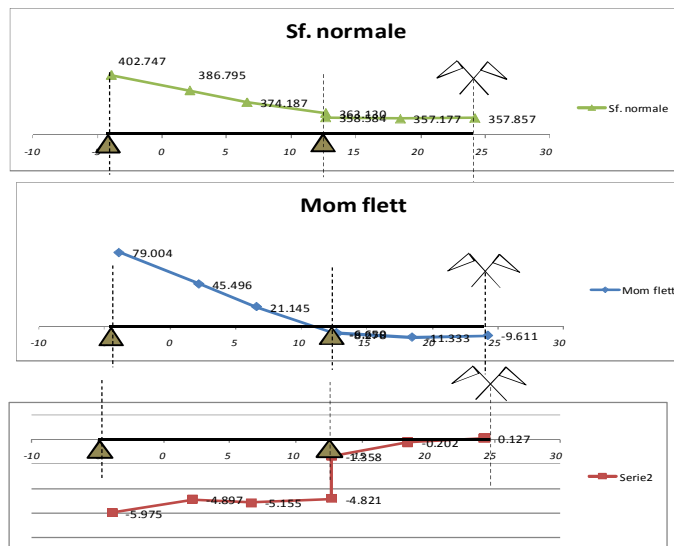
MODELLO 2 (n18)- CONDIZIONE DI CARICO "e4_Ced2"



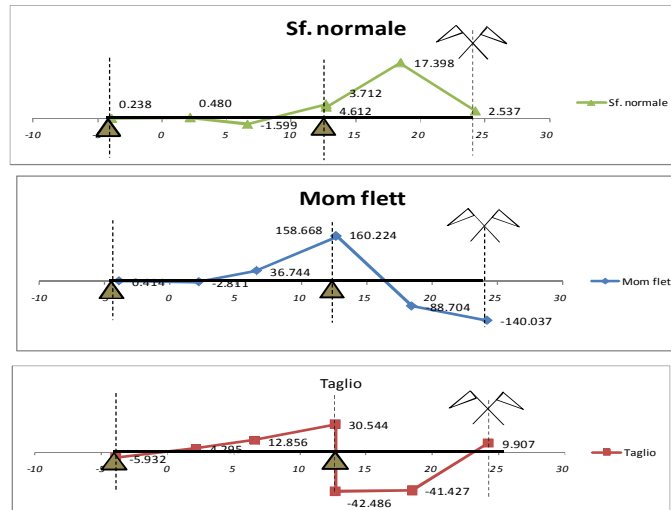
MODELLO 3 (n6)- CONDIZIONE DI CARICO "q5_vento+"



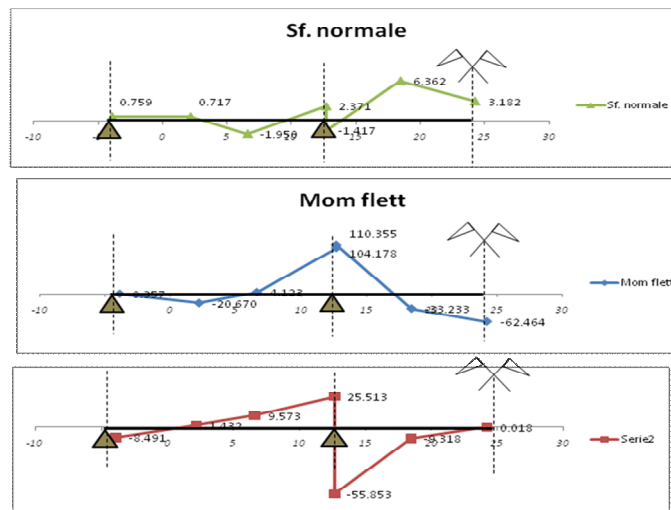
MODELLO 3 (n6)- CONDIZIONE DI CARICO "e3_dT+10"



MODELLO 3 (n6)- CONDIZIONE DI CARICO "Sc_B1"

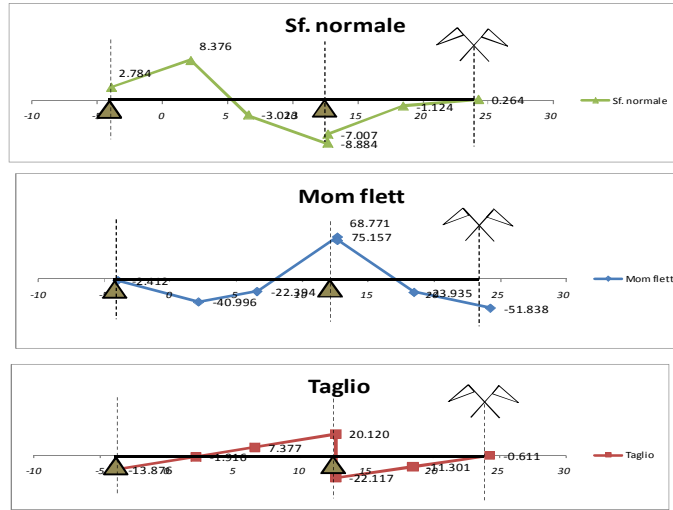


MODELLO 3 (n6)- CONDIZIONE DI CARICO "Sc_D1"

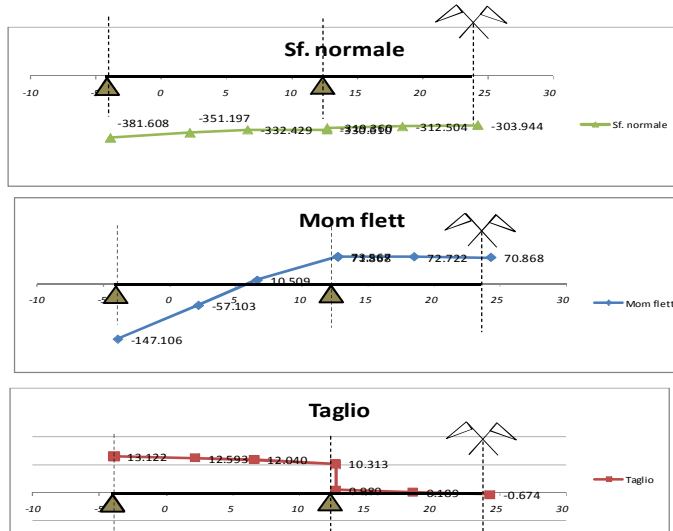


5.3.1.4 MODELLO FESSURATO – TRAVE DI BORDO ESTERNA (ALL. 1)

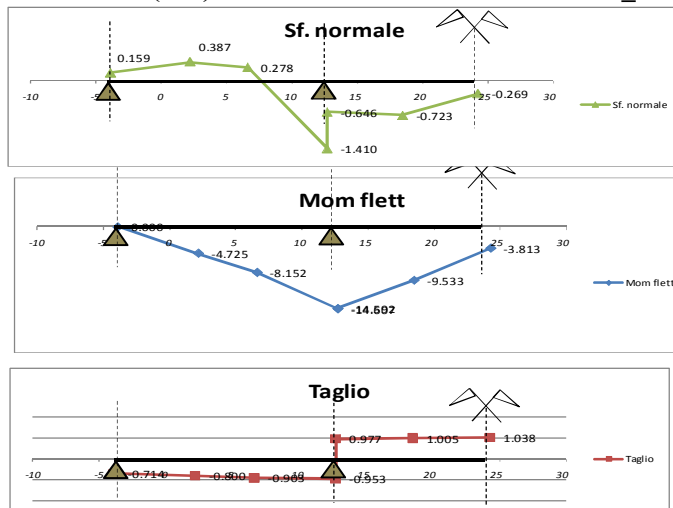
MODELLO 2 (n18)– CONDIZIONE DI CARICO “g2-perm”



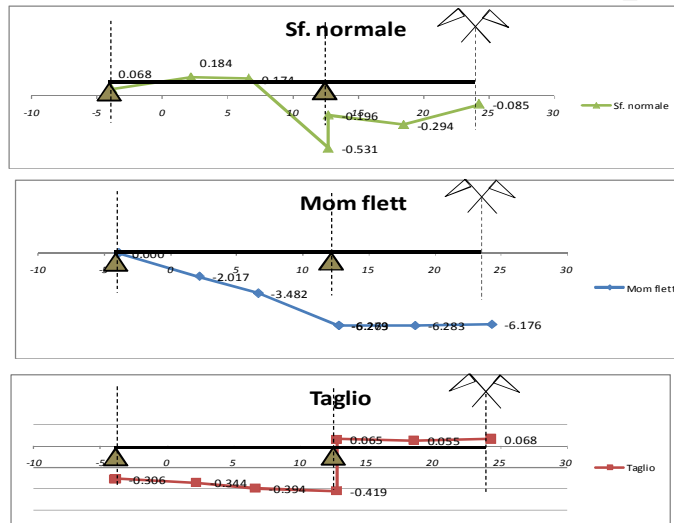
MODELLO 2 (n18)– CONDIZIONE DI CARICO “e2-ritiro”



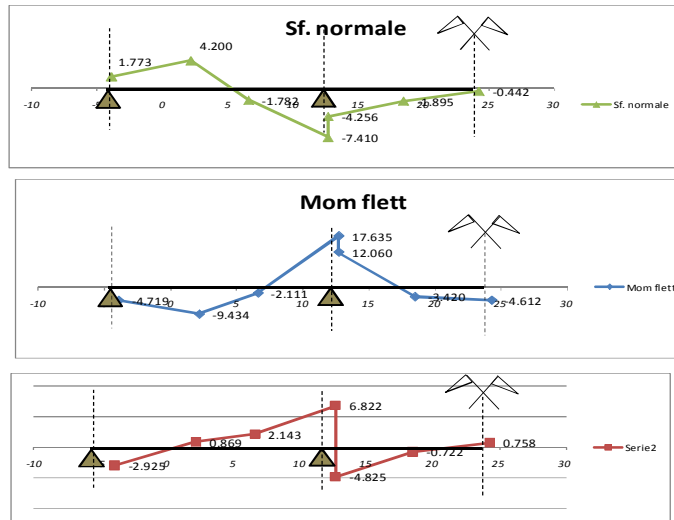
MODELLO 2 (n18)– CONDIZIONE DI CARICO “e4_Ced 1”



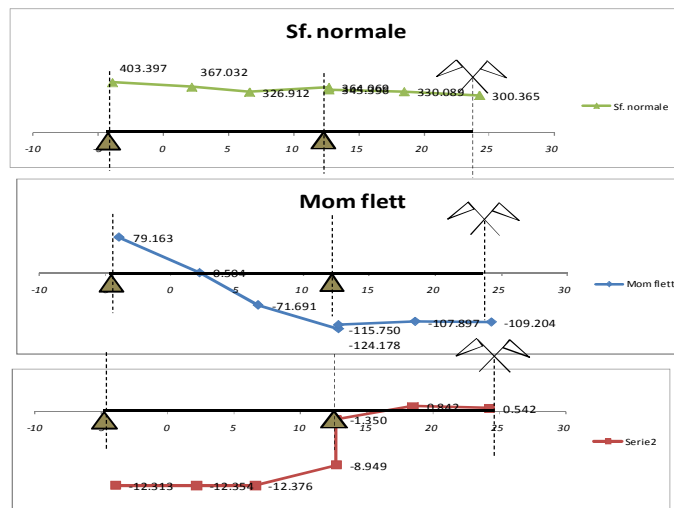
MODELLO 2 (n18)- CONDIZIONE DI CARICO "e4_Ced2"



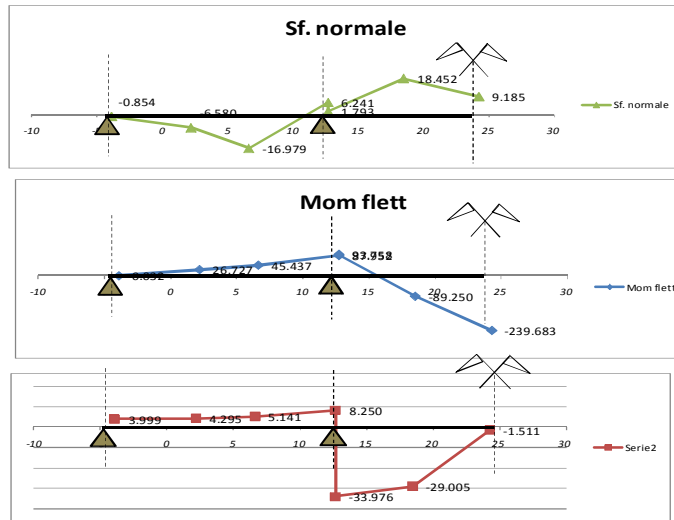
MODELLO 3 (n6)- CONDIZIONE DI CARICO "q5_vento+"



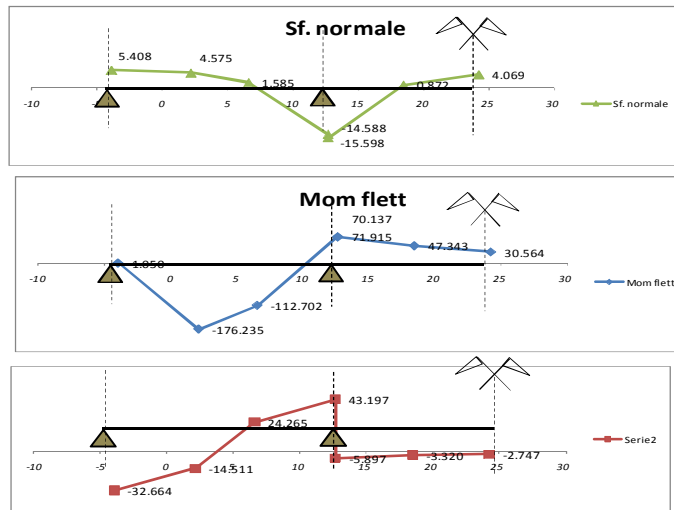
MODELLO 3 (n6)- CONDIZIONE DI CARICO "e3_dT+10"



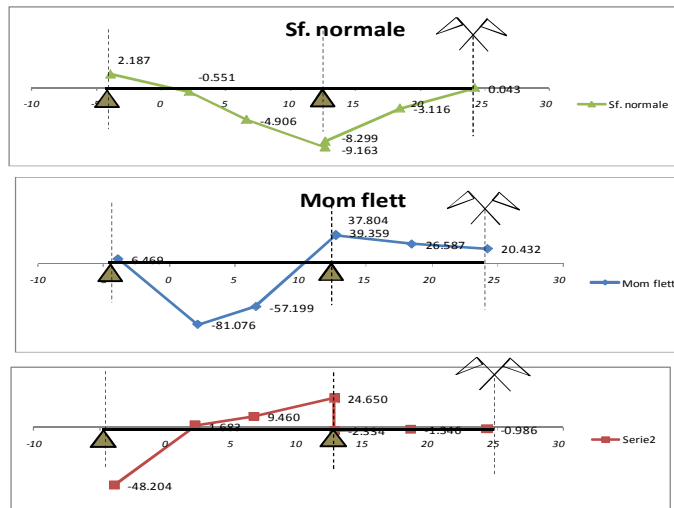
MODELLO 3 (n6)- CONDIZIONE DI CARICO "Sc_A1"



MODELLO 3 (n6)- CONDIZIONE DI CARICO "Sc_C1"

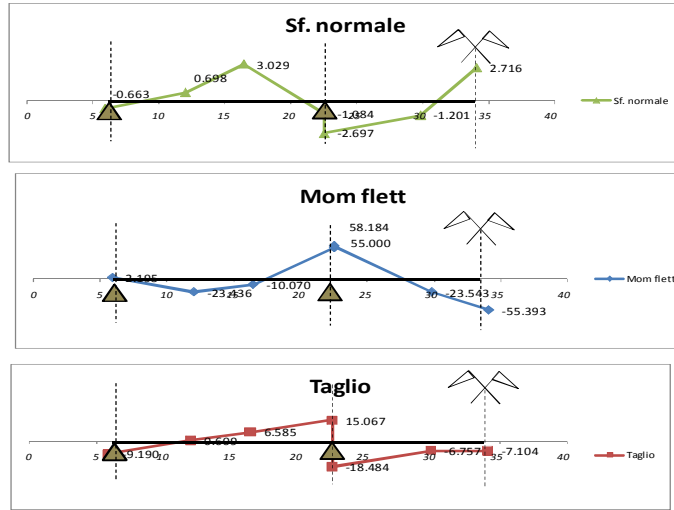


MODELLO 3 (n6)- CONDIZIONE DI CARICO "Sc_E1"

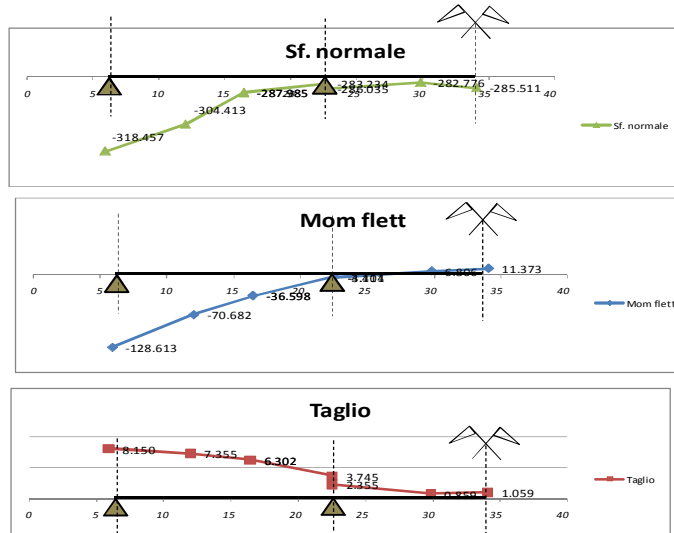


5.3.1.5 MODELLO NON FESSURATO – TRAVE DI BORDO INTERNA (ALL. 2)

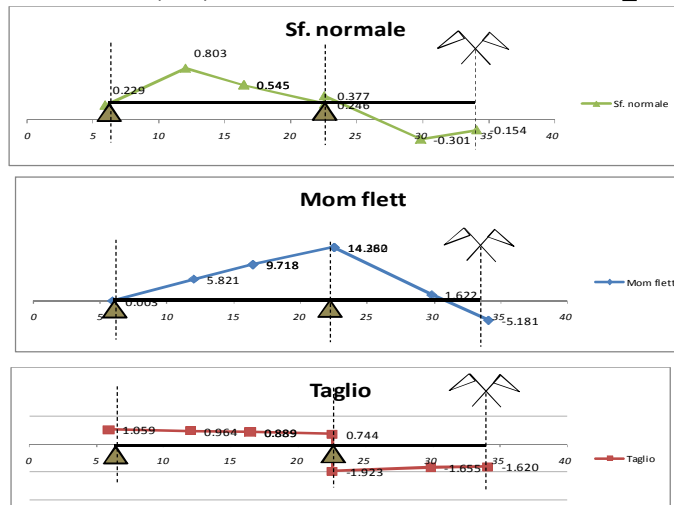
MODELLO 2 (n18)– CONDIZIONE DI CARICO “g2-perm”



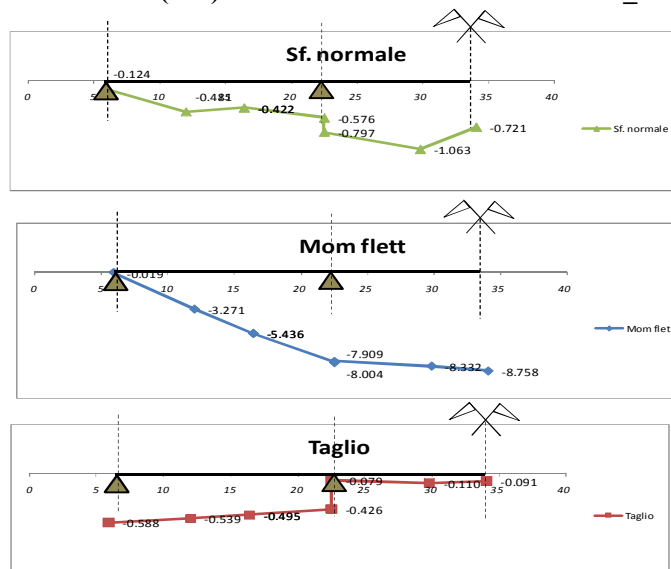
MODELLO 2 (n18)– CONDIZIONE DI CARICO “e2-ritiro”



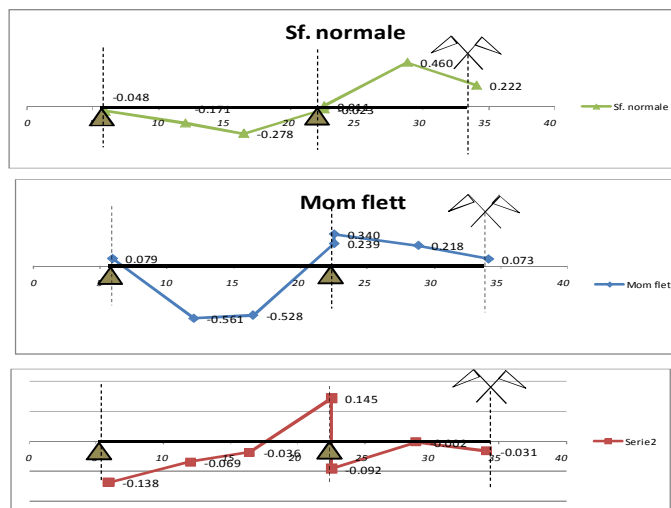
MODELLO 2 (n18)– CONDIZIONE DI CARICO “e4_Ced 1”



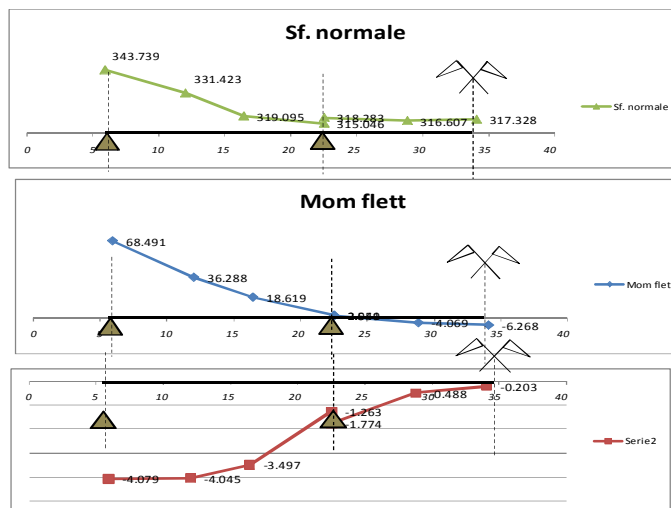
MODELLO 2 (n18)- CONDIZIONE DI CARICO "e4_Ced2"



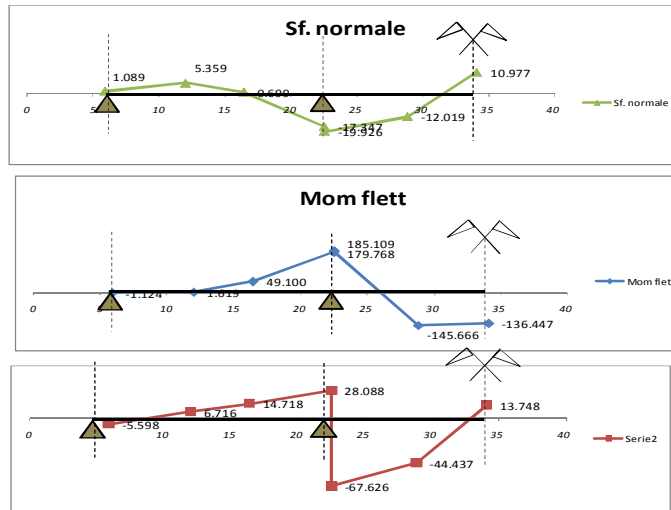
MODELLO 3 (n6)- CONDIZIONE DI CARICO "q5_vento+"



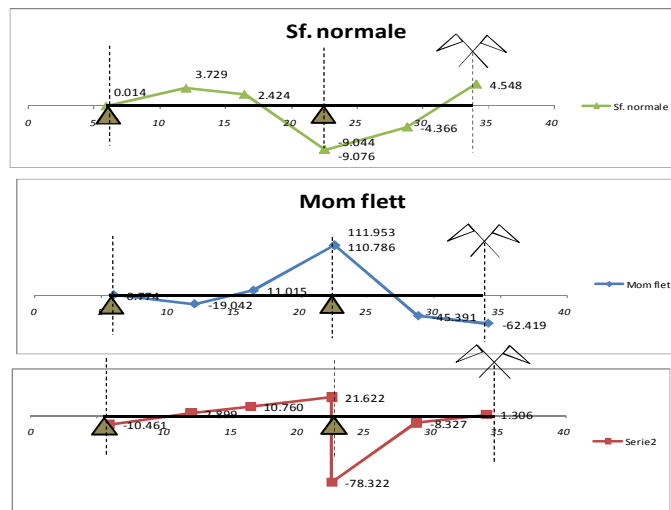
MODELLO 3 (n6)- CONDIZIONE DI CARICO "e3_dT+10"



MODELLO 3 (n6)- CONDIZIONE DI CARICO "Sc_B2"

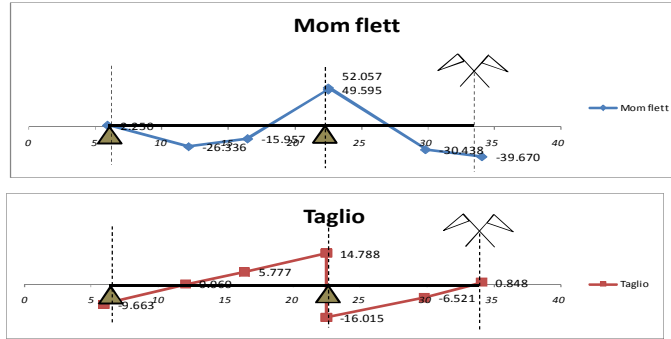


MODELLO 3 (n6)- CONDIZIONE DI CARICO "Sc_D2"

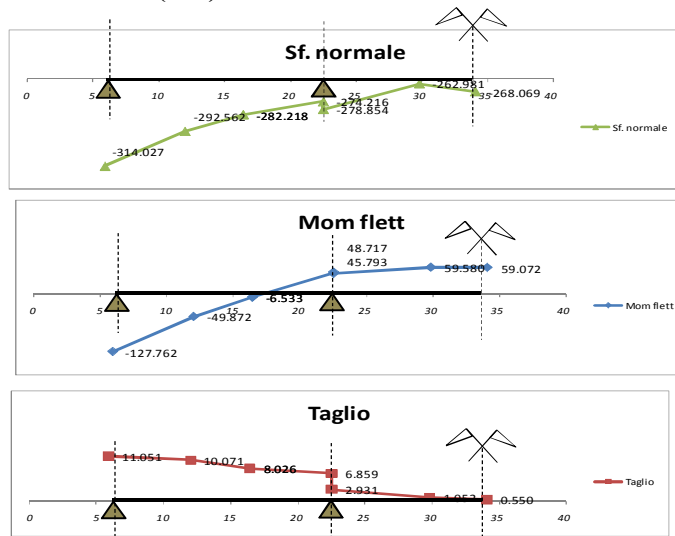


5.3.1.6 MODELLO FESSURATO – TRAVE DI BORDO INTERNA(ALL. 2)

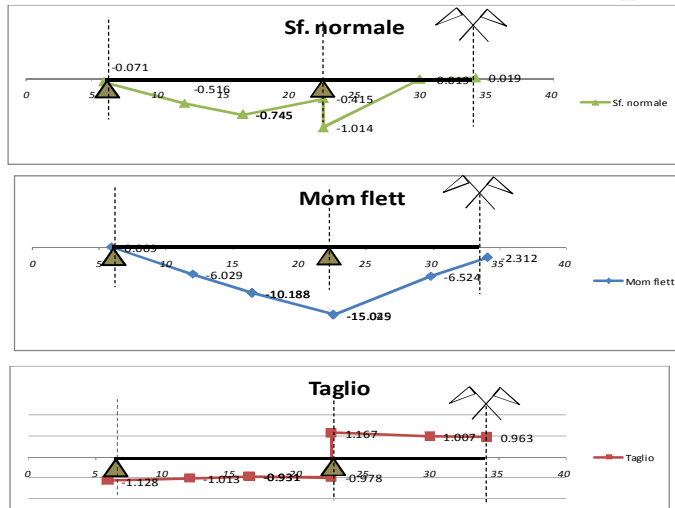
MODELLO 2 (n18)- CONDIZIONE DI CARICO “g2-perm”



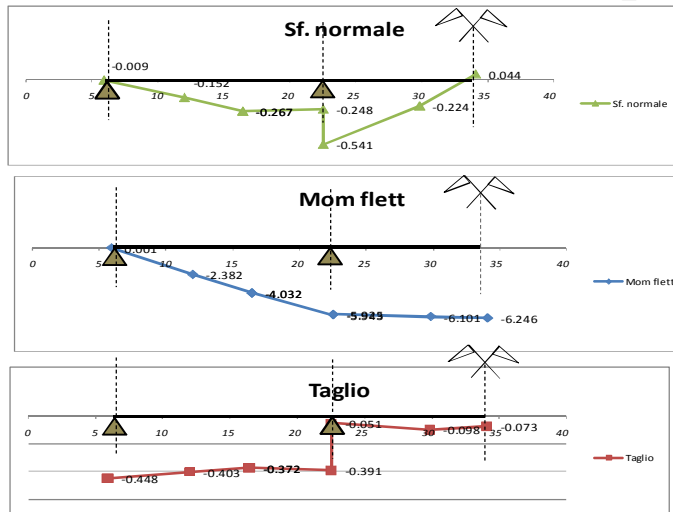
MODELLO 2 (n18).- CONDIZIONE DI CARICO “e2-ritiro”



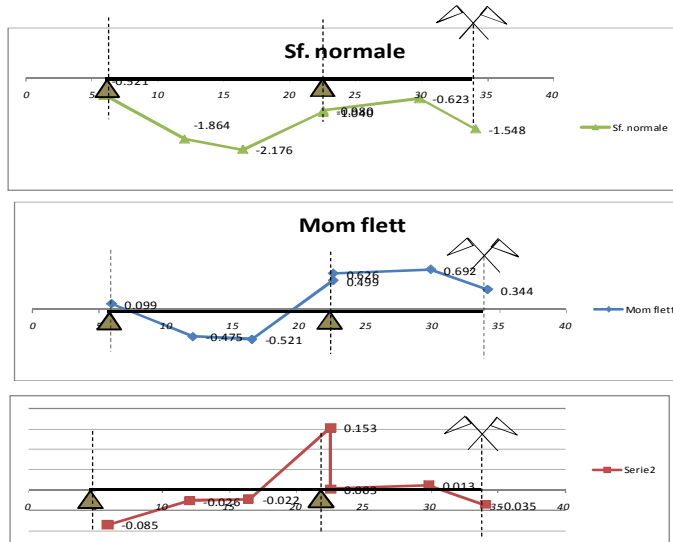
MODELLO 2 (n18).- CONDIZIONE DI CARICO “e4_Ced 1”



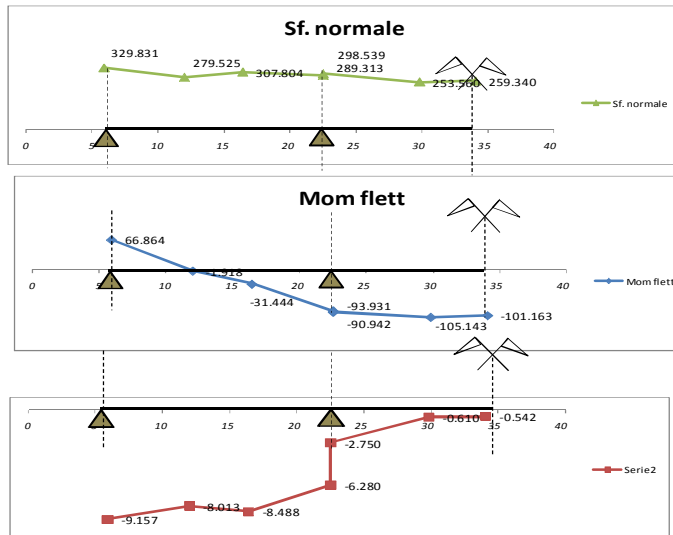
MODELLO 2 (n18)- CONDIZIONE DI CARICO "e4_Ced2"



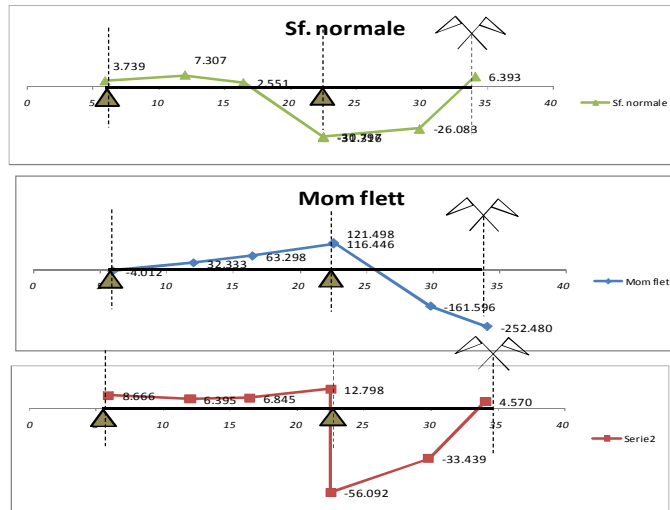
MODELLO 3 (n6)- CONDIZIONE DI CARICO "q5_vento+"



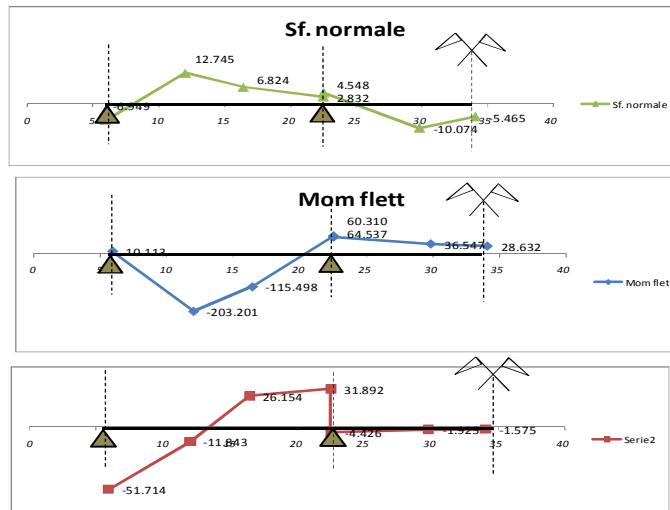
MODELLO 3 (n6)- CONDIZIONE DI CARICO "e3_dT+10"



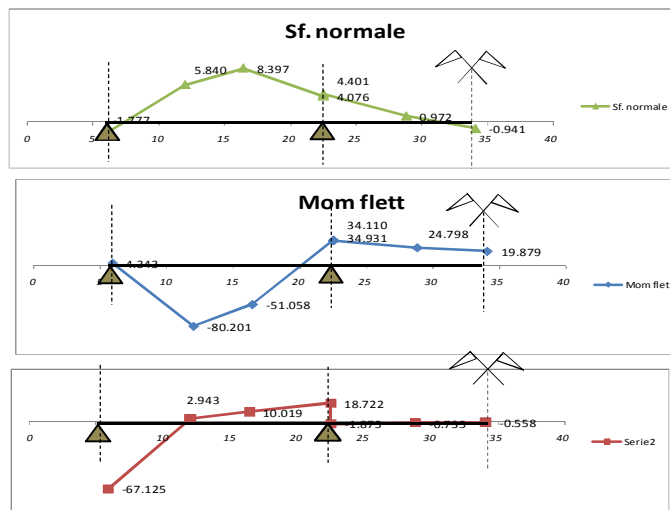
MODELLO 3 (n6)- CONDIZIONE DI CARICO "Sc_A2"



MODELLO 3 (n6)- CONDIZIONE DI CARICO "Sc_C2"



MODELLO 3 (n6)- CONDIZIONE DI CARICO "Sc_E2"



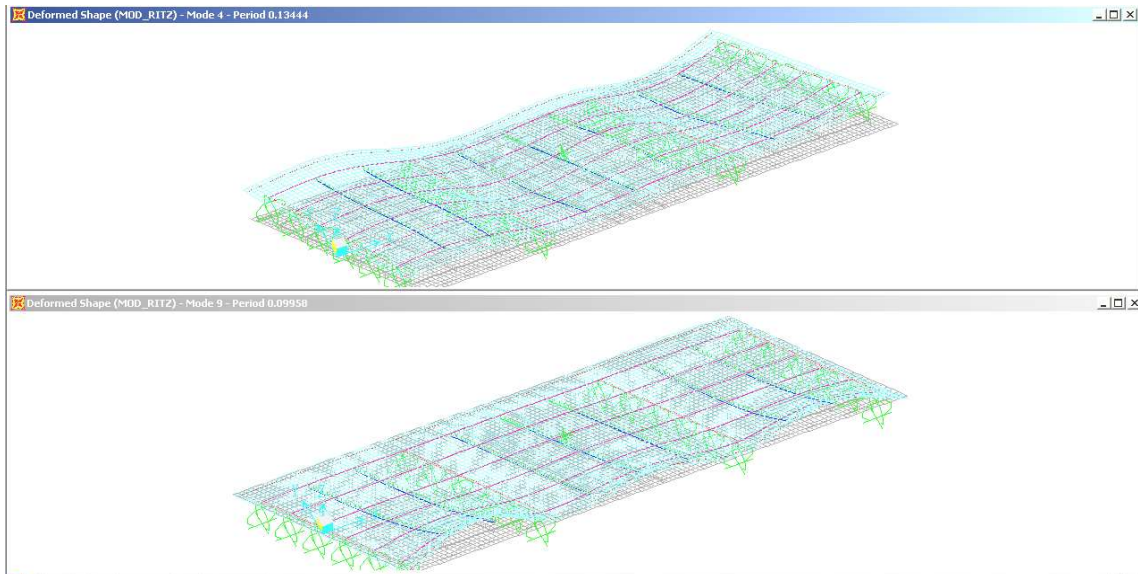
5.3.2 SOLLECITAZIONI (CARICHI SISMICI)

Il calcolo delle sollecitazioni sismiche è riferito al solo sisma verticale (vedi par.5.2.9) ed è effettuato mediante analisi modale adottando la combinazione delle massime risposte modali attraverso il metodo CQC (Combinazione Quadratica Completa). Nel seguito si riportano, per il modello fessurato e no, i dati salienti riguardanti l'analisi modale e le conseguenti sollecitazioni, graficate mediante il foglio di calcolo già visto.; in questo caso, essendo ottenute per quadratura, le sollecitazioni saranno involuppi.

