

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01e s.m.i.**

CUP: J14D20000010001

U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD

PROGETTO DEFINITIVO

**LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA
LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA**

NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST

Prolungamento sottopasso Via Contrada Polese
SL02 - Prolungamento sottopasso di Via Contrada Polese
Relazione di calcolo impalcato

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I N 1 A 2 0 D 2 6 C L S L 0 2 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	V. Reale	Gen. 2022	M. Rigo	Gen. 2022	C. Mazzocchi	Gen. 2022	A. Perego Gen. 2022

File: IN1A20D26CLSL0200001A

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	5
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA	6
2.1	SOVRASTRUTTURA D'IMPALCATO	9
2.2	DISPOSITIVI DI VINCOLO	11
2.3	CONTESTUALIZZAZIONE DELL'OPERA E PARAMETRI CARATTERISTICI	11
2.3.1	<i>Vita nominale</i>	11
2.3.2	<i>Sismica</i>	12
2.3.3	<i>Parametri linea</i>	12
3	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	13
3.1	RIFERIMENTI NORMATIVI	13
3.2	RIFERIMENTI DI PROGETTO	14
4	MATERIALI	14
4.1	CALCESTRUZZO	14
4.1.1	<i>Classi di resistenza e di esposizione</i>	14
4.1.2	<i>Copriferri</i>	14
4.2	ACCIAIO DA CEMENTO ARMATO	14
4.3	ACCIAIO DA CARPENTERIA	15
5	MODALITÀ DI CALCOLO E CONVENZIONI	15
5.1	SOFTWARE IMPIEGATO	15
5.2	MODALITÀ DI CALCOLO E VERIFICA	15
5.3	CONVENZIONI	15
6	IMPALCATO	16
6.1	MODALITÀ GENERALI DI CALCOLO E VERIFICA	16
6.1.1	<i>Implementazione condizioni di carico</i>	19

6.1.2	Carichi variabili da traffico (Q_k)	21
6.1.3	Azioni associate ai carichi mobili	22
6.1.4	Sismica	24
6.1.5	Combinazioni di carico	25
6.1.6	Verifiche	25
6.1.7	Esportazione delle sollecitazioni insistenti sulle spalle	26
6.2	ANALISI DEI CARICHI	29
6.2.1	Pesi propri (g_k)	29
6.2.2	Sovraccarichi permanenti	30
6.2.3	Azioni da traffico (Q_k)	31
6.2.4	Sovraccarico sui marciapiedi (q_f)	42
6.2.5	Azioni del vento (F_w)	42
6.2.6	Variazioni termiche (T_k)	46
6.2.7	Azioni sismiche (E)	47
6.2.8	Azioni eccezionali	51
6.2.9	Combinazioni di carico	52
6.3	ANALISI STRUTTURALE IMPALCATO	55
6.3.1	Modellazione F.E.M.	55
6.3.2	Principali risultati	60
6.4	VERIFICHE STRUTTURALI IMPALCATO	91
6.4.1	Verifica travi metalliche	91
6.4.2	Verifica solettone in c.a. in direzione trasversale	94
6.5	VERIFICHE PER COMBINAZIONI ECCEZIONALI	111
6.5.1	Deragliamenti	111
6.6	VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ	113
6.6.1	Frecce verticali	113

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	4 di 128

6.7	DISPOSITIVI DI VINCOLO.....	114
6.7.1	<i>Portate</i>	115
6.7.2	<i>Escursioni appoggi</i>	125
6.7.3	<i>Rotazioni agli appoggi</i>	125
6.8	GIUNTI E VARCHI.....	126
6.8.1	<i>Escursione giunti</i>	126
6.8.2	<i>Ampiezza minima varco giunti</i>	128
7	INCIDENZE.....	128

1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto la progettazione definitiva di opere strutturali relative all'Ingresso Est al Nodo AV/AC di Verona Porta Nuova della Tratta AV/AC Brescia-Verona.

L'intervento prevede la realizzazione delle nuove linee, prevalentemente in affiancamento al sedime della attuale Linea Storica Milano-Venezia, nel tratto compreso tra l'uscita dell'Autostrada Verona Nord e la radice est della Stazione Ferroviaria di Verona Porta Vescovo, per una estensione di circa 9.7 km dall'inizio dello Scalo Cason alla fine della linea AV/AC. Tali interventi sono funzionali al progetto di linea della Tratta Brescia Est – Verona.

- MODIFICA DI TRACCIATO DELLE LINEE MI-VE STORICA E VR-BRENNERO
- LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA
- NUOVO SCALO IN LOCALITA' CASON
- RACCORDO BIVIO S.MASSIMO – VERONA P.N.
- RACCORDO Q.E. – VERONA P.N.
- INTERVENTI NELL'AMBITO DI VERONA PORTA NUOVA
- INTERVENTI NELL'AMBITO DI VERONA PORTA VESCOVO

Sono previsti interventi di potenziamento e riconfigurazione della stazione di Verona Porta Nuova e Verona Porta Vescovo. Il progetto comprende tutte le opere atte a consentire l'allaccio e l'interfaccia con le linee storiche esistenti e la risoluzione delle interferenze tra la parte di progetto stesso e l'esistente (viabilità, idrografia, ecc).



Figura 1.1 Vista aerea della tratta

2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il progetto prevede la realizzazione di un ponte a travi incorporate necessario alla risoluzione dell'interferenza della nuova linea AV/AC con Via Contrada Polese.

Nell'intorno del centro di riparazione treni IMC di Verona S. Lucia, è ubicata l'attuale opera di sottovia della linea storica lungo via Contrada Polese, realizzata con un impalcato a travi incorporate.

L'opera si presenta in obliquo rispetto alla linea con una inclinazione di circa 50°.

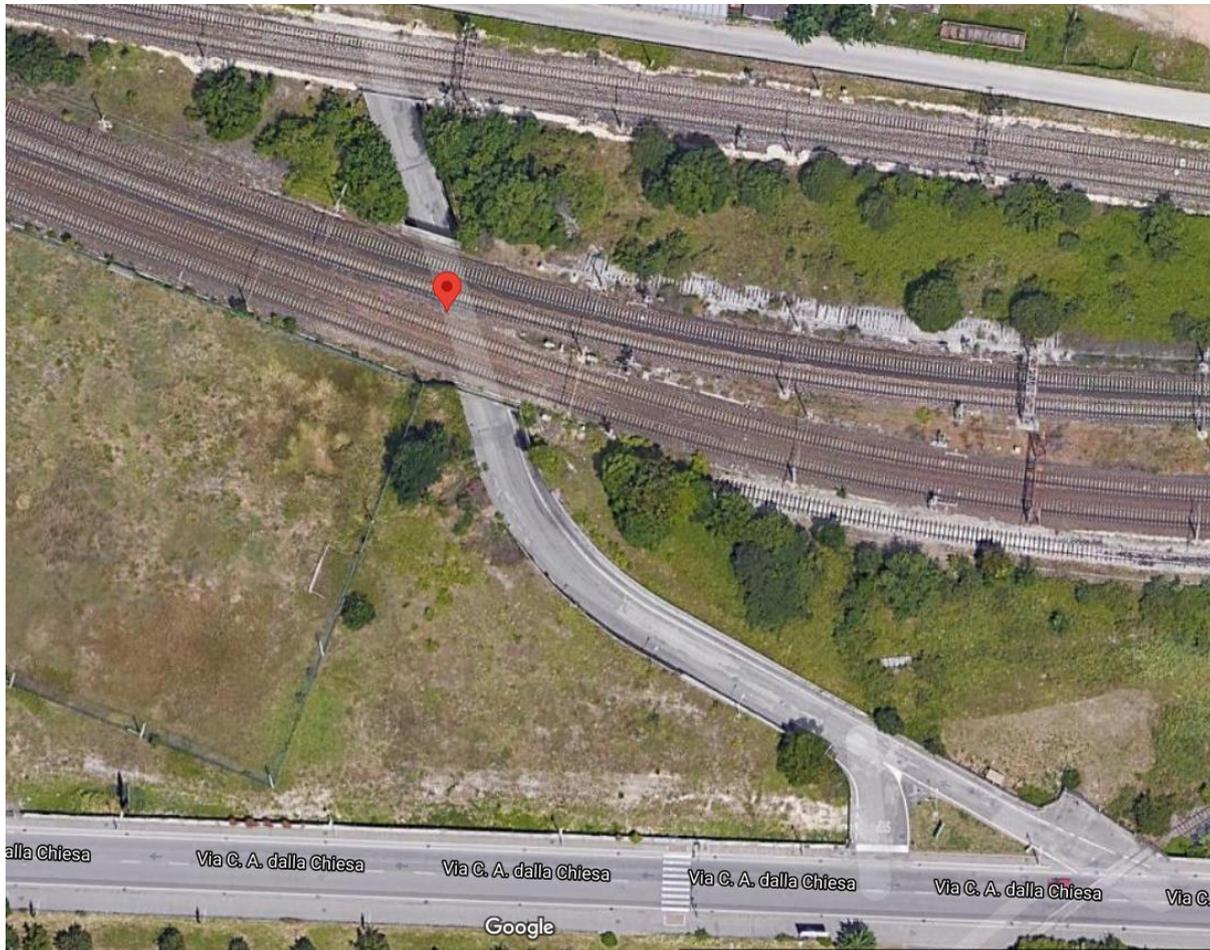


Figura 2.1 Vista aerea dell'opera

L'intervento in progetto è collocato in corrispondenza della progressiva chilometrica 155+133 della linea AC/AV.

Si tratta di un ponte disposto a nord dell'interferenza attuale del tracciato della linea ferroviaria con Via Contrada Polese. La quota di realizzazione dell'impalcato è di circa 5 metri superiore a quella del vecchio impalcato.

La struttura esistente sarà demolita per circa 4.6 metri per consentire di ospitare il nuovo impalcato.

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	7 di 128

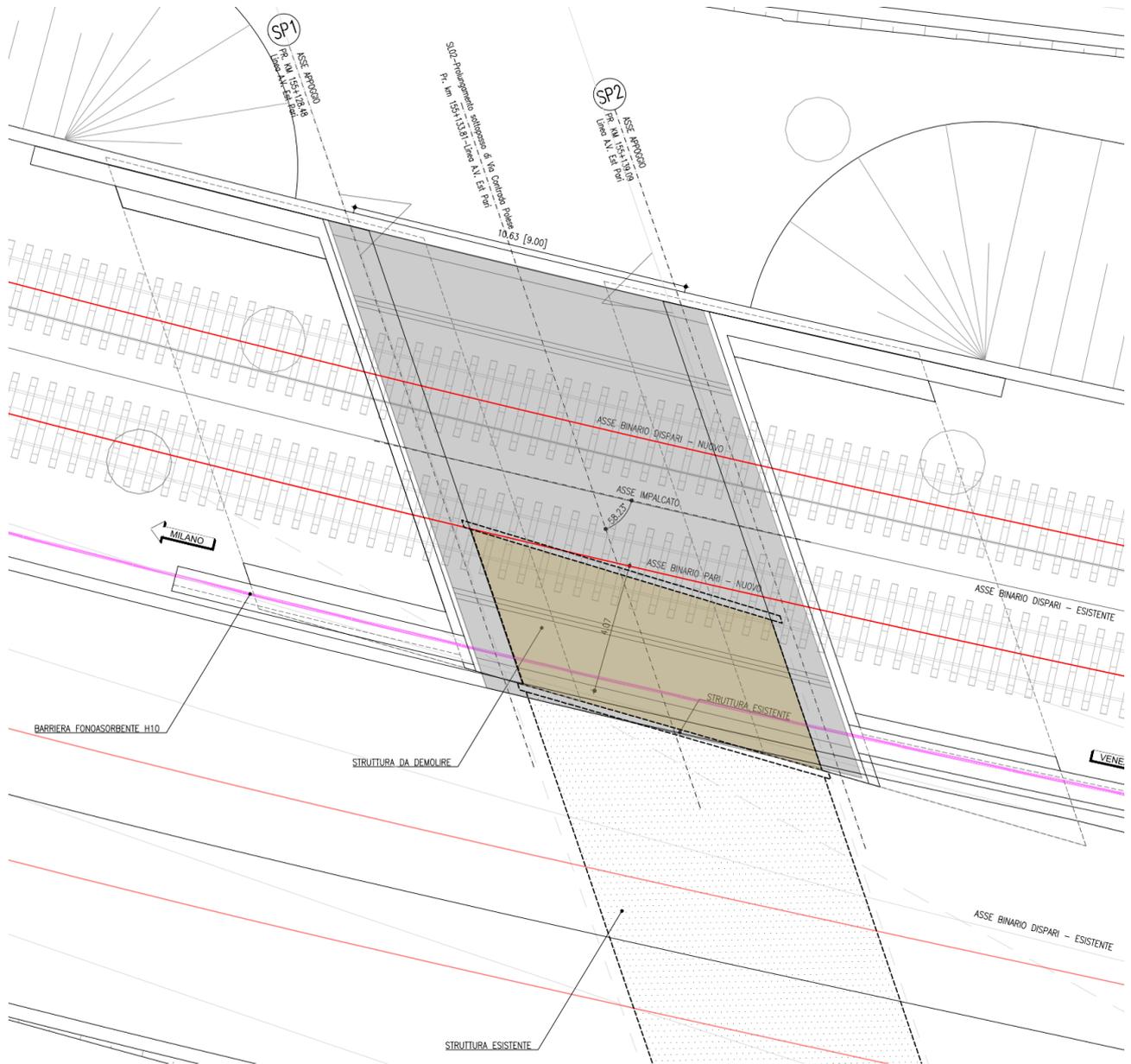


Figura 2.2 Planimetria stato di progetto

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	8 di 128

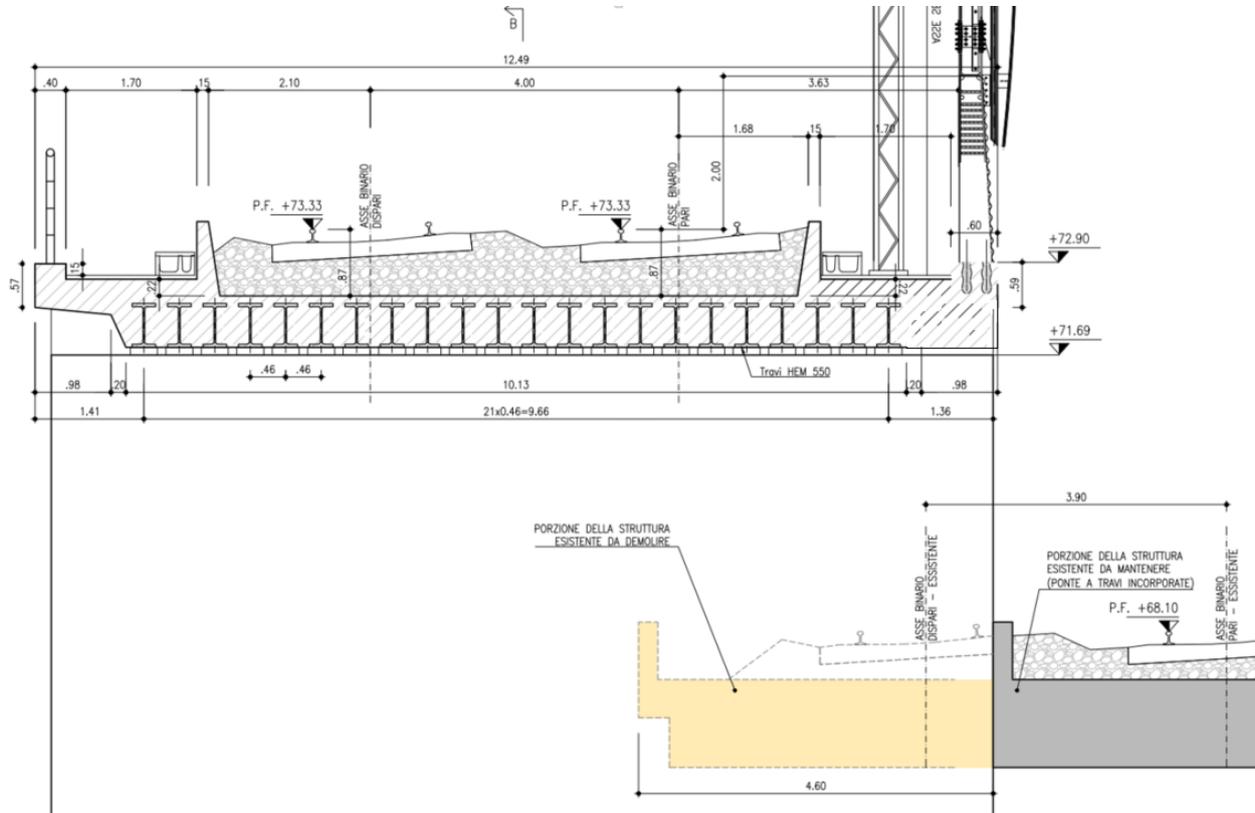


Figura 2.3 Sezione trasversale stato di progetto

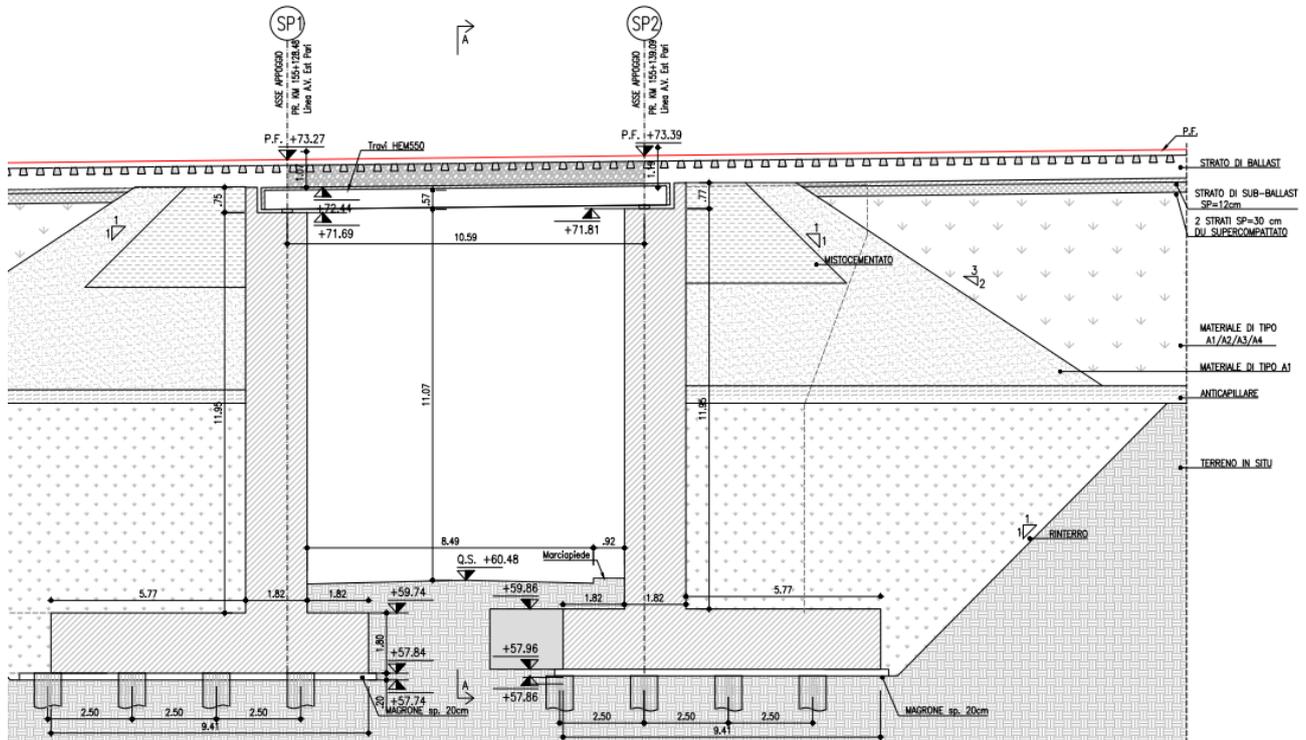


Figura 2.4 Sezione longitudinale stato di progetto

In particolare, l'attraversamento della linea ad Alta Capacità verrà realizzato con un impalcato a travi incorporate con luce libera tra gli appoggi in asse binario pari a 10.60 m circa e larghezza in direzione ortogonale all'asse binario 12.49 m. Tale larghezza consente la realizzazione della sede ferroviaria per i binari della nuova linea.

Si prevede che l'impalcato appoggi su spalle in c.a. con fondazioni costituite da pali.

La presente relazione riporta i calcoli statici della sovrastruttura di impalcato, apparecchiature di vincolo incluse, inerenti alla fase di progettazione definitiva.

2.1 Sovrastruttura d'impalcato

La sovrastruttura d'impalcato è costituita da un solettone in c.a. a travi incorporate, di luce netta in asse binario pari a 10.59m e larghezza in direzione ortogonale all'asse di 12.49m. Come mostrato nelle figure seguenti, la sede binari, che ospita due binari tracciati in curva, risulta leggermente decentrata verso il bordo destro. I parametri identificativi del solettone (spessore c.a. e travi), sono riconducibili a quelli suggeriti dal MdP, cap. 2.9, avendo previsto:

Travi metalliche principali: n. 22 profili tipo HEM 550

Interasse travi metalliche: 0.46 m

Spessore minimo soletta: 0.66 m

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	10 di 128

14 < L ≤ 14.50	HEA 800	11	46,2	91	79	174,3	2464
	HEA 900	9	57,7	101	89	184,3	2268
	HEB 800	9	57,7	92	80	175,3	2358
	HEM 700	12	42	83,6	71,6	166,9	3612

Tabella 2.1 - stralcio MdP, TAB. 2

Sul bordo sinistro dell'impalcato è presente uno sbalzo laterale di spessore ridotto, con aggetto pari a 98 cm, mentre sul lato destro lo sbalzo è realizzato dello spessore dell'impalcato per alloggiare una barriera di altezza H10.

Il retrotrave presenta una lunghezza complessiva in retto pari a 0.50 m.

Il tracciato ferroviario impegna il solettone con un raggio planimetrico pari a circa 800 m.

Le figure seguenti riportano pianta e sezione tipica dell'opera.

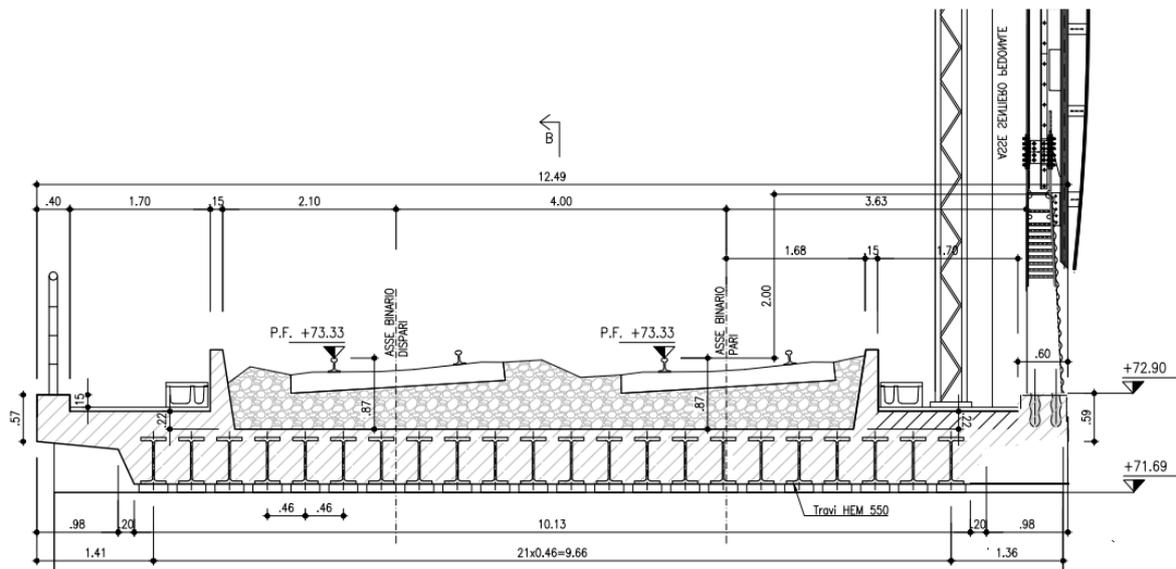
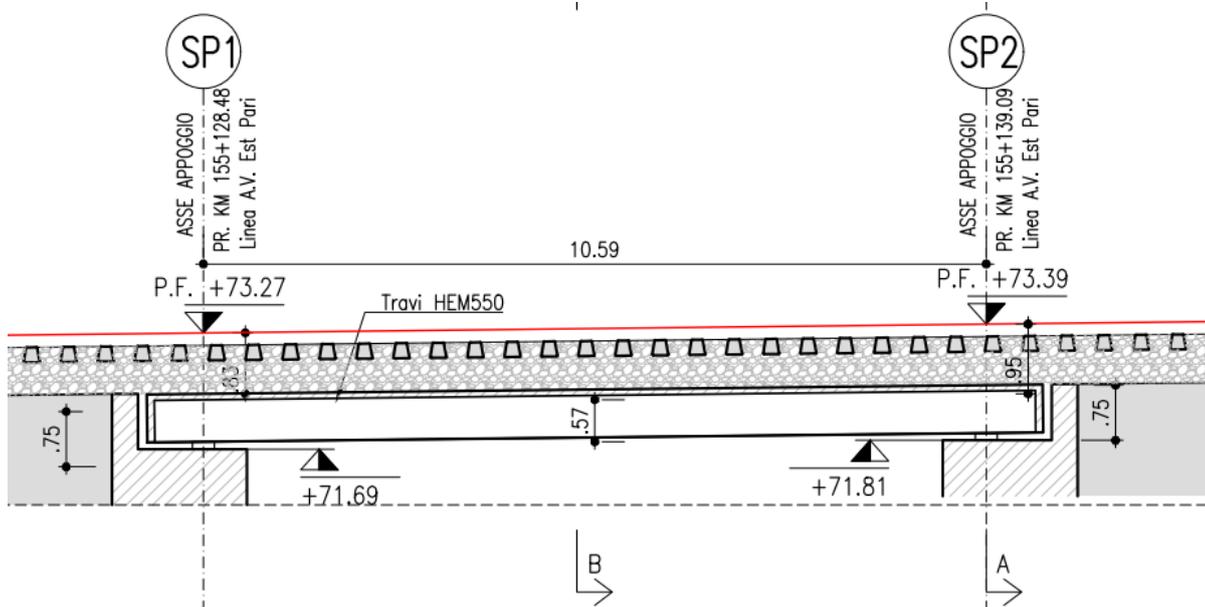


Figura 2.5 Sezione trasversale impalcato


Figura 2.6 Sezione longitudinale impalcato

2.2 Dispositivi di vincolo

Data la limitata luce del ponte e l'elevato numero di travi, per il sistema di vincolo si opta verso una soluzione atta a favorire la distribuzione delle sollecitazioni sui vari dispositivi, basata sull'adozione di dispositivi elastomerici che, secondo le indicazioni del MdP risulteranno dotati di piastre metalliche superiore ed inferiore, vulcanizzate al cuscinetto elastomerico, atte a vincolare meccanicamente il dispositivo alla sovrastruttura ed alla sottostruttura.

Le caratteristiche di massima dei dispositivi (dimensioni, ingombro e rigidità) sono state dedotte dal catalogo della produzione di uno dei maggiori produttori nazionali, e sono le seguenti:

Dimensione cuscinetto (diam. in mm)	400
Rigidità orizzontale (kN/mm)	1.9
Spessore totale (mm)	84

Tabella 2.2 Caratteristiche dispositivi di vincolo

Nei successivi paragrafi verrà completata l'identificazione dei dispositivi, fornendo i dati inerenti le portate orizzontali e verticali.

2.3 Contestualizzazione dell'opera e parametri caratteristici

2.3.1 Vita nominale

L'opera ricade nell'ambito di una linea ferroviaria esistente.

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	12 di 128

Per quanto riguarda i parametri caratteristici, rilevanti ai fini della valutazione delle azioni ambientali (sisma, vento, etc.), si farà quindi riferimento ai seguenti dati identificativi:

V_n: 50 anni vita nominale dell'opera

Classe d'uso: IV

Cu: 2

V_r = 100 anni vita di riferimento

2.3.2 Sismica

Ai fini della valutazione dei parametri sismici, si farà riferimento alle seguenti coordinate identificative dell'ubicazione dell'opera:

Latitudine: 45.42403

Longitudine: 10.96222

La vita di riferimento di 100 anni verrà considerata per la valutazione delle azioni sismiche e di quelle del vento.

Ulteriori dettagli inerenti la valutazione delle azioni sismiche (spettri di risposta) e del vento, sono riportati nei capitoli a seguire.

2.3.3 Parametri linea

Per quanto riguarda i parametri d'uso della linea, si considererà, inoltre, una velocità di progetto pari:

V = 100 km/h

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	13 di 128

3 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

3.1 Riferimenti normativi

Le analisi strutturali e le relative verifiche vengono eseguite secondo il metodo semi-probabilistico agli Stati Limite in accordo alle disposizioni normative previste dalla normativa italiana (NTC2018) ed in osservanza con i criteri aggiuntivi contenuti nella documentazione di riferimento RFI, in particolare il complesso dei manuali facente parte del manuale di progettazione, versione 2020 (cfr. dettaglio), nel prosieguo denominato, nei riferimenti "MDP". Si è inoltre fatto riferimento, quando pertinente, alle disposizioni contenute nella normativa europea (Eurocodici), curando l'implementazione in osservanza alle prescrizioni contenute nei relativi NAD's (National Application Documents).

In dettaglio si sono presi in esame quindi i seguenti documenti, che volta in volta verranno opportunamente richiamati:

D.M. 17.01.2018:	Nuove norme tecniche per le costruzioni (indicate nel prosieguo "NTC")
Circ. Min LLPP n.7/2019:	Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D. Min. 17 gennaio 2018
D.M. 31.07.2012	Approvazione delle Appendici Nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici
RFI DTC SI PS MA IFS 001 E:	Manuale di progettazione delle opere civili . Parte II – sez. 2 "Ponti e strutture".
UNI 11104:	"Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1";
UNI EN 206-1:2014:	"Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità";
CEB-FIP Model Code 1990,	Thomas Telford, London 1993
Norma UNI EN 10025 – 2005 –	"Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali;
UNI EN 1990:	Basi della progettazione strutturale
UNI EN 1991-1-4:	Azioni sulle strutture – Azione del vento
UNI EN 1991-1-5:	Azioni sulle strutture – Azioni termiche
UNI EN 1991-2:	Azioni sulle strutture – Carichi da traffico sui ponti
UNI EN 1992-1-1:	Progettazione delle strutture di calcestruzzo - regole generali e regole per gli edifici
UNI EN 1992-2:	Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Ponti di calcestruzzo
UNI EN 1993-1-1:	Progettazione delle strutture di acciaio – Regole generali e regole per gli edifici
UNI EN 1993-2:	Progettazione delle strutture di acciaio – Ponti di acciaio
UNI EN 1993-1-5:	Progettazione delle strutture di acciaio – Elementi strutturali a lastra
UNI EN 1993-1-8:	Progettazione delle strutture di acciaio – Progettazione dei collegamenti
UNI EN 1993-1-9:	Progettazione delle strutture di acciaio – Fatica

UNI EN 1994-1-1:	Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Regole generali e regole per gli edifici
UNI EN 1994-2:	Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Ponti
UNI EN 1998-2:	Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Ponti
UNI EN 1090-2:	Execution of steel structures and aluminium structures - part 2: technical requirements for steel structures

3.2 Riferimenti di progetto

Progetto preliminare Linea AV/AC Milano Venezia- Nodo AV/AC di Verona: Ingresso EST

Relazione sulle indagini geognostiche RFI DTC ICI PO SC 08 17 1684-VR0-1-OA-62 RB-01

4 MATERIALI

4.1 Calcestruzzo

4.1.1 Classi di resistenza e di esposizione

Si prevede l'adozione dei seguenti materiali, qui di seguito identificati attraverso la relativa classe di resistenza e di esposizione.

Elemento	classe resistenza	classe esposizione
Solettone	C32/40	XC4

Tabella 4.1 Calcestruzzo

4.1.2 Copriferri

I copriferri sono determinati sulla base della classe di esposizione, seguendo i criteri contenuti in NTC2018 / EN 1992-1-1, unitamente alle prescrizioni aggiuntive contenute in MdP 2.5.22.3.2., che prevedono un incremento di 10 mm per gli elementi posti in ambiente aggressivo.

Per i vari elementi strutturali, si sono considerati i seguenti copriferri:

Solettone a travi incorporate: $c = 45 \text{ mm}$

4.2 Acciaio da cemento armato

Acciaio in barre ad aderenza migliorata

B450C controllato in stabilimento, resistenza caratteristica di snervamento $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL 02 00 001	REV. A

4.3 Acciaio da carpenteria

Per le travi principali si prevede l'utilizzo di profili standard in acciaio classe S355 laminati a caldo, della serie "HE", conformi alla norma EN 10025-1.

5 MODALITÀ DI CALCOLO E CONVENZIONI

5.1 Software impiegato

L'analisi della struttura viene eseguita tramite modellazione con il metodo degli elementi finiti, adottando il sistema software "LUSAS (vers. 19.0)", fornito da F.E.A. Ltd (U.K.) su piattaforma windows 10; il pacchetto software comprende pre-post processore grafico interattivo destinato all'input della geometria di base ed all'interpretazione dei risultati di output, ed un risolutore ad elementi finiti.

Il software è dotato di "verification manual" che potrà essere fornito su richiesta.

Per le verifiche delle sezioni in cemento armato si utilizzano alternativamente il software RC-SEC della Geostru o il software VCASLU del Prof. Gelfi.

Per le verifiche di base dei profili standard in acciaio, si impiega il software "ProfiliV6", del Prof. Gelfi.

Per l'impostazione automatica di calcoli ripetitivi e la gestione/presentazione dei dati, si utilizzano inoltre fogli elettronici sviluppati su piattaforma excel, le cui modalità operative verranno dettagliate di volta in volta per ciascun specifico caso.

5.2 Modalità di calcolo e verifica

In linea generale, l'approccio alla struttura nel suo complesso viene condotto studiando separatamente la sovrastruttura di impalcato (intesa come assieme costituito dall'impalcato + dispositivi di vincolo) e le sottostrutture.

Nei punti seguenti si riportano, in specifici capitoli, le modalità operative di dettaglio adottate per l'analisi e verifica, evidenziando, oltre ai criteri generali ed ipotesi-base di analisi e verifica strutturale, le "azioni di interfaccia", scambiate tra l'uno e l'altro elemento.

5.3 Convenzioni

lunghezze: m

forze - coppie: N, Nm

tensioni: N/mm²

Per quanto riguarda le convenzioni di segno, si considerano, in generale, positive le trazioni.

Per quanto riguarda le azioni interne nell'impalcato, salvo diversamente specificato, si indicherà con:

F_x azione assiale

F_y azione tagliante agente nel piano orizzontale

F_z azione tagliante agente nel piano verticale

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	16 di 128

M_x momento torcente
 M_y momento flettente agente nel piano verticale
 M_z momento flettente agente nel piano orizzontale

Le verifiche dell'impalcato verranno eseguite esclusivamente con riferimento alle caratteristiche F_x , F_z , M_y , dal momento che risultano non significativi i contributi F_y , M_x ed M_z .

Le notazioni impiegate sono conformi a quelle impiegate negli Eurocodici ed indicate nei relativi capitoli introduttivi.

In particolare, per le sollecitazioni verrà impiegata anche la seguente notazione alternativa:

M (M_f) in luogo di M_y
 V in luogo di F_z
 T in luogo di M_x

Nell'ambito dell'adozione del sistema di riferimento elementare, si precisa che le azioni flettenti di trave sono da intendersi:

- POSITIVE: se le fibre tese sono rivolte all'estradosso trave
- NEGATIVE: se le fibre tese sono rivolte all'intradosso trave

Si riporta la convenzione dei segni rispettivamente per il momento flettente e per il taglio negli schemi seguenti.

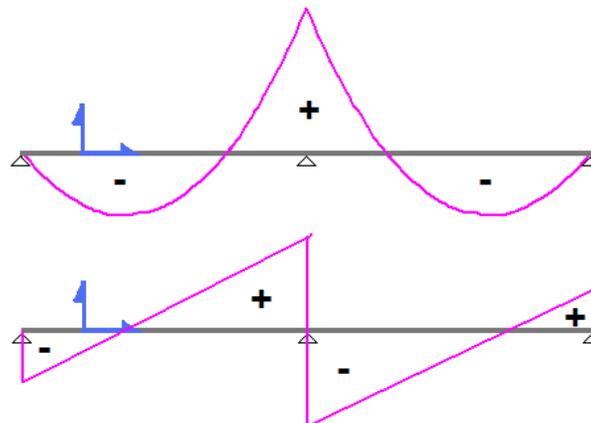


Figura 5.1: Azioni di trave: convenzione sui segni

6 IMPALCATO

6.1 Modalità generali di calcolo e verifica

Ai fini del calcolo delle sollecitazioni, il solettone a travi incorporate viene modellato tramite una discretizzazione a grigliato formato da elementi principali longitudinali e trasversali. I primi sono orditi in asse alle travi metalliche incorporate nel calcestruzzo, mentre i secondi, responsabili della collaborazione trasversale dei vari elementi portanti longitudinali, sono orditi trasversalmente, ai primi, con un'ampiezza di discretizzazione paragonabile all'interasse degli elementi longitudinali.

Le proprietà geometriche adottate per gli elementi longitudinali vengono ricavate omogeneizzando il calcestruzzo ad acciaio, con riferimento all'ampiezza collaborante di competenza di ciascuna trave; le proprietà geometriche degli elementi trasversali sono definite sulla base di una sezione in calcestruzzo di ampiezza pari alla porzione di calcestruzzo modellata di competenza a ciascun elemento. Conformemente alle ipotesi di discretizzazione assunte, le rigidezze torsionali degli elementi "beam" longitudinali e trasversali verranno dimezzate.

A favore di sicurezza, la porzione di calcestruzzo afferente allo sbalzo in aggetto trasversale, verrà considerata solamente ai fini del calcolo dei pesi strutturali. La modellazione tiene conto delle effettive eccentricità verticali, posizionando, convenzionalmente, il piano nodale della mesh a quota estradosso solettone. Le proprietà geometriche degli elementi strutturali afferenti ai fili longitudinali e trasversali tengono conto automaticamente dell'eccentricità del proprio baricentro rispetto al piano nodale.

Gli elementi di appoggio, modellati tramite elementi "joint" (elementi unidimensionali a 6 g.d.l.), dotati delle opportune rigidezze, sono collegati al piano nodale tramite elementi rigidi che riportano l'effettiva eccentricità del piano appoggi rispetto al piano di riferimento. Essi sono rigidamente collegati ad un ulteriore elemento tipo "joint" ubicato in corrispondenza del baricentro del sistema di appoggio, che, vincolato a terra, restituisce le risultanti complessive in termini di azioni e momenti in corrispondenza del baricentro appoggi.

Le figure seguenti riportano la discretizzazione operate per i vari elementi della sezione trasversale, ed il relativo modello FEM, in forma schematica e rispettivamente renderizzata.

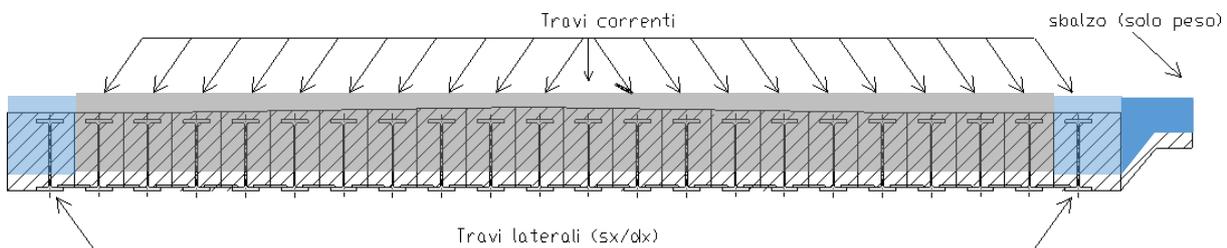
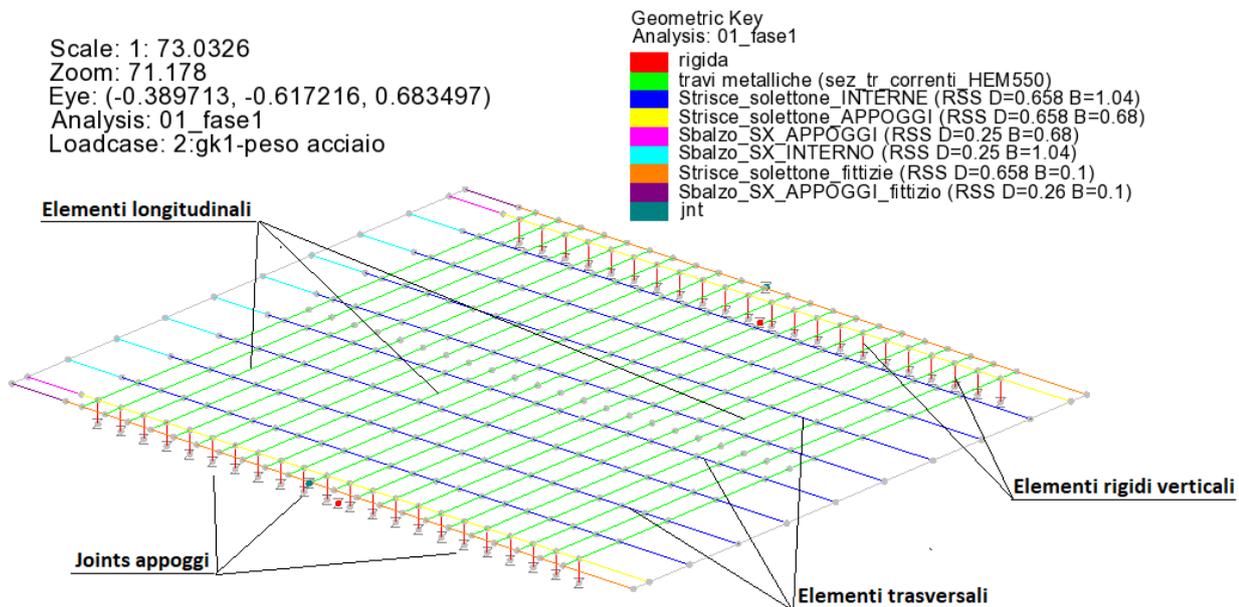


Figura 6.1 "Suddivisione elementi longitudinali"


Figura 6.2 “mesh E.F.”

L’analisi strutturale verrà condotta sovrapponendo le sollecitazioni ricavate da analisi separate. La tabella seguente riepiloga le fasi studiate, indicando, per ciascuna di esse, le proprietà assunte per gli elementi principali.

nome fase	carichi/masse presenti	tipo analisi	Proprietà Geometriche attive
Fase1	Peso elementi metallici Peso getto calcestruzzo	Statica lin.	Solo elementi metallici
Fase2	Peso sbalzo/i laterale/i Sovraccarichi finiture Sovraccarichi ballast	Statica lin.	Elementi metallici+cls omogeneizzati (n \cong 17.03) + elementi trasversali c.a.
Fase3	Carichi mobili e azioni associate Vento Sovraccarico marciapiede Variazioni termiche uniformi	Statica lin.	Elementi metallici+cls omogeneizzati (n=6.30) + elementi trasversali c.a.
Modale	Masse pesi propri + 0.2 variabili	Modale	Elementi metallici omogeneizzati + elementi trasversali c.a.

Tabella 6.1 “Fasi di analisi e contributi di carico”

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	19 di 128

6.1.1 Implementazione condizioni di carico

Per l'implementazione dei carichi nel modello, si adottano le tipologie presenti nella libreria del sistema E.F. Lusas, in particolare:

Carichi tipo "internal beam distributed" oppure tipo "global distributed"

Adottati per modellare contributi di carico lineare, uniformemente distribuiti sugli elementi di trave

Carichi tipo "patch" di superficie

Adottati per modellare carichi di superficie uniformemente distribuiti su zone delimitate dell'impalcato, indipendentemente dalla posizione e direzione degli elementi "beam" che formano la mesh

Carichi tipo "patch" di linea

Adottati per modellare carichi lineari uniformemente distribuiti su allineamenti delimitati dell'impalcato, indipendentemente dalla posizione e direzione degli elementi "beam" che formano la mesh

Carichi tipo "thermal"

Adottati per modellare gli effetti delle variazioni termiche uniformi

La tabella seguente riepiloga le varie tipologie di carico analizzate singolarmente nel modello.

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	20 di 128

Loadset	Loadcase	tipo carico	note
Pesi propri (gk1)			
	peso proprio elementi metallici	internal beam distributed	
	peso proprio getto calcestruzzo	internal beam distributed	
Peso finiture (gk2)			
	cordolo sx (*)	patch - superficie	
	cordolo dx (*)	patch - superficie	
	paraballast sx	patch - superficie	
	paraballast dx	patch - superficie	
	portacavi sx (*)	patch - superficie	include contributo imperm.
	portacavi dx (*)	patch - superficie	include contributo imperm.
	impermeabilizzazione zona ballast	patch - superficie	
	impermeabilizzazione zona marc. sx	patch - superficie	
	impermeabilizzazione zona marc. dx	patch - superficie	
	barriera standard 4m sx	global distributed	Predisposizione per barriera futura
	Barriera fonoassorbente H10 dx	global distributed	barriera effettivamente presente
Peso sbalzo (gk1)			
	peso sbalzo sx - effetto V	internal beam distributed	Effetto verticale
	peso sbalzo sx - effetto T	internal beam distributed	Effetto torcente
	peso sbalzo dx - effetto V	internal beam distributed	Effetto verticale
	peso sbalzo dx - effetto T	internal beam distributed	Effetto torcente
Peso ballast (gk3)			
	ballast	patch - superficie	
Carichi mobili (Qk)			
	LM71 - eff. verticale - ecc. POS – pos. A - bin. 1	patch - superficie	
	LM71 - eff. verticale - ecc. NEG – pos. A - bin. 1	patch - superficie	
	LM71 - eff. verticale - ecc. POS – pos. A - bin. 2	patch - superficie	
	LM71 - eff. verticale - ecc. NEG – pos. A - bin. 2	patch - superficie	
	LM71 - eff. verticale - ecc. POS – pos. B - bin. 1	patch - superficie	
	LM71 - eff. verticale - ecc. NEG – pos. B - bin. 1	patch - superficie	
	LM71 - eff. verticale - ecc. POS – pos. B - bin. 2	patch - superficie	
	LM71 - eff. verticale - ecc. NEG – pos. B - bin. 2	patch - superficie	
	LM71 - eff. verticale - ecc. POS – pos. C - bin. 1	patch - superficie	
	LM71 - eff. verticale - ecc. NEG – pos. C - bin. 1	patch - superficie	
	LM71 - eff. verticale - ecc. POS – pos. C - bin. 2	patch - superficie	
	LM71 - eff. verticale - ecc. NEG – pos. C - bin. 2	patch - superficie	
	SW/2 - eff. verticale - bin. 1	patch - superficie	
	SW/2 - eff. verticale - bin. 2	patch - superficie	

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	21 di 128

Loadset	Loadcase	tipo carico	note
	LM71 - az. Centrifuga (eff. Vert + Trv) bin. 1	patch - superficie	
	LM71 - az. Centrifuga (eff. Vert + Trv) bin. 2	patch - superficie	
	SW/2 - az. Centrifuga (eff. Vert + Trv) bin. 1	patch - superficie	
	SW/2 - az. Centrifuga (eff. Vert + Trv) bin. 2	patch - superficie	
	LM71 - Serpeggio (eff. Vert + Trv) bin. 1	patch - linea	
	LM71 - Serpeggio (eff. Vert + Trv) bin. 2	patch - linea	
	SW/2 - Serpeggio (eff. Vert + Trv) bin. 1	patch - linea	
	SW/2 - Serpeggio (eff. Vert + Trv) bin. 2	patch - linea	
	LM71 - avvio (eff. Vert + Lg) - bin. 1	patch - superficie	
	LM71 - avvio (eff. Vert + Lg) - bin. 2	patch - superficie	
	LM71 - frenatura (eff. Vert + Lg) - bin. 1	patch - superficie	
	LM71 - frenatura (eff. Vert + Lg) - bin. 2	patch - superficie	
	SW/2 - avvio (eff. Vert + Lg) - bin. 1	patch - superficie	
	SW/2 - avvio (eff. Vert + Lg) - bin. 2	patch - superficie	
	SW/2 - frenatura (eff. Vert + Lg) - bin. 1	patch - superficie	
	SW/2 - frenatura (eff. Vert + Lg) - bin. 2	patch - superficie	
	Sovracc. Marciapiede	patch - superficie	
	Fw - vento (eff. Vert + Trv) a ponte scarico	patch - superficie	
Vento - Fw			
	Fw - vento (eff. Vert + Trv) a ponte carico	patch - superficie	
Var. term. Unif. Tk			
	Tk - variazioni termiche uniformi	Thermal - element	

Tabella 6.2 “Condizioni di carico esaminate”

(*) se presente

6.1.2 Carichi variabili da traffico (Q_k)

Per quanto riguarda le condizioni di carico mobile, la posizione e segmentazione (ove necessaria) delle stese sarà effettuata con i seguenti obiettivi:

- Massimizzazione azioni taglianti alle estremità delle travi longitudinali
- Massimizzazione flessione in mezzera alle travi longitudinali
- Massimizzazione reazioni agli appoggi

Per questo motivo:

- relativamente al modello di carico LM71:

si studieranno tre disposizioni longitudinali di carico in cui la parte centrale viene posta in affiancamento alla linea appoggi e rispettivamente in mezzera campata

- relativamente al modello di carico SW/2:

la lunghezza della singola stesa che compone il treno “copre” abbondantemente la luce totale del ponte. Si studierà pertanto una singola posizione di carico, in cui l’intera luce risulta occupata dalla stesa SW/2.