5.3.2.1 MODELLO NON FESSURATO

Tabella 5-1 Modi di vibrare: periodi e fattori di partecipazione della massa

TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MOD_RITZ	Mode	1	0.233880065	1.39E-03	1.18E-04	4.97E-03	1.39E-03	1.18E-04	4.97E-03
MOD_RITZ	Mode	2	0.189360482	5.60E-04	1.02E-03	5.12E-03	1.95E-03	1.13E-03	1.01E-02
MOD_RITZ	Mode	3	0.173389334	2.59E-04	5.39E-05	2.97E-02	2.21E-03	1.19E-03	3.98E-02
MOD_RITZ	Mode	4	0.134438545	4.94E-03	0.780295358	6.00E-08	7.15E-03	0.781482957	3.98E-02
MOD_RITZ	Mode	5	0.122970178	3.67E-04	2.67E-02	1.11E-02	7.52E-03	0.808218243	5.09E-02
MOD_RITZ	Mode	6	0.116440604	1.17E-05	5.88E-03	6.69E-03	7.53E-03	0.814097788	5.76E-02
MOD_RITZ	Mode	7	0.110624613	4.29E-04	0.024380997	4.28E-02	7.96E-03	0.838478784	0.100440432
MOD_RITZ	Mode	8	0.109734579	2.62E-05	3.89E-03	0.122635052	7.99E-03	0.842373615	0.223075483
MOD_RITZ	Mode	9	0.099584561	1.72E-04	4.96E-03	0.248358007	8.16E-03	0.84733837	0.471433491
MOD_RITZ	Mode	10	8.53E-02	4.57E-02	1.91E-02	1.21E-04	5.39E-02	0.866417205	0.471554308
MOD_RITZ	Mode	11	8.29E-02	0.887773442	9.91E-03	9.72E-05	0.941637594	0.876329264	0.471651477
MOD_RITZ	Mode	12	7.95E-02	2.79E-06	1.60E-05	0.215376338	0.94164038	0.876345278	0.687027815
MOD_RITZ	Mode	13	7.19E-02	1.68E-03	3.72E-03	1.91E-03	0.943316555	0.88006058	0.688939402
MOD_RITZ	Mode	14	6.98E-02	0.028779471	9.56E-02	2.67E-05	0.972096026	0.9756384	0.688966085
MOD_RITZ	Mode	15	6.55E-02	1.16E-02	6.25E-03	1.83E-05	0.98367981	0.981886696	0.68898443
MOD_RITZ	Mode	16	6.11E-02	1.30E-05	1.98E-04	8.08E-04	0.983692857	0.982084536	0.689792849
MOD_RITZ	Mode	17	5.53E-02	2.25E-07	1.79E-04	2.21E-04	0.983693083	0.982263269	0.690014294
MOD_RITZ	Mode	18	5.45E-02	4.34E-04	2.05E-03	2.26E-03	0.98412755	0.984315924	0.692275103
MOD_RITZ	Mode	19	5.26E-02	6.64E-04	2.78E-03	9.03E-03	0.984791202	0.98709804	0.701305122
MOD_RITZ	Mode	20	4.71E-02	2.92E-03	4.32E-03	1.43E-02	0.987706398	0.991421699	0.7155764
MOD_RITZ	Mode	21	4.40E-02	1.92E-03	2.28E-03	1.65E-02	0.989631101	0.993706459	0.732087216
MOD_RITZ	Mode	22	4.30E-02	7.37E-04	1.11E-03	2.17E-03	0.990368083	0.994812753	0.734257758
MOD_RITZ	Mode	23	3.82E-02	1.08E-04	5.70E-07	4.46E-03	0.990475894	0.994813323	0.738716131
MOD_RITZ	Mode	24	3.64E-02	4.85E-04	1.86E-06	2.28E-04	0.990960486	0.994815187	0.7389446
MOD_RITZ	Mode	25	2.74E-02	3.29E-05	8.16E-06	8.52E-03	0.990993434	0.994823348	0.747465587
MOD_RITZ	Mode	26	0.024205501	3.51E-04	3.16E-03	9.92E-07	0.991344171	0.997979789	0.747466579
MOD_RITZ	Mode	27	1.94E-02	6.21E-04	1.56E-05	5.84E-02	0.991965589	0.997995341	0.805898912
MOD_RITZ	Mode	28	1.83E-02	3.20E-04	6.64E-06	6.21E-02	0.99228532	0.99800198	0.867976685
MOD_RITZ	Mode	29	1.77E-02	5.40E-03	9.85E-05	1.57E-02	0.997683219	0.998100495	0.883651201
MOD_RITZ	Mode	30	1.46E-02	1.07E-04	3.18E-05	7.96E-04	0.997790247	0.998132302	0.884447138



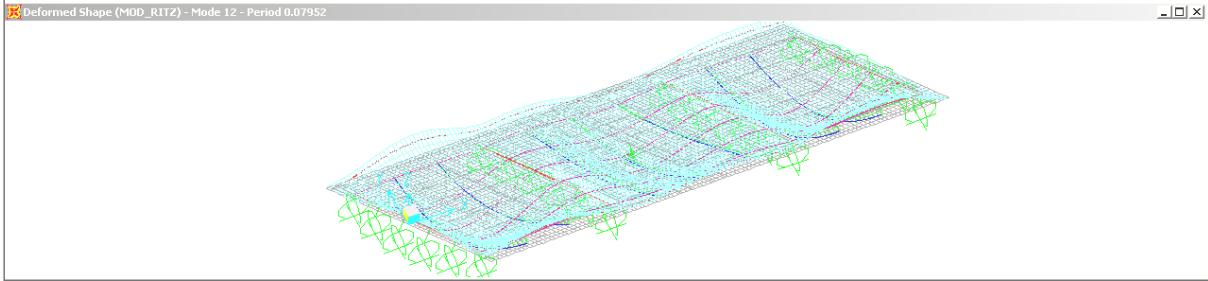
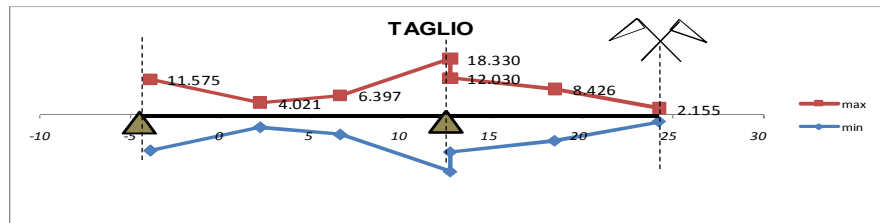
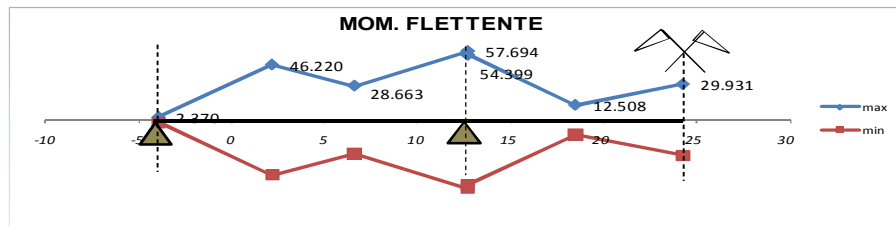
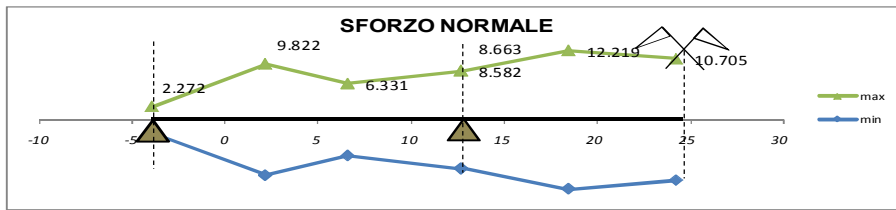
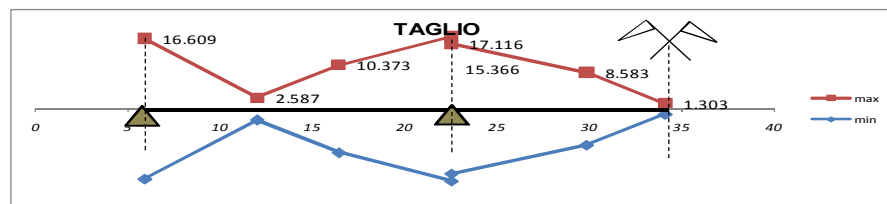
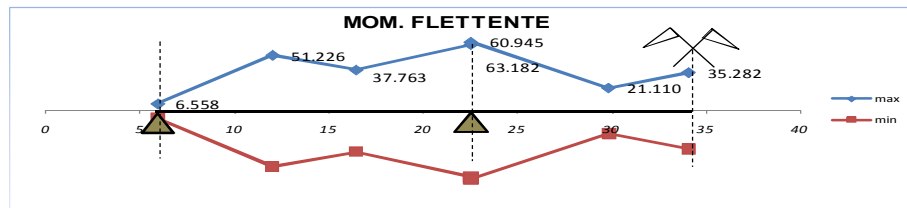
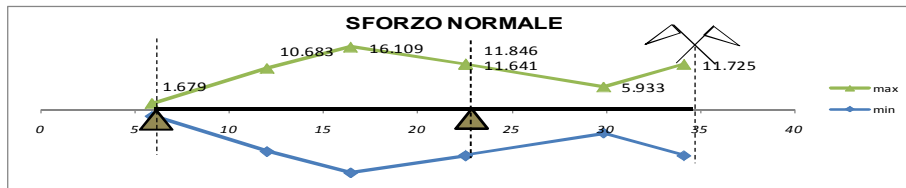


Figura 5-23 Forme modali dei modi più significativi

SOLLECITAZIONI – TRAVE DI BORDO ESTERNA (all. 1)



SOLLECITAZIONI – TRAVE DI BORDO INTERNA (all. 2)



5.3.2.2 MODELLO FESSURATO

Tabella 5-2 Modi di vibrare: periodi e fattori di partecipazione della massa

TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MOD_RITZ	Mode	1	0.267598158	1.13E-03	1.06E-04	7.44E-03	1.13E-03	1.06E-04	7.44E-03
MOD_RITZ	Mode	2	0.206853984	3.94E-04	2.52E-02	6.60E-03	1.52E-03	2.54E-02	1.40E-02
MOD_RITZ	Mode	3	0.187581884	3.91E-04	4.77E-03	6.02E-02	1.91E-03	3.01E-02	7.42E-02
MOD_RITZ	Mode	4	0.159202521	7.48E-03	0.672909027	4.21E-04	9.39E-03	0.703038548	7.47E-02
MOD_RITZ	Mode	5	0.133106925	4.81E-04	1.32E-02	1.65E-02	9.88E-03	0.716268534	9.12E-02
MOD_RITZ	Mode	6	0.124218215	2.09E-03	1.25E-04	4.66E-02	1.20E-02	0.716393229	0.137765596
MOD_RITZ	Mode	7	0.123043439	2.44E-04	3.49E-02	6.30E-02	0.012207862	0.751261234	0.200755572
MOD_RITZ	Mode	8	0.115450472	3.84E-04	1.84E-02	9.91E-03	1.26E-02	0.769658301	0.210664235
MOD_RITZ	Mode	9	0.1111801	1.71E-07	1.03E-02	0.321798689	1.26E-02	0.77997565	0.532462924
MOD_RITZ	Mode	10	9.41E-02	7.07E-02	1.45E-02	8.35E-03	8.33E-02	0.794508994	0.540808271
MOD_RITZ	Mode	11	8.95E-02	0.736926337	6.29E-02	3.26E-03	0.820210579	0.857394419	0.544067632
MOD_RITZ	Mode	12	8.72E-02	7.65E-03	1.00E-03	0.124778311	0.827861973	0.858398099	0.668845943
MOD_RITZ	Mode	13	8.18E-02	0.106166866	0.111702224	3.92E-03	0.934028839	0.970100323	0.672761297
MOD_RITZ	Mode	14	0.076514268	0.020774525	2.16E-03	5.08E-03	0.954803364	0.97225909	0.67784458
MOD_RITZ	Mode	15	6.75E-02	9.97E-03	2.45E-05	1.62E-03	0.964774135	0.97228362	0.679460051
MOD_RITZ	Mode	16	6.61E-02	2.85E-03	3.08E-04	4.78E-04	0.967626949	0.972591694	0.679938048
MOD_RITZ	Mode	17	5.70E-02	4.64E-04	9.30E-03	7.45E-04	0.968091217	0.981890699	0.680682786
MOD_RITZ	Mode	18	5.39E-02	6.32E-04	4.26E-05	3.26E-02	0.968722751	0.981933307	0.713269333
MOD_RITZ	Mode	19	5.20E-02	5.56E-05	1.33E-04	7.95E-03	0.96877838	0.982066389	0.72122164
MOD_RITZ	Mode	20	4.96E-02	2.61E-04	1.16E-02	2.72E-04	0.969039167	0.993632446	0.721493361
MOD_RITZ	Mode	21	4.65E-02	4.47E-04	8.40E-05	8.22E-03	0.969486196	0.993716489	0.729709949
MOD_RITZ	Mode	22	4.24E-02	5.65E-05	4.38E-05	0.020602028	0.969542688	0.993760338	0.750311977
MOD_RITZ	Mode	23	4.08E-02	6.40E-06	1.26E-04	8.74E-04	0.969549087	0.993886329	0.751185593
MOD_RITZ	Mode	24	3.59E-02	0.009873545	2.58E-05	2.94E-04	0.979422632	0.993912138	0.751479272
MOD_RITZ	Mode	25	3.02E-02	5.06E-04	1.71E-06	3.07E-03	0.979928212	0.993913849	0.754551956
MOD_RITZ	Mode	26	2.63E-02	1.11E-03	3.29E-03	1.09E-03	0.981038929	0.997207243	0.755640663
MOD_RITZ	Mode	27	2.32E-02	1.46E-02	3.59E-04	9.79E-03	0.995593044	0.997566693	0.765434781
MOD_RITZ	Mode	28	2.11E-02	1.39E-03	1.93E-04	5.88E-02	0.996987467	0.997759368	0.824284117
MOD_RITZ	Mode	29	1.94E-02	3.34E-06	4.16E-04	4.67E-02	0.996990809	0.998175833	0.870999189
MOD_RITZ	Mode	30	1.59E-02	2.12E-04	4.74E-05	0.010141737	0.997203246	0.998223207	0.881133627

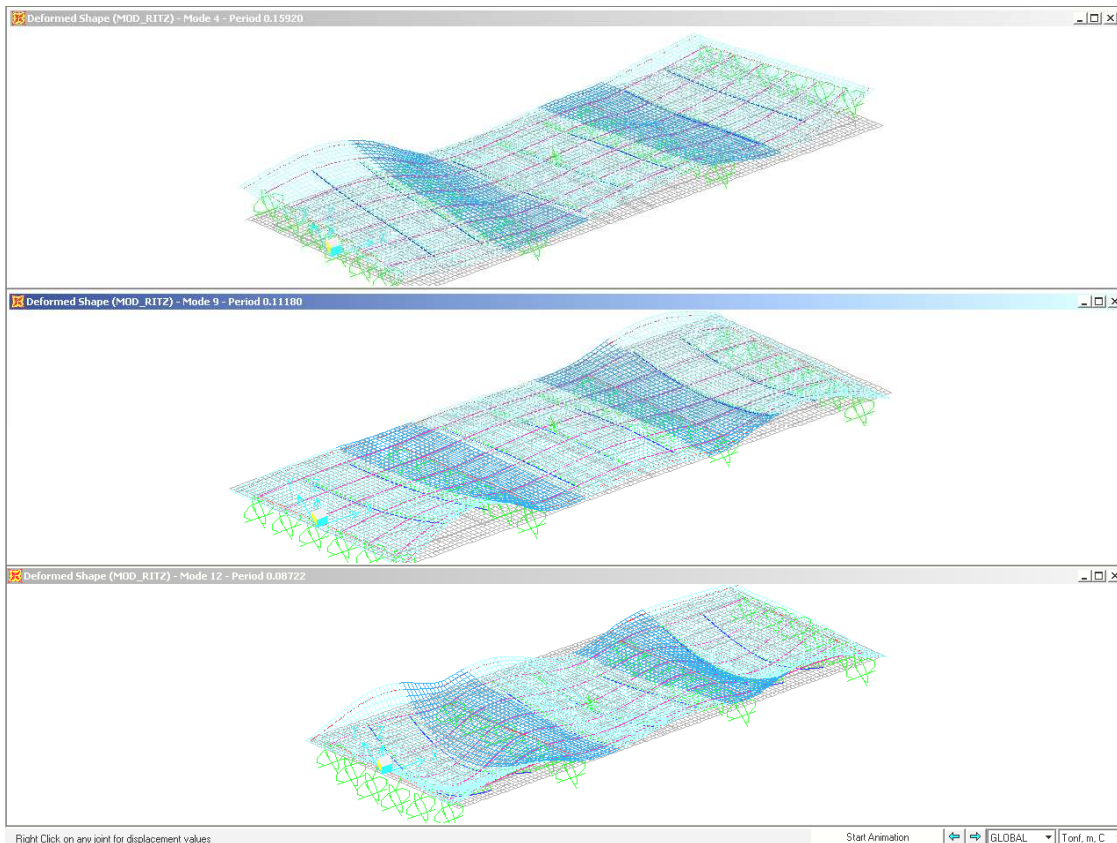
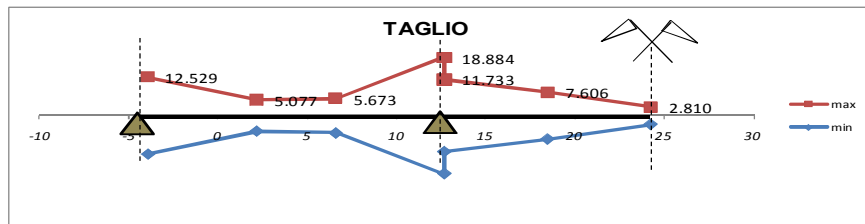
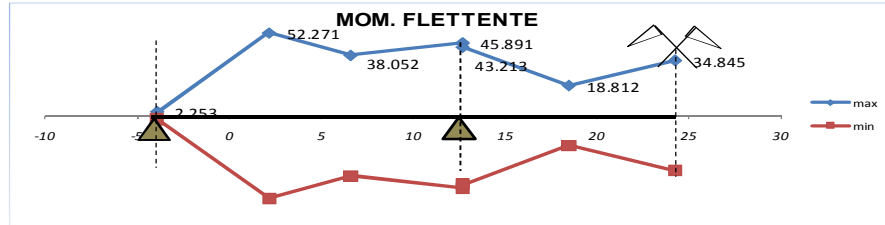
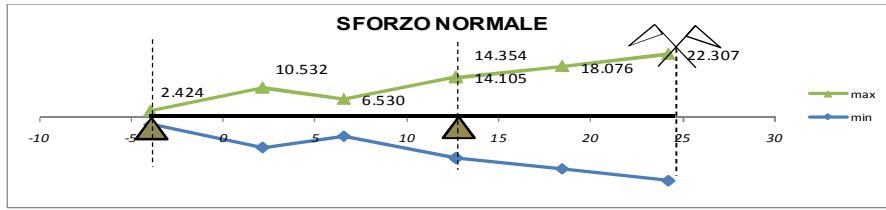
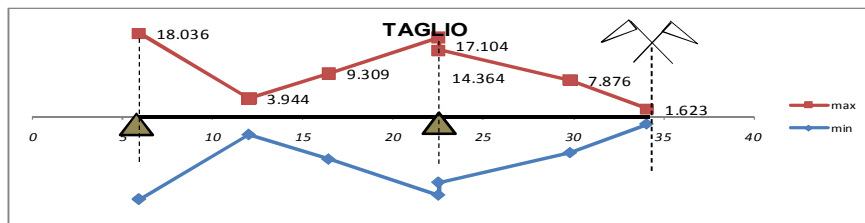
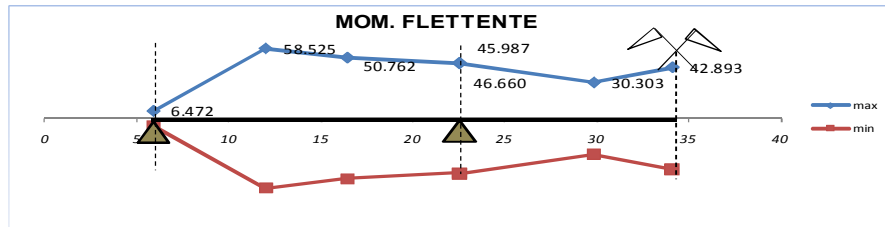
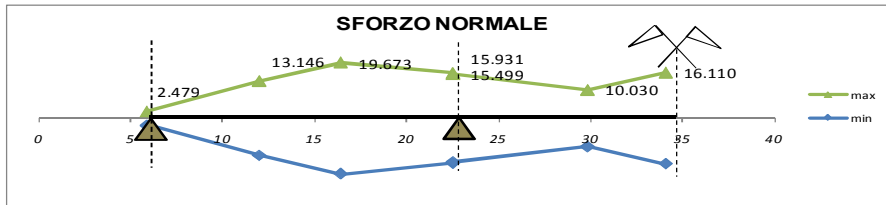


Figura 5-24 Forma modale dei modi più significativi

SOLLECITAZIONI – TRAVE DI BORDO ESTERNA (all. 1)



SOLLECITAZIONI – TRAVE DI BORDO INTERNA (all. 2)



5.3.3 VERIFICA DELLA SEZIONE TRASVERSALE (CARICHI STATICI)

Le larghezze efficaci della soletta utilizzate per le verifiche di resistenza sono definite secondo quanto previsto al punto 4.3.2.3 della Norma, con riferimento alla Figura 5-25:

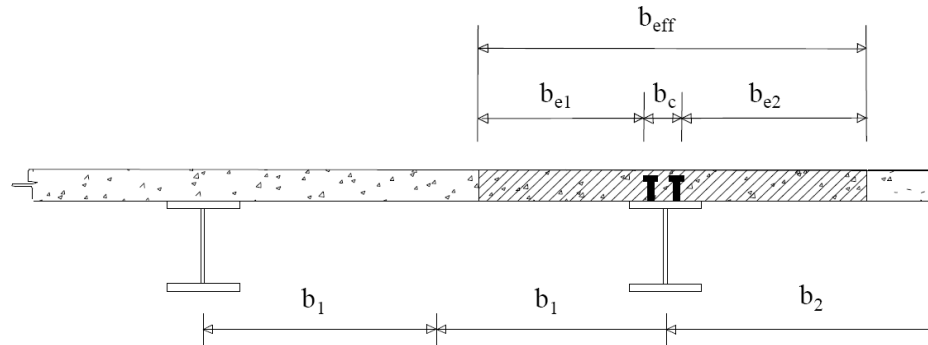


Figura 5-25 Definizione della larghezza efficace

Campata P1-P2

(Sez. A, sez. Y)

$$L_e = 0.70 \cdot 23.10 = 16.17\text{m} \quad \Rightarrow \quad L_e/8 = 2.02\text{m}$$

$$b_i = 1.40\text{m} \quad \Rightarrow \quad b_e = \min(2.02; 1.40) = 1.40\text{m}$$

$$b_{eff} = 0.24 + 1.40 \cdot 2 = 3.04\text{m}$$

Appoggi su pile P1 e P2

(Sez. B)

$$L_e = 0.25 \cdot (16.60 + 23.1) = 9.92\text{m} \quad \Rightarrow \quad L_e/8 = 1.25\text{m}$$

$$b_i = 1.40\text{m} \quad \Rightarrow \quad b_e = \min(1.25; 1.40) = 1.25\text{m}$$

$$b_{eff} = 0.24 + 1.25 \cdot 2 = 2.74\text{m}$$

Campata SA-P1 e campata P2-SB

(Sez. C, sez X)

$$L_e = 0.85 \cdot 16.60 = 14.10\text{m} \quad \Rightarrow \quad L_e/8 = 1.75\text{m}$$

$$b_i = 1.40\text{m} \quad \Rightarrow \quad b_e = \min(1.75; 1.40) = 1.40\text{m}$$

$$b_{eff} = 0.24 + 1.40 \cdot 2 = 3.04\text{m}$$

Appoggi presso spalle SA e SB

(Sez. E)

$$L_e = 0.85 \cdot 16.60 = 14.10\text{m} \quad \Rightarrow \quad L_e/8 = 1.75\text{m}$$

$$b_i = 1.40\text{m} \quad \Rightarrow \quad b_e = \min(1.75; 1.40) = 1.40\text{m}$$

$$\beta_1 = (0.55 + 0.025 \cdot 14.10 / 1.40) = 0.80$$

$$b_{eff} = 0.24 + 2 \cdot 0.80 \cdot 1.40 = 2.48\text{m}$$

Ai fini delle verifiche di resistenza, per quanto riguarda i modelli 2 e 3, la soletta è stata considerata realizzata in un unico getto. Con tale ipotesi si sovrastimano le tensioni sulle travi metalliche e quindi si perviene ad una verifica conservativa della sicurezza.

Le verifiche sono condotte in base alla combinazione di carico fondamentale con i carichi mobili assunti come azione variabile dominante ed il vento come azione variabile secondaria:

$$1.35 \cdot G_1 + 1.50 \cdot G_2 + 1.20 \cdot Q_{rit} + 1.20 \cdot Q_{ced} + 1.35 \cdot Q + 1.20 \cdot 0.6 \cdot Q_T + 1.50 \cdot 0.6 \cdot Q_w$$

RIEPILOGO DELLE SOLLECITAZIONI NELLE SEZIONI SIGNIFICATIVE

Le tabelle seguenti riportano l'entità delle sollecitazioni assunte per le verifiche di resistenza; i valori sono quelli non fattorizzati (la fattorizzazione viene effettuata dall'applicativo che effettua l'analisi tensionale delle sezioni). L'applicativo tiene conto degli effetti del ritiro solo laddove questi siano peggiorativi per il tipo di calcolo impostato (massimizzazione di M^+ , di M^- o del taglio T); per quanto riguarda il salto termico, invece, questa valutazione deve essere svolta dall'utente sui risultati, implementando per ogni sezione e combinazione di carico due casi: uno con salto termico $\Delta T = +10^\circ$ e l'altro $\Delta T = -5^\circ$.

Le combinazioni delle quali si riportano i risultati sono le più gravose fra le due.

SEZIONE A1. Mezz camp lung +10° Mmax

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	1.120E+3	0.000E+0	1.151E+8
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	2.018E+4	0.000E+0	6.543E+8
Ritiro soletta inferiore (1^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	2.600E+3	-6.100E+3	5.184E+8
Ritiro soletta superiore	-3.039E+6	-6.740E+3	-7.087E+8
Ritiro soletta inferiore (2^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	0.000E+0	6.800E+2	6.170E+7
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	9.185E+4	-1.511E+4	2.397E+9
Effetti termici	3.004E+6	5.420E+3	1.092E+9
Vento	-4.220E+3	7.580E+3	4.612E+7

SEZIONE A2. Mezz camp lung +10° Mmax

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	7.380E+3	-2.360E+3	1.362E+8
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	3.800E+4	2.700E+3	6.213E+8
Ritiro soletta inferiore (1^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	2.480E+4	8.480E+3	3.967E+8
Ritiro soletta superiore	-2.681E+6	5.500E+3	-5.007E+8
Ritiro soletta inferiore (2^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	0.000E+0	0.000E+0	6.250E+7
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	6.393E+4	4.570E+4	2.525E+9
Effetti termici	2.593E+6	-5.420E+3	1.012E+9
Vento	1.548E+4	0.000E+0	3.440E+6

SEZIONE C1. Mezz camp cort +10° Mmax

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	2.640E+3	3.580E+3	7.420E+7
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	1.310E+4	2.020E+4	4.227E+8
Ritiro soletta inferiore (1 ^a quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	8.380E+4	-1.920E+4	4.099E+8
Ritiro soletta superiore	-3.512E+6	1.259E+5	5.710E+8
Ritiro soletta inferiore (2 ^a quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	3.870E+3	-8.000E+3	4.720E+7
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	4.575E+4	-1.451E+5	1.762E+9
Effetti termici	3.670E+6	-1.235E+5	-5.040E+6
Vento	4.200E+4	8.690E+3	9.430E+7

SEZIONE C2. Mezz camp cort +10° Mmax

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	3.470E+3	-3.900E+3	8.951E+7
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	2.174E+4	-6.500E+3	4.167E+8
Ritiro soletta inferiore (1 ^a quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	-2.270E+4	0.000E+0	2.634E+8
Ritiro soletta superiore	-2.926E+6	1.007E+5	4.987E+8
Ritiro soletta inferiore (2 ^a quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	-5.160E+3	-1.015E+4	6.030E+7
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	1.274E+5	-1.184E+5	2.033E+9
Effetti termici	2.795E+6	-8.012E+4	1.920E+7
Vento	-1.860E+4	8.690E+3	4.750E+6

SEZIONE Y1. Cambio conci camp lung.+10° Mmax

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	1.100E+3	-2.590E+4	4.020E+7
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	2.020E+4	-1.473E+5	2.287E+8
Ritiro soletta inferiore (1 ^a quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	-1.120E+4	-1.130E+5	2.393E+8
Ritiro soletta superiore	-3.125E+6	1.900E+3	-7.272E+8
Ritiro soletta inferiore (2 ^a quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	-7.230E+3	1.000E+4	9.533E+7
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	1.845E+5	-2.900E+5	8.943E+8
Effetti termici	3.301E+6	8.400E+3	1.079E+9
Vento	-1.900E+4	-7.200E+3	3.420E+7

SEZIONE X1. Cambio conci camp cort.+10° Mmax

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	2.600E+3	2.090E+4	2.670E+7
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	1.310E+4	1.190E+5	1.532E+8
Ritiro soletta inferiore (1 ^a quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	-3.020E+4	7.380E+4	2.239E+8
Ritiro soletta superiore	-3.324E+6	1.204E+5	-1.051E+8
Ritiro soletta inferiore (2 ^a quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	2.780E+3	-9.000E+3	8.150E+7
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	1.585E+4	2.427E+5	1.127E+9
Effetti termici	3.269E+6	-1.240E+5	7.169E+8
Vento	-1.800E+4	2.143E+4	2.110E+7

SEZIONE B1. Appoggio Pila +10° Mmax

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	2.640E+3	4.818E+4	-1.836E+8
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	1.310E+4	2.742E+5	-1.043E+9
Ritiro soletta inferiore (1 ^a quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	-6.750E+4	2.442E+5	-8.354E+8
Ritiro soletta superiore	-3.319E+6	8.180E+4	-1.415E+8
Ritiro soletta inferiore (2 ^a quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	7.400E+3	8.940E+3	-1.286E+8
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	3.710E+4	4.249E+5	-1.602E+9
Effetti termici	3.631E+6	-4.820E+4	8.278E+7
Vento	-5.010E+4	7.460E+4	-2.172E+8

SEZIONE B1. Appoggio Pila -5° Mmax

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	2.640E+3	4.818E+4	-1.836E+8
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	1.310E+4	2.742E+5	-1.043E+9
Ritiro soletta inferiore (1 ^a quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	-6.750E+4	2.442E+5	-8.354E+8
Ritiro soletta superiore	-3.319E+6	8.180E+4	-1.415E+8
Ritiro soletta inferiore (2 ^a quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	7.400E+3	8.940E+3	-1.286E+8
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	3.710E+4	4.249E+5	-1.602E+9
Effetti termici	-1.816E+6	2.410E+4	-4.139E+7
Vento	-5.010E+4	7.460E+4	-2.172E+8

SEZIONE B1. Appoggio Pila -5° Tmax

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	2.640E+3	4.818E+4	-1.836E+8
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	1.310E+4	2.742E+5	-1.043E+9
Ritiro soletta inferiore (1 ^a quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	-6.750E+4	2.442E+5	-8.354E+8
Ritiro soletta superiore	-3.319E+6	8.180E+4	-1.415E+8
Ritiro soletta inferiore (2 ^a quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	7.400E+3	8.940E+3	-1.286E+8
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	-1.420E+4	5.585E+5	-1.104E+9
Effetti termici	-1.816E+6	2.410E+4	-4.139E+7
Vento	-5.010E+4	7.460E+4	-2.172E+8

SEZIONE B2. Appoggio Pila -5° Mmax

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	-3.800E+3	5.430E+4	-2.121E+8
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	-1.680E+4	2.694E+5	-1.012E+9
Ritiro soletta inferiore (1 ^a quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	-2.700E+4	1.848E+5	-5.818E+8
Ritiro soletta superiore	-2.860E+6	-2.360E+4	4.110E+7
Ritiro soletta inferiore (2 ^a quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	2.460E+3	7.440E+3	-1.236E+8
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	-1.993E+5	6.762E+5	-1.851E+9
Effetti termici	-1.525E+6	6.300E+3	1.280E+7
Vento	0.000E+0	1.500E+3	-3.400E+6

SEZIONE B2. Appoggio Pila -5° Tmax

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	-3.800E+3	5.430E+4	-2.121E+8
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	-1.680E+4	2.694E+5	-1.012E+9
Ritiro soletta inferiore (1 ^a quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	-2.700E+4	1.848E+5	-5.818E+8
Ritiro soletta superiore	-2.860E+6	-2.360E+4	4.110E+7
Ritiro soletta inferiore (2 ^a quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	2.460E+3	7.440E+3	-1.236E+8
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	-9.040E+4	7.832E+5	-1.120E+9
Effetti termici	-1.525E+6	6.300E+3	1.280E+7
Vento	0.000E+0	1.500E+3	-3.400E+6

SEZIONE E1. Appoggio Spalla +10° Tmax

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	2.640E+3	-2.610E+4	0.000E+0
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	-1.310E+4	-1.491E+5	-5.360E+6
Ritiro soletta inferiore (1^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	2.784E+4	-1.388E+5	2.412E+7
Ritiro soletta superiore	-3.816E+6	1.313E+5	1.471E+9
Ritiro soletta inferiore (2^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	1.290E+3	7.140E+3	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	2.187E+4	-4.820E+5	-6.470E+7
Effetti termici	4.034E+6	-1.231E+5	-7.916E+8
Vento	1.770E+4	-2.920E+4	4.720E+7

SEZIONE E2. Appoggio Spalla +10° Tmax

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	3.470E+3	-2.860E+4	0.000E+0
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	2.174E+4	-1.476E+5	-9.400E+6
Ritiro soletta inferiore (1^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	-1.400E+4	-9.663E+4	-2.250E+7
Ritiro soletta superiore	-3.140E+6	1.105E+5	1.278E+9
Ritiro soletta inferiore (2^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	0.000E+0	1.128E+4	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	-1.780E+4	-6.712E+5	-4.340E+7
Effetti termici	3.298E+6	-9.160E+4	-6.686E+8
Vento	5.200E+3	-8.000E+2	0.000E+0

Le tabelle riprodotte nelle pagine seguenti riportano le verifiche di resistenza delle sezioni significative.

Le tensioni massime rilevate saranno sempre inferiori ai valori di calcolo, pari a:

$$f_{yd, \text{ carp}} = 355/1.05 = 338.00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd, \text{ arm}} = = 391.30 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} = = 18.37 \text{ N/mm}^2$$

(vedi cap. 3 “CARATTERISTICHE DEI MATERIALI”)

Si precisa che le sollecitazioni riportate nella tabella “SOLLECITAZIONI” sono fattorizzate per gli specifici fattori parziali di sicurezza.

SEZIONE A1. Mezz camp lung +10° Mmax (Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)**TRAVE METALLICA**

Altezza totale della trave in acciaio: 1100 Spessore anima: 15

Ala inferiore : 700 x 20 Ala superiore : 500 x 20

SOLETTA SUPERIORE

Soletta: larghezza = 3040 spessore totale = 300

Coppella: appoggio sull'ala = 70 spessore = 60

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 4.03

Tensione da variazioni termiche (1° fase): -3.43

SOLETTA INFERIORE

Soletta: larghezza = 0 spessore totale = 0 Armatura 1: Aa = 0 Y = 0

Coppella: larghezza = 0 spessore = 0 Armatura 2: Aa = 0 Y = 0

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

		TRAVE IN ACCIAIO	TRAVE + SOL. INF. n= 18.0	TRAVE COMPLETA	
				n= 18.0	n= 6.0
Quota baricentro		495.86	495.86	894.53	1087.23
Area		3.9900E+04	3.9900E+04	8.1633E+04	1.6510E+05
Momento d'inerzia		8.3710E+09	8.3710E+09	2.0997E+10	2.7435E+10
Intradosso	W	1.6882E+07	1.6882E+07	2.3472E+07	2.5234E+07
Attacco Anima-Piattabanda Inferiore	W	1.7591E+07	1.7591E+07	2.4009E+07	2.5706E+07
	C	5.4172E-05	5.4172E-05	5.4172E-05	5.4172E-05
Baricentro Trave Acciaio	C	6.7697E-05	6.7697E-05	6.7697E-05	6.7697E-05
Baricentro Trave Completa	C		6.7697E-05	1.4430E-04	1.8814E-04
Attacco Anima-Piattabanda Superiore	W	1.4331E+07	1.4331E+07	1.1321E+08	-3.7967E+09
	C	4.7317E-05	4.7317E-05	4.7317E-05	4.7317E-05
Estradosso Trave Acciaio	W	1.3856E+07	1.3856E+07	1.0219E+08	2.1477E+09
(b= 360.00)	C			2.1044E-06	2.3890E-06
Estradosso Soletta Superiore	W			7.4770E+08	5.2628E+08

SOLLECITAZIONI

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	1.512E+3	0.000E+0	1.554E+8
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	2.724E+4	0.000E+0	8.833E+8
Ritiro soletta inferiore (1^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	3.900E+3	-9.150E+3	7.776E+8
Ritiro soletta superiore	-3.647E+6	-8.088E+3	-8.504E+8
Ritiro soletta inferiore (2^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	0.000E+0	8.160E+2	7.404E+7
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	1.240E+5	-2.040E+4	3.236E+9
Effetti termici	3.604E+6	6.504E+3	1.310E+9
Vento	-5.697E+3	1.023E+4	6.226E+7

TENSIONI - (Fasi di costruzione)

		Peso travi acciaio	1^ Prec.	Peso sol. inf.	Totale Trave in Acciaio	Peso sol. sup.	Ritiro sol.inf. 1^quota	Totale trave in acciaio +sol.inf.
Intradosso	σ	9.24	0.00	0.00	9.24	53.01	0.00	62.25
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	8.87	0.00	0.00	8.87	50.90	0.00	59.77
	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	σ_{id}	8.87	0.00	0.00	8.87	50.90	0.00	59.77
Baricentro Trave Acciaio	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	-10.80	0.00	0.00	-10.80	-60.95	0.00	-71.76
	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	σ_{id}	10.80	0.00	0.00	10.80	60.95	0.00	71.76
Estradosso Trave Acciaio	σ	-11.18	0.00	0.00	-11.18	-63.07	0.00	-74.24
(b= 360.00)	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Estradosso Soletta	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TENSIONI - (Situazione finale)

		2^ Prec.	Carichi perm. portati	Ritiro sol. sup.	Ritiro sol.inf. 2^quota	Cedimenti appoggi	Carichi mobili	Effetti termici	Vento	Totale Trave compl.
Intradosso	σ	0.00	33.18	-80.90	0.00	3.15	128.98	73.76	2.43	303.75
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	0.00	32.44	-80.09	0.00	3.08	126.62	72.81	2.39	297.10
	τ	0.00	-0.50	-0.44	0.00	0.04	-1.11	0.35	0.55	-1.09
	σ_{id}	0.00	32.45	80.10	0.00	3.08	126.64	72.81	2.57	297.11
Baricentro Trave Acciaio	τ	0.00	-0.62	-0.55	0.00	0.06	-1.38	0.44	0.69	-1.36
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Baricentro trave Completa	τ	0.00	-1.32	-1.17	0.00	0.12	-3.84	1.22	1.93	-3.06
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	0.00	-6.82	-37.16	0.00	-0.65	1.60	22.18	-0.02	-92.63
	τ	0.00	-0.43	-0.38	0.00	0.04	-0.97	0.31	0.48	-0.95
	σ_{id}	0.00	6.86	37.17	0.00	0.66	2.32	22.18	0.84	92.65
Estradosso Trave Acciaio	σ	0.00	-7.56	-36.35	0.00	-0.72	-0.76	21.22	-0.06	-98.48
(b= 360.00)	τ	0.00	-0.02	-0.02	0.00	0.00	-0.05	0.02	0.02	-0.04
Estradosso Soletta	σ	0.00	-1.04	2.69	0.00	-0.10	-6.02	-2.28	-0.12	-9.56

SEZIONE A2. Mezz camp lung +10° Mmax (Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

TRAVE METALLICA

Altezza totale della trave in acciaio: 1100

Spessore anima: 15

Ala inferiore : 700 x 20

Ala superiore : 500 x 20

SOLETTA SUPERIORE

Soletta: larghezza = 3040 spessore totale = 300

Coppella: appoggio sull'ala = 70 spessore = 60

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 4.03

Tensione da variazioni termiche (1° fase): -3.43

SOLETTA INFERIORE

Soletta: larghezza = 0 spessore totale = 0

Armatura 1: Aa = 0 Y = 0

Coppella: larghezza = 0 spessore = 0

Armatura 2: Aa = 0 Y = 0

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

		TRAVE IN ACCIAIO	TRAVE + SOL. INF. n= 18.0	TRAVE COMPLETA	
				n= 18.0	n= 6.0
Quota baricentro		495.86	495.86	894.53	1087.23
Area		3.9900E+04	3.9900E+04	8.1633E+04	1.6510E+05
Momento d'inerzia		8.3710E+09	8.3710E+09	2.0997E+10	2.7435E+10
Intradosso	W	1.6882E+07	1.6882E+07	2.3472E+07	2.5234E+07
Attacco Anima-Piattabanda Inferiore	W	1.7591E+07	1.7591E+07	2.4009E+07	2.5706E+07
	C	5.4172E-05	5.4172E-05	5.4172E-05	5.4172E-05
Baricentro Trave Acciaio	C	6.7697E-05	6.7697E-05	6.7697E-05	6.7697E-05
Baricentro Trave Completa	C		6.7697E-05	1.4430E-04	1.8814E-04
Attacco Anima-Piattabanda Superiore	W	1.4331E+07	1.4331E+07	1.1321E+08	-3.7967E+09
	C	4.7317E-05	4.7317E-05	4.7317E-05	4.7317E-05
Estradosso Trave Acciaio	W	1.3856E+07	1.3856E+07	1.0219E+08	2.1477E+09
(b= 360.00)	C			2.1044E-06	2.3890E-06
Estradosso Soletta Superiore	W			7.4770E+08	5.2628E+08

SOLLECITAZIONI

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	9.963E+3	-3.186E+3	1.839E+8
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	5.130E+4	3.645E+3	8.388E+8
Ritiro soletta inferiore (1^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	3.720E+4	1.272E+4	5.951E+8
Ritiro soletta superiore	-3.217E+6	6.600E+3	-6.008E+8
Ritiro soletta inferiore (2^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	0.000E+0	0.000E+0	7.500E+7
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	8.631E+4	6.170E+4	3.408E+9
Effetti termici	3.112E+6	-6.504E+3	1.214E+9
Vento	2.090E+4	0.000E+0	4.644E+6

TENSIONI - (Fasi di costruzione)

		Peso travi acciaio	1 ^a Prec.	Peso sol. inf.	Totale Trave in Acciaio	Peso sol. sup.	Ritiro sol.inf. 1 ^a quota	Totale trave in acciaio +sol.inf.
Intradosso	σ	11.14	0.00	0.00	11.14	50.97	0.00	62.11
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	10.70	0.00	0.00	10.70	48.97	0.00	59.67
	τ	-0.17	0.00	0.00	-0.17	0.20	0.00	0.02
	σ_{id}	10.71	0.00	0.00	10.71	48.97	0.00	59.67
Baricentro Trave Acciaio	τ	-0.22	0.00	0.00	-0.22	0.25	0.00	0.03
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.25
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	-12.58	0.00	0.00	-12.58	-57.24	0.00	-69.82
	τ	-0.15	0.00	0.00	-0.15	0.17	0.00	0.02
	σ_{id}	12.58	0.00	0.00	12.58	57.24	0.00	69.82
Estradosso Trave Acciaio	σ	-13.02	0.00	0.00	-13.02	-59.25	0.00	-72.27
(b= 360.00)	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Estradosso Soletta	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TENSIONI - (Situazione finale)