6.1.2.1 Distribuzione trasversale dei carichi mobili

I carichi trasmessi dal binario vengono diffusi al piano medio dell’impalcato secondo i criteri indicati dal MdP. In particolare, indicando con:

- b_{trav} larghezza traversina
- t_{ball} spessore ballast
- t_{imp} spessore impalcato

La larghezza del “patch” afferente ai carichi indotti dal binario verrà così definita:

$$b_{diff} = b_{trav} + 2 \times (t_{ball}/4 + t_{imp}/2) \leq 4 \text{ m}$$

Si evidenzia che tutti i carichi associati ai modelli veicolari verranno diffusi su di un patch avente la medesima ampiezza della larghezza di diffusione di base.

6.1.2.2 Eccentricità rispetto all’asse binario

Come si può notare dalla tabella, vengono definite, di base, due principali situazioni, afferenti rispettivamente a carico mobile con eccentricità positiva / negativa.

Questo si tramuta in una variazione delle pressioni lungo i lati dell’impronta di carico “patch”, così come può essere apprezzato dall’esame della figura seguente

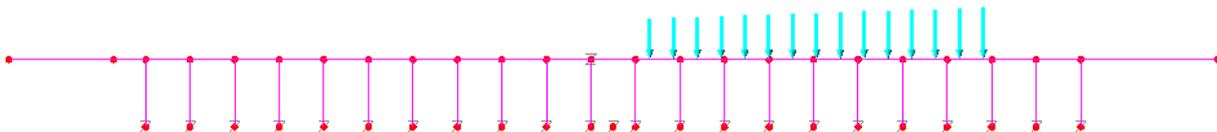


Figura 6.3 “Distribuzione pressioni dovute ai carichi mobili” in sezione trasversale

6.1.3 *Azioni associate ai carichi mobili*

6.1.3.1 Incremento dinamico e coefficiente di adattamento

I carichi mobili vengono implementati nel modello includendo il rispettivo coefficiente di adattamento α ($=1.1$ per LM71; $= 1$ per SW/2), ed il relativo incremento dinamico ϕ .

Il valore di ϕ viene determinato con riferimento a “linee a ridotto standard manutentivo”, e quindi verrà posto pari a ϕ_3 .

Per quanto riguarda ulteriori eventuali verifiche inerenti al comportamento dinamico, si evidenzia che si prevede, di base, di verificare l’appartenenza della frequenza propria verticale al “fuso” previsto dal MdP.

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL 02 00 001	REV. A

6.1.3.2 Azioni centrifughe

Le azioni centrifughe vengono calcolate con riferimento alle prescrizioni contenute nel MdP, ovvero per Lunghezza di influenza della parte curva del ponte >2.88 m:

- Per il modello LM71, si considera il valore $f = 1$ se $V \leq 120$ km/h e $f = f_{\min} < 1$ se $V > 120$ km/h
- Per il modello SW/2 si considera il valore afferente $f = 1$ e $V = V_{\max} = 100$ km/h

Gli effetti dell'azione centrifuga si traducono sul piano di riferimento in termini di effetto orizzontale e di effetto torcente, dovuto all'eccentricità verticale dell'azione. Quest'ultimo contributo viene implementato applicando all'impronta orizzontale di carico (patch) un diagramma di pressioni verticali bitriangolare. In figura si riporta lo schema di distribuzione delle pressioni indotte dall'azione centrifuga sul generico binario, per la generica disposizione di carico mobile.

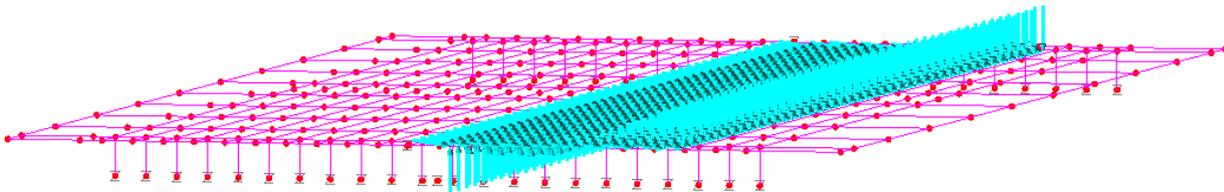
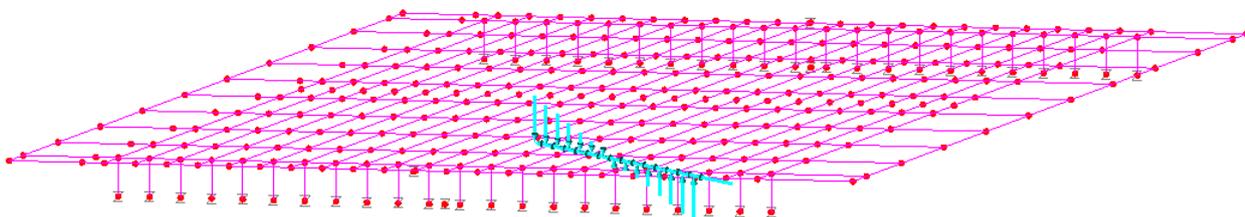


Figura 6.4 “Distribuzione pressioni indotte dall'azione centrifuga”

6.1.3.3 Serpeggio

L'azione da serpeggio, valutata separatamente per i modelli LM71 e SW/2 (in ragione del differente valore di α da associare) viene implementata come un carico patch di linea, che riporta all'estradosso dell'impalcato sia l'effetto trasversale, sia l'effetto indotto dall'eccentricità verticale dell'azione rispetto al piano di riferimento. Quest'ultimo contributo si tramuta in un diagramma di pressione bitriangolare, come mostrato schematicamente in figura, per la generica disposizione longitudinale, sul generico binario.



Scale: 1: 84.1307
 Zoom: 100.0
 Eye: (-0.768183, -0.574904, 0.281746)
 Analysis: 03_fase3
 Loadcase: 28:serpeggio_POS_LM71_posA_binario1

Figura 6.5 “Distribuzione pressioni indotte dall'azione di serpeggio”

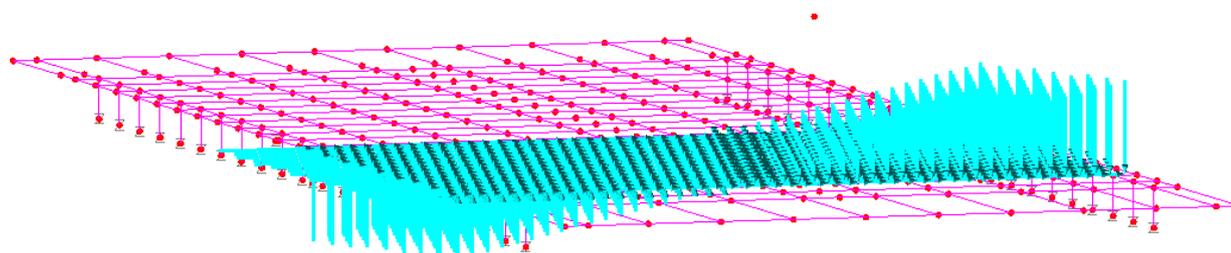
	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL 02 00 001	REV. A

L'azione da serpeggio verrà posizionata, unitamente ai rispettivi carichi d'origine, in corrispondenza delle zone di interesse, ovvero in prossimità dell'asse appoggi e della mezzeria impalcato.

6.1.3.4 Azioni di frenatura / avviamento

Le azioni competenti alla frenatura/avvio verranno valutate conformemente ai criteri contenuti nel MdP, e associate rispettivamente al modello LM71 e SW/2. Il carico patch tiene conto sia degli effetti longitudinali, sia degli effetti verticali indotti dall'eccentricità verticale della linea d'azione rispetto al piano di riferimento.

In figura si riporta il patch relativo alle pressioni di avvio/frenatura lungo l'impronta del generico binario.



Scale: 1: 80.5199
Zoom: 100.0
Eye: (-0.121094, -0.962198, 0.24395)
Analysis: 03_fase3
Loadcase: 41:LM71_frenatura_binario1

Figura 6.6 “Distribuzione pressioni indotte dall'azione orizzontale (avvio/frenatura)”

Le azioni di frenatura e avvio verranno associate ai rispettivi modelli di carico mobile. A favore di sicurezza, non si considererà alcun fattore di riduzione dovuto all'interazione statica binario/struttura.

6.1.4 *Sismica*

Le azioni sismiche vengono determinate a partire da un'analisi modale, considerando le masse afferenti alla totalità dei carichi permanenti, includendo il 20 % della massa afferente ai veicoli presenti sui due binari. La successiva sovrapposizione modale, effettuata con il metodo CQC, da cui verranno estratte le azioni di base nelle tre direzioni, rispettivamente per i seguenti Stati Limite:

Sisma SLV

Sisma SLD

A valle, vengono quindi effettuate le combinazioni delle tre componenti di progetto (longitudinale, trasversale e verticale), sulla base della regola $E1 + 0.3 E2 + 0.3 E3$, considerando rispettivamente il caso di azione longitudinale / trasversale dominante.

La combinazione finale di progetto viene quindi determinata combinando agli effetti sismici, gli effetti derivanti dalla combinazione S.L.E. quasi permanente.

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL 02 00 001	REV. A

6.1.5 Combinazioni di carico

I singoli load cases riportati nella tabella precedente, vengono successivamente combinati attraverso combinazioni semplici e/o involuipi, atti a restituire gli effetti più sfavorevoli ai fini delle verifiche nell'ambito dei vari S.L. previsti dal MdP.

La scelta dei coefficienti amplificativi $\gamma_{fav} / \gamma_{unfav}$ e dei coefficienti di combinazione ψ viene effettuata in automatico dal sistema Lusas a partire dai valori massimi/minimi previsti da normativa, che provvede a determinare il coefficiente peggiorativo, in funzione della caratteristica di sollecitazione che si intende massimizzare/minimizzare.

Verranno considerati i vari S.L. previsti dalle normative e dal MdP; in particolare si studieranno, a valle delle combinazioni ed involuipi preliminari atti a combinare coerentemente i vari contributi insistenti sui due binari e sul manufatto, le seguenti combinazioni di base:

S.L.U.	A1	Carichi mobili Q _k dominanti
S.L.U.	A1	Vento F _w dominante
S.L.U.	A1	Termica Uni T _k dominante
S.L.U.	A2	Carichi mobili Q _k dominanti
S.L.U.	A2	Vento F _w dominante
S.L.U.	A2	Termica Uni T _k dominante
S.L.E.	Caratteristica	Carichi mobili Q _k dominanti
S.L.E.	Caratteristica	Vento F _w dominante
S.L.E.	Caratteristica	Termica Uni T _k dominante
S.L.E.	Frequente	Carichi mobili Q _k dominanti
S.L.E.	Frequente	Termica Uni T _k dominante
S.L.E.	Quasi Permanente	
G _k + E _d	SLV	
G _k + E _d	SLD	

Tabella 6.3 "involuipi di progetto elaborati"

La scelta della peggiore situazione tra i casi base (Q_k, T_k e F_w dominante) verrà effettuata elaborando i rispettivi involuipi.

6.1.6 Verifiche

Per la sovrastruttura di impalcato vengono effettuate le seguenti verifiche:

- Verifiche travi longitudinali metalliche
- Verifica statica trasversale – zona corrente
- Verifica statica trasversale – zona di sbalzo
- Verifica di deformabilità

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	26 di 128

- Appoggi (deduzione massime/minime sollecitazioni)

-

6.1.6.1 Verifica travi metalliche

Come previsto dal MdP, le travi metalliche verranno verificate escludendo la collaborazione del calcestruzzo, ed affidando pertanto le sollecitazioni derivanti dall'analisi FEM al solo profilo metallico.

Per quanto riguarda le verifiche di stabilità locale, esse si intenderanno implicitamente soddisfatte in virtù della presenza dell'azione stabilizzante indotta dal calcestruzzo.

6.1.6.2 Verifica statica trasversale

Le verifiche inerenti alla statica trasversale verranno effettuate con riferimento ai criteri validi per le sezioni in cemento armato, eseguendo le verifiche nei confronti dello S.L.U. e dello S.L.E. (limitazione tensioni e risp. fessurazione) per le zone maggiormente sollecitate.

Relativamente alle combinazioni di carico da utilizzarsi per le verifiche a fessurazione, si è fatto riferimento alle prescrizioni aggiuntive contenute nel MdP.

6.1.6.3 Verifica deformabilità

La verifica di deformabilità verrà effettuata valutando le frecce desunte dal modello F.E.M. sotto le opportune combinazioni di carico.

Si valuteranno inoltre le massime escursioni rilevate ai giunti ed ai dispositivi di vincolo.

6.1.7 *Esportazione delle sollecitazioni insistenti sulle spalle*

Ai fini delle verifiche delle spalle (cfr. cap. seguente), come accennato poco sopra, è previsto il posizionamento di uno specifico elemento unidimensionale tipo "joint" a 6 gradi di libertà, atto a riportare nel baricentro appoggi le sollecitazioni derivanti dalle varie combinazioni di carico.

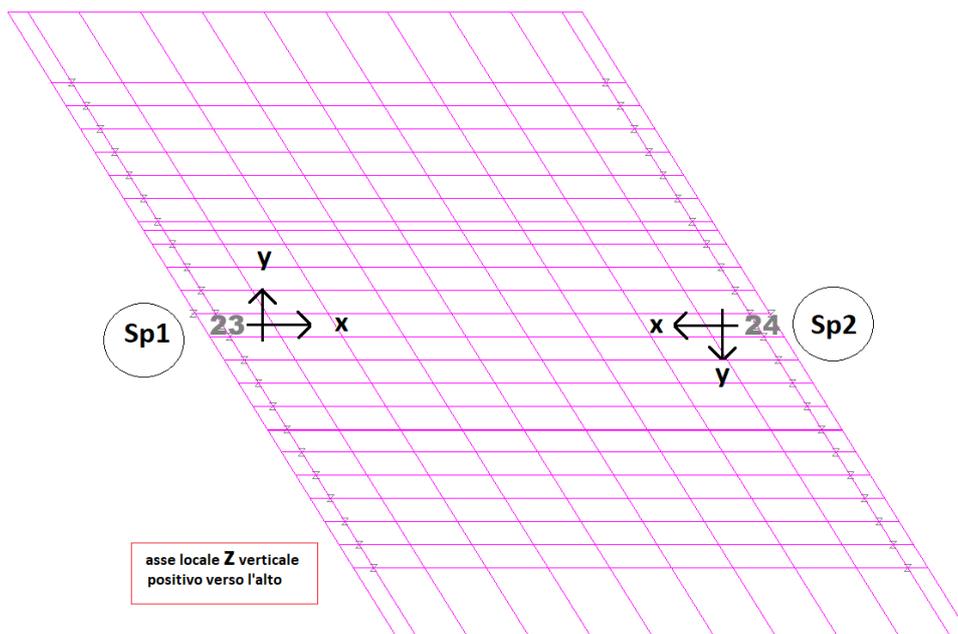
Di seguito si riporta la posizione di tali elementi.

Verranno esportate tutte le componenti di sollecitazione concomitanti afferenti ai seguenti involuipi:

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	27 di 128

Inviluppo S.L.U.						
max/min Fx	massima/minima azione longitudinale					
max/min Fy	massima/minima azione trasversale					
max/min Fz	massima/minima azione verticale					
max/min Mx	massima/minima azione torcente (asse momento longitudinale)					
max/min My	massima/minima azione flettente (asse momento trasversale (*))					
Inviluppo S.L.E. caratteristico						
max/min Fx	massima/minima azione longitudinale					
max/min Fy	massima/minima azione trasversale					
max/min Fz	massima/minima azione verticale					
max/min Mx	massima/minima azione torcente (asse momento longitudinale)					
max/min My	massima/minima azione flettente (asse momento trasversale (*))					
Inviluppo Sismico						
max/min Fx	massima/minima azione longitudinale					
max/min Fy	massima/minima azione trasversale					
max/min Fz	massima/minima azione verticale					
max/min Mx	massima/minima azione torcente (asse momento longitudinale)					
max/min My	massima/minima azione flettente (asse momento trasversale (*))					

Tabella 6.4 “Sollecitazioni esportate”

Figura 6.7 “Nodi e sistema di riferimento sollecitazioni su baricentro appoggi”

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	28 di 128

Combinazioni di Stato Limite Ultimo

INVILUPPI DI COMBINAZIONI	ELEMENT 23 (Spalla 1)						ELEMENT 24 (Spalla 2)					
	Fx [N]	Fy [N]	Fz [N]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]	Fx [N]	Fy [N]	Fz [N]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]
280:involuppo S.L.U. A1 (Max)(Fx)	582257	-96404.1	-4233520	1571740	973455	149234	582248	-61547	-4060700	-790434	-489554	140096
281:involuppo S.L.U. A1 (Min)(Fx)	-678095	-97154.5	-7100370	2336690	1447230	-187458	-678078	176789	-7030180	-766958	-475014	-104836
280:involuppo S.L.U. A1 (Max)(Fy)	-320253	334580	-6036460	1226520	759644	-290549	161430	667978	-5855800	-2108510	-1305900	-319051
281:involuppo S.L.U. A1 (Min)(Fy)	212599	-674143	-7072420	4052450	2509880	225058	-269413	-351641	-7104080	159291	98656.6	224329
280:involuppo S.L.U. A1 (Max)(Fz)	4298.62	112584	-2602740	402489	249281	-12109.9	-55350	112795	-2588860	-1130080	-699914	-1419.53
281:involuppo S.L.U. A1 (Min)(Fz)	-677467	-324929	-7290470	3153600	1953180	16994.3	-618061	-166680	-7251870	80952.8	50138	-382.595
280:involuppo S.L.U. A1 (Max)(Mx)	-166985	-283459	-5419320	6417590	3974720	-129790	-164947	-151472	-5129300	3719120	2303430	-57243.1
281:involuppo S.L.U. A1 (Min)(Mx)	-211737	155440	-4407570	-2716490	-1682460	-40076.6	-219534	354554	-4522240	-5359680	-3319510	-102982
280:involuppo S.L.U. A1 (Max)(My)	-166985	-283459	-5419320	6417590	3974720	-129790	-164947	-151472	-5129300	3719120	2303430	-57243.1
281:involuppo S.L.U. A1 (Min)(My)	-211737	155440	-4407570	-2716490	-1682460	-40076.6	-219534	354554	-4522240	-5359680	-3319510	-102982
280:involuppo S.L.U. A1 (Max)(Mz)	161359	-266271	-5825730	1455510	901468	345035	-320954	43042	-5915470	-1900120	-1176830	370352
281:involuppo S.L.U. A1 (Min)(Mz)	-269178	-54032.2	-6739890	2604040	1612810	-452099	213133	254830	-6505990	-987885	-611845	-423199

Combinazioni sismiche SLV

INVILUPPI DI COMBINAZIONI	ELEMENT 23 (Spalla 1)						ELEMENT 24 (Spalla 2)					
	Fx [N]	Fy [N]	Fz [N]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]	Fx [N]	Fy [N]	Fz [N]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]
317:Gk + Ed_SLV (Max)(Fx)	1241810	1148080	-2302960	2183800	1352530	392614	1E+06	1E+06	-2291560	662121	410084	402517
318:Gk + Ed_SLV (Min)(Fx)	-1292870	-1151880	-2921110	-402523	-249302	-423783	-1E+06	-1E+06	-2904750	-1942630	-1203160	-411607
317:Gk + Ed_SLV (Max)(Fy)	1141870	1168180	-2279380	2232110	1382460	385678	1E+06	1E+06	-2268690	709623	439504	392302
318:Gk + Ed_SLV (Min)(Fy)	-1192920	-1171980	-2944690	-450837	-279225	-416847	-1E+06	-1E+06	-2927630	-1990130	-1232580	-401392
317:Gk + Ed_SLV (Max)(Fz)	1175010	1168180	-2279380	2232940	1382970	385637	1E+06	1E+06	-2268690	709623	439504	392302
318:Gk + Ed_SLV (Min)(Fz)	-1226060	-1171980	-2944690	-451662	-279736	-416806	-1E+06	-1E+06	-2927630	-1990130	-1232580	-401392
317:Gk + Ed_SLV (Max)(Mx)	1175010	1168180	-2279380	2232940	1382970	385637	1E+06	1E+06	-2268690	710449	440015	392261
318:Gk + Ed_SLV (Min)(Mx)	-1226060	-1171980	-2944690	-451662	-279736	-416806	-1E+06	-1E+06	-2927630	-1990950	-1233090	-401351
317:Gk + Ed_SLV (Max)(My)	1175010	1168180	-2279380	2232940	1382970	385637	1E+06	1E+06	-2268690	710449	440015	392261
318:Gk + Ed_SLV (Min)(My)	-1226060	-1171980	-2944690	-451662	-279736	-416806	-1E+06	-1E+06	-2927630	-1990950	-1233090	-401351
317:Gk + Ed_SLV (Max)(Mz)	1208680	1148090	-2302960	2182980	1352020	392655	1E+06	1E+06	-2291560	661296	409573	402558
318:Gk + Ed_SLV (Min)(Mz)	-1259730	-1151890	-2921110	-401697	-248791	-423824	-1E+06	-1E+06	-2904750	-1941800	-1202650	-411648

Combinazioni SLE caratteristiche (rare)

INVILUPPI DI COMBINAZIONI	ELEMENT 23 (Spalla 1)						ELEMENT 24 (Spalla 2)					
	Fx [N]	Fy [N]	Fz [N]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]	Fx [N]	Fy [N]	Fz [N]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]
282:involuppo S.L.E. caratteristica (Max)(Fx)	392950	-68654.4	-3730430	1367090	846705	98035.8	392943	-41454	-3606680	-750589	-464876	95251.2
283:involuppo S.L.E. caratteristica (Min)(Fx)	-468124	-65436.7	-5006220	1660510	1028440	-129735	-468112	120329	-4957110	-586541	-363273	-71976.8
282:involuppo S.L.E. caratteristica (Max)(Fy)	-228100	228575	-4973830	1129040	699271	-205265	104095	458503	-4844930	-1646080	-1019500	-221489
283:involuppo S.L.E. caratteristica (Min)(Fy)	144777	-463359	-4986940	2843760	1761280	154760	-187645	-240941	-5007820	38725.6	23984.6	155121
282:involuppo S.L.E. caratteristica (Max)(Fz)	-5642.69	74422.7	-2605840	565206	350060	-13268.2	-45408	74563	-2591960	-966804	-598789	-2461.27
283:involuppo S.L.E. caratteristica (Min)(Fz)	-467690	-222523	-5137310	2223900	1377370	11266.6	-428092	-113382	-5109750	-15300.7	-9476.49	147.232
282:involuppo S.L.E. caratteristica (Max)(Mx)	-117005	-193922	-3846870	4474890	2771510	-89962.2	-117041	-103076	-3812870	2292070	1419590	-38574.7
283:involuppo S.L.E. caratteristica (Min)(Mx)	-153262	105031	-3850460	-1590280	-984936	-32525	-157198	242530	-3758270	-3686550	-2283260	-72967.9
282:involuppo S.L.E. caratteristica (Max)(My)	-117005	-193922	-3846870	4474890	2771510	-89962.2	-117041	-103076	-3812870	2292070	1419590	-38574.7
283:involuppo S.L.E. caratteristica (Min)(My)	-153262	105031	-3850460	-1590280	-984936	-32525	-157198	242530	-3758270	-3686550	-2283260	-72967.9
282:involuppo S.L.E. caratteristica (Max)(Mz)	104989	-185804	-4744370	1286960	797079	233070	-227326	27544	-4767320	-1415510	-876694	253436
283:involuppo S.L.E. caratteristica (Min)(Mz)	-188426	-35696.9	-4841740	1844860	1142610	-312244	143888	177282	-4714110	-839281	-519808	-290925

6.2 Analisi dei carichi

Qui di seguito si effettua in dettaglio l'analisi dei carichi, con riferimento ai singoli contributi raccolti nella Tabella 6.2 "Condizioni di carico esaminate".

6.2.1 Pesi propri (gk1)

I contributi di peso proprio vengono valutati sulla base delle dimensioni dei singoli elementi, con riferimento ad un peso specifico pari a 78.5 kN/m^3 e 25 kN/m^3 , rispettivamente per l'acciaio e per il calcestruzzo.

Pesi propri gk1	A (m ²)	V(gk1) (N/m)	T(gk1) Nm/m
gk1'-travi HEM550	3.54E-02	-2781.89	
gk1'' Cls - travi correnti	2.79E-01	-6987.05	
gk1''' Cls - sbalzo dx	7.76E-01	-19411.00	15917.02
gk1''' Cls - sbalzo sx	2.80E-01	-7010.00	-5459.39

Tabella 6.5 "determinazione pesi propri gk1"

L'area di calcestruzzo di competenza a ciascuna trave è stata valutata con riferimento allo spessore medio del solettone (inclusendo il contributo della pendenza d'estradosso).

Il contributo torcente ("T") indotto dallo sbalzo laterale viene valutato considerando la distanza del baricentro dell'oggetto rispetto all'asse trave (cfr. schema valido per lo sbalzo sinistro).

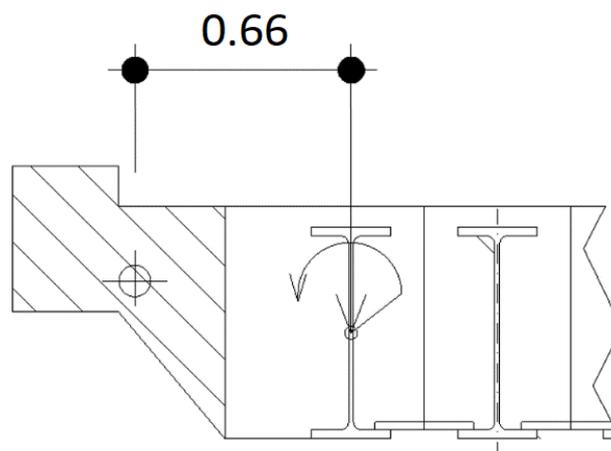


Figura 6.8 Carichi indotti dallo sbalzo laterale

Come inoltre indicato in Tabella 6.1 “Fasi di analisi e contributi di carico, tutti i contributi verranno applicati in fase 1 (sole travi metalliche), mentre il contributo tagliante e torcente indotto dal peso dello sbalzo laterale verranno applicati in fase 2.

6.2.2 Sovraccarichi permanenti

6.2.2.1 Finiture (gk2)

I carichi delle finiture vengono implementati attraverso “patch loads” di superficie (cfr. tab. Tabella 6.2 “Condizioni di carico esaminate”), individuati dalle coordinate planimetriche dell’impronta di carico e dalla pressione (espressa in N/m²) indotta dal carico.

La tabella seguente riporta le coordinate planimetriche dei patches (che “coprono” longitudinalmente l’intero sviluppo dell’impalcato, costituito dalla luce centrale + code) e la pressione associata. Le coordinate planimetriche adottate sono riferite al sistema di riferimento cartesiano del modello, ubicato in corrispondenza dello spigolo destro del manufatto, lato spalla1 (cfr. schema).

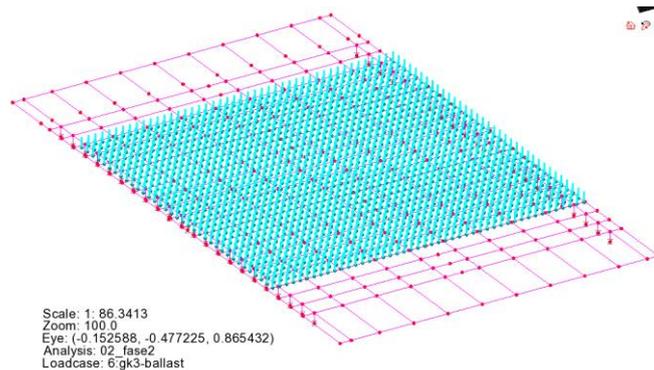


Figura 6.9 Sistema di riferimento e numerazioni spigoli patch

Sovraccarichi finiture gk2	Vgk2(N/mq)	x1dx	y1dx	x2dx	y2dx	x1sx	y1sx	x2sx	y2sx
cordolo dx	-5000	0	0.00	11.39	0.00	-0.37	0.60	11.02	0.60
cordolo sx	-5000	-7.483	12.09	3.91	12.09	-7.73	12.49	3.66	12.49
paraballast dx	-14062.5	-1.42	2.30	9.97	2.30	-1.61	2.60	9.78	2.60
paraballast sx	-14062.5	-6.25	10.09	5.14	10.09	-6.43	10.39	4.96	10.39
portacavi+impermeo (dx)	-9200	-1.11	1.80	10.28	1.80	-1.42	2.30	9.97	2.30
portacavi+impermeo (sx)	-9200	-6.43	10.39	4.96	10.39	-6.74	10.89	4.65	10.89
impermeo zona ballast	-1200	-1.61	2.60	9.78	2.60	-6.25	10.09	5.14	10.09
impermeo marc. dx	-1200	-0.37	0.60	11.02	0.60	-1.42	2.30	9.97	2.30
impermeo marc. sx	-1200	-6.43	10.39	4.96	10.39	-7.48	12.09	3.91	12.09
ballast (γ nom 20)	-16000	-1.61	2.60	9.78	2.60	-6.25	10.09	5.14	10.09
barriera H10_dx	-40000	0	0.00	11.39	0.00	-0.37	0.60	11.02	0.60

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL 02 00 001	REV. A

Sovrappessore marc. dx	-4750	0	0.00	11.39	0.00	-1.61	2.60	9.78	2.60
Sovrappessore marc. sx	-4750	-6.25	10.09	5.14	10.09	-7.73	12.49	3.66	12.49

Tabella 6.6 Sovraccarichi finiture - gk2

In aggiunta, conformemente alle indicazioni contenute in NTC2018 5.2.2.1.1. integrate dal MdP, 2.5.1.3.2, si tiene conto dell'eventuale installazione, in fase futura, di una barriera antifonica di altezza pari a 4 m sul lato sinistro e di una di altezza 7.5 m (H10) sul lato destro, e del peso di 3.2 kN/m, considerandone sia il peso, sia l'effetto nei confronti del calcolo degli effetti del vento (cfr. capitoli successivi).

Tale sovraccarico verrà applicato come carico distribuito longitudinalmente in estremità allo sbalzo laterale, ed agente in fase 2.

6.2.2.2 Ballast (gk3)

Nella zona interessata dal manufatto, il tracciato si trova in curva, ed i binari sono soggetti ad una discreta sopraelevazione.

Conformemente alle indicazioni contenute in NTC2018 5.2.2.1.1. integrate dal MdP, 2.5.1.3.2, l'effetto della sopraelevazione è implicitamente conteggiato assumendo la presenza dello spessore convenzionale del ballast, pari a 0.8 m, viene assunto un peso specifico di 20 kN/m³.

La pressione indotta dai carichi del ballast assume pertanto il valore nominale:

$$gk3 = 20 \times 0.8 = 16 \text{ kN/m}^2$$

Il sovraccarico del ballast verrà assunto distribuito sulla porzione compresa tra i fili interni superiori dei muretti parabolast, per una larghezza complessiva pari a 7.49 m.

6.2.3 *Azioni da traffico (Qk)*

Qui di seguito si riportano i dati principali, necessari alla corretta identificazione dei vari contributi di carico mobile.

Parametri accessori

num. Binari	2	
H di calcolo impalcato (solettone cis)	0.658 m	riferita allo spessore medio del calcestruzzo
Larghezza traversa	2.6 m	
Distanza PF da estradosso	0.87 m	
Ampiezza distribuzione trv. a P.M. soletta	3.693 m	
Angolo asse binario	0.36 °	angolo corda rispetto asse travi
Eccentricità trasversale asse binario +/-	0.08 m	
R - raggio di curvatura tracciato	800.00 m	
Segno azione centrifuga (**)	-1.00	

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	33 di 128

Dall'esame dei risultati dell'analisi strutturale, la freccia teorica del manufatto sotto l'azione dei pesi indotti dalle masse dei permanenti (valutazione effettuata considerando l'omogeneizzazione a breve termine calcestruzzo/acciaio) risulta:

$\delta_{gk} = 4.23 \text{ mm}$ valore dedotto approssimativamente a centro sagoma ballast

Si ha pertanto:

$$n_0 = 17.75/(4.23)^{0.5} = 8.63 \text{ Hz}$$

Riportando il risultato, per la luce di riferimento $L\phi$ nel fuso di frequenza proposto da normativa, si può evincere il pieno rispetto delle ipotesi di base.

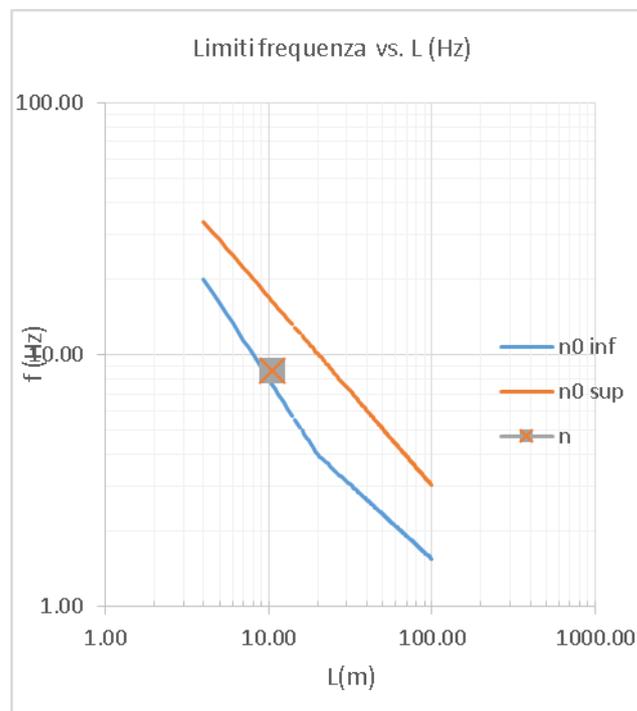


Figura 6.11 NTC 2018: fuso Freq. limite vs. $L\phi$

A titolo di esempio, e di ulteriore controllo della modellazione F.E.M., la frequenza flessionale sotto l'effetto delle medesime masse attive è stata determinata anche attraverso l'analisi modale che, per il modo n. 9 (eminentemente flessionale) riporta:

$$f = 8.35 \text{ Hz}$$

Valore simile a quello valutato attraverso la formulazione semplificata.

Qui di seguito si richiamano i risultati di interesse, qui richiamati, scaturiti dall'analisi F.E.M.

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	34 di 128

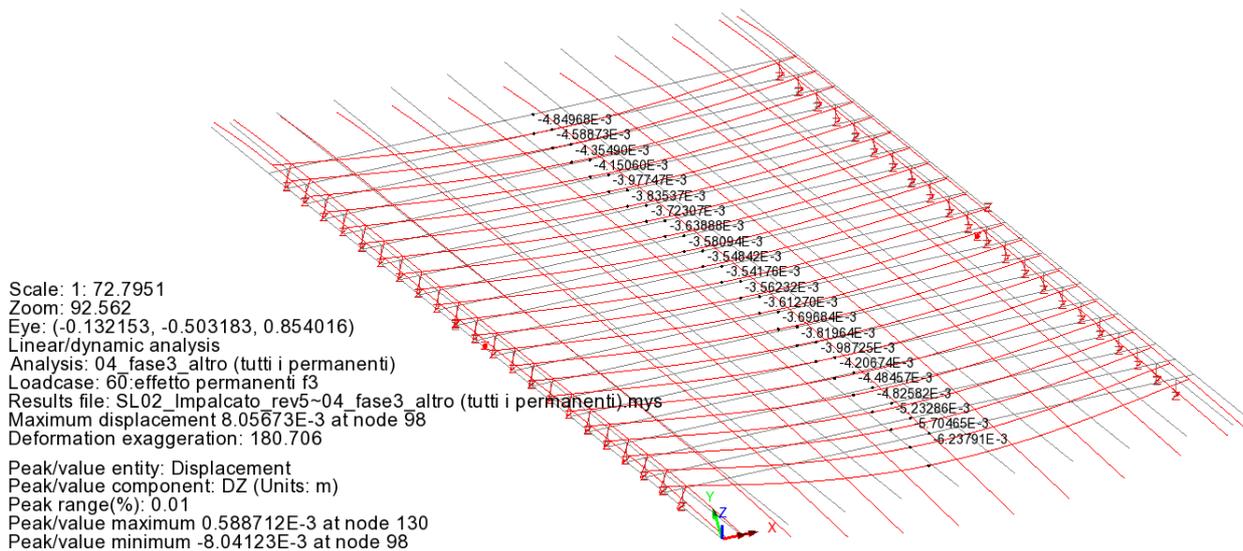


Figura 6.12 Freccia verticale pesi masse permanenti

La figura seguente riporta la forma modale n. 9, mentre nella tabella i fattori di partecipazione ricavati.

Modo 9 (verticale) $f = 8.35$ Hz

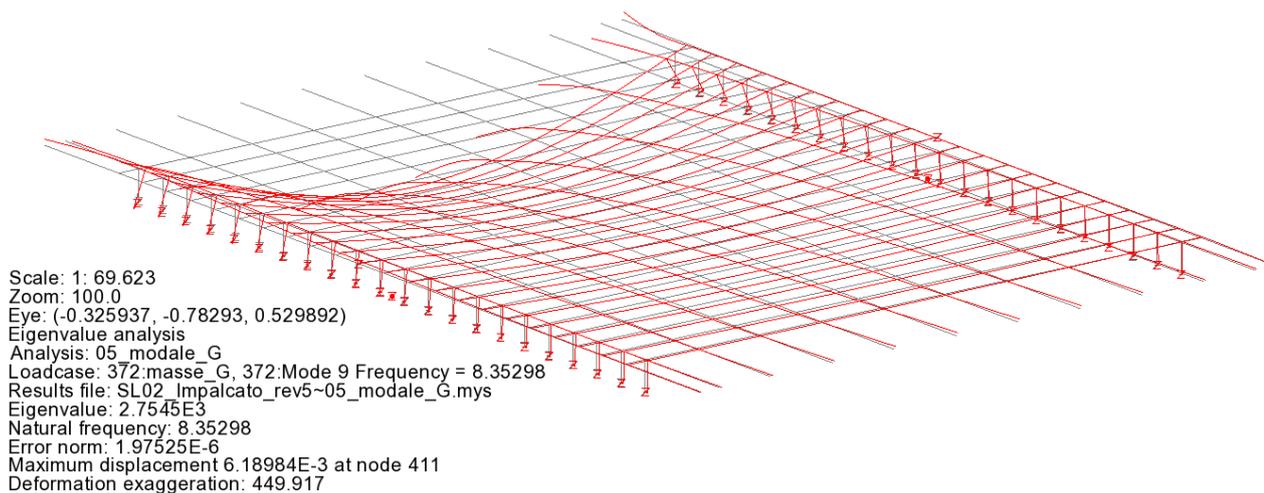


Figura 6.13 Analisi modale - modo n. 9

PARTICIPATION FACTORS IN GLOBAL DIRECTIONS

MODE	X DIRECTION			Y DIRECTION			Z DIRECTION		
	P. FACTOR	MASS P.F.	SUM M.P.F.	P. FACTOR	MASS P.F.	SUM M.P.F.	P. FACTOR	MASS P.F.	SUM M.P.F.
1	470.1	0.4161	0.4161	549.0	0.5675	0.5675	1.154	0.2506E-05	0.2506E-05
2	550.5	0.5707	0.9867	-476.5	0.4276	0.9950	-0.1577	0.4682E-07	0.2553E-05
3	83.54	0.1314E-01	0.9999	50.77	0.4853E-02	0.9999	-6.423	0.7767E-04	0.8022E-04
4	-5.162	0.5017E-04	0.9999	-3.165	0.1886E-04	0.9999	1.618	0.4926E-05	0.8515E-04
5	2.703	0.1376E-04	0.9999	1.480	0.4122E-05	0.9999	-1.224	0.2823E-05	0.8797E-04
6	-5.170	0.5033E-04	1.000	-3.101	0.1811E-04	0.9999	-2.588	0.1261E-04	0.1006E-03
7	-2.744	0.1418E-04	1.000	-1.558	0.4568E-05	0.9999	-0.8829E-01	0.1468E-07	0.1006E-03
8	0.9976E-01	0.1874E-07	1.000	4.485	0.3787E-04	1.000	-370.0	0.2578	0.2579
9	-0.3115	0.1827E-06	1.000	-3.088	0.1795E-04	1.000	-431.0	0.3497	0.6076
10	-0.5396E-01	0.5483E-08	1.000	-0.9004E-01	0.1526E-07	1.000	246.2	0.1141	0.7217

Tabella 6.8 Fattori di partecipazione an. Modale

6.2.3.3 Modelli di carico mobile

I modelli di carico mobile previsti da NTC2018 per lo schema statico in oggetto sono costituiti da:

Modello LM71

Modello SW/2

Modello LM71

Il modello LM71 è composto da una parte centrale, formata da una successione di assi da 250 kN, seguita e preceduta da "code" di intensità pari a 80 kN/m, segmentabili in funzione della forma della linea di influenza.

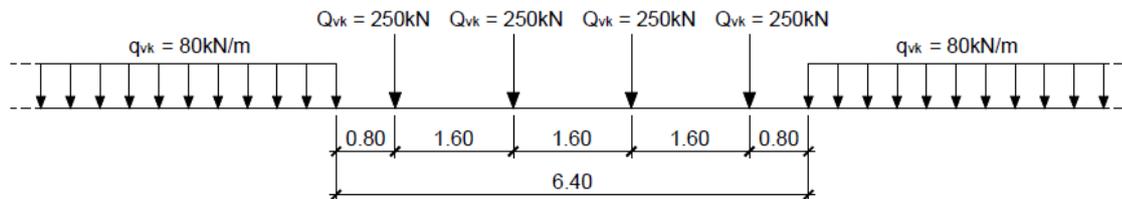


Figura 6.14 modello LM71

Come consentito da NTC2018, ai fini del calcolo delle pressioni insistenti a piano medio impalcato, i carichi concentrati da 250 kN verranno sostituiti da stese distribuite di intensità pari a 250/1.60 kN/m.

Per la valutazione delle pressioni indotte dalle varie parti del LM71, si considereranno anche:

Gli effetti del fattore di adattamento $\alpha = 1.1$

Gli effetti dell'eccentricità trasversale aggiuntiva $e = +/- 1435/18 = +/- 0.08 \text{ m}$

Gli effetti dell'incremento dinamico $\phi = 1.438$

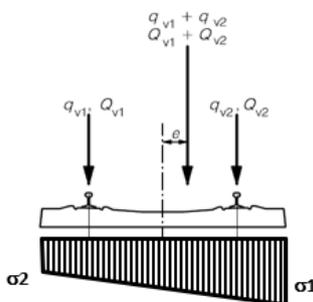
L'effetto dell'eccentricità trasversale viene valutato considerando l'azione torcente rispetto all'asse teorico del carico, indotta dall'eccentricità.

Qui di seguito si riporta il calcolo delle pressioni valutate agli estremi trasversali dell'impronta di carico sul piano medio per ciascun contributo di carico LM71, nelle varie situazioni individuate.

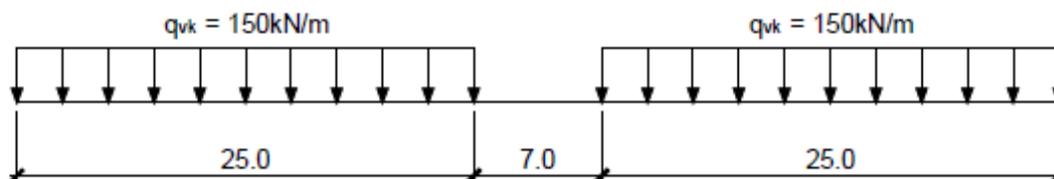
Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	36 di 128

Effetti dei carichi verticali	qv (kN/m)	mx (kNm/m)	σ_N	σ_M	σ_1	σ_2
LM71_cle_dinam_POS	-247.02	-19.69	-66.89	-8.66	-75.55	-58.23
LM71_code_dinam_POS	-126.48	-10.08	-34.25	-4.44	-38.68	-29.81
LM71_cle_dinam_NEG	-247.02	19.69	-66.89	8.66	-58.23	-75.55
LM71_code_dinam_NEG	-126.48	10.08	-34.25	4.44	-29.81	-38.68

Tabella 6.9 Effetti verticali LM 71- calcolo pressioni sul P.M.

Figura 6.15 Schema di riferimento
Modello SW/2

Il modello SW/2 è composto da due stese lineari lunghe 25 m, NON segmentabili, distanti 7 m e di intensità pari a 150 kN/m ciascuna.

TRENO DI CARICO SW2

Figura 6.16 modello SW/2

Per la valutazione delle pressioni indotte dalle varie stese SW/2, si considereranno:

Gli effetti del fattore di adattamento $\alpha = 1.0$

Gli effetti dell'eccentricità trasversale aggiuntiva $e = +/- 1435/18 = +/- 0.08$ m

Gli effetti dell'incremento dinamico $\phi = 1.438$

La deduzione delle pressioni sull'impronta viene effettuata secondo i medesimi criteri visti poco sopra.

Effetti dei carichi verticali	qv (kN/m)	mx (kNm/m)	σ_N	σ_M	σ_1	σ_2
SW/2_dinam_POS	-215.58	0.0	-58.38	0.00	-58.38	-58.38
SW/2_dinam_NEG	-215.58	0.0	-58.38	0.00	-58.38	-58.38

Tabella 6.10 Effetti verticali SW/2- calcolo pressioni sul P.M.

6.2.3.4 Azione centrifuga (qt)

L'azione centrifuga, da associarsi ciascuna parte dei rispettivi modelli LM71 e SW/2 viene valutata secondo i criteri contenuti in NTC2018 5.2.2.3.1.

L'azione, agente trasversalmente al binario si intende applicata a 1.80 m rispetto al P.F. e dà luogo ad una risultante orizzontale ed una coppia torcente, che si tramutano, in corrispondenza del piano di riferimento, in un'azione tangenziale ed una pressione verticale avente andamento triangolare. Le dimensioni dell'impronta su cui si considerando applicate le azioni associate alla centrifuga sono le medesime degli effetti verticali cui si associano.

Con riferimento alle stese distribuite di carico LM71 e SW/2, si avrà:

$$q_{tk} = \frac{v^2}{g \cdot r} \cdot (f \cdot \alpha q_{vk}) = \frac{V^2}{127 \cdot r} \cdot (f \cdot \alpha q_{vk})$$

Figura 6.17 Formulazione generale - effetti dell'azione centrifuga sulle stese distribuite

Dove:

R = 800 m

Per l'azione centrifuga associata al LM71, si considera:

$\alpha = 1.1$

V = 100 km/h

f = 1 per V < 120 km/h

Qui di seguito il calcolo delle risultanti, e delle pressioni agenti sull'impronta di carico del LM71

	qt (kN/m)	mx (kNm/m)	σ_t	σ_M	σ_1	σ_2
LM71_cle_Centrifuga_eff_orizz	-24.36		-6.60			
LM71_code_Centrifuga_eff_orizz	-12.47		-3.38			
LM71_cle_Centrifuga_eff_vert		65.04		28.61	28.61	-28.61
LM71_code_Centrifuga_eff_vert		33.30		14.65	14.65	-14.65

Tabella 6.11 LM71 - valutazione pressioni az. Centrifuga

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL 02 00 001	REV. A

Per l'azione centrifuga associata al SW/2, si considera:

$$\alpha = 1.0$$

$$V = 100 \text{ km/h}$$

$$f = 1$$

Qui di seguito il calcolo delle risultanti, e delle pressioni agenti sull'impronta di carico del SW/2

	qt (kN/m)	mx (kNm/m)	σ_t	σ_M	σ_1	σ_2
SW/2_Centrifuga_eff_orizz	-14.76		-4.00			
SW/2_Centrifuga_eff_vert		39.42		17.34	17.34	-17.34

Tabella 6.12 SW/2 - valutazione pressioni az. Centrifuga

Per le convenzioni ci si riferisce a quanto riportato in Figura 6.15 Schema di riferimento.