		2 ^a Prec.	Carichi perm. portati	Ritiro sol. sup.	Ritiro sol.inf. 2 ^a quota	Cedimenti appoggi	Carichi mobili	Effetti termici	Vento	Totale Trave compl.
Intradosso	σ	0.00	25.81	-65.00	0.00	3.20	135.60	66.96	0.31	293.98
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	0.00	25.24	-64.43	0.00	3.12	133.12	66.07	0.31	287.53
	τ	0.00	0.69	0.36	0.00	0.00	3.34	-0.35	0.00	4.06
	σ_{id}	0.00	25.27	64.43	0.00	3.12	133.24	66.07	0.31	287.61
Baricentro Trave Acciaio	τ	0.00	0.86	0.45	0.00	0.00	4.18	-0.44	0.00	5.08
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25
Baricentro trave Completa	τ	0.00	1.84	0.95	0.00	0.00	11.61	-1.22	0.00	13.17
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	0.00	-4.80	-34.10	0.00	-0.66	1.42	19.17	0.13	-88.67
	τ	0.00	0.60	0.31	0.00	0.00	2.92	-0.31	0.00	3.55
	σ_{id}	0.00	4.91	34.10	0.00	0.66	5.25	19.18	0.13	88.88
Estradosso Trave Acciaio	σ	0.00	-5.37	-33.53	0.00	-0.73	-1.06	18.28	0.12	-94.55
(b= 360.00)	τ	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.15	-0.02	0.00	0.17
Estradosso Soletta	σ	0.00	-0.77	2.64	0.00	-0.10	-6.39	-2.59	0.01	-9.84

SEZIONE C1. Mezz camp cort +10° Mmax (Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)**TRAVE METALLICA**

Altezza totale della trave in acciaio: 1100

Spessore anima: 15

Ala inferiore : 700 x 20

Ala superiore : 500 x 20

SOLETTA SUPERIORE

Soletta: larghezza = 3040 spessore totale = 300

Coppella: appoggio sull'ala = 70 spessore = 60

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 4.03

Tensione da variazioni termiche (1° fase): -3.43

SOLETTA INFERIORE

Soletta: larghezza = 0 spessore totale = 0

Armatura 1: Aa = 0 Y = 0

Coppella: larghezza = 0 spessore = 0

Armatura 2: Aa = 0 Y = 0

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

		TRAVE IN ACCIAIO	TRAVE + SOL. INF. n = 18.0	TRAVE COMPLETA	
				n = 18.0	n = 6.0
Quota baricentro		495.86	495.86	894.53	1087.23
Area		3.9900E+04	3.9900E+04	8.1633E+04	1.6510E+05
Momento d'inerzia		8.3710E+09	8.3710E+09	2.0997E+10	2.7435E+10
Intradosso	W	1.6882E+07	1.6882E+07	2.3472E+07	2.5234E+07
Attacco Anima-Piattabanda Inferiore	W	1.7591E+07	1.7591E+07	2.4009E+07	2.5706E+07
	C	5.4172E-05	5.4172E-05	5.4172E-05	5.4172E-05
Baricentro Trave Acciaio	C	6.7697E-05	6.7697E-05	6.7697E-05	6.7697E-05
Baricentro Trave Completa	C		6.7697E-05	1.4430E-04	1.8814E-04
Attacco Anima-Piattabanda Superiore	W	1.4331E+07	1.4331E+07	1.1321E+08	-3.7967E+09
	C	4.7317E-05	4.7317E-05	4.7317E-05	4.7317E-05
Estradosso Trave Acciaio	W	1.3856E+07	1.3856E+07	1.0219E+08	2.1477E+09
(b = 360.00)	C			2.1044E-06	2.3890E-06
Estradosso Soletta Superiore	W			7.4770E+08	5.2628E+08

SOLLECITAZIONI

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	3.564E+3	4.833E+3	1.002E+8
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	1.769E+4	2.727E+4	5.706E+8
Ritiro soletta inferiore (1^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	1.257E+5	-2.880E+4	6.149E+8
Ritiro soletta superiore	-4.214E+6	1.511E+5	6.852E+8
Ritiro soletta inferiore (2^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	4.644E+3	-9.600E+3	5.664E+7
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	6.176E+4	-1.959E+5	2.379E+9
Effetti termici	4.404E+6	-1.482E+5	-6.048E+6
Vento	5.670E+4	1.173E+4	1.273E+8

TENSIONI - (Fasi di costruzione)

		Peso travi acciaio	1 ^a Prec.	Peso sol. inf.	Totale Trave in Acciaio	Peso sol. sup.	Ritiro sol.inf. 1 ^a quota	Totale trave in acciaio +sol.inf.
Intradosso	σ	6.02	0.00	0.00	6.02	34.25	0.00	40.27
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	5.78	0.00	0.00	5.78	32.88	0.00	38.67
	τ	0.26	0.00	0.00	0.26	1.48	0.00	1.74
	σ_{id}	5.80	0.00	0.00	5.80	32.98	0.00	38.78
Baricentro Trave Acciaio	τ	0.33	0.00	0.00	0.33	1.85	0.00	2.17
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	1.85	0.00	1.85
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	-6.90	0.00	0.00	-6.90	-39.38	0.00	-46.28
	τ	0.23	0.00	0.00	0.23	1.29	0.00	1.52
	σ_{id}	6.91	0.00	0.00	6.91	39.44	0.00	46.35
Estradosso Trave Acciaio	σ	-7.14	0.00	0.00	-7.14	-40.74	0.00	-47.88
(b = 360.00)	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Estradosso Soletta	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TENSIONI - (Situazione finale)

		2 ^a Prec.	Carichi perm. portati	Ritiro sol. sup.	Ritiro sol.inf. 2 ^a quota	Cedimenti appoggi	Carichi mobili	Effetti termici	Vento	Totale Trave compl.
Intradosso	σ	0.00	27.73	-22.43	0.00	2.47	94.66	26.44	5.39	196.96
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	0.00	27.15	-23.09	0.00	2.42	92.93	26.44	5.30	192.90
	τ	0.00	-1.56	8.18	0.00	-0.52	-10.61	-8.03	0.64	-18.35
	σ_{id}	0.00	27.28	27.09	0.00	2.58	94.73	29.88	5.41	195.50
Baricentro Trave Acciaio	τ	0.00	-1.95	10.23	0.00	-0.65	-13.26	-10.03	0.79	-22.93
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.85
Baricentro trave Completa	τ	0.00	-4.16	21.80	0.00	-1.39	-36.85	-27.88	2.21	-68.07
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	0.00	-3.89	-57.68	0.00	-0.44	1.00	26.68	0.38	-80.24
	τ	0.00	-1.36	7.15	0.00	-0.45	-9.27	-7.01	0.56	-16.02
	σ_{id}	0.00	4.55	58.99	0.00	0.90	16.08	29.31	1.03	84.90
Estradosso Trave Acciaio	σ	0.00	-4.48	-58.33	0.00	-0.50	-0.73	26.68	0.28	-84.96
(b = 360.00)	τ	0.00	-0.06	0.32	0.00	-0.02	-0.47	-0.35	0.03	-0.87
Estradosso Soletta	σ	0.00	-0.74	0.25	0.00	-0.07	-4.46	1.03	-0.18	-4.42

SEZIONE C2. Mezz camp cort +10° Mmax (Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)**TRAVE METALLICA**

Altezza totale della trave in acciaio: 1100

Spessore anima: 15

Ala inferiore : 700 x 20

Ala superiore : 500 x 20

SOLETTA SUPERIORE

Soletta: larghezza = 3040 spessore totale = 300

Coppella: appoggio sull'ala = 70 spessore = 60

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 4.03

Tensione da variazioni termiche (1° fase): -3.43

SOLETTA INFERIORE

Soletta: larghezza = 0 spessore totale = 0

Armatura 1: Aa = 0 Y = 0

Coppella: larghezza = 0 spessore = 0

Armatura 2: Aa = 0 Y = 0

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

		TRAVE IN ACCIAIO	TRAVE + SOL. INF.		TRAVE COMPLETA	
			n = 18.0	n = 18.0	n = 18.0	n = 6.0
Quota baricentro		495.86	495.86	894.53	1087.23	
Area		3.9900E+04	3.9900E+04	8.1633E+04	1.6510E+05	
Momento d'inerzia		8.3710E+09	8.3710E+09	2.0997E+10	2.7435E+10	
Intradosso	W	1.6882E+07	1.6882E+07	2.3472E+07	2.5234E+07	
Attacco Anima-Piattabanda Inferiore	W	1.7591E+07	1.7591E+07	2.4009E+07	2.5706E+07	
	C	5.4172E-05	5.4172E-05	5.4172E-05	5.4172E-05	
Baricentro Trave Acciaio	C	6.7697E-05	6.7697E-05	6.7697E-05	6.7697E-05	
Baricentro Trave Completa	C		6.7697E-05	1.4430E-04	1.8814E-04	
Attacco Anima-Piattabanda Superiore	W	1.4331E+07	1.4331E+07	1.1321E+08	-3.7967E+09	
	C	4.7317E-05	4.7317E-05	4.7317E-05	4.7317E-05	
Estradosso Trave Acciaio	W	1.3856E+07	1.3856E+07	1.0219E+08	2.1477E+09	
(b = 360.00)	C			2.1044E-06	2.3890E-06	
Estradosso Soletta Superiore	W			7.4770E+08	5.2628E+08	

SOLLECITAZIONI

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	4.685E+3	-5.265E+3	1.208E+8
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	2.935E+4	-8.775E+3	5.625E+8
Ritiro soletta inferiore (1^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	-3.405E+4	0.000E+0	3.951E+8
Ritiro soletta superiore	-3.511E+6	1.208E+5	5.985E+8
Ritiro soletta inferiore (2^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	-6.192E+3	-1.218E+4	7.236E+7
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	1.720E+5	-1.599E+5	2.744E+9
Effetti termici	3.354E+6	-9.614E+4	2.304E+7
Vento	-2.511E+4	1.173E+4	6.413E+6

TENSIONI - (Fasi di costruzione)

		Peso travi acciaio	1^ Prec.	Peso sol. inf.	Totale Trave in Acciaio	Peso sol. sup.	Ritiro sol.inf. 1^quota	Totale trave in acciaio +sol.inf.
Intradosso	σ	7.28	0.00	0.00	7.28	34.06	0.00	41.33
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	6.99	0.00	0.00	6.99	32.71	0.00	39.70
	τ	-0.29	0.00	0.00	-0.29	-0.48	0.00	-0.76
	σ_{id}	7.00	0.00	0.00	7.00	32.72	0.00	39.72
Baricentro Trave Acciaio	τ	-0.36	0.00	0.00	-0.36	-0.59	0.00	-0.95
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.59	0.00	-0.59
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	-8.31	0.00	0.00	-8.31	-38.52	0.00	-46.83
	τ	-0.25	0.00	0.00	-0.25	-0.42	0.00	-0.66
	σ_{id}	8.33	0.00	0.00	8.33	38.53	0.00	46.85
Estradosso Trave Acciaio	σ	-8.60	0.00	0.00	-8.60	-39.86	0.00	-48.47
(b = 360.00)	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Estradosso Soletta	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TENSIONI - (Situazione finale)

		2^ Prec.	Carichi perm. portati	Ritiro sol. sup.	Ritiro sol.inf. 2^quota	Cedimenti appoggi	Carichi mobili	Effetti termici	Vento	Totale Trave compl.
Intradosso	σ	0.00	16.42	-17.52	0.00	3.01	109.79	21.23	0.10	191.87
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	0.00	16.04	-18.09	0.00	2.94	107.79	21.21	0.10	187.77
	τ	0.00	0.00	6.55	0.00	-0.66	-8.66	-5.21	0.64	-14.65
	σ_{id}	0.00	16.04	21.35	0.00	3.15	108.82	23.05	1.11	189.48
Baricentro Trave Acciaio	τ	0.00	0.00	8.18	0.00	-0.82	-10.82	-6.51	0.79	-18.31
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.59
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	17.44	0.00	-1.76	-30.08	-18.09	2.21	-47.72
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	0.00	-3.91	-48.30	0.00	-0.72	1.76	20.32	-0.15	-77.82
	τ	0.00	0.00	5.72	0.00	-0.58	-7.57	-4.55	0.56	-12.80
	σ_{id}	0.00	3.91	49.30	0.00	1.23	13.22	21.80	0.97	80.91
Estradosso Trave Acciaio	σ	0.00	-4.28	-48.87	0.00	-0.78	-0.24	20.31	-0.16	-82.49
(b = 360.00)	τ	0.00	0.00	0.25	0.00	-0.03	-0.38	-0.23	0.03	-0.61
Estradosso Soletta	σ	0.00	-0.55	0.84	0.00	-0.10	-5.04	-0.09	-0.04	-5.82

SEZIONE Y1. Cambio conci camp lung.+10° Mmax (Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

TRAVE METALLICA

Altezza totale della trave in acciaio: 1100

Spessore anima: 15

Ala inferiore : 700 x 20

Ala superiore : 500 x 20

SOLETTA SUPERIORE

Soletta: larghezza = 3040 spessore totale = 300

Coppella: appoggio sull'ala = 70 spessore = 60

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 4.03

Tensione da variazioni termiche (1° fase): -3.43

SOLETTA INFERIORE

Soletta: larghezza = 0 spessore totale = 0

Armatura 1: Aa = 0 Y = 0

Coppella: larghezza = 0 spessore = 0

Armatura 2: Aa = 0 Y = 0

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

		TRAVE IN ACCIAIO	TRAVE + SOL. INF. n = 18.0	TRAVE COMPLETA	
				n = 18.0	n = 6.0
Quota baricentro		495.86	495.86	894.53	1087.23
Area		3.9900E+04	3.9900E+04	8.1633E+04	1.6510E+05
Momento d'inerzia		8.3710E+09	8.3710E+09	2.0997E+10	2.7435E+10
Intradosso	W	1.6882E+07	1.6882E+07	2.3472E+07	2.5234E+07
Attacco Anima-Piattabanda Inferiore	W	1.7591E+07	1.7591E+07	2.4009E+07	2.5706E+07
	C	5.4172E-05	5.4172E-05	5.4172E-05	5.4172E-05
Baricentro Trave Acciaio	C	6.7697E-05	6.7697E-05	6.7697E-05	6.7697E-05
Baricentro Trave Completa	C		6.7697E-05	1.4430E-04	1.8814E-04
Attacco Anima-Piattabanda Superiore	W	1.4331E+07	1.4331E+07	1.1321E+08	-3.7967E+09
	C	4.7317E-05	4.7317E-05	4.7317E-05	4.7317E-05
Estradosso Trave Acciaio	W	1.3856E+07	1.3856E+07	1.0219E+08	2.1477E+09
(b = 360.00)	C			2.1044E-06	2.3890E-06
Estradosso Soletta Superiore	W			7.4770E+08	5.2628E+08

SOLLECITAZIONI

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	1.485E+3	-3.497E+4	5.427E+7
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	2.727E+4	-1.989E+5	3.087E+8
Ritiro soletta inferiore (1^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	-1.680E+4	-1.695E+5	3.590E+8
Ritiro soletta superiore	-3.750E+6	2.280E+3	-8.726E+8
Ritiro soletta inferiore (2^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	-8.676E+3	1.200E+4	1.144E+8
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	2.491E+5	-3.915E+5	1.207E+9
Effetti termici	3.961E+6	1.008E+4	1.295E+9
Vento	-2.565E+4	-9.720E+3	4.617E+7

TENSIONI - (Fasi di costruzione)

		Peso travi acciaio	1^ Prec.	Peso sol. inf.	Totale Trave in Acciaio	Peso sol. sup.	Ritiro sol.inf. 1^quota	Totale trave in acciaio +sol.inf.
Intradosso	σ	3.25	0.00	0.00	3.25	18.97	0.00	22.22
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	3.12	0.00	0.00	3.12	18.23	0.00	21.36
	τ	-1.89	0.00	0.00	-1.89	-10.77	0.00	-12.67
	σ_{id}	4.53	0.00	0.00	4.53	26.09	0.00	30.62
Baricentro Trave Acciaio	τ	-2.37	0.00	0.00	-2.37	-13.46	0.00	-15.83
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	-13.46	0.00	-13.46
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	-3.75	0.00	0.00	-3.75	-20.86	0.00	-24.61
	τ	-1.65	0.00	0.00	-1.65	-9.41	0.00	-11.06
	σ_{id}	4.72	0.00	0.00	4.72	26.47	0.00	31.19
Estradosso Trave Acciaio	σ	-3.88	0.00	0.00	-3.88	-21.60	0.00	-25.48
(b = 360.00)	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Estradosso Soletta	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TENSIONI - (Situazione finale)

		2^ Prec.	Carichi perm. portati	Ritiro sol. sup.	Ritiro sol.inf. 2^quota	Cedimenti appoggi	Carichi mobili	Effetti termici	Vento	Totale Trave compl.
Intradosso	σ	0.00	15.09	-83.11	0.00	4.77	49.35	75.30	1.67	168.41
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	0.00	14.74	-82.28	0.00	4.66	48.47	74.36	1.64	165.24
	τ	0.00	-9.18	0.12	0.00	0.65	-21.21	0.55	-0.53	-42.39
	σ_{id}	0.00	21.69	82.28	0.00	4.79	60.82	74.37	1.88	180.81
Baricentro Trave Acciaio	τ	0.00	-11.47	0.15	0.00	0.81	-26.50	0.68	-0.66	-52.97
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-13.46
Baricentro trave Completa	τ	0.00	-24.46	0.33	0.00	1.73	-73.66	1.90	-1.83	-96.32
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	0.00	-3.38	-38.23	0.00	-1.12	1.83	24.33	-0.14	-41.32
	τ	0.00	-8.02	0.11	0.00	0.57	-18.52	0.48	-0.46	-37.02
	σ_{id}	0.00	14.30	38.23	0.00	1.49	32.14	24.35	0.81	76.28
Estradosso Trave Acciaio	σ	0.00	-3.72	-37.40	0.00	-1.23	0.95	23.39	-0.18	-43.66
(b = 360.00)	τ	0.00	-0.36	0.00	0.00	0.03	-0.94	0.02	-0.02	-1.27
Estradosso Soletta	σ	0.00	-0.49	2.65	0.00	-0.16	-2.04	-1.89	-0.11	-4.70

SEZIONE X1. Cambio conci camp cort.+10° Mmax (Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

TRAVE METALLICA

Altezza totale della trave in acciaio: 1100

Spessore anima: 15

Ala inferiore : 700 x 20

Ala superiore : 500 x 20

SOLETTA SUPERIORE

Soletta: larghezza = 3040 spessore totale = 300

Coppella: appoggio sull'ala = 70 spessore = 60

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 4.03

Tensione da variazioni termiche (1° fase): -3.43

SOLETTA INFERIORE

Soletta: larghezza = 0 spessore totale = 0

Armatura 1: Aa = 0 Y = 0

Coppella: larghezza = 0 spessore = 0

Armatura 2: Aa = 0 Y = 0

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

		TRAVE IN ACCIAIO	TRAVE + SOL. INF. n = 18.0	TRAVE COMPLETA	
				n = 18.0	n = 6.0
Quota baricentro		495.86	495.86	894.53	1087.23
Area		3.9900E+04	3.9900E+04	8.1633E+04	1.6510E+05
Momento d'inerzia		8.3710E+09	8.3710E+09	2.0997E+10	2.7435E+10
Intradosso	W	1.6882E+07	1.6882E+07	2.3472E+07	2.5234E+07
Attacco Anima-Piattabanda Inferiore	W	1.7591E+07	1.7591E+07	2.4009E+07	2.5706E+07
	C	5.4172E-05	5.4172E-05	5.4172E-05	5.4172E-05
Baricentro Trave Acciaio	C	6.7697E-05	6.7697E-05	6.7697E-05	6.7697E-05
Baricentro Trave Completa	C		6.7697E-05	1.4430E-04	1.8814E-04
Attacco Anima-Piattabanda Superiore	W	1.4331E+07	1.4331E+07	1.1321E+08	-3.7967E+09
	C	4.7317E-05	4.7317E-05	4.7317E-05	4.7317E-05
Estradosso Trave Acciaio	W	1.3856E+07	1.3856E+07	1.0219E+08	2.1477E+09
(b = 360.00)	C			2.1044E-06	2.3890E-06
Estradosso Soletta Superiore	W			7.4770E+08	5.2628E+08

SOLLECITAZIONI

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	3.510E+3	2.822E+4	3.605E+7
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	1.769E+4	1.607E+5	2.068E+8
Ritiro soletta inferiore (1^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	-4.530E+4	1.107E+5	3.359E+8
Ritiro soletta superiore	-3.989E+6	1.445E+5	-1.261E+8
Ritiro soletta inferiore (2^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	3.336E+3	-1.080E+4	9.780E+7
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	2.140E+4	3.276E+5	1.521E+9
Effetti termici	3.923E+6	-1.488E+5	8.603E+8
Vento	-2.430E+4	2.893E+4	2.849E+7

TENSIONI - (Fasi di costruzione)

		Peso travi acciaio	1^ Prec.	Peso sol. inf.	Totale Trave in Acciaio	Peso sol. sup.	Ritiro sol.inf. 1^quota	Totale trave in acciaio +sol.inf.
Intradosso	σ	2.22	0.00	0.00	2.22	12.69	0.00	14.92
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	2.14	0.00	0.00	2.14	12.20	0.00	14.34
	τ	1.53	0.00	0.00	1.53	8.70	0.00	10.23
	σ_{id}	3.40	0.00	0.00	3.40	19.39	0.00	22.79
Baricentro Trave Acciaio	τ	1.91	0.00	0.00	1.91	10.88	0.00	12.79
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	10.88	0.00	10.88
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	-2.43	0.00	0.00	-2.43	-13.99	0.00	-16.42
	τ	1.34	0.00	0.00	1.34	7.60	0.00	8.94
	σ_{id}	3.35	0.00	0.00	3.35	19.21	0.00	22.56
Estradosso Trave Acciaio	σ	-2.51	0.00	0.00	-2.51	-14.48	0.00	-17.00
(b = 360.00)	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Estradosso Soletta	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TENSIONI - (Situazione finale)

		2^ Prec.	Carichi perm. portati	Ritiro sol. sup.	Ritiro sol.inf. 2^quota	Cedimenti appoggi	Carichi mobili	Effetti termici	Vento	Totale Trave compl.
Intradosso	σ	0.00	13.75	-54.24	0.00	4.21	60.42	57.85	0.98	152.14
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	0.00	13.43	-54.12	0.00	4.11	59.32	57.23	0.96	149.39
	τ	0.00	6.00	7.83	0.00	-0.59	17.75	-8.06	1.57	34.72
	σ_{id}	0.00	16.98	55.79	0.00	4.24	66.81	58.90	2.88	161.04
Baricentro Trave Acciaio	τ	0.00	7.49	9.78	0.00	-0.73	22.18	-10.07	1.96	43.39
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.88
Baricentro trave Completa	τ	0.00	15.97	20.85	0.00	-1.56	61.63	-27.99	5.44	74.34
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	0.00	-3.52	-47.75	0.00	-0.82	0.53	23.99	-0.14	-44.13
	τ	0.00	5.24	6.84	0.00	-0.51	15.50	-7.04	1.37	30.33
	σ_{id}	0.00	9.73	49.19	0.00	1.21	26.85	26.91	2.38	68.61
Estradosso Trave Acciaio	σ	0.00	-3.84	-47.63	0.00	-0.92	-0.58	23.36	-0.16	-46.76
(b = 360.00)	τ	0.00	0.23	0.30	0.00	-0.02	0.78	-0.36	0.07	1.01
Estradosso Soletta	σ	0.00	-0.48	1.48	0.00	-0.13	-2.87	-1.10	-0.08	-4.66

SEZIONE B1. Appoggio Pila +10° Tmax (Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)**TRAVE METALLICA**

Altezza totale della trave in acciaio: 1100

Spessore anima: 22

Ala inferiore : 700 x 32

Ala superiore : 500 x 25

SOLETTA SUPERIORE

Armatura 1 Aa = 4219. Y = 1150.

Armatura 2 Aa = 4219. Y = 1135.

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 4.03

Tensione da variazioni termiche (1° fase): -3.43

SOLETTA INFERIORE

Soletta: larghezza = 0.00 spessore totale = 0.00

Armatura 1: Aa = 0 Y = 0

Coppella: larghezza = 0.00 spessore = 0.00

Armatura 2: Aa = 0 Y = 0

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

		TRAVE IN ACCIAIO	TRAVE + SOL. INF. n = 18.0	TRAVE COMPLETA	
				n = 18.0	n = 6.0
Quota baricentro		460.75	460.75	547.54	547.54
Area		5.7846E+04	5.7846E+04	6.6284E+04	6.6284E+04
Momento d'inerzia		1.1621E+10	1.1621E+10	1.5044E+10	1.5044E+10
Intradosso	W	2.5222E+07	2.5222E+07	2.7476E+07	2.7476E+07
Attacco Anima-Piattabanda Inferiore	W	2.7104E+07	2.7104E+07	2.9181E+07	2.9181E+07
	C	3.8967E-05	3.8967E-05	3.8967E-05	3.8967E-05
Baricentro Trave Acciaio	C	4.6876E-05	4.6876E-05	4.6876E-05	4.6876E-05
Baricentro Trave Completa	C		4.6876E-05	5.8006E-05	5.8006E-05
Attacco Anima-Piattabanda Superiore	W	1.8919E+07	1.8919E+07	2.8522E+07	2.8522E+07
	C	3.0643E-05	3.0643E-05	3.0643E-05	3.0643E-05
Estradosso Trave Acciaio	W	1.8179E+07	1.8179E+07	2.7231E+07	2.7231E+07
(b = 360.00)	C			9.2695E-07	9.2695E-07
Armatura 1 (Y = 1150.00)	W			2.4971E+07	2.4971E+07
Armatura 2 (Y = 1135.00)	W			2.5609E+07	2.5609E+07

SOLLECITAZIONI

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	3.564E+3	6.504E+4	-2.479E+8
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	1.769E+4	3.701E+5	-1.408E+9
Ritiro soletta inferiore (1^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	-1.013E+5	3.663E+5	-1.253E+9
Ritiro soletta superiore	-3.983E+6	9.816E+4	-1.698E+8
Ritiro soletta inferiore (2^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	8.880E+3	1.073E+4	-1.543E+8
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	-1.917E+4	7.540E+5	-1.490E+9
Effetti termici	4.358E+6	-5.784E+4	9.934E+7
Vento	-6.764E+4	1.007E+5	-2.932E+8

TENSIONI - (Fasi di costruzione)

		Peso travi acciaio	1^ Prec.	Peso sol. inf.	Totale Trave in Acciaio	Peso sol. sup.	Ritiro sol.inf. 1^quota	Totale trave in acciaio +sol.inf.
Intradosso	σ	-9.77	0.00	0.00	-9.77	-55.54	0.00	-65.30
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	-9.08	0.00	0.00	-9.08	-51.66	0.00	-60.74
	τ	2.53	0.00	0.00	2.53	14.42	0.00	16.96
	σ_{id}	10.09	0.00	0.00	10.09	57.38	0.00	67.47
Baricentro Trave Acciaio	τ	3.05	0.00	0.00	3.05	17.35	0.00	20.40
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	13.16	0.00	0.00	13.16	74.75	0.00	87.91
	τ	1.99	0.00	0.00	1.99	11.34	0.00	13.34
	σ_{id}	13.61	0.00	0.00	13.61	77.29	0.00	90.90
Estradosso Trave Acciaio	σ	13.70	0.00	0.00	13.70	77.78	0.00	91.48
(b = 360.00)	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sol.Sup.: Arm. 1	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sol.Sup.: Arm. 2	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TENSIONI - (Situazione finale)

		2^ Prec.	Carichi perm. portati	Ritiro sol. sup.	Ritiro sol.inf. 2^quota	Cedimenti appoggi	Carichi mobili	Effetti termici	Vento	Totale Trave compl.
Intradosso	σ	0.00	-47.13	-66.27	0.00	-5.48	-54.51	69.36	-11.69	-181.04
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	0.00	-44.47	-65.91	0.00	-5.15	-51.34	69.14	-11.07	-169.55
	τ	0.00	14.27	3.83	0.00	0.42	29.38	-2.25	3.92	66.53
	σ_{id}	0.00	50.88	66.25	0.00	5.20	72.29	69.25	12.99	205.00
Baricentro Trave Acciaio	τ	0.00	17.17	4.60	0.00	0.50	35.35	-2.71	4.72	80.03
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	0.00	42.41	-54.14	0.00	5.54	51.95	62.26	9.26	259.33
	τ	0.00	11.22	3.01	0.00	0.33	23.11	-1.77	3.09	52.32
	σ_{id}	0.00	46.65	54.39	0.00	5.57	65.57	62.33	10.69	274.71
Estradosso Trave Acciaio	σ	0.00	44.49	-53.86	0.00	5.80	54.42	62.09	9.75	268.03
(b = 360.00)	τ	0.00	0.34	0.09	0.00	0.01	0.70	-0.05	0.09	1.18
Sol.Sup.: Arm. 1	σ	0.00	48.65	19.25	0.00	6.31	59.37	41.18	10.72	185.49
Sol.Sup.: Arm. 2	σ	0.00	47.40	19.08	0.00	6.16	57.89	41.28	10.43	182.24

SEZIONE B1. Appoggio Pila -5° Mmax (Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)**TRAVE METALLICA**

Altezza totale della trave in acciaio: 1100

Spessore anima: 22

Ala inferiore : 700 x 32

Ala superiore : 500 x 25

SOLETTA SUPERIORE

Armatura 1 Aa = 4219. Y = 1150.

Armatura 2 Aa = 4219. Y = 1135.

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 4.03

Tensione da variazioni termiche (1° fase): -3.43

SOLETTA INFERIORE

Soletta: larghezza = 0.00 spessore totale = 0.00

Armatura 1: Aa = 0 Y = 0

Coppella: larghezza = 0.00 spessore = 0.00

Armatura 2: Aa = 0 Y = 0

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

		TRAVE IN ACCIAIO	TRAVE + SOL. INF.	TRAVE COMPLETA	
			n = 18.0	n = 18.0	n = 6.0
Quota baricentro		460.75	460.75	547.54	547.54
Area		5.7846E+04	5.7846E+04	6.6284E+04	6.6284E+04
Momento d'inerzia		1.1621E+10	1.1621E+10	1.5044E+10	1.5044E+10
Intradosso	W	2.5222E+07	2.5222E+07	2.7476E+07	2.7476E+07
Attacco Anima-Piattabanda Inferiore	W	2.7104E+07	2.7104E+07	2.9181E+07	2.9181E+07
	C	3.8967E-05	3.8967E-05	3.8967E-05	3.8967E-05
Baricentro Trave Acciaio	C	4.6876E-05	4.6876E-05	4.6876E-05	4.6876E-05
Baricentro Trave Completa	C		4.6876E-05	5.8006E-05	5.8006E-05
Attacco Anima-Piattabanda Superiore	W	1.8919E+07	1.8919E+07	2.8522E+07	2.8522E+07
	C	3.0643E-05	3.0643E-05	3.0643E-05	3.0643E-05
Estradosso Trave Acciaio	W	1.8179E+07	1.8179E+07	2.7231E+07	2.7231E+07
(b = 360.00)	C			9.2695E-07	9.2695E-07
Armatura 1 (Y = 1150.00)	W			2.4971E+07	2.4971E+07
Armatura 2 (Y = 1135.00)	W			2.5609E+07	2.5609E+07

SOLLECITAZIONI

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	3.564E+3	6.504E+4	-2.479E+8
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	1.769E+4	3.701E+5	-1.408E+9
Ritiro soletta inferiore (1^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	-1.013E+5	3.663E+5	-1.253E+9
Ritiro soletta superiore	-3.983E+6	9.816E+4	-1.698E+8
Ritiro soletta inferiore (2^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	8.880E+3	1.073E+4	-1.543E+8
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	5.009E+4	5.736E+5	-2.163E+9
Effetti termici	-2.179E+6	2.892E+4	-4.967E+7
Vento	-6.764E+4	1.007E+5	-2.932E+8

TENSIONI - (Fasi di costruzione)

		Peso travi acciaio	1^ Prec.	Peso sol. inf.	Totale Trave in Acciaio	Peso sol. sup.	Ritiro sol.inf. 1^quota	Totale trave in acciaio +sol.inf.
Intradosso	σ	-9.77	0.00	0.00	-9.77	-55.54	0.00	-65.30
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	-9.08	0.00	0.00	-9.08	-51.66	0.00	-60.74
	τ	2.53	0.00	0.00	2.53	14.42	0.00	16.96
	σ_{id}	10.09	0.00	0.00	10.09	57.38	0.00	67.47
Baricentro Trave Acciaio	τ	3.05	0.00	0.00	3.05	17.35	0.00	20.40
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	13.16	0.00	0.00	13.16	74.75	0.00	87.91
	τ	1.99	0.00	0.00	1.99	11.34	0.00	13.34
	σ_{id}	13.61	0.00	0.00	13.61	77.29	0.00	90.90
Estradosso Trave Acciaio	σ	13.70	0.00	0.00	13.70	77.78	0.00	91.48
(b = 360.00)	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sol.Sup.: Arm. 1	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sol.Sup.: Arm. 2	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TENSIONI - (Situazione finale)

		2^ Prec.	Carichi perm. portati	Ritiro sol. sup.	Ritiro sol.inf. 2^quota	Cedimenti appoggi	Carichi mobili	Effetti termici	Vento	Totale Trave compl.
Intradosso	σ	0.00	-47.13	-66.27	0.00	-5.48	-77.97	-34.68	-11.69	-308.54
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	0.00	-44.47	-65.91	0.00	-5.15	-73.37	-34.57	-11.07	-295.29
	τ	0.00	14.27	3.83	0.00	0.42	22.35	1.13	3.92	62.88
	σ_{id}	0.00	50.88	66.25	0.00	5.20	82.96	34.63	12.99	314.73
Baricentro Trave Acciaio	τ	0.00	17.17	4.60	0.00	0.50	26.89	1.36	4.72	75.64
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	0.00	42.41	-54.14	0.00	5.54	76.60	-31.13	9.26	190.59
	τ	0.00	11.22	3.01	0.00	0.33	17.58	0.89	3.09	49.44
	σ_{id}	0.00	46.65	54.39	0.00	5.57	82.42	31.17	10.69	208.95
Estradosso Trave Acciaio	σ	0.00	44.49	-53.86	0.00	5.80	80.19	-31.05	9.75	200.66
(b = 360.00)	τ	0.00	0.34	0.09	0.00	0.01	0.53	0.03	0.09	1.09
Sol.Sup.: Arm. 1	σ	0.00	48.65	19.25	0.00	6.31	87.38	-51.46	10.72	120.86
Sol.Sup.: Arm. 2	σ	0.00	47.40	19.08	0.00	6.16	85.22	-51.51	10.43	116.78

SEZIONE B1. Appoggio Pila -5° Tmax (Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)**TRAVE METALLICA**

Altezza totale della trave in acciaio: 1100

Spessore anima: 22

Ala inferiore : 700 x 32

Ala superiore : 500 x 25

SOLETTA SUPERIORE

Armatura 1 Aa = 4219. Y = 1150.

Armatura 2 Aa = 4219. Y = 1135.

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 4.03

Tensione da variazioni termiche (1° fase): -3.43

SOLETTA INFERIORE

Soletta: larghezza = 0.00 spessore totale = 0.00

Armatura 1: Aa = 0 Y = 0

Coppella: larghezza = 0.00 spessore = 0.00

Armatura 2: Aa = 0 Y = 0

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

		TRAVE IN ACCIAIO	TRAVE + SOL. INF.	TRAVE COMPLETA	
			n = 18.0	n = 18.0	n = 6.0
Quota baricentro		460.75	460.75	547.54	547.54
Area		5.7846E+04	5.7846E+04	6.6284E+04	6.6284E+04
Momento d'inerzia		1.1621E+10	1.1621E+10	1.5044E+10	1.5044E+10
Intradosso	W	2.5222E+07	2.5222E+07	2.7476E+07	2.7476E+07
Attacco Anima-Piattabanda Inferiore	W	2.7104E+07	2.7104E+07	2.9181E+07	2.9181E+07
	C	3.8967E-05	3.8967E-05	3.8967E-05	3.8967E-05
Baricentro Trave Acciaio	C	4.6876E-05	4.6876E-05	4.6876E-05	4.6876E-05
Baricentro Trave Completa	C		4.6876E-05	5.8006E-05	5.8006E-05
Attacco Anima-Piattabanda Superiore	W	1.8919E+07	1.8919E+07	2.8522E+07	2.8522E+07
	C	3.0643E-05	3.0643E-05	3.0643E-05	3.0643E-05
Estradosso Trave Acciaio	W	1.8179E+07	1.8179E+07	2.7231E+07	2.7231E+07
(b = 360.00)	C			9.2695E-07	9.2695E-07
Armatura 1 (Y = 1150.00)	W			2.4971E+07	2.4971E+07
Armatura 2 (Y = 1135.00)	W			2.5609E+07	2.5609E+07

SOLLECITAZIONI

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	3.564E+3	6.504E+4	-2.479E+8
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	1.769E+4	3.701E+5	-1.408E+9
Ritiro soletta inferiore (1^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	-1.013E+5	3.663E+5	-1.253E+9
Ritiro soletta superiore	-3.983E+6	9.816E+4	-1.698E+8
Ritiro soletta inferiore (2^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	8.880E+3	1.073E+4	-1.543E+8
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	-1.917E+4	7.540E+5	-1.490E+9
Effetti termici	-2.179E+6	2.892E+4	-4.967E+7
Vento	-6.764E+4	1.007E+5	-2.932E+8

TENSIONI - (Fasi di costruzione)

		Peso travi acciaio	1^ Prec.	Peso sol. inf.	Totale Trave in Acciaio	Peso sol. sup.	Ritiro sol.inf. 1^quota	Totale trave in acciaio +sol.inf.
Intradosso	σ	-9.77	0.00	0.00	-9.77	-55.54	0.00	-65.30
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	-9.08	0.00	0.00	-9.08	-51.66	0.00	-60.74
	τ	2.53	0.00	0.00	2.53	14.42	0.00	16.96
	σ_{id}	10.09	0.00	0.00	10.09	57.38	0.00	67.47
Baricentro Trave Acciaio	τ	3.05	0.00	0.00	3.05	17.35	0.00	20.40
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	13.16	0.00	0.00	13.16	74.75	0.00	87.91
	τ	1.99	0.00	0.00	1.99	11.34	0.00	13.34
	σ_{id}	13.61	0.00	0.00	13.61	77.29	0.00	90.90
Estradosso Trave Acciaio	σ	13.70	0.00	0.00	13.70	77.78	0.00	91.48
(b = 360.00)	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sol.Sup.: Arm. 1	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sol.Sup.: Arm. 2	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TENSIONI - (Situazione finale)

		2^ Prec.	Carichi perm. portati	Ritiro sol. sup.	Ritiro sol.inf. 2^quota	Cedimenti appoggi	Carichi mobili	Effetti termici	Vento	Totale Trave compl.
Intradosso	σ	0.00	-47.13	-66.27	0.00	-5.48	-54.51	-34.68	-11.69	-285.08
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	0.00	-44.47	-65.91	0.00	-5.15	-51.34	-34.57	-11.07	-273.26
	τ	0.00	14.27	3.83	0.00	0.42	29.38	1.13	3.92	69.91
	σ_{id}	0.00	50.88	66.25	0.00	5.20	72.29	34.63	12.99	298.89
Baricentro Trave Acciaio	τ	0.00	17.17	4.60	0.00	0.50	35.35	1.36	4.72	84.10
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	0.00	42.41	-54.14	0.00	5.54	51.95	-31.13	9.26	165.94
	τ	0.00	11.22	3.01	0.00	0.33	23.11	0.89	3.09	54.97
	σ_{id}	0.00	46.65	54.39	0.00	5.57	65.57	31.17	10.69	191.32
Estradosso Trave Acciaio	σ	0.00	44.49	-53.86	0.00	5.80	54.42	-31.05	9.75	174.89
(b = 360.00)	τ	0.00	0.34	0.09	0.00	0.01	0.70	0.03	0.09	1.26
Sol.Sup.: Arm. 1	σ	0.00	48.65	19.25	0.00	6.31	59.37	-51.46	10.72	92.85
Sol.Sup.: Arm. 2	σ	0.00	47.40	19.08	0.00	6.16	57.89	-51.51	10.43	89.45

SEZIONE B2. Appoggio Pila -5° Mmax (Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)**TRAVE METALLICA**

Altezza totale della trave in acciaio: 1100

Spessore anima: 22

Ala inferiore : 700 x 32

Ala superiore : 500 x 25

SOLETTA SUPERIORE

Armatura 1 Aa = 4219. Y = 1150.

Armatura 2 Aa = 4219. Y = 1135.