6.2.3.5 Serpeggio (qs)

In associazione ai carichi mobili si considera inoltre l'azione di serpeggio, consistente in un'azione concentrata posta a quota piano ferro, agente trasversalmente al tracciato, nei due versi.

L'intensità dell'azione da serpeggio è pari a $100 \times \alpha$ kN.

Come per l'azione centrifuga, si considerano, per il serpeggio, l'effetto indotto dall'azione trasversale unitamente all'azione torcente associata all'eccentricità dell'azione rispetto al piano di riferimento, che si tramuta in un diagramma di pressioni verticali bitriangolare.

Qui di seguito si riporta il calcolo delle pressioni agenti per effetto del serpeggio associato ai modelli di carico LM71 e risp. SW/2.

Effetti del serpeggio	Qt (kN)	Mx (kNm)	σ_N	σ_M	σ_1	σ_2	σ_t
Serpeggio_LM71_POS_effetto_orizz	110	-95.7	0	-42.10	-42.10	42.10	29.79
Serpeggio_LM71_POS_effetto_vert							
Serpeggio_LM71_NEG_effetto_orizz	-110	95.7	0	42.10	42.10	-42.10	-29.79
Serpeggio_LM71_NEG_effetto_vert							

Tabella 6.13 LM 71 - azione di serpeggio

Effetti del serpeggio	Qt (kN)	Mx (kNm)	σ_N	σ_M	σ_1	σ_2	σ_t
Serpeggio_SW/2_POS_eff_orizz	100	-87	0	-38.27	-38.27	38.27	27.08

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	39 di 128

Serpeggio_SW/2_POS_eff_vert							
Serpeggio_SW/2_NEG_eff_orizz	-100	87	0	38.27	38.27	-38.27	-27.08
Serpeggio_SW/2_NEG_eff_vert							

Tabella 6.14 SW/2 - azione di serpeggio

6.2.3.6 Azioni di frenamento/avvio (ql)

Le azioni di frenatura ed avviamento da associarsi ai modelli di carico LM71 e SW/2 vengono ipotizzate agire a quota piano ferro, e distribuite anch'esse, come visto per le altre azioni associate, sull'impronta di carico del modello.

In linea generale, l'azione longitudinale di frenamento / avvio, consistente in una risultante orizzontale, dà luogo, sul piano di riferimento, oltre ad un'azione tangenziale σ_l , ad una distribuzione di pressioni verticali con andamento bitriangolare dovuto alla coppia flettente distribuita indotta dall'eccentricità verticale.

Le tabelle seguenti riportano il calcolo delle pressioni da associarsi ai vari modelli di carico.

La lunghezza complessiva della stesa di frenatura viene fissata, cautelativamente, sempre pari alla lunghezza totale lorda della struttura (11.39 m).

Lunghezza stesa frenatura	11.39	m		
	Ql (kN)	My (kN)	σ_l	σ_M
Frenatura LM71_effetto_orizz	250.58		5.96	
Frenatura LM71_effetto_vert		218.00		2.73
Avvio LM71_effetto_orizz	413.46		9.83	
Avvio LM71_effetto_vert		359.71		4.50

Tabella 6.15 LM71 - frenatura / avvio

Lunghezza stesa frenatura	11.39	m		
	Ql (kN)	My (kN)	σ_l	σ_M
Frenatura SW/2_effetto_orizz	398.65	346.83	9.48	
Frenatura SW/2_effetto_vert				4.34
Avvio SW/2_effetto_orizz	375.87	327.01	8.94	
Avvio SW/2_effetto_vert				4.10

Tabella 6.16 SW/2 - frenatura/avvio

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL 02 00 001	REV. A

A favore di sicurezza, non si considererà, nelle verifiche dei dispositivi di appoggio e nella deduzione delle sollecitazioni sulle spalle, la riduzione per effetto dell'interazione binario/struttura.

6.2.3.7 Disposizione longitudinali delle stese di carico

Ciascuno dei due binari risulta potenzialmente impegnato da un modello LM71 o da un modello SW/2.

Il posizionamento longitudinale e l'eventuale segmentazione delle stese di carico (e delle relative azioni associate) lungo il binario verrà effettuato sulla base dei seguenti obiettivi:

- Ricerca del massimo momento flettente in mezzeria impalcato
- Ricerca della massima azione tagliante alle estremità impalcato
- Ricerca dei massimi effetti verticali/orizzontali sui dispositivi di vincolo
- Valutazione delle massime deformazioni verticali

Il problema, pertanto, si banalizza nella massimizzazione degli effetti sulle tre linee di influenza:

- Massima azione tagliante spalla 1 (*)
- Massimo momento flettente mezzeria (l.d.i. di forma analoga a quella dell'abbassamento in mezzeria)
- Massima azione tagliante spalla 2 (*)

(*) vista la lunghezza limitata della "coda" impalcato, la linea di influenza delle massime azioni verticali d'appoggio risulta praticamente coincidente.

Con riferimento alla configurazione e segmentabilità delle stese, si considerano pertanto le seguenti condizioni di base di carico mobile.

Modello LM71

LM71_PosA massimi effetti verticali lato spalla 1

La condizione prevede la parte centrale del LM71 accostata al filo appoggi lato spalla1, ed una stesa di coda posizionata a ricoprire l'intera luce netta rimanente

LM71_PosB massimi effetti flettenti mezzeria

La condizione prevede la parte centrale del LM71 allineata alla mezzeria campata, con le relative "code" sulla restante parte della luce netta.

LM71_PosC massimi effetti verticali lato spalla 2

La condizione prevede la parte centrale del LM71 accostata al filo appoggi lato spalla2, ed una stesa di coda posizionata a ricoprire l'intera luce netta rimanente.

Modello SW/2

Per il modello SW/2, le cui stese non risultano segmentabili, si considera una delle due stese poste ad occupare l'intera lunghezza d'impalcato. Tale posizione è in grado di massimizzare le caratteristiche di interesse nei punti indicati.

La figura seguente riporta schematicamente le stese di carico nelle varie configurazioni indicate

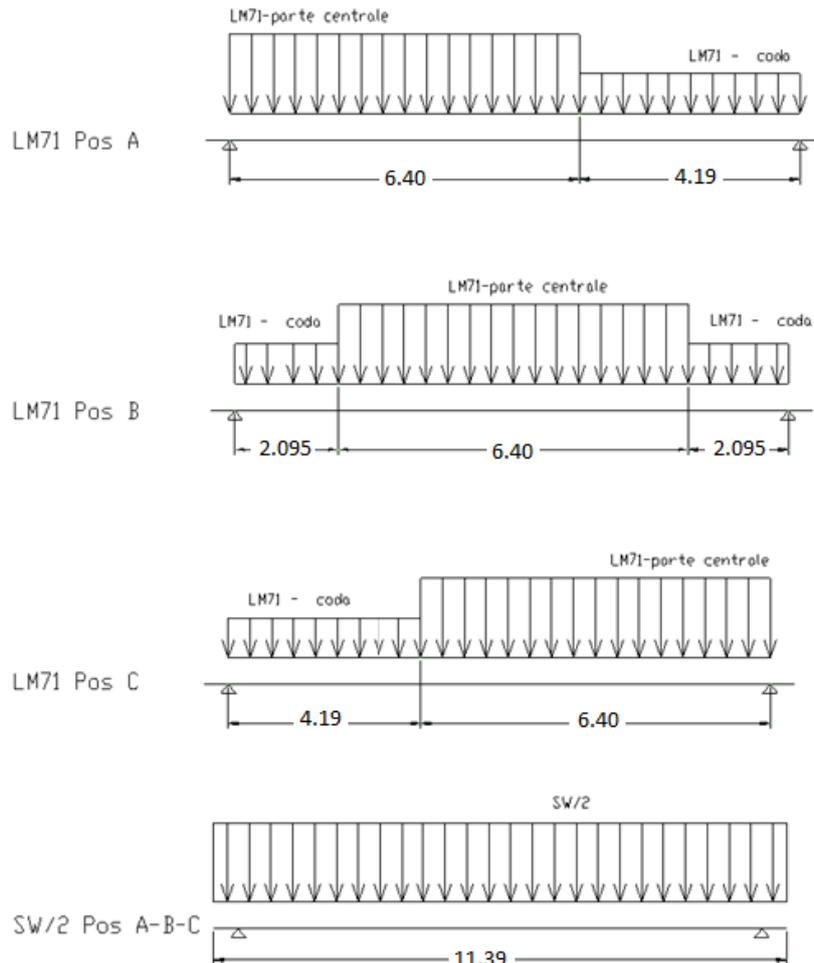


Figura 6.18 Configurazioni posizione carichi mobili

Le stese di carico afferenti all'azione centrifuga vengono posizionate conformemente alla stesa verticale di riferimento.

Per l'azione da serpeggio, si opererà nel seguente modo:

Per le condizioni di carico LM71_PosA, PosB e PosC: l'azione da serpeggio viene posizionata in corrispondenza dei punti di estremità (pos A e C) e della mezzeria (posB).

Per la condizione di carico SW/2, che prevede una configurazione "unica", si posizionerà l'azione da serpeggio associata nei tre punti indicati per il modello LM71.

6.2.3.8 Modalità di elaborazione dell'azione multicomponente da traffico

Per semplicità, il calcolo delle sollecitazioni verrà effettuato con riferimento alle singole condizioni di carico evidenziate nei punti precedenti, assunte come indipendenti.

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	42 di 128

A valle dell'analisi verrà effettuata la combinazione di ciascuna posizione di carico mobile con le corrispondenti azioni associate, ottenendo quindi l'azione multicomponente da traffico a valle dell'elaborazione strutturale.

L'azione multicomponente da traffico comprenderà pertanto, per ciascun modello di carico, e per ciascuna posizione, i seguenti contributi:

- Effetto dei carichi verticali dinamizzati
- Azione centrifuga (se peggiorativa)
- Serpeggio (con il segno peggiorativo)
- Azione di frenatura/avvio

Per la valutazione dello sghembo, si considera, limitatamente ai modelli LM71, un'ulteriore posizione di carico, denominata Pos. D, coincidente con la sezione posta a 3 m dalla linea appoggi, lato spalla 1.

Il patch del carico LM71 (verticale e centrifuga) verrà posizionato con la mezzera della parte centrale, in corrispondenza di questa sezione, così come l'azione di serpeggio.

6.2.3.9 Modalità di combinazione dei carichi sui due binari

Gli effetti indotti dai modelli di carico LM71 e SW/2 (con le relative azioni associate) agenti su ciascuno dei due binari verranno combinati, ai fini delle verifiche, secondo le regole fornite da NTC 5.2.3.1.2.

Verrà pertanto preso in considerazione l'involuppo delle seguenti combinazioni:

- Modello LM71 su binario dx + modello LM71 su binario sx
- Modello LM71 su binario dx + modello SW/2 su binario sx
- Modello SW/2 su binario dx + modello LM71 su binario sx

Le azioni di frenatura / avvio verranno sempre combinate in modo da fornire il valore più sfavorevole sulla struttura. In linea generale, considerando l'effettivo verso di circolazione dei treni, si considererà la presenza, sui due binari, di un veicolo in frenata ed uno in avvio.

6.2.4 **Sovraccarico sui marciapiedi (qf)**

Ai soli fini delle verifiche locali dello sbalzo, si considererà la presenza di un sovraccarico uniformemente distribuito sui due marciapiedi:

$$q_{f,k} = 10 \text{ kN/m}^2$$

6.2.5 **Azioni del vento (Fw)**

È prevista, in sede di progetto, la presenza di una barriera antirumore di tipo H10 (altezza 7.5 m) sul cordolo dello sbalzo destro della sezione, mentre non è prevista la presenza di dispositivi antirumore sul lato sinistro. Conformemente a quanto prescritto dal MdP, ai fini del calcolo dell'azione del vento, si ipotizza in ogni caso la presenza di una barriera antirumore laterale anche sul cordolo, lato sbalzo sinistro, alta 4 m.

Il calcolo della pressione del vento viene effettuata con riferimento ai criteri contenuti in EN 1991-1-4, corredate dal relativo annesso nazionale.

6.2.5.1 Pressione del vento

Ai fini delle verifiche, si considerano, le seguenti due situazioni, caratterizzate da differenti dimensioni della superficie di prospetto.

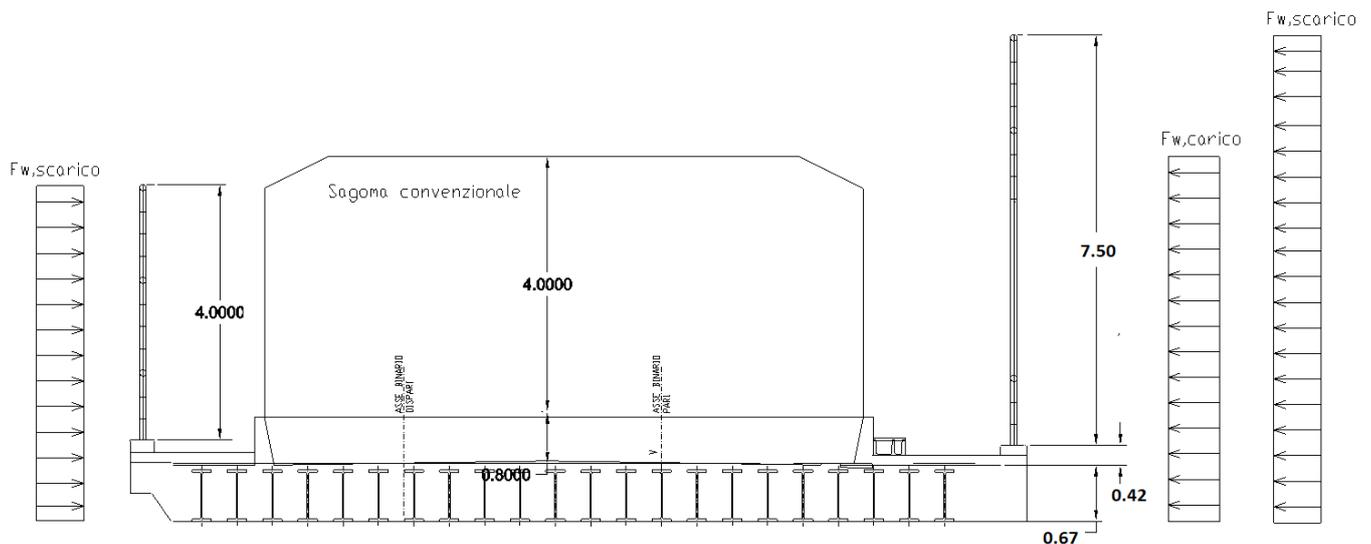


Figura 6.19 Vento su impalcato

Vento a ponte scarico barriera lato destro

L'altezza della superficie di prospetto è valutata con riferimento allo spessore totale impalcato (lato) + spessore cordolo + altezza barriera:

$$d_{\text{scarico}} = 0.67 + 0.22 + 0.2 + 7.5 = 8.59 \text{ m}$$

Vento a ponte scarico barriera lato sinistro

L'altezza della superficie di prospetto è valutata con riferimento allo spessore totale impalcato (lato) + spessore cordolo + altezza barriera:

$$d_{\text{scarico}} = 0.67 + 0.22 + 0.2 + 4.0 = 5.09 \text{ m}$$

Vento a ponte carico

L'altezza della superficie di prospetto è valutata con riferimento allo spessore medio impalcato + spessore altezza PF + sagoma $h = 4$ m, risultando:

$$d_{\text{carico}} = 0.70 + 0.8 + 4 = 5.50 \text{ m}$$

La quota del baricentro struttura, inteso come baricentro della superficie di prospetto, viene fissata a 11 m di quota in favore di sicurezza.

Le tabelle seguenti riportano il calcolo della pressione del vento per un'altezza totale di 8.59 m e di 5.09 m unitamente a tutti i parametri che concorrono alla loro definizione.

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	44 di 128

Calcolo azioni del vento su impalcati ferroviari secondo EN 1991-1-4 + NAD
Calcolo parametri di base

Categoria sito	IV I-II-III-IV-V (categorie secondo NAD EN 1991-1-4)
Zona	1 UNI EN 1991-1-4
a_s	59 m - quota sito
v_{b0}	25 4.1.(1) P
a_0	1000 m (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)
k_a	0.01 1/s (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)
v_{b0}	25 4.1.(1) P
v_b	26.6 velocità di base del vento
c_{dir}	1.00 4.2.(2) P - nota 2
c_{season}	1.00 4.2.(2) P - nota 3
c_r	0.78 Coeff. Rugosità terreno (EN 1991-1-4 §4.3.2)
c_{sod}	1.00 fattore di struttura
k_t	1.00 fattore di turbolenza (valore raccomandato N.A.D.)
c_o	1.00 coeff. orografia EN 1991-1-4 §4.3.1 e Annex A3
T_r	100 periodo di ritorno
k_1	0.138
n	1.000
α_r	1.06
z_0	0.3 EN 1991-1-4 §4.3.2
z_{0II}	0.05 EN 1991-1-4 §4.3.2 prosp. 4.1
z_{min}	8.00 EN 1991-1-4 §4.3.2
z_{max}	200 EN 1991-1-4 §4.3.2
k_r	0.22 fattore di terreno EN 1991-1-4 §4.3.2 (4.5)
$v_m(z)$	20.6 EN 1991-1-4 cap. 4.3.1 (4.3)
α_v	5.72 scarto comp. turbolenta EN 1991-1-4 §4.4 (4.6)
ρ	1.25 densità aria (4.5 nota 2 e N.A.D.)
$I_v(z)$	0.28 EN 1991-1-4 cap. 4.4 (4.7)
$c_e(z)$	1.77 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9) => per deduzione
$q_p(z)$	781.42 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9)
v^{*}_b	25.00 EN 1991-1-4 §8.1 (4) + NAD
$v^{*}_m(z)$	19.40 EN 1991-1-4 cap. 4.3.1 (4.3)
$I^{*}_v(z)$	0.30 EN 1991-1-4 cap. 4.4 (4.7)
$c_e^{**}(z)$	1.84 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9) => per deduzione
$q^{**}_p(z)$	720.64 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9)

Caratteristiche impalcato

b_{imp}	12.49 m (cfr. figura)
z	11.00 m quota baricentro struttura da p.c.
d_{sagoma}	4.00 (m) EN 1991-1-4 §8.1. (5) + NAD
$d_{scarico}$	8.59 (m) d_{it} A ponte scarico (cfr. figura)
d_{carico}	5.50 (m) d_{it} a ponte carico (cfr. figura)
w_0	0.60 coefficiente di combinazione (EN 1990)
c_{rx} scarico	2.00 EN 1991-1-4 - cap. 8.3.1 fig. 8.3
c_{rx} carico	1.78
$b/d_{scarico}$	1.45
b/d_{carico}	2.27
$f_{w,scarico}$	1562.95 (N/m ²)
$f_{w,carico}$	1387.23 (N/m ²)
f^{**}_w	1441.38 (N/m ²) (EN 1991-1-4 cap. 8.1 (4))
$F_{w,scarico}$	13425.70 (N/m) Risultante a ponte scarico, car.
$F_{w,carico}$	7626.97 (N/m) Ris. a ponte carico, car.
$\min(\psi_0 F_w; F^{**}_w)$	864.83 (N/m) Ris. a ponte scarico, comb. ($\min \psi_0 F_w; F^{**}_w$)

 Esempi di calcolo di d_{tot} per impalcato con barriera e con sagoma stradale

EN 1991-1-4 - figura 8.3

Tabella 6.17 Pressione del vento per barriera h 7.5 m - azioni globali

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	45 di 128

Calcolo azioni del vento su impalcato ferroviari secondo EN 1991-1-4 + NAD
Calcolo parametri di base

Categoria sito	IV I-II-III-IV-V (categorie secondo NAD EN 1991-1-4)
Zona	1 UNI EN 1991-1-4
a_s	59 m - quota sito
ψ_{b0}	25 4.1.(1) P
a_0	1000 m (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)
k_a	0.01 1/s (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)
ψ_{b0}	25 4.1.(1) P
v_b	26.6 velocità di base del vento
C_{dir}	1.00 4.2.(2) P - nota 2
C_{season}	1.00 4.2.(2) P - nota 3
C_r	0.78 Coeff. Rugosità terreno (EN 1991-1-4 §4.3.2)
C_{scd}	1.00 fattore di struttura
k_t	1.00 fattore di turbolenza (valore raccomandato N.A.D.)
C_o	1.00 coeff. orografia EN 1991-1-4 §4.3.1 e Annex A3
T_r	100 periodo di ritorno
k_1	0.138
n	1.000
α_r	1.06
z_0	0.3 EN 1991-1-4 §4.3.2
z_{0II}	0.05 EN 1991-1-4 §4.3.2 prosp. 4.1
z_{min}	8.00 EN 1991-1-4 §4.3.2
z_{max}	200 EN 1991-1-4 §4.3.2
k_r	0.22 fattore di terreno EN 1991-1-4 §4.3.2 (4.5)
$v_m(z)$	20.6 EN 1991-1-4 cap. 4.3.1 (4.3)
σ_v	5.72 scarto comp. turbolenta EN 1991-1-4 §4.4 (4.6)
ρ	1.25 densità aria (4.5 nota 2 e N.A.D.)
$l_v(z)$	0.28 EN 1991-1-4 cap. 4.4 (4.7)
$C_e(z)$	1.77 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9) => per deduzione
$q_p(z)$	781.42 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9)
v^*_b	25.00 EN 1991-1-4 §8.1 (4) + NAD
$v^*_m(z)$	19.40 EN 1991-1-4 cap. 4.3.1 (4.3)
$l^{**}_v(z)$	0.30 EN 1991-1-4 cap. 4.4 (4.7)
$C_e^{**}(z)$	1.84 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9) => per deduzione
$q^{**}_p(z)$	720.64 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9)

Caratteristiche impalcato

b_{imp}	12.49 m (cfr. figura)
Z	11.00 m quota baricentro struttura da p.c.
d_{sagoma}	4.00 (m) EN 1991-1-4 §8.1. (5) + NAD
$d_{scarico}$	5.09 (m) d_{it} A ponte scarico (cfr. figura)
d_{carico}	5.50 (m) d_{it} a ponte carico (cfr. figura)
ψ_0	0.60 coefficiente di combinazione (EN 1990)
C_{rx} scarico	1.73 EN 1991-1-4 - cap. 8.3.1 fig. 8.3
C_{rx} carico	1.78
$b/d_{scarico}$	2.45
b/d_{carico}	2.27
$f_{w,scarico}$	1348.10 (N/m ²)
$f_{w,carico}$	1387.23 (N/m ²)
f^{**}_w	1243.24 (N/m ²) (EN 1991-1-4 cap. 8.1 (4))
$F_{w,scarico}$	6861.81 (N/m) Risultante a ponte scarico, car.
$F_{w,carico}$	7626.97 (N/m) Ris. a ponte carico, car.
$\min(\psi_0 F_w ; F^{**}_w)$	745.94 (N/m) Ris. a ponte scarico, comb. ($\min \psi_0 F_w ; F^{**}_w$)

 Esempi di calcolo di d_{tot} per impalcato con barriera e con sagoma stradale

EN 1991-1-4 - figura 8.3

Tabella 6.18 Pressione del vento per barriera h 4.0 m - azioni globali

A favore di sicurezza, viste le caratteristiche generali della struttura, nell'analisi globale verranno considerate direttamente le pressioni inerenti alla situazione di "ponte scarico" con barriera alta 7.5 m; per le verifiche locali degli sbalzi verranno prese in considerazione entrambe le situazioni di barriera alta 7.5 m e 4.0 m.

L'azione del vento viene applicata al modello in corrispondenza del piano di riferimento, fissato convenzionalmente a estradosso impalcato, tenendo conto dell'eccentricità verticale del baricentro delle pressioni.

Riferendosi pertanto all'eccentricità dell'azione rispetto al piano di riferimento, l'azione verrà uniformemente distribuita sull'intera superficie dell'impalcato attraverso una distribuzione di azioni orizzontali tangenziali ed una distribuzione bitriangolare di pressioni verticali, valutate nel modo seguente:

$$\sigma_t = F_y / (b_{imp} \times l_{imp}) \quad \text{N/m}^2$$

$$\sigma_M = F_y \times \Delta h / (b_{imp}^2 / 6 \times l_{imp}) \quad \text{N/m}^2 (+/-)$$

Dove:

$b_{imp} = 12.49$ m larghezza complessiva impalcato

$l_{imp} = 11.39$ m lunghezza complessiva impalcato

$\Delta h =$ eccentricità del punto di applicazione dell'azione del vento rispetto al piano di riferimento (8.59/2 – 0.70).

La figura seguente riporta schematicamente i carichi da vento implementati nel modello (patch load verticali e orizzontali).

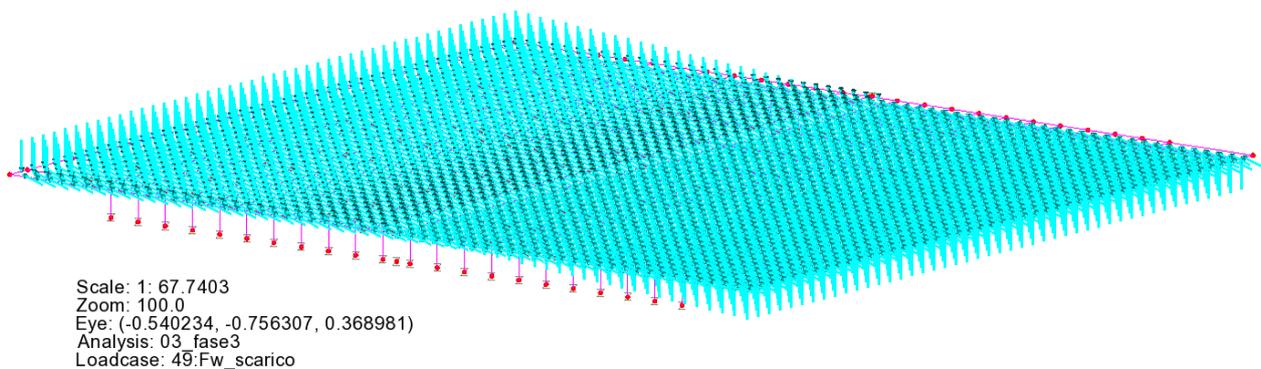


Figura 6.20 Implementazione carichi da vento

L'ulteriore eccentricità dell'azione implementata a quota riferimento rispetto agli assi baricentrici degli elementi e rispetto all'asse appoggi è automaticamente gestita dal sistema ad elementi finiti.

6.2.6 Variazioni termiche (Tk)

Conformemente a quanto specificato dal MdP 2.5.1.4.4.1, si considera una variazione termica uniforme $\Delta T = +/- 15^\circ\text{C}$.

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL 02 00 001	REV. A

6.2.7 Azioni sismiche (E)

6.2.7.1 Generalità

L'opera in oggetto è progettata per una vita nominale VN pari a 50 anni e considerando una classe d'uso IV ("Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico") ai sensi del D.M. 14 gennaio 2018, da cui scaturisce un coefficiente d'uso CU = 2.

L'azione sismica di progetto è definita per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV). Il periodo di ritorno di quest'ultima - in funzione della vita utile, della classe d'uso, del tipo di costruzione e dello stato limite di riferimento (prima definiti) è di 949 anni.

Essa, conformemente a quanto prescritto dalle Norme Tecniche, è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base del sito su cui l'opera insiste. Tale pericolosità sismica è descritta, in termini geografici e temporali:

- attraverso i valori di accelerazione orizzontale di picco a_g (attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale) e le espressioni che definiscono le ordinate del relativo spettro di risposta elastico in accelerazione $S_e(T)$
- in corrispondenza del punto del reticolo che individua la posizione geografica dell'opera
- con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR.

In particolare, la forma spettrale prevista dalla normativa è definita, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri:

- $a_{g,r}$ accelerazione orizzontale massima del terreno
- F_0 , valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T_c^* , periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I suddetti parametri sono calcolati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il punto caratterizzante la posizione dell'opera utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

In particolare, si può notare come F_0 descriva la pericolosità sismica locale del sito su cui l'opera insiste. Infatti, da quest'ultimo, attraverso le espressioni fornite dalla normativa, sono valutati i valori d'amplificazione stratigrafica e topografica.

Nella tabella seguente sono riassunti i valori dei parametri assunti per l'opera in oggetto per tutti gli S.L. previsti dalla normativa.

Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto

Latitudine: 45.42403

Longitudine: 10.96222

Stato limite	V _N (anni)	C _U	V _R (anni)	T _R (anni)	a _g (g)	F ₀	T*c	a _g (m/s ²)	F _v
SLO	50	2	100	60	0.061	2.512	0.250	0.598	0.838
SLD	50	2	100	101	0.079	2.471	0.261	0.775	0.938
SLV	50	2	100	949	0.201	2.469	0.279	1.972	1.494
SLC	50	2	100	1950	0.261	2.404	0.287	2.560	1.658

Tabella 6.19: "Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto"

In quest'ultima V_N è la vita nominale dell'opera; C_U è il coefficiente relativo alla classe d'uso; V_R è il periodo di riferimento per l'azione sismica; T_R è il periodo di ritorno associato alla probabilità di non superamento dello stato limite di riferimento; a_g è la massima accelerazione riferita a quella di gravità attesa sul sito su suolo di riferimento; F₀ è il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; F_v è il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione verticale; T_C* è il periodo, espresso in secondi, corrispondente alla fine del tratto orizzontale dello spettro su suolo di riferimento.

Lo spettro di risposta elastico per la descrizione della componente orizzontale del moto sismico è costruito a partire dai parametri riassunti nella tabella seguente.

Parametri per la definizione dello spettro orizzontale

Stato limite	Suolo	Categ. Top.	S _s	S _T	S	C _C	T _B	T _C	T _D
SLO	B	T1	1.20	1.00	1.20	1.451	0.121	0.363	1.844
SLD	B	T1	1.20	1.00	1.20	1.439	0.125	0.376	1.916
SLV	B	T1	1.20	1.00	1.20	1.420	0.132	0.396	2.404
SLC	B	T1	1.15	1.00	1.15	1.412	0.135	0.405	2.644

Tabella 6.20 : "Parametri per la definizione dello spettro elastico orizzontale"

In quest'ultima S_s ed S_T sono rispettivamente i fattori di amplificazione stratigrafica e topografica concorrenti alla determinazione del fattore di amplificazione S; C_C è il coefficiente che modifica il valore del periodo T_C*; T_B è il periodo, espresso in secondi, corrispondente all'inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro della componente orizzontale; T_C è il periodo, espresso in secondi, corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro della componente orizzontale; T_D è il periodo, espresso in secondi, corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro della componente orizzontale. Tale spettro è descritto dalle espressioni seguenti.

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \cdot \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \quad \text{se} \quad 0 \leq T \leq T_B$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \quad \text{se} \quad T_B \leq T \leq T_C$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \frac{T_C}{T} \quad \text{se} \quad T_C \leq T \leq T_D$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \quad \text{se} \quad T_D \leq T$$

Di seguito si riportano in figura gli spettri elastici per componente orizzontale, per tutti gli S.L. previsti dalla normativa. Le analisi verranno condotte, come indicato, prendendo in esame lo SLD e lo SLV.

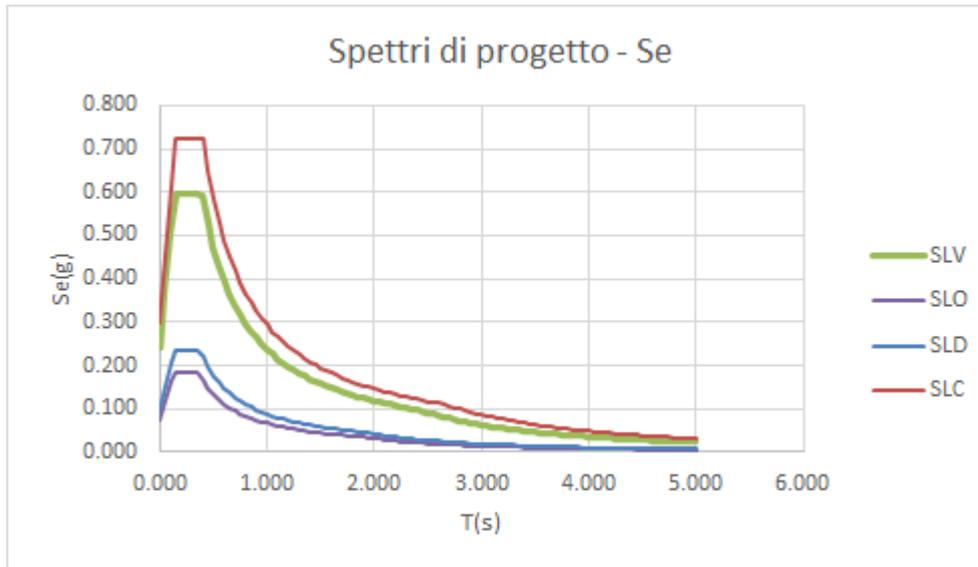


Figura 6.21 : Spettro elastico per la componente orizzontale

Lo spettro di risposta elastico per la descrizione della componente verticale del moto sismico è costruito a partire dai parametri riassunti nella tabella seguente.

Parametri per la definizione dello spettro verticale									
Stato limite	Suolo	Categ. Top.	S _s	S _r	S	C _c	T _B	T _C	T _D
SLO	B	T1	1.00	1.00	1.00	1.451	0.050	0.150	1.000
SLD	B	T1	1.00	1.00	1.00	1.439	0.050	0.150	1.000
SLV	B	T1	1.00	1.00	1.00	1.420	0.050	0.150	1.000
SLC	B	T1	1.00	1.00	1.00	1.412	0.050	0.150	1.000

Tabella 6.21 : Parametri per la definizione dello spettro elastico verticale

In quest'ultima S_s ed S_r sono rispettivamente il fattori di amplificazione stratigrafica e topografica concorrenti alla determinazione del fattore di amplificazione S; T_B è il periodo, espresso in secondi, corrispondente all'inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro della componente verticale; T_C è il periodo, espresso in secondi, corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro della componente verticale; T_D è il periodo, espresso in secondi, corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro della componente verticale. Tale spettro è descritto dalle espressioni seguenti.

$$S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \cdot \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \quad \text{se} \quad 0 \leq T \leq T_B$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \quad \text{se} \quad T_B \leq T \leq T_C$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \frac{T_C}{T} \quad \text{se} \quad T_C \leq T \leq T_D$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \quad \text{se} \quad T_D \leq T$$

Di seguito si riportano in figura gli spettri elastici per componente orizzontale, per tutti gli S.L. previsti dalla normativa. Le analisi verranno condotte, come indicato, prendendo in esame lo SLD e lo SLV.

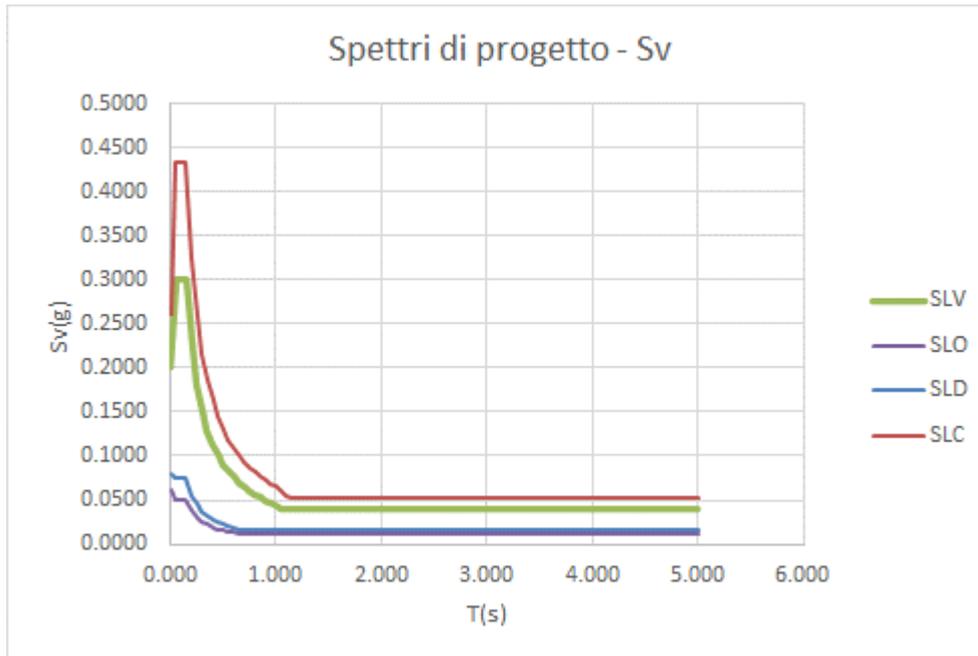


Figura 6.22 : Spettro elastico per la componente verticale

Come accennato in premessa, le verifiche sismiche verranno condotte con riferimento ad un comportamento “non dissipativo”. Pertanto il fattore di duttilità verrà considerato unitario.

6.2.7.2 Masse partecipanti

Ai fini dell’analisi sismica, in conformità ai criteri indicati da NTC2018, si considerano le seguenti masse attive:

- Pesi propri, finiture e ballast $M_{(G1, G2, G3)}$
- $\psi M_{(Qk)}$

In cui

$M_{(Qk)}$ = massa afferente alla totalità dei carichi mobili che possono interessare il manufatto (inclusi i relativi coefficienti α e ϕ)

$$\psi = 0.2$$

Per la struttura in esame, considerando le regole che stabiliscono la contemporaneità dei carichi, la situazione più sfavorevole riguardante i carichi mobili prevede la presenza di un treno LM71 ed un treno SW/2, con le seguenti masse associate:

$$M(LM71) + M(SW/2) = 476160 \text{ kg}$$

La massa “sismica” considerata nei calcoli risulta pertanto:

$$M(Q_k) = 0.2 \times 476160 = 95232 \text{ kg}$$

6.2.8 Azioni eccezionali

Le azioni eccezionali prese in esame sono quelle inerenti il deragliamento e l’urto sotto l’impalcato.

6.2.8.1 Deragliamento

Per le azioni da deragliamento si fa riferimento a quanto contenuto in NTC 2018 5.2.2.9.2, considerando direttamente il “caso2”, che viene giudicato, date le caratteristiche complessive della struttura (solettone di caratteristiche pressochè uniformi lungo l’intera larghezza) più gravoso.

Il carico q_{a2d} verrà disposto alternativamente sui due binari, accostato al lato più esterno a distanza $1.5 \times s = 2.15 \text{ m}$, e diffuso secondo le regole indicate in normativa.

Si considera pertanto:

$$q_{a2d} = 80 \times 1.4 = 112 \text{ kN/m} \quad \text{carico lineare}$$

cui corrisponde:

$$q'_{a2d} = 112/0.45 = 248.9 \text{ kN/m}^2 \quad \text{carico per unità di superficie.}$$

La stesa di carico, di lunghezza complessiva pari a 20 m interessa l’intera lunghezza del manufatto.

In figura si riporta la distribuzione dei carichi assunta sul modello, per deragliamento sul binario 1 e risp. binario 2.

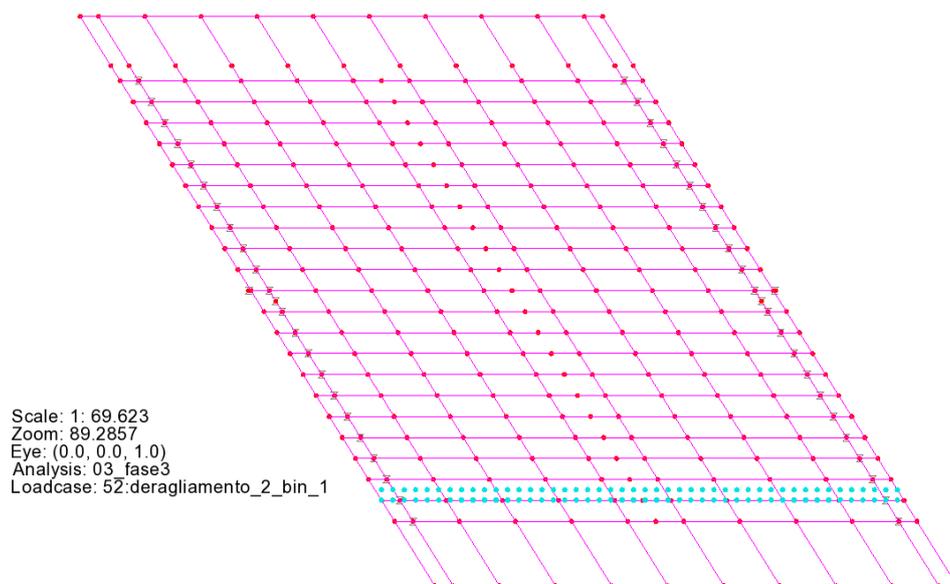


Figura 6.23 Deragliamento - caso 2 - bin. 1

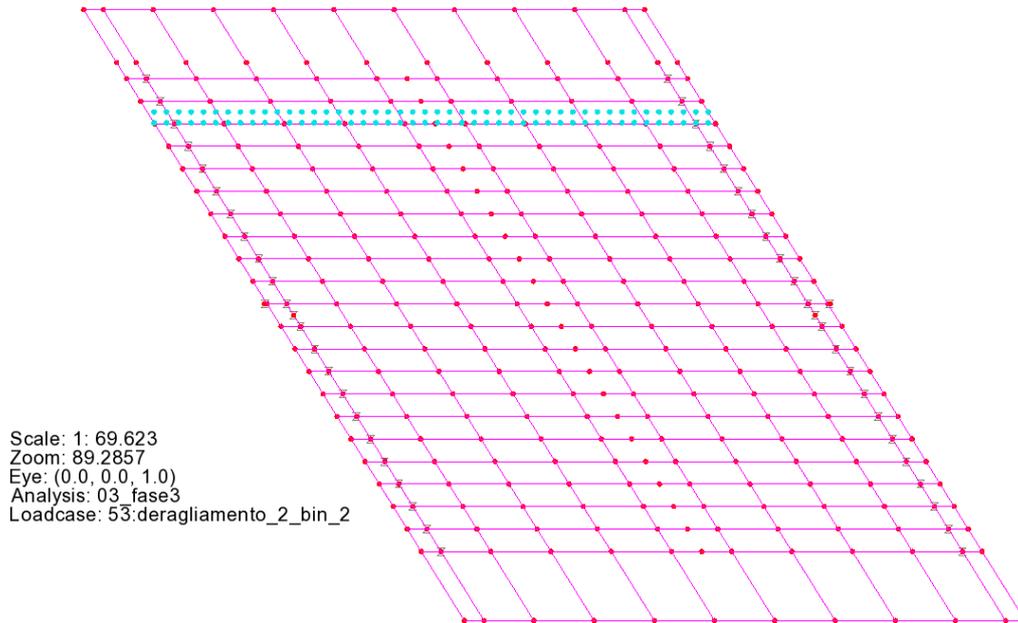


Figura 6.24 Deragliamento - caso 2 - bin. 2

6.2.8.2 Urto al di sotto del ponte

L'urto non viene preso in considerazione in quanto il piano viario stradale si trova a circa 11 m dall'intradosso dell'impalcato, per cui maggiore di 6 m.

6.2.9 *Combinazioni di carico*

Ai fini delle verifiche, condotte nell'ambito dei criteri propri delle verifiche agli stati limite, la combinazione delle azioni è effettuata secondo quanto disposto dal D. Min. Infrastrutture 17 gennaio 2018.

In linea generale, le combinazioni verranno elaborate prendendo di volta in volta ciascuna delle singole azioni variabili come azione dominante come riferimento, ed assegnando gli opportuni valori "di combinazione" alle rimanenti.

In linea generale, si considerano i contributi dettagliati ai punti precedenti, così suddivisi:

- Azioni permanenti (G)
 - Pesi propri (gk1)
 - Pesi finiture (gk2)
 - Peso ballast (gk3)
- Azioni variabili (Q)
 - Carichi mobili Q_k (azione multicomponente)
 - Variazione Termica T_k
 - Vento F_w

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	53 di 128

- Azioni sismiche (E)
- Azioni eccezionali (A)

Le verifiche d'esercizio vengono effettuate sulla base dell'involuppo delle combinazioni delle azioni permanenti e delle azioni variabili, ciascuna delle quali viene presa di volta in volta come dominante.

6.2.9.1 Combinazioni per verifiche globali

Di seguito si dettagliano le combinazioni di carico effettivamente utilizzate nelle verifiche, elaborate con riferimento ai criteri contenuti in NTC2018 2.5.3. (criteri generali) e NTC2018 5.2.3.2 (coefficienti per verifiche strutture in ambito ferroviario).

S.L.U. – STR (A1)

Si considera, nell'ambito dello S.L.U. (STR) l'involuppo delle seguenti combinazioni base.

S.L.U. - Q_k dominante

$$S_d = \gamma_{G1} G_{k1} + \gamma_{G2} G_{k2} + \gamma_{G3} G_{k,3} + \gamma_{q,1} Q_{k,gr1/3} + \gamma_{q,2} 0.6 T_k + \gamma_{q,3} 0.6 F_{w,k}$$

Per $Q_{k,gr1/2}$ si intende l'involuppo delle sollecitazioni, elaborato sulla base dei carichi di gruppo 1 e 2

S.L.U. - T_k dominante

$$S_d = \gamma_{G1} G_k + \gamma_{G2} G_{k2} + \gamma_{G3} G_{k,3} + \gamma_{sett.} G_{ksett.} + \gamma_{sh} G_{sh} + \gamma_{q,2} T_k + \gamma_{q,1} 0.8 \times Q_{k,gr1/3} + \gamma_{q,2} 0.6 F_{w,k} (***)$$

S.L.U. - F_{wk} dominante

$$S_d = \gamma_{G1} G_k + \gamma_{G2} G_{k2} + \gamma_{G3} G_{k,3} + \gamma_{sett.} G_{ksett.} + \gamma_{sh} G_{sh} + \gamma_{q,3} F_{wk} + \gamma_{q,2} 0.6 T_{,k}$$

Di seguito i coefficienti amplificativi $\gamma_{fav} / \gamma_{unfav}$:

γ_{G1} 1.35 – 1 coefficiente moltiplicativo sovraccarichi di peso proprio

γ_{G2} 1.35 – 1 coefficiente moltiplicativo sovraccarichi delle finiture ed altre opere di arredo (*)

γ_{G3} 1.5 – 1 coefficiente moltiplicativo per il sovraccarico da ballast

γ_{Q1} 1.45 – 0 coefficiente moltiplicativo applicato ai modelli di carico mobile (**)

γ_{Q2} 1.5 coefficiente moltiplicativo per i carichi di origine termica.

γ_{Q3} 1.5 coefficiente moltiplicativo per i carichi da vento

(*) I sovraccarichi permanenti afferenti all'arredo stradale (pavimentazione, barriere e finiture varie) sono inquadrati come "sovraccarico permanente compiutamente definito".

(**) con Q_k si indica il valore derivante dall'involuppo delle azioni multicomponenti applicate al manufatto nell'ambito dei gruppi di carico 1 e 3

(***) nell'ambito della combinazione con F_w presa come azione – base, il coefficiente di combinazione dell'azione multicomponente da traffico risulta pari a 0 (NTC2018 5.2.3.2.1. nota2). Per semplicità, ed a favore di sicurezza, il valore di F_w risulta sempre riferito alla condizione di "vento a ponte carico".

S.L.E. - caratteristica

Si considera l'involuppo le seguenti combinazioni base:

S.L.E. caratteristica - Q_k dominante

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	54 di 128

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} + G_{k3} + Q_{k,gr3/4} + 0.6 T_k + 0.6 F_{w,k} (*)$$

 S.L.E. caratteristica - T_k dominante

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} + G_{k3} + T_k + 0.8 Q_{k,gr1/3} + 0.6 F_{w,k}$$

 S.L.E. caratteristica - F_{wk} dominante

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} + F_{wk} + 0.6 T_k (**)$$

(*) con Q_k si indica il valore derivante dall'involuppo delle azioni multicomponenti applicate al manufatto nell'ambito dei gruppi di carico 1 e 3

(**) nell'ambito della combinazione con F_w presa come azione – base, il coefficiente di combinazione dell'azione multicomponente da traffico risulta pari a 0 (NTC2018 5.2.3.2.1. nota2). Per semplicità, ed a favore di sicurezza, il valore di F_w risulta sempre riferito alla condizione di “vento a ponte carico”.

S.L.U. - sismica

Ai fini delle verifiche in fase sismica, si considera la combinazione derivata dalla somma degli effetti della S.L.E. quasi permanente e delle azioni sismiche, ovvero:

$$E_d = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} + G_{ksett.} + G_{sh} + 0.5 T_k + E_d$$

E_d rappresenta l'effetto sismico risultante dalla combinazione dell'azione sismica nelle tre direzioni longitudinale (lg), trasversale (trv) e verticale (vert), preventivamente elaborata con riferimento alla seguente regola:

$$E_{d,lg} \text{ dominante} = E_{d,lg} + 0.3 E_{d,trv} + 0.3 E_{d,vert}$$

$$E_{d,trv} \text{ dominante} = E_{d,trv} + 0.3 E_{d,lg} + 0.3 E_{d,vert}$$

L'azione caratterizzata di sisma verticale dominante non verrà presa in esame, perché di scarso significato, date le caratteristiche della struttura.

Le combinazioni di carico vengono elaborate dal sistema ad elementi finiti Lusas, con un algoritmo denominato “Smart Combination” che procede, in automatico, a selezionare i due coefficienti moltiplicativi delle azioni γ_{fav} , γ_{unfav} per massimizzare/minimizzare la caratteristica di sollecitazione prescelta.

Tale possibilità rende estremamente semplice ed immediato l'elaborazione di tutte le combinazioni, individuando la situazione più sfavorevole in funzione delle varie azioni variabili dominanti.

L'estrazione della situazione più sfavorevole verrà effettuata involupando, nell'ambito dello S.L. considerato, le singole combinazioni Q_k dominante / F_w dominante / T_k dominante.

A – eccezionali

Ai fini delle verifiche delle situazioni eccezionali (Urto e deragliamento), si considereranno i valori caratteristici dei sovraccarichi permanenti, combinati con i valori nominali delle azioni eccezionali esaminate.

6.2.9.2 Combinazioni per verifiche locali

Ai fini delle verifiche dello sbalzo, si studieranno i seguenti S.L.

- S.L.U. caratteristico
- S.L.E. caratteristico

In questo caso, le azioni variabili dominanti sono costituite da:

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	55 di 128

- Q_k – sovraccarico sul marciapiede
- F_w – vento su barriera antirumore laterale

Per i coefficienti γ e ψ utilizzati si rimanda al punto precedente.

6.3 Analisi strutturale impalcato

6.3.1 Modellazione F.E.M.

6.3.1.1 Generalità

Come accennato nel capitolo di inquadramento metodologico, il calcolo delle sollecitazioni viene effettuato con riferimento ad una modellazione a grigliato elaborata tramite elementi “beam” lineari a due nodi, tipo “BMI21”. I dispositivi di vincolo verranno modellati tramite elementi unidimensionali tipo joint “jnt” a 6 g.d.l., ai quali verrà assegnata l’opportuna rigidità traslazionale e/o rotazionale.

La discretizzazione dell’impalcato prevede il tracciamento dei 22 allineamenti longitudinali delle travi metalliche, che verranno collegati trasversalmente da elementi trasversali equivalenti allo spessore del solettone, di larghezza pari a 1.04 m. Nelle zone di estremità l’ampiezza equivalente verrà ridotta, in modo da tracciare un elemento “di bordo”, che avrà larghezza di 10 cm, ed un elemento posto a cavallo dell’asse appoggi, di larghezza nominale pari 68 cm.

La figura seguente riporta la mesh in maniera schematica e renderizzata

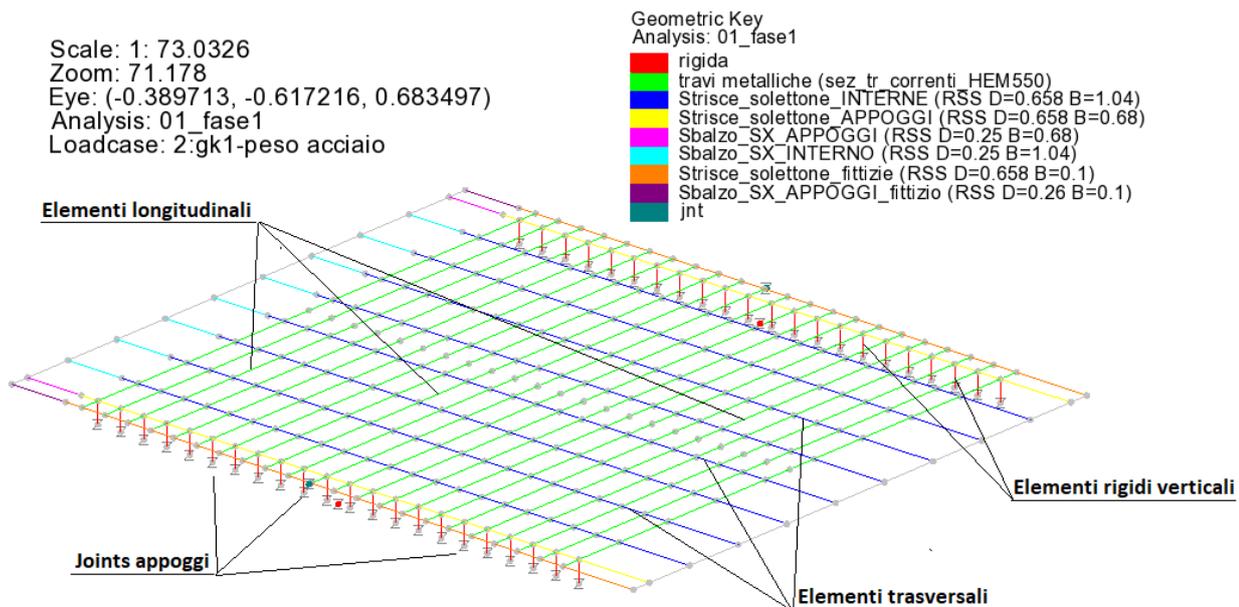


Figura 6.25 Mesh E.F.

Il modello prevede la sovrapposizioni di una serie di analisi lineari indipendenti, ciascuna afferente alle singole “fasi” in cui si idealizza lo sviluppo della vita della struttura.

Per il riepilogo dei dettagli di ciascuna fase, si rimanda al cap. “Modalità generali di calcolo e verifica”.

6.3.1.2 Definizione delle proprietà dei vincoli

I vincoli a terra sono rappresentati da un joint “rigido”, posizionato in corrispondenza del baricentro di dispositivi di appoggio. Tale joint collega rigidamente, attraverso “constraints” rigidi le basi dei singoli dispositivi di appoggio.

Per la modellazione delle proprietà meccaniche dei dispositivi elastomerici, si sono assunti i valori indicati in premessa:

$$k_x = k_y = 1.9 \text{ e}6 \text{ N/m}$$

$$k_z = 1.9 \text{ e}9 \text{ N/m}$$

I gradi di libertà rotazione prevedono rigidità nulla.

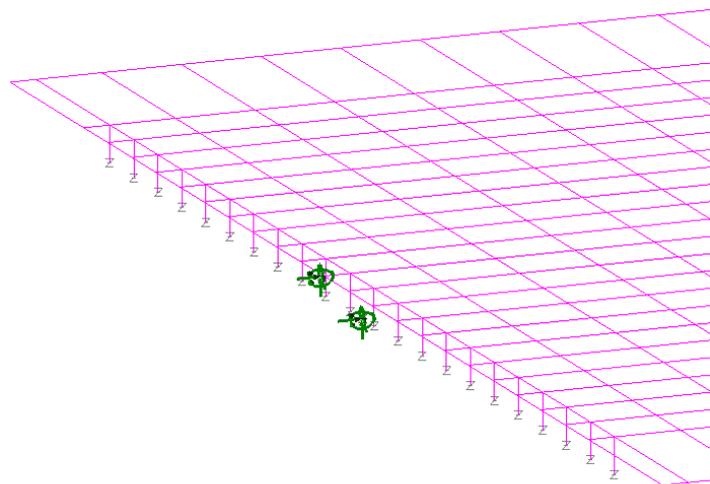


Figura 6.26 posizione vincoli a terra

6.3.1.3 Definizione delle caratteristiche geometriche travi principali

Le caratteristiche geometriche degli elementi longitudinali compositi sono valutate con riferimento alle proprietà dell’acciaio, impiegando gli opportuni coefficienti di omogeneizzazione $n = E_c/E_s$.

Si sottolinea che la collaborazione con il calcestruzzo viene considerata unicamente ai fini dell’implementazione del modello ed alla deduzione delle sollecitazioni di verifica, mentre essa verrà integralmente trascurata, come prescritto dal MdP per le verifiche di resistenza delle travi.

Qui di seguito il calcolo dei coefficienti di omogeneizzazione.

Si assumono le seguenti proprietà base dell’acciaio da carpenteria e del calcestruzzo:

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	57 di 128

$$E_s = 210000 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 33346 \text{ Mpa}$$

Per il comportamento al lungo termine, con riferimento a quanto contenuto in EN 1992-1-1, si considera il coefficiente di viscosità calcolato come segue:

Valutazione coefficienti di viscosità (annex B EN 1992-1-1)

h_o	658.00 mm	
α_1	0.911	B.8c
α_2	0.974	B.8c
α_3	0.935	B.8c
α	0	B.9
$\beta(f_{cm})$	2.66	B.4
β_h	1369.00	B.8a / B.8b
φ_{RH}	1.229	B.3a / B.3b
	t_{01}	
t_{0i}	30	
$t_{0i,mod}$	30	
$\beta(t_0)$	0.482	
φ_0	1.573	
$\varphi(t_0, t_\infty)$	1.549	

Tabella 6.22 Calcolo coefficiente di viscosità

Si ha pertanto:

$$E_{c\infty} = E_{c0} / (1 + \psi_1 \varphi_\infty) = 12333 \text{ MPa}$$

Con $\psi_1 = 1.1$ per gli effetti dei sovraccarichi permanenti

Le sezioni acciaio / calcestruzzo verranno pertanto omogeneizzate impiegando i seguenti coefficienti:

$$n_0 = 1/6.3$$

$$n_\infty = 1/17.03$$

Per le travi correnti si assume un'ampiezza collaborante pari all'interasse nominale delle travi $e = 0.46$; per le travi di bordo si assume $b_{coll} = 0.46/2 + 0.675 = 0.905$ m su ambedue i lati (la zona sbalzo non viene assunta collaborante alla statica longitudinale).

Le tabelle seguenti riportano le proprietà geometriche delle travi longitudinali impiegate nell'ambito delle varie analisi.

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	58 di 128

Fase 1 (profilo HEM550)

Area	A	0.035438
Second moment of area about x axis	Ixx	1.98E-03
Second moment of area about y axis	Iyy	1.92E-04
Product moment of area	Ixy	-5.68E-20
Torsional constant	J	1.63E-05
Effective shear area in y direction	Asy	0.011593
Effective shear area in x direction	Asx	0.021755
Radius of gyration about x axis	kx	0.23645
Radius of gyration about y axis	ky	0.073529
Shear centre, distance from centroid along x axis	xo	6.20E-07
Shear centre, distance from centroid along y axis	yo	4.68E-07
Warping torsional constant about shear centre	Cw	1.33E-05
Plastic neutral axis, distance from centroid along x axis	xp	-5.05E-07
Plastic neutral axis, distance from centroid along y axis	yp	-6.99E-15
Plastic section modulus about x axis	Zpx	7.94E-03
Plastic section modulus about y axis	Zpy	1.94E-03
Plastic torsional section modulus	Zpt	7.68E-04
Angle to principal axis (anticlockwise +ve)	Theta	0
Monosymmetry constant about x	betax	5.05E-07
Monosymmetry constant about y	betay	0.286

Fase 2 – lungo termine

Travi correnti - omog. Acciaio - lungo termine (n=1/17.03)	bcoll	460
Area	A	0.051849
Second moment of area about x axis	Ixx	2.65E-03
Second moment of area about y axis	Iyy	4.99E-04
Product moment of area	Ixy	-2.90E-13
Torsional constant	J	9.85E-04
Effective shear area in y direction	Asy	0.027021
Effective shear area in x direction	Asx	0.036026
Radius of gyration about x axis	kx	0.225982
Radius of gyration about y axis	ky	0.098137
Shear centre, distance from centroid along x axis	xo	-1.43E-06
Shear centre, distance from centroid along y axis	yo	0.017125
Warping torsional constant about shear centre	Cw	1.48E-05
Plastic neutral axis, distance from centroid along x axis	xp	4.59E-07
Plastic neutral axis, distance from centroid along y axis	yp	0.044929

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	59 di 128

Plastic section modulus about x axis	Zpx	0.053981
Plastic section modulus about y axis	Zpy	0.035745
Plastic torsional section modulus	Zpt	0.057689
Angle to principal axis (anticlockwise +ve)	Theta	0
x coordinate of centroid	xc	-4.59E-07
y coordinate of centroid	yc	0.310765
Monosymmetry constant about x	betax	0.699589
Monosymmetry constant about y	betay	6.89E-05

Fase 3 – breve termine

Travi correnti - omog. Acciaio - breve termine (n=1/6.3)	bcoll	460
Area	A	0.0798
Second moment of area about x axis	Ixx	3.72E-03
Second moment of area about y axis	Iyy	1.02E-03
Product moment of area	Ixy	-2.90E-13
Torsional constant	J	2.47E-03
Effective shear area in y direction	Asy	0.053632
Effective shear area in x direction	Asx	0.062658
Radius of gyration about x axis	kx	0.215851
Radius of gyration about y axis	ky	0.113252
Shear centre, distance from centroid along x axis	xo	-5.42E-07
Shear centre, distance from centroid along y axis	yo	0.011242
Warping torsional constant about shear centre	Cw	1.69E-05
Plastic neutral axis, distance from centroid along x axis	xp	2.98E-07
Plastic neutral axis, distance from centroid along y axis	yp	0.026199
Plastic section modulus about x axis	Zpx	0.053981
Plastic section modulus about y axis	Zpy	0.035745
Plastic torsional section modulus	Zpt	0.061043
Angle to principal axis (anticlockwise +ve)	Theta	0
x coordinate of centroid	xc	-2.98E-07
y coordinate of centroid	yc	0.329495
Monosymmetry constant about x	betax	0.280506
Monosymmetry constant about y	betay	3.05E-05

6.3.2 *Principali risultati*

6.3.2.1 Analisi statica

Si riportano nel seguito i diagrammi qualitativi delle sollecitazioni rilevati in corrispondenza degli elementi longitudinali e trasversali. Ulteriori dettagli numerici inerenti le sollecitazioni di progetto vengono presentati nell'ambito dei singoli capitoli.

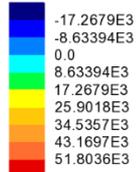
Si riportano i diagrammi di azione assiale N (Fx), taglio V (Fz) e momento M (My) derivanti dai seguenti involuipi:

- S.L.U. Max/min My (M)
- S.L.U. Max/min Fz (V)
- S.L.E. Max/min My (M)
- S.L.E. Max/min Fz (V)
- S.L.E_frequente. Max/min My (M)
- S.L.U._frequente Max/min Fz (V)

I valori indicati sono afferenti a grandezze "di trave" e sono espressi in N e Nm.

Elementi longitudinali

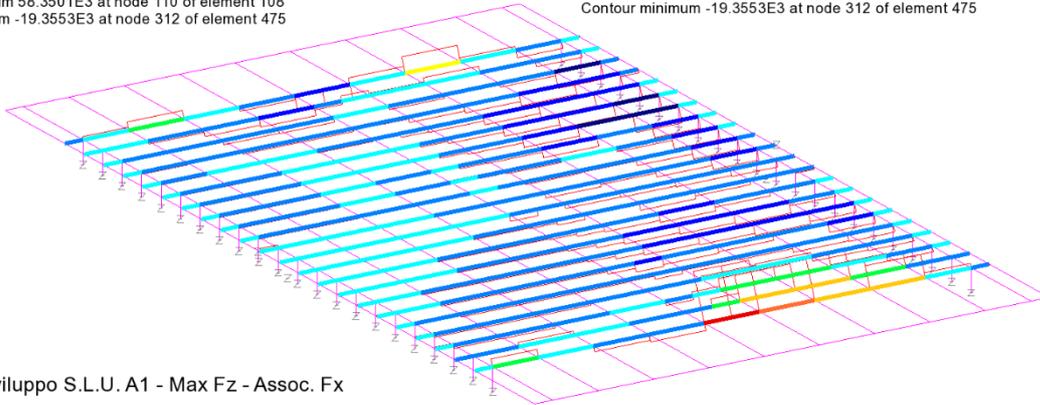
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fx (Units: N)



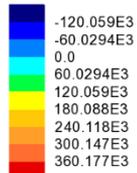
Maximum 58.3501E3 at node 110 of element 108
Minimum -19.3553E3 at node 312 of element 475

Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 58.3501E3 at node 110 of element 108
Diagram minimum -19.3553E3 at node 312 of element 475
Diagram scale: 1: 0.257069E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 8.63394E3
Contour maximum 58.3501E3 at node 110 of element 108
Contour minimum -19.3553E3 at node 312 of element 475



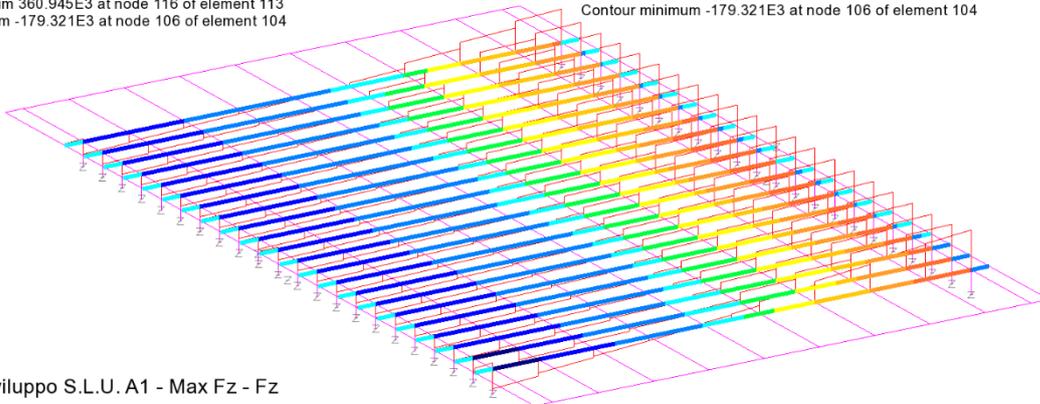
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



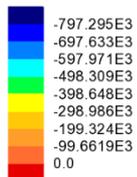
Maximum 360.945E3 at node 116 of element 113
Minimum -179.321E3 at node 106 of element 104

Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 360.945E3 at node 116 of element 113
Diagram minimum -179.321E3 at node 106 of element 104
Diagram scale: 1: 41.5576E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 60.0294E3
Contour maximum 360.945E3 at node 116 of element 113
Contour minimum -179.321E3 at node 106 of element 104



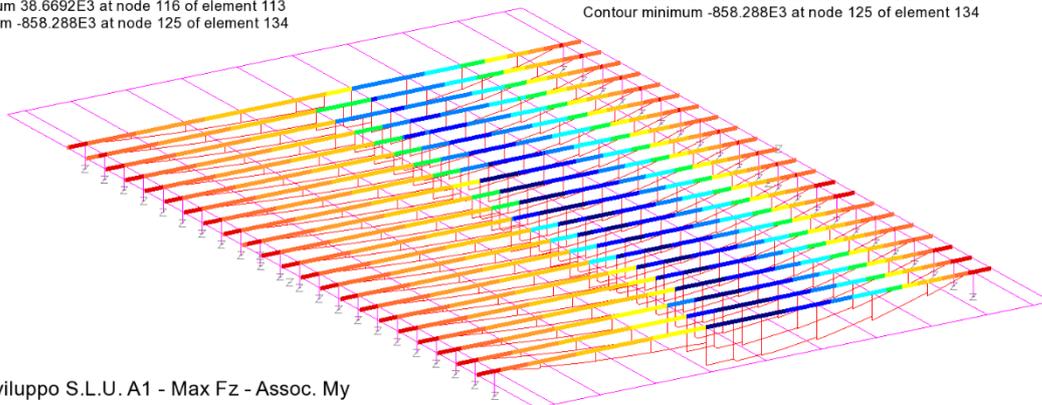
Combining on: Fz
Involuppo S.L.U. A1 (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 38.6692E3 at node 116 of element 113
Minimum -858.288E3 at node 125 of element 134

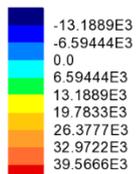
Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: Fz
Involuppo S.L.U. A1 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 38.6692E3 at node 116 of element 113
Diagram minimum -858.288E3 at node 125 of element 134
Diagram scale: 1: 17.4767E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 99.6619E3
Contour maximum 38.6692E3 at node 116 of element 113
Contour minimum -858.288E3 at node 125 of element 134



involuppo S.L.U. A1 - Max Fz - Assoc. My

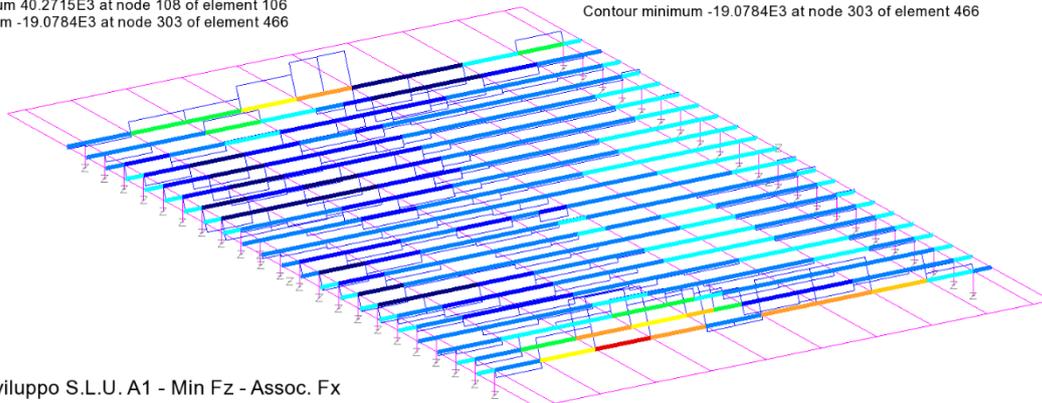
Combining on: Fz
Involuppo S.L.U. A1 (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fx (Units: N)



Maximum 40.2715E3 at node 108 of element 106
Minimum -19.0784E3 at node 303 of element 466

Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: Fz
Involuppo S.L.U. A1 (Min)

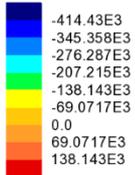
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 40.2715E3 at node 108 of element 106
Diagram minimum -19.0784E3 at node 303 of element 466
Diagram scale: 1: 0.372471E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 6.59444E3
Contour maximum 40.2715E3 at node 108 of element 106
Contour minimum -19.0784E3 at node 303 of element 466



involuppo S.L.U. A1 - Min Fz - Assoc. Fx

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	63 di 128

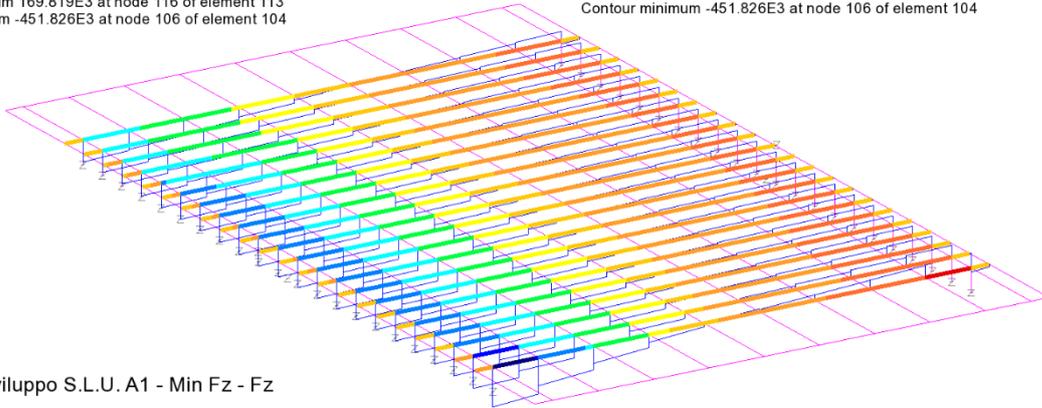
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



Maximum 169.819E3 at node 116 of element 113
Minimum -451.826E3 at node 106 of element 104

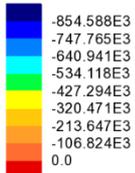
Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 169.819E3 at node 116 of element 113
Diagram minimum -451.826E3 at node 106 of element 104
Diagram scale: 1: 33.1986E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 69.0717E3
Contour maximum 169.819E3 at node 116 of element 113
Contour minimum -451.826E3 at node 106 of element 104



inviluppo S.L.U. A1 - Min Fz - Fz

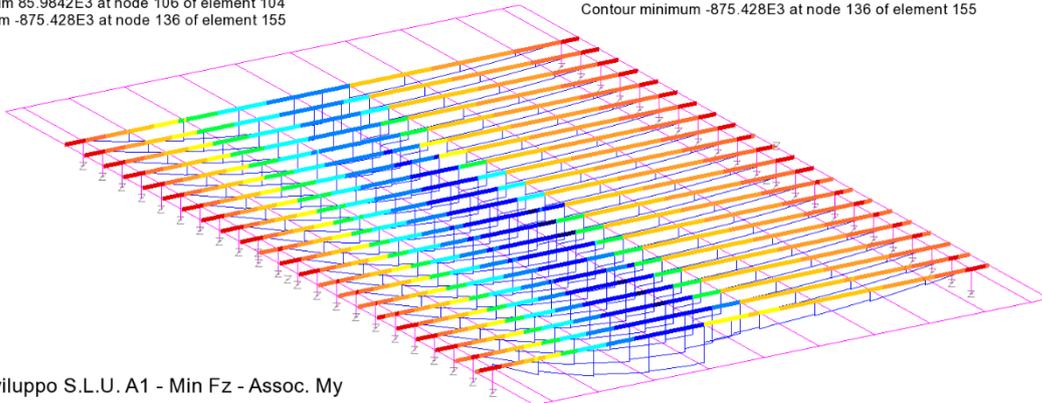
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 85.9842E3 at node 106 of element 104
Minimum -875.428E3 at node 136 of element 155

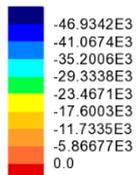
Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 85.9842E3 at node 106 of element 104
Diagram minimum -875.428E3 at node 136 of element 155
Diagram scale: 1: 17.1345E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 106.824E3
Contour maximum 85.9842E3 at node 106 of element 104
Contour minimum -875.428E3 at node 136 of element 155



inviluppo S.L.U. A1 - Min Fz - Assoc. My

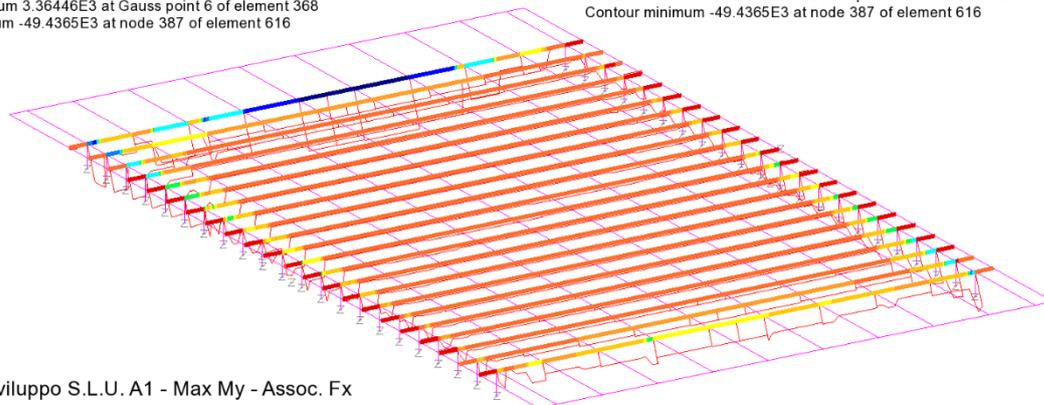
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fx (Units: N)



Maximum 3.36446E3 at Gauss point 6 of element 368
Minimum -49.4365E3 at node 387 of element 616

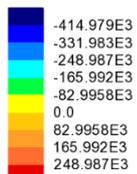
Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 3.36446E3 at Gauss point 6 of element 368
Diagram minimum -49.4365E3 at node 387 of element 616
Diagram scale: 1: 0.30342E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 5.86677E3
Contour maximum 3.36446E3 at Gauss point 6 of element 368
Contour minimum -49.4365E3 at node 387 of element 616



inviluppo S.L.U. A1 - Max My - Assoc. Fx

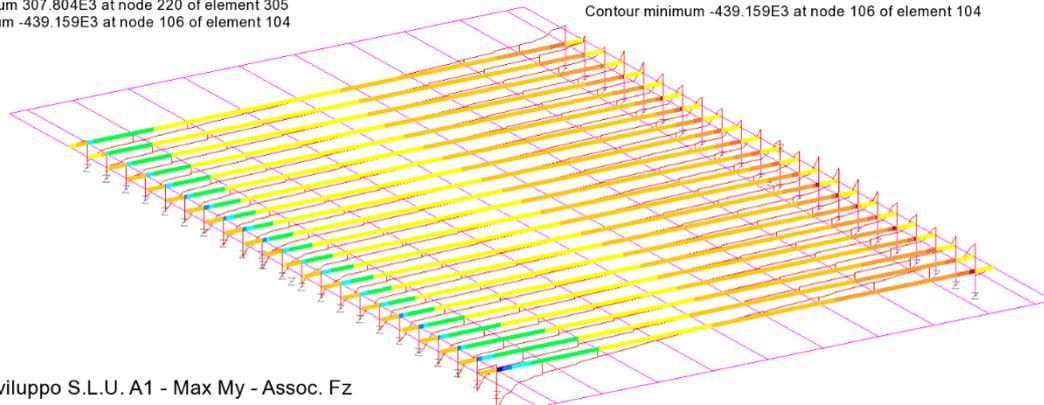
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



Maximum 307.804E3 at node 220 of element 305
Minimum -439.159E3 at node 106 of element 104

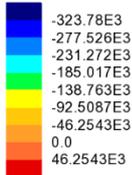
Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 307.804E3 at node 220 of element 305
Diagram minimum -439.159E3 at node 106 of element 104
Diagram scale: 1: 34.1562E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 82.9958E3
Contour maximum 307.804E3 at node 220 of element 305
Contour minimum -439.159E3 at node 106 of element 104



inviluppo S.L.U. A1 - Max My - Assoc. Fz

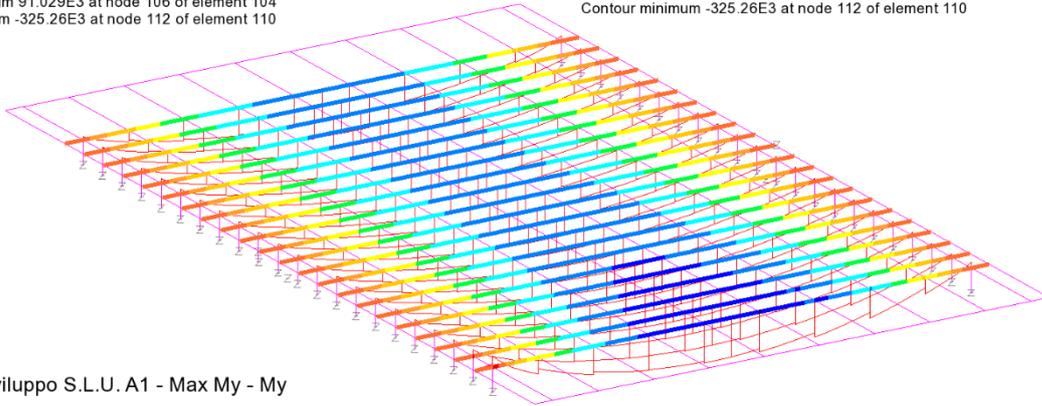
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 91.029E3 at node 106 of element 104
Minimum -325.26E3 at node 112 of element 110

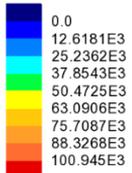
Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 91.029E3 at node 106 of element 104
Diagram minimum -325.26E3 at node 112 of element 110
Diagram scale: 1: 46.1169E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 46.2543E3
Contour maximum 91.029E3 at node 106 of element 104
Contour minimum -325.26E3 at node 112 of element 110



inviluppo S.L.U. A1 - Max My - My

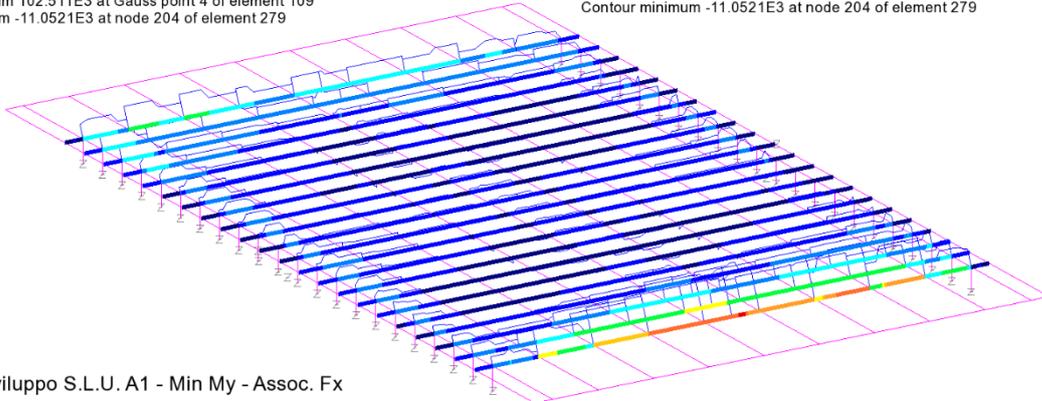
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fx (Units: N)



Maximum 102.511E3 at Gauss point 4 of element 109
Minimum -11.0521E3 at node 204 of element 279

Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 102.511E3 at Gauss point 4 of element 109
Diagram minimum -11.0521E3 at node 204 of element 279
Diagram scale: 1: 0.146326E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 12.6181E3
Contour maximum 102.511E3 at Gauss point 4 of element 109
Contour minimum -11.0521E3 at node 204 of element 279

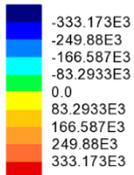


inviluppo S.L.U. A1 - Min My - Assoc. Fx

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	66 di 128

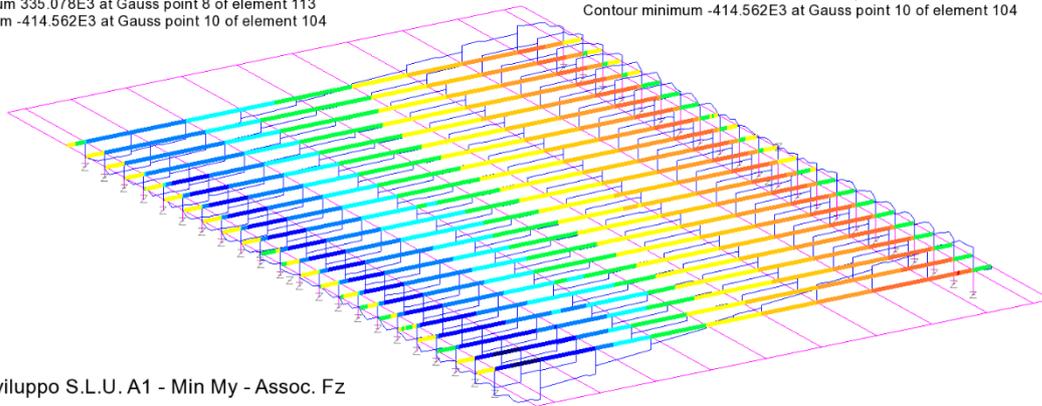
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



Maximum 335.078E3 at Gauss point 8 of element 113
Minimum -414.562E3 at Gauss point 10 of element 104

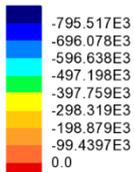
Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 335.078E3 at Gauss point 8 of element 113
Diagram minimum -414.562E3 at Gauss point 10 of element 104
Diagram scale: 1: 36.1828E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 83.2933E3
Contour maximum 335.078E3 at Gauss point 8 of element 113
Contour minimum -414.562E3 at Gauss point 10 of element 104



inviluppo S.L.U. A1 - Min My - Assoc. Fz

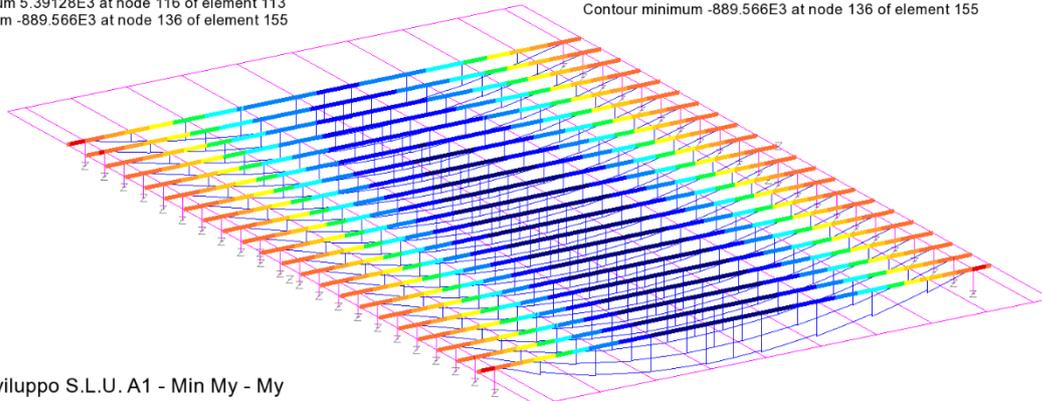
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 5.39128E3 at node 116 of element 113
Minimum -889.566E3 at node 136 of element 155

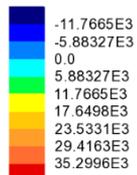
Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 5.39128E3 at node 116 of element 113
Diagram minimum -889.566E3 at node 136 of element 155
Diagram scale: 1: 16.8622E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 99.4397E3
Contour maximum 5.39128E3 at node 116 of element 113
Contour minimum -889.566E3 at node 136 of element 155



inviluppo S.L.U. A1 - Min My - My

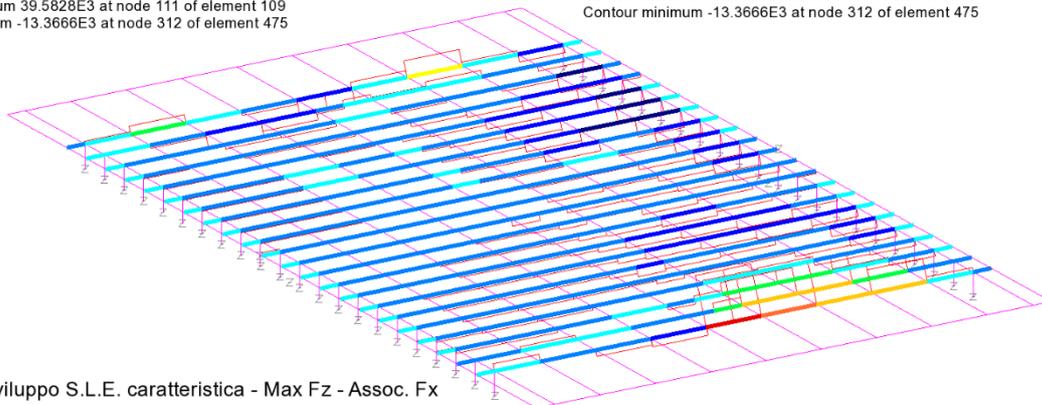
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fx (Units: N)



Maximum 39.5828E3 at node 111 of element 109
Minimum -13.3666E3 at node 312 of element 475

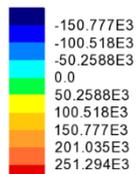
Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 39.5827E3 at node 110 of element 108
Diagram minimum -13.3666E3 at node 312 of element 475
Diagram scale: 1: 0.378953E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 5.88327E3
Contour maximum 39.5828E3 at node 111 of element 109
Contour minimum -13.3666E3 at node 312 of element 475



inviluppo S.L.E. caratteristica - Max Fz - Assoc. Fx

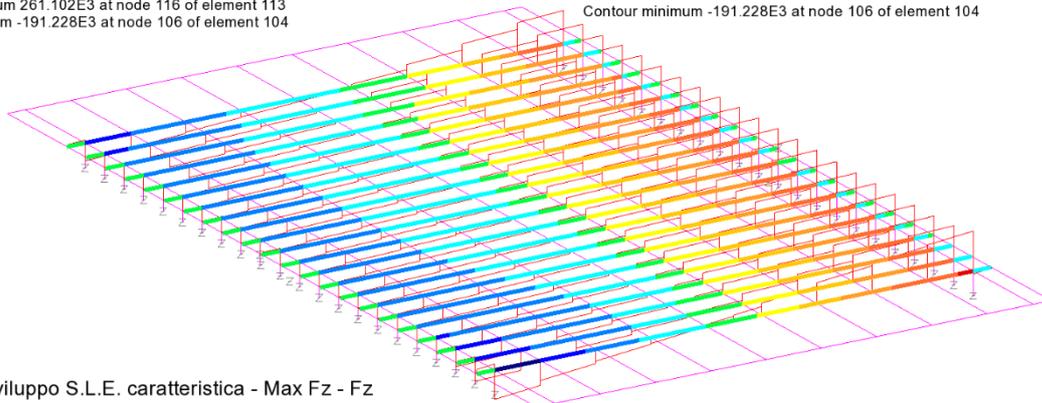
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



Maximum 261.102E3 at node 116 of element 113
Minimum -191.228E3 at node 106 of element 104

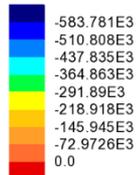
Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 261.102E3 at node 116 of element 113
Diagram minimum -191.228E3 at node 106 of element 104
Diagram scale: 1: 57.4489E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 50.2588E3
Contour maximum 261.102E3 at node 116 of element 113
Contour minimum -191.228E3 at node 106 of element 104



inviluppo S.L.E. caratteristica - Max Fz - Fz

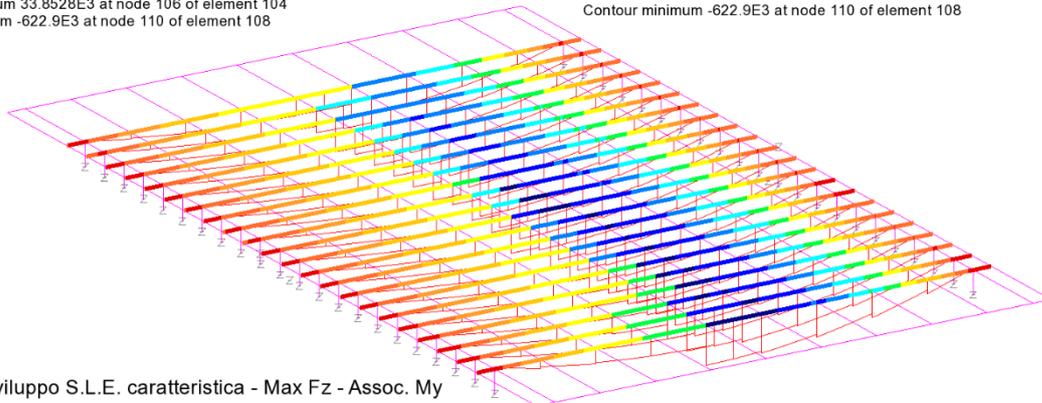
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 33.8528E3 at node 106 of element 104
Minimum -622.9E3 at node 110 of element 108

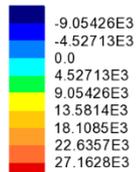
Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 33.8528E3 at node 106 of element 104
Diagram minimum -622.9E3 at node 110 of element 108
Diagram scale: 1: 24.0809E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 72.9726E3
Contour maximum 33.8528E3 at node 106 of element 104
Contour minimum -622.9E3 at node 110 of element 108



inviluppo S.L.E. caratteristica - Max Fz - Assoc. My

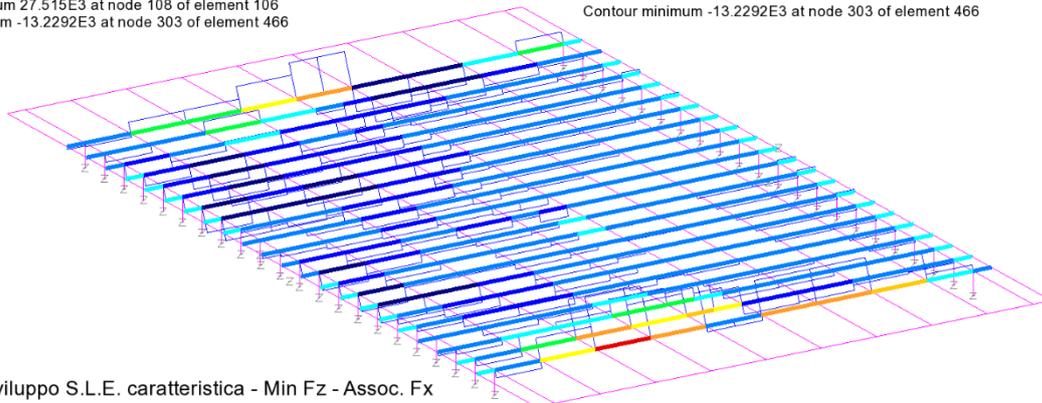
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fx (Units: N)



Maximum 27.515E3 at node 108 of element 106
Minimum -13.2292E3 at node 303 of element 466

Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 27.515E3 at node 108 of element 106
Diagram minimum -13.2292E3 at node 303 of element 466
Diagram scale: 1: 0.545157E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 4.52713E3
Contour maximum 27.515E3 at node 108 of element 106
Contour minimum -13.2292E3 at node 303 of element 466

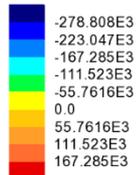


inviluppo S.L.E. caratteristica - Min Fz - Assoc. Fx

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	69 di 128

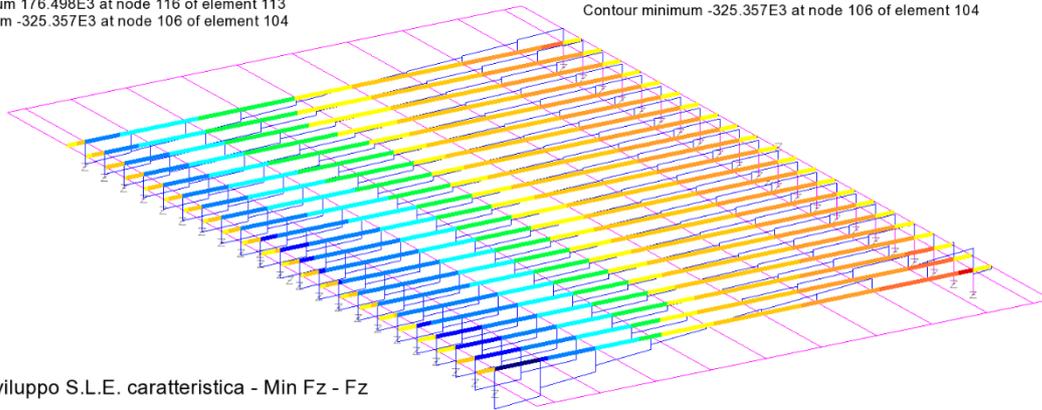
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



Maximum 176.498E3 at node 116 of element 113
Minimum -325.357E3 at node 106 of element 104

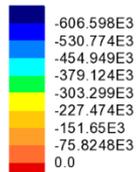
Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 176.498E3 at node 116 of element 113
Diagram minimum -325.357E3 at node 106 of element 104
Diagram scale: 1: 46.1032E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 55.7616E3
Contour maximum 176.498E3 at node 116 of element 113
Contour minimum -325.357E3 at node 106 of element 104



inviluppo S.L.E. caratteristica - Min Fz - Fz

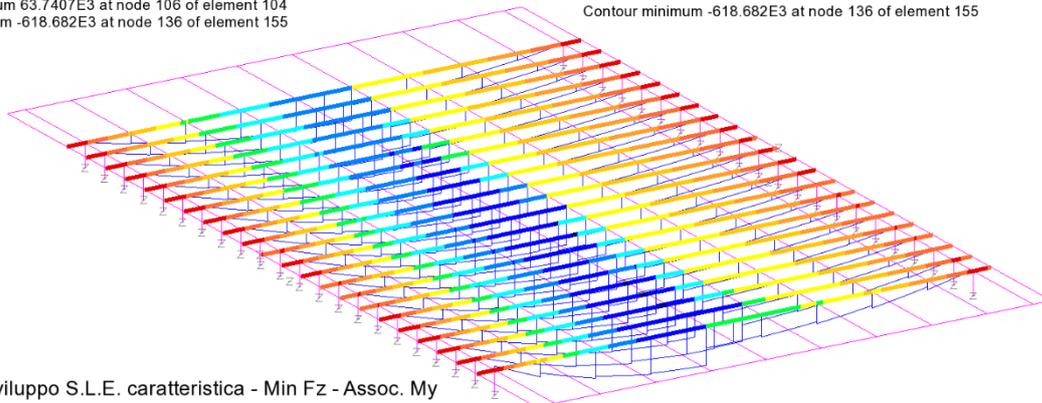
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 63.7407E3 at node 106 of element 104
Minimum -618.682E3 at node 136 of element 155

Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 63.7407E3 at node 106 of element 104
Diagram minimum -618.682E3 at node 136 of element 155
Diagram scale: 1: 24.2451E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 75.8248E3
Contour maximum 63.7407E3 at node 106 of element 104
Contour minimum -618.682E3 at node 136 of element 155

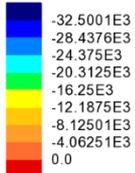


inviluppo S.L.E. caratteristica - Min Fz - Assoc. My

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	70 di 128

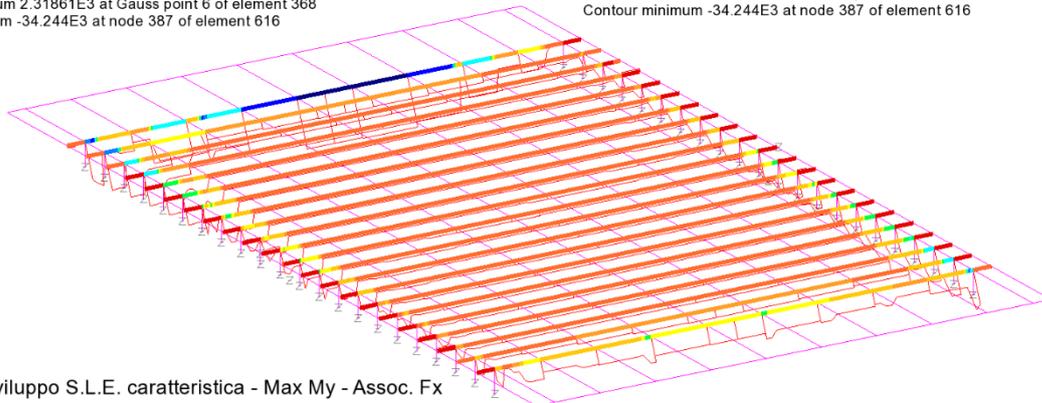
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fx (Units: N)



Maximum 2.31861E3 at Gauss point 6 of element 368
Minimum -34.244E3 at node 387 of element 616

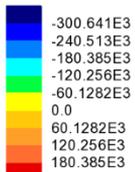
Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 2.31861E3 at Gauss point 6 of element 368
Diagram minimum -34.244E3 at node 387 of element 616
Diagram scale: 1: 0.438034E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 4.06251E3
Contour maximum 2.31861E3 at Gauss point 6 of element 368
Contour minimum -34.244E3 at node 387 of element 616



inviluppo S.L.E. caratteristica - Max My - Assoc. Fx

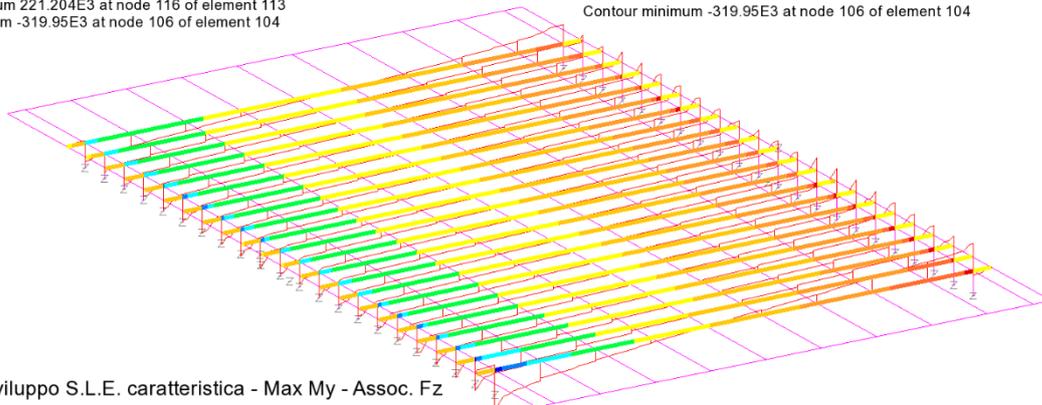
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



Maximum 221.204E3 at node 116 of element 113
Minimum -319.95E3 at node 106 of element 104

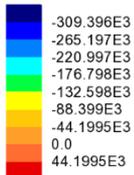
Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 221.204E3 at node 116 of element 113
Diagram minimum -319.95E3 at node 106 of element 104
Diagram scale: 1: 46.8824E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 60.1282E3
Contour maximum 221.204E3 at node 116 of element 113
Contour minimum -319.95E3 at node 106 of element 104



inviluppo S.L.E. caratteristica - Max My - Assoc. Fz

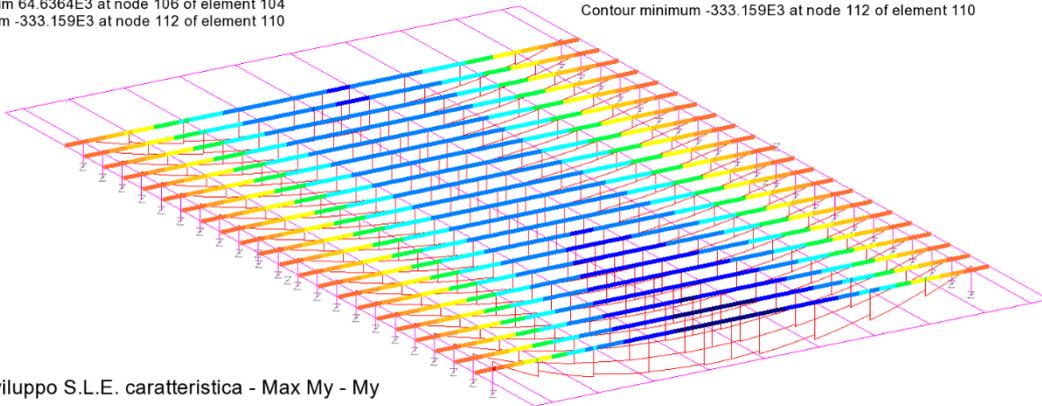
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 64.6364E3 at node 106 of element 104
Minimum -333.159E3 at node 112 of element 110

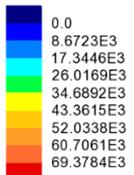
Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 64.6364E3 at node 106 of element 104
Diagram minimum -333.159E3 at node 112 of element 110
Diagram scale: 1: 45.0236E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 44.1995E3
Contour maximum 64.6364E3 at node 106 of element 104
Contour minimum -333.159E3 at node 112 of element 110



inviluppo S.L.E. caratteristica - Max My - My

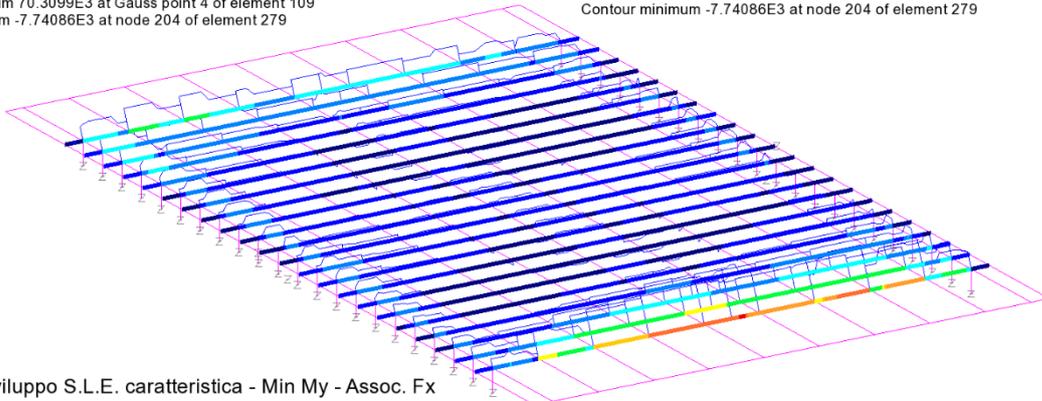
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fx (Units: N)



Maximum 70.3099E3 at Gauss point 4 of element 109
Minimum -7.74086E3 at node 204 of element 279

Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 70.3099E3 at Gauss point 4 of element 109
Diagram minimum -7.74086E3 at node 204 of element 279
Diagram scale: 1: 0.213341E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 8.6723E3
Contour maximum 70.3099E3 at Gauss point 4 of element 109
Contour minimum -7.74086E3 at node 204 of element 279

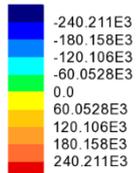


inviluppo S.L.E. caratteristica - Min My - Assoc. Fx

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	72 di 128

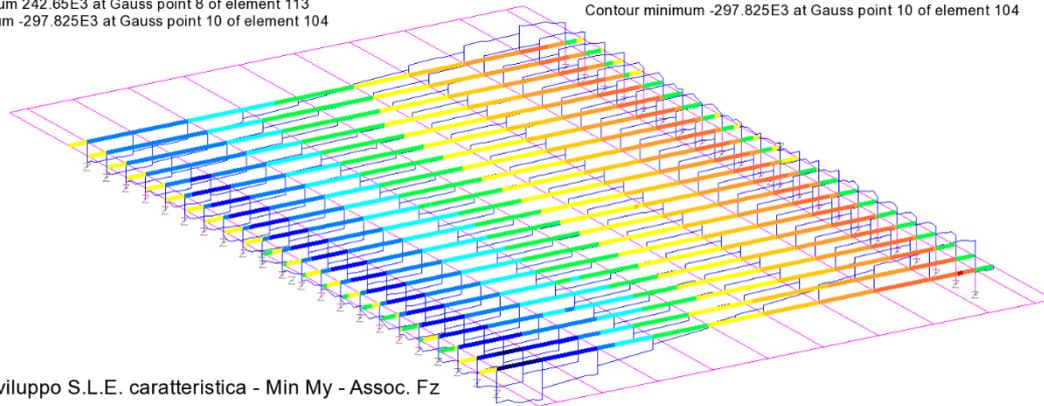
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



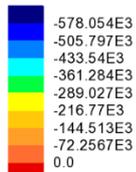
Maximum 242.65E3 at Gauss point 8 of element 113
Minimum -297.825E3 at Gauss point 10 of element 104

Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 242.65E3 at Gauss point 8 of element 113
Diagram minimum -297.825E3 at Gauss point 10 of element 104
Diagram scale: 1: 50.3651E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 60.0528E3
Contour maximum 242.65E3 at Gauss point 8 of element 113
Contour minimum -297.825E3 at Gauss point 10 of element 104



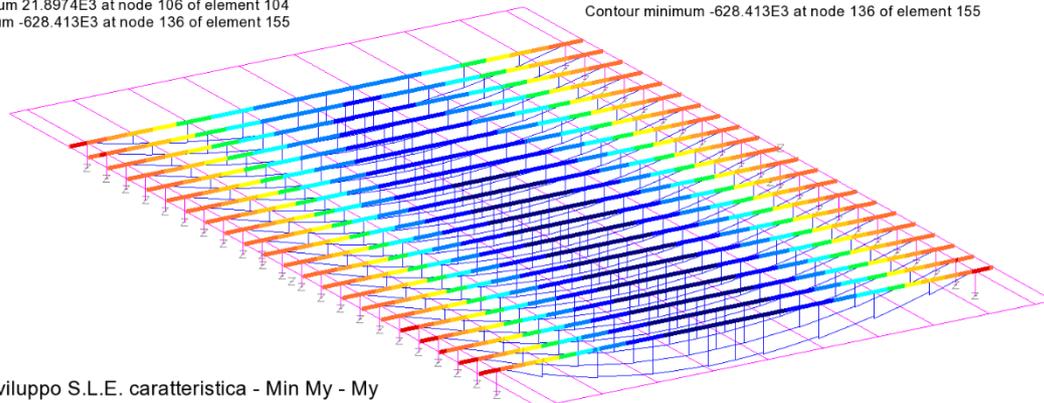
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 21.8974E3 at node 106 of element 104
Minimum -628.413E3 at node 136 of element 155

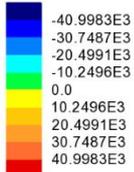
Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 21.8974E3 at node 106 of element 104
Diagram minimum -628.413E3 at node 136 of element 155
Diagram scale: 1: 23.8696E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 72.2567E3
Contour maximum 21.8974E3 at node 106 of element 104
Contour minimum -628.413E3 at node 136 of element 155



Elementi trasversali

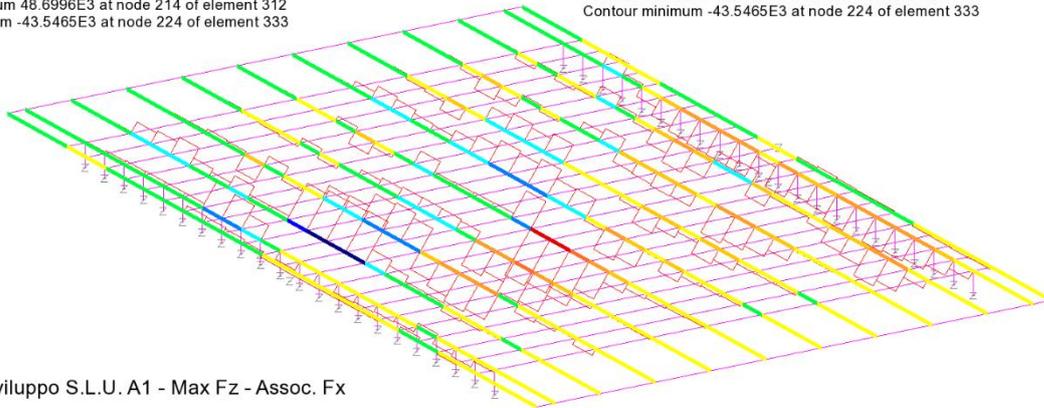
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fx (Units: N)



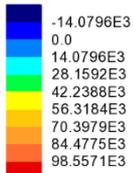
Maximum 48.6996E3 at node 214 of element 312
Minimum -43.5465E3 at node 224 of element 333

Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 48.6996E3 at node 214 of element 312
Diagram minimum -43.5465E3 at node 224 of element 333
Diagram scale: 1: 0.30801E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 10.2496E3
Contour maximum 48.6996E3 at node 214 of element 312
Contour minimum -43.5465E3 at node 224 of element 333



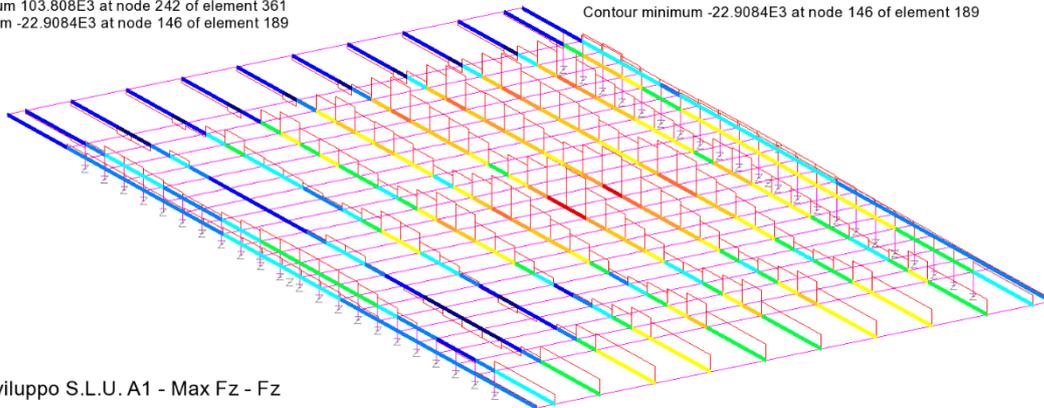
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



Maximum 103.808E3 at node 242 of element 361
Minimum -22.9084E3 at node 146 of element 189

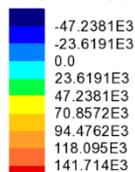
Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 103.808E3 at node 242 of element 361
Diagram minimum -22.9084E3 at node 146 of element 189
Diagram scale: 1: 0.144498E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 14.0796E3
Contour maximum 103.808E3 at node 242 of element 361
Contour minimum -22.9084E3 at node 146 of element 189



COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	74 di 128

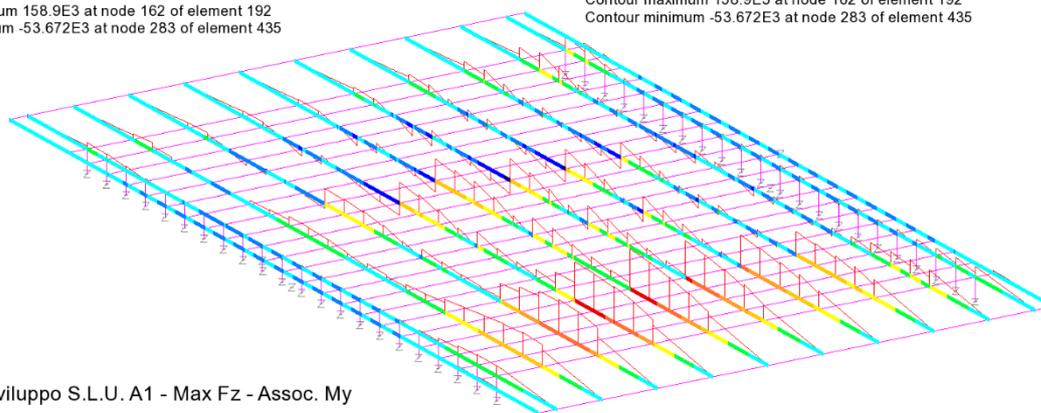
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



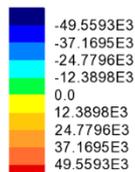
Maximum 158.9E3 at node 162 of element 192
Minimum -53.672E3 at node 283 of element 435

Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 158.9E3 at node 162 of element 192
Diagram minimum -53.672E3 at node 283 of element 435
Diagram scale: 1: 94.3993E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 23.6191E3
Contour maximum 158.9E3 at node 162 of element 192
Contour minimum -53.672E3 at node 283 of element 435



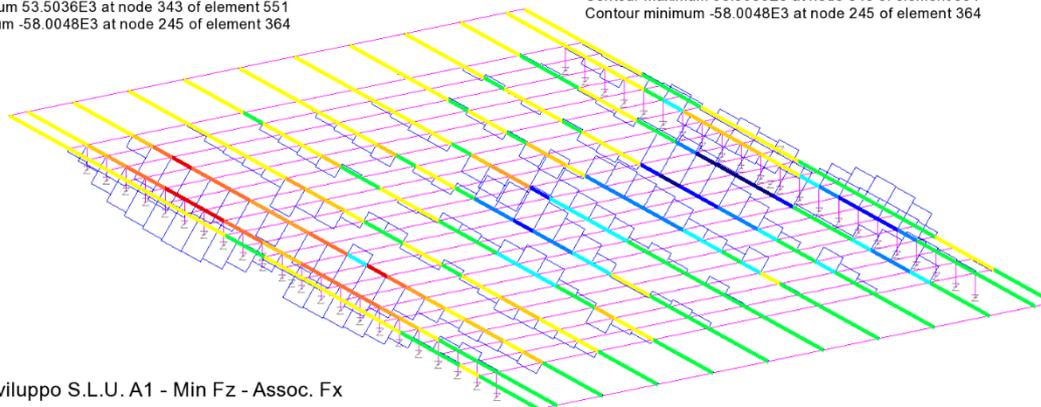
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fx (Units: N)



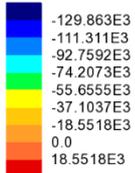
Maximum 53.5036E3 at node 343 of element 551
Minimum -58.0048E3 at node 245 of element 364

Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 53.5036E3 at node 343 of element 551
Diagram minimum -58.0048E3 at node 245 of element 364
Diagram scale: 1: 0.258599E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 12.3898E3
Contour maximum 53.5036E3 at node 343 of element 551
Contour minimum -58.0048E3 at node 245 of element 364



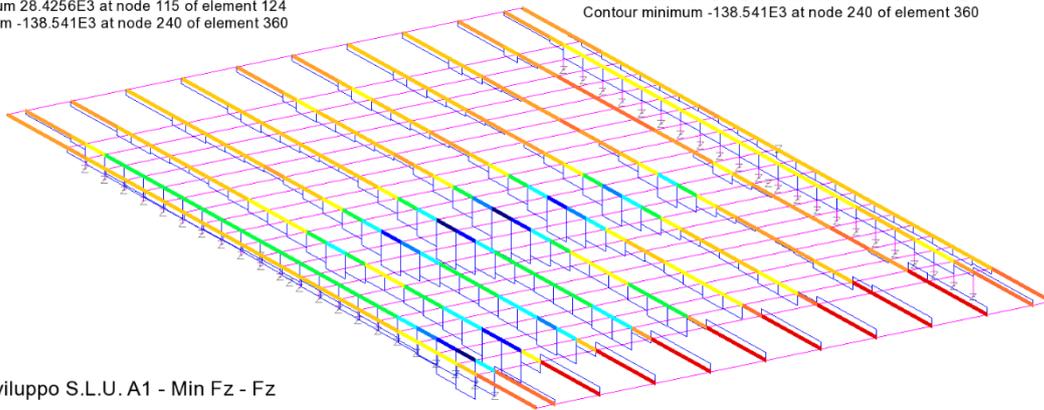
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



Maximum 28.4256E3 at node 115 of element 124
Minimum -138.541E3 at node 240 of element 360

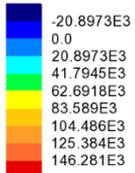
Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 28.4256E3 at node 115 of element 124
Diagram minimum -138.541E3 at node 240 of element 360
Diagram scale: 1: 0.108271E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 18.5518E3
Contour maximum 28.4256E3 at node 115 of element 124
Contour minimum -138.541E3 at node 240 of element 360



inviluppo S.L.U. A1 - Min Fz - Fz

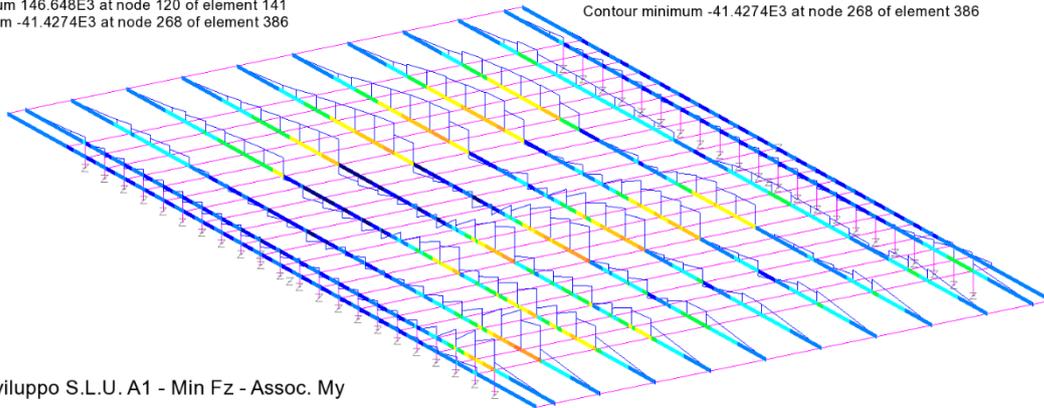
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 146.648E3 at node 120 of element 141
Minimum -41.4274E3 at node 268 of element 386

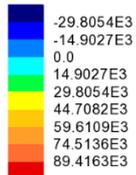
Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 146.648E3 at node 120 of element 141
Diagram minimum -41.4274E3 at node 268 of element 386
Diagram scale: 1: 0.102286E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 20.8973E3
Contour maximum 146.648E3 at node 120 of element 141
Contour minimum -41.4274E3 at node 268 of element 386



inviluppo S.L.U. A1 - Min Fz - Assoc. My

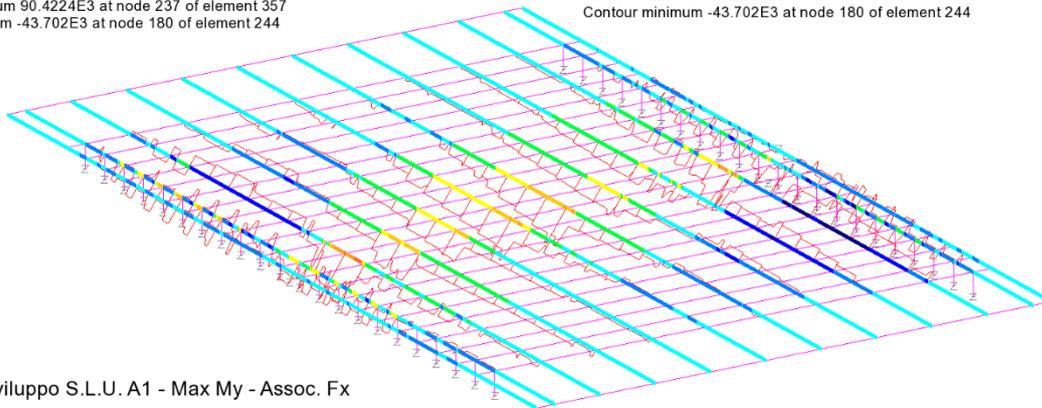
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fx (Units: N)



Maximum 90.4224E3 at node 237 of element 357
Minimum -43.702E3 at node 180 of element 244

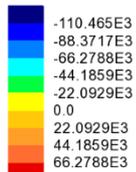
Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 90.4224E3 at node 237 of element 357
Diagram minimum -43.702E3 at node 180 of element 244
Diagram scale: 1: 0.165888E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 14.9027E3
Contour maximum 90.4224E3 at node 237 of element 357
Contour minimum -43.702E3 at node 180 of element 244



inviluppo S.L.U. A1 - Max My - Assoc. Fx

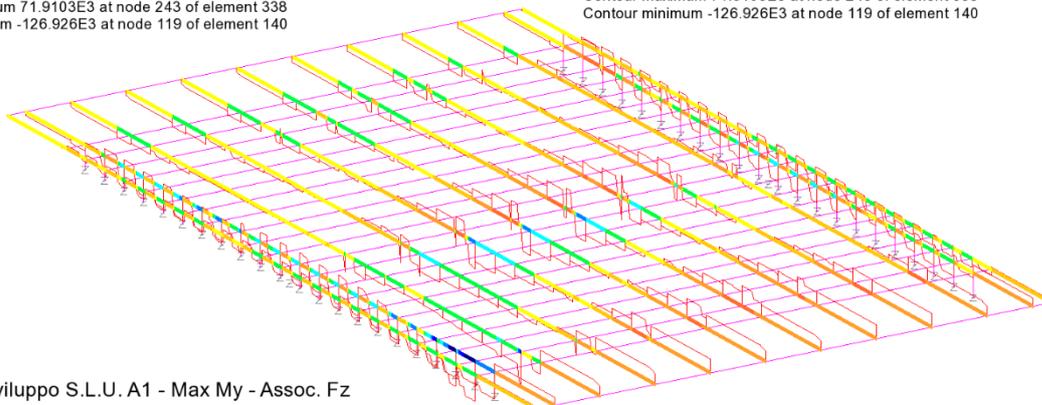
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



Maximum 71.9103E3 at node 243 of element 338
Minimum -126.926E3 at node 119 of element 140

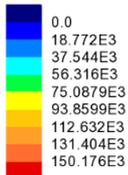
Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 71.9103E3 at node 243 of element 338
Diagram minimum -126.926E3 at node 119 of element 140
Diagram scale: 1: 0.118179E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 22.0929E3
Contour maximum 71.9103E3 at node 243 of element 338
Contour minimum -126.926E3 at node 119 of element 140



inviluppo S.L.U. A1 - Max My - Assoc. Fz

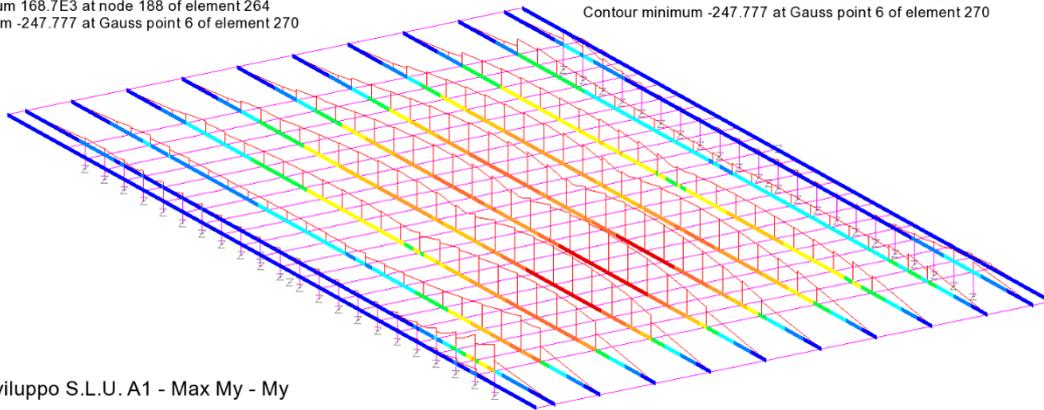
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 168.7E3 at node 188 of element 264
Minimum -247.777 at Gauss point 6 of element 270

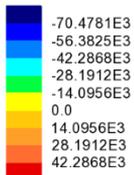
Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 168.7E3 at node 188 of element 264
Diagram minimum -247.777 at Gauss point 6 of element 270
Diagram scale: 1: 88.9152E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 18.772E3
Contour maximum 168.7E3 at node 188 of element 264
Contour minimum -247.777 at Gauss point 6 of element 270



inviluppo S.L.U. A1 - Max My - My

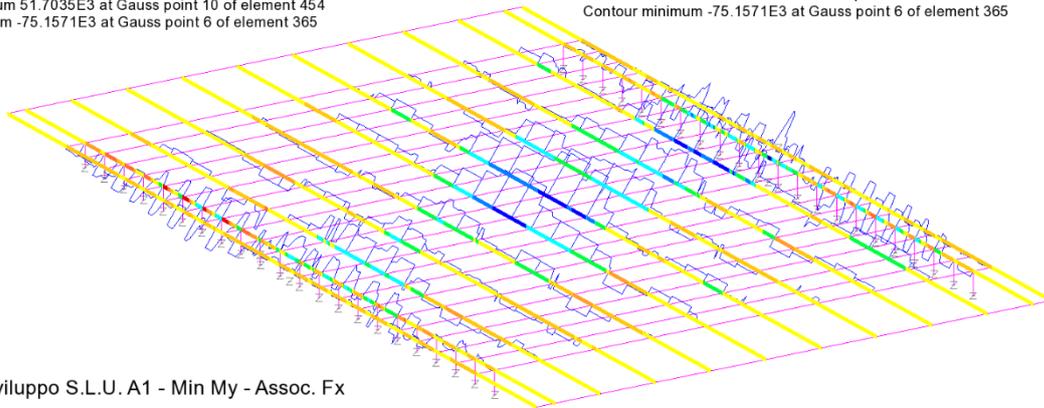
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fx (Units: N)



Maximum 51.7035E3 at Gauss point 10 of element 454
Minimum -75.1571E3 at Gauss point 6 of element 365

Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)

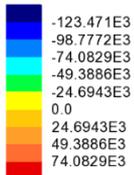
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 51.7035E3 at Gauss point 10 of element 454
Diagram minimum -75.1571E3 at Gauss point 6 of element 365
Diagram scale: 1: 0.199582E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 14.0956E3
Contour maximum 51.7035E3 at Gauss point 10 of element 454
Contour minimum -75.1571E3 at Gauss point 6 of element 365



inviluppo S.L.U. A1 - Min My - Assoc. Fx

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	78 di 128

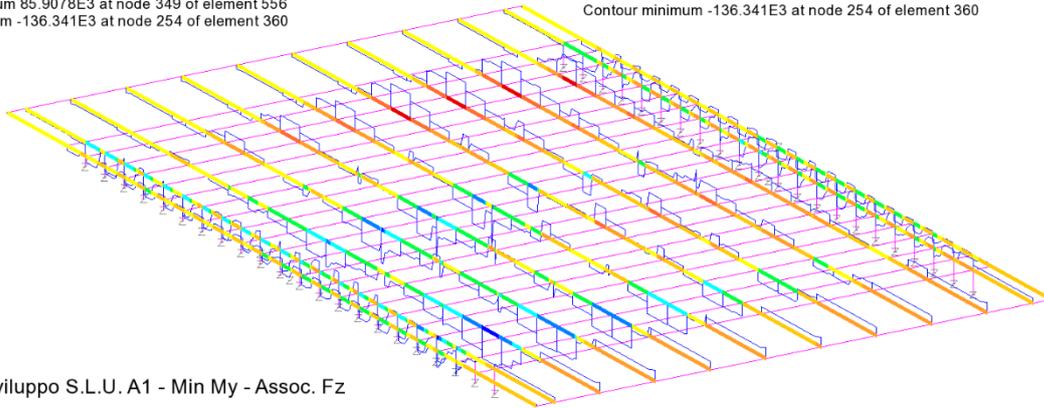
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



Maximum 85.9078E3 at node 349 of element 556
Minimum -136.341E3 at node 254 of element 360

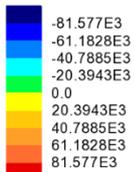
Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 85.9078E3 at node 349 of element 556
Diagram minimum -136.341E3 at node 254 of element 360
Diagram scale: 1: 0.110018E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 24.6943E3
Contour maximum 85.9078E3 at node 349 of element 556
Contour minimum -136.341E3 at node 254 of element 360



inviluppo S.L.U. A1 - Min My - Assoc. Fz

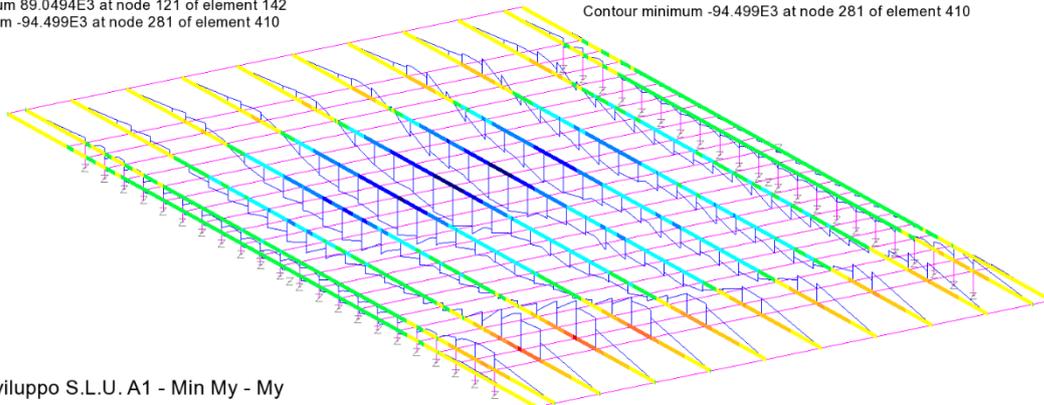
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 89.0494E3 at node 121 of element 142
Minimum -94.499E3 at node 281 of element 410

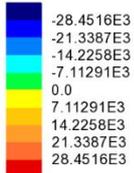
Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 89.0494E3 at node 121 of element 142
Diagram minimum -94.499E3 at node 281 of element 410
Diagram scale: 1: 0.158732E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 20.3943E3
Contour maximum 89.0494E3 at node 121 of element 142
Contour minimum -94.499E3 at node 281 of element 410



inviluppo S.L.U. A1 - Min My - My

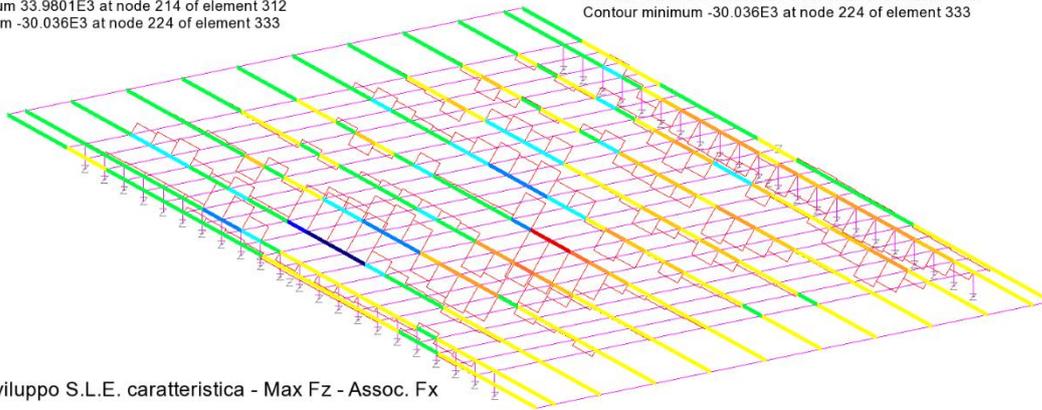
Combining on: Fz
Involuppo S.L.E. caratteristica (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fx (Units: N)



Maximum 33.9801E3 at node 214 of element 312
Minimum -30.036E3 at node 224 of element 333

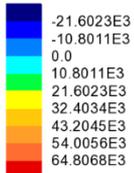
Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: Fz
Involuppo S.L.E. caratteristica (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 33.9801E3 at node 214 of element 312
Diagram minimum -30.036E3 at node 224 of element 333
Diagram scale: 1: 0.441435E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 7.11291E3
Contour maximum 33.9801E3 at node 214 of element 312
Contour minimum -30.036E3 at node 224 of element 333



involuppo S.L.E. caratteristica - Max Fz - Assoc. Fx

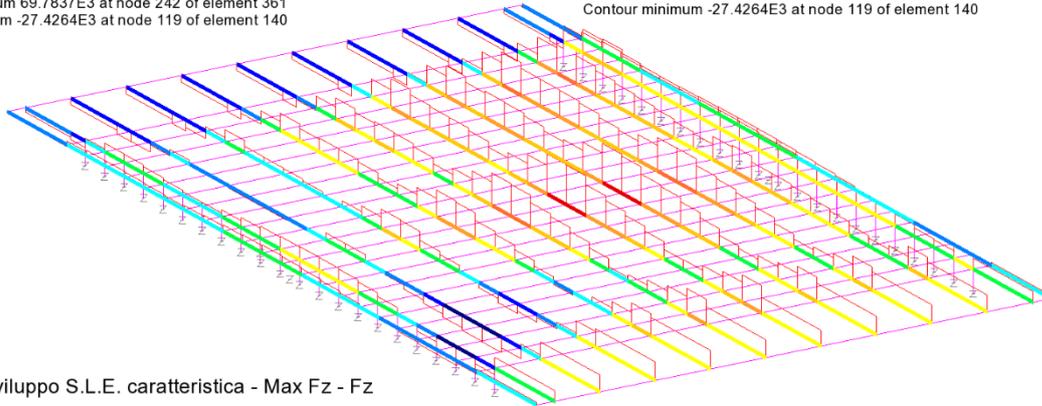
Combining on: Fz
Involuppo S.L.E. caratteristica (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



Maximum 69.7837E3 at node 242 of element 361
Minimum -27.4264E3 at node 119 of element 140

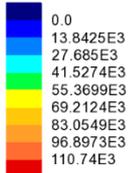
Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: Fz
Involuppo S.L.E. caratteristica (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 69.7837E3 at node 242 of element 361
Diagram minimum -27.4264E3 at node 119 of element 140
Diagram scale: 1: 0.21495E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 10.8011E3
Contour maximum 69.7837E3 at node 242 of element 361
Contour minimum -27.4264E3 at node 119 of element 140



involuppo S.L.E. caratteristica - Max Fz - Fz

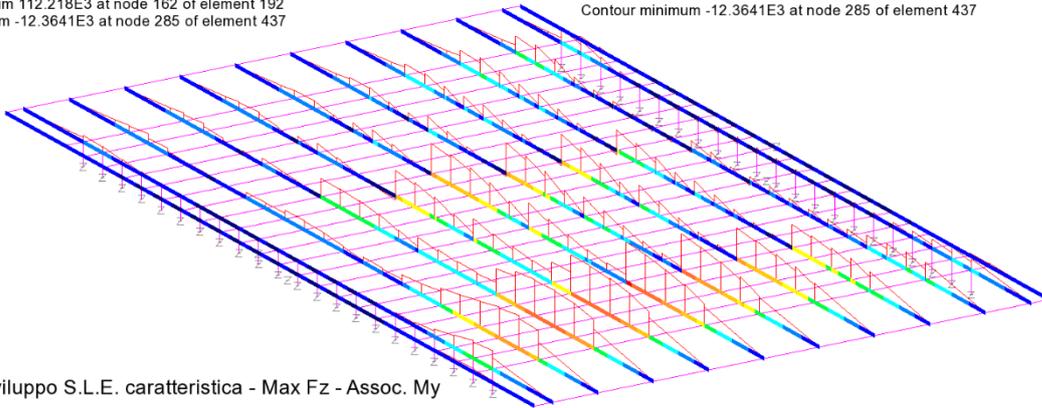
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



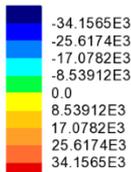
Maximum 112.218E3 at node 162 of element 192
Minimum -12.3641E3 at node 285 of element 437

Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 112.218E3 at node 162 of element 192
Diagram minimum -12.3641E3 at node 285 of element 437
Diagram scale: 1: 0.133668E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 13.8425E3
Contour maximum 112.218E3 at node 162 of element 192
Contour minimum -12.3641E3 at node 285 of element 437



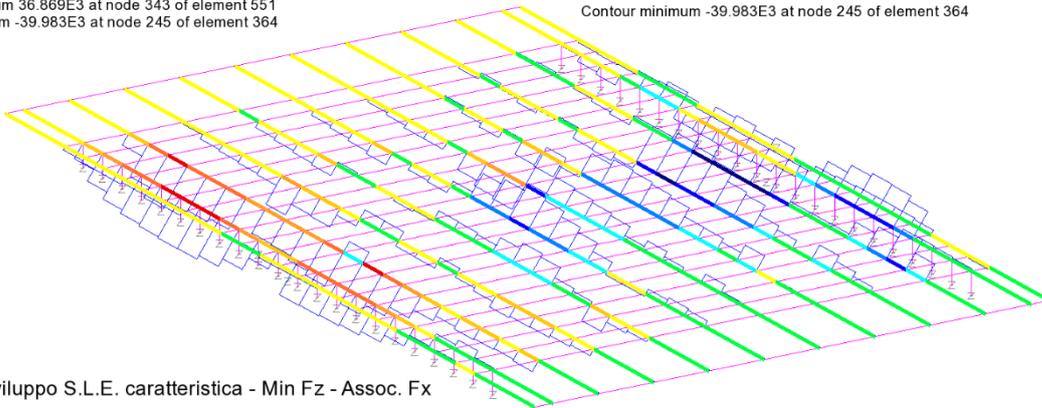
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fx (Units: N)



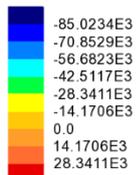
Maximum 36.869E3 at node 343 of element 551
Minimum -39.983E3 at node 245 of element 364

Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 36.869E3 at node 343 of element 551
Diagram minimum -39.983E3 at node 245 of element 364
Diagram scale: 1: 0.375159E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 8.53912E3
Contour maximum 36.869E3 at node 343 of element 551
Contour minimum -39.983E3 at node 245 of element 364



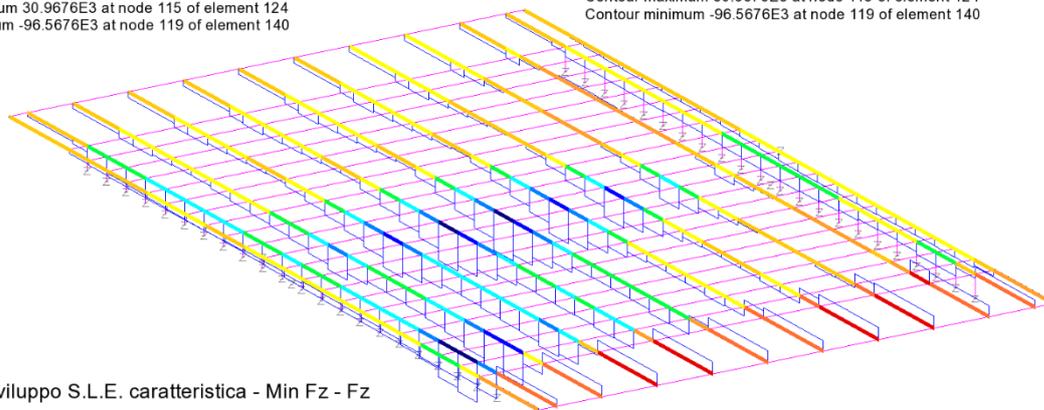
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



Maximum 30.9676E3 at node 115 of element 124
Minimum -96.5676E3 at node 119 of element 140

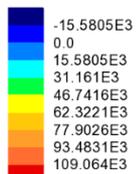
Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 30.9676E3 at node 115 of element 124
Diagram minimum -96.5676E3 at node 119 of element 140
Diagram scale: 1: 0.155332E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 14.1706E3
Contour maximum 30.9676E3 at node 115 of element 124
Contour minimum -96.5676E3 at node 119 of element 140



inviluppo S.L.E. caratteristica - Min Fz - Fz

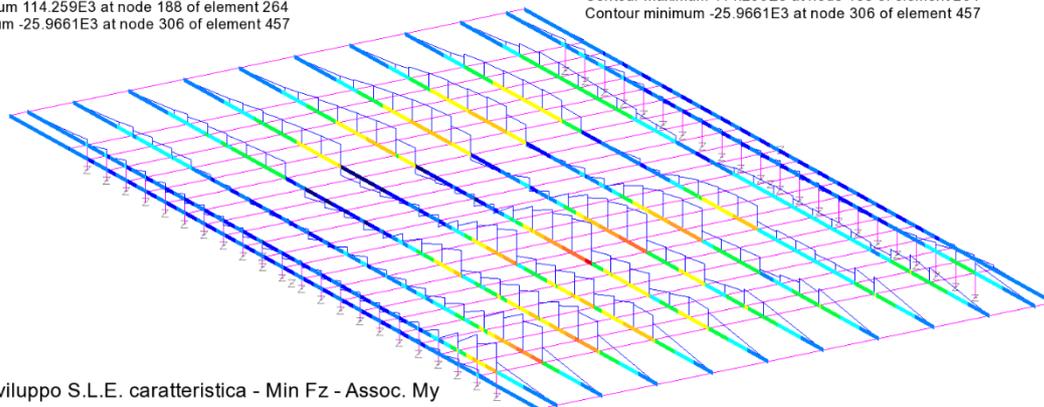
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 114.259E3 at node 188 of element 264
Minimum -25.9661E3 at node 306 of element 457

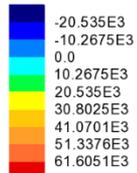
Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 114.259E3 at node 188 of element 264
Diagram minimum -25.9661E3 at node 306 of element 457
Diagram scale: 1: 0.131281E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 15.5805E3
Contour maximum 114.259E3 at node 188 of element 264
Contour minimum -25.9661E3 at node 306 of element 457



inviluppo S.L.E. caratteristica - Min Fz - Assoc. My

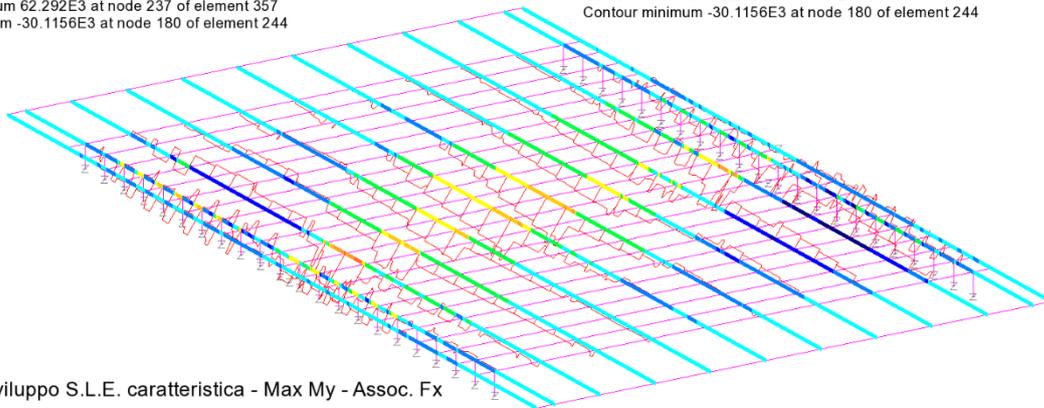
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fx (Units: N)