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 4.03

Tensione da variazioni termiche (1° fase): -3.43

SOLETTA INFERIORE

Soletta: larghezza = 0.00 spessore totale = 0.00

Armatura 1: Aa = 0 Y = 0

Coppella: larghezza = 0.00 spessore = 0.00

Armatura 2: Aa = 0 Y = 0

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

		TRAVE IN ACCIAIO	TRAVE + SOL. INF.	TRAVE COMPLETA	
			n = 18.0	n = 18.0	n = 6.0
Quota baricentro		460.75	460.75	547.54	547.54
Area		5.7846E+04	5.7846E+04	6.6284E+04	6.6284E+04
Momento d'inerzia		1.1621E+10	1.1621E+10	1.5044E+10	1.5044E+10
Intradosso	W	2.5222E+07	2.5222E+07	2.7476E+07	2.7476E+07
Attacco Anima-Piattabanda Inferiore	W	2.7104E+07	2.7104E+07	2.9181E+07	2.9181E+07
	C	3.8967E-05	3.8967E-05	3.8967E-05	3.8967E-05
Baricentro Trave Acciaio	C	4.6876E-05	4.6876E-05	4.6876E-05	4.6876E-05
Baricentro Trave Completa	C		4.6876E-05	5.8006E-05	5.8006E-05
Attacco Anima-Piattabanda Superiore	W	1.8919E+07	1.8919E+07	2.8522E+07	2.8522E+07
	C	3.0643E-05	3.0643E-05	3.0643E-05	3.0643E-05
Estradosso Trave Acciaio	W	1.8179E+07	1.8179E+07	2.7231E+07	2.7231E+07
(b = 360.00)	C			9.2695E-07	9.2695E-07
Armatura 1 (Y = 1150.00)	W			2.4971E+07	2.4971E+07
Armatura 2 (Y = 1135.00)	W			2.5609E+07	2.5609E+07

SOLLECITAZIONI

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	-5.130E+3	7.331E+4	-2.863E+8
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	-2.268E+4	3.637E+5	-1.366E+9
Ritiro soletta inferiore (1^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	-4.050E+4	2.772E+5	-8.727E+8
Ritiro soletta superiore	-3.432E+6	-2.832E+4	4.932E+7
Ritiro soletta inferiore (2^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	2.952E+3	8.928E+3	-1.483E+8
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	-2.691E+5	9.129E+5	-2.499E+9
Effetti termici	-1.830E+6	7.560E+3	1.536E+7
Vento	0.000E+0	2.025E+3	-4.590E+6

TENSIONI - (Fasi di costruzione)

		Peso travi acciaio	1^ Prec.	Peso sol. inf.	Totale Trave in Acciaio	Peso sol. sup.	Ritiro sol.inf. 1^quota	Totale trave in acciaio +sol.inf.
Intradosso	σ	-11.44	0.00	0.00	-11.44	-54.54	0.00	-65.98
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	-10.65	0.00	0.00	-10.65	-50.78	0.00	-61.43
	τ	2.86	0.00	0.00	2.86	14.17	0.00	17.03
	σ_{id}	11.75	0.00	0.00	11.75	56.40	0.00	68.14
Baricentro Trave Acciaio	τ	3.44	0.00	0.00	3.44	17.05	0.00	20.48
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	15.05	0.00	0.00	15.05	71.79	0.00	86.84
	τ	2.25	0.00	0.00	2.25	11.14	0.00	13.39
	σ_{id}	15.54	0.00	0.00	15.54	74.34	0.00	89.88
Estradosso Trave Acciaio	σ	15.66	0.00	0.00	15.66	74.73	0.00	90.39
(b = 360.00)	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sol.Sup.: Arm. 1	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sol.Sup.: Arm. 2	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TENSIONI - (Situazione finale)

		2^ Prec.	Carichi perm. portati	Ritiro sol. sup.	Ritiro sol.inf. 2^quota	Cedimenti appoggi	Carichi mobili	Effetti termici	Vento	Totale Trave compl.
Intradosso	σ	0.00	-32.37	-49.99	0.00	-5.35	-95.01	-27.05	-0.17	-275.92
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	0.00	-30.52	-50.09	0.00	-5.04	-89.70	-27.08	-0.16	-264.01
	τ	0.00	10.80	-1.10	0.00	0.35	35.57	0.29	0.08	64.12
	σ_{id}	0.00	35.80	50.13	0.00	5.07	108.82	27.09	0.21	286.42
Baricentro Trave Acciaio	τ	0.00	12.99	-1.33	0.00	0.42	42.79	0.35	0.09	77.14
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	0.00	29.99	-53.51	0.00	5.24	83.56	-28.15	0.16	177.64
	τ	0.00	8.49	-0.87	0.00	0.27	27.97	0.23	0.06	50.43
	σ_{id}	0.00	33.40	53.53	0.00	5.27	96.59	28.15	0.19	197.95
Estradosso Trave Acciaio	σ	0.00	31.44	-53.59	0.00	5.49	87.71	-28.17	0.17	187.03
(b = 360.00)	τ	0.00	0.26	-0.03	0.00	0.01	0.85	0.01	0.00	1.12
Sol.Sup.: Arm. 1	σ	0.00	34.34	18.78	0.00	5.98	96.02	-48.80	0.18	106.50
Sol.Sup.: Arm. 2	σ	0.00	33.47	18.83	0.00	5.84	93.52	-48.79	0.18	103.05

SEZIONE B2. Appoggio Pila -5° Tmax (Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)**TRAVE METALLICA**

Altezza totale della trave in acciaio: 1100

Spessore anima: 22

Ala inferiore : 700 x 32

Ala superiore : 500 x 25

SOLETTA SUPERIORE

Armatura 1 Aa = 4219. Y = 1150.

Armatura 2 Aa = 4219. Y = 1135.

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 4.03

Tensione da variazioni termiche (1° fase): -3.43

SOLETTA INFERIORE

Soletta: larghezza = 0.00 spessore totale = 0.00

Armatura 1: Aa = 0 Y = 0

Coppella: larghezza = 0.00 spessore = 0.00

Armatura 2: Aa = 0 Y = 0

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

		TRAVE IN ACCIAIO	TRAVE + SOL. INF.	TRAVE COMPLETA	
			n = 18.0	n = 18.0	n = 6.0
Quota baricentro		460.75	460.75	547.54	547.54
Area		5.7846E+04	5.7846E+04	6.6284E+04	6.6284E+04
Momento d'inerzia		1.1621E+10	1.1621E+10	1.5044E+10	1.5044E+10
Intradosso	W	2.5222E+07	2.5222E+07	2.7476E+07	2.7476E+07
Attacco Anima-Piattabanda Inferiore	W	2.7104E+07	2.7104E+07	2.9181E+07	2.9181E+07
	C	3.8967E-05	3.8967E-05	3.8967E-05	3.8967E-05
Baricentro Trave Acciaio	C	4.6876E-05	4.6876E-05	4.6876E-05	4.6876E-05
Baricentro Trave Completa	C		4.6876E-05	5.8006E-05	5.8006E-05
Attacco Anima-Piattabanda Superiore	W	1.8919E+07	1.8919E+07	2.8522E+07	2.8522E+07
	C	3.0643E-05	3.0643E-05	3.0643E-05	3.0643E-05
Estradosso Trave Acciaio	W	1.8179E+07	1.8179E+07	2.7231E+07	2.7231E+07
(b = 360.00)	C			9.2695E-07	9.2695E-07
Armatura 1 (Y = 1150.00)	W			2.4971E+07	2.4971E+07
Armatura 2 (Y = 1135.00)	W			2.5609E+07	2.5609E+07

SOLLECITAZIONI

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	-5.130E+3	7.331E+4	-2.863E+8
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	-2.268E+4	3.637E+5	-1.366E+9
Ritiro soletta inferiore (1^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	-4.050E+4	2.772E+5	-8.727E+8
Ritiro soletta superiore	-3.432E+6	-2.832E+4	4.932E+7
Ritiro soletta inferiore (2^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	2.952E+3	8.928E+3	-1.483E+8
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	-1.220E+5	1.057E+6	-1.511E+9
Effetti termici	-1.830E+6	7.560E+3	1.536E+7
Vento	0.000E+0	2.025E+3	-4.590E+6

TENSIONI - (Fasi di costruzione)

		Peso travi acciaio	1^ Prec.	Peso sol. inf.	Totale Trave in Acciaio	Peso sol. sup.	Ritiro sol.inf. 1^quota	Totale trave in acciaio +sol.inf.
Intradosso	σ	-11.44	0.00	0.00	-11.44	-54.54	0.00	-65.98
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	-10.65	0.00	0.00	-10.65	-50.78	0.00	-61.43
	τ	2.86	0.00	0.00	2.86	14.17	0.00	17.03
	σ_{id}	11.75	0.00	0.00	11.75	56.40	0.00	68.14
Baricentro Trave Acciaio	τ	3.44	0.00	0.00	3.44	17.05	0.00	20.48
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	15.05	0.00	0.00	15.05	71.79	0.00	86.84
	τ	2.25	0.00	0.00	2.25	11.14	0.00	13.39
	σ_{id}	15.54	0.00	0.00	15.54	74.34	0.00	89.88
Estradosso Trave Acciaio	σ	15.66	0.00	0.00	15.66	74.73	0.00	90.39
(b = 360.00)	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sol.Sup.: Arm. 1	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sol.Sup.: Arm. 2	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TENSIONI - (Situazione finale)

		2^ Prec.	Carichi perm. portati	Ritiro sol. sup.	Ritiro sol.inf. 2^quota	Cedimenti appoggi	Carichi mobili	Effetti termici	Vento	Totale Trave compl.
Intradosso	σ	0.00	-32.37	-49.99	0.00	-5.35	-56.85	-27.05	-0.17	-237.76
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	0.00	-30.52	-50.09	0.00	-5.04	-53.63	-27.08	-0.16	-227.95
	τ	0.00	10.80	-1.10	0.00	0.35	41.20	0.29	0.08	69.75
	σ_{id}	0.00	35.80	50.13	0.00	5.07	89.27	27.09	0.21	257.99
Baricentro Trave Acciaio	τ	0.00	12.99	-1.33	0.00	0.42	49.56	0.35	0.09	83.91
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	0.00	29.99	-53.51	0.00	5.24	51.15	-28.15	0.16	145.23
	τ	0.00	8.49	-0.87	0.00	0.27	32.40	0.23	0.06	54.85
	σ_{id}	0.00	33.40	53.53	0.00	5.27	75.93	28.15	0.19	173.55
Estradosso Trave Acciaio	σ	0.00	31.44	-53.59	0.00	5.49	53.66	-28.17	0.17	152.97
(b = 360.00)	τ	0.00	0.26	-0.03	0.00	0.01	0.98	0.01	0.00	1.25
Sol.Sup.: Arm. 1	σ	0.00	34.34	18.78	0.00	5.98	58.68	-48.80	0.18	69.17
Sol.Sup.: Arm. 2	σ	0.00	33.47	18.83	0.00	5.84	57.17	-48.79	0.18	66.70

SEZIONE E1. Appoggio Spalla +10° Tmax (Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

TRAVE METALLICA

Altezza totale della trave in acciaio: 1100

Spessore anima: 15

Ala inferiore : 700 x 20

Ala superiore : 500 x 20

SOLETTA SUPERIORE

Armatura 1 Aa = 2311. Y = 1150.

Armatura 2 Aa = 2311. Y = 1135.

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 4.03

Tensione da variazioni termiche (1° fase): -3.43

SOLETTA INFERIORE

Soletta: larghezza = 0.00 spessore totale = 0.00

Armatura 1: Aa = 0 Y = 0

Coppella: larghezza = 0.00 spessore = 0.00

Armatura 2: Aa = 0 Y = 0

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

		TRAVE IN ACCIAIO	TRAVE + SOL. INF.	TRAVE COMPLETA	
			n = 18.0	n = 18.0	n = 6.0
Quota baricentro		495.86	495.86	562.99	562.99
Area		3.9900E+04	3.9900E+04	4.4522E+04	4.4522E+04
Momento d'inerzia		8.3710E+09	8.3710E+09	1.0103E+10	1.0103E+10
Intradosso	W	1.6882E+07	1.6882E+07	1.7946E+07	1.7946E+07
Attacco Anima-Piattabanda Inferiore	W	1.7591E+07	1.7591E+07	1.8607E+07	1.8607E+07
	C	5.4172E-05	5.4172E-05	5.4172E-05	5.4172E-05
Baricentro Trave Acciaio	C	6.7697E-05	6.7697E-05	6.7697E-05	6.7697E-05
Baricentro Trave Completa	C		6.7697E-05	7.9267E-05	7.9267E-05
Attacco Anima-Piattabanda Superiore	W	1.4331E+07	1.4331E+07	1.9542E+07	1.9542E+07
	C	4.7317E-05	4.7317E-05	4.7317E-05	4.7317E-05
Estradosso Trave Acciaio	W	1.3856E+07	1.3856E+07	1.8814E+07	1.8814E+07
(b = 360.00)	C			7.3641E-07	7.3641E-07
Armatura 1 (Y = 1150.00)	W			1.7212E+07	1.7212E+07
Armatura 2 (Y = 1135.00)	W			1.7663E+07	1.7663E+07

SOLLECITAZIONI

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	3.564E+3	-3.524E+4	0.000E+0
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	-1.769E+4	-2.013E+5	-7.236E+6
Ritiro soletta inferiore (1^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	4.176E+4	-2.081E+5	3.618E+7
Ritiro soletta superiore	-4.579E+6	1.576E+5	1.765E+9
Ritiro soletta inferiore (2^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	1.548E+3	8.568E+3	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	2.952E+4	-6.507E+5	-8.735E+7
Effetti termici	4.841E+6	-1.477E+5	-9.499E+8
Vento	2.390E+4	-3.942E+4	6.372E+7

TENSIONI - (Fasi di costruzione)

		Peso travi acciaio	1^ Prec.	Peso sol. inf.	Totale Trave in Acciaio	Peso sol. sup.	Ritiro sol.inf. 1^quota	Totale trave in acciaio +sol.inf.
Intradosso	σ	0.09	0.00	0.00	0.09	-0.87	0.00	-0.78
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	0.09	0.00	0.00	0.09	-0.85	0.00	-0.77
	τ	-1.91	0.00	0.00	-1.91	-10.90	0.00	-12.81
	σ_{id}	3.31	0.00	0.00	3.31	18.91	0.00	22.21
Baricentro Trave Acciaio	τ	-2.39	0.00	0.00	-2.39	-13.63	0.00	-16.01
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	0.09	0.00	0.00	0.09	0.06	0.00	0.15
	τ	-1.67	0.00	0.00	-1.67	-9.52	0.00	-11.19
	σ_{id}	2.89	0.00	0.00	2.89	16.50	0.00	19.38
Estradosso Trave Acciaio	σ	0.09	0.00	0.00	0.09	0.08	0.00	0.17
(b = 360.00)	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sol.Sup.: Arm. 1	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sol.Sup.: Arm. 2	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TENSIONI - (Situazione finale)

		2^ Prec.	Carichi perm. portati	Ritiro sol. sup.	Ritiro sol.inf. 2^quota	Cedimenti appoggi	Carichi mobili	Effetti termici	Vento	Totale Trave compl.
Intradosso	σ	0.00	2.95	-4.48	0.00	0.03	-4.20	55.80	4.09	53.40
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	0.00	2.88	-7.98	0.00	0.03	-4.03	57.68	3.96	51.78
	τ	0.00	-11.27	8.54	0.00	0.46	-35.25	-8.00	-2.14	-69.01
	σ_{id}	0.00	19.74	16.80	0.00	0.80	61.19	59.32	5.42	130.26
Baricentro Trave Acciaio	τ	0.00	-14.09	10.67	0.00	0.58	-44.05	-10.00	-2.67	-86.24
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	0.00	-0.91	-193.19	0.00	0.03	5.13	157.34	-2.72	159.02
	τ	0.00	-9.85	7.46	0.00	0.41	-30.79	-6.99	-1.87	-60.28
	σ_{id}	0.00	17.08	193.62	0.00	0.70	53.57	157.80	4.23	190.23
Estradosso Trave Acciaio	σ	0.00	-0.99	-196.68	0.00	0.03	5.31	159.22	-2.85	160.89
(b = 360.00)	τ	0.00	-0.15	0.12	0.00	0.01	-0.48	-0.11	-0.03	-0.76
Sol.Sup.: Arm. 1	σ	0.00	-1.16	-132.88	0.00	0.03	5.74	143.34	-3.17	144.78
Sol.Sup.: Arm. 2	σ	0.00	-1.11	-130.26	0.00	0.03	5.61	141.93	-3.07	143.39

SEZIONE E2. Appoggio Spalla +10° Tmax (Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

TRAVE METALLICA

Altezza totale della trave in acciaio: 1100

Spessore anima: 15

Ala inferiore : 700 x 20

Ala superiore : 500 x 20

SOLETTA SUPERIORE

Armatura 1 Aa = 2311. Y = 1150.

Armatura 2 Aa = 2311. Y = 1135.

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 4.03

Tensione da variazioni termiche (1° fase): -3.43

SOLETTA INFERIORE

Soletta: larghezza = 0.00 spessore totale = 0.00

Armatura 1: Aa = 0 Y = 0

Coppella: larghezza = 0.00 spessore = 0.00

Armatura 2: Aa = 0 Y = 0

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

		TRAVE IN ACCIAIO	TRAVE + SOL. INF. n = 18.0	TRAVE COMPLETA n = 18.0 n = 6.0	
		Quota baricentro	495.86	495.86	562.99
Area		3.9900E+04	3.9900E+04	4.4522E+04	4.4522E+04
Momento d'inerzia		8.3710E+09	8.3710E+09	1.0103E+10	1.0103E+10
Intradosso	W	1.6882E+07	1.6882E+07	1.7946E+07	1.7946E+07
Attacco Anima-Piattabanda Inferiore	W	1.7591E+07	1.7591E+07	1.8607E+07	1.8607E+07
	C	5.4172E-05	5.4172E-05	5.4172E-05	5.4172E-05
Baricentro Trave Acciaio	C	6.7697E-05	6.7697E-05	6.7697E-05	6.7697E-05
Baricentro Trave Completa	C		6.7697E-05	7.9267E-05	7.9267E-05
Attacco Anima-Piattabanda Superiore	W	1.4331E+07	1.4331E+07	1.9542E+07	1.9542E+07
	C	4.7317E-05	4.7317E-05	4.7317E-05	4.7317E-05
Estradosso Trave Acciaio	W	1.3856E+07	1.3856E+07	1.8814E+07	1.8814E+07
(b = 360.00)	C			7.3641E-07	7.3641E-07
Armatura 1 (Y = 1150.00)	W			1.7212E+07	1.7212E+07
Armatura 2 (Y = 1135.00)	W			1.7663E+07	1.7663E+07

SOLLECITAZIONI

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	4.685E+3	-3.861E+4	0.000E+0
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	2.935E+4	-1.993E+5	-1.269E+7
Ritiro soletta inferiore (1^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	-2.100E+4	-1.449E+5	-3.375E+7
Ritiro soletta superiore	-3.768E+6	1.326E+5	1.533E+9
Ritiro soletta inferiore (2^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	0.000E+0	1.354E+4	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	-2.403E+4	-9.061E+5	-5.859E+7
Effetti termici	3.958E+6	-1.099E+5	-8.023E+8
Vento	7.020E+3	-1.080E+3	0.000E+0

TENSIONI - (Fasi di costruzione)

		Peso travi acciaio	1^ Prec.	Peso sol. inf.	Totale Trave in Acciaio	Peso sol. sup.	Ritiro sol.inf. 1^quota	Totale trave in acciaio +sol.inf.
Intradosso	σ	0.12	0.00	0.00	0.12	-0.02	0.00	0.10
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	0.12	0.00	0.00	0.12	0.01	0.00	0.13
	τ	-2.09	0.00	0.00	-2.09	-10.79	0.00	-12.89
	σ_{id}	3.62	0.00	0.00	3.62	18.70	0.00	22.32
Baricentro Trave Acciaio	τ	-2.61	0.00	0.00	-2.61	-13.49	0.00	-16.10
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	0.12	0.00	0.00	0.12	1.62	0.00	1.74
	τ	-1.83	0.00	0.00	-1.83	-9.43	0.00	-11.26
	σ_{id}	3.17	0.00	0.00	3.17	16.41	0.00	19.57
Estradosso Trave Acciaio	σ	0.12	0.00	0.00	0.12	1.65	0.00	1.77
(b = 360.00)	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sol.Sup.: Arm. 1	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sol.Sup.: Arm. 2	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TENSIONI - (Situazione finale)

		2^ Prec.	Carichi perm. portati	Ritiro sol. sup.	Ritiro sol.inf. 2^quota	Cedimenti appoggi	Carichi mobili	Effetti termici	Vento	Totale Trave compl.
Intradosso	σ	0.00	-2.35	0.79	0.00	0.00	-3.80	44.19	0.16	38.29
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	0.00	-2.29	-2.24	0.00	0.00	-3.69	45.78	0.16	37.85
	τ	0.00	-7.85	7.18	0.00	0.73	-49.09	-5.95	-0.06	-75.10
	σ_{id}	0.00	13.79	12.64	0.00	1.27	85.10	46.93	0.19	135.48
Baricentro Trave Acciaio	τ	0.00	-9.81	8.98	0.00	0.92	-61.34	-7.44	-0.07	-93.86
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	0.00	1.26	-163.09	0.00	0.00	2.46	129.96	0.16	135.57
	τ	0.00	-6.86	6.27	0.00	0.64	-42.87	-5.20	-0.05	-65.60
	σ_{id}	0.00	11.95	163.45	0.00	1.11	74.30	130.27	0.18	176.88
Estradosso Trave Acciaio	σ	0.00	1.32	-166.13	0.00	0.00	2.57	131.54	0.16	137.37
(b = 360.00)	τ	0.00	-0.11	0.10	0.00	0.01	-0.67	-0.08	0.00	-0.85
Sol.Sup.: Arm. 1	σ	0.00	1.49	-101.18	0.00	0.00	2.86	114.93	0.16	119.45
Sol.Sup.: Arm. 2	σ	0.00	1.44	-98.90	0.00	0.00	2.78	113.74	0.16	118.12

5.3.4 VERIFICA DELLA SEZIONE TRASVERSALE (CARICHI SISMICI)

La verifica si effettua in analogia a quanto visto al precedente par.5.3.3, riferendosi però alla combinazione dei carichi per condizioni sismiche:

$$E + G_1 + G_2 + Q_{rit} + Q_{ced} + 0.5 \cdot Q_{\Delta T}$$

Per i carichi dovuti al transito dei mezzi si assume $\Psi_{2j} = 0$, in accordo con il par. 5.1.3.8 della Norma, considerando l'essere il ponte in ambito extraurbano.

I valori limite delle tensioni sui materiali, in accordo a quanto riportato al par. 5.2.9, saranno conseguenti alla richiesta di permanenza in campo elastico della struttura d'impalcato, e quindi pari a:

$$f_{yd, carp} = 355/1.05 = 338.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{s, arm, max} = 0.8 \cdot f_{yk} = 360.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{c, max} = 0.6 \cdot f_{ck} = 19.92 \text{ N/mm}^2$$

Di seguito si riportano i tabulati di verifica dell'applicativo usato per l'analisi delle sezioni, per le combinazioni più gravose.

SEZIONE A2. Mezz_camp_lung +10° Mmax (Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

TRAVE METALLICA

Altezza totale della trave in acciaio: 1100 Spessore anima: 15

Ala inferiore : 700 x 20 Ala superiore : 500 x 20

SOLETTA SUPERIORE

Soletta: larghezza = 3040 spessore totale = 300

Coppella: appoggio sull'ala = 70 spessore = 60

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 4.03

Tensione da variazioni termiche (1° fase): -3.43

SOLETTA INFERIORE

Soletta: larghezza = 0 spessore totale = 0 Armatura 1: Aa = 0 Y = 0

Coppella: larghezza = 0 spessore = 0 Armatura 2: Aa = 0 Y = 0

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

		TRAVE IN ACCIAIO	TRAVE + SOL. INF.	TRAVE COMPLETA	
			n = 18.0	n = 18.0	n = 6.0
Quota baricentro		495.86	495.86	894.53	1087.23
Area		3.9900E+04	3.9900E+04	8.1633E+04	1.6510E+05
Momento d'inerzia		8.3710E+09	8.3710E+09	2.0997E+10	2.7435E+10
Intradosso	W	1.6882E+07	1.6882E+07	2.3472E+07	2.5234E+07
Attacco Anima-Piattabanda Inferiore	W	1.7591E+07	1.7591E+07	2.4009E+07	2.5706E+07
	C	5.4172E-05	5.4172E-05	5.4172E-05	5.4172E-05
Baricentro Trave Acciaio	C	6.7697E-05	6.7697E-05	6.7697E-05	6.7697E-05
Baricentro Trave Completa	C		6.7697E-05	1.4430E-04	1.8814E-04
Attacco Anima-Piattabanda Superiore	W	1.4331E+07	1.4331E+07	1.1321E+08	-3.7967E+09
	C	4.7317E-05	4.7317E-05	4.7317E-05	4.7317E-05
Estradosso Trave Acciaio	W	1.3856E+07	1.3856E+07	1.0219E+08	2.1477E+09
(b = 360.00)	C			2.1044E-06	2.3890E-06
Estradosso Soletta Superiore	W			7.4770E+08	5.2628E+08

SOLLECITAZIONI

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	7.380E+3	-2.360E+3	1.362E+8
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	3.800E+4	2.700E+3	6.213E+8
Ritiro soletta inferiore (1 ^a quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	2.480E+4	8.480E+3	3.967E+8
Ritiro soletta superiore	-2.681E+6	5.500E+3	-5.007E+8
Ritiro soletta inferiore (2 ^a quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	0.000E+0	0.000E+0	6.250E+7
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	1.660E+5	-1.600E+4	4.289E+8
Effetti termici	1.297E+6	-2.710E+3	5.058E+8
Vento	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0

TENSIONI - (Fasi di costruzione)

		Peso travi acciaio	1 ^a Prec.	Peso sol. inf.	Totale Trave in Acciaio	Peso sol. sup.	Ritiro sol.inf. 1 ^a quota	Totale trave in acciaio +sol.inf.
Intradosso	σ	8.25	0.00	0.00	8.25	37.76	0.00	46.01
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	7.93	0.00	0.00	7.93	36.27	0.00	44.20
	τ	-0.13	0.00	0.00	-0.13	0.15	0.00	0.02
	σ_{id}	7.93	0.00	0.00	7.93	36.27	0.00	44.20
Baricentro Trave Acciaio	τ	-0.16	0.00	0.00	-0.16	0.18	0.00	0.02
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.18
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	-9.32	0.00	0.00	-9.32	-42.40	0.00	-51.72
	τ	-0.11	0.00	0.00	-0.11	0.13	0.00	0.02
	σ_{id}	9.32	0.00	0.00	9.32	42.40	0.00	51.72
Estradosso Trave Acciaio	σ	-9.64	0.00	0.00	-9.64	-43.89	0.00	-53.53
(b = 360.00)	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Estradosso Soletta	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TENSIONI - (Situazione finale)

		2 ^a Prec.	Carichi perm. portati	Ritiro sol. sup.	Ritiro sol.inf. 2 ^a quota	Cedimenti appoggi	Carichi mobili	Effetti termici	Vento	Totale Trave compl.
Intradosso	σ	0.00	17.20	-54.17	0.00	2.66	18.00	27.90	0.00	111.78
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	0.00	16.83	-53.69	0.00	2.60	17.69	27.53	0.00	108.85
	τ	0.00	0.46	0.30	0.00	0.00	-0.87	-0.15	0.00	-0.54
	σ_{id}	0.00	16.85	53.70	0.00	2.60	17.75	27.53	0.00	108.85
Baricentro Trave Acciaio	τ	0.00	0.57	0.37	0.00	0.00	-1.08	-0.18	0.00	-0.67
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18
Baricentro trave Completa	τ	0.00	1.22	0.79	0.00	0.00	-3.01	-0.51	0.00	-2.30
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	0.00	-3.20	-28.42	0.00	-0.55	1.12	7.99	0.00	-74.78
	τ	0.00	0.40	0.26	0.00	0.00	-0.76	-0.13	0.00	-0.47
	σ_{id}	0.00	3.27	28.42	0.00	0.55	1.72	7.99	0.00	74.79
Estradosso Trave Acciaio	σ	0.00	-3.58	-27.94	0.00	-0.61	0.81	7.62	0.00	-77.24
(b = 360.00)	τ	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	-0.04	-0.01	0.00	-0.03
Estradosso Soletta	σ	0.00	-0.51	2.88	0.00	-0.08	-0.65	-3.08	0.00	-4.33

SEZIONE B1. Appoggio Pila +10° Tmax (Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

TRAVE METALLICA

Altezza totale della trave in acciaio: 1100

Spessore anima: 22

Ala inferiore : 700 x 32

Ala superiore : 500 x 25

SOLETTA SUPERIORE

Armatura 1 Aa = 4219. Y = 1150.

Armatura 2 Aa = 4219. Y = 1135.

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 4.03

Tensione da variazioni termiche (1° fase): -3.43

SOLETTA INFERIORE

Soletta: larghezza = 0.00 spessore totale = 0.00

Armatura 1: Aa = 0 Y = 0

Coppella: larghezza = 0.00 spessore = 0.00

Armatura 2: Aa = 0 Y = 0

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

		TRAVE IN ACCIAIO		TRAVE + SOL. INF. n = 18.0		TRAVE COMPLETA n = 18.0 n = 6.0	
		Quota baricentro		460.75	460.75	547.54	547.54
Area		5.7846E+04	5.7846E+04	6.6284E+04	6.6284E+04		
Momento d'inerzia		1.1621E+10	1.1621E+10	1.5044E+10	1.5044E+10		
Intradosso	W	2.5222E+07	2.5222E+07	2.7476E+07	2.7476E+07		
Attacco Anima-Piattabanda Inferiore	W	2.7104E+07	2.7104E+07	2.9181E+07	2.9181E+07		
	C	3.8967E-05	3.8967E-05	3.8967E-05	3.8967E-05		
Baricentro Trave Acciaio	C	4.6876E-05	4.6876E-05	4.6876E-05	4.6876E-05		
Baricentro Trave Completa	C		4.6876E-05	5.8006E-05	5.8006E-05		
Attacco Anima-Piattabanda Superiore	W	1.8919E+07	1.8919E+07	2.8522E+07	2.8522E+07		
	C	3.0643E-05	3.0643E-05	3.0643E-05	3.0643E-05		
Estradosso Trave Acciaio	W	1.8179E+07	1.8179E+07	2.7231E+07	2.7231E+07		
(b = 360.00)	C			9.2695E-07	9.2695E-07		
Armatura 1 (Y = 1150.00)	W			2.4971E+07	2.4971E+07		
Armatura 2 (Y = 1135.00)	W			2.5609E+07	2.5609E+07		

SOLLECITAZIONI

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	2.640E+3	4.818E+4	-1.836E+8
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	1.310E+4	2.742E+5	-1.043E+9
Ritiro soletta inferiore (1^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	-6.750E+4	2.442E+5	-8.354E+8
Ritiro soletta superiore	-3.319E+6	8.180E+4	-1.415E+8
Ritiro soletta inferiore (2^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	7.400E+3	8.940E+3	-1.286E+8
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	-1.185E+5	1.712E+5	-6.318E+8
Effetti termici	1.816E+6	-2.410E+4	4.139E+7
Vento	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0

TENSIONI - (Fasi di costruzione)

		Peso travi acciaio	1^ Prec.	Peso sol. inf.	Totale Trave in Acciaio	Peso sol. sup.	Ritiro sol.inf. 1^quota	Totale trave in acciaio +sol.inf.
Intradosso	σ	-7.23	0.00	0.00	-7.23	-41.14	0.00	-48.37
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	-6.73	0.00	0.00	-6.73	-38.27	0.00	-44.99
	τ	1.88	0.00	0.00	1.88	10.68	0.00	12.56
	σ_{id}	7.47	0.00	0.00	7.47	42.50	0.00	49.98
Baricentro Trave Acciaio	τ	2.26	0.00	0.00	2.26	12.85	0.00	15.11
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	9.75	0.00	0.00	9.75	55.37	0.00	65.12
	τ	1.48	0.00	0.00	1.48	8.40	0.00	9.88
	σ_{id}	10.08	0.00	0.00	10.08	57.25	0.00	67.33
Estradosso Trave Acciaio	σ	10.15	0.00	0.00	10.15	57.62	0.00	67.76
(b = 360.00)	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sol.Sup.: Arm.1	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sol.Sup.: Arm.2	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TENSIONI - (Situazione finale)

		2^ Prec.	Carichi perm. portati	Ritiro sol. sup.	Ritiro sol.inf. 2^quota	Cedimenti appoggi	Carichi mobili	Effetti termici	Vento	Totale Trave compl.
Intradosso	σ	0.00	-31.42	-55.23	0.00	-4.57	-24.78	28.90	0.00	-135.48
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	0.00	-29.65	-54.93	0.00	-4.30	-23.44	28.81	0.00	-128.49
	τ	0.00	9.52	3.19	0.00	0.35	6.67	-0.94	0.00	31.34
	σ_{id}	0.00	33.92	55.20	0.00	4.34	26.13	28.86	0.00	139.49
Baricentro Trave Acciaio	τ	0.00	11.45	3.83	0.00	0.42	8.03	-1.13	0.00	37.71
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	0.00	28.27	-45.12	0.00	4.62	20.36	25.94	0.00	144.32
	τ	0.00	7.48	2.51	0.00	0.27	5.25	-0.74	0.00	24.65
	σ_{id}	0.00	31.10	45.33	0.00	4.64	22.30	25.97	0.00	150.50
Estradosso Trave Acciaio	σ	0.00	29.66	-44.88	0.00	4.83	21.41	25.87	0.00	149.54
(b = 360.00)	τ	0.00	0.23	0.08	0.00	0.01	0.16	-0.02	0.00	0.45
Sol.Sup.: Arm.1	σ	0.00	32.44	28.13	0.00	5.26	23.51	5.15	0.00	94.49
Sol.Sup.: Arm.2	σ	0.00	31.60	27.99	0.00	5.13	22.88	5.20	0.00	92.80

SEZIONE B1. Appoggio Pila -5° Mmax (Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

TRAVE METALLICA

Altezza totale della trave in acciaio: 1100

Spessore anima: 22

Ala inferiore : 700 x 32

Ala superiore : 500 x 25

SOLETTA SUPERIORE

Armatura 1 Aa = 4219. Y = 1150.

Armatura 2 Aa = 4219. Y = 1135.

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 4.03

Tensione da variazioni termiche (1° fase): -3.43

SOLETTA INFERIORE

Soletta: larghezza = 0.00 spessore totale = 0.00

Armatura 1: Aa = 0 Y = 0

Coppella: larghezza = 0.00 spessore = 0.00

Armatura 2: Aa = 0 Y = 0

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

		TRAVE IN ACCIAIO	TRAVE + SOL. INF. n = 18.0	TRAVE COMPLETA n = 18.0 n = 6.0	
		Quota baricentro		460.75	460.75
Area		5.7846E+04	5.7846E+04	6.6284E+04	6.6284E+04
Momento d'inerzia		1.1621E+10	1.1621E+10	1.5044E+10	1.5044E+10
Intradosso	W	2.5222E+07	2.5222E+07	2.7476E+07	2.7476E+07
Attacco Anima-Piattabanda Inferiore	W	2.7104E+07	2.7104E+07	2.9181E+07	2.9181E+07
	C	3.8967E-05	3.8967E-05	3.8967E-05	3.8967E-05
Baricentro Trave Acciaio	C	4.6876E-05	4.6876E-05	4.6876E-05	4.6876E-05
Baricentro Trave Completa	C		4.6876E-05	5.8006E-05	5.8006E-05
Attacco Anima-Piattabanda Superiore	W	1.8919E+07	1.8919E+07	2.8522E+07	2.8522E+07
	C	3.0643E-05	3.0643E-05	3.0643E-05	3.0643E-05
Estradosso Trave Acciaio	W	1.8179E+07	1.8179E+07	2.7231E+07	2.7231E+07
(b = 360.00)	C			9.2695E-07	9.2695E-07
Armatura 1 (Y = 1150.00)	W			2.4971E+07	2.4971E+07
Armatura 2 (Y = 1135.00)	W			2.5609E+07	2.5609E+07

SOLLECITAZIONI

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	2.640E+3	4.818E+4	-1.836E+8
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	1.310E+4	2.742E+5	-1.043E+9
Ritiro soletta inferiore (1^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	-6.750E+4	2.442E+5	-8.354E+8
Ritiro soletta superiore	-3.319E+6	8.180E+4	-1.415E+8
Ritiro soletta inferiore (2^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	8.880E+3	1.073E+4	-1.543E+8
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	-1.185E+5	1.712E+5	-6.318E+8
Effetti termici	-9.078E+5	1.205E+4	-2.070E+7
Vento	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0

TENSIONI - (Fasi di costruzione)

		Peso travi acciaio	1^ Prec.	Peso sol. inf.	Totale Trave in Acciaio	Peso sol. sup.	Ritiro sol.inf. 1^quota	Totale trave in acciaio +sol.inf.
Intradosso	σ	-7.23	0.00	0.00	-7.23	-41.14	0.00	-48.37
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	-6.73	0.00	0.00	-6.73	-38.27	0.00	-44.99
	τ	1.88	0.00	0.00	1.88	10.68	0.00	12.56
	σ_{id}	7.47	0.00	0.00	7.47	42.50	0.00	49.98
Baricentro Trave Acciaio	τ	2.26	0.00	0.00	2.26	12.85	0.00	15.11
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	9.75	0.00	0.00	9.75	55.37	0.00	65.12
	τ	1.48	0.00	0.00	1.48	8.40	0.00	9.88
	σ_{id}	10.08	0.00	0.00	10.08	57.25	0.00	67.33
Estradosso Trave Acciaio	σ	10.15	0.00	0.00	10.15	57.62	0.00	67.76
(b = 360.00)	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sol.Sup.: Arm.1	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sol.Sup.: Arm.2	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TENSIONI - (Situazione finale)

		2^ Prec.	Carichi perm. portati	Ritiro sol. sup.	Ritiro sol.inf. 2^quota	Cedimenti appoggi	Carichi mobili	Effetti termici	Vento	Totale Trave compl.
Intradosso	σ	0.00	-31.42	-55.23	0.00	-5.48	-24.78	-14.45	0.00	-179.74
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	0.00	-29.65	-54.93	0.00	-5.15	-23.44	-14.40	0.00	-172.57
	τ	0.00	9.52	3.19	0.00	0.42	6.67	0.47	0.00	32.82
	σ_{id}	0.00	33.92	55.20	0.00	5.20	26.13	14.43	0.00	181.69
Baricentro Trave Acciaio	τ	0.00	11.45	3.83	0.00	0.50	8.03	0.56	0.00	39.49
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	0.00	28.27	-45.12	0.00	5.54	20.36	-12.97	0.00	106.33
	τ	0.00	7.48	2.51	0.00	0.33	5.25	0.37	0.00	25.81
	σ_{id}	0.00	31.10	45.33	0.00	5.57	22.30	12.99	0.00	115.35
Estradosso Trave Acciaio	σ	0.00	29.66	-44.88	0.00	5.80	21.41	-12.94	0.00	111.70
(b = 360.00)	τ	0.00	0.23	0.08	0.00	0.01	0.16	0.01	0.00	0.48
Sol.Sup.: Arm.1	σ	0.00	32.44	28.13	0.00	6.31	23.51	-33.45	0.00	56.94
Sol.Sup.: Arm.2	σ	0.00	31.60	27.99	0.00	6.16	22.88	-33.47	0.00	55.17

5.3.5 VERIFICA ALL'IMBOZZAMENTO DEI PANNELLI D'ANIMA

Per quanto riguarda la stabilità dei pannelli di elementi in parete sottile le NTC rimandano a normative di comprovata validità (punto 4.2.4.1.3.4).

Le verifiche vengono svolte in accordo a quanto indicato nella CNR 10011 al punto 7.6.

La verifica s'intende soddisfatta quando:

$$\frac{\sigma_{cr,id}}{\sqrt{\sigma_1^2 + 3 \cdot \tau^2}} \geq \beta \cdot v$$

dove:

σ_1 e τ tensioni normale e tangenziale definite nei punti 7.6.1.4-7.6.1.5 delle Norme CNR-10011/97;

$\sigma_{cr,id}$ tensione di confronto da valutarsi come segue:

$$\sigma_{cr,id} = \sqrt{3} \cdot \tau_{cr} \text{ per } \sigma_1 = 0$$

$$\sigma_{cr,id} = \sigma_{cr} \text{ per } \tau = 0$$

$$\sigma_{cr,id} = \frac{\sqrt{\sigma_1^2 + 3 \cdot \tau^2}}{\frac{1+\psi}{4} \cdot \frac{\sigma_1}{\sigma_{cr}} + \sqrt{\left(\frac{3-\psi}{4} \cdot \frac{\sigma_1}{\sigma_{cr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_1}{\tau_{cr}}\right)^2}} \text{ per } \sigma_1 \neq 0 \text{ e } \tau \neq 0$$

v coefficiente definito al punto 7.1 delle Norme CNR-10011/97: per quella agli Stati Limite Ultimi è pari a 1;

$$\beta = \frac{\sigma_N + 0.80 \cdot \sigma_M}{\sigma_N + \sigma_M} \text{ per } \alpha \leq 1.5; \beta = 1 \text{ per } \alpha \geq 1.5$$

essendo:

α rapporto tra la base a e l'altezza h del pannello di spessore t ;

σ_N, σ_M valori delle tensioni normali dovute allo sforzo normale N ed al momento flettente M ;

ψ coefficiente che definisce la legge di variazione lineare della σ ;

$$\sigma_{cr} = k_\sigma \cdot \sigma_{cr,o}$$

$$\tau_{cr} = k_\tau \cdot \sigma_{cr,o}$$

dove:

$\sigma_{cr,o} = 186200 (t/h)^2$ tensione di riferimento espressa in N/mm^2 ;

k coefficiente di imbozzamento, i cui valori si ricavano dal prospetto 7-VIII (CNR-10011/97) in funzione del coefficiente ψ e del rapporto $\alpha = a/h$. Qualora il rapporto tra il passo degli irrigidenti e l'altezza totale dell'anima sia maggiore di 1.5, i valori del coefficiente k_τ per le tensioni tangenziali devono essere moltiplicati per 0.8.

Nel caso in cui il valore calcolato di σ_{cr} risulti maggiore del limite di proporzionalità del tipo di acciaio impiegato per il pannello, da porsi convenzionalmente pari a $0.8 f_d$, alla tensione ideale di confronto deve essere sostituita una tensione di confronto ridotta $\sigma_{cr,red}$ ad essa corrispondente:

$$\sigma_{cr,red} = f_d \cdot \frac{20 + \sqrt{25 - 15 \cdot (f_y / \sigma_{cr,id})^2}}{25 + 15 \cdot (f_y / \sigma_{cr,id})^2}$$

L'anima delle travi principali d'impalcato risulta irrigidita trasversalmente da nervature verticali con interasse di 2.75m – 3.025m. Per la verifica dei pannelli ci si riferisce a favore di sicurezza alla larghezza maggiore (3.025m). Non sono presenti irrigidimenti longitudinali. Al solito vengono riportate unicamente le verifiche più significative

La verifica risulta soddisfatta quando il rapporto σ_{cr}/σ_{id} indicato nella penultima colonna è maggiore del fattore di sicurezza $\beta \times v$, riportato nell'ultima colonna.

SEZIONE A1. Mezz camp lung -5° Mmax

Acciaio tipo Fe 510

(Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

Altezza totale dell' anima = 1060.0, spessore = 15.0

Numero dei pannelli = 1

Geometria dei pannelli:

pannello 1060.0 x 3025.0

Tensioni nel piatto d'anima: $\sigma_{sup} = -138.51$ $\sigma_{inf} = 188.07$ $\tau = -1.41$

Pannello	α	σ_1	σ_2	Ψ	σ di riferimento	σ critica	σ critica ridotta	σ ideale	σ cr./ σ id.	$\beta * v$
1	2.85	-138.51	188.07	-1.36	37.29	890.17	349.31	138.54	2.52	1.00

SEZIONE A2. Mezz camp lung -5° Mmax

Acciaio tipo Fe 510

(Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

Altezza totale dell' anima = 1060.0, spessore = 15.0

Numero dei pannelli = 1

Geometria dei pannelli:

pannello 1060.0 x 3025.0

Tensioni nel piatto d'anima: $\sigma_{sup} = -129.45$ $\sigma_{inf} = 188.88$ $\tau = 4.01$

Pannello	α	σ_1	σ_2	Ψ	σ di riferimento	σ critica	σ critica ridotta	σ ideale	σ cr./ σ id.	$\beta * v$
1	2.85	-129.45	188.88	-1.46	37.29	882.51	349.21	129.64	2.69	1.00

SEZIONE C1. Mezz camp cort -5° Mmax

Acciaio tipo Fe 510

(Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

Altezza totale dell' anima = 1060.0, spessore = 15.0

Numero dei pannelli = 1

Geometria dei pannelli:

pannello 1060.0 x 3025.0

Tensioni nel piatto d'anima: $\sigma_{sup} = -138.72$ $\sigma_{inf} = 152.86$ $\tau = -5.50$

Pannello	α	σ_1	σ_2	Ψ	σ di riferimento	σ critica	σ critica ridotta	σ ideale	σ cr./ σ id.	$\beta * v$
1	2.85	-138.72	152.86	-1.10	37.29	875.77	349.11	139.04	2.51	1.00

SEZIONE C2. Mezz camp cort -5° Mmax

Acciaio tipo Fe 510

(Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

Altezza totale dell' anima = 1060.0, spessore = 15.0

Numero dei pannelli = 1

Geometria dei pannelli:

pannello 1060.0 x 3025.0

Tensioni nel piatto d'anima: $\sigma_{sup} = -124.48$ $\sigma_{inf} = 155.95$ $\tau = -5.98$

Pannello	α	σ_1	σ_2	Ψ	σ di riferimento	σ critica	σ critica ridotta	σ ideale	σ cr./ σ id.	$\beta * v$
1	2.85	-124.48	155.95	-1.25	37.29	869.77	349.03	124.91	2.79	1.00

SEZIONE Y1. Cambioconci camp lung.-5° Mmax

Acciaio tipo Fe 510

(Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

Altezza totale dell' anima = 1060.0, spessore = 15.0

Numero dei pannelli = 1

Geometria dei pannelli:

pannello 1060.0 x 3025.0

Tensioni nel piatto d'anima: $\sigma_{sup} = -86.06$ $\sigma_{inf} = 52.14$ $\tau = -37.73$

Pannello	α	σ_1	σ_2	Ψ	σ di riferimento	σ critica	σ critica ridotta	σ ideale	σ cr./ σ id.	$\beta * v$
1	2.85	-86.06	52.14	-0.61	37.29	397.25	324.86	108.06	3.01	1.00

SEZIONE X1. Cambioconci camp cort.-5° Mmax

Acciaio tipo Fe 510

(Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

Altezza totale dell' anima = 1060.0, spessore = 15.0

Numero dei pannelli = 1

Geometria dei pannelli:

pannello 1060.0 x 3025.0

Tensioni nel piatto d'anima: $\sigma_{sup} = -92.39$ $\sigma_{inf} = 61.96$ $\tau = 40.88$

Pannello	α	σ_1	σ_2	Ψ	σ di riferimento	σ critica	σ critica ridotta	σ ideale	σ cr./ σ id.	$\beta * v$
1	2.85	-92.39	61.96	-0.67	37.29	407.49	326.49	116.40	2.80	1.00

SEZIONE B1. Appoggio Pila -5° Mmax

Acciaio tipo Fe 510

(Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

Altezza totale dell' anima = 1043.0, spessore = 22.0

Numero dei pannelli = 1

Geometria dei pannelli:

pannello 1043.0 x 3025.0

Tensioni nel piatto d'anima: $\sigma_{sup} = 190.59$ $\sigma_{inf} = -295.29$ $\tau = 62.88$

Pannello	α	σ_1	σ_2	Ψ	σ di riferimento	σ critica	σ critica ridotta	σ ideale	σ cr./ σ id.	$\beta * v$
1	2.90	-295.29	190.59	-0.65	82.84	1116.31	351.39	314.73	1.12	1.00

SEZIONE B1. Appoggio Pila -5° Tmax

Acciaio tipo Fe 510

(Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

Altezza totale dell' anima = 1043.0, spessore = 22.0

Numero dei pannelli = 1

Geometria dei pannelli:

pannello 1043.0 x 3025.0

Tensioni nel piatto d'anima: $\sigma_{sup} = 165.94$ $\sigma_{inf} = -273.26$ $\tau = 69.91$

Pannello	α	σ_1	σ_2	Ψ	σ di riferimento	σ critica	σ critica ridotta	σ ideale	σ cr./ σ id.	$\beta * v$
1	2.90	-273.26	165.94	-0.61	82.84	1034.49	350.79	298.89	1.17	1.00

SEZIONE B2. Appoggio Pila -5° Mmax

Acciaio tipo Fe 510

(Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

Altezza totale dell' anima = 1043.0, spessore = 22.0

Numero dei pannelli = 1

Geometria dei pannelli:

pannello 1043.0 x 3025.0

Tensioni nel piatto d'anima: $\sigma_{sup} = 177.64$ $\sigma_{inf} = -264.01$ $\tau = 64.12$

Pannello	α	σ_1	σ_2	Ψ	σ di riferimento	σ critica	σ critica ridotta	σ ideale	σ cr./ σ id.	$\beta * v$
1	2.90	-264.01	177.64	-0.67	82.84	1101.41	351.29	286.42	1.23	1.00

SEZIONE B2. Appoggio Pila -5° Tmax

Acciaio tipo Fe 510

(Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

Altezza totale dell' anima = 1043.0, spessore = 22.0

Numero dei pannelli = 1

Geometria dei pannelli:

pannello 1043.0 x 3025.0

Tensioni nel piatto d'anima: $\sigma_{sup} = 145.23$ $\sigma_{inf} = -227.95$ $\tau = 69.75$

Pannello	α	σ_1	σ_2	Ψ	σ di riferimento	σ critica	σ critica ridotta	σ ideale	σ cr./ σ id.	$\beta * v$
1	2.90	-227.95	145.23	-0.64	82.84	1003.27	350.53	257.99	1.36	1.00

SEZIONE E1. Appoggio Spalla -5° Tmax

Acciaio tipo Fe 510

(Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

Altezza totale dell' anima = 1060.0, spessore = 15.0

Numero dei pannelli = 1

Geometria dei pannelli:

pannello 1060.0 x 3025.0

Tensioni nel piatto d'anima: $\sigma_{sup} = -76.99$ $\sigma_{inf} = -34.73$ $\tau = -49.79$

Pannello	α	σ_1	σ_2	Ψ	σ di riferimento	σ critica	σ critica ridotta	σ ideale	σ cr./ σ id.	$\beta * v$
1	2.85	-76.99	-34.73	0.45	37.29	225.01	225.01	115.61	1.95	1.00

SEZIONE E2. Appoggio Spalla -5° Tmax

Acciaio tipo Fe 510

(Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

Altezza totale dell' anima = 1060.0, spessore = 15.0

Numero dei pannelli = 1

Geometria dei pannelli:

pannello 1060.0 x 3025.0

Tensioni nel piatto d'anima: $\sigma_{sup} = -59.37$ $\sigma_{inf} = -30.82$ $\tau = -57.80$

Pannello	α	σ_1	σ_2	Ψ	σ di riferimento	σ critica	σ critica ridotta	σ ideale	σ cr./ σ id.	$\beta * v$
1	2.85	-59.37	-30.82	0.52	37.29	233.01	233.01	116.39	2.00	1.00

5.3.6 VERIFICA DEGLI IRRIGIDIMENTI VERTICALI

Detto J il momento d'inerzia dell'irrigidimento rispetto all'anima della trave, secondo le CNR-10030/87, occorre sempre verificare la seguente disuguaglianza:

$$J \geq 0.15 \cdot \gamma_T^* \cdot h_w \cdot t_w^3 \quad (1)$$

dove i termini assumono di volta in volta il significato specificato nel seguito.

Lungo tutto l'impalcato come irrigidenti trasversali si sono utilizzati piatti disposti da un solo lato dell'anima, di larghezza 240mm e spessore di 15 mm.

Poiché a irrigidire l'anima vi sono solo nervature trasversali, nella disuguaglianza (1), da verificare secondo il § 2.1.2 delle CNR-10030/87, il significato ed il valore dei coefficienti assunti nel calcolo risultano i seguenti:

- J momento di inerzia della sezione dell'irrigidimento, calcolato, nel nostro caso, secondo l'asse individuato dall'intersezione fra irrigidimento e anima.
- h_w altezza anima tra le piattabande (variabile da concio a concio)
- t_w spessore anima (variabile da concio a concio)
- a interasse nervature
- α a/h_w
- γ_T^* coefficiente di rigidezza flessionale minima da assumersi in funzione di α come indicato al punto 3.1.3 delle CNR-10030/87.

CONCIO C1-C3

$$a = 2750 \text{ mm} \quad h_w = 1060 \text{ mm} \quad t_w = 15 \text{ mm}$$

$$\alpha = 2750 / 1060 = 2.594 \Rightarrow \gamma_T^* = 8$$

a cui segue:

$$J_{\min} = 0.15 \cdot 8 \cdot 1060 \cdot 15^3 = 4.29 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

La geometria dell'irrigidimento di questo concio è pari a

$$h_{\text{irr}} = 240 \text{ mm} \quad t_{\text{irr}} = 15 \text{ mm}$$

a cui segue (tenendo conto delle limitazione $h_{\text{irr}} \leq 12.2 \cdot t_{\text{irr}}$ per l'acciaio S355)

$$J = t_{\text{irr}} \cdot (12.2 \cdot t_{\text{irr}})^3 / 3 = 24.92 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 > J_{\min}$$

La verifica è soddisfatta

CONCIO C1/C3

$$a = 3025 \text{ mm} \quad h_w = 1060 \text{ mm} \quad t_w = 22 \text{ mm}$$

$$\alpha = 3025 / 1060 = 2.854 \Rightarrow \gamma_T^* = 8$$

a cui segue:

$$J_{\min} = 0.15 \cdot 8 \cdot 1060 \cdot 22^3 = 13.54 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

La geometria dell'irrigidimento di questo concio è pari a

$$h_{\text{irr}} = 239 \text{ mm} \quad t_{\text{irr}} = 15 \text{ mm}$$

a cui segue (tenendo conto delle limitazione $h_{\text{irr}} \leq 12.2 \cdot t_{\text{irr}}$ per l'acciaio S355)

$$J = t_{\text{irr}} \cdot (12.2 \cdot t_{\text{irr}})^3 / 3 = 24.92 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 > J_{\min}$$

La verifica è soddisfatta

5.3.7 VERIFICA DELLA PIOLATURA

La collaborazione tra la trave metallica e la soletta è assicurata mediante pioli elettrosaldati all'ala della trave di acciaio. Per le verifiche si fa riferimento al punto 4.3.4.3.1 delle NTC.

$$P_{Rd,c} = 0.29 \frac{\alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_c}}{\gamma_v} \quad (1)$$

$$P_{Rd,a} = \frac{0.8 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot f_t}{4\gamma_v} \quad (2)$$

dove:

f_{ck} = resistenza cilindrica caratteristica cls (N/mm²)

f_t = resistenza ultima a trazione dell'acciaio dei pioli (comunque ≤ 500 N/mm²)

d = diametro dei pioli (mm)

h_{sc} = altezza dei pioli dopo la saldatura (mm), non minore di 3 volte il diametro del gambo:

$$\alpha = 0.2 \cdot \left(\frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \quad \text{per } 3 \leq \frac{h_{sc}}{d} \leq 4$$

$$\alpha = 1.0 \quad \text{per } \frac{h_{sc}}{d} > 4$$

γ_v = fattore parziale di sicurezza del connettore (pari a 1.25)

Criteria di calcolo e sollecitazioni

I connettori sono dimensionati in base agli sforzi taglianti dovuti ai carichi permanenti ed ai sovraccarichi accidentali; per determinare il numero di connettori necessari nelle varie sezioni dell'impalcato si fa riferimento al valore della τ all'estradosso della trave d'acciaio nelle combinazioni di carico che producono il massimo taglio, fornito dalle tabelle di verifica dell'applicativo utilizzato per la verifica delle travi principali: questo determina la tensione tangenziale all'estradosso della trave metallica mediante la formula di Jourawski, considerando una base collaborante pari alla larghezza della piattabanda sottratta della lunghezza di appoggio delle coppelle; il calcolo viene effettuata considerando collaborante il calcestruzzo della soletta per tutte le sezioni, comprese quelle nei pressi degli appoggi tese superiormente, in modo da massimizzare la τ e quindi lo scorrimento fra trave e soletta.

Lo scorrimento in corrispondenza di una sezione generica per un tratto di lunghezza $\Delta x = 1$ m vale:

$$S = \tau \cdot b \cdot \Delta x$$

dove b è la larghezza convenzionale della piattabanda superiore, al netto dell'ingombro delle coppelle, sulla quale si valuta lo sforzo di scorrimento.

Si adottano pioli $\phi 22$ mm, $h_p = 200$ mm, con passo di $n^{\circ} 2$ pioli/200 mm ("piolatura tipica") per il concio C3 e per metà lunghezza del concio C1, e con passo di $n^{\circ} 3$ pioli/200 mm ("piolatura pila/spalla") per il concio C2 e per la metà del concio C1 che comprende l'appoggio di spalla.

5.3.7.1 PIOLATURA TIPICA

Caratteristiche dimensionali dei pioli

Pioli $\phi = 22 \text{ mm}$ area $A_p = 380 \text{ mm}^2$ altezza $h_p = 220 \text{ mm}$

Caratteristiche geometriche della piolatura:

N° pioli: 2 pioli / 200mm

interasse trasversale $i_t = 240 \text{ mm}$

base collaborante $b_c = 240 \text{ mm}$

Caratteristiche geometriche della soletta e della piattabanda:

$h_c = 300 \text{ mm}$ $d = 60 \text{ mm}$ $t_s = 25 \text{ mm}$ $b_s = 500 \text{ mm}$

Per le limitazioni dimensionali le NTC al punto 4.3.4.3.1.1 rimandano a normative di comprovata validità; si fa quindi riferimento alle limitazioni delle CNR10016.

I pioli previsti soddisfano le limitazioni dimensionali di seguito riportate.

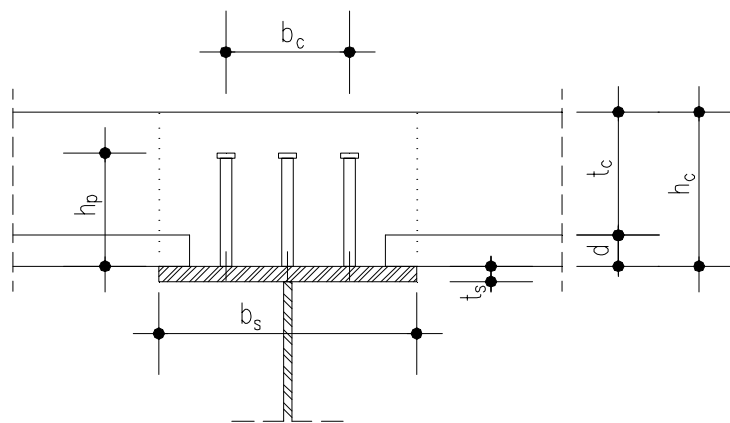


Figura 5-26 Definizione grandezze per controllo limiti dimensionali della piolatura

Limitazioni inerenti il diametro dei connettori:

$$8 \text{ mm} \leq \phi = 22 \text{ mm} \leq 26 \text{ mm}$$

$$6 \leq h_c / \phi = 14 \leq 15$$

$$t_s / \phi = 1.13 \geq 0.50$$

Limitazioni inerenti le distanze tra i connettori:

interasse trasversale $i_t \geq 5 \phi = 110 \text{ mm}$

interasse longitudinale $7 \phi = 15 \leq i_l = 20 \text{ cm} \leq h_c = 30 \text{ cm}$

$(b_s - b_c) / 2 = 130 \text{ mm} \geq 2.5 * t_s = 62.5 \text{ mm}$ e comunque $\geq 25.0 \text{ mm}$

Limitazioni inerenti l'altezza dei connettori:

$$h_p = 220 \text{ mm} \geq d + 0.6 * t_c = 60 + 0.6 * 240 = 204 \text{ mm}$$

L'altezza efficace dei pioli è da assumersi pari a:

$$h'_p = 4 \phi = 88 \text{ mm} \quad \text{essendo } h_p > 4 \phi$$

Resistenza delle piolature

La resistenza di calcolo a taglio per il connettore $\phi = 22\text{mm}$, con un calcestruzzo di classe $R_{ck} = 40$ (per il quale $f_{ck} = 0.83 \cdot 40.0 = 33.20\text{N/mm}^2$), per un acciaio di tipo ST 37-3K ($f_t = 450\text{N/mm}^2$) risulta pari al minore dei due valori P_d così ricavati:

$$P_{Rd,c} = 0.29 \cdot 1 \cdot 22^2 \cdot \sqrt{(0.83 \cdot 40 \cdot 32588)} / 1.25 = 116.80 \text{ kN} \quad (\text{Crisi lato calcestruzzo})$$

$$P_{Rd,a} = 0.8 \cdot 3.14 \cdot 22^2 \cdot 450 / (4 \cdot 1.25) = 109.48 \text{ kN} \quad (\text{Crisi lato acciaio})$$

essendo $\alpha = 1.0$ ($h_{sc}/d = 10 > 4$)

In presenza di azioni dinamiche (CNR-UNI 10016 – 2.2.1.5.) il valore di calcolo della resistenza del piolo è pari a :

$$P_{dinam.} = 0.8 \cdot P_d = 0.8 \cdot 109.48 = 87.58 \text{ kN}$$

Verifiche delle piolature

La sezione più sollecitata risulta essere la sezione Y1, di giunzione fra concio C2 e C3, in corrispondenza del lato esterno ponte (allineamento 1), per la combinazione di carico A1 (carichi mobili per massimo momento in campata lunga) e variazione termica $\Delta T = -5^\circ$.

Avremo

$$\tau = -1.30 \text{ N/mm}^2$$

$$S_{scorr} = -1.30 \cdot 360 \cdot 1000 / 1000 = -468 \text{ kN/m}$$

I pioli previsti sono pari a $n = 2/0.20\text{m} \Rightarrow 10$ pioli/m

e quindi il taglio sul singolo piolo

$$|T_i| = 468 / 10 = 46.8 \text{ kN} < P_{dinam.} = 87.58$$

Di seguito si riporta il tabulato di output dell'applicativo con la definizione del caso considerato e della tensione tangenziale.

SEZIONE Y1. Cambio conci camp lung.-5° Tmax (Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

TRAVE METALLICA

Altezza totale della trave in acciaio: 1100 Spessore anima: 15

Ala inferiore : 700 x 20 Ala superiore : 500 x 20

SOLETTA SUPERIORE

Soletta: larghezza = 3040 spessore totale = 300

Coppella: appoggio sull'ala = 70 spessore = 60

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 4.03

Tensione da variazioni termiche (1° fase): -3.43

SOLETTA INFERIORE

Soletta: larghezza = 0 spessore totale = 0 Armatura 1: Aa = 0 Y = 0

Coppella: larghezza = 0 spessore = 0 Armatura 2: Aa = 0 Y = 0

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

	TRAVE IN ACCIAIO	TRAVE + SOL. INF. n = 18.0	TRAVE COMPLETA n = 18.0 n = 6.0	
Quota baricentro	495.86	495.86	894.53	1087.23
Area	3.9900E+04	3.9900E+04	8.1633E+04	1.6510E+05
Momento d'inerzia	8.3710E+09	8.3710E+09	2.0997E+10	2.7435E+10

COMMITTENTE AUTOSTRADA DEL BRENNERO	CODIFICA DOCUMENTO AI_04_20_02_01_RELAZIONE_CALCULO_IMPALCATO.DOC	FOGLIO 110 DI 162
---	--	----------------------

Intradosso	W	1.6882E+07	1.6882E+07	2.3472E+07	2.5234E+07
Attacco Anima-Piattabanda Inferiore	W	1.7591E+07	1.7591E+07	2.4009E+07	2.5706E+07
	C	5.4172E-05	5.4172E-05	5.4172E-05	5.4172E-05
Baricentro Trave Acciaio	C	6.7697E-05	6.7697E-05	6.7697E-05	6.7697E-05
Baricentro Trave Completa	C		6.7697E-05	1.4430E-04	1.8814E-04
Attacco Anima-Piattabanda Superiore	W	1.4331E+07	1.4331E+07	1.1321E+08	3.7967E+09
	C	4.7317E-05	4.7317E-05	4.7317E-05	4.7317E-05
Estradosso Trave Acciaio	W	1.3856E+07	1.3856E+07	1.0219E+08	2.1477E+09
(b = 360.00)	C			2.1044E-06	2.3890E-06
Estradosso Soletta Superiore	W			7.4770E+08	5.2628E+08

SOLLECITAZIONI

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	1.485E+3	-3.497E+4	5.427E+7
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	2.727E+4	-1.989E+5	3.087E+8
Ritiro soletta inferiore (1^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	-1.680E+4	-1.695E+5	3.590E+8
Ritiro soletta superiore	-3.750E+6	2.280E+3	-8.726E+8
Ritiro soletta inferiore (2^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	-8.676E+3	1.200E+4	1.144E+8
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	2.491E+5	-3.915E+5	1.207E+9
Effetti termici	-1.980E+6	-5.040E+3	-6.474E+8
Vento	-2.565E+4	-9.720E+3	4.617E+7

TENSIONI - (Fasi di costruzione)

		Peso travi acciaio	1^ Prec.	Peso sol. inf.	Totale Trave in Acciaio	Peso sol. sup.	Ritiro sol.inf. 1^quota	Totale trave in acciaio +sol.inf
Intradosso	σ	3.25	0.00	0.00	3.25	18.97	0.00	22.22
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	3.12	0.00	0.00	3.12	18.23	0.00	21.36
	τ	-1.89	0.00	0.00	-1.89	-10.77	0.00	-12.67
	σ_{id}	4.53	0.00	0.00	4.53	26.09	0.00	30.62
Baricentro Trave	τ	-2.37	0.00	0.00	-2.37	-13.46	0.00	-15.83

Acciaio									
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	-13.46	0.00	-13.46	
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	-3.75	0.00	0.00	-3.75	-20.86	0.00	-24.61	
	τ	-1.65	0.00	0.00	-1.65	-9.41	0.00	-11.06	
	σ_{id}	4.72	0.00	0.00	4.72	26.47	0.00	31.19	
Estradosso Trave Acciaio	σ	-3.88	0.00	0.00	-3.88	-21.60	0.00	-25.48	
(b = 360.00)	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Estradosso Soletta	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

TENSIONI - (Situazione finale)

		2^ Prec.	Carichi perm. portati	Ritiro sol. sup.	Ritiro sol.inf. 2^quota	Cedimenti appoggi	Carichi mobili	Effetti termici	Vento	Totale Trave compl.
Intradosso	σ	0.00	15.09	-83.11	0.00	4.77	49.35	-37.65	1.67	55.46
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	0.00	14.74	-82.28	0.00	4.66	48.47	-37.18	1.64	53.70
	τ	0.00	-9.18	0.12	0.00	0.65	-21.21	-0.27	-0.53	-43.21
	σ_{id}	0.00	21.69	82.28	0.00	4.79	60.82	37.18	1.88	92.11
Baricentro Trave Acciaio	τ	0.00	-11.47	0.15	0.00	0.81	-26.50	-0.34	-0.66	-53.99
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-13.46
Baricentro trave Completa	τ	0.00	-24.46	0.33	0.00	1.73	-73.66	-0.95	-1.83	-99.16
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	0.00	-3.38	-38.23	0.00	-1.12	1.83	-12.16	-0.14	-77.81
	τ	0.00	-8.02	0.11	0.00	0.57	-18.52	-0.24	-0.46	-37.74
	σ_{id}	0.00	14.30	38.23	0.00	1.49	32.14	12.17	0.81	101.62
Estradosso Trave Acciaio	σ	0.00	-3.72	-37.40	0.00	-1.23	0.95	-11.69	-0.18	-78.74
(b = 360.00)	τ	0.00	-0.36	0.00	0.00	0.03	-0.94	-0.01	-0.02	-1.30
Estradosso Soletta	σ	0.00	-0.49	2.65	0.00	-0.16	-2.04	-4.20	-0.11	-7.01

5.3.7.2 PIOLATURA DI PILA/SPALLA

Caratteristiche dimensionali dei pioli

Pioli $\phi = 22 \text{ mm}$ area $A_p = 380 \text{ mm}^2$ altezza $h_p = 220 \text{ mm}$

Caratteristiche geometriche della piolatura:

N° pioli: 3 pioli / 200mm

interasse trasversale $i_t = 120 \text{ mm}$

base collaborante $b_c = 240 \text{ mm}$

Caratteristiche geometriche della soletta e della piattabanda:

$h_c = 300 \text{ mm}$ $d = 60 \text{ mm}$ $t_s = 25 \text{ mm}$ $b_s = 500 \text{ mm}$

Si riportano i soli controlli dimensionali che differiscono dal caso affrontato al paragrafo precedente.

Limitazioni inerenti le distanze tra i connettori:

interasse trasversale $i_t \geq 5 \phi = 110 \text{ mm}$

interasse longitudinale $7\phi = 15 \leq i_l = 20 \text{ cm} \leq h_c = 30 \text{ cm}$

$(b_s - b_c) / 2 = 130 \text{ mm} \geq 2.5 * t_s = 62.5 \text{ mm}$ e comunque $\geq 25.0 \text{ mm}$

Resistenza delle piolature

Per quanto visto al paragrafo precedente

$P_{\text{dinam.}} = 087.58 \text{ kN}$

Verifiche delle piolature

La sezione più sollecitata risulta essere quella di pila, in corrispondenza del lato interno ponte (allineamento 2), per la combinazione di carico D2 (carichi mobili per massimo taglio) e variazione termica $\Delta T = -5^\circ$.

Avremo

$\tau = 3.00 \text{ N/mm}^2$

$S_{\text{corr}} = 3.00 * 360 * 1000 / 1000 = 1080 \text{ kN/m}$

I pioli previsti sono pari a $n = 3 / 0.20 \text{ m} \Rightarrow 15 \text{ pioli/m}$

e quindi il taglio sul singolo piolo

$T_i = 1080 / 15 = 72.00 \text{ kN} < P_{\text{dinam.}} = 87.58$

Di seguito si riporta il tabulato di output dell'applicativo con la definizione del caso considerato e della tensione tangenziale.

SEZIONE B2. Appoggio Pila -5° Tmax (Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

TRAVE METALLICA

Altezza totale della trave in acciaio: 1100 Spessore anima: 22

Ala inferiore : 700 x 32 Ala superiore : 500 x 25

SOLETTA SUPERIORE

Soletta: larghezza = 2740 spessore totale = 300

Coppella: appoggio sull'ala = 70 spessore = 60

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 4.03

COMMITTENTE AUTOSTRADA DEL BRENNERO				CODIFICA DOCUMENTO AI_04_20_02_01_RELAZIONE_CALCULO_IMPALCATO.DOC				FOGLIO 114 DI 162	
---	--	--	--	--	--	--	--	----------------------	--

Intradosso	σ	-11.44	0.00	0.00	-11.44	-54.54	0.00	-65.98
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	-10.65	0.00	0.00	-10.65	-50.78	0.00	-61.43
	τ	2.86	0.00	0.00	2.86	14.17	0.00	17.03
	σ_{id}	11.75	0.00	0.00	11.75	56.40	0.00	68.14
Baricentro Trave Acciaio	τ	3.44	0.00	0.00	3.44	17.05	0.00	20.48
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	17.05	0.00	17.05
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	15.05	0.00	0.00	15.05	71.79	0.00	86.84
	τ	2.25	0.00	0.00	2.25	11.14	0.00	13.39
	σ_{id}	15.54	0.00	0.00	15.54	74.34	0.00	89.88
Estradosso Trave Acciaio	σ	15.66	0.00	0.00	15.66	74.73	0.00	90.39
(b = 360.00)	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Estradosso Soletta	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TENSIONI - (Situazione finale)

		2 ^a Prec.	Carichi perm. portati	Ritiro sol. sup.	Ritiro sol.inf. 2 ^a quota	Cedime nti appoggi	Carichi mobili	Effetti termici	Vento	Totale Trave compl.
Intradosso	σ	0.00	-25.74	-34.48	0.00	-4.27	-40.88	-10.29	-0.12	-181.75
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	0.00	-24.70	-34.54	0.00	-4.09	-39.59	-10.30	-0.12	-174.78
	τ	0.00	10.80	-1.10	0.00	0.35	41.20	0.29	0.08	69.75
	σ_{id}	0.00	30.99	34.59	0.00	4.14	81.61	10.32	0.18	212.47
Baricentro Trave Acciaio	τ	0.00	12.99	-1.33	0.00	0.42	49.56	0.35	0.09	83.91
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.05
Baricentro trave Completa	τ	0.00	25.33	-2.59	0.00	0.82	133.74	0.96	0.26	161.10
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	0.00	9.05	-36.45	0.00	1.64	2.31	-10.73	0.01	89.11
	τ	0.00	8.49	-0.87	0.00	0.27	32.40	0.23	0.06	54.85
	σ_{id}	0.00	17.27	36.48	0.00	1.71	56.17	10.74	0.11	130.26
Estradosso Trave Acciaio	σ	0.00	9.86	-36.49	0.00	1.78	3.31	-10.74	0.01	94.61
(b = 360.00)	τ	0.00	0.53	-0.05	0.00	0.02	2.43	0.02	0.00	3.00
Estradosso Soletta	σ	0.00	1.09	1.97	0.00	0.19	2.56	-5.24	0.01	0.58

5.4 VERIFICHE DEI TRAVERSI DI CAMPATA

Il calcolo delle sollecitazioni è stato effettuato avvalendosi del modello spaziale descritto in dettaglio nel paragrafo 5.1.1., in cui i traverși di campata sono schematizzati come elementi frame.

Stante la non collaborazione con la soletta, per questi elementi non è necessario tener conto della successione delle fasi di costruzione; si elaborano quindi direttamente nel programma SAP2000 combinazioni di carico che tengono conto di tutte le azioni significative, con le specifiche fattorizzazioni, dalle quali si otterranno le sollecitazioni assunte per le verifiche di resistenza.

Queste ultime, appartenendo le sezioni di questi elementi alla *classe 3* verranno effettuate secondo il metodo elastico (par. 4.3.4.2.1.1 della Norma) tramite lo specifico modulo del programma SAP2000.

5.4.1 COMBINAZIONI DI CARICO

Le verifiche sono condotte in base alla combinazione di carico fondamentale SLU con i carichi mobili assunti come azione variabile dominante:

$$1.35 * G_1 + 1.50 * G_2 + 1.20 * Q_{rit} + 1.20 * Q_{ced} + 1.35 * Q + 1.20 * 0.6 * Q_T + 1.50 * 0.6 * Q_w$$

Per massimizzare gli effetti delle azioni che possono avere versi opposti o essere presenti o meno (vento, ΔT , ritiro) tali azioni vengono ricomprese in “sottocombinazioni” chiamate rispettivamente “Inv_vento”, “Inv_dT”, “Inv_ritiro”: queste sono definite come combinazioni di involuppo le componenti di ciascuna delle quali sono rispettivamente il vento “+” ed il vento “-“, le variazioni termiche +10° e -5°, il ritiro ed una condizione “nulla”; assommando tali “sottocombinazioni” a ciascuna combinazione SLU si fa sì che il programma SAP2000 prenda in conto, fra le due, le azioni che massimizzano il massimo o il minimo valore di ciascuna sollecitazione, fornendo poi un involuppo.

Per quanto riguarda i carichi mobili si sono considerati i posizionamenti elaborati per la verifica delle travi principali (combinazioni “TRAV_A1”, “TRAV_A2”, ecc.) a cui se ne sono aggiunti altri in cui è presente la sola corsia di carico esterna (combinazioni “TRAV_A1_c1”, ecc), le due corsie di carico più esterne (combinazioni “TRAV_A1_c1c2”, “TRAV_A2_c1c2” ecc), la prima e la terza corsia di carico (combinazioni “TRAV_A1_c1c3”, ecc).

Le tabelle della pagina seguente riportano la definizione delle “sottocombinazioni” e delle combinazioni di carico suddette.

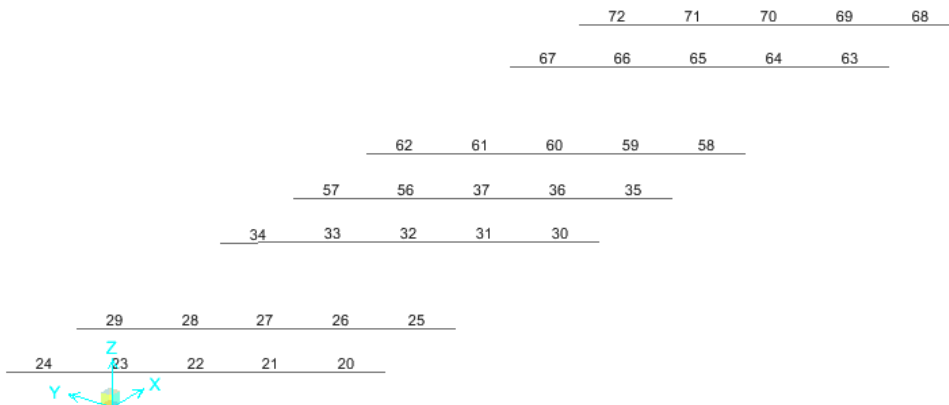
TABLE: Combination Definitions			
ComboName	ComboType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Text	Unitless
Inv_Ritiro	Envelope	e2-Ritiro	1
		FALSO	1
Inv_dT	Envelope	e3_dT+10	1
		e3_dT-5	1
Inv_Vento	Envelope	q5-Vento+	1
		q5-Vento-	1
TRAV_A1	Linear Add	DEAD	1.35
		g1_soletta	1.35
		g2-Perm	1.5
		Inv_Ritiro	1.2
		Sc_A1	1.35
		Inv_Vento	0.9
		Inv_dT	0.72
TRAV_A2	Linear Add	DEAD	1.35
		g1_soletta	1.35
		g2-Perm	1.5
		Inv_Ritiro	1.2
		Sc_A2	1.35
		Inv_Vento	0.9
		Inv_dT	0.72
TRAV_C1	Linear Add	DEAD	1.35
		g1_soletta	1.35
		g2-Perm	1.5
		Inv_Ritiro	1.2
		Sc_C1	1.35
		Inv_Vento	0.9
		Inv_dT	0.72
TRAV_C2	Linear Add	DEAD	1.35
		g1_soletta	1.35
		g2-Perm	1.5
		Inv_Ritiro	1.2
		Sc_C2	1.35
		Inv_Vento	0.9
		Inv_dT	0.72
TRAV_A1_c1	Linear Add	DEAD	1.35
		g1_soletta	1.35
		g2-Perm	1.5
		Inv_Ritiro	1.2
		sa_c1_Q	1.35
		sa_c1_qk	1.35
		Inv_Vento	0.9
		Inv_dT	0.72
TRAV_A1_c1c2	Linear Add	DEAD	1.35
		g1_soletta	1.35
		g2-Perm	1.5
		Inv_Ritiro	1.2
		sa_c1_Q	1.35
		sa_c1_qk	1.35
		sa_c2_Q	1.35
		sa_c2_qk	1.35
		Inv_Vento	0.9
		Inv_dT	0.72

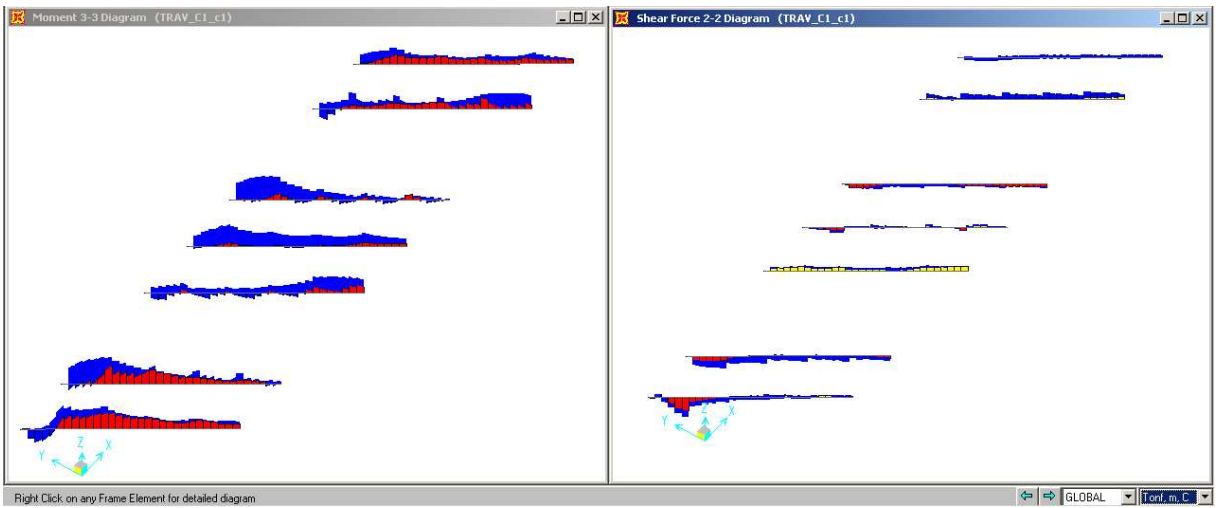
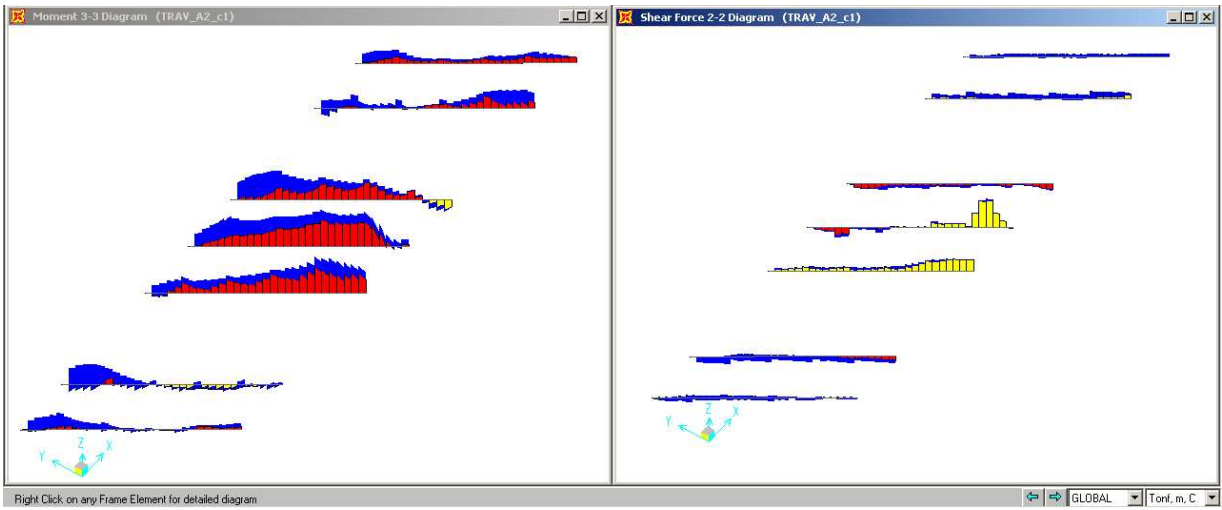
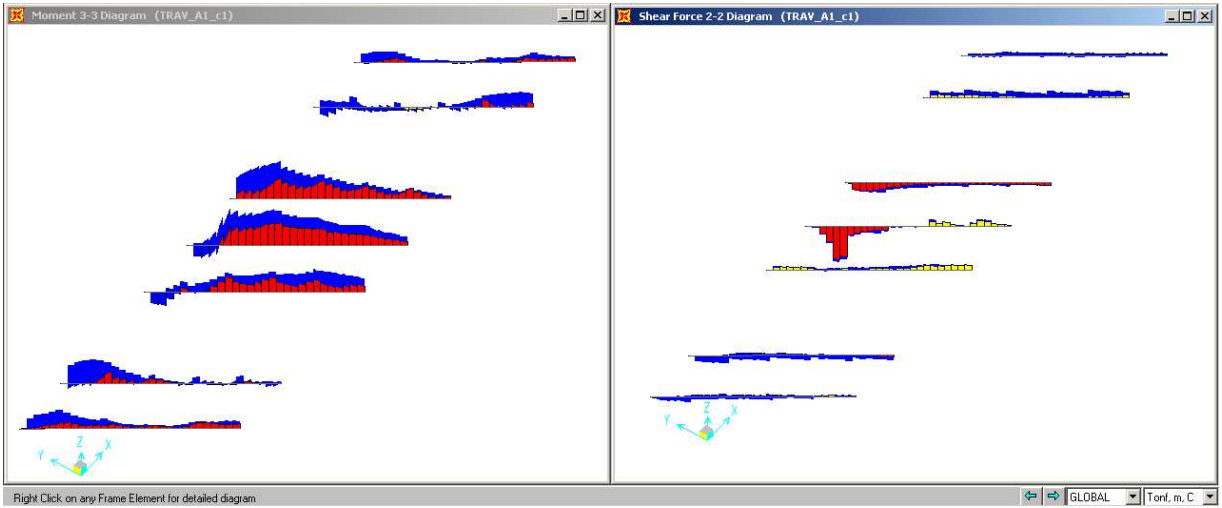
TABLE: Combination Definitions			
ComboName	ComboType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Text	Unitless
TRAV_A1_c1c3	Linear Add	DEAD	1.35
		g1_soletta	1.35
		g2-Perm	1.5
		Inv_Ritiro	1.2
		sa_c1_Q	1.35
		sa_c1_qk	1.35
		sa_c3_Q	1.35
		sa_c3_qk	1.35
		Inv_Vento	0.9
		Inv_dT	0.72
TRAV_A2_c1	Linear Add	DEAD	1.35
		g1_soletta	1.35
		g2-Perm	1.5
		Inv_Ritiro	1.2
		SA2_c1_Q	1.35
		SA2_c1_qk	1.35
		Inv_Vento	0.9
		Inv_dT	0.72
TRAV_A2_c1c2	Linear Add	DEAD	1.35
		g1_soletta	1.35
		g2-Perm	1.5
		Inv_Ritiro	1.2
		SA2_c1_Q	1.35
		SA2_c1_qk	1.35
		SA2_c2_Q	1.35
		SA2_c2_qk	1.35
		Inv_Vento	0.9
		Inv_dT	0.72
TRAV_A2_c1c3	Linear Add	DEAD	1.35
		g1_soletta	1.35
		g2-Perm	1.5
		Inv_Ritiro	1.2
		SA2_c1_Q	1.35
		SA2_c1_qk	1.35
		SA2_c3_Q	1.35
		SA2_c3_qk	1.35
		Inv_Vento	0.9
		Inv_dT	0.72
TRAV_C1_c1	Linear Add	DEAD	1.35
		g1_soletta	1.35
		g2-Perm	1.5
		Inv_Ritiro	1.2
		sC1_c1_Q	1.35
		sC1_c1_qk	1.35
		Inv_Vento	0.9
		Inv_dT	0.72