Maximum 62.292E3 at node 237 of element 357
Minimum -30.1156E3 at node 180 of element 244

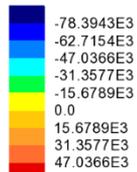
Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 62.292E3 at node 237 of element 357
Diagram minimum -30.1156E3 at node 180 of element 244
Diagram scale: 1: 0.240801E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 10.2675E3
Contour maximum 62.292E3 at node 237 of element 357
Contour minimum -30.1156E3 at node 180 of element 244



inviluppo S.L.E. caratteristica - Max My - Assoc. Fx

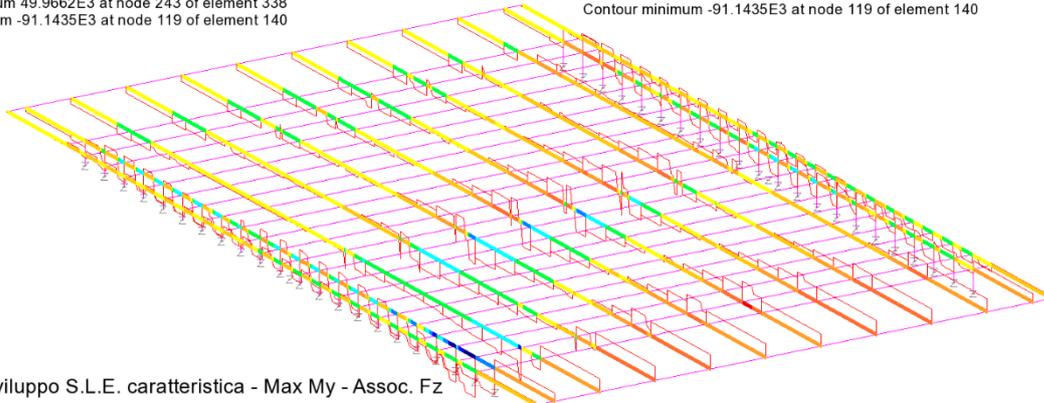
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



Maximum 49.9662E3 at node 243 of element 338
Minimum -91.1435E3 at node 119 of element 140

Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)

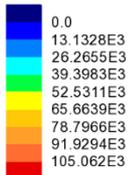
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 49.9662E3 at node 243 of element 338
Diagram minimum -91.1435E3 at node 119 of element 140
Diagram scale: 1: 0.164576E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 15.6789E3
Contour maximum 49.9662E3 at node 243 of element 338
Contour minimum -91.1435E3 at node 119 of element 140



inviluppo S.L.E. caratteristica - Max My - Assoc. Fz

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	83 di 128

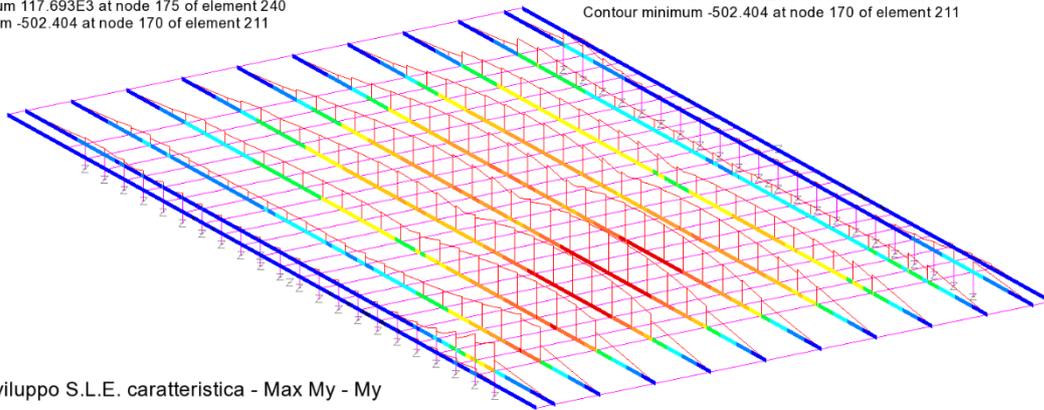
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



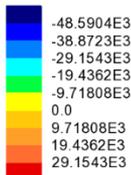
Maximum 117.693E3 at node 175 of element 240
Minimum -502.404 at node 170 of element 211

Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 117.693E3 at node 175 of element 240
Diagram minimum -502.404 at node 170 of element 211
Diagram scale: 1: 0.127451E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 13.1328E3
Contour maximum 117.693E3 at node 175 of element 240
Contour minimum -502.404 at node 170 of element 211



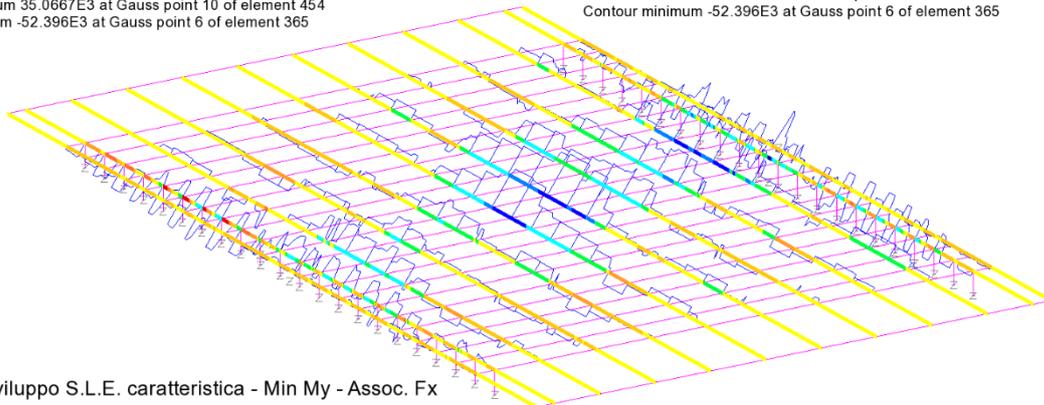
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fx (Units: N)



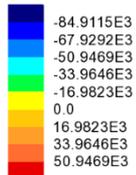
Maximum 35.0667E3 at Gauss point 10 of element 454
Minimum -52.396E3 at Gauss point 6 of element 365

Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 35.0667E3 at Gauss point 10 of element 454
Diagram minimum -52.396E3 at Gauss point 6 of element 365
Diagram scale: 1: 0.286281E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 9.71808E3
Contour maximum 35.0667E3 at Gauss point 10 of element 454
Contour minimum -52.396E3 at Gauss point 6 of element 365



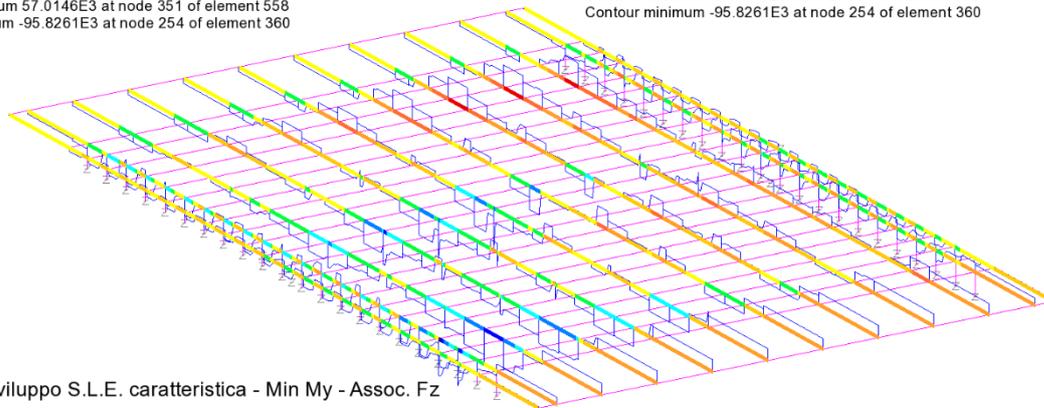
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



Maximum 57.0146E3 at node 351 of element 558
Minimum -95.8261E3 at node 254 of element 360

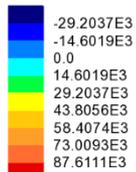
Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 57.0146E3 at node 351 of element 558
Diagram minimum -95.8261E3 at node 254 of element 360
Diagram scale: 1: 0.156533E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 16.9823E3
Contour maximum 57.0146E3 at node 351 of element 558
Contour minimum -95.8261E3 at node 254 of element 360



inviluppo S.L.E. caratteristica - Min My - Assoc. Fz

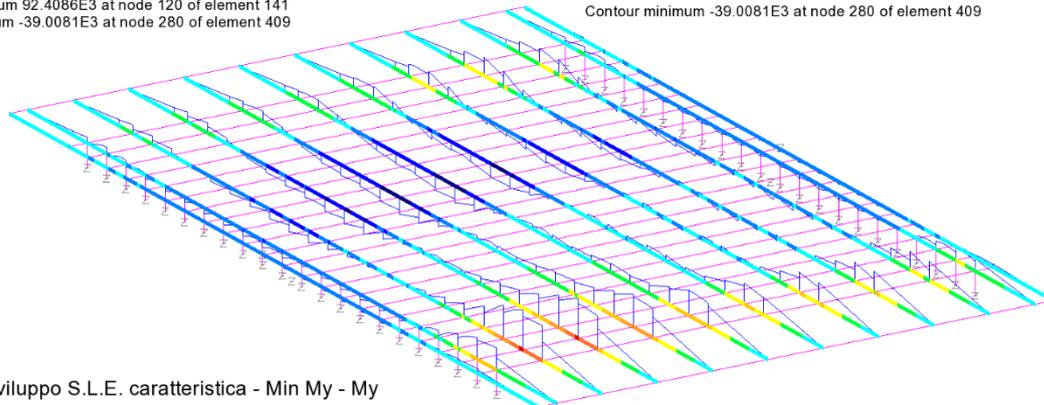
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 92.4086E3 at node 120 of element 141
Minimum -39.0081E3 at node 280 of element 409

Scale: 1: 69.623
Zoom: 93.1971
Eye: (-0.23037, -0.721852, 0.652579)
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 92.4086E3 at node 120 of element 141
Diagram minimum -39.0081E3 at node 280 of element 409
Diagram scale: 1: 0.162323E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 14.6019E3
Contour maximum 92.4086E3 at node 120 of element 141
Contour minimum -39.0081E3 at node 280 of element 409



inviluppo S.L.E. caratteristica - Min My - My

6.3.2.2 Analisi dinamica – forme modali

L'analisi dinamica modale viene effettuata sia per la valutazione delle frequenze di vibrazione verticale dell'impalcato (controllo del comportamento per la valutazione del coefficiente dinamico), sia per l'estrazione dei modi principali, propedeutici all'analisi sismica.

Le masse attive considerate nei due casi differiscono per l'aliquota dovuta al carico mobile, considerata per la sola analisi sismica.

Analisi modale – proprietà flessionali impalcato

L'analisi viene arrestata ai primi 10 modi, individuando nei modi 8 e 9 i principali flessionali.

La massa attiva considerata per il calcolo delle proprietà flessionali è quella afferente i sovraccarichi permanenti:

$$M(G) = 531110 \text{ kg}$$

La figura seguente riporta la forma modale n. 9, mentre nella tabella i fattori di partecipazione ricavati.

Modo 9 (verticale) $f = 8.35 \text{ Hz}$

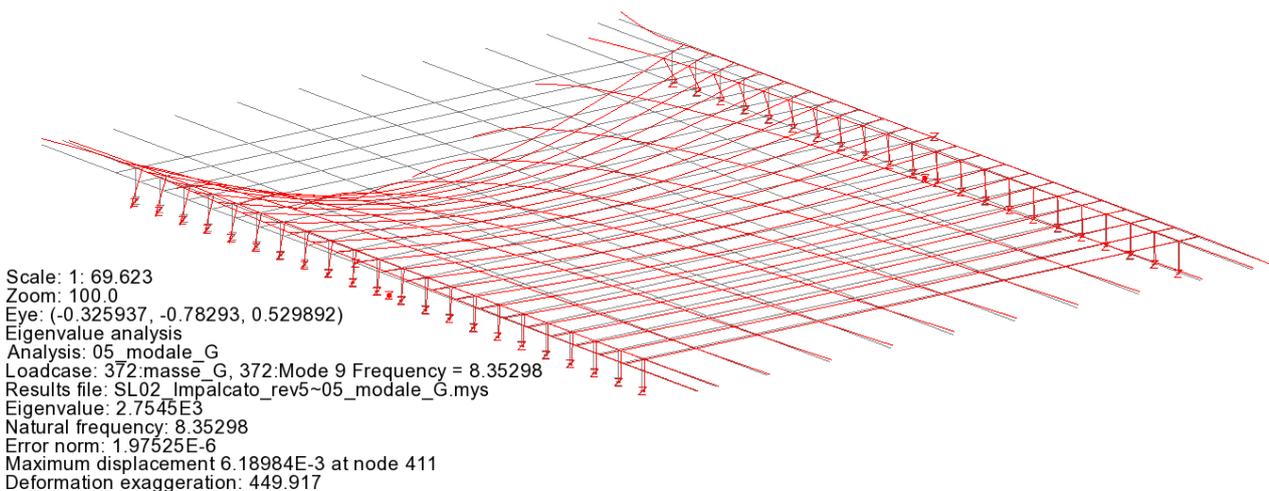


Figura 6.27 Modo n. 9 – flessionale

PARTICIPATION FACTORS IN GLOBAL DIRECTIONS

MODE	X DIRECTION			Y DIRECTION			Z DIRECTION		
	P. FACTOR	MASS P.F.	SUM M.P.F.	P. FACTOR	MASS P.F.	SUM M.P.F.	P. FACTOR	MASS P.F.	SUM M.P.F.
1	470.1	0.4161	0.4161	549.0	0.5675	0.5675	1.154	0.2506E-05	0.2506E-05
2	550.5	0.5707	0.9867	-476.5	0.4276	0.9950	-0.1577	0.4682E-07	0.2553E-05
3	83.54	0.1314E-01	0.9999	50.77	0.4853E-02	0.9999	-6.423	0.7767E-04	0.8022E-04
4	-5.162	0.5017E-04	0.9999	-3.165	0.1886E-04	0.9999	1.618	0.4926E-05	0.8515E-04
5	2.703	0.1376E-04	0.9999	1.480	0.4122E-05	0.9999	-1.224	0.2823E-05	0.8797E-04
6	-5.170	0.5033E-04	1.000	-3.101	0.1811E-04	0.9999	-2.588	0.1261E-04	0.1006E-03
7	-2.744	0.1418E-04	1.000	-1.558	0.4568E-05	0.9999	-0.8829E-01	0.1468E-07	0.1006E-03
8	0.9976E-01	0.1874E-07	1.000	4.485	0.3787E-04	1.000	-370.0	0.2578	0.2579
9	-0.3115	0.1827E-06	1.000	-3.088	0.1795E-04	1.000	-431.0	0.3497	0.6076
10	-0.5396E-01	0.5483E-08	1.000	-0.9004E-01	0.1526E-07	1.000	246.2	0.1141	0.7217

Tabella 6.23 Coefficienti di partecipazione

Analisi modale – sismica

L'analisi viene arrestata ai primi 80 modi.

La massa attiva considerata per il calcolo delle proprietà flessionali è quella afferente i sovraccarichi permanenti + 20 % del totale carico LM71 e SW/2, posizionati sui due binari:

$$M(G) + 0.2 (Q) = 626342 \text{ kg}$$

La figura seguente riporta le forme modali dei tre modi più significativi (1, 2 e 9), mentre in tabella si riportano i fattori di partecipazione ricavati.

Modo 1 (traslazionale misto nel piano) $f = 1.8286 \text{ Hz}$

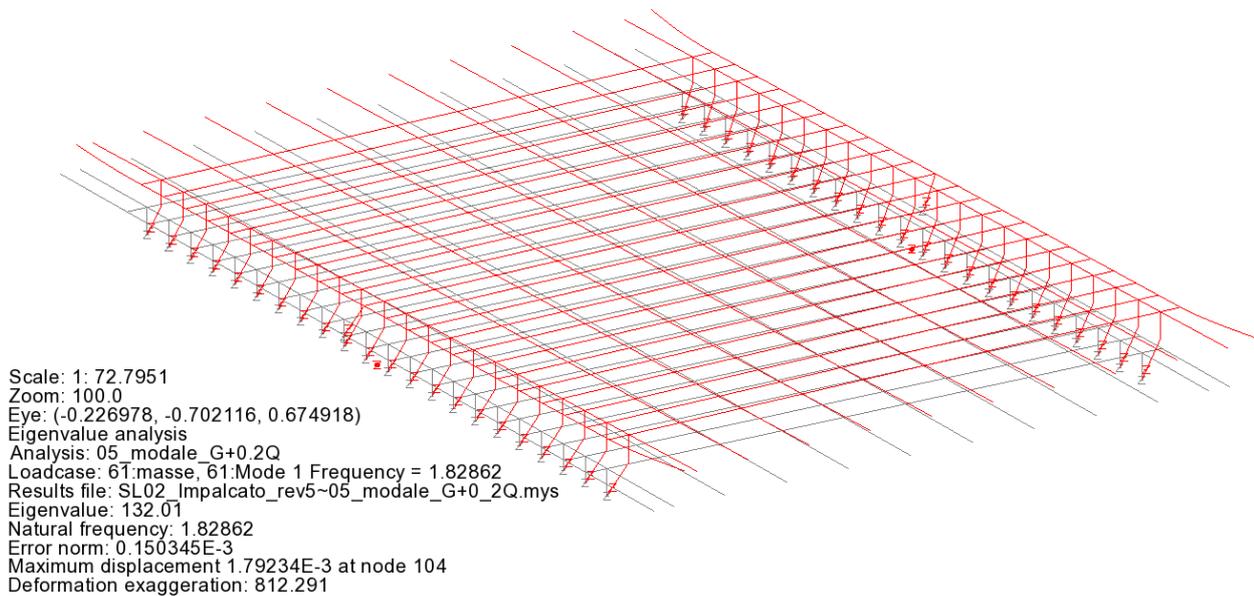


Figura 6.28 Modo 1

Modo 2 (traslazionale misto nel piano) $f = 1.8355 \text{ Hz}$

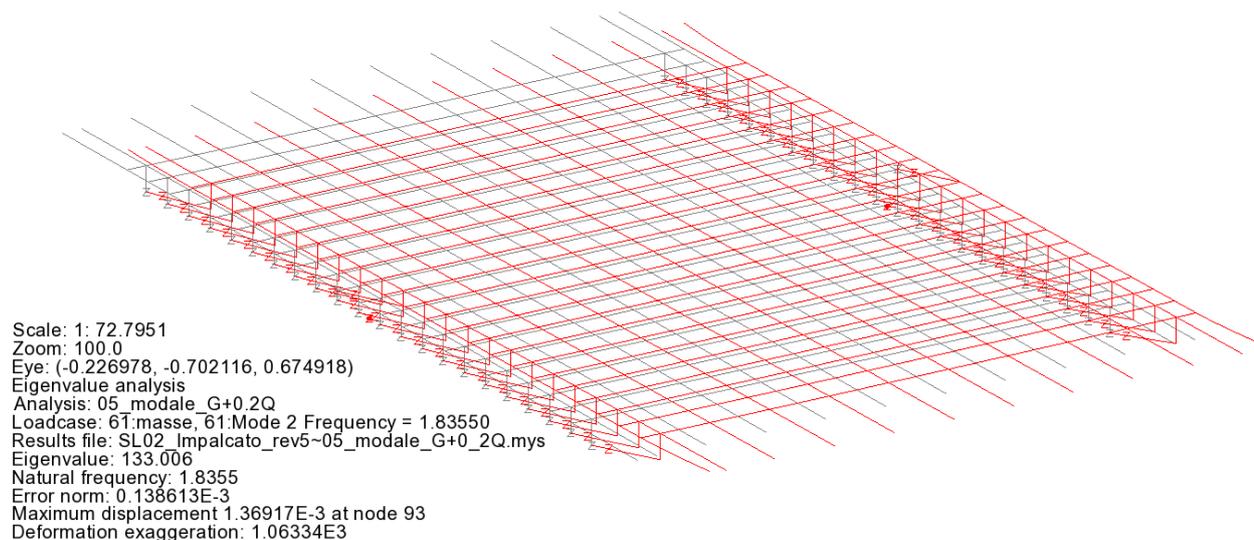
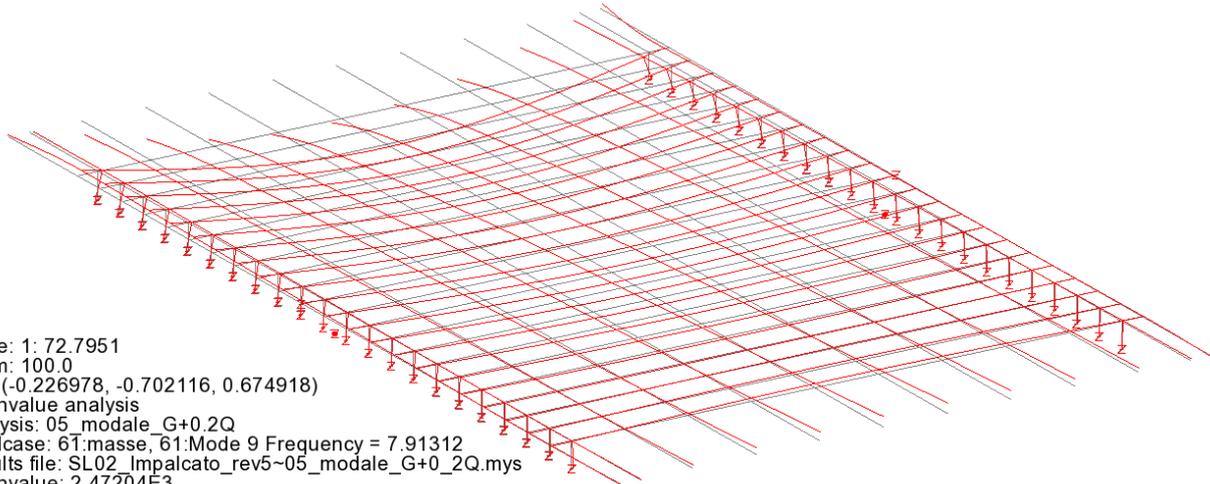


Figura 6.29 Modo 2

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	87 di 128

Modo 9 (verticale) $f = 7.913$ Hz



Scale: 1: 72.7951
Zoom: 100.0
Eye: (-0.226978, -0.702116, 0.674918)
Eigenvalue analysis
Analysis: 05_modale_G+0.2Q
Loadcase: 6T:masse, 61:Mode 9 Frequency = 7.91312
Results file: SL02_impalcato_rev5~05_modale_G+0_2Q.mys
Eigenvalue: 2.47204E3
Natural frequency: 7.91312
Error norm: 2.40754E-6
Maximum displacement 5.1337E-3 at node 411
Deformation exaggeration: 283.597

Figura 6.30 Modo 9

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	88 di 128

PARTICIPATION FACTORS IN GLOBAL DIRECTIONS

MODE	X DIRECTION			Y DIRECTION			Z DIRECTION		
	P. FACTOR	MASS P.F.	SUM M.P.F.	P. FACTOR	MASS P.F.	SUM M.P.F.	P. FACTOR	MASS P.F.	SUM M.P.F.
1	458.0	0.3349	0.3349	640.4	0.6548	0.6548	1.011	0.1631E-05	0.1631E-05
2	641.1	0.6563	0.9912	-462.7	0.3419	0.9966	-0.4185E-01	0.2796E-08	0.1634E-05
3	73.99	0.8741E-02	0.9999	45.36	0.3284E-02	0.9999	-7.018	0.7864E-04	0.8028E-04
4	-4.178	0.2787E-04	1.000	-2.560	0.1046E-04	0.9999	1.887	0.5683E-05	0.8596E-04
5	2.406	0.9241E-05	1.000	1.296	0.2683E-05	0.9999	-1.343	0.2882E-05	0.8884E-04
6	4.139	0.2735E-04	1.000	2.474	0.9775E-05	0.9999	3.049	0.1484E-04	0.1037E-03
7	-2.255	0.8117E-05	1.000	-1.258	0.2525E-05	0.9999	-0.1640	0.4292E-07	0.1037E-03
8	0.9101E-01	0.1322E-07	1.000	4.154	0.2755E-04	1.000	-447.9	0.3203	0.3204
9	-0.2983	0.1421E-06	1.000	-3.382	0.1826E-04	1.000	-471.1	0.3543	0.6748
10	-0.7429E-01	0.8812E-08	1.000	-0.3046	0.1482E-06	1.000	182.2	0.5298E-01	0.7277
11	0.3075E-01	0.1510E-08	1.000	-0.1749	0.4885E-07	1.000	-25.12	0.1008E-02	0.7287
12	-0.1135E-01	0.2058E-09	1.000	-0.9212	0.1355E-05	1.000	-2.389	0.9111E-05	0.7287
13	-0.2470E-01	0.9744E-09	1.000	0.5642E-01	0.5082E-08	1.000	21.62	0.7463E-03	0.7295
14	-0.2138	0.7297E-07	1.000	0.6760E-02	0.7296E-10	1.000	2.043	0.6662E-05	0.7295
15	0.2218	0.7857E-07	1.000	-0.9784E-01	0.1528E-07	1.000	2.194	0.7687E-05	0.7295
16	-0.1244E-01	0.2471E-09	1.000	0.1079	0.1860E-07	1.000	42.92	0.2942E-02	0.7324
17	-0.9098E-02	0.1322E-09	1.000	0.9046E-01	0.1307E-07	1.000	9.806	0.1535E-03	0.7326
18	0.3259E-02	0.1695E-10	1.000	-0.8129E-01	0.1055E-07	1.000	-21.22	0.7192E-03	0.7333
19	-0.4294E-03	0.2944E-12	1.000	0.4252E-01	0.2886E-08	1.000	7.670	0.9391E-04	0.7334
20	-0.3944E-03	0.2484E-12	1.000	-0.8048E-01	0.1034E-07	1.000	-26.55	0.1125E-02	0.7345
21	0.1303E-01	0.2709E-09	1.000	-0.5055E-02	0.4080E-10	1.000	-2.880	0.1324E-04	0.7346
22	0.5616E-02	0.5035E-10	1.000	0.1191E-01	0.2265E-09	1.000	-0.5239	0.4382E-06	0.7346
23	-0.2846E-01	0.1293E-08	1.000	0.3247E-01	0.1683E-08	1.000	9.388	0.1407E-03	0.7347
24	-0.6353E-01	0.6443E-08	1.000	-0.2977	0.1415E-06	1.000	22.51	0.8089E-03	0.7355
25	-0.2214E-01	0.7827E-09	1.000	-0.4881E-02	0.3804E-10	1.000	84.56	0.1142E-01	0.7469
26	0.5750E-01	0.5279E-08	1.000	0.1947	0.6051E-07	1.000	1.161	0.2152E-05	0.7469
27	-0.3114E-01	0.1548E-08	1.000	-0.1736	0.4813E-07	1.000	36.77	0.2159E-02	0.7491
28	0.6034	0.5813E-06	1.000	-0.8915	0.1269E-05	1.000	2.922	0.1363E-04	0.7491
29	-0.1172	0.2192E-07	1.000	0.6065E-01	0.5874E-08	1.000	5.432	0.4711E-04	0.7491
30	-0.6750E-02	0.7273E-10	1.000	0.5401	0.4657E-06	1.000	-35.23	0.1981E-02	0.7511
31	0.5393E-01	0.4643E-08	1.000	-0.1095	0.1914E-07	1.000	14.79	0.3492E-03	0.7515
32	-0.4259E-01	0.2895E-08	1.000	0.6685E-01	0.7135E-08	1.000	-7.264	0.8425E-04	0.7516
33	-0.2422E-01	0.9365E-09	1.000	0.3150E-01	0.1584E-08	1.000	-11.61	0.2154E-03	0.7518
34	-0.1458	0.3392E-07	1.000	-0.3768E-01	0.2267E-08	1.000	2.826	0.1275E-04	0.7518
35	-0.2954	0.1393E-06	1.000	0.2876	0.1320E-06	1.000	-10.85	0.1880E-03	0.7520
36	0.5470	0.4778E-06	1.000	0.2549	0.1037E-06	1.000	-2.700	0.1164E-04	0.7520
37	-0.9053E-01	0.1308E-07	1.000	0.7518E-01	0.9025E-08	1.000	3.530	0.1989E-04	0.7520
38	0.1364	0.2969E-07	1.000	-0.3838	0.2352E-06	1.000	0.6694	0.7155E-06	0.7520
39	-0.8734E-02	0.1218E-09	1.000	0.1100	0.1930E-07	1.000	-13.43	0.2880E-03	0.7523
40	0.1156	0.2133E-07	1.000	0.2483	0.9840E-07	1.000	5.157	0.4245E-04	0.7523
41	-0.1033E-01	0.1705E-09	1.000	-0.4097	0.2681E-06	1.000	-9.882	0.1559E-03	0.7525
42	-0.2243	0.8031E-07	1.000	-1.472	0.3461E-05	1.000	12.90	0.2655E-03	0.7528
43	-0.3381E-01	0.1825E-08	1.000	-0.1023	0.1671E-07	1.000	-3.328	0.1768E-04	0.7528
44	0.3594E-01	0.2062E-08	1.000	0.1024	0.1673E-07	1.000	10.57	0.1784E-03	0.7530
45	0.2820E-01	0.1270E-08	1.000	0.1807	0.5211E-07	1.000	-0.7802	0.9718E-06	0.7530
46	0.5085E-01	0.4129E-08	1.000	0.2875E-01	0.1320E-08	1.000	-3.779	0.2280E-04	0.7530
47	-0.2515E-01	0.1010E-08	1.000	-0.1362	0.2963E-07	1.000	-0.9156	0.1338E-05	0.7530
48	-0.1437E-02	0.3297E-11	1.000	-0.3222E-01	0.1657E-08	1.000	-0.3785	0.2287E-06	0.7530
49	0.3029E-01	0.1465E-08	1.000	0.1931	0.5951E-07	1.000	-1.144	0.2090E-05	0.7530
50	-0.1291E-01	0.2662E-09	1.000	-0.2686	0.1152E-06	1.000	-3.799	0.2305E-04	0.7530
51	0.2019E-01	0.6510E-09	1.000	0.1498	0.3581E-07	1.000	1.377	0.3025E-05	0.7530
52	-0.6152E-01	0.6042E-08	1.000	-0.4618	0.3405E-06	1.000	-2.930	0.1371E-04	0.7530
53	0.5832E-01	0.5429E-08	1.000	0.7117	0.8088E-06	1.000	9.967	0.1586E-03	0.7532
54	0.1024E-02	0.1675E-11	1.000	0.3564	0.2028E-06	1.000	6.563	0.6876E-04	0.7532
55	0.4882E-01	0.3806E-08	1.000	0.1850	0.5464E-07	1.000	-1.109	0.1962E-05	0.7532
56	0.3489E-01	0.1944E-08	1.000	-0.2280	0.8297E-07	1.000	-10.61	0.1797E-03	0.7534
57	-0.1214E-01	0.2355E-09	1.000	0.5215E-01	0.4343E-08	1.000	0.9752	0.1518E-05	0.7534
58	-0.5509E-02	0.4845E-10	1.000	0.2342	0.8756E-07	1.000	-4.614	0.3398E-04	0.7535
59	-0.3106E-02	0.1540E-10	1.000	0.1234	0.2430E-07	1.000	-6.414	0.6568E-04	0.7535
60	0.8309E-02	0.1102E-09	1.000	-0.9688E-01	0.1498E-07	1.000	-0.8149	0.1060E-05	0.7535
61	-0.2635E-01	0.1108E-08	1.000	-0.3915	0.2447E-06	1.000	6.907	0.7616E-04	0.7536
62	0.6014E-02	0.5774E-10	1.000	0.7247E-01	0.8385E-08	1.000	-1.100	0.1934E-05	0.7536
63	-0.1092E-01	0.1904E-09	1.000	-0.1122	0.2009E-07	1.000	-0.2917E-01	0.1359E-08	0.7536
64	-0.1142E-01	0.2083E-09	1.000	-0.7723	0.9523E-06	1.000	7.171	0.8210E-04	0.7537
65	0.3881E-01	0.2404E-08	1.000	0.1609E-01	0.4131E-09	1.000	-15.46	0.3814E-03	0.7541
66	-0.1248	0.2485E-07	1.000	0.1285	0.2637E-07	1.000	-2.381	0.9051E-05	0.7541
67	0.6131E-01	0.6002E-08	1.000	0.9270E-01	0.1372E-07	1.000	5.084	0.4127E-04	0.7541
68	-0.3011E-02	0.1448E-10	1.000	-0.1658	0.4391E-07	1.000	9.764	0.1522E-03	0.7543
69	0.1434E-02	0.3284E-11	1.000	-0.6822E-04	0.7430E-14	1.000	-28.56	0.1302E-02	0.7556
70	-0.7251E-02	0.8395E-10	1.000	0.1004E-01	0.1609E-09	1.000	29.32	0.1373E-02	0.7569
71	0.8697E-03	0.1208E-11	1.000	0.2055E-01	0.6745E-09	1.000	-153.6	0.3769E-01	0.7946
72	-0.6034E-02	0.5814E-10	1.000	-0.7468E-01	0.8903E-08	1.000	-62.58	0.6253E-02	0.8009
73	0.6014E-03	0.5774E-12	1.000	0.1150	0.2112E-07	1.000	75.81	0.9176E-02	0.8101
74	-0.1259E-01	0.2532E-09	1.000	0.4698E-01	0.3524E-08	1.000	-25.75	0.1059E-02	0.8111
75	0.2027E-02	0.6563E-11	1.000	-0.3698E-01	0.2183E-08	1.000	-46.33	0.3427E-02	0.8146
76	-0.2393E-02	0.9142E-11	1.000	-0.1540	0.3787E-07	1.000	-3.281	0.1719E-04	0.8146
77	-0.7306E-02	0.8522E-10	1.000	-0.4711E-01	0.3543E-08	1.000	110.0	0.1931E-01	0.8335
78	-0.5464E-02	0.4766E-10	1.000	0.1365	0.2973E-07	1.000	19.63	0.6151E-03	0.8345
79	-0.3049E-03	0.1484E-12	1.000	-0.3631E-01	0.2105E-08	1.000	24.23	0.9371E-03	0.8354
80	-0.1038E-01	0.1720E-09	1.000	-0.5046E-02	0.4065E-10	1.000	-2.728	0.1188E-04	0.8354

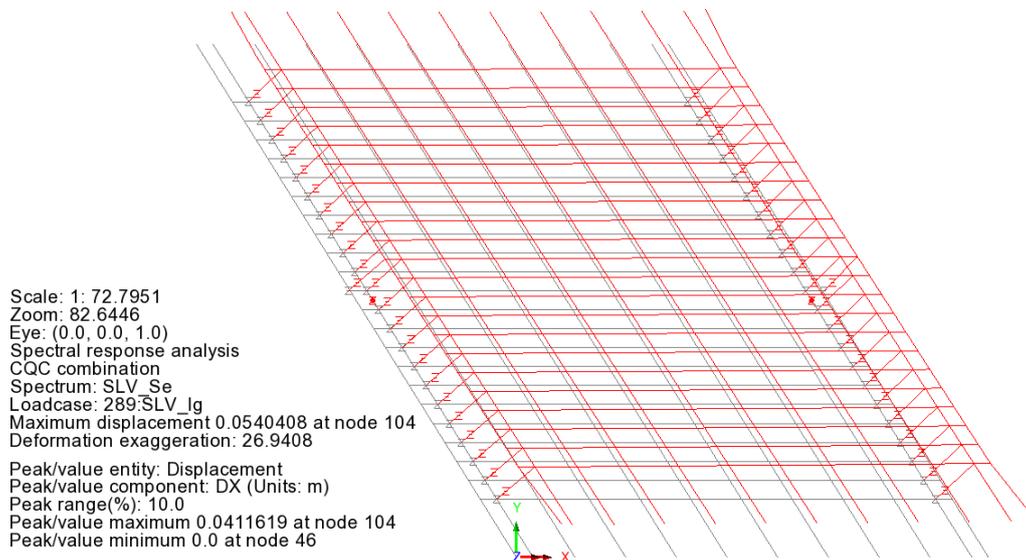
Tabella 6.24 Fattori di partecipazione - analisi modale per an. sismica

Come si può notare, l'analisi è in grado di attivare una percentuale superiore al 83 % della massa, e viene pertanto ritenuta rappresentativa.

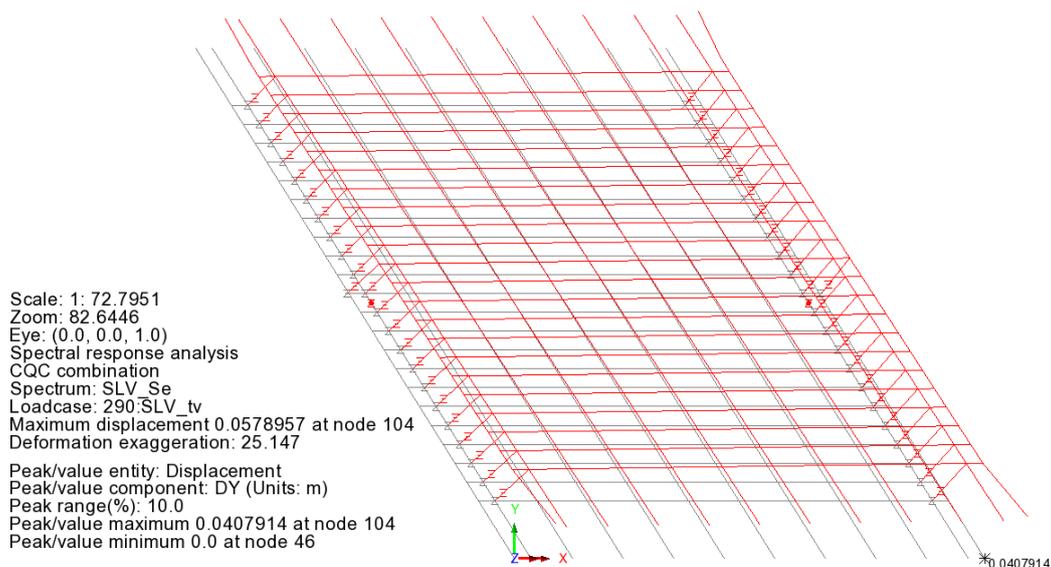
6.3.2.3 Sovrapposizione modale – principali risultati

Qui di seguito si riportano le deformate inerenti agli spostamenti sismici valutati con riferimento alla sovrapposizione modale SLV ed SLD. Gli spostamenti indicati sono espressi in m.

SLV – lg (max δ_{lg})



SLV – tv (max δ_{trv})

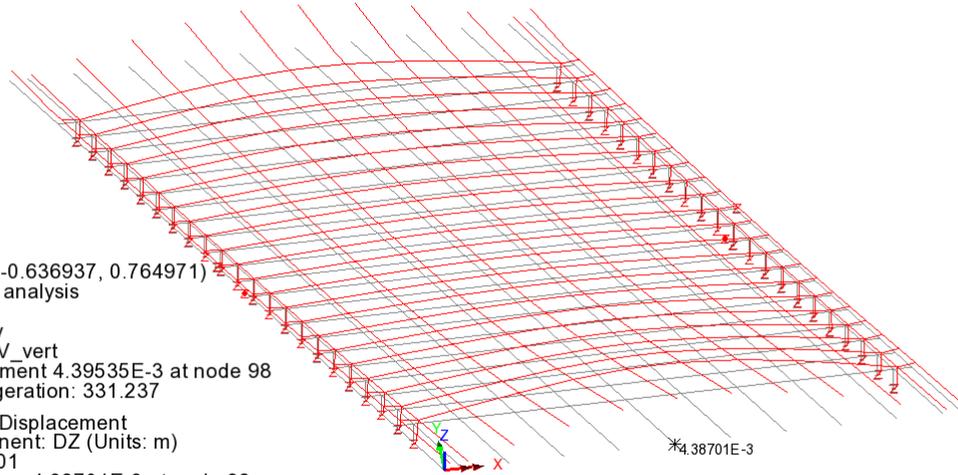


Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	90 di 128

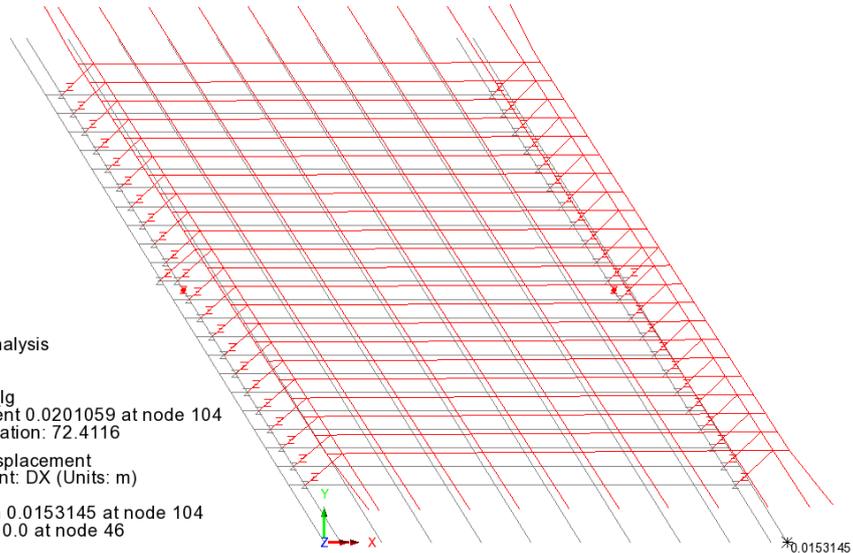
SLV – vert (max δv)

Scale: 1: 72.7951
Zoom: 82.6446
Eye: (-0.0955512, -0.636937, 0.764971)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLV_Sv
Loadcase: 291:SLV_vert
Maximum displacement 4.39535E-3 at node 98
Deformation exaggeration: 331.237
Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DZ (Units: m)
Peak range(%): 0.01
Peak/value maximum 4.38701E-3 at node 98
Peak/value minimum 0.0 at node 46



SLD – lg (max δl_g)

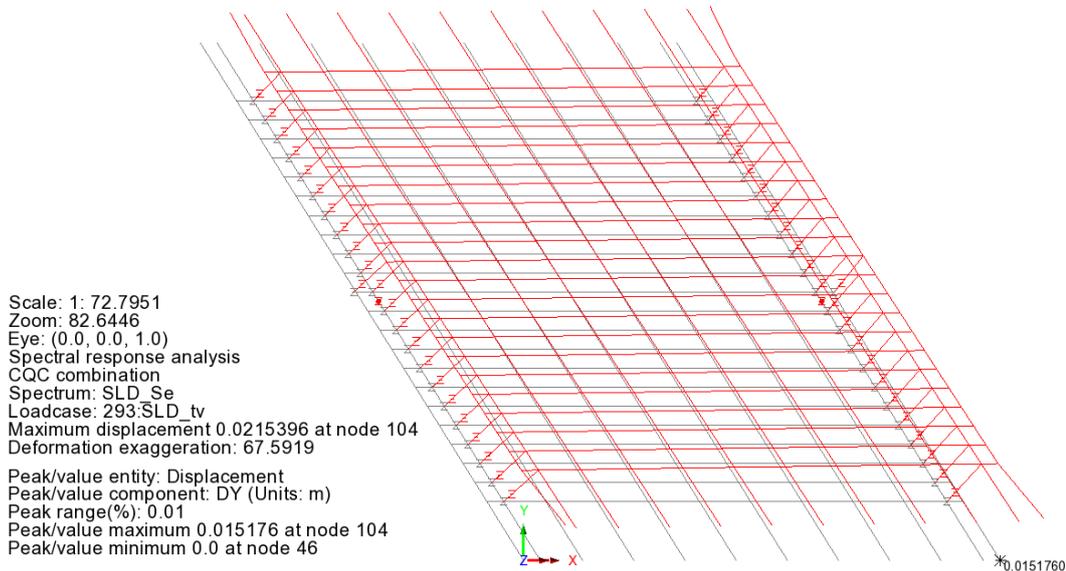
Scale: 1: 72.7951
Zoom: 82.6446
Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLD_Se
Loadcase: 292:SLD_lg
Maximum displacement 0.0201059 at node 104
Deformation exaggeration: 72.4116
Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DX (Units: m)
Peak range(%): 0.01
Peak/value maximum 0.0153145 at node 104
Peak/value minimum 0.0 at node 46



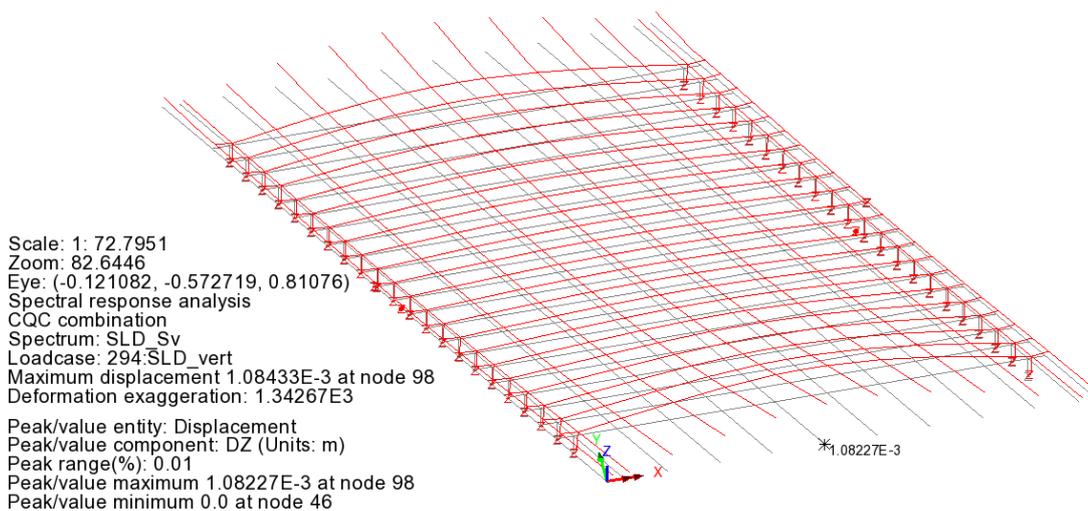
Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	91 di 128

SLD – tv (max δ_{trv})



SLD – vert (max δ_v)



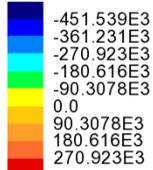
6.4 Verifiche strutturali impalcato

6.4.1 Verifica travi metalliche

Le verifiche sulle travi metalliche vengono effettuate in osservanza a quanto prescritto dal MdP par. 2.9.2.1 trascurando integralmente la collaborazione con il calcestruzzo, considerando la sezione posta in prossimità dell'appoggio e la sezione di mezzzeria.

I diagrammi seguenti riepilogano il quadro delle sollecitazioni in termini di involuipi S.L.U. per max/min V (azioni taglianti) e per min M (flettente) sulle travi longitudinali.

Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1(Extreme)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



Maximum 360.945E3 at node 116 of element 113
Minimum -451.826E3 at node 106 of element 104

Scale: 1: 69.623
Zoom: 100.0
Eye: (-0.149763, -0.812034, 0.564067)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 360.945E3 at node 116 of element 113
Diagram minimum -451.826E3 at node 106 of element 104
Diagram scale: 1: 33.1986E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 90.3078E3
Contour maximum 360.945E3 at node 116 of element 113
Contour minimum -451.826E3 at node 106 of element 104

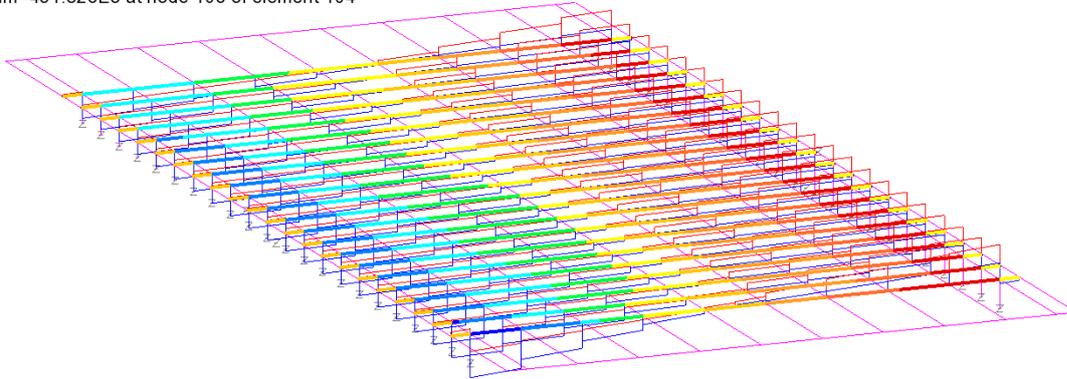
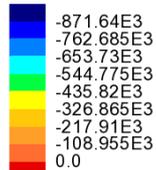


Figura 6.31 max/min V - S.L.U.

Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1(Extreme)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 91.029E3 at node 106 of element 104
Minimum -889.566E3 at node 136 of element 155

Scale: 1: 69.623
Zoom: 100.0
Eye: (-0.149763, -0.812034, 0.564067)
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 91.029E3 at node 106 of element 104
Diagram minimum -889.566E3 at node 136 of element 155
Diagram scale: 1: 16.8622E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 108.955E3
Contour maximum 91.029E3 at node 106 of element 104
Contour minimum -889.566E3 at node 136 of element 155

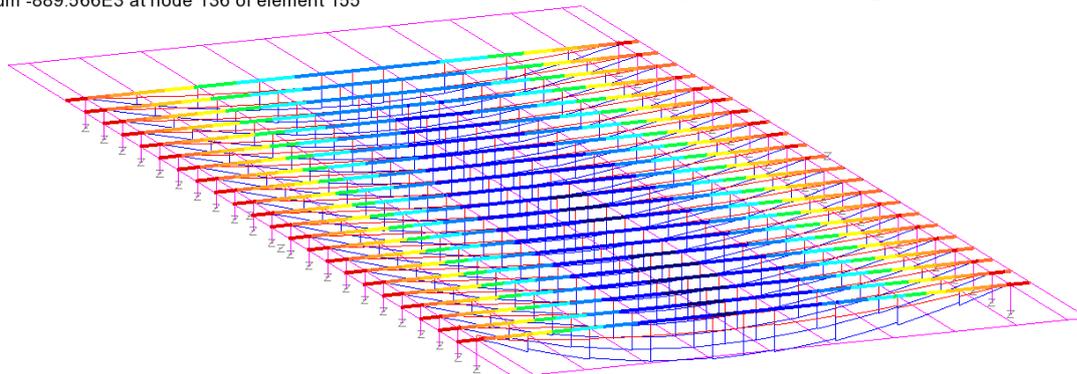


Figura 6.32 max/min M - S.L.U.

Le verifiche vengono effettuate con riferimento allo S.L.U. elastico delle sezioni, valutando le tensioni di Von Mises. Vista la presenza del calcestruzzo che, sebbene non contemplato nella verifica conferisce un'azione stabilizzante, non si considerano i fenomeni connessi all'instabilità dei pannelli.

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	93 di 128

La tabella seguente riepiloga il calcolo ed i risultati della verifica in termini di rapporto di sfruttamento.

Caratteristiche del profilo		Caratteristiche materiale	
tipo	HEM550	f_{yk}	355.00 MPa
A	3.54E+04 mm ²	γ_M	1.05
Wxx max	6.92E+06 mm ³	σ_{lim}	338.10 Mpa
Av	1.20E+04 mm ²		

Posizione	comb_ver	elem	nodo	sollecitazioni risultanti			tensioni calcolate (Mpa)					R.S. $\eta(\sigma_{id}/\sigma_{lim})$
				N (kN)	V (kN)	M (kNm)	σ_N	σ_M	σ_{max}	τ_{med}	σ_{id}	
Mezzeria	S.L.U. Min My	155	136	26.00	94.00	-890.00	0.73	-128.56	129.29	7.83	130.00	0.38
Appoggio sp1	S.L.U. Min V	506	332	-5.90	-452.00	351.00	-0.17	50.70	50.87	-37.63	82.68	0.24
Appoggio sp2	S.L.U. Max V	486	329	5.10	361.00	307.00	0.14	44.34	44.49	30.05	68.48	0.20

Tabella 6.25 Verifica profilo metallico HEB800

Si riporta qui di seguito, per ulteriore controllo, la fattorizzazione S.L.U. impiegata per l'elaborazione di min My in corrispondenza dell'elemento verificato.

Lc name	My	Factor	Factored My
	Nm		kNm
gk1-peso acciaio	-38200.90	1.350	-51.57
gk1-peso getto	-95946.10	1.350	-129.53
gk2-sovraccarichi finiture	-84908.28	1.350	-114.63
gk1-peso getto sbalzo su laterale	-33378.52	1.350	-45.06
gk3-ballast	-65180.62	1.500	-97.77
Tk	473.26	-0.900	-0.43
Fw_scarico	11220.43	-0.900	-10.10
LM71_Fren_1+LM71_Avvio_2	-280.59	0.725	-0.20
centrifuga_LM71_posB_binario1	-25089.50	1.450	-36.38
serpeggio_POS_LM71_posB_binario1	11408.68	-1.450	-16.54
centrifuga_LM71_posB_binario2	-6312.52	1.450	-9.15
serpeggio_POS_LM71_posB_binario2	1745.61	-1.450	-2.53
LM71_NEG_posB_binario1	-237704.44	1.450	-344.67
LM71_NEG_posB_binario2	-21381.61	1.450	-31.00
			-889.57

Tabella 6.26 Fattorizzazione per S.L.U. min M el. 155

6.4.2 Verifica solettone in c.a. in direzione trasversale

La verifica viene effettuata considerando separatamente il corpo principale del solettone e gli sbalzi laterali.

6.4.2.1 Corpo principale solettone

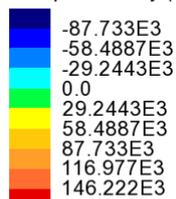
Verifica per tensioni normali

I diagrammi seguenti richiamano l'andamento del massimo e risp. minimo momento flettente di progetto S.L.U., S.L.E. e S.L.E. frequente rilevato lungo gli elementi trasversali del grigliato.

I valori indicati sono sollecitazioni "di trave", ovvero riferiti all'effettiva ampiezza dell'elemento equivalente alla soletta continua:

- Elemento "coda": $b = 0.1 \text{ m}$
- Elemento a cavallo degli appoggi: $b = 0.68 \text{ m}$
- Elemento "corrente": $b = 1.04 \text{ m}$

Combining on: My
Involuppo S.L.U. A1(Extreme)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 168.7E3 at node 188 of element 264
Minimum -94.499E3 at node 281 of element 410

Scale: 1: 69.623
Zoom: 79.7194
Eye: (-0.205757, -0.742454, 0.637516)
Combining on: My
Involuppo S.L.U. A1 (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 168.7E3 at node 188 of element 264
Diagram minimum -94.499E3 at node 281 of element 410
Diagram scale: 1: 88.9152E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 29.2443E3
Contour maximum 168.7E3 at node 188 of element 264
Contour minimum -94.499E3 at node 281 of element 410

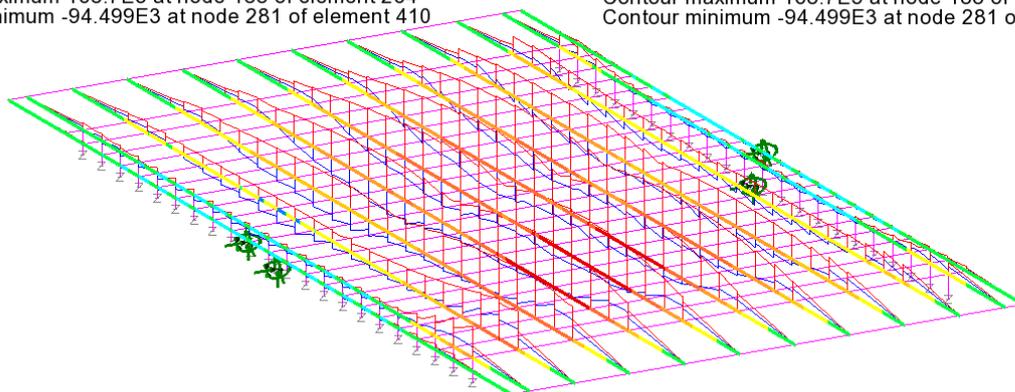
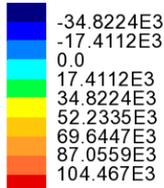


Figura 6.33 elementi trasversali - My S.L.U.

Combining on: My
Involuppo S.L.E. caratteristica(Extreme)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 117.693E3 at node 175 of element 240
Minimum -39.0081E3 at node 280 of element 409

Scale: 1: 69.623
Zoom: 79.7194
Eye: (-0.205757, -0.742454, 0.637516)
Combining on: My
Involuppo S.L.E. caratteristica (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 117.693E3 at node 175 of element 240
Diagram minimum -39.0081E3 at node 280 of element 409
Diagram scale: 1: 0.127451E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 17.4112E3
Contour maximum 117.693E3 at node 175 of element 240
Contour minimum -39.0081E3 at node 280 of element 409

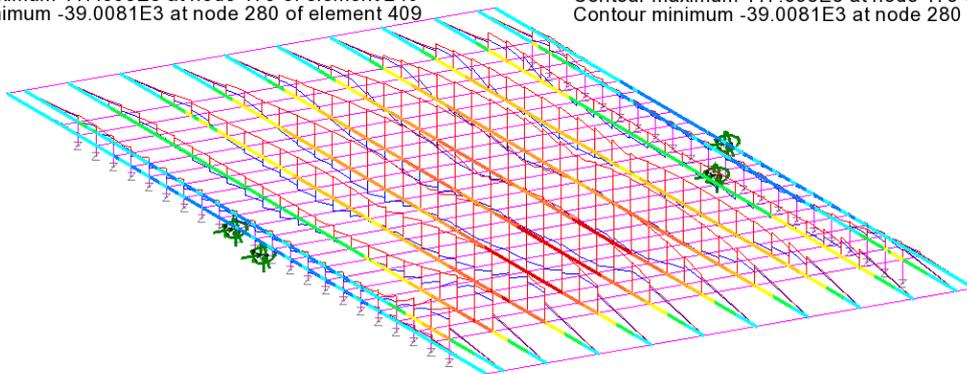


Figura 6.34 elementi trasversali - My S.L.E.

L'armatura trasversale del corpo del solettone è conforme ai criteri generali contenuti nel MdP, e si compone, nella zona corrente di:

- Armatura trasversale superiore: \varnothing 16/10
- Armatura trasversale inferiore: \varnothing 22/40 (*)

Le sollecitazioni per la verifica vengono poi riportate alla larghezza di 120 cm per tener conto dei passi delle barre utilizzate:

SLU su 104 cm			SLU su 120 cm		
	N [kN]	M [kN*m]		N [kN]	M [kN*m]
Cond. 1	10.7	168.7	Cond. 1	12.35	194.65
Cond. 2	-29.29	-94.5	Cond. 2	-33.80	-109.04
SLE rara su 104 cm			SLE rara su 120 cm		
	N [kN]	M [kN*m]		N [kN]	M [kN*m]
Cond. 1	-1.28	117.69	Cond. 1	-1.48	135.80
Cond. 2	0.6	-39.01	Cond. 2	0.69	-45.01

(*) nelle zone di coda si predisporranno le armature indicate negli elaborati tipologici del MdP, composte da barre \varnothing 22/20.



LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA
LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA
NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	96 di 128

Il calcolo delle prestazioni ultime, il calcolo tensionale e la verifica di fessurazione vengono eseguiti con il tool RC-SEC, considerando cautelativamente una sezione di altezza pari alla minima netta del solettone $h = 658$ mm.

Di seguito l'elaborazione e i risultati.

DATI GENERALI SEZIONE DI TRAVE SENZA STAFFE IN C.A.

NOME SEZIONE: Corpo_principale

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit�:	Comb. non sismiche

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resistenza compress. di progetto f_{cd} :	18.81 MPa
	Deform. unitaria max resistenza $ec2$:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu :	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale E_c :	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione f_{ctm} :	3.10 MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	S_c limite S.L.E. comb. Rare:	18.3 MPa

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento f_{yk} :	450.0 MPa
	Resist. caratt. a rottura f_{tk} :	450.0 MPa
	Resist. a snerv. di progetto f_{yd} :	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto f_{td} :	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto E_{pu} :	0.068
	Modulo Elastico E_f :	200000.0 MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1*\beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$:	0.50
	Comb.Rare - S_f Limite:	337.5 MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	120.0	cm
Altezza:	65.8	cm
Barre inferiori:	3Ø22	(11.4 cm ²)
Barre superiori:	12Ø16	(24.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	5.6	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	5.3	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	97 di 128

VY Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
 MT Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	-12.35	-194.65	0.00	0.00
2	33.80	109.04	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
 Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	1.48	-135.80
2	-0.69	45.01

RISULTATI DEL CALCOLO
Sezione verificata

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.9 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.4 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
 Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
 N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
 Mx re Momento resistente sostanzialmente elastico [kNm] riferito all'asse x baricentrico
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re, Mx re) e (N, Mx)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
 Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
 As Tesa Area armature long. trave [cm²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	-12.35	-194.65			2.690	14.1	0.23	0.73	24.1 (13.0)
2	S	33.80	109.04			2.408	56.0	0.16	0.70	11.4 (12.9)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00059	0.0	0.00036	5.6	-0.00196	60.5
2	0.00038	65.8	0.00018	60.5	-0.00196	5.6

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	98 di 128

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di calcestruzzo [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.36	0.0	0.00	15.6	-101.6	5.6	13.3	1590	24.1	9.9
2	S	0.99	65.8	0.00	55.3	-70.4	60.5	14.0	1680	11.4	0.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e3	Deformazione unitaria al limite dell'area tesa efficace di calcestruzzo
K2	= (e1 + e3)/(2*e3) secondo la (7.13) dell'EC2 e la (C4.1.19)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

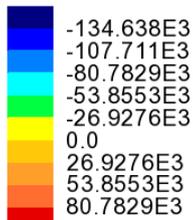
N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00057	0.00018	-0.00042	0.87	0.60	0.000305 (0.000305)	464	0.141 (0.20)	-312.48
2	S	-0.00039	0.00007	-0.00029	0.87	0.60	0.000211 (0.000211)	719	0.152 (0.20)	299.79

Verifica a taglio

I diagrammi seguenti richiamano l'andamento del massimo e risp. minima azione tagliante di progetto S.L.U. rilevate lungo gli elementi trasversali del grigliato.

Anche in questo caso i valori indicati sono sollecitazioni "di trave", ovvero riferiti all'effettiva ampiezza dell'elemento equivalente alla soletta continua.

Combining on: Fz
 Involuppo S.L.U. A1(Extreme)
 Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Component: Fz (Units: N)



Maximum 103.808E3 at node 242 of element 361
 Minimum -138.541E3 at node 240 of element 360

Scale: 1: 76.8308
 Zoom: 88.4885
 Eye: (-0.25793, -0.647402, 0.717177)
 Combining on: Fz
 Involuppo S.L.U. A1 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Diagram component: Fz (Units: N)
 Diagram maximum 103.808E3 at node 242 of element 361
 Diagram minimum -138.541E3 at node 240 of element 360
 Diagram scale: 1: 0.108271E-3
 Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Contour component: Fz (Units: N)
 Number of contours: 9
 Contour interval: 26.9276E3
 Contour maximum 103.808E3 at node 242 of element 361
 Contour minimum -138.541E3 at node 240 of element 360

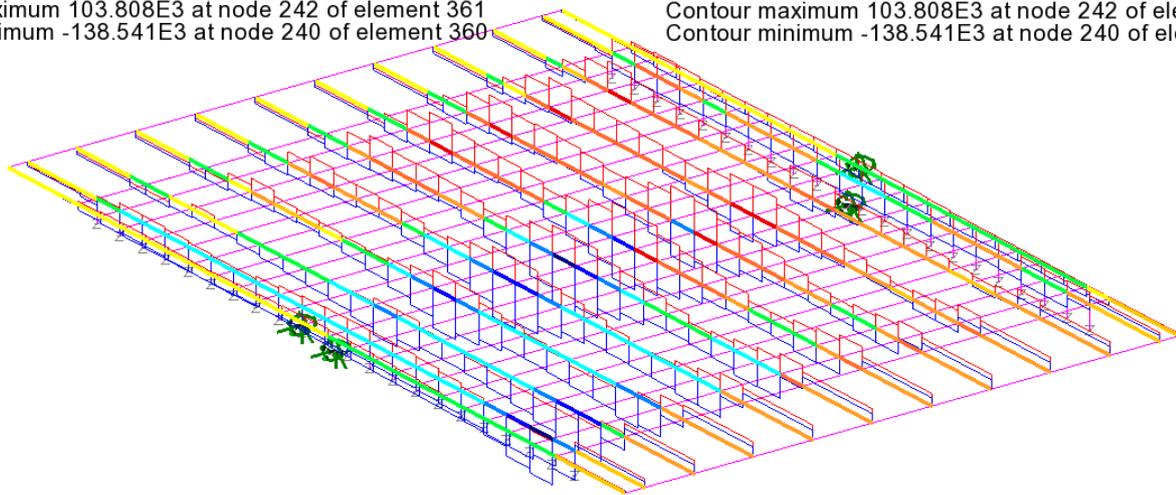


Figura 6.35 elementi trasversali - V S.L.U.

I valori indicati sono sollecitazioni “di trave”, ovvero riferiti all’effettiva ampiezza dell’elemento equivalente alla soletta continua:

- Elemento “coda”: $b = 0.1 \text{ m}$
- Elemento a cavallo degli appoggi: $b = 0.68 \text{ m}$
- Elemento “corrente”: $b = 1.04 \text{ m}$

La massima azione tagliante in rapporto alla larghezza della sezione viene rilevata in corrispondenza degli elementi trasversali posti a cavallo degli appoggi (elem. $b = 680 \text{ mm}$) dove si ha un taglio pari quasi al valore massimo in assoluto.

La verifica a taglio viene effettuata in prima battuta con riferimento ai criteri contenuti in NTC 2018 / EN 1992-1-1 validi per sezioni prive di armatura a taglio.

Di seguito la tabella contenente i dati caratteristici e la verifica.

Posizione	comb_ver	elem	nodo	soll. di progetto		dati geom. (mm)	
				N_{Ed} (kN)	$ V_{Ed} $ (kN)	b	h
Corpo princ.	S.L.U. Min V	140		-10.287	134.79	680.00	658.00

Tabella 6.27 Verifica a taglio - sollecitazioni di progetto

Verifica a taglio - EN 1992-1-1 cap. 6 + N.A.D.		
Azioni Esterne		
Elemento	Paramento - spiccatosez. Asse appoggi	
Combinazione	S.L.U.	
$N_{ed,conc}$	10.29 kN	Azione assiale concomitante (positive le compressioni !!!)
$V_{E,d}$	134.79 kN	Azione tagliante di progetto
Caratteristiche sezione		
b	680 mm	Larghezza totale
h	658 mm	Altezza totale
A_c	4.47E+05 mm ²	Area sezione
A_{sl}	2.01E+03 mm ³	Armatura al lembo teso
c	53 mm	Distanza armature tese da lembo esterno
d	605 mm	Altezza utile sezione
$\rho_1 =$	4.886E-03	$\min(A_{sl}/b_w d) ; 0.02$ 6.2.2(1)
$z_{,app}$	544.5 mm	Braccio coppia interna approssimato
$z_{,calc}$	0 mm	Braccio coppia interna effettva (= 0 se utilizzo approssimato)
z	544.5 mm	Braccio coppia interna di calcolo
Caratteristiche materiali		
f_{ck}	32 MPa	Resistenza car. cilindrica
f_{yk}	450 MPa	Snervamento barre
α_{cc}	0.85	3.1.6(1)P + N.A.D.
γ_c	1.5	γ_m calcestruzzo
γ_s	1.15	γ_m barre
f_{cd}	18.13 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
$f_{ctk,005}$	2.12 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
f_{ctd}	1.41 MPa	EN1992-1-1 prosp. 3.1
f_{yd}	391.30 MPa	
Calcolo resistenza a taglio - elementi fessurati		
Parametri calcolati EN 1992-1-1 cap. 6.2		
$C_{Rd,c} =$	0.12	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
$k =$	1.57	$\min ([1+(200/d)^{0.5}] ; 2)$ 6.2.2(1)
$k_1 =$	0.15	6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)
$\sigma_{cp} =$	0.02 MPa	Tensione med. di compressione nell'elemento (lim. Sup. 3.08 MPa)
$v_{min} =$	0.39 MPa	6.2.2(1): 6.3N - parametro di scelta nazionale (NAD)
$V_{Rd,c,min} =$	146.17	6.2.2.(1):6.2b
$V_{Rd,c} =$	195.84 kN	6.2.2.(1):6.2a
La verifica è soddisfatta		

Tabella 6.28 Verifica a taglio – sez. asse appoggi

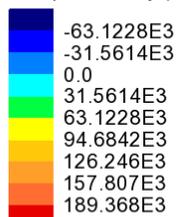
 Risultando $V_{Rd,c} > V_{Ed,S.L.U.}$, la sicurezza a taglio appare garantita senza predisporre specifiche armature.

6.4.2.2 Sbalzo laterale dx

I diagrammi seguenti riportano l'andamento del momento flettente in corrispondenza dell'elemento tipico di sbalzo, di larghezza pari a 1.04 m.

Verifica per tensioni normali

Combining on: My
Sbalzo-inviluppo S.L.U.(Extreme)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 201.625E3 at node 108 of element 94
Minimum -82.4275E3 at node 96 of element 94

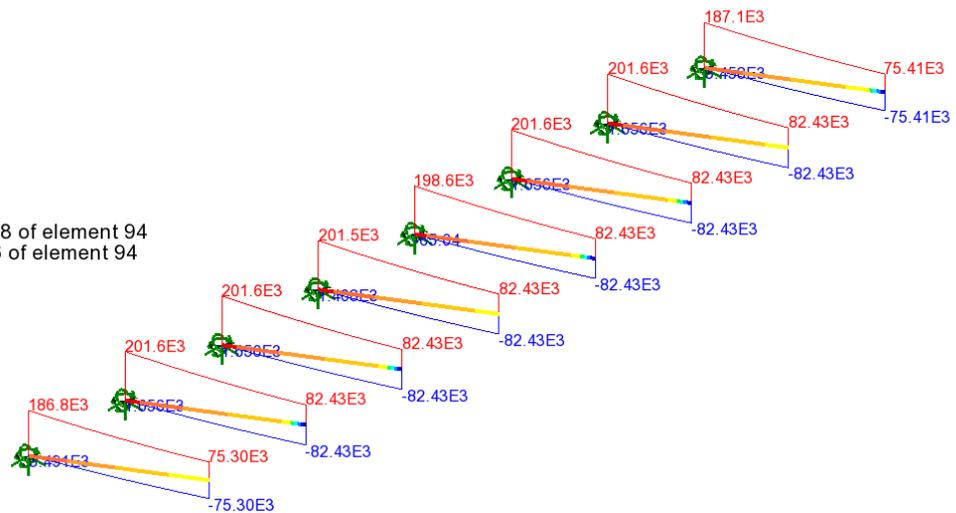
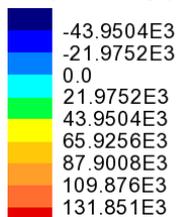


Figura 6.36 – diagramma max/min M S.L.U.

Combining on: My
Sbalzo-inviluppo S.L.E. caratteristica(Extreme)
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: My (Units: N.m)



Maximum 142.825E3 at node 108 of element 94
Minimum -54.9517E3 at node 96 of element 94

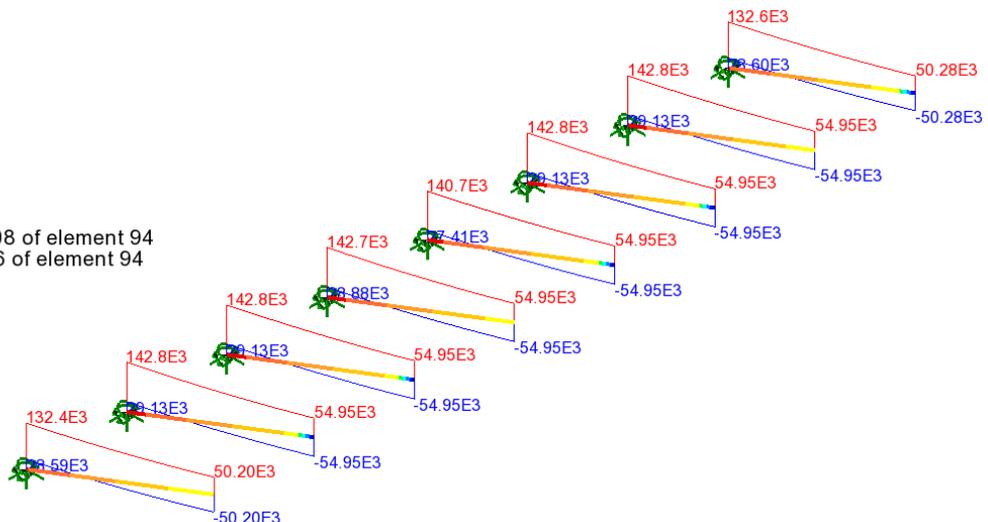


Figura 6.37 – diagramma max/min M S.L.E.

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	102 di 128

La verifica viene effettuata in corrispondenza della sezione di spiccato trave (sez. 1-1) e sezione di spiccato aggetto (sez. 2-2), caratterizzate entrambe da uno spessore resistente di 85 cm.

L'armatura trasversale dello sbalzo è conforme ai criteri generali contenuti nel MdP, e si compone di:

- Armatura trasversale superiore: \varnothing 16/10
- Armatura trasversale inferiore: \varnothing 22/20 (*)

Le sollecitazioni per la verifica vengono poi riportate alla larghezza di 120 cm per tener conto dei passi delle barre utilizzate:

	SLU su 104 cm			SLU su 120 cm	
	N [kN]	M [kN*m]		N [kN]	M [kN*m]
sez. 1-1	19.3	202	sez. 1-1	22.27	233.08
sez. 2-2	-19.3	-82.5	sez. 2-2	-22.27	-95.19
	SLE rara su 104 cm			SLE rara su 120 cm	
	N [kN]	M [kN*m]		N [kN]	M [kN*m]
sez. 1-1	13	143	sez. 1-1	15.00	165.00
sez. 2-2	-13	-55	sez. 2-2	-15.00	-63.46

Verifica sezione 1-1 e sezione 2-2 (h 850 mm)

Le verifiche, S.L.U. e S.L.E. (limitazione delle tensioni e apertura delle fessure), per entrambe le sezioni vengono effettuate con il software RC- SEC di cui si riporta di seguito il report di verifica.

DATI GENERALI SEZIONE DI TRAVE SENZA STAFFE IN C.A.

NOME SEZIONE: Sbalzo_dx

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Comb. non sismiche

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe:	C32/40
Resistenza compress. di progetto fcd:	18.81 MPa
Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
Resis. media a trazione fctm:	3.10 MPa
Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	103 di 128

Sc limite S.L.E. comb. Rare: 18.3 MPa

ACCIAIO -

Tipo:	B450C
Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0 MPa
Resist. caratt. a rottura ftk:	450.0 MPa
Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
Modulo Elastico Ef:	200000.0 MPa
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 * \beta_2$:	1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 * \beta_2$:	0.50
Comb. Rare - Sf Limite:	337.5 MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	120.0	cm
Altezza:	85.0	cm
Barre inferiori:	6Ø22	(22.8 cm ²)
Barre superiori:	12Ø16	(24.1 cm ²)
Coprif. Inf. (dal baric. barre):	5.3	cm
Coprif. Sup. (dal baric. barre):	5.3	cm
Coprif. Lat. (dal baric. barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT	Momento torcente [kN m]

N° Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	-22.27	-233.08	0.00	0.00
2	22.27	95.19	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N° Comb.	N	Mx
1	-15.00	-165.00
2	15.00	63.46

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.9	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	8.4	cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	104 di 128

Mx re	Momento resistente sostanzialmente elastico [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re, Mx re) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X, Y, O sez.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1) NTC]
As Tesa	Area armature long. trave [cm ²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	-22.27	-233.08			2.979	15.7	0.20	0.70	24.1 (17.1)
2	S	22.27	95.19			7.065	69.5	0.19	0.70	22.8 (17.1)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00048	0.0	0.00032	5.3	-0.00196	79.7
2	0.00047	85.0	0.00031	79.7	-0.00196	5.3

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [MPa]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X, Y, O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [MPa]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X, Y, O)
Ss min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X, Y, O)
Dw Eff.	Spessore di calcestruzzo [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace (verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\emptyset/2)$ e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.72	0.0	0.00	17.0	-95.4	5.3	13.3	1590	24.1	9.9
2	S	0.69	85.0	0.00	66.6	-34.5	79.7	13.3	1590	22.8	21.9

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e3	Deformazione unitaria al limite dell'area tesa efficace di calcestruzzo
K2	$= (e1 + e3)/(2 \cdot e3)$ secondo la (7.13) dell'EC2 e la (C4.1.19)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = $0.6 Ss/Es$
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00052	0.00013	-0.00042	0.90	0.60	0.000286 (0.000286)	477	0.136 (0.20)	-512.70

La verifica viene effettuata in corrispondenza della sezione di inizio rastremazione (sez. 1-1) e sezione di spiccato aggetto (sez. 2-2), caratterizzate rispettivamente da uno spessore resistente di 45 e 35 cm come mostrato nello schema seguente.

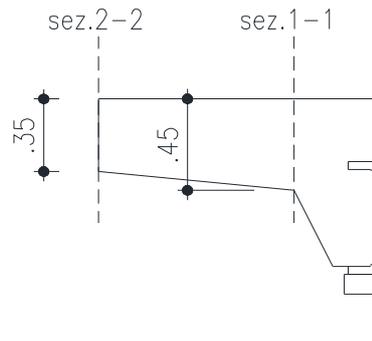


Figura 6.40 – Schema sezioni sbalzo sx

L'armatura trasversale dello sbalzo è conforme ai criteri generali contenuti nel MdP, e si compone di:

- Armatura trasversale superiore: \varnothing 16/10
- Armatura trasversale inferiore: \varnothing 16/20 (*)

Per la verifica della sez. 1-1 si utilizzano, a favore di sicurezza, le sollecitazioni in corrispondenza della sezione in asse trave.

	SLU su 104 cm	
	N [kN]	M [kN*m]
sez. 1-1	19.3	107.0
sez. 2-2	-19.3	-37.1
	SLE rara su 104 cm	
	N [kN]	M [kN*m]
sez. 1-1	11.0	77.5
sez. 2-2	-11.0	-25.0

Verifica sezione 1-1 (h 450 mm)

Le verifiche, S.L.U. e S.L.E. (limitazione delle tensioni e apertura delle fessure) vengono effettuate con il software RC- SEC di cui si riporta di seguito il report di verifica.

DATI GENERALI SEZIONE DI TRAVE SENZA STAFFE IN C.A.

NOME SEZIONE: Sbalzo_sx_sez1

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Resistenze in campo sostanzialmente elastico

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	107 di 128

Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit�:	Comb. non sismiche

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	18.81 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10 MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
Sc limite S.L.E. comb. Rare:	18.3 MPa	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	200000.0 MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 * \beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 * \beta_2$:	0.50
Comb.Rare - Sf Limite:	337.5 MPa	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	104.0	cm
Altezza:	45.0	cm
Barre inferiori:	5 \varnothing 16	(10.1 cm ²)
Barre superiori:	10 \varnothing 16	(20.1 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	5.3	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	5.3	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT	Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	-19.30	-107.00	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	-11.00	-77.50

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	108 di 128

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.2 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.8 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
 Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
 N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
 Mx re Momento resistente sostanzialmente elastico [kNm] riferito all'asse x baricentrico
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re, Mx re) e (N, Mx)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
 Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X, Y, O sez.
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1) NTC]
 As Tesa Area armature long. trave [cm²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	-19.30	-107.00			2.615	10.9	0.27	0.78	20.1 (7.4)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00074	0.0	0.00038	5.3	-0.00196	39.7

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X, Y, O)
 Sc min Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])
 Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X, Y, O)
 Ss min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X, Y, O)
 Dw Eff. Spessore di calcestruzzo [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
 Ac eff. Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
 As eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace (verifica fess.)
 D barre Distanza in cm tra le barre tese efficaci.
 (D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\varnothing/2)$ e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11) NTC / (7.14) EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.08	0.0	0.00	11.7	-111.0	5.3	11.1	1156	20.1	10.4

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	109 di 128

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e3	Deformazione unitaria al limite dell'area tesa efficace di calcestruzzo
K2	= (e1 + e3)/(2*e3) secondo la (7.13) dell'EC2 e la (C4.1.19)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00066	0.00023	-0.00044	0.83	0.60	0.000333 (0.000333)	414	0.138 (0.20)	-128.59

Verifica sezione 2-2 (h 350 mm)

Le verifiche, S.L.U. e S.L.E. (limitazione delle tensioni e apertura delle fessure) vengono effettuate con il software RC- SEC di cui si riporta di seguito il report di verifica.

DATI GENERALI SEZIONE DI TRAVE SENZA STAFFE IN C.A.
NOME SEZIONE: Sbalzo_sx_sez2

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai)senza staffe
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Comb. non sismiche

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	18.81 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.10 MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	18.3 MPa
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.0 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.0 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.3 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	200000.0 MPa
Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	110 di 128

Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 * \beta_2$: 1.00
 Coeff. Aderenza differito $\beta_1 * \beta_2$: 0.50
 Comb.Rare - Sf Limite: 337.5 MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base: 104.0 cm
 Altezza: 35.0 cm
 Barre inferiori: 5Ø16 (10.1 cm²)
 Barre superiori: 10Ø16 (20.1 cm²)
 Coprif.Inf.(dal baric. barre): 5.3 cm
 Coprif.Sup.(dal baric. barre): 5.3 cm
 Coprif.Lat. (dal baric.barre): 5.0 cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
 Vy Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
 MT Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	19.30	37.10	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
 Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	11.00	25.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Coprifetto netto minimo barre longitudinali: 4.2 cm
 Interfero netto minimo barre longitudinali: 8.8 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
 Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
 N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
 Mx re Momento resistente sostanzialmente elastico [kNm] riferito all'asse x baricentrico
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N re, Mx re) e (N, Mx)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
 Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) § 4.1.2.1.2.1 NTC: deve essere < 0.45
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]
 As Tesa Area armature long. trave [cm²] in zona tesa. (tra parentesi l'area minima di normativa)

N°Comb	Ver	N	Mx	N re	Mx re	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	19.30	37.10			2.941	28.1	0.23	0.73	10.1 (5.5)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	111 di 128

Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00059	35.0	0.00014	29.7	-0.00196	5.3

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sc min Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([MPa])
 Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
 Ss min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [MPa]
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
 Dw Eff. Spessore di calcestruzzo [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
 Ac eff. Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
 As eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
 D barre Distanza in cm tra le barre tese efficaci.
 (D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.02	35.0	0.00	27.4	-87.4	29.7	9.1	948	10.1	23.4

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver Esito verifica
 e1 Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
 e2 Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
 e3 Deformazione unitaria al limite dell'area tesa efficace di calcestruzzo
 K2 = (e1 + e3)/(2*e3) secondo la (7.13) dell'EC2 e la (C4.1.19)NTC
 Kt fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
 e sm Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
 srm Distanza massima in mm tra le fessure
 wk Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
 M fess. Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00054	0.00015	-0.00036	0.83	0.60	0.000262 (0.000262)	581	0.152 (0.20)	77.86

6.5 Verifiche per combinazioni eccezionali

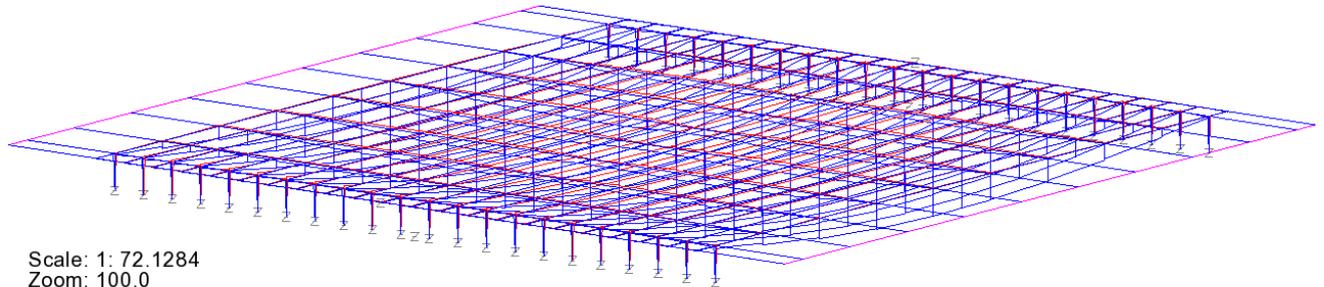
6.5.1 Deragliamenti

Dall'esame delle sollecitazioni rilevate sul modello fem, si evince che le sollecitazioni indotte dalla condizione di deragliamenti risultano inferiori a quelle rilevate sotto l'azione del normale traffico ferroviario.

Pertanto si ritiene non significativo lo sviluppo di specifiche verifiche strutturali in combinazione eccezionale.

Qui di seguito si riportano, a titolo di comparazione, i diagrammi di momento flettente rilevati rispettivamente per.

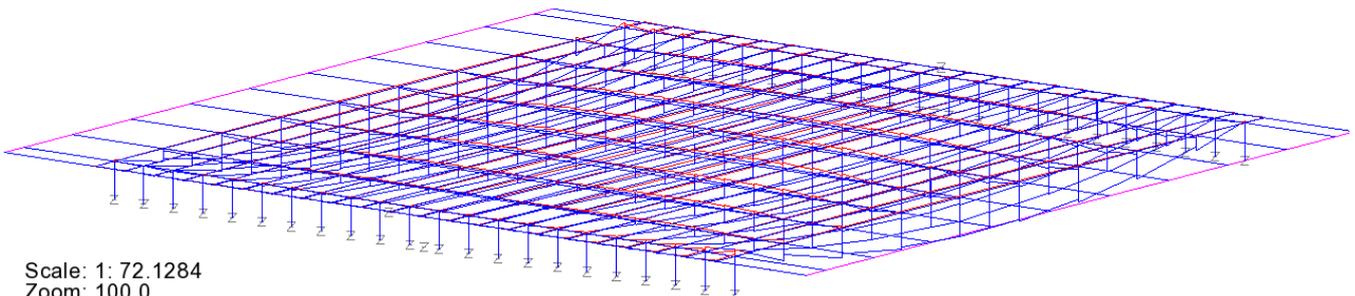
- Env Qk involuppo sollecitazioni flettenti per effetto dell'azione multicomponente Qk
- Env Deragliamenti involuppo sollecitazioni flettenti dei due casi di deragliamenti valutati



Scale: 1: 72.1284
Zoom: 100.0
Eye: (-0.540234, -0.756307, 0.368981)
Combining on: My
EnvQk_gr3 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 33.9377E3 at node 296 of element 435
Diagram minimum -341.867E3 at node 242 of element 350
Diagram scale: 1: 29.2511E-6

Figura 6.41 involuopo Qk - max/min M su elementi grigliato



Scale: 1: 72.1284
Zoom: 100.0
Eye: (-0.540234, -0.756307, 0.368981)
Combining on: My
Env_deragliamento_caso_2 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 48.6341E3 at node 201 of element 264
Diagram minimum -254.176E3 at node 112 of element 110
Diagram scale: 1: 39.3429E-6

Figura 6.42 involuopo deragliamento (caso2) - max/min M su elementi grigliato

Come si può notare dall'esame dei valori massimi/minimi rilevati in corrispondenza del corpo principale del manufatto (caratterizzato da caratteristiche resistenti uniformi su tutto lo sviluppo), le azioni indotte dal normale traffico ferroviario sono superiori a quelle rilevabili dalla combinazione di deragliamento.

Si rileva infatti:

Min M Qk = -341 kNm

Min M deragliamento = -254 kNm

6.6 Verifiche di deformabilità

6.6.1 Frecce verticali

Di seguito si riportano le frecce massime verticali sotto l'azione delle seguenti combinazioni elaborati per min δ_z :

- Combinazione S.L.E. caratteristica (tutti i contributi)
- Soli carichi mobili e azioni associate (Q_k)

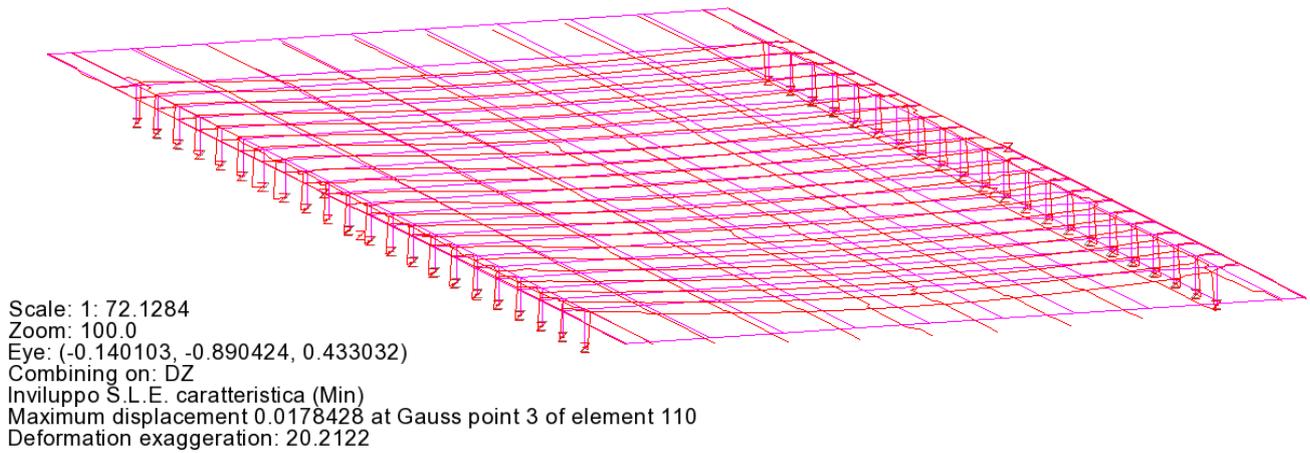


Figura 6.43 frecce verticali - S.L.E. caratteristica

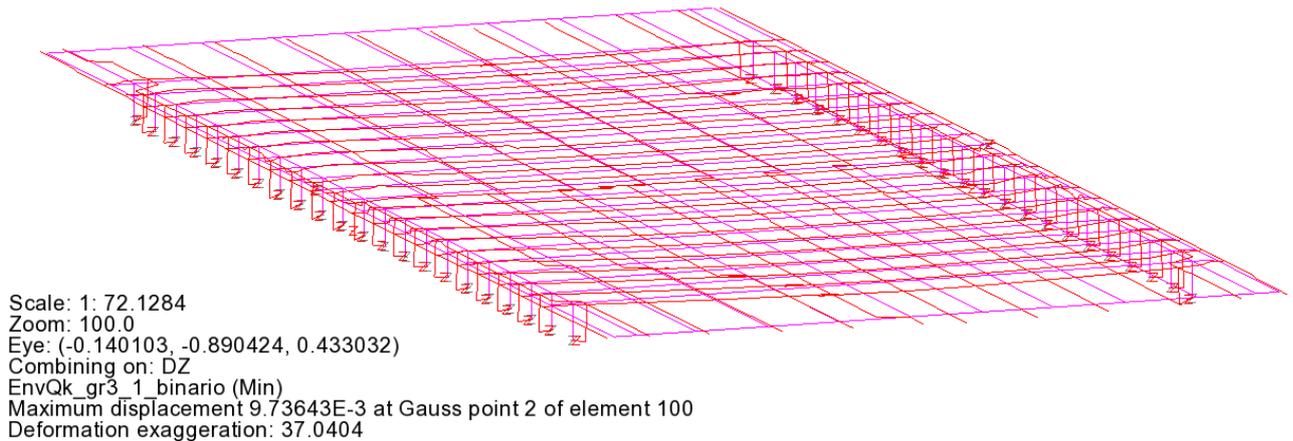


Figura 6.44 frecce verticali - involuppo Q_k

Si rileva in particolare, sotto l'azione dei carichi mobili:

$$\delta_{z,\min} = -9.7 \text{ mm}$$

$$L/\delta_z = 10590/9.7 = 1091$$

La freccia verticale sotto carico mobile appare pertanto soddisfacentemente limitata al di sotto del valore $L/700$, contemplato dal MdP 2.6.2.2.3.

6.7 Dispositivi di vincolo

La strategia di vincolo è basata sull'adozione di dispositivi elastomerici dotati di piastre metalliche superiore e inferiore vulcanizzate al cuscinetto elastomerico, atte a vincolare meccanicamente il dispositivo alla sovrastruttura ed alla sottostruttura.

Le caratteristiche elastiche dei dispositivi (dimensioni, ingombro e rigidità) sono state dedotte dal catalogo della produzione di uno dei maggiori produttori nazionali, e sono le seguenti:

Dimensione cuscinetto (diam. in mm)	400
Rigidità orizzontale (kN/mm)	1.9
Spessore totale (mm)	84

Tabella 6.29 Caratteristiche dispositivi di vincolo

La tabella seguente riporta le caratteristiche prestazionali garantite degli appoggi.

Appoggio tipo					SLE	SLU	SLE	SLU	SLE	SLU	SLE	SLU		
	D	h	h _{rt}	W	N _k	N _{Ed}	V _{k,xy} +/-	V _{d,xy} +/-	V _k	V _{Ed}	α _{k,xy} +/-	α _{d,xy} +/-	K _{eq}	
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kN]	[kN]	[mm]	[mm]	[kN]	[kN]	[mrad]	[mrad]	[kN/mm]	
E-Link B Ø400x24(16)	400	24	16	9,7	1586	2300	7	11	52	78	3,4	5,0	7,1	
E-Link B Ø400x39(27)	400	39	27	15,0	1862	2700	15	22	61	92	4,8	7,0	4,2	
E-Link B Ø400x54(38)	400	54	38	20,3	1931	2800	22	33	65	98	5,5	8,0	3,0	
E-Link B Ø400x69(49)	400	69	49	25,6	1931	2800	29	44	68	102	6,9	10,0	2,3	
E-Link B Ø400x84(60)	400	84	60	30,9	2000	2900	37	55	69	104	6,9	10,0	1,9	
E-Link B Ø400x99(71)	400	99	71	36,1	2000	2900	44	66	70	105	6,9	10,0	1,6	
E-Link B Ø400x114(82)	400	114	82	41,4	1793	2600	51	77	71	106	11,0	16,0	1,4	
E-Link B Ø400x129(93)	400	129	93	46,7	1517	2200	59	88	71	107	15,2	22,0	1,2	
E-Link B Ø400x144(104)	400	144	104	52,0	1310	1900	66	99	72	108	17,9	26,0	1,1	
E-Link B Ø400x159(115)	400	159	115	57,3	1172	1700	73	110	72	108	20,7	30,0	1,0	
E-Link B Ø400x174(126)	400	174	126	62,6	1034	1500	81	121	72	109	20,7	30,0	0,90	

Tabella 6.30 Caratteristiche prestazionali dei dispositivi prescelti (*)

(*) Si presenta lo stralcio del catalogo afferente la produzione di uno dei maggiori produttori nazionali; è ovviamente ammesso l'utilizzo di dispositivi di qualsiasi produttore certificato EN 1337, di caratteristiche equivalenti a quelli prescelti.

6.7.1 Portate

I diagrammi seguenti, tratti direttamente dall'analisi FEM, riportano le sollecitazioni rilevate agli appoggi per le seguenti condizioni:

S.L.U. – max/min Fx

S.L.U. – max/min Fy

S.L.U. – max/min Fz

E_d - S.L.V. – max/min Fx

E_d - S.L.V. – max/min Fy

E_d - S.L.V. – max/min Fz

S.L.E. – max/min Fx

S.L.E. – max/min Fy

S.L.E. – max/min Fz

I valori indicati riportano direttamente, per ciascun dispositivo, il massimo e minimo valore di combinazione, e sono espressi in N.