TABLE: Combination Definitions			
ComboName	ComboType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Text	Unitless
TRAV_C1_c1c2	Linear Add	DEAD	1.35
		g1_soletta	1.35
		g2-Perm	1.5
		Inv_Ritiro	1.2
		C1_c1_Q	1.35
		sC1_c1_qk	1.35
		sC1_c2_Q	1.35
		sC1_c2_qk	1.35
		nv_Vento	0.9
		nv_dT	0.72
TRAV_C1_c1c3	Linear Add	DEAD	1.35
		g1_soletta	1.35
		g2-Perm	1.5
		nv_Ritiro	1.2
		sC1_c1_Q	1.35
		sC1_c1_qk	1.35
		sC1_c3_Q	1.35
		sC1_c3_qk	1.35
		Inv_Vento	0.9
		nv_dT	0.72
TRAV_C2_c1	Linear Add	DEAD	1.35
		g1_soletta	1.35
		g2-Perm	1.5
		nv_Ritiro	1.2
		sC2_c1_Q	1.35
		sC2_c1_qk	1.35
		sC2_c1_qk	1.35
		Inv_Vento	0.9
		nv_dT	0.72
TRAV_C2_c1c2	Linear Add	DEAD	1.35
		g1_soletta	1.35
		g2-Perm	1.5
		nv_Ritiro	1.2
		sC2_c1_Q	1.35
		sC2_c1_qk	1.35
		sC2_c2_Q	1.35
		sC2_c2_qk	1.35
		nv_Vento	0.9
		nv_dT	0.72
TRAV_C2_c1c3	Linear Add	DEAD	1.35
		g1_soletta	1.35
		g2-Perm	1.5
		nv_Ritiro	1.2
		sC2_c1_Q	1.35
		sC2_c1_qk	1.35
		sC2_c3_Q	1.35
		sC2_c3_qk	1.35
		nv_Vento	0.9
		nv_dT	0.72

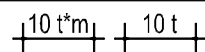
5.4.2 SOLLECITAZIONI DI VERIFICA

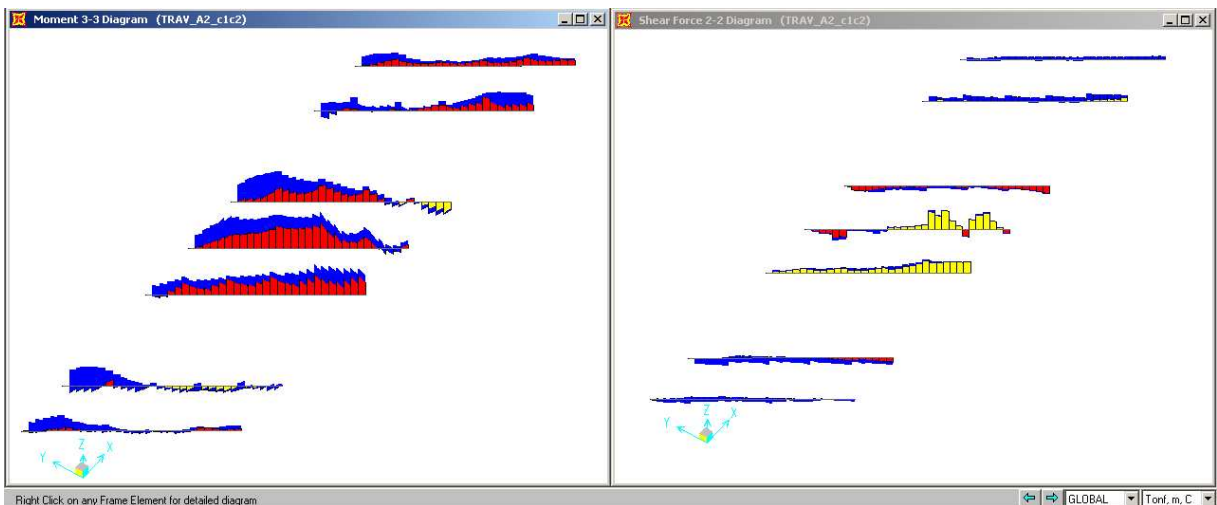
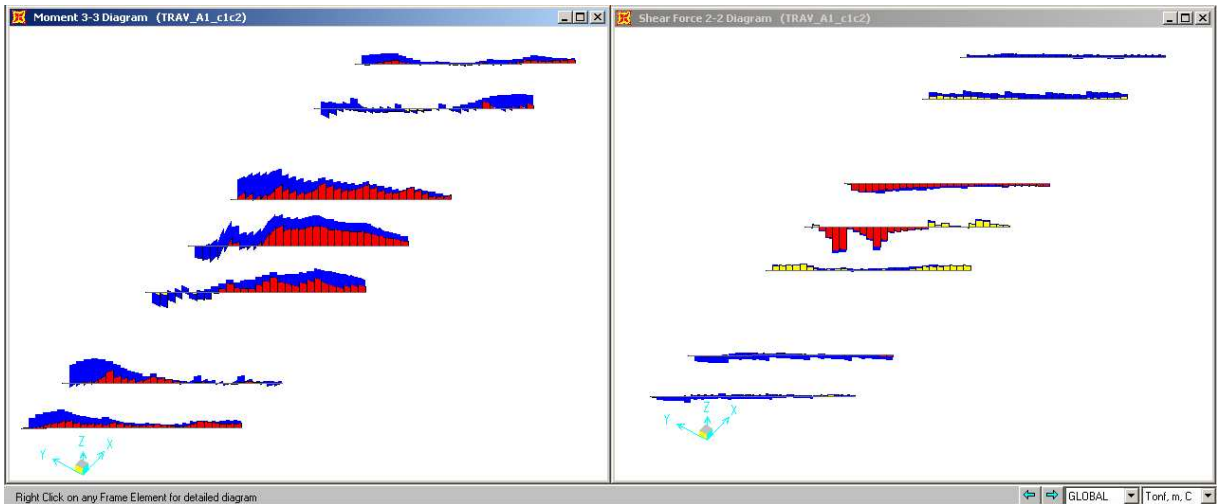
Le immagini delle pagine seguenti riportano i diagrammi delle sollecitazioni per le combinazioni di carico significative; la numerazione dei frame schematizzanti i traversi è definita dall'immagine sottostante.



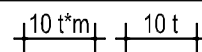


SCALA SOLLECITAZIONI





SCALA SOLLECITAZIONI



5.4.3 VERIFICA DELLA SEZIONE

Le verifiche sono svolte mediante l'apposito modulo del programma SAP2000, che le effettua secondo l'eurocodice 3 -2005 , armonizzato con le NTC2008.

La sezione degli elementi è composta per saldatura, e presenta le seguenti dimensioni:

H = 700mm

B = 250 mm

$t_{ali} = 20\text{mm}$

$t_{anima} = 15\text{mm}$

Nel seguito si riportano i grafici di output del SAP2000, con l'indicazione del coefficiente di sfruttamento delle sezioni relativo alla combinazione SLU, e il tabulato analitico di verifica dell'elemento più cementato.

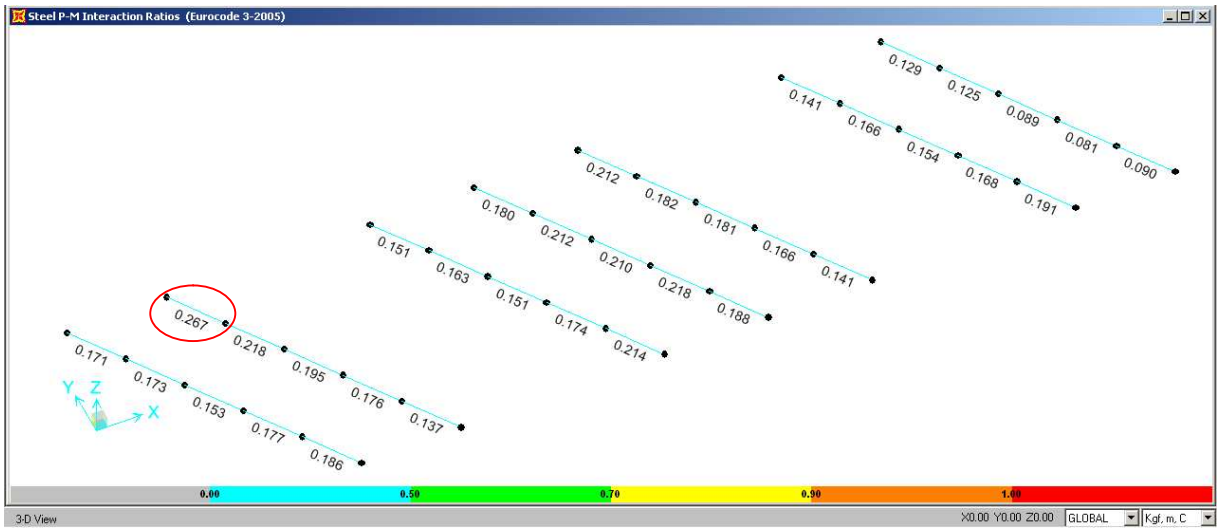


Figura 5-27 Verifica di resistenza dei traversi di campata

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK							Units
Combo : TRAU_C1_c1							KN, m, C
Units : KN, m, C							
Frame : 29	Design Sect: H700_trav						
X Mid : 8.132	Design Type: Beam						
V Mid : 5.600	Frame Type: Moment Resisting Frame						
Z Mid : -0.700	Sect Class : Class 1						
Length : 3.422	Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3						
Loc : 0.570	RLLF : 1.000						
Area : 0.021	SMajor : 0.004	rMajor : 0.274	AUMajor: 0.011				
IMajor : 0.002	SMInor : 4.185E-04	rMinor : 0.050	AUMInor: 0.008				
IMInor : 5.231E-05	ZMajor : 0.005	E : 202016994.11					
Ixy : 0.000	ZMinor : 6.672E-04	Fy : 348136.082					
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS							
Location	P	M33	M22	U2	U3	T	
0.570	-797.575	-60.018	-12.237	-31.544	13.849	-0.017	
PMI DEMAND/CAPACITY RATIO							
Governing Equation (6.62)	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check	
	0.267	= 0.185	+ 0.059	+ 0.022	0.950	OK	
AXIAL FORCE DESIGN							
	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Nb33,Rd Major	Nb22,Rd Minor		
Axial	-797.575	4309.264	6816.836	7157.678	4309.264		
MOMENT DESIGN							
	Med Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity			
Major Moment	-60.018	1705.005	1705.005	1790.255			
Minor Moment	-12.237	221.229	221.229				
	K Factor	L Factor	k Factor	kzy Factor	kyz Factor	C1 Factor	
Major Moment	1.000	0.167	0.981	0.953		1.880	
Minor Moment	1.000	1.000	1.129		0.678		
SHEAR DESIGN							
	Ued Force	Uc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Ted Torsion		
Major Shear	31.544	2143.962	0.015	OK	0.000		
Minor Shear	62.101	1595.210	0.039	OK	0.000		

Figura 5-28 Tabulato di verifica frame n°29.

5.4.4 VERIFICA DEI GUNTI BULLONATI

I traversi sono composti per bullonatura, con le estremità saldate in officina alle travi principali e la parte centrale montata in opera tramite giunti appunto bullonati.

I giunti sono calcolati a ripristino della sezione, considerando i bulloni con un comportamento ad attrito (“precaricati” secondo la nomenclatura delle NTC2008); per il ripristino della sezione si considera che le ali sopportino la totalità degli sforzi normali dovuti alle azioni assiali e flessionali e che l’anima sopporti la totalità dei tagli.

Il calcolo viene effettuato mediante un semplice foglio di calcolo che determina i massimi sforzi normali e di tagli sopportabili rispettivamente dalle ali e dall’anima e determina il minimo numero di bulloni necessari a trasmettere tale sforzo.

I tabulati di calcolo sono riprodotti nel seguito.

SEZIONE DEL PROFILATO

Altezza profilato (mm)	Larghezza ala superiore (mm)	Spess ala superiore (mm)	Larghezza ala Inferiore (mm)	Spess ala inferiore (mm)	Spessore anima (mm)	Altezza anima (mm)	Materiale profilato	f_{yk} (N/mm ²)
700	250	20	250	20	15	660	S355	355

CARATTERISTICHE DEI BULLONI

Classe bullone	f_{tb} (N/mm ²)	Coeff. attrito	Serraggio controllato ? (s/n)	γ_{M7}
10.9	1000	0.3	n	1.1

Ripristino ala superiore

Sforzo di calcolo ala (kN)	Diam bull (mm)	n° sup efficaci	Area res (mm ²)	$F_{p,Cd}$ (forza di precarico bull.) (kN)	$F_{s,rd}$ (res. di calc. bull. attrito) (kN)	N° bulloni minimi
1690.48	30	2	561	357.000	171.360	10

Ripristino ala inferiore

Sforzo di calcolo ala (kN)	Diam bull (mm)	n° sup efficaci	Area res (mm ²)	$F_{p,Cd}$ (forza di precarico bull.) (kN)	$F_{s,rd}$ (res. di calc. bull. attrito) (kN)	N° bulloni minimi
1690.48	30	2	561	357.000	171.360	10

Ripristino anima

Sforzo di calcolo ala (kN)	Diam bull (mm)	n° sup efficaci	Area res (mm ²)	$F_{p,Cd}$ (forza di precarico bull.) (kN)	$F_{s,rd}$ (res. di calc. bull. attrito) (kN)	N° bulloni minimi
2029.10	30	2	561	357.000	171.360	12

5.5 VERIFICHE DEI TRAVERSI DI PILA

Il calcolo delle sollecitazioni è stato effettuato avvalendosi del modello spaziale descritto in dettaglio nel paragrafo 5.1.1., in cui i traversi di pila sono schematizzati come elementi frame collaboranti con la soletta superiore; in analogia con quanto visto al par. 5.3 “TRAVI PRINCIPALI”, per ottenere le sollecitazioni complessive sulla sezione mista acciaio/calcestruzzo è necessario utilizzare la funzione “section cut” del SAP2000 che effettua l’integrazione delle azioni agenti sugli elementi tagliati da un piano di sezione definito dall’utente. Per l’analisi dei traversi di pila e di spalla si definiscono section cut in corrispondenza di ogni sezione di intersezione con le travi principali e di ogni mezzeria, con la denominazione seguente:

ScT[nome sezione][orientamento assi locali (+/-)] (per il traverso di pila P1)

con il “nome sezione” dato, per le sezioni di appoggio sulle travi principali, dal numero della trave principale corrispondente (con la trave 1 corrispondente al lato esterno ponte e la 6 al lato interno ponte) e, per le sezioni di mezzeria, dal numero delle due travi principali poste all’estremità della campata stessa: ad esempio, il section cut “ScT1-“ rappresenterà la sezione di intersezione fra il traverso di pila P1 e la trave 1, mentre il “ScT2/T3+” la sezione di mezzeria della campata fra la trave 2 e la 3.

S1_ScT[nome sezione][orientamento assi locali (+/-)] (per il traverso di spalla S1)

con le definizioni di cui al punto precedente.

Il segno + o – designa l’orientamento della terna locale, secondo la definizione dei coseni direttori riportata nella tabella seguente.

SectionCut	DirCos1X	DirCos1Y	DirCos1Z	DirCos2X	DirCos2Y	DirCos2Z	DirCos3X	DirCos3Y	DirCos3Z
Text	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
Sc segno "+"	0.5747	-0.8184	0	0	0	1	-0.8184	-0.5747	0
Sc segno "-"	-0.5747	0.8184	0	0	0	1	0.8184	0.5747	0

Le successive immagini riportano l’indicazione sulla pianta della soletta dell’individuazione dei section cut relativi alla pila P1 ed alla spalla S1.

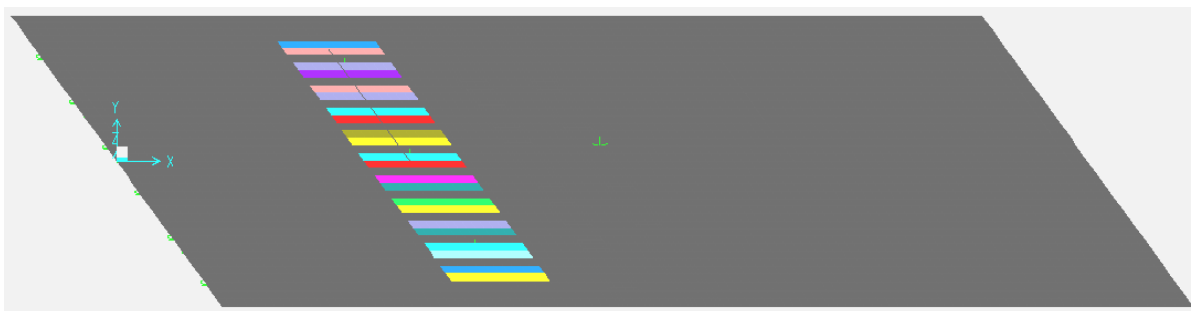


Figura 5-29 Individuazione dei section cuts relativi alla pila P1



Figura 5-30 Individuazione dei section cuts relativi alla spalla S1

Anche in questo caso, come per le travi principali, stante l'impossibilità di ottenere direttamente dal SAP2000 grafici dell'andamento delle sollecitazioni ricavate tramite i section cut si adatterà il foglio di calcolo già visto, che dai risultati numerici dell'elaborazione ricava un grafico semplificato dell'andamento dei diagrammi N, M e T. Le verifiche vengono effettuare, appartenendo le sezioni di questi elementi alla classe 3, secondo il metodo elastico (par. 4.3.4.2.1.1 della Norma), ossia svolgendo una verifica delle tensioni massime calcolate tramite i moduli di resistenza elastici W_{el} .

5.5.1 COMBINAZIONI DI CARICO

La condizioni di carico più gravosa per i traversi di spalla e pila è la condizione di sollevamento. Questa viene implementata applicando direttamente gli spostamenti impressi in corrispondenza delle mezzerie delle campate esterne e centrale del traverso, agenti i carichi permanenti.

Questa condizione viene direttamente implementata nel modello SAP2000, considerando che la successione delle fasi costruttive non abbia influenza su tale tipo di caricamento.

Le verifiche sono condotte in base alla combinazione di carico fondamentale SLU con il sollevamento assunto, in quanto distorsione, con il coefficiente parziale $\gamma = 1.2$.:

$$1.35 \cdot G_1 + 1.50 \cdot G_2 + 1.25 \cdot Q_{soll}$$

Le combinazioni di carico sono denominate:

SLV_Soll_P1: combinazione relativa al sollevamento della pila P1

SLV_Soll_S1: combinazione relativa al sollevamento della spalla S1

e sono riportate nelle tabelle seguenti.

Si precisa che la combinazione "DEAD" comprende il peso proprio della struttura metallica e della soletta.

TABLE: Combination Definitions				
ComboName	ComboType	CaseType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Text	Text	Unitless
SLV_Soll_P1	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.35
		Linear Static	g2-Perm	1.5
		Linear Static	Soll_P1	1.2
SLV_Soll_P1	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.35
		Linear Static	g2-Perm	1.5
		Linear Static	Soll_P1	1.2

L'entità dello spostamento impresso è cautelativamente posto pari a $\delta_{soll} = 50\text{mm}$

Le successive figure riportano l'applicazione di tale carico sul modello SAP2000

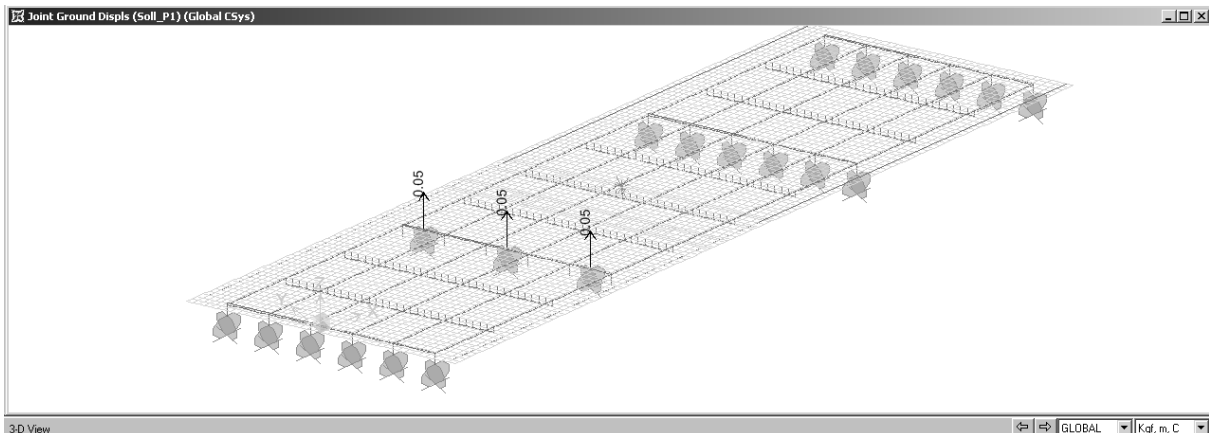
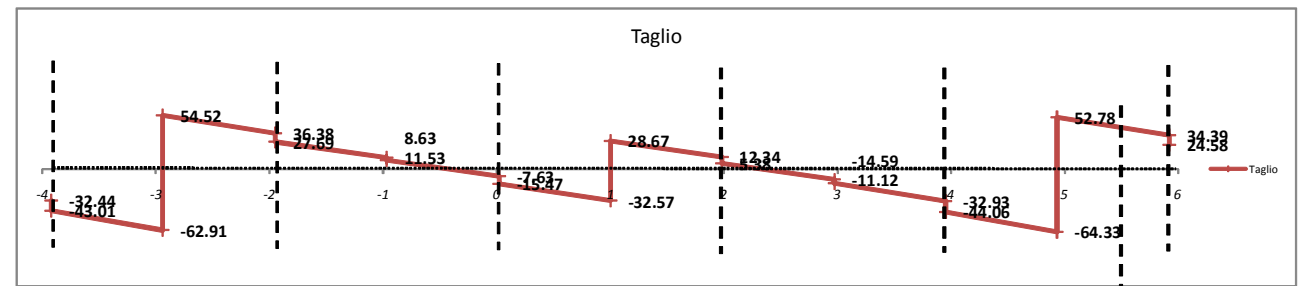
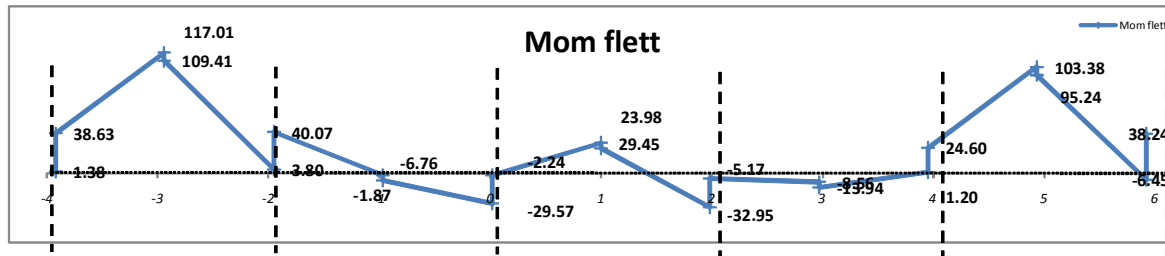
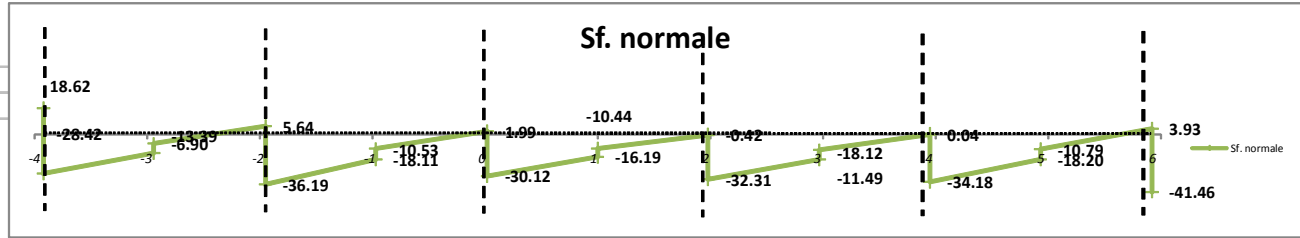


Figura 5-31 Condizione "Soll P1" . Spostamenti impressi applicati

5.5.2.2 TRAVERSO DI SPALLA S1



5.5.3 VERIFICHE DI RESISTENZA

I traversi di pila vengono verificati, a favore di sicurezza, non considerando la collaborazione con la soletta superiore.

La verifica viene effettuata per la combinazione "SLV_Soll_P1", più gravosa, tramite l'applicativo già utilizzato per le travi principali (rif. par. 5.3.3), assegnando dimensione nulla alla sezione collaborante e implementando i carichi complessivi in un'unica condizione (senza ulteriore fattorizzazione).

Come si nota la tensione massima rilevata è pari a

$$\sigma_{\max} = 314.91 < f_{yd} = 338.00 \text{ N/mm}^2$$

Viene quindi effettuata la verifica all'imbozzamento dell'anima, secondo quanto specificato al par. 5.3.5

Di seguito si riportano le tabelle di output.

SEZIONE Trasverso Pila(T2) Soll Mmax (Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

TRAVE METALLICA

Altezza totale della trave in acciaio: 900 Spessore anima: 22

Ala inferiore : 450 x 20 Ala superiore : 450 x 20

SOLETTA SUPERIORE

Armatura 1 Aa = . Y = .

Armatura 2 Aa = . Y = .

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

Tensione da variazioni termiche (1° fase): 0.00

SOLETTA INFERIORE

Soletta: larghezza = 0.00 spessore totale = 0.00 Armatura 1: Aa = 0 Y = 0

Coppella: larghezza = 0.00 spessore = 0.00 Armatura 2: Aa = 0 Y = 0

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

		TRAVE IN ACCIAIO	TRAVE + SOL. INF. n = 18.0	TRAVE COMPLETA n = 18.0 n = 6.0	
Quota baricentro		450.	450.	450.	450.
Area		3.6920E+04	3.6920E+04	3.6920E+04	3.6920E+04
Momento d'inerzia		4.6515E+09	4.6515E+09	4.6515E+09	4.6515E+09
Intradosso	W	1.0337E+07	1.0337E+07	1.0337E+07	1.0337E+07
Attacco Anima-Piattabanda Inferiore	W	1.0817E+07	1.0817E+07	1.0817E+07	1.0817E+07
	C	3.8697E-05	3.8697E-05	3.8697E-05	3.8697E-05
Baricentro Trave Acciaio	C	5.8572E-05	5.8572E-05	5.8572E-05	5.8572E-05
Baricentro Trave Completa	C		5.8572E-05	5.8572E-05	5.8572E-05
Attacco Anima-Piattabanda Superiore	W	1.0817E+07	1.0817E+07	1.0817E+07	1.0817E+07
	C	3.8697E-05	3.8697E-05	3.8697E-05	3.8697E-05
Estradosso Trave Acciaio	W	1.0337E+07	1.0337E+07	1.0337E+07	1.0337E+07
(b = 450.00)	C			0.0000E+00	0.0000E+00
Armatura 1 (Y = 0.00)	W			-1.0337E+07	-1.0337E+07
Armatura 2 (Y = 0.00)	W			-1.0337E+07	-1.0337E+07

SOLLECITAZIONI

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Ritiro soletta inferiore (1^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Ritiro soletta superiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Ritiro soletta inferiore (2^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	4.471E+5	1.939E+6	-2.972E+9
Effetti termici	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Vento	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0

TENSIONI - (Situazione finale)

		2 ^a Prec.	Carichi perm. portati	Ritiro sol. sup.	Ritiro sol.inf. 2 ^a quota	Cedimenti appoggi	Carichi mobili	Effetti termici	Vento	Totale Trave compl.
Intradosso	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-275.40	0.00	0.00	-275.40
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-262.62	0.00	0.00	-262.62
	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	75.03	0.00	0.00	75.03
	σ_{id}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	293.02	0.00	0.00	293.02
Baricentro Trave Acciaio	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	113.57	0.00	0.00	113.57
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	286.84	0.00	0.00	286.84
	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	75.03	0.00	0.00	75.03
	σ_{id}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	314.91	0.00	0.00	314.91
Estradosso Trave Acciaio	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	299.62	0.00	0.00	299.62
(b = 450.00)	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sol.Sup.: Arm.1	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-275.40	0.00	0.00	-275.40
Sol.Sup.: Arm.2	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-275.40	0.00	0.00	-275.40

SEZIONE Traverso Pila(T2) Soll Mmax

Acciaio tipo Fe 510

(Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

Altezza totale dell' anima = 860.0, spessore = 22.0

Numero dei pannelli = 1

Geometria dei pannelli:

pannello 860.0 x 3420.0

Tensioni nel piatto d'anima: $\sigma_{sup} = 286.84$ $\sigma_{inf} = -262.62$ $\tau = 75.03$

Pannello	α	σ_1	σ_2	Ψ	σ di riferimento	σ critica	σ critica ridotta	σ ideale	σ cr./ σ id.	$\beta * v$
1	3.98	-262.62	286.84	-1.09	121.85	1790.98	353.60	293.02	1.21	1.00

5.5.4 VERIFICA DEI GIUNTI BULLONATI

In analogia a quanto precisato al par 5.4.4 si riportano di seguito le verifiche dei giunti bullonati dei traversi di pila, progettati a ripristino delle sezioni, considerando il comportamento ad attrito dei bulloni e considerando che le ali sopportino la totalità degli sforzi normali dovuti alle azioni assiali e flessionali e che l'anima sopporti la totalità dei tagli.

I tabulati di calcolo sono riprodotti nel seguito.

SEZIONE DEL PROFILATO

Altezza profilato (mm)	Larghezza ala superiore (mm)	Spess ala superiore (mm)	Larghezza ala inferiore (mm)	Spess ala inferiore (mm)	Spessore anima (mm)	Altezza anima (mm)	Materiale profilato	f_{yk} (N/mm ²)
900	450	20	450	20	20	860	S355	355

CARATTERISTICHE DEI BULLONI

Classe bullone	f_{tb} (N/mm ²)	Coeff. attrito	Serraggio controllato ? (s/n)	γ_{M7}
10.9	1000	0.3	n	1.1

Ripristino ala superiore

Sforzo di calcolo ala (kN)	Diam bull (mm)	n° sup efficaci	Area res (mm ²)	$F_{p,Cd}$ (forza di precarico bull.) (kN)	$F_{s,rd}$ (res. di calc. bull. attrito) (kN)	N° bulloni minimi
3042.86	30	2	561	357.000	171.360	18

Ripristino ala inferiore

Sforzo di calcolo ala (kN)	Diam bull (mm)	n° sup efficaci	Area res (mm ²)	$F_{p,Cd}$ (forza di precarico bull.) (kN)	$F_{s,rd}$ (res. di calc. bull. attrito) (kN)	N° bulloni minimi
3042.86	30	2	561	357.000	171.360	18

Ripristino anima

Sforzo di calcolo ala (kN)	Diam bull (mm)	n° sup efficaci	Area res (mm ²)	$F_{p,Cd}$ (forza di precarico bull.) (kN)	$F_{s,rd}$ (res. di calc. bull. attrito) (kN)	N° bulloni minimi
3525.30	30	2	561	357.000	171.360	21

5.6 VERIFICA DEI CONTROVENTI

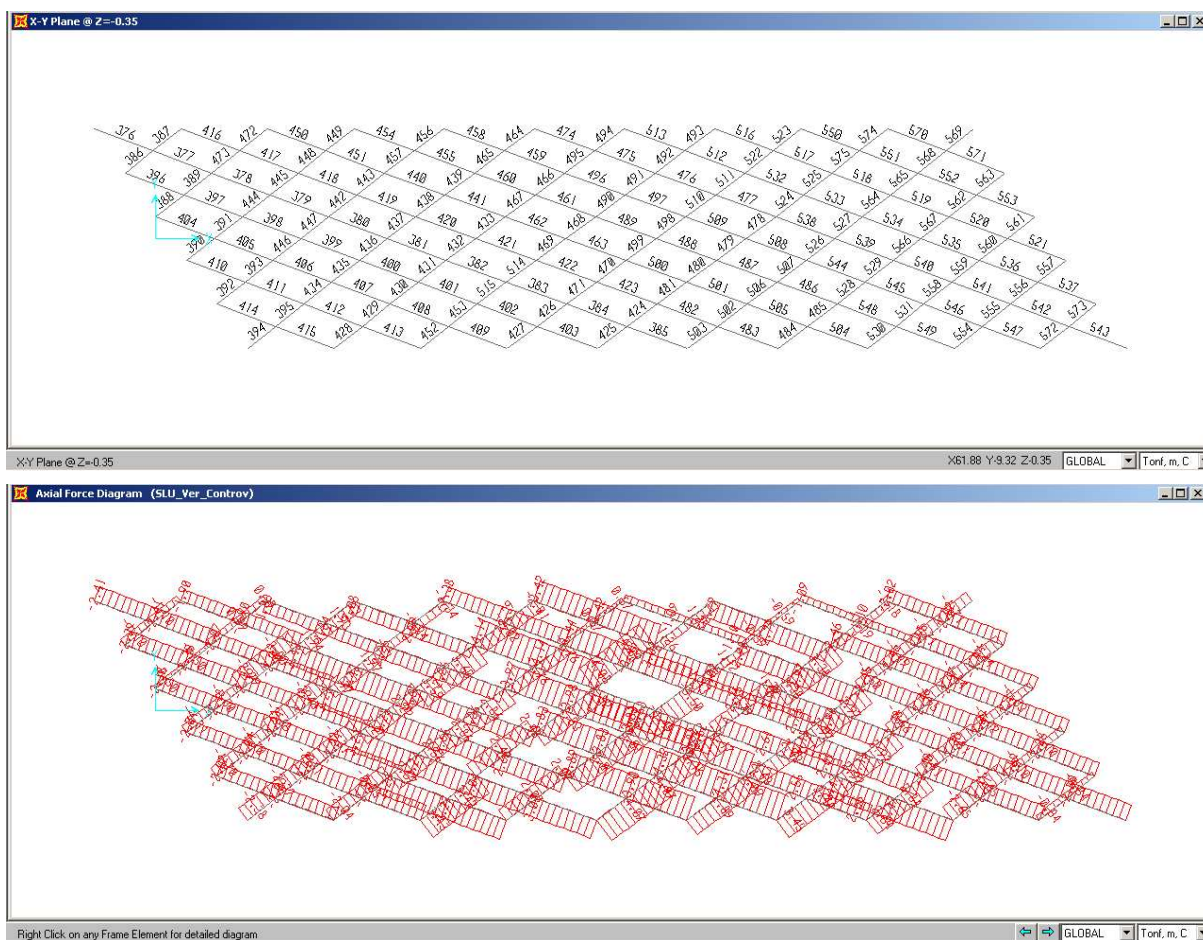
I controventi diagonali sono finalizzati ad irrigidire l’impalcato durante la fase di assemblaggio della struttura metallica e di getto della soletta: come già specificato nel par. 5.1; in condizioni di esercizio la loro azione è ridottissima per la presenza della soletta: questi elementi vengono quindi presi in conto unicamente nel Modello 1, dove la soletta non è efficiente, e vengono conseguentemente verificati unicamente per le sollecitazioni relative a tale configurazione dell’impalcato.

La verifica si effettua in condizioni SLU tramite la combinazione fondamentale, che nel caso specifico contempla solo il peso proprio della struttura metallica e della soletta, e definita come da tabella seguente:

TABLE: Combination Definitions				
ComboName	ComboType	CaseType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Text	Text	Unitless
SLU_Ver_Controv	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.35
		Linear Static	g1_soletta	1.35

5.6.1 SOLLECITAZIONI

Le immagini seguenti riportano rispettivamente la numerazione degli elementi schematizzanti le aste di controvento e l’entità delle sollecitazioni di sforzo normale, uniche significative, corrispondenti alla combinazione di verifica SLU dei controventi.



5.6.2 VERIFICHE DI RESISTENZA

Le verifiche sono svolte mediante l'apposito modulo del programma SAP2000, che le effettua secondo l'eurocodice 3 -2005 , coincidente con le NTC2008.

La sezione degli elementi è costituita da profilati angolari accoppiati ala ad ala, con sezione 2L 100x8, disposti con l'asse di simmetria che taglia le ali disposto in verticale.

Poiché questi elementi sono in *classe 4*, per la loro verifica è necessario riferirsi a grandezze inerziali ridotte, "efficaci", secondo quanto previsto dai par. 4.2.4.1.1 e C.4.2.4.1.3.4.2 della Norma e della Circolare, e par. 4.2 (1) della EN 1993-1-5 2006.

Con riferimento al paragrafo C.4.2.4.1.3.4.2. della Circolare ("*Stabilità dei pannelli soggetti a compressione semplice*"), avremo che l'ala dell'angolare è da considerarsi come "pannello irrigidito da un solo lato", e con riferimento alla tab. C.4.2.IX varranno le seguenti posizioni.

$$\rho = 1 \quad \text{se } \lambda_p < 0.748$$

$$\rho = (\lambda_p - 0.188) / \lambda_p^2 \quad \text{se } \lambda_p > 0.748$$

con

$$\lambda_p = b / (28.4 * t * \epsilon * \sqrt{k_\sigma})$$

e

$$b = \text{lunghezza dell'ala} = 100\text{mm} \quad (\text{tab. 4.2.III})$$

$$\epsilon = \sqrt{235/f_{yd}} = \sqrt{235/355} = 0.814$$

$$t = \text{spessore ala} = 8\text{mm}$$

$$\sqrt{k_\sigma} = \sqrt{0.43} = 0.656 \quad (\text{tab. C.4.2.IX, avendo } \sigma_1 = \sigma_2 \Rightarrow \psi = 1).$$

$$\lambda_p = 100 / (28.4 * 8 * 0.814 * 0.656) = 0.824 \quad \Rightarrow \quad \rho = (0.824 - 0.188) / 0.824^2 = 0.937$$

e finalmente

$$b_{eff} = \rho * c = 0.937 * 100 = 93.7 \text{ mm} \quad (\text{tab. C.4.2.IX,})$$

Poiché il programma SAP2000 non esegue verifiche di sezioni in *classe 4*, come è pure la sezione efficace, nello stesso si implementa a favore di sicurezza una sezione con la lunghezza delle ali ulteriormente ridotta per rientrare nella *classe 3*. La sezione di verifica implementata è 2L 80x8.

Nel seguito si riportano i grafici di output del SAP2000, con l'indicazione del coefficiente di sfruttamento delle sezioni relativo alla combinazione SLU, e il tabulato analitico di verifica dell'elemento più cimentato.

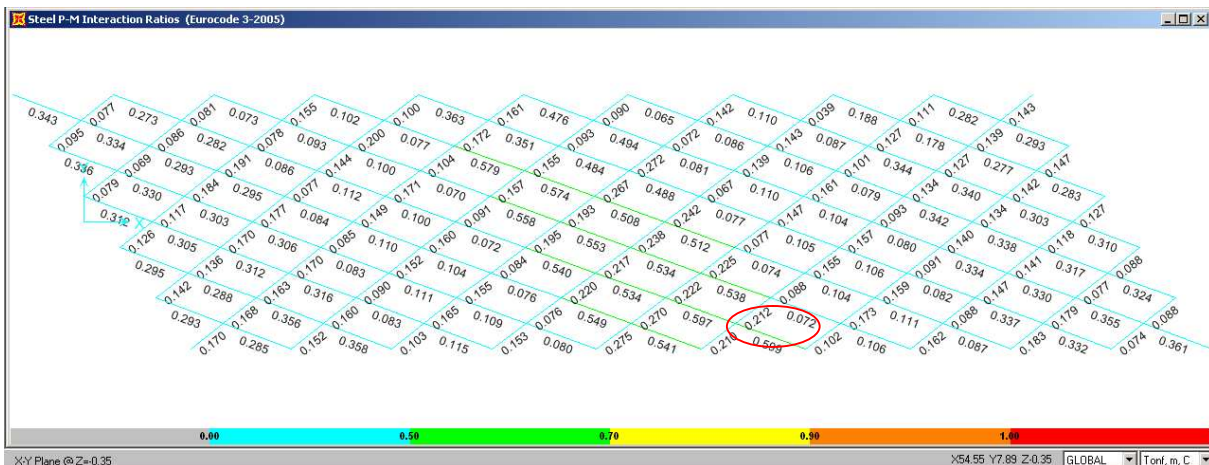
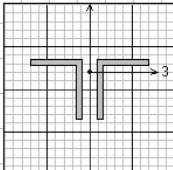


Figura 5-33 Verifica di resistenza delle aste di controvento

Units: KN, m, C

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK
 Combo : SLU_Ver_Controv
 Units : KN, m, C



Frame : 483	Design Sect: 2L80x8					
X Mid : 37.906	Design Type: Beam					
Y Mid : -6.300	Frame Type : Moment Resisting Frame					
Z Mid : -0.350	Sect Class : Class 3					
Length : 4.116	Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3					
Loc : 4.116	RLLF : 1.000					
Area : 0.002	SMajor : 2.535E-05	rMajor : 0.025	AUMajor: 0.001			
IMajor : 1.412E-06	SMinor : 3.697E-05	rMinor : 0.036	AUMinor: 0.001			
IMinor : 2.957E-06	ZMajor : 4.594E-05	E : 202016994.11				
Ixy : 0.000	ZMinor : 6.653E-05	Fy : 348136.082				

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS						
Location	P	M33	M22	U2	U3	T
4.116	-42.292	-0.020	0.529	0.012	-0.621	5.500E-04

PMI DEMAND/CAPACITY RATIO						
Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(6.62)	0.599	= 0.543	+ 0.054	+ 0.002	0.950	OK

AXIAL FORCE DESIGN						
	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity	Nb33,Rd Major	Nb22,Rd Minor	
Axial	-42.292	77.901	753.300	141.740	77.901	

MOMENT DESIGN						
	Med Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity		
Major Moment	-0.020	8.404	8.404	8.824		
Minor Moment	0.529	12.256	12.256			

	K Factor	L Factor	k Factor	kzy Factor	kyz Factor	C1 Factor
Major Moment	1.000	1.000	0.472	0.964		1.000
Minor Moment	1.000	2.000	1.326		1.326	

SHEAR DESIGN						
	Ued Force	Uc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Ted Torsion	
Major Shear	0.012	245.024	5.099E-05	OK	0.000	
Minor Shear	0.621	214.396	0.003	OK	0.000	

Figura 5-34 Tabulato di verifica frame n°483.

5.6.3 VERIFICA DEI GIUNTI BULLONATI

Il collegamento fra i controventi ed il resto della struttura è realizzato mediante giunti bullonati composti da n°3 bulloni M24, classe 10.9, con comportamento a taglio.

La resistenza di calcolo a taglio di tali bulloni sarà pari a

$$F_{v,Rde} = 0.5 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2} = 0.5 \cdot 1000 \cdot 353 / 1.25 = 141.20 \text{ kN}$$

La resistenza a rifollamento della piastra di giunto è invece pari a

$$F_{b,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot d \cdot t / \gamma_{M2} = 0.784 \cdot 2.5 \cdot 510 \cdot 24 \cdot 20 / 1.25 = 383.85 \text{ kN}$$

(essendo $k = 60 / (3 \cdot 25.5)$ e $\alpha = 2.5$)

La resistenza complessiva del giunto sarà quindi pari a

$$F_{rd} = 3 \cdot F_{v,Rde} = 423.60 \text{ kN}$$

Il coefficiente di sicurezza rispetto alla maggiore azione rilevata sarà quindi pari a

$$FS = F_{rd} / F_{ed} = 423.60 / 43.13 = 9.82 \quad (\text{frame 483})$$

5.7 VERIFICHE A FATICA

Le verifiche saranno condotte considerando spettri di carico differenziati, a seconda che si conduca una verifica per vita illimitata o una verifica a danneggiamento (punto 5.1.4.3 delle Norme).

La verifica a vita illimitata è esclusa per tutti i dettagli le cui curve S-N non presentino limite di fatica ad ampiezza costante, nel nostro caso i connettori a piolo (punto C4.2.4.1.4.6.1 della Circolare).

5.7.1 VERIFICHE PER VITA ILLIMITATA

Le verifiche a fatica per vita illimitata possono essere condotte controllando che il massimo delta di tensione $\Delta\sigma_{max}$ indotto nel dettaglio dallo spettro di carico risulti minore del limite di fatica del dettaglio stesso:

$$\gamma_{Mf} * \Delta\sigma_{max} < \Delta\sigma_D$$

$$\gamma_{Mf} * \Delta\tau_{max} < \Delta\tau_D = \Delta\tau_L$$

$$\Delta\sigma_D = 0.737\Delta\sigma_C$$

Ai fini del calcolo di $\Delta\sigma_{max}$ si impiega il modello di carico di fatica 1, costituito dallo schema di carico 1 con valore dei carichi concentrati ridotti del 30% e valori dei carichi distribuiti ridotti del 70%.

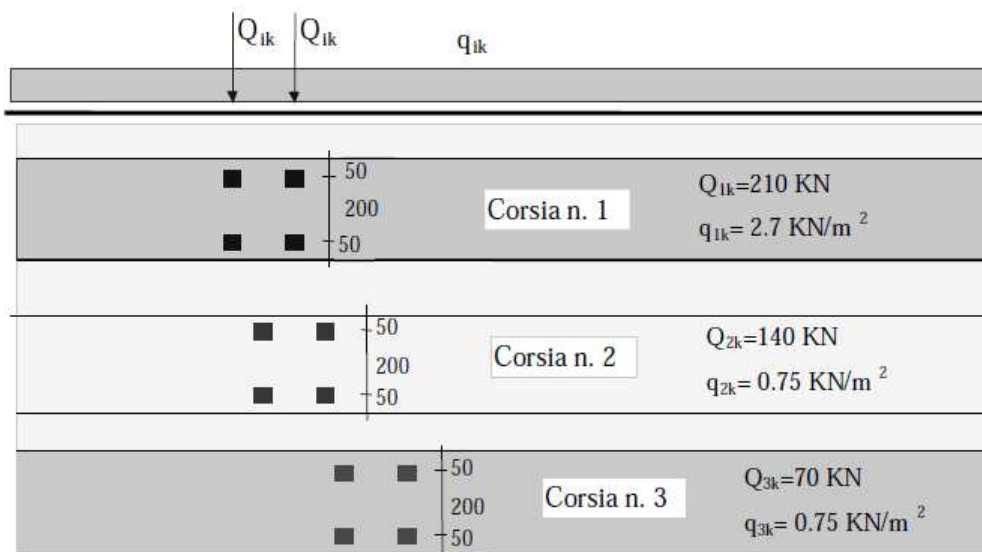


Figura 5-35 – Modello di carico a fatica n.1

5.7.1.1 SOLLECITAZIONE INDOTTE DAI CARICHI DI FATICA SULLE TRAVI PRINCIPALI

Un certo numero di verifiche a fatica per vita illimitata riguarda dettagli delle travi principali o di attacco fra queste e gli altri elementi della struttura: per queste è necessario calcolare la $\Delta\sigma$ indotta dai carichi di fatica sulle travi principali.

Si definiscono quindi due posizionamenti di tali carichi tali da massimizzare il momento negativo ed il momento positivo in corrispondenza della sezione di pila P1, laddove si attingono i massimi momenti in

valore assoluto e dove quindi tali verifiche a fatica saranno più gravose; questo procedimento viene svolto per ciascuna delle due travi di bordo dell'impalcato.

Le combinazioni all’uopo definite sono riportate nella tabella seguente:

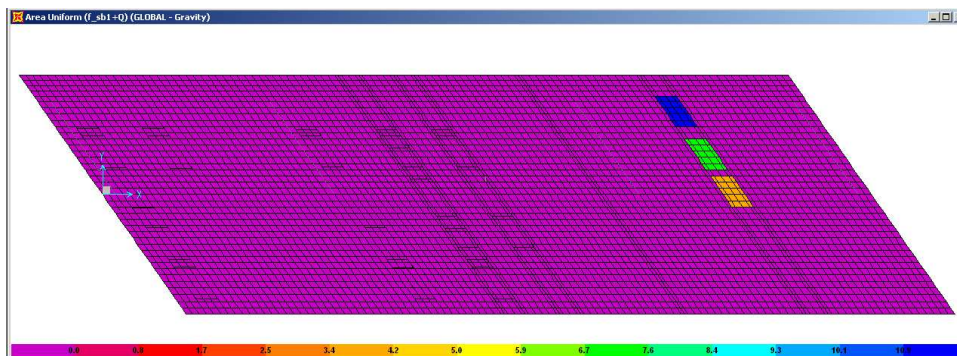
TABLE: Combination Definitions				
ComboName	ComboType	CaseType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Text	Text	Unitless
FAT_sb1-	Linear Add	Linear Static	sb_c1_Q	0.7
		Linear Static	sb_c2_Q	0.7
		Linear Static	sb_c3_Q	0.7
		Linear Static	sb_c1_qk	0.3
		Linear Static	sb_c2_qk	0.3
		Linear Static	sb_c3_qk	0.3
FAT_sb2-	Linear Add	Linear Static	sB3_c1_Q	0.7
		Linear Static	sB3_c2_Q	0.7
		Linear Static	sB3_c3_Q	0.7
		Linear Static	sB3_c1_qk	0.3
		Linear Static	sB3_c2_qk	0.3
		Linear Static	sB3_c3_qk	0.3
FAT_sb1+	Linear Add	Linear Static	f_sb1+Q	1
		Linear Static	f_sb1+qk	1
FAT_sb2+	Linear Add	Linear Static	f_sb2+Q	1
		Linear Static	f_sb2+qk	1

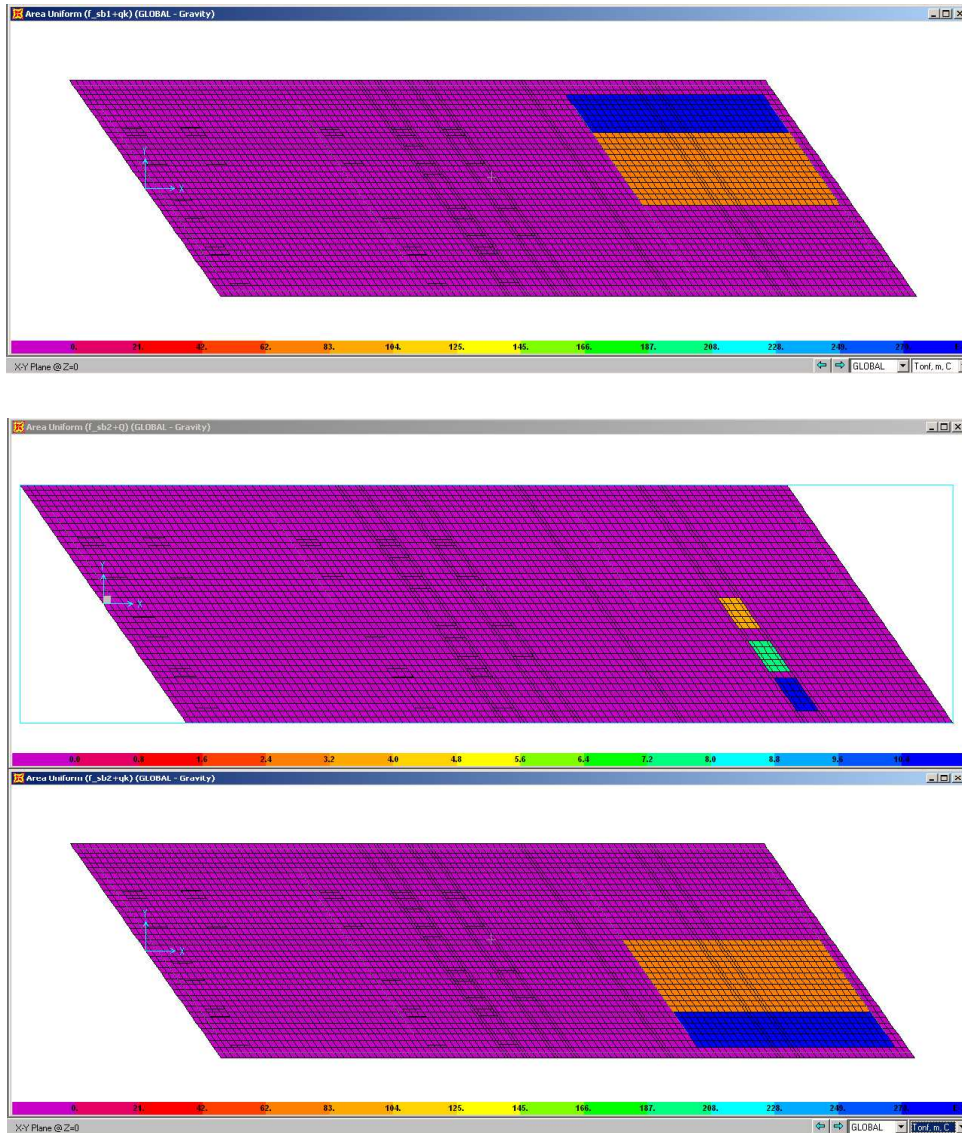
dove le combinazioni “FAT_sb1-“ e FAT_sb2-“ determinano il massimo momento negativo dovuto ai carichi da fatica sulla sezione di pila P1 (sez. “B”) per ciascun lato dell’impalcato (dove il lato “1” è quello posto ad esterno ponte ed il “2” è quello interno, verso l’altra via di corsa), mentre le combinazioni “FAT_sb1+” e “FAT_sb2+” vi determinano il massimo momento positivo.

Mentre le prime si ottengono con opportuna fattorizzazione dei carichi già inseriti per la determinazione delle azioni SLU, vedi par.5.2.8, le seconde sono state definite ad hoc, a partire dalle condizioni di carico elementari “f_sb1+Q”, “f_sb1+qk”...ecc.. in cui sono stati implementati i carichi di fatica rispettivamente dovuti alle azioni concentrate e distribuite; analogamente a quanto visto al suddetto par. 5.2.8, le azioni concentrate sono state ripartite su di un’area inscritta le aree di appoggio delle ruote, tenendo conto della distribuzione a 45° delle azioni attraverso la pavimentazione e la soletta.

L’asse del “mezzo” del modello dei carichi di fatica per le combinazioni “+” è posto nella campata P2/S2, a distanza di 7.20m dalla pila P2.

Le immagini seguenti riportano la definizione dei carichi relativi alle condizioni di carico f_sb1+Q”, “f_sb1+qk”...ecc.





Le sollecitazioni conseguenti a tali combinazioni di carico in corrispondenza della sezione di pila P1 delle travi di bordo sono riportate nella tabella seguente.

Combinazione	N (kN)	V (kN)	M (kN*m)
FAT_sb1-	37.20	-221.10	-809.90
FAT_sb1+	-7.70	17.40	112.30
FAT_sb2-	-116.40	-361.80	-956.10
FAT_sb2+	23.20	38.80	165.40

Le tensioni indotte da tali azioni sono calcolate mediante l'applicativo già illustrato al precedente par. 5.3.3, le cui tabelle di output sono riportate di seguito.

COMMITTENTE AUTOSTRADA DEL BRENNERO	CODIFICA DOCUMENTO AI_04_20_02_01_RELAZIONE_CALCULO_IMPALCATO.DOC	FOGLIO 135 DI 162
---	--	----------------------

SEZIONE B1. FATICA caso Sb1- Mmax (Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

TRAVE METALLICA

Altezza totale della trave in acciaio: 1100 Spessore anima: 22

Ala inferiore : 700 x 32 Ala superiore : 500 x 25

SOLETTA SUPERIORE

Armatura 1 Aa = 4219. Y = 1150.

Armatura 2 Aa = 4219. Y = 1135.

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

Tensione da variazioni termiche (1° fase): 0.00

SOLETTA INFERIORE

Soletta: larghezza = 0.00 spessore totale = 0.00 Armatura 1: Aa = 0 Y = 0

Coppella: larghezza = 0.00 spessore = 0.00 Armatura 2: Aa = 0 Y = 0

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

		TRAVE IN ACCIAIO	TRAVE + SOL. INF. n = 18.0	TRAVE COMPLETA n = 18.0 n = 6.0	
Quota baricentro		460.75	460.75	547.54	547.54
Area		5.7846E+04	5.7846E+04	6.6284E+04	6.6284E+04
Momento d'inerzia		1.1621E+10	1.1621E+10	1.5044E+10	1.5044E+10
Intradosso	W	2.5222E+07	2.5222E+07	2.7476E+07	2.7476E+07
Attacco Anima-Piattabanda Inferiore	W	2.7104E+07	2.7104E+07	2.9181E+07	2.9181E+07
	C	3.8967E-05	3.8967E-05	3.8967E-05	3.8967E-05
Baricentro Trave Acciaio	C	4.6876E-05	4.6876E-05	4.6876E-05	4.6876E-05
Baricentro Trave Completa	C		4.6876E-05	5.8006E-05	5.8006E-05
Attacco Anima-Piattabanda Superiore	W	1.8919E+07	1.8919E+07	2.8522E+07	2.8522E+07
	C	3.0643E-05	3.0643E-05	3.0643E-05	3.0643E-05
Estradosso Trave Acciaio	W	1.8179E+07	1.8179E+07	2.7231E+07	2.7231E+07
(b = 360.00)	C			9.2695E-07	9.2695E-07
Armatura 1 (Y = 1150.00)	W			2.4971E+07	2.4971E+07
Armatura 2 (Y = 1135.00)	W			2.5609E+07	2.5609E+07

SOLLECITAZIONI

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Ritiro soletta inferiore (1^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Ritiro soletta superiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Ritiro soletta inferiore (2^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	3.720E+4	-2.211E+5	-8.099E+8
Effetti termici	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Vento	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0

TENSIONI - (Situazione finale)

		2^ Prec.	Carichi perm. portati	Ritiro sol. sup.	Ritiro sol.inf. 2^quota	Cedimen ti appoggi	Carichi mobili	Effetti termici	Vento	Totale Trave compl.
Intradosso	s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-28.92	0.00	0.00	-28.92
Attacco Anima-Piat.Inf.	s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-27.19	0.00	0.00	-27.19
	t	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-8.62	0.00	0.00	-8.62
	S _{id}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.02	0.00	0.00	31.02
Baricentro Trave Acciaio	t	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-10.36	0.00	0.00	-10.36
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	t	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Baricentro trave Completa	t	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Attacco Anima-Piat.Sup.	s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.96	0.00	0.00	28.96
	t	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-6.78	0.00	0.00	-6.78
	S _{id}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.24	0.00	0.00	31.24
Estradosso Trave Acciaio	s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.30	0.00	0.00	30.30
(b = 360.00)	t	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.20	0.00	0.00	-0.20
Sol.Sup.: Arm.1	s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.99	0.00	0.00	32.99
Sol.Sup.: Arm.2	s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.19	0.00	0.00	32.19

SEZIONE B1. FATICA caso Sb1+ Mmax (Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

TRAVE METALLICA

Altezza totale della trave in acciaio: 1100 Spessore anima: 22

Ala inferiore : 700 x 32 Ala superiore : 500 x 25

SOLETTA SUPERIORE

Soletta: larghezza = 2740 spessore totale = 300

Coppella: appoggio sull'ala = 70 spessore = 60

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

Tensione da variazioni termiche (1° fase): 0.00

SOLETTA INFERIORE

Soletta: larghezza = 0 spessore totale = 0 Armatura 1: Aa = 0 Y = 0

Coppella: larghezza = 0 spessore = 0 Armatura 2: Aa = 0 Y = 0

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

		TRAVE IN ACCIAIO	TRAVE + SOL. INF. n = 18.0	TRAVE COMPLETA n = 18.0 n = 6.0	
Quota baricentro		460.75	460.75	782.3	999.78
Area		5.7846E+04	5.7846E+04	9.5579E+04	1.7105E+05
Momento d'inerzia		1.1621E+10	1.1621E+10	2.6972E+10	3.7623E+10
Intradosso	W	2.5222E+07	2.5222E+07	3.4478E+07	3.7631E+07
Attacco Anima-Piattabanda Inferiore	W	2.7104E+07	2.7104E+07	3.5949E+07	3.8875E+07
	C	3.8967E-05	3.8967E-05	3.8967E-05	3.8967E-05
Baricentro Trave Acciaio	C	4.6876E-05	4.6876E-05	4.6876E-05	4.6876E-05
Baricentro Trave Completa	C		4.6876E-05	9.1360E-05	1.2649E-04
Attacco Anima-Piattabanda Superiore	W	1.8919E+07	1.8919E+07	9.2149E+07	5.0018E+08
	C	3.0643E-05	3.0643E-05	3.0643E-05	3.0643E-05
Estradosso Trave Acciaio	W	1.8179E+07	1.8179E+07	8.4897E+07	3.7541E+08
(b = 360.00)	C			1.9156E-06	2.3022E-06
Estradosso Soletta Superiore	W			7.8598E+08	5.6403E+08

SOLLECITAZIONI

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Ritiro soletta inferiore (1^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Ritiro soletta superiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Ritiro soletta inferiore (2^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	-7.700E+3	1.740E+4	1.123E+8
Effetti termici	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Vento	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0

TENSIONI - (Situazione finale)

	2^	Carichi	Ritiro	Ritiro	Cedimen	Carichi	Effetti	Vento	Totale
--	----	---------	--------	--------	---------	---------	---------	-------	---------------

		Prec.	perm. portati	sol. sup.	sol.inf. 2^quota	ti appoggi	mobili	termici		Trave compl.
Intradosso	s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.94	0.00	0.00	2.94
Attacco Anima-Piat.Inf.	s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.84	0.00	0.00	2.84
	t	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.00	0.00	0.68
	S _{id}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.08	0.00	0.00	3.08
Baricentro Trave Acciaio	t	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.82	0.00	0.00	0.82
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	t	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Baricentro trave Completa	t	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.20	0.00	0.00	2.20
Attacco Anima-Piat.Sup.	s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.27	0.00	0.00	-0.27
	t	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	0.00	0.00	0.53
	S _{id}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96	0.00	0.00	0.96
Estradosso Trave Acciaio	s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.34	0.00	0.00	-0.34
(b = 360.00)	t	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.04
Estradosso Soletta	s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.21	0.00	0.00	-0.21

SEZIONE B2. FATICA caso Sb2- Mmax (Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

TRAVE METALLICA

Altezza totale della trave in acciaio: 1100 Spessore anima: 22

Ala inferiore : 700 x 32 Ala superiore : 500 x 25

SOLETTA SUPERIORE

Armatura 1 Aa = 4219. Y = 1150.

Armatura 2 Aa = 4219. Y = 1135.

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

Tensione da variazioni termiche (1° fase): 0.00

SOLETTA INFERIORE

Soletta: larghezza = 0.00 spessore totale = 0.00 Armatura 1: Aa = 0 Y = 0

Coppella: larghezza = 0.00 spessore = 0.00 Armatura 2: Aa = 0 Y = 0

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

		TRAVE IN ACCIAIO	TRAVE + SOL. INF. n = 18.0	TRAVE COMPLETA	
				n = 18.0	n = 6.0
Quota baricentro		460.75	460.75	547.54	547.54
Area		5.7846E+04	5.7846E+04	6.6284E+04	6.6284E+04
Momento d'inerzia		1.1621E+10	1.1621E+10	1.5044E+10	1.5044E+10
Intradosso	W	2.5222E+07	2.5222E+07	2.7476E+07	2.7476E+07
Attacco Anima-Piattabanda Inferiore	W	2.7104E+07	2.7104E+07	2.9181E+07	2.9181E+07
	C	3.8967E-05	3.8967E-05	3.8967E-05	3.8967E-05
Baricentro Trave Acciaio	C	4.6876E-05	4.6876E-05	4.6876E-05	4.6876E-05
Baricentro Trave Completa	C		4.6876E-05	5.8006E-05	5.8006E-05
Attacco Anima-Piattabanda Superiore	W	1.8919E+07	1.8919E+07	2.8522E+07	2.8522E+07
	C	3.0643E-05	3.0643E-05	3.0643E-05	3.0643E-05
Estradosso Trave Acciaio	W	1.8179E+07	1.8179E+07	2.7231E+07	2.7231E+07
(b = 360.00)	C			9.2695E-07	9.2695E-07
Armatura 1 (Y = 1150.00)	W			2.4971E+07	2.4971E+07
Armatura 2 (Y = 1135.00)	W			2.5609E+07	2.5609E+07

SOLLECITAZIONI

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Ritiro soletta inferiore (1^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Ritiro soletta superiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Ritiro soletta inferiore (2^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	-1.164E+5	-3.618E+5	-9.561E+8
Effetti termici	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Vento	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0

TENSIONI - (Situazione finale)

		2^ Prec.	Carichi perm. portati	Ritiro sol. sup.	Ritiro sol.inf. 2^quota	Cedimen ti appoggi	Carichi mobili	Effetti termici	Vento	Totale Trave compl.
Intradosso	s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-36.55	0.00	0.00	-36.55
Attacco Anima-Piat.Inf.	s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-34.52	0.00	0.00	-34.52
	t	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-14.10	0.00	0.00	-14.10
	S _{id}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	42.28	0.00	0.00	42.28
Baricentro Trave Acciaio	t	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-16.96	0.00	0.00	-16.96
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	t	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Baricentro trave Completa	t	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Attacco Anima-Piat.Sup.	s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.77	0.00	0.00	31.77
	t	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-11.09	0.00	0.00	-11.09
	S _{id}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	37.12	0.00	0.00	37.12
Estradosso Trave Acciaio	s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.35	0.00	0.00	33.35
(b = 360.00)	t	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.34	0.00	0.00	-0.34
Sol.Sup.: Arm.1	s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.53	0.00	0.00	36.53
Sol.Sup.: Arm.2	s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.58	0.00	0.00	35.58

SEZIONE B2. FATICA caso Sb2+ Mmax (Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

TRAVE METALLICA

Altezza totale della trave in acciaio: 1100 Spessore anima: 22

Ala inferiore : 700 x 32 Ala superiore : 500 x 25

SOLETTA SUPERIORE

Soletta: larghezza = 2740 spessore totale = 300

Coppella: appoggio sull'ala = 70 spessore = 60

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

Tensione da variazioni termiche (1° fase): 0.00

SOLETTA INFERIORE

Soletta: larghezza = 0 spessore totale = 0 Armatura 1: Aa = 0 Y = 0

Coppella: larghezza = 0 spessore = 0 Armatura 2: Aa = 0 Y = 0

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

		TRAVE IN ACCIAIO	TRAVE + SOL. INF. n = 18.0	TRAVE COMPLETA n = 18.0 n = 6.0	
Quota baricentro		460.75	460.75	782.3	999.78
Area		5.7846E+04	5.7846E+04	9.5579E+04	1.7105E+05
Momento d'inerzia		1.1621E+10	1.1621E+10	2.6972E+10	3.7623E+10
Intradosso	W	2.5222E+07	2.5222E+07	3.4478E+07	3.7631E+07
Attacco Anima-Piattabanda Inferiore	W	2.7104E+07	2.7104E+07	3.5949E+07	3.8875E+07
	C	3.8967E-05	3.8967E-05	3.8967E-05	3.8967E-05
Baricentro Trave Acciaio	C	4.6876E-05	4.6876E-05	4.6876E-05	4.6876E-05
Baricentro Trave Completa	C		4.6876E-05	9.1360E-05	1.2649E-04
Attacco Anima-Piattabanda Superiore	W	1.8919E+07	1.8919E+07	9.2149E+07	5.0018E+08
	C	3.0643E-05	3.0643E-05	3.0643E-05	3.0643E-05
Estradosso Trave Acciaio	W	1.8179E+07	1.8179E+07	8.4897E+07	3.7541E+08
(b = 360.00)	C			1.9156E-06	2.3022E-06
Estradosso Soletta Superiore	W			7.8598E+08	5.6403E+08

SOLLECITAZIONI

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Ritiro soletta inferiore (1^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Ritiro soletta superiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Ritiro soletta inferiore (2^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	2.320E+4	3.880E+4	1.654E+8
Effetti termici	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Vento	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0

TENSIONI - (Situazione finale)

	2^	Carichi	Ritiro	Ritiro	Cedimen	Carichi	Effetti	Vento	Totale
--	----	---------	--------	--------	---------	---------	---------	-------	---------------

		Prec.	perm. portati	sol. sup.	sol.inf. 2^quota	ti appoggi	mobili	termici		Trave compl.
Intradosso	s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.53	0.00	0.00	4.53
Attacco Anima-Piat.Inf.	s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.39	0.00	0.00	4.39
	t	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.51	0.00	0.00	1.51
	S _{id}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.11	0.00	0.00	5.11
Baricentro Trave Acciaio	t	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.82	0.00	0.00	1.82
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	t	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Baricentro trave Completa	t	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.91	0.00	0.00	4.91
Attacco Anima-Piat.Sup.	s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.20	0.00	0.00	-0.20
	t	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.19	0.00	0.00	1.19
	S _{id}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.07	0.00	0.00	2.07
Estradosso Trave Acciaio	s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.30	0.00	0.00	-0.30
(b = 360.00)	t	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.09
Estradosso Soletta	s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.27	0.00	0.00	-0.27

5.7.1.1.1 Attacco ala superiore trave principale / ala superiore traverso di pila e spalla

Con riferimento alla tabella C.4.2.XVI.4(a), il dettaglio presenta classe di fatica

$$\Delta\sigma_C = 90 \text{ N/mm}^2$$

essendo $L = 350\text{mm}$ ed $r = 150\text{mm}$.

Dalle curve S-N riportate nel par. C.4.2.4.1.4.4 avremo

$$\Delta\sigma_D = 0.737 * \Delta\sigma_C = 66.33 \text{ N/mm}^2$$

Dai tabulati di output di cui al precedente paragrafo 5.7.1.1, per la sezione di estradosso della piattabanda superiore avremo:

$$\Delta\sigma_{MAX} = 35.58 + 0.27 = 35.85 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Sez. B2})$$

Si adotta

$$\gamma_{Mf} = 1.35 \quad (\text{tab. C.4.2.XII})$$

da cui la verifica a fatica:

$$\Delta\sigma_{MAX} * \gamma_{Mf} < \Delta\sigma_D \Leftrightarrow 35.85 * 1.35 = 48.40 \text{ N/mm}^2 < 66.33 \text{ N/mm}^2$$

La verifica è soddisfatta.

5.7.1.1.2 Attacco irrigidimenti verticali / trave principale

Con riferimento alla tabella C.4.2.XVI.7(a), il dettaglio presenta classe di fatica

$$\Delta\sigma_C = 80 \text{ N/mm}^2$$

essendo $l = 15\text{mm} < 50\text{mm}$

Dalle curve S-N riportate nel par. C.4.2.4.1.4.4 avremo

$$\Delta\sigma_D = 0.737 * \Delta\sigma_C = 58.96 \text{ N/mm}^2$$

Dai tabulati di output di cui al precedente paragrafo 5.7.1.1, la $\Delta\sigma_{MAX}$ si evidenzia all'intradosso della piattabanda inferiore, con valore pari a

$$\Delta\sigma_{MAX} = 36.55 + 4.53 = 41.08 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Sez. B2})$$

Si adotta

$$\gamma_{Mf} = 1.35 \quad (\text{tab. C.4.2.XII})$$

da cui la verifica a fatica:

$$\Delta\sigma_{MAX} * \gamma_{Mf} < \Delta\sigma_D \Leftrightarrow 41.08 * 1.35 = 55.46 \text{ N/mm}^2 < 58.96 \text{ N/mm}^2$$

La verifica è soddisfatta.

5.7.1.1.3 Saldatura anima trave principale / ali travi principali

Con riferimento alla tabella C.4.2.XIV.1, il dettaglio presenta classe di fatica

$$\Delta\sigma_C = 125 \text{ N/mm}^2$$

Questo dettaglio è sicuramente verificato, essendo la $\Delta\sigma_{MAX}$ identica a quella del paragrafo precedente (par.5.7.1.1.2) e la classe di fatica superiore.

5.7.1.1.4 Saldatura di collegamento dei conci

Con riferimento alla tabella C.4.2.XV.7, il dettaglio presenta classe di fatica

$$\Delta\sigma_C = 90 \text{ N/mm}^2$$

da ridurre in funzione dello spessore $t > 25 \text{ mm}$.

Sarà quindi:

$$k_s = (25/32)^{0.2} = 0.952.$$

da cui

$$\Delta\sigma_{C, \text{rid}} = k_s * 90 = 85.68 \text{ N/mm}^2$$

Questo dettaglio è sicuramente verificato, essendo la $\Delta\sigma_{\text{MAX}}$ identica a quella del precedente paragrafo (par.5.7.1.1.2) e la classe di fatica superiore.

5.7.1.1.5 Attacco dei pioli all'ala superiore delle travi

Con riferimento alla tabella C.4.2.XVI.9, il dettaglio presenta classe di fatica

$$\Delta\sigma_C = 80 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta\sigma_{C, \text{rid}} = k_s * 112 = 106.60 \text{ N/mm}^2$$

Questo dettaglio è sicuramente verificato, essendo la $\Delta\sigma_{\text{MAX}}$ minore a quella del precedente paragrafo par.5.7.1.1.2, in quanto riferita alla piattabanda superiore invece che a quella inferiore, e la classe di fatica identica.

5.7.1.2 **ATTACCO DELLE PIATTABANDE DEI TRAVERSI DI CAMPATA ALL'ANIMA DELLE TRAVI PRINCIPALI**

Con riferimento alla tabella C.4.2.XVII.1(a), il dettaglio presenta classe di fatica

$$\Delta\sigma_C = 80 \text{ N/mm}^2$$

da cui segue, con riferimento alle curve S-N riportate nel par. C.4.2.4.1.4.4:

$$\Delta\sigma_D = 0.737 * \Delta\sigma_C = 58.96 \text{ N/mm}^2$$

Per questo tipo di dettaglio bisogna determinare la $\Delta\sigma_{\text{MAX}}$ sulle piattabande dei traveri, ed è quindi necessario riferirsi a posizionamenti dei carichi e quindi combinazioni differenti da quelle descritte nel par.5.7.1.1 ed utilizzati nelle verifiche precedenti: in particolare, sulla scorta dei risultati ottenuti per la verifica di resistenza di tali elementi (par.5.4), in analogia a quanto visto al par.5.7.1.1, si introducono le seguenti combinazioni, che massimizzano il momento flettente positivo e negativo sul traverso posto nella mezzzeria della campata lunga.

TABLE: Combination Definitions				
ComboName	ComboType	CaseType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Text	Text	Unitless
FAT_sa1+	Linear Add	Linear Static	sa_c2_Q	0.7
		Linear Static	sa_c3_Q	0.7
		Linear Static	sa_c2_qk	0.3
		Linear Static	sa_c3_qk	0.3
FAT_sa1+	Linear Add	Linear Static	sa_c1_Q	0.7
		Linear Static	sa_c1_qk	0.3

dove le condizioni di carico "sa_c2_Q"...ecc sono quelle già implementate per la verifica delle travi principali, nel caso nella sezione di mezzeria, opportunamente fattorizzate per riportarle alle intensità previste per i modelli di carico di fatica.

Le sollecitazioni conseguenti a tali combinazioni di carico in corrispondenza della sezione di appoggio del traverso sulla trave principale n°2 (con numerazione crescente dal lato esterno ponte a quello interno) sono riportate nella tabella seguente.

Combinazione	N (kN)	V (kN)	M (kN*m)
FAT_sa1+	181.35	-5.91	24.49
FAT_sa1-	-136.67	-5.88	-17.07

(frame n°56)

Le caratteristiche inerziali della sezione del traverso di campata è la seguente:

$$H = 700\text{mm} \quad B = 250\text{mm} \quad t_{\text{ali}} = 20\text{mm} \quad t_{\text{anima}} = 15\text{mm}$$

$$A = 199\text{ cm}^2 \quad J_{xx} = 151570\text{ cm}^4 \quad W_{xx,el} = 4330\text{ cm}^3$$

La $\Delta\sigma_{\text{MAX}}$ sarà quindi pari a

$$\Delta\sigma_{\text{MAX}} = 19.42 + 14.21 = 33.63\text{ N/mm}^2 \quad (\text{Sez. B2})$$

Si adotta

$$\gamma_{\text{Mf}} = 1.35 \quad (\text{tab. C.4.2.XII})$$

da cui la verifica a fatica:

$$\Delta\sigma_{\text{MAX}} * \gamma_{\text{Mf}} < \Delta\sigma_{\text{D}} \Leftrightarrow 33.63 * 1.35 = 45.40\text{ N/mm}^2 < 58.96\text{ N/mm}^2$$

La verifica è soddisfatta.

5.7.1.3 ATTACCO DELLE PIATTABANDE DEI TRAVERSI DI PILA E SPALLA ALL'ANIMA DELLE TRAVI PRINCIPALI

Con riferimento alla tabella C.4.2.XVII.1(a), il dettaglio presenta classe di fatica

$$\Delta\sigma_{\text{C}} = 80\text{ N/mm}^2$$

da cui segue, con riferimento alle curve S-N riportate nel par. C.4.2.4.1.4.4:

$$\Delta\sigma_{\text{D}} = 0.737 * \Delta\sigma_{\text{C}} = 58.96\text{ N/mm}^2.$$

Per determinare le sollecitazioni indotte dai carichi di fatica sui traversi di pila e spalla ci si riferisce ad uno schema piano, dove il traverso presenta schema statico di trave continua su 6 appoggi.

Si definiscono i posizionamenti dei carichi che massimizzano il momento flettente positivo e negativo in corrispondenza dell'appoggio sulla 2° trave dell'impalcato, come da Figura 5-36 e Figura 5-37.

L'entità dei carichi è al solito riferita al modello di carico di fatica 1, considerando la diffusione a 45° dei carichi attraverso la finitura e la soletta e considerando che la totalità del peso dei "mezzi" interessi il traverso in oggetto. Il calcolo si effettua per il traverso di pila, che presenta area di influenza doppia rispetto a quello di spalla. Avremo:

$$Q_{\text{corsia 1}} = 420 / 2.9 = 145.00\text{ kN/m}$$

$$q_{\text{corsia 1}} = 2.70 * 4.6 = 12.50\text{ kN/m}$$

$$Q_{\text{corsia 2}} = 280 / 2.9 = 96.60\text{ kN/m}$$

$$q_{\text{corsia 1}} = 0.75 * 4.6 = 3.45\text{ kN/m}$$

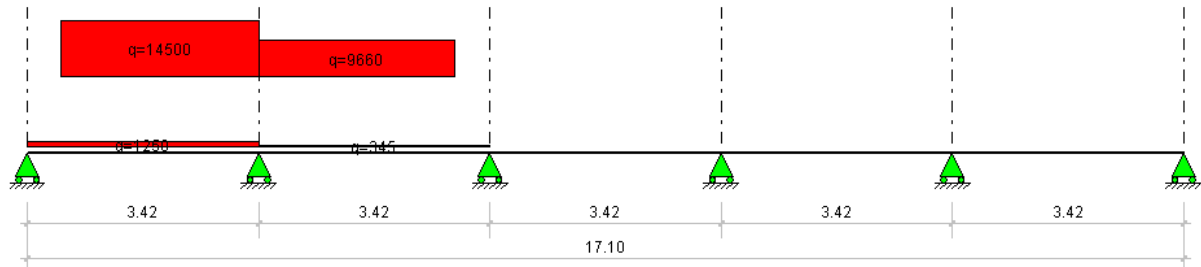


Figura 5-36 Disposizione dei carichi per massimo M⁻

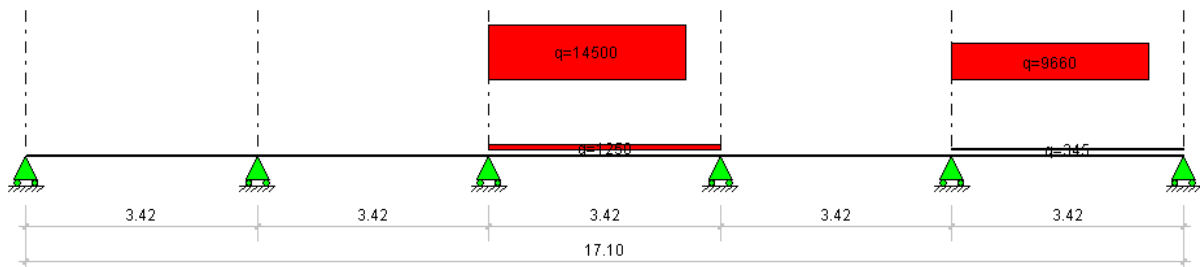


Figura 5-37 Disposizione dei carichi per massimo M⁺

Le sollecitazioni conseguenti a questi caricamenti sono riportate nella tabella sottostante.

Combinazione	V (kN)	M (kN*m)
Massimo M ⁺	36.30	24.83
Massimo M ⁻	314.94	-174.13

In analogia a quanto visto al par. 5.5.3, a favore di sicurezza le verifiche si effettuano senza tener conto della collaborazione della soletta.

Le caratteristiche inerziali della sezione del traverso di campata è la seguente:

$$\begin{aligned}
 H &= 900\text{mm} & B &= 450\text{ mm} & t_{\text{ali}} &= 20\text{mm} & t_{\text{anima}} &= 22\text{mm} \\
 A &= 369\text{ cm}^2 & J_{xx} &= 465150\text{ cm}^4 & W_{xx,el} &= 10336\text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

La $\Delta\sigma_{\text{MAX}}$ sarà quindi pari a

$$\Delta\sigma_{\text{MAX}} = 16.85 + 2.40 = 19.25\text{ N/mm}^2$$

Si adotta

$$\gamma_{\text{Mf}} = 1.35 \quad (\text{tab. C.4.2.XII})$$

da cui la verifica a fatica:

$$\Delta\sigma_{\text{MAX}} * \gamma_{\text{Mf}} < \Delta\sigma_{\text{D}} \Leftrightarrow 19.25 * 1.35 = 25.99\text{ N/mm}^2 < 58.96\text{ N/mm}^2$$

La verifica è soddisfatta.

5.7.2 VERIFICHE A DANNEGGIAMENTO

Questa verifica viene effettuata per i connettori a piolo, secondo quanto previsto al punto C.4.2.4.1.4.6.1, comma 2 della Circolare applicativa.

Le verifiche a danneggiamento consistono nel verificare che nel dettaglio considerato lo spettro di carico produca un danneggiamento $D \leq 1$, considerando la curva S-N caratteristica del dettaglio e la vita nominale dell'opera ($V_N = 100$ anni).

Le verifiche saranno condotte considerando lo spettro di tensione indotto nel dettaglio dal modello di fatica n.3, la cui disposizione dei carichi è riportata in Figura 5-38 con carico per ciascun asse pari a $Q_{\text{mod } 3} = 120$ kN.

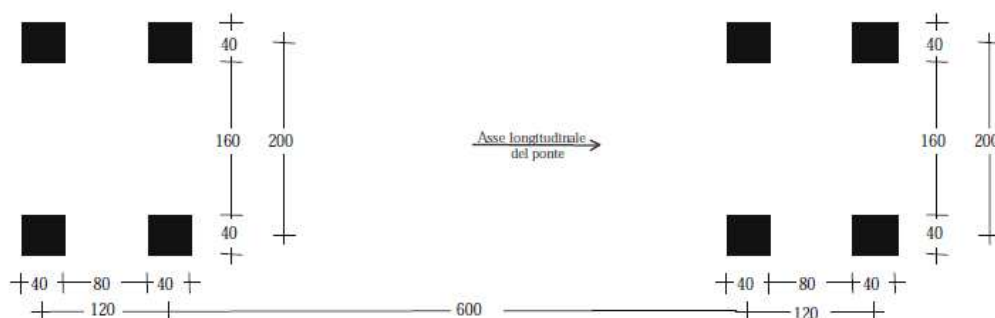


Figura 5-38 – Modello di carico a fatica n.3

Adottando i criteri già visti precedentemente, tali carichi si distribuiscono su aree di dimensioni

$$A = 1.9 \cdot 2.7 = 5.13 \text{ m}^2$$

su cui si applicherà un carico pari a

$$p_{\text{fat } 3} = 240 / 5.13 = 46.80 \text{ kN/m}^2.$$

Si implementano quattro combinazioni di carico finalizzate a massimizzare il momento positivo e negativo sulla sezione di pila P1. Tali combinazioni saranno denominate “Fat_Dann_Sb1-“, “Fat_Dann_Sb1+“, “Fat_Dann_Sb2-“, “Fat_Dann_Sb2+“, dove la “Fat_Dann_Sb1-“ massimizzerà il momento negativo sulla trave di bordo esterno ponte (allineamento 1), la “Fat_Dann_Sb1+“ massimizzerà il momento positivo sulla medesima trave e le altre due combinazioni, in analogia, saranno relative alla trave interno ponte (allineamento 2).

La disposizione dei carichi relativi alle combinazioni “-“ sono caratterizzate dai “mezzi” posti a 5.90m e 11.90m dalla pila P1 mentre le combinazioni “+“ dai “mezzi” posti a 5.70m e 11.70m dalla pila P2, e sono descritte dalle immagini seguenti

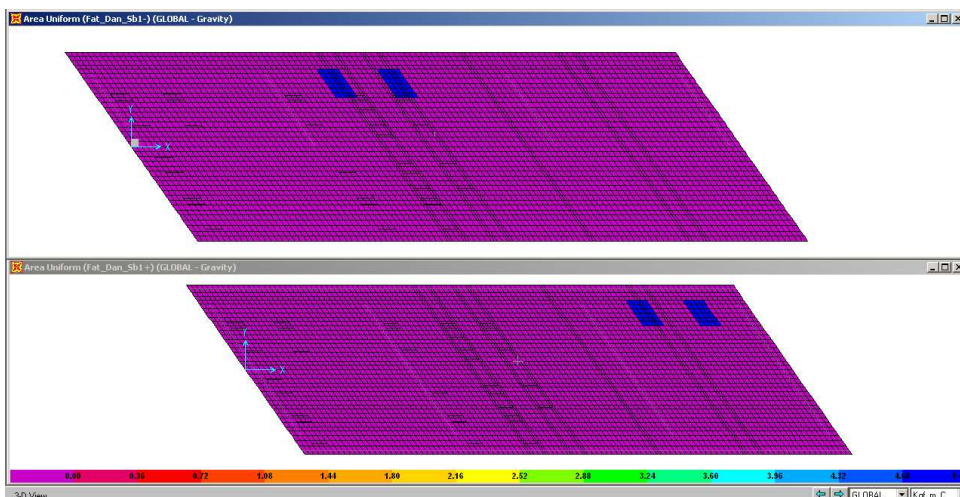


Figura 5-39 Disposizione carichi di fatica per l'allineamento 1

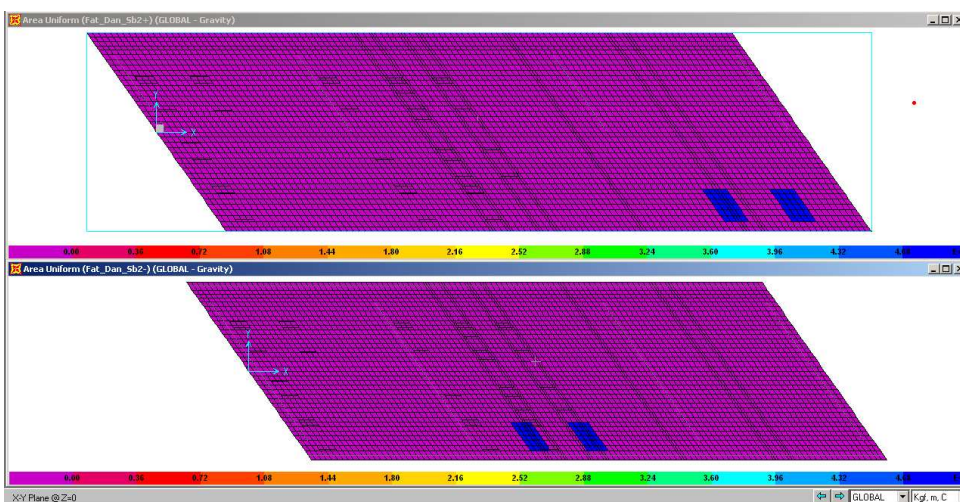


Figura 5-40 Disposizione carichi di fatica per l'allineamento 2

Le sollecitazioni conseguenti a tali combinazioni di carico sono riportate nella tabella seguente.

Combinazione	N (kN)	V (kN)	M (kN*m)
Fat_Dann_Sb1-	13.00	138.60	-509.50
Fat_Dann_Sb1+	-3.00	-11.30	71.50
Fat_Dann_Sb2-	-105.80	229.40	-708.30
Fat_Dann_Sb2+	15.20	-21.20	99.30

La combinazione più gravosa è la “Fat_Dann_Sb2”; utilizzando l’applicativo già precedentemente descritto si determina la Δ dello sforzo di scorrimento relativa a tale disposizione. Avremo:

$$\Delta\tau_{\text{estradosso}} = 0.53 + 0.05 = 0.58 \text{ N/mm}^2$$

La variazione dello sforzo di scorrimento sarà pari a

$$\Delta S_{\text{scorr}} = \Delta\tau_{\text{estradosso}} * b_{\text{coll}} = 0.58 * 360 * 1000 / 1000 = 208.80 \text{ kN/m}$$

ed avendo previsto un numero di pioli pari a $n = 3/0.20m \Rightarrow 15$ pioli/m

la variazione di tensione sul singolo piolo sarà pari a

$$\Delta\tau_{MAX} = 208800 / (15*380.1) = 36.62 \text{ N/mm}^2$$

essendo

$$A_{pioli} = 380.1 \text{ mm}^2 \text{ (piolo } \phi 22\text{mm)}$$

Per determinare la $\Delta\tau$ limite è necessario determinare il numero di cicli di carico cui sarà soggetto il particolare; riferendoci alla tabella 5.1.IX della Norma per le autostrade (categoria di traffico 1) avremo sulla corsia lenta un flusso annuo di veicoli pari a

$$N_{annuo} = 2.0*10^6 \text{ veicoli}$$

Considerando per il ponte una vita utile pari a

$$V_u = 100 \text{ anni}$$

il numero di cicli totali cui sarà soggetto il particolare sarà pari a

$$N = N_{annuo} * V_u = 2*10^8 \text{ cicli}$$

Secondo il par. C.4.2.4.1.4.4 della Circolare esplicativa, le curve S-N per tensioni tangenziali sono così definite:

$$\Delta\tau = \Delta\tau_c (2e^6 / N)^{1/m} \quad \text{per } N \leq 10^8$$

e per i connettori a pioli valgono le seguenti posizioni

$$m = 8$$

$$\Delta\tau_c = 90 \text{ N/mm}^2$$

Nel nostro caso avremo quindi

$$\Delta\tau = 90*0.562 = 50.61 \text{ N/mm}^2$$

La verifica a fatica dei connettori a piolo è quindi al seguente::

$$\Delta\tau_{MAX} * \gamma_{Mf} < \Delta\tau \Leftrightarrow 36.62*1.35 = 49.44 \text{ N/mm}^2 < 50.61 \text{ N/mm}^2$$

Di seguito si riportano i tabulati di output dell'applicativo con la definizione del caso considerato e delle relative tensioni tangenziali.

SEZIONE B2. FATICA Pioli caso Sb2- Mmax (Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

TRAVE METALLICA

Altezza totale della trave in acciaio: 1100 Spessore anima: 22

Ala inferiore : 700 x 32 Ala superiore : 500 x 25

SOLETTA SUPERIORE

Soletta: larghezza = 2700 spessore totale = 300

Coppella: appoggio sull'ala = 70 spessore = 60

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

Tensione da variazioni termiche (1° fase): 0.00

SOLETTA INFERIORE

Soletta: larghezza = 0 spessore totale = 0 Armatura 1: Aa = 0 Y = 0

Coppella: larghezza = 0 spessore = 0 Armatura 2: Aa = 0 Y = 0

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

		TRAVE IN ACCIAIO	TRAVE + SOL. INF.	TRAVE COMPLETA	
			n = 18.0	n = 18.0	n = 6.0
Quota baricentro		460.75	460.75	779.5	997.14
Area		5.7846E+04	5.7846E+04	9.5046E+04	1.6945E+05
Momento d'inerzia		1.1621E+10	1.1621E+10	2.6837E+10	3.7488E+10
Intradosso	W	2.5222E+07	2.5222E+07	3.4428E+07	3.7596E+07
Attacco Anima-Piattabanda Inferiore	W	2.7104E+07	2.7104E+07	3.5902E+07	3.8842E+07
	C	3.8967E-05	3.8967E-05	3.8967E-05	3.8967E-05
Baricentro Trave Acciaio	C	4.6876E-05	4.6876E-05	4.6876E-05	4.6876E-05
Baricentro Trave Completa	C		4.6876E-05	9.0935E-05	1.2604E-04
Attacco Anima-Piattabanda Superiore	W	1.8919E+07	1.8919E+07	9.0819E+07	4.8146E+08
	C	3.0643E-05	3.0643E-05	3.0643E-05	3.0643E-05
Estradosso Trave Acciaio	W	1.8179E+07	1.8179E+07	8.3735E+07	3.6444E+08
(b = 360.00)	C			1.9085E-06	2.2991E-06
Estradosso Soletta Superiore	W			7.7851E+08	5.5832E+08

SOLLECITAZIONI

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Ritiro soletta inferiore (1^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Ritiro soletta superiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Ritiro soletta inferiore (2^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	-1.058E+5	2.294E+5	-7.083E+8
Effetti termici	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Vento	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0

TENSIONI - (Situazione finale)

		2^ Prec.	Carichi perm. portati	Ritiro sol. sup.	Ritiro sol.inf. 2^quota	Cedimenti appoggi	Carichi mobili	Effetti termici	Vento	Totale Trave compl.
Intradosso	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-19.46	0.00	0.00	-19.46
Attacco Anima- Piat.Inf.	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-18.86	0.00	0.00	-18.86
	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.94	0.00	0.00	8.94
	σ_{id}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.40	0.00	0.00	24.40
Baricentro Trave Acciaio	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.75	0.00	0.00	10.75
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28.91	0.00	0.00	28.91
Attacco Anima- Piat.Sup.	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.85	0.00	0.00	0.85
	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.03	0.00	0.00	7.03
	σ_{id}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.20	0.00	0.00	12.20
Estradosso Trave Acciaio	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.32	0.00	0.00	1.32
(b = 360.00)	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	0.00	0.00	0.53
Estradosso Soletta	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.16	0.00	0.00	1.16

SEZIONE B2. FATICA Pioli caso Sb2+ Mmax (Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

TRAVE METALLICA

Altezza totale della trave in acciaio: 1100 Spessore anima: 22

Ala inferiore : 700 x 32 Ala superiore : 500 x 25

SOLETTA SUPERIORE

Soletta: larghezza = 2700 spessore totale = 300

Coppella: appoggio sull'ala = 70 spessore = 60

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

Tensione da variazioni termiche (1° fase): 0.00

SOLETTA INFERIORE

Soletta: larghezza = 0 spessore totale = 0 Armatura 1: Aa = 0 Y = 0

Coppella: larghezza = 0 spessore = 0 Armatura 2: Aa = 0 Y = 0

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

		TRAVE IN ACCIAIO	TRAVE + SOL. INF.	TRAVE COMPLETA	
			n = 18.0	n = 18.0	n = 6.0
Quota baricentro		460.75	460.75	779.5	997.14
Area		5.7846E+04	5.7846E+04	9.5046E+04	1.6945E+05
Momento d'inerzia		1.1621E+10	1.1621E+10	2.6837E+10	3.7488E+10
Intradosso	W	2.5222E+07	2.5222E+07	3.4428E+07	3.7596E+07
Attacco Anima-Piattabanda Inferiore	W	2.7104E+07	2.7104E+07	3.5902E+07	3.8842E+07
	C	3.8967E-05	3.8967E-05	3.8967E-05	3.8967E-05
Baricentro Trave Acciaio	C	4.6876E-05	4.6876E-05	4.6876E-05	4.6876E-05
Baricentro Trave Completa	C		4.6876E-05	9.0935E-05	1.2604E-04
Attacco Anima-Piattabanda Superiore	W	1.8919E+07	1.8919E+07	9.0819E+07	4.8146E+08
	C	3.0643E-05	3.0643E-05	3.0643E-05	3.0643E-05
Estradosso Trave Acciaio	W	1.8179E+07	1.8179E+07	8.3735E+07	3.6444E+08
(b = 360.00)	C			1.9085E-06	2.2991E-06
Estradosso Soletta Superiore	W			7.7851E+08	5.5832E+08

SOLLECITAZIONI

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Ritiro soletta inferiore (1^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Ritiro soletta superiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Ritiro soletta inferiore (2^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	1.520E+4	-2.120E+4	9.930E+7
Effetti termici	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Vento	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0

TENSIONI - (Situazione finale)

COMMITTENTE AUTOSTRADA DEL BRENNERO				CODIFICA DOCUMENTO AI_04_20_02_01_RELAZIONE_CALCULO_IMPALCATO.DOC					FOGLIO 153 DI 162	
		2 [^] Prec.	Carichi perm. portati	Ritiro sol. sup.	Ritiro sol.inf. 2 [^] quota	Cedimenti appoggi	Carichi mobili	Effetti termici	Vento	Totale Trave compl.
Intradosso	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.73	0.00	0.00	2.73
Attacco Anima- Piat.Inf.	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.65	0.00	0.00	2.65
	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.83	0.00	0.00	-0.83
	σ_{id}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.01	0.00	0.00	3.01
Baricentro Trave Acciaio	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.99	0.00	0.00	-0.99
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-2.67	0.00	0.00	-2.67
Attacco Anima- Piat.Sup.	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.12	0.00	0.00	-0.12
	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.65	0.00	0.00	-0.65
	σ_{id}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.13	0.00	0.00	1.13
Estradosso Trave Acciaio	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.18	0.00	0.00	-0.18
(b = 360.00)	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.05	0.00	0.00	-0.05
Estradosso Soletta	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.16	0.00	0.00	-0.16

5.8 VERIFICA DELLA SOLETTA COLLABORANTE

5.8.1 VERIFICA DELL'ARMATURA LONGITUDINALE

5.8.1.1 VERIFICHE DI RESISTENZA (SLU)

Si rimanda al paragrafo 5.3.3, dove sono riportate le verifiche delle sezioni miste acciaio-clc dell'impalcato.

In particolare si nota che la tensione massima di compressione sul calcestruzzo della soletta è pari a

$$\sigma_{c, \max} = -9.84 \text{ N/mm}^2 < f_{cd} = 18.81 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Sez. B1, } \Delta T = +10^\circ).$$

mentre la tensione massima di trazione sull'acciaio è pari a

$$\sigma_{s, \max} = 185.49 \text{ N/mm}^2 < f_{yd} = 391.3 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Sez. A2, } \Delta T = +10^\circ).$$

5.8.2 VERIFICHE A FESSURAZIONE (SLE)

La verifica dell'ampiezza di fessurazione viene condotta senza calcolo diretto, come indicato in 4.1.2.2.4.6 delle NTC e relative Istruzioni.

La classe di esposizione prevista è "XF4". (vedi par.3.4): le condizioni ambientali sono quindi "molto aggressive".

Le armature, essendo di acciaio ordinario, sono di tipo poco sensibile.

I criteri di scelta dello stato limite di fessurazione sono indicati in Tab.4.1.IV delle NTC, di seguito riportata:

Tabella 4.1.IV – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

w_1, w_2, w_3 sono definiti al § 4.1.2.2.4.1, il valore di calcolo w_d , è definito al § 4.1.2.2.4.6.

In ambiente di tipo "molto aggressivo", sotto l'azione della combinazione frequente, il valore limite di apertura della fessura ammesso vale $w_1 = 0.2\text{mm}$. La combinazione quasi permanente non è significativa poiché non comprende i carichi mobili che generano la quota parte preponderante delle sollecitazioni.

La verifica di fessurazione viene condotta verificando che la tensione σ_s nell'acciaio di armatura prossimo al lembo teso della sezione, calcolata nella sezione parzializzata per la combinazione di carico pertinenti (Tab. 4.1.IV), rientri nei limiti definiti dalle Tabelle C4.1.II e C4.1.III delle suddette Istruzioni (di seguito riportate).

Le verifiche sono condotte in base alla combinazione di carico frequente con i carichi mobili assunti come azione variabile dominante:

$$G_1 + G_2 + Q_{rit} + Q_{ced} + 0.75Q_{tandem} + 0.40Q_{mobili,unif} + 0.6*Q_{\Delta T} + 0.2*Q_{Vento}$$

La verifica si effettua per la sezione di pila P1, dove è massimo il momento negativo e quindi la tensione sulle barre di armatura della soletta.

Tabella C.4.1.II *Diametri massimi delle barre per il controllo di fessurazione*

Tensione nell'acciaio σ_s [MPa]	Diametro massimo ϕ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0.4$ mm	$w_2 = 0.3$ mm	$w_1 = 0.2$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	-

Tabella C.4.1.III *Spaziatura massima delle barre per il controllo di fessurazione*

Tensione nell'acciaio σ_s [MPa]	Spaziatura massima s delle barre (mm)		
	$w_3 = 0.4$ mm	$w_2 = 0.3$ mm	$w_1 = 0.2$ mm
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

L'armatura presente in questa sezione è pari a

$$A_{sol} = 1+1\phi 14/20 = 15.40\text{cm}^2/\text{m}$$

Considerando la larghezza efficace della soletta $b_{eff} = 274\text{cm}$ (vedi par.5.3.3) la quantità complessiva d'armatura collaborante con la trave metallica sarà pari a:

$$A_{sol, eff} = A_{sol} * b_{eff} = 15.40 * 2.74 = 42.19\text{cm}^2$$

L'analisi della sezione viene effettuata mediante l'applicativo di cui al par.5.3.

La tensione massima rilevata è pari a:

$$\sigma_{s, max} = 119.52 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Sez. B1, } \Delta T = +10^\circ, \text{ comb. Frequente})$$

Secondo la tabella C.4.1.II, per $\sigma_s < 160 \text{ N/mm}^2$ e $w < w_1$ posso avere diametro massimo del ferro $\phi_{max} = 25\text{mm} > 14\text{mm} = \text{diametro effettivo}$

Secondo la tabella C.4.1.III, per $\sigma_s < 160 \text{ N/mm}^2$ e $w < w_1$ posso avere distanza massima delle barre $s = 20\text{cm} > 10\text{cm} = \text{distanza effettiva}$.

La verifica è soddisfatta.

Di seguito si riportano le tabelle di output dell'applicativo..

SEZIONE B1. Appoggio Pila+10° FREQ Mmax (Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)**TRAVE METALLICA**

Altezza totale della trave in acciaio: 1100 Spessore anima: 22

Ala inferiore : 700 x 32 Ala superiore : 500 x 25

SOLETTA SUPERIORE

Armatura 1 Aa = 4219. Y = 1150.

Armatura 2 Aa = 4219. Y = 1135.

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 4.03

Tensione da variazioni termiche (1° fase): -3.43

SOLETTA INFERIORE

Soletta: larghezza = 0.00 spessore totale = 0.00 Armatura 1: Aa = 0 Y = 0

Coppella: larghezza = 0.00 spessore = 0.00 Armatura 2: Aa = 0 Y = 0

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

		TRAVE IN ACCIAIO	TRAVE + SOL. INF. n = 18.0	TRAVE COMPLETA	
				n = 18.0	n = 6.0
Quota baricentro		460.75	460.75	547.54	547.54
Area		5.7846E+04	5.7846E+04	6.6284E+04	6.6284E+04
Momento d'inerzia		1.1621E+10	1.1621E+10	1.5044E+10	1.5044E+10
Intradosso	W	2.5222E+07	2.5222E+07	2.7476E+07	2.7476E+07
Attacco Anima-Piattabanda Inferiore	W	2.7104E+07	2.7104E+07	2.9181E+07	2.9181E+07
	C	3.8967E-05	3.8967E-05	3.8967E-05	3.8967E-05
Baricentro Trave Acciaio	C	4.6876E-05	4.6876E-05	4.6876E-05	4.6876E-05
Baricentro Trave Completa	C		4.6876E-05	5.8006E-05	5.8006E-05
Attacco Anima-Piattabanda Superiore	W	1.8919E+07	1.8919E+07	2.8522E+07	2.8522E+07
	C	3.0643E-05	3.0643E-05	3.0643E-05	3.0643E-05
Estradosso Trave Acciaio	W	1.8179E+07	1.8179E+07	2.7231E+07	2.7231E+07
(b = 360.00)	C			9.2695E-07	9.2695E-07
Armatura 1 (Y = 1150.00)	W			2.4971E+07	2.4971E+07
Armatura 2 (Y = 1135.00)	W			2.5609E+07	2.5609E+07

SOLLECITAZIONI

	Sforzo Normale	Taglio	Momento Flettente
Sezione reagente: trave in acciaio			
Peso travi in acciaio	2.640E+3	4.818E+4	-1.836E+8
Prima precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Peso soletta inferiore	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore			
Peso soletta superiore	1.310E+4	2.742E+5	-1.043E+9
Ritiro soletta inferiore (1^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)			
Seconda precompressione	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Carichi permanenti portati	-6.750E+4	2.442E+5	-8.354E+8
Ritiro soletta superiore	-3.319E+6	8.180E+4	-1.415E+8
Ritiro soletta inferiore (2^ quota)	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0
Cedimenti appoggi	7.400E+3	8.940E+3	-1.286E+8
Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)			
Carichi mobili	2.783E+4	3.186E+5	-1.202E+9
Effetti termici	1.816E+6	-2.410E+4	4.139E+7
Vento	0.000E+0	0.000E+0	0.000E+0

COMMITTENTE AUTOSTRADA DEL BRENNERO			CODIFICA DOCUMENTO AI_04_20_02_01_RELAZIONE_CALCULO_IMPALCATO.DOC					FOGLIO 157 DI 162		
TENSIONI - (Fasi di costruzione)										
		Peso travi acciaio	1^ Prec.	Peso sol. inf.	Totale Trave in Acciaio	Peso sol. sup.	Ritiro sol.inf. 1^quota	Totale trave in acciaio +sol.inf.		
Intradosso	σ	-7.23	0.00	0.00	-7.23	-41.14	0.00	-48.37		
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	-6.73	0.00	0.00	-6.73	-38.27	0.00	-44.99		
	τ	1.88	0.00	0.00	1.88	10.68	0.00	12.56		
	σ_{id}	7.47	0.00	0.00	7.47	42.50	0.00	49.98		
Baricentro Trave Acciaio	τ	2.26	0.00	0.00	2.26	12.85	0.00	15.11		
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	9.75	0.00	0.00	9.75	55.37	0.00	65.12		
	τ	1.48	0.00	0.00	1.48	8.40	0.00	9.88		
	σ_{id}	10.08	0.00	0.00	10.08	57.25	0.00	67.33		
Estradosso Trave Acciaio	σ	10.15	0.00	0.00	10.15	57.62	0.00	67.76		
(b = 360.00)	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Sol.Sup.: Arm.1	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Sol.Sup.: Arm.2	σ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
TENSIONI - (Situazione finale)										
		2^ Prec.	Carichi perm. portati	Ritiro sol. sup.	Ritiro sol.inf. 2^quota	Cedimenti appoggi	Carichi mobili	Effetti termici	Vento	Totale Trave compl.
Intradosso	σ	0.00	-31.42	-55.23	0.00	-4.57	-43.32	28.90	0.00	- 154.01
Attacco Anima-Piat.Inf.	σ	0.00	-29.65	-54.93	0.00	-4.30	-40.76	28.81	0.00	- 145.81
	τ	0.00	9.52	3.19	0.00	0.35	12.42	-0.94	0.00	37.09
	σ_{id}	0.00	33.92	55.20	0.00	4.34	46.09	28.86	0.00	159.34
Baricentro Trave Acciaio	τ	0.00	11.45	3.83	0.00	0.42	14.94	-1.13	0.00	44.62
Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Baricentro trave Completa	τ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Attacco Anima-Piat.Sup.	σ	0.00	28.27	-45.12	0.00	4.62	42.55	25.94	0.00	166.51
	τ	0.00	7.48	2.51	0.00	0.27	9.76	-0.74	0.00	29.17
	σ_{id}	0.00	31.10	45.33	0.00	4.64	45.79	25.97	0.00	174.00
Estradosso Trave Acciaio	σ	0.00	29.66	-44.88	0.00	4.83	44.55	25.87	0.00	172.68
(b = 360.00)	τ	0.00	0.23	0.08	0.00	0.01	0.30	-0.02	0.00	0.58
Sol.Sup.: Arm.1	σ	0.00	32.44	28.13	0.00	5.26	48.54	5.15	0.00	119.52
Sol.Sup.: Arm.2	σ	0.00	31.60	27.99	0.00	5.13	47.35	5.20	0.00	117.27

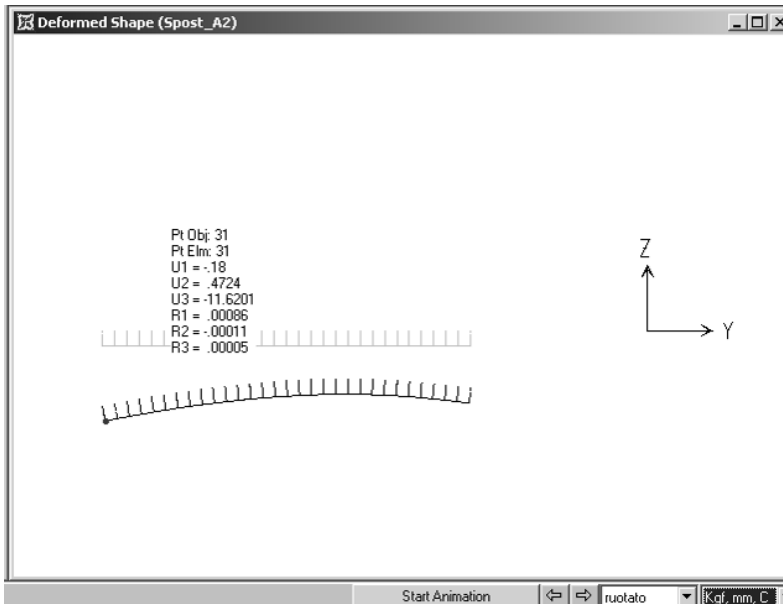
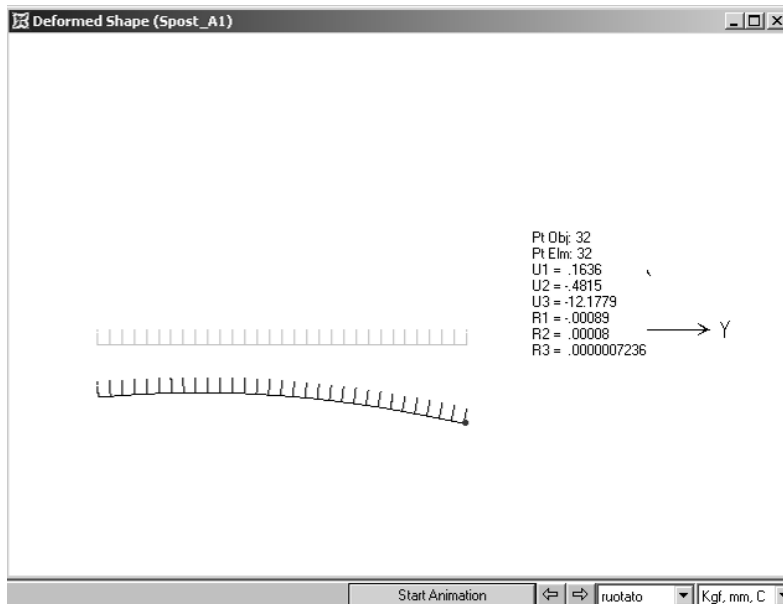
5.9 CALCOLO DELLE FRECCHE MASSIME

Nelle tabella seguente si riportano i risultati in termini di abbassamenti massimi in corrispondenza della mezzeria della campata centrale e delle campate laterali per le travi esterne; riferendosi alla terminologia usuale, le sezioni A e C sono rispettivamente quelle di mezzeria della campata P1-P2 e della campata SA-P1, mentre la trave 1 e la 2 sono rispettivamente la trave di bordo presso il lato esterno ponte e quella presso il lato interno ponte, verso l'altra via di corsa. Le combinazioni di carico adottate sono le seguenti:

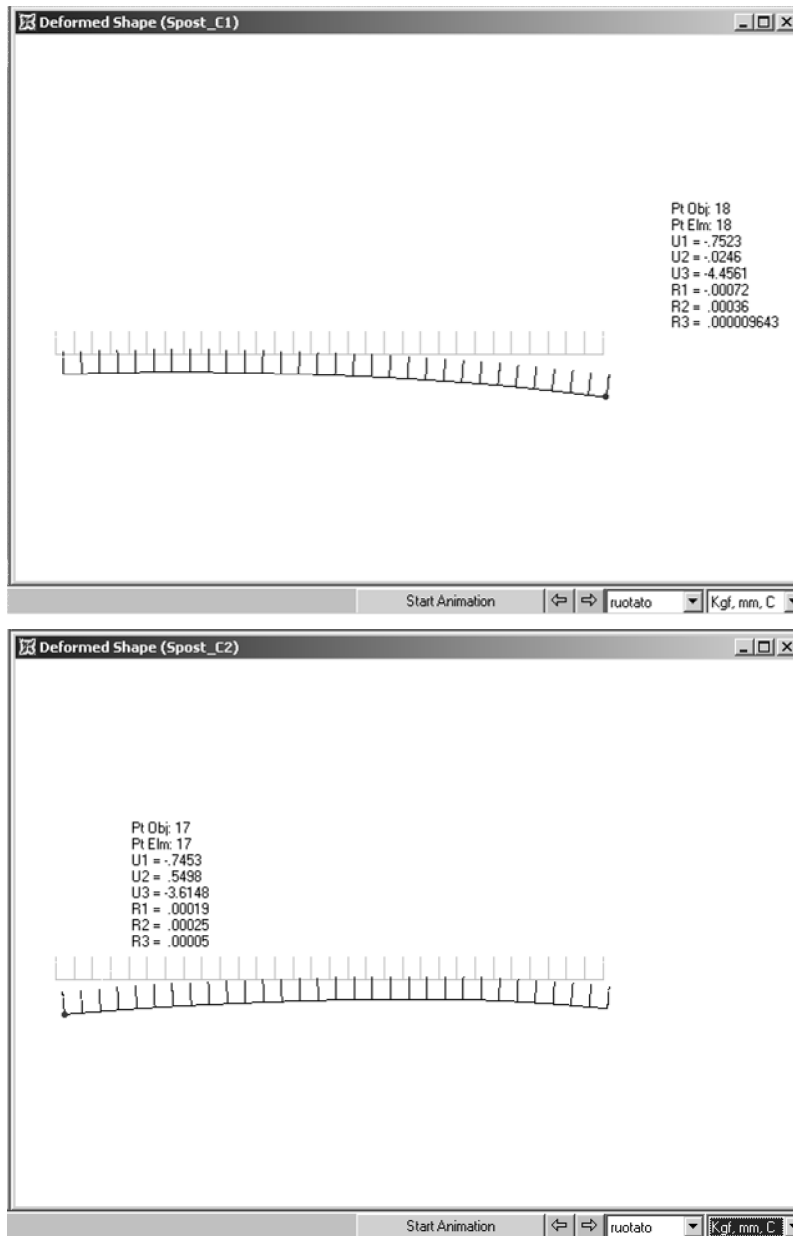
TABLE: Combination Definitions				
ComboName	ComboType	CaseType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Text	Text	Unitless
Spost_A1	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
		Linear Static	g2-Perm	1
		Response Com	Sc_A1	0.25
Spost_A2	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
		Linear Static	g2-Perm	1
		Response Com	Sc_A2	0.25

TABLE: Combination Definitions				
ComboName	ComboType	CaseType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Text	Text	Unitless
Spost_C1	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
		Linear Static	g2-Perm	1
		Response Com	Sc_C1	0.25
Spost_C2	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
		Linear Static	g2-Perm	1
		Response Com	Sc_C2	0.25

SEZIONE DI MEZZERIA CAMPATA P1/P2



SEZIONE DI MEZZERIA CAMPATA S1/P1



Le controfrecce di officina sono assunte pari agli abbassamenti teorici dovuti ai carichi permanenti più il 25% degli abbassamenti teorici dovuti ai carichi mobili:

Controfrecce di officina	Valore di calcolo	Valore di assunto
Campate laterali	4.46mm	5.00mm
Campata centrale	12.11mm	15.0mm

6 FASI DI VARO

6.1 ASPETTI GENERALI

Come indicato in relazione R1, si è proceduto ad una verifica delle strutture assemblate in fase di avanzamento sia in termini di resistenza dei materiali sia in termini di stabilità, usufruendo del programma di calcolo SAP2000 effettuando un'analisi non lineare per tener conto della controventatura solo in termini di trazione, ed un'analisi di buckling per verificare l'instabilità.

I carichi associato sono esclusivamente i pesi propri della struttura in acciaio assemblata. Il dimensionamento riportato è relativo al solo "varo 1" (costituito da una coppia di travi), perché più significativo.

La schematizzazione adottata per le travi è la seguente:

- elementi frame per le piattabande
- elementi shell per le anime

Il sistema di vincolamento è rappresentato da appoggi mobili (con vincolamento solo verticale).

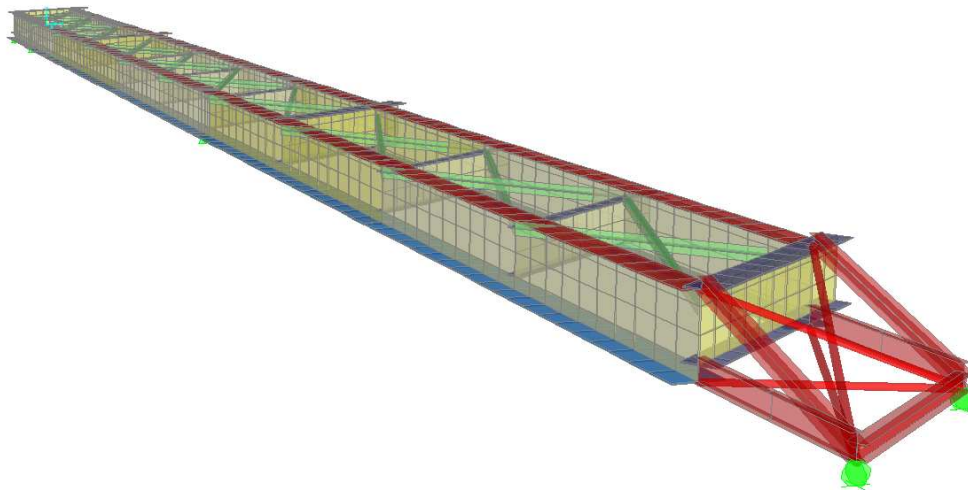


Figura 6.1 Schema modello 3D

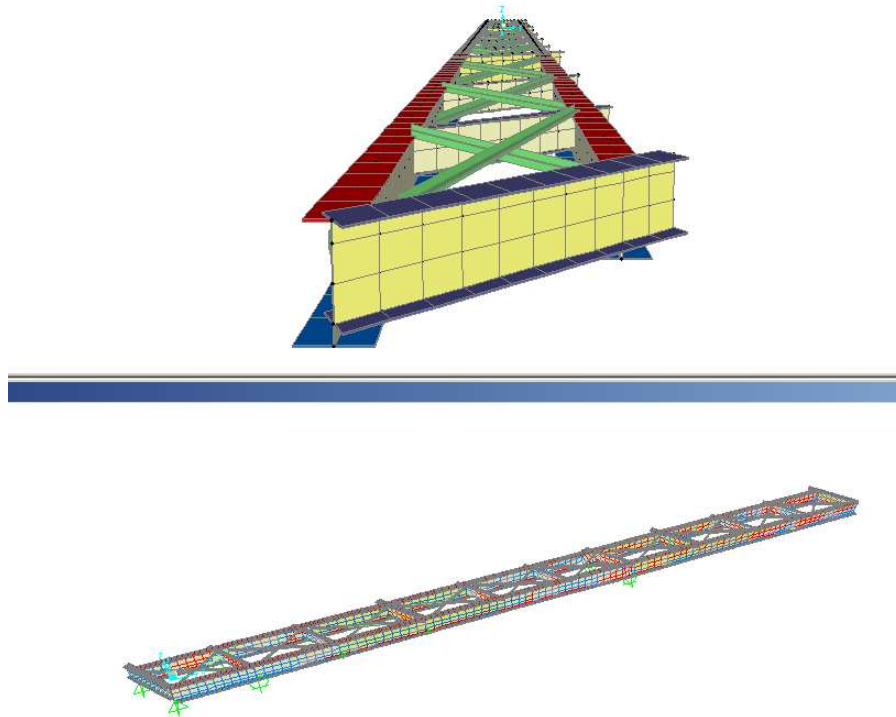


Figura 6.2 Viste generali

6.2 SOLLECITAZIONI E VERIFICHE

Si riportano di seguito i diagrammi delle sollecitazioni sia delle strutture principali, sia delle strutture ipotizzate per l'avambecco, nella posizione di avanzamento ritenuta più significativa, e precisamente prima dell'appoggio sulla seconda pila, con sbalzo massimo pari a 23.0m.

6.2.1 ANALISI DI BUCKLING

L'analisi in oggetto individua un coefficiente “ α ” moltiplicativo dei carichi applicati che evidenzia quanto siamo vicini o meno al carico critico Euleriano: se tale coefficiente è < 1 allora significa che la struttura si stabilizza; tanto è maggiore dell'unità, tanto ci allontaniamo dal carico critico.

Nel caso studiato il carico in gioco è il peso proprio, ed il coefficiente individuato è pari a:

$$\alpha = 12.57$$

L'Eurocodice prevede che per valori superiori a 10 (per gli archi) si può trascurare il carico critico.

6.2.2 DEFORMATA



Figura 6.3 Spostamento massimo

L'abbassamento massimo di estremità risulta 15.85cm: l'avambecco è attrezzato con una piastra inclinata che consente di “guidare” la struttura in posizione corretta.

6.2.3 SOLLECITAZIONI TRAVI

La sollecitazione massima in corrispondenza delle piattabande risulta.

Piattabanda superiore: 833.89 kN

Piattabanda inferiore: -1008.44 kN

Le sezioni delle piattabande risultano

Piattabanda superiore: $500 \times 20 = 10000 \text{ mm}^2$

Piattabanda inferiore: $700 \times 20 = 14000 \text{ mm}^2$

Da cui tensioni pari a:

Piattabanda superiore: $\sigma = 833.89 \times 1000 / 10000 = 83.39 \text{ N/mm}^2$

Piattabanda inferiore: $\sigma = -1008.44 \times 1000 / 14000 = 72.03 \text{ N/mm}^2$

Ampiamente inferiori alle tensioni di esercizio.

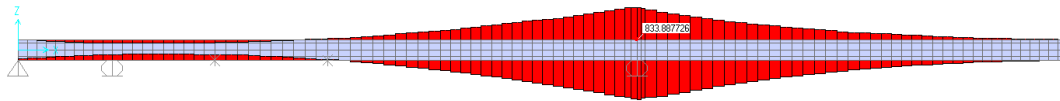


Figura 6.4 Tensione massima di trazione

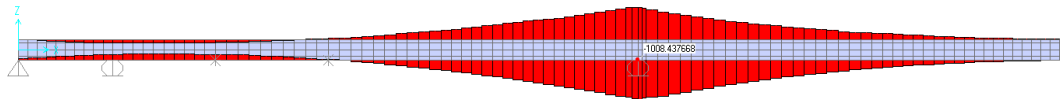


Figura 6.5 Tensione massima di compressione