S.L.U. caratteristico

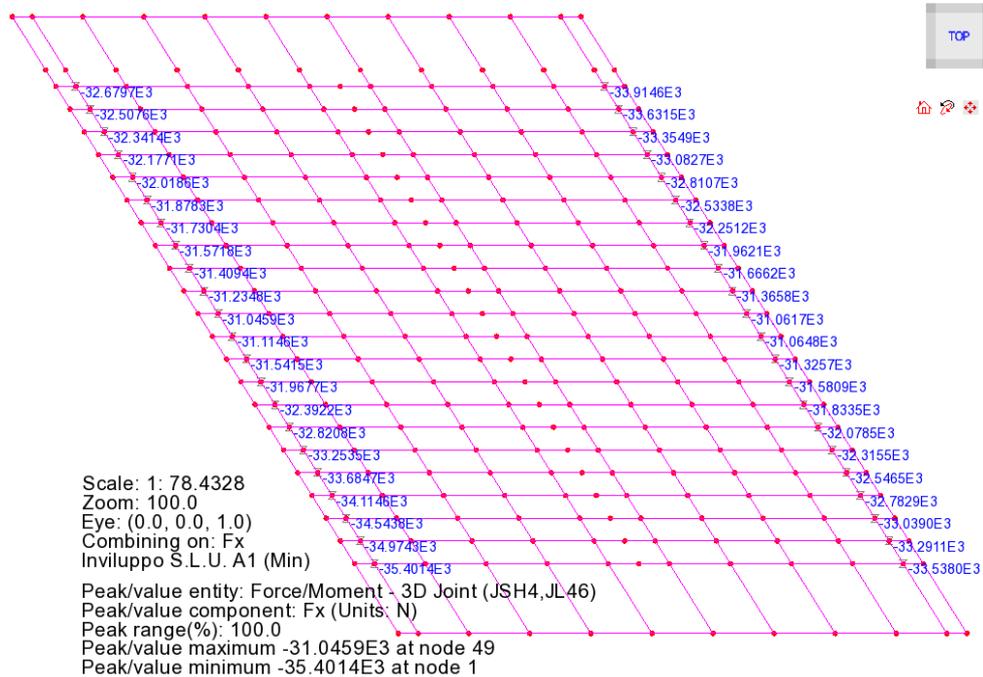
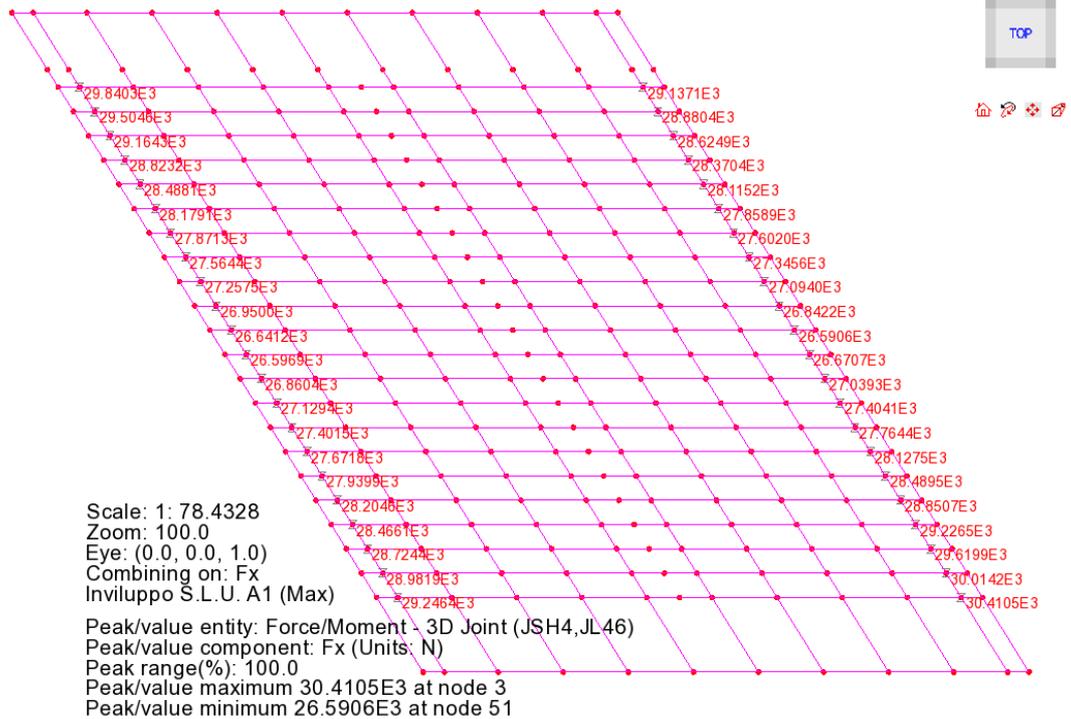


Tabella 6.31 Max/Min Fx S.L.U. caratteristico

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	117 di 128

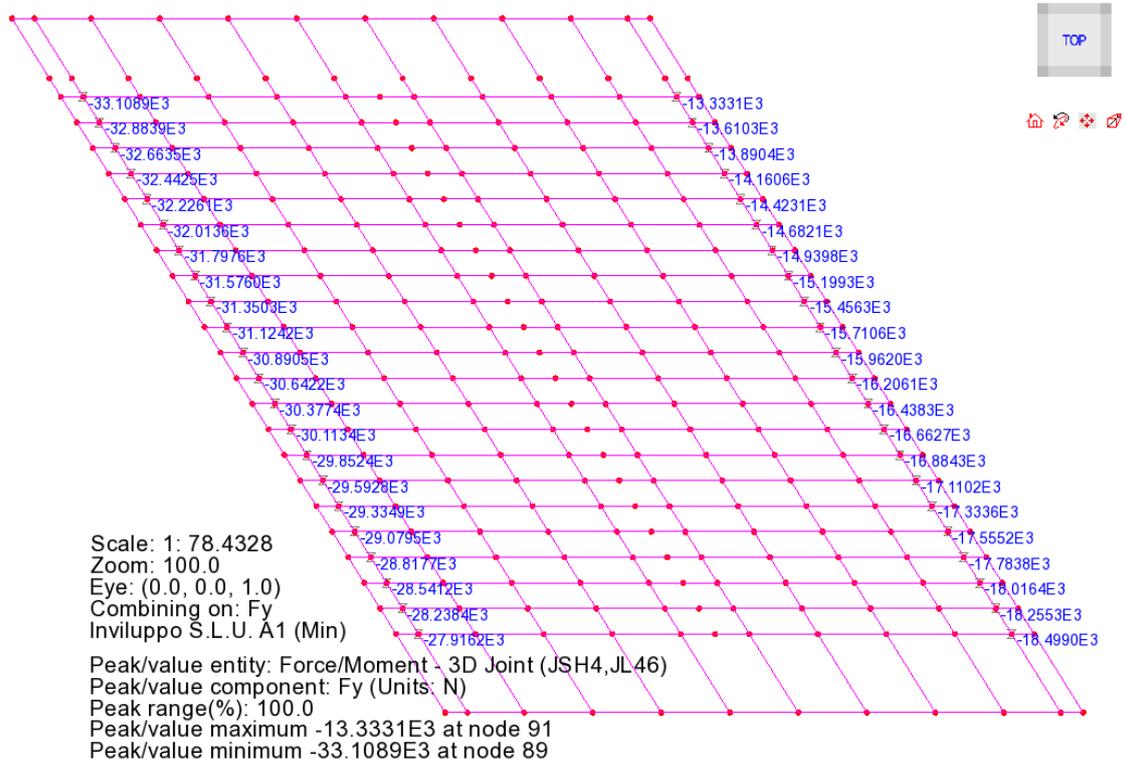
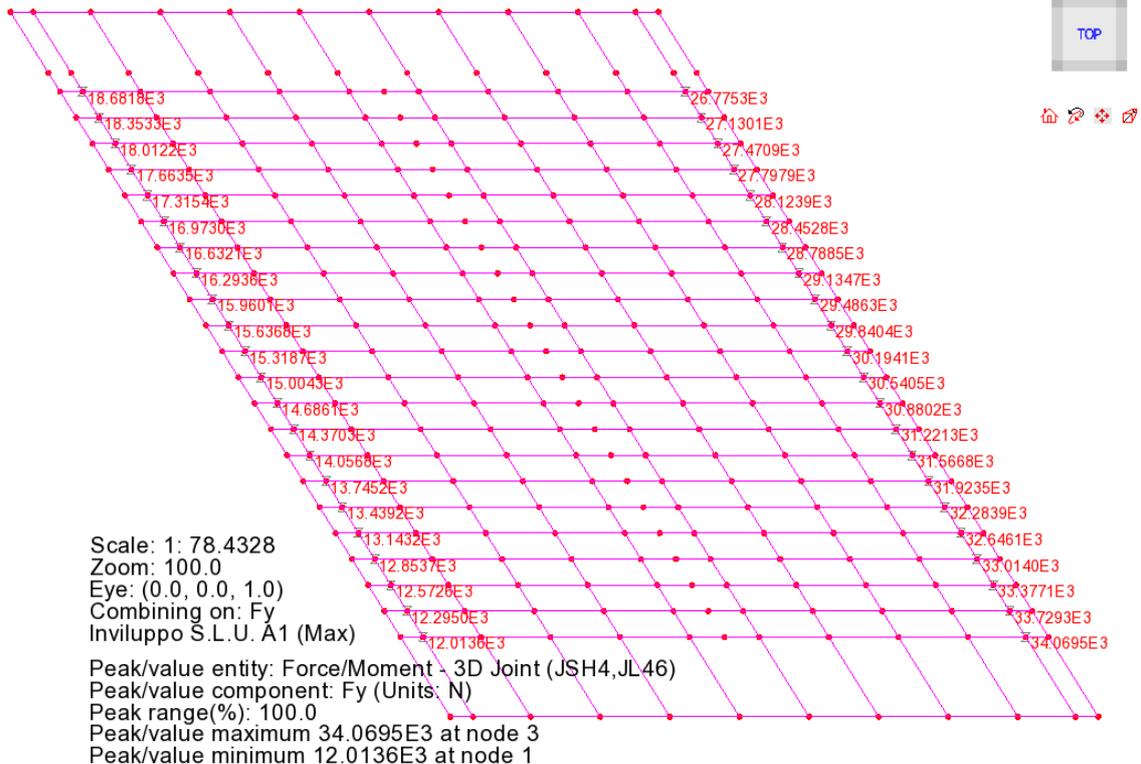


Tabella 6.32 Max/Min Fy S.L.U. caratteristico

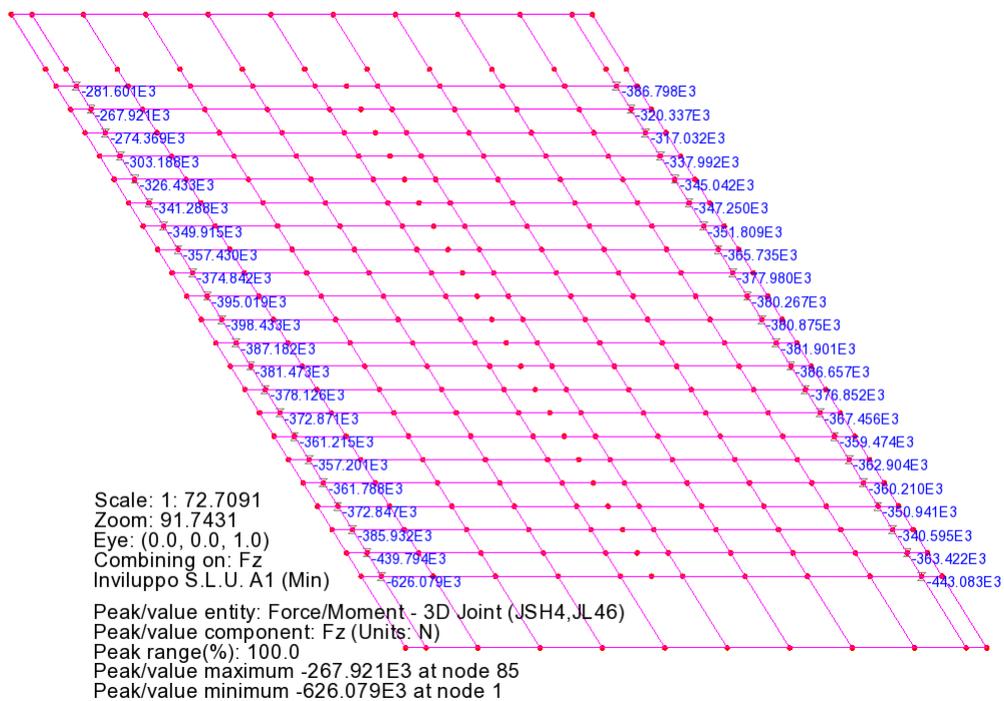
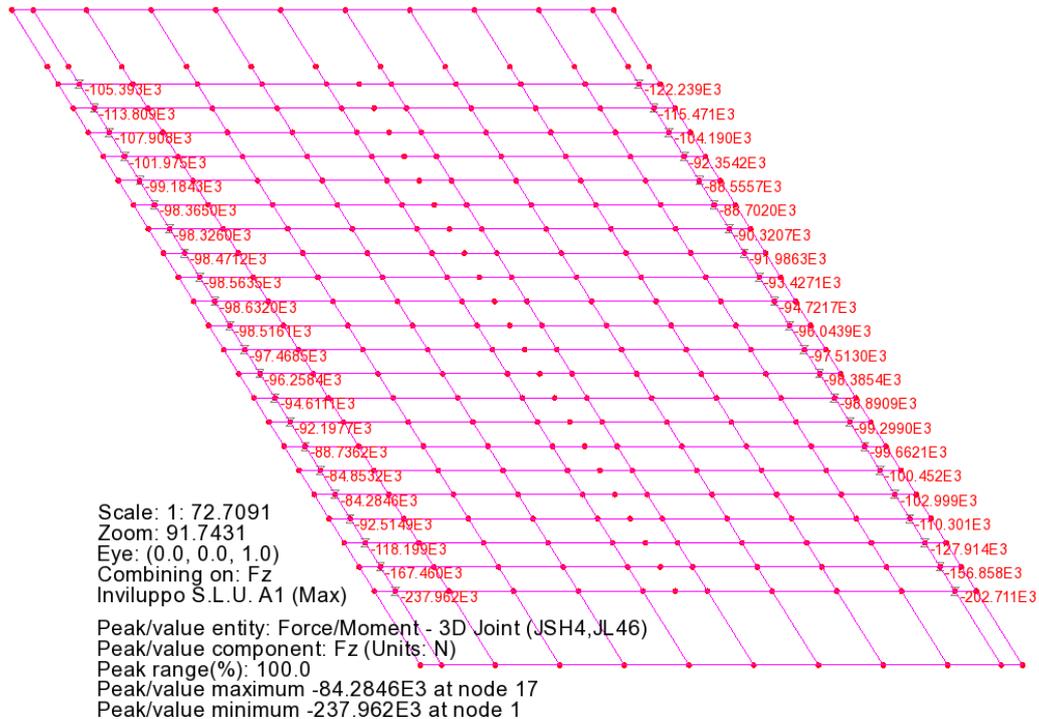


Tabella 6.33 Max/Min Fz S.L.U. caratteristico

Gk + Ed S.L.V.

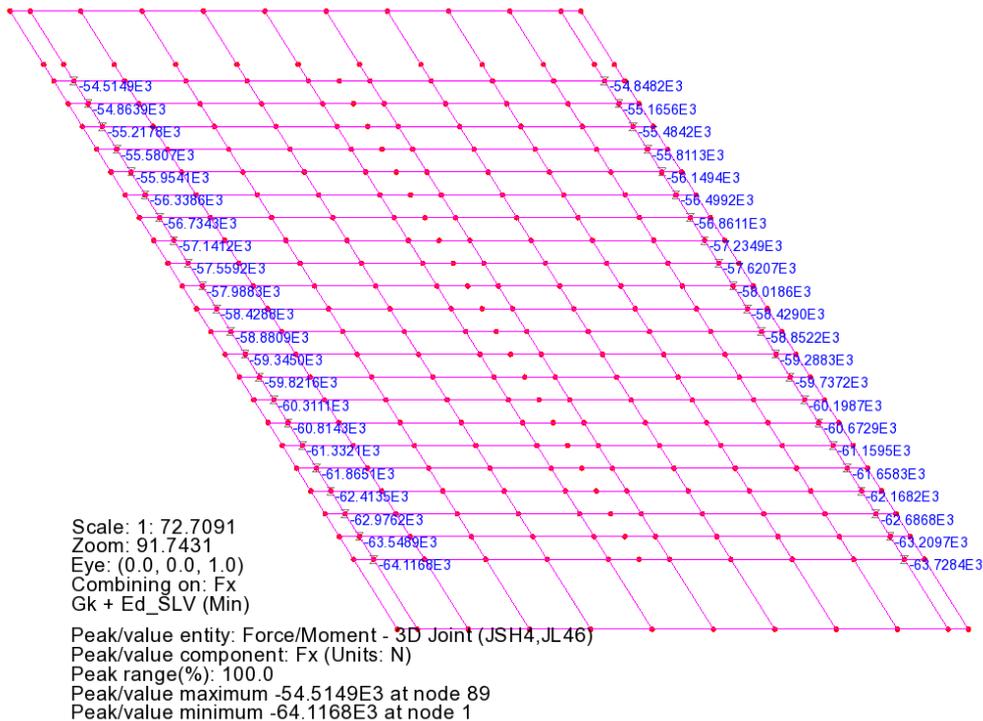
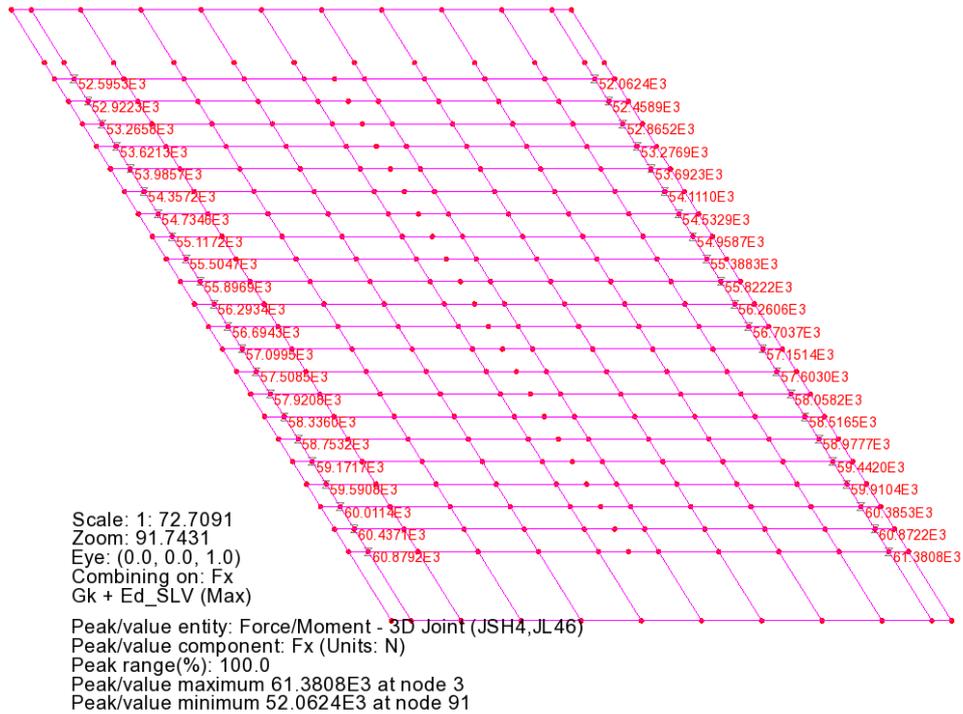


Tabella 6.34 Max/Min Fx Gk + Ed S.L.V.

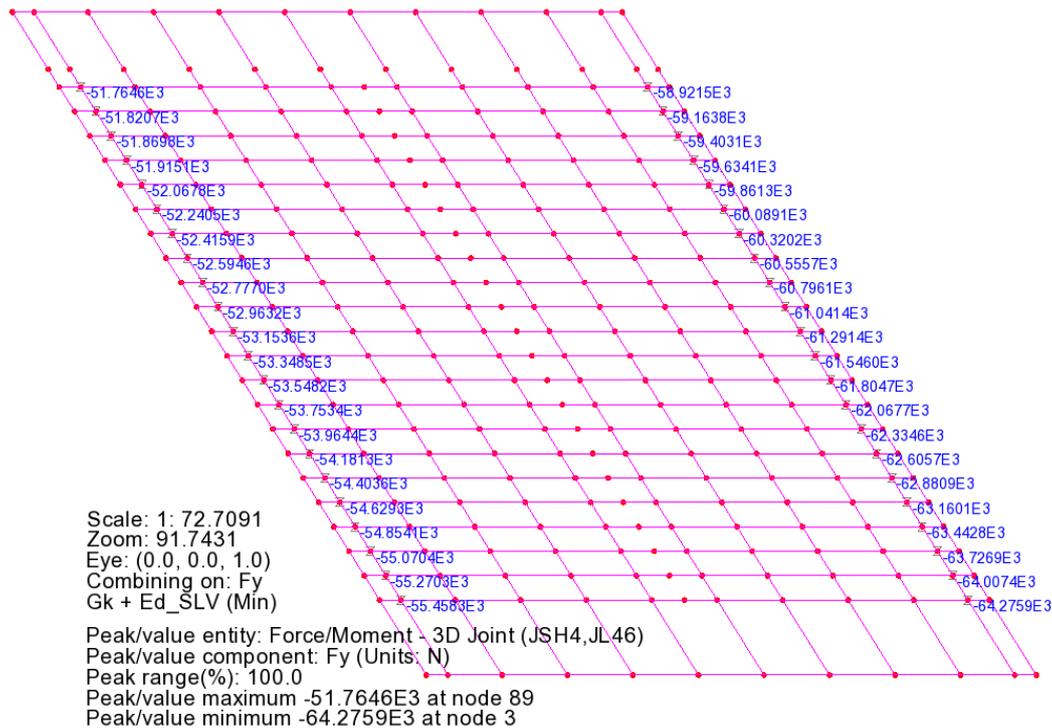
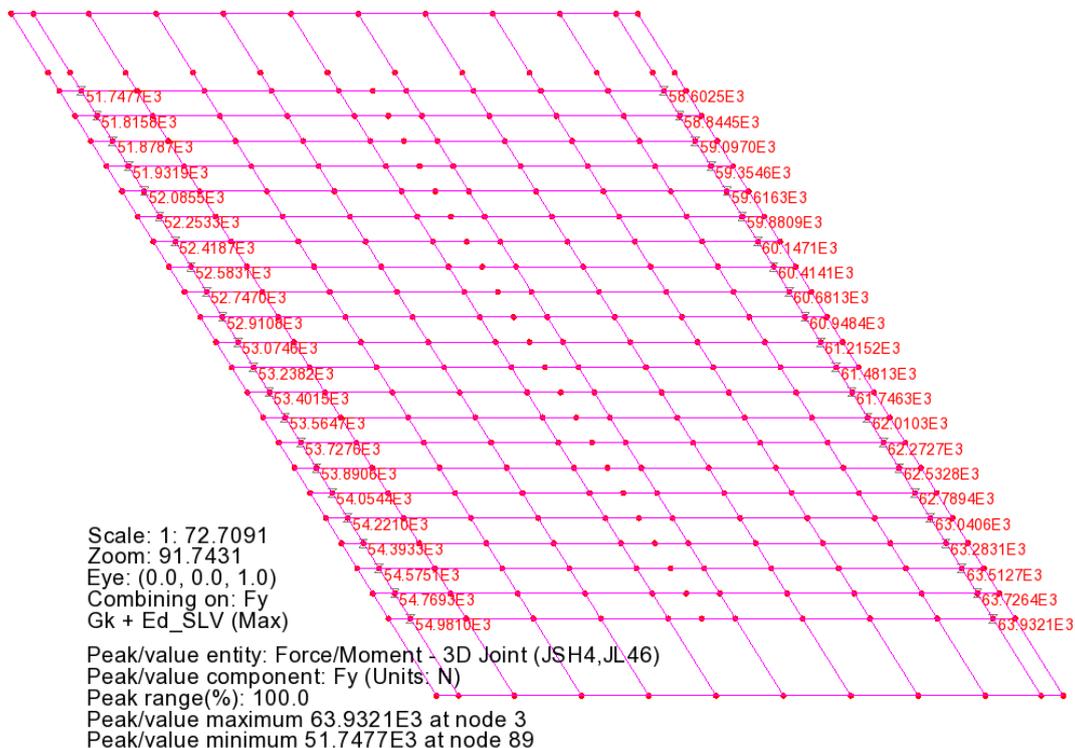


Tabella 6.35 Max/Min Fy Gk + Ed S.L.V.

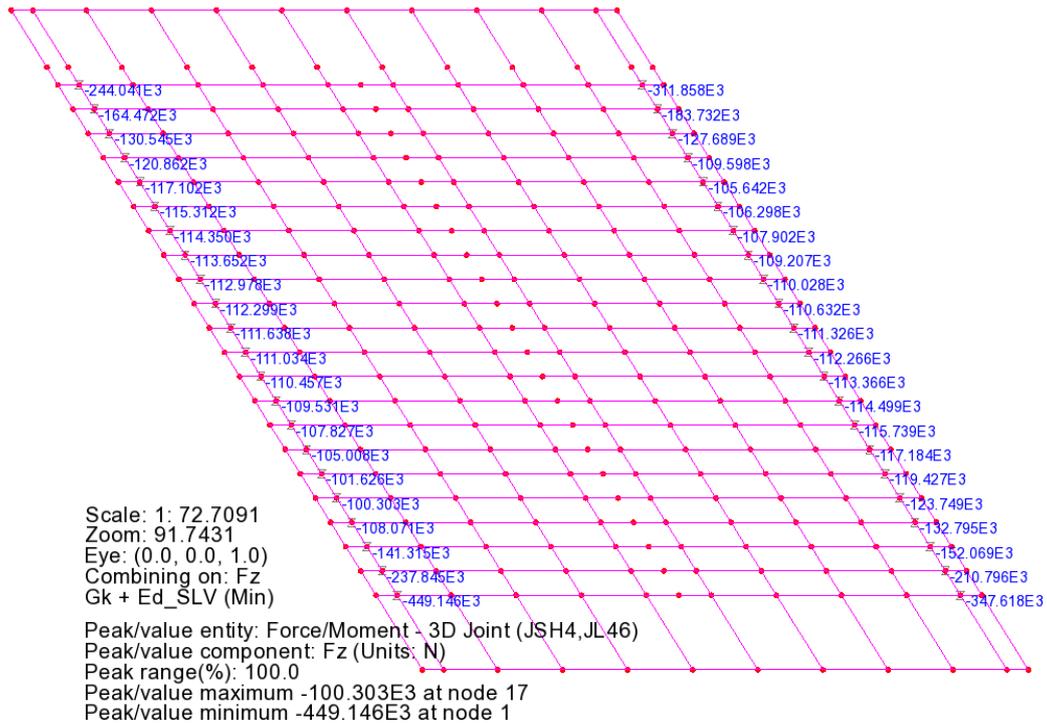
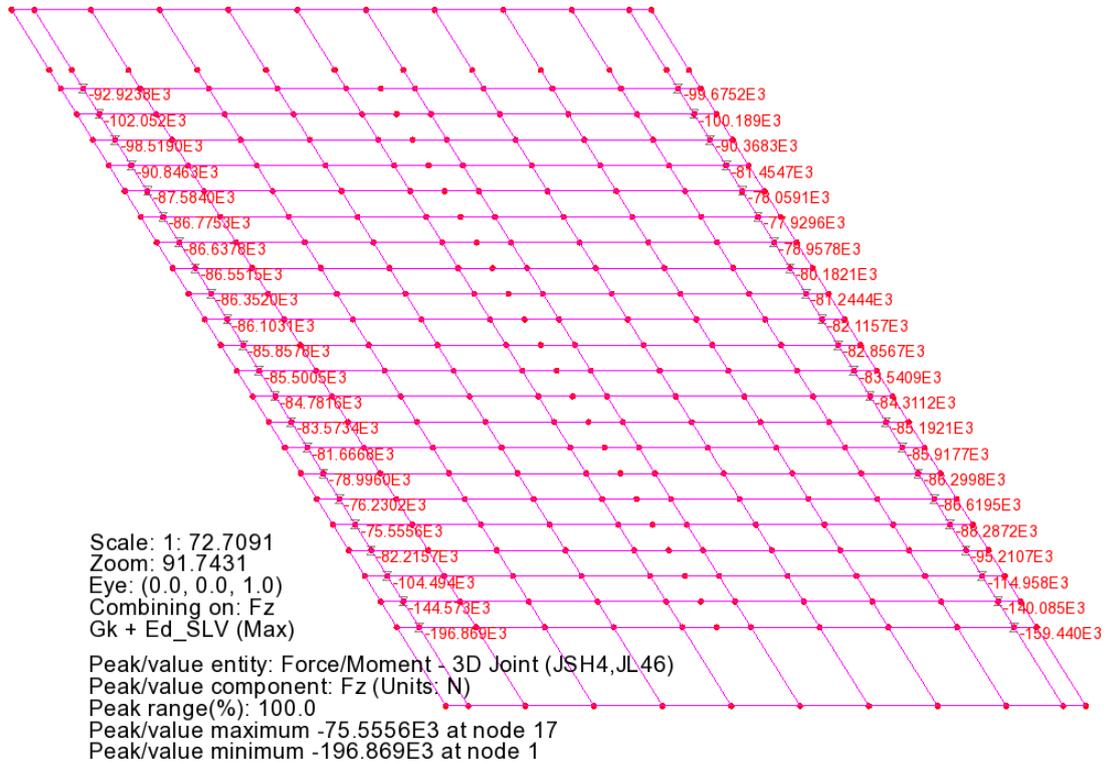
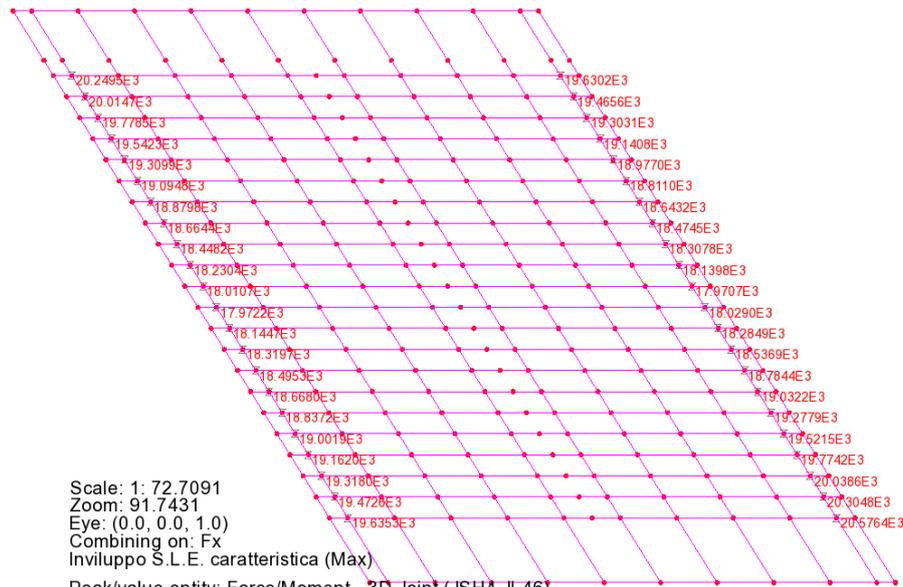
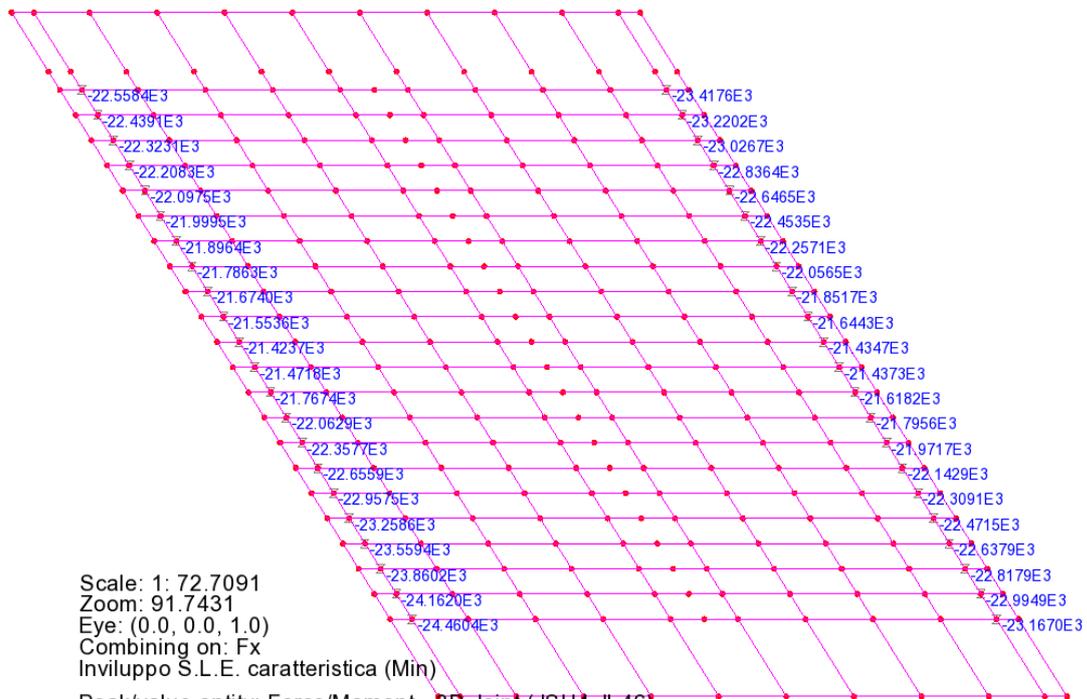


Tabella 6.36 Max/Min Fz Gk + Ed S.L.V.

S.L.E. caratteristico



Scale: 1: 72.7091
Zoom: 91.7431
Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
Combining on: Fx
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)
Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)
Peak/value component: Fx (Units: N)
Peak range(%): 100.0
Peak/value maximum 20.5764E3 at node 3
Peak/value minimum 17.9707E3 at node 51

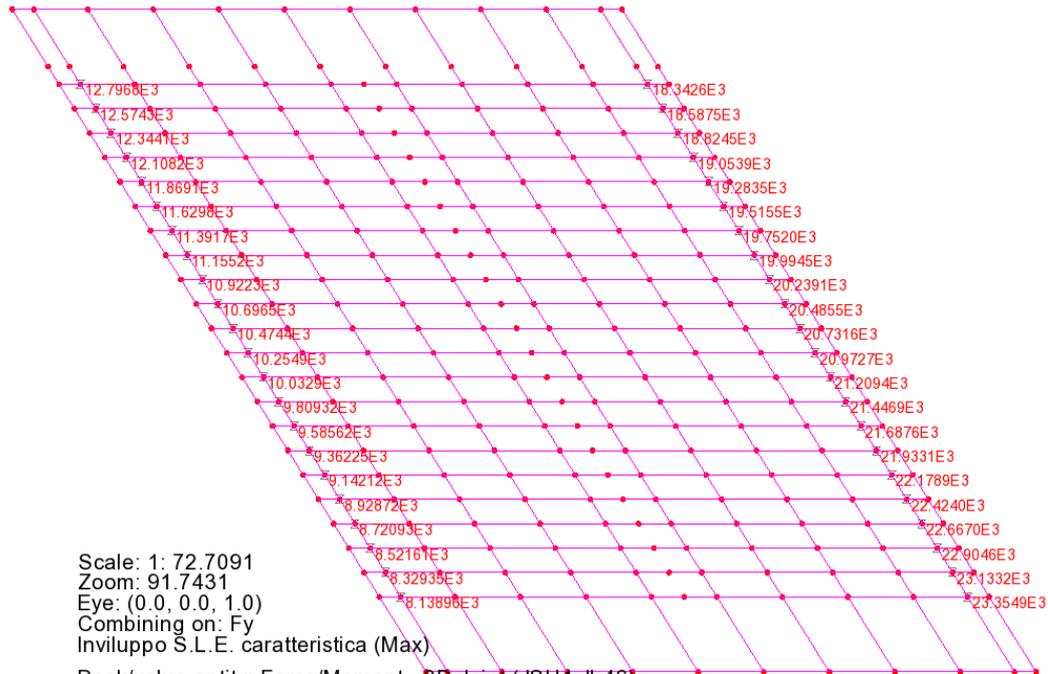


Scale: 1: 72.7091
Zoom: 91.7431
Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
Combining on: Fx
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)
Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)
Peak/value component: Fx (Units: N)
Peak range(%): 100.0
Peak/value maximum -21.4237E3 at node 49
Peak/value minimum -24.4604E3 at node 1

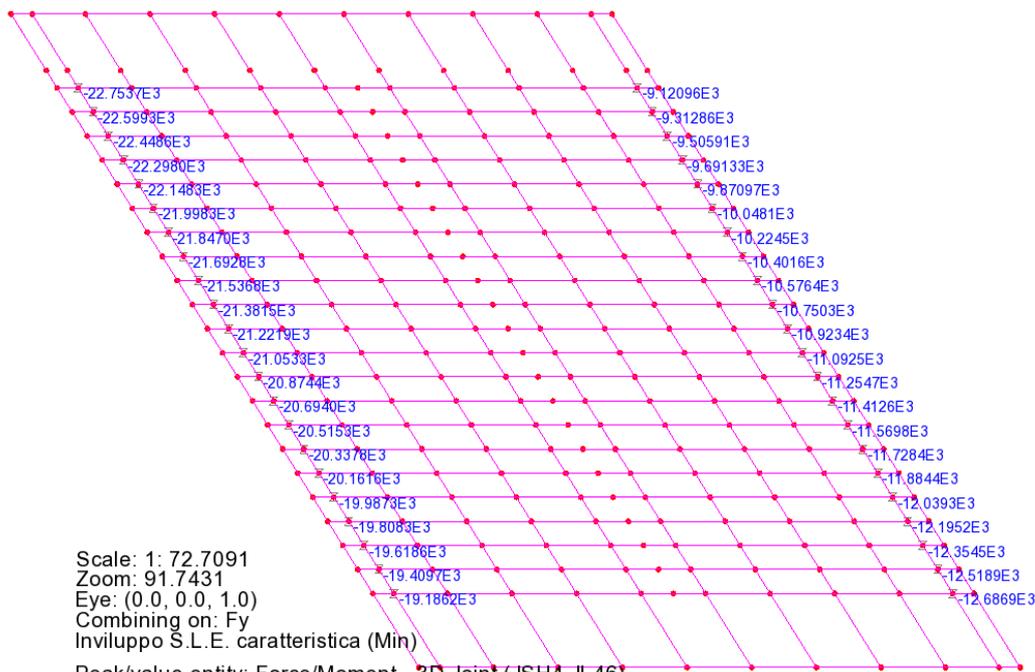
Tabella 6.37 Max/Min Fx S.L.E. caratteristico

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	123 di 128



Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)
Peak/value component: Fy (Units: N)
Peak range(%): 100.0
Peak/value maximum 23.3549E3 at node 3
Peak/value minimum 8.13896E3 at node 1



Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)
Peak/value component: Fy (Units: N)
Peak range(%): 100.0
Peak/value maximum -9.12096E3 at node 91
Peak/value minimum -22.7537E3 at node 89

Tabella 6.38 Max/Min Fy S.L.E. caratteristico

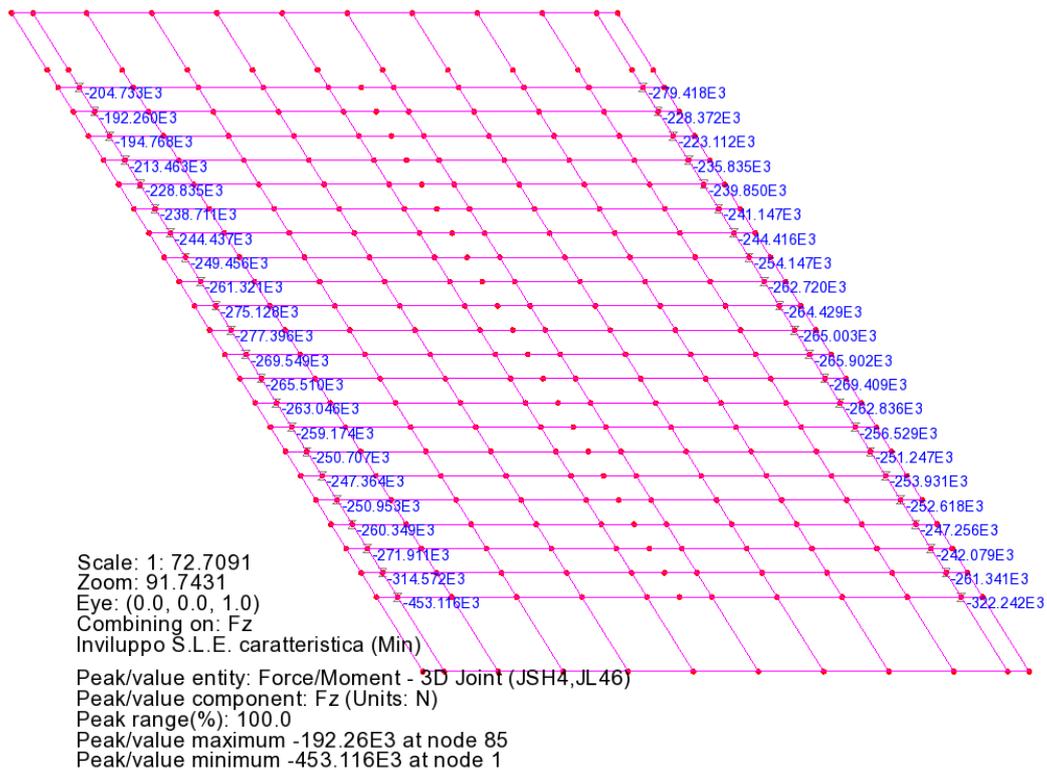
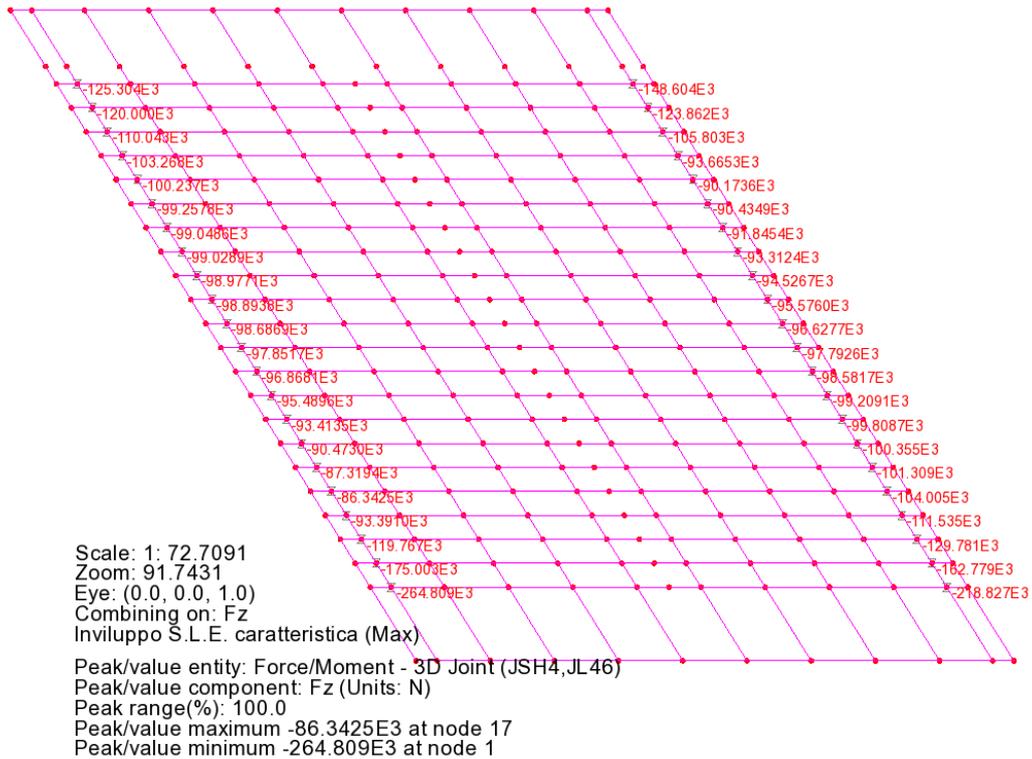


Tabella 6.39 Max/Min Fz S.L.E. caratteristico

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL 02 00 001	REV. A

Come si può notare dall'esame delle immagini, la distribuzione delle sollecitazioni sui vari dispositivi risulta sbilanciata verso le estremità, in particolare dove sono presenti le barriere di altezza maggiore.

In tabella si riportano i valori estremi rilevati per ciascuno stato limite (valori coincidenti con quelli mostrati nelle figure precedenti).

Valori massimi agli appoggi (kN)						
	Max Fx	Min Fx	Max Fy	Min Fy	Max Fz	Min Fz
S.L.U.	30	-35	34	-33	-84	-626
Gk+Ed SLV	62	-64	64	-64	-75	-449
S.L.E.	20	-24	23	-22	-86	-453

Tabella 6.40 Valori massimi agli appoggi

In favore di sicurezza si combinano la massime azioni in valore assoluto di Fx ed Fy dando luogo ad un taglio $V=(F_x^2+F_y^2)^{0.5}= 90.50$ kN inferiore al valore di resistenza del dispositivo scelto pari a 104 kN

La sicurezza è garantita anche per i carichi verticali dove il massimo valore assoluto allo SLU di Fz è pari a 626 kN contro una resistenza di 2900 kN e quello allo SLE è pari a 453 kN contro una resistenza di 2000 kN.

6.7.2 Escursioni appoggi

Le massime/minime escursioni agli appoggi vengono dedotte direttamente dalla sollecitazione, applicando la rigidezza del dispositivo, pari a $1.9e6$ N/m nelle due direzioni.

La tabella seguente riporta il calcolo, condotto per i dispositivi sede delle maggiori sollecitazioni/deformazioni.

Deformazioni orizzontali massime appoggi (mm)				
	Max δ_x	Min δ_x	Max δ_y	Min δ_y
S.L.U.	15.8	-18.4	17.9	-17.4
Ed SLV	32.6	-33.7	33.7	-33.7
S.L.E.	10.5	-12.6	12.1	-11.6

Tabella 6.41 Massime deformazioni agli appoggi

6.7.3 Rotazioni agli appoggi

La figura seguente riporta, per gli involucri S.L.U. e S.L.E. i valori estremi delle massime//minime rotazioni rilevate in corrispondenza dei dispositivi di vincolo. Il sistema di riferimento impiegato per i joints dei dispositivi di vincolo prevede rotazioni "positive" se rivolte verso l'interno luce.

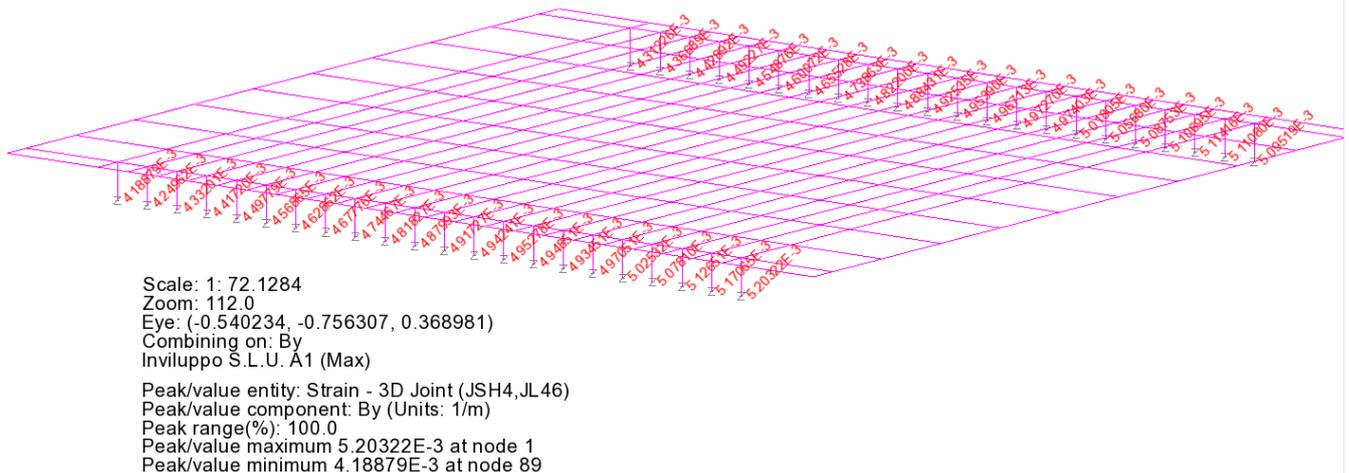


Figura 6.45 Rotazione appoggi - S.L.U.

Le rotazioni più impegnative si rilevano in corrispondenza del nodo 1, con:

$$\theta_{\max} = 5.20 \text{ e-}3 \text{ rad} < 0.01 \text{ rad}$$

Le rotazioni risultano pertanto ampiamente tollerabili da parte dei dispositivi prescelti.

6.8 Giunti e varchi

6.8.1 Escursione giunti

Le deformazioni in corrispondenza dei giunti vengono “lette” direttamente dall’elaborazione F.E.M. predisponendo uno specifico elemento joint di rigidezza infinitesima alla quota estradosso struttura, assunta come quota piano di posa giunto.

La valutazione dell’escursione di progetto viene effettuata con riferimento a quanto contenuto nel MdP 2.5.2.1.5.1., valutando l’escursione totale complessiva come somma dei seguenti contributi:

$$E_L = k_1 \times (E_1 + E_2 + E_3)$$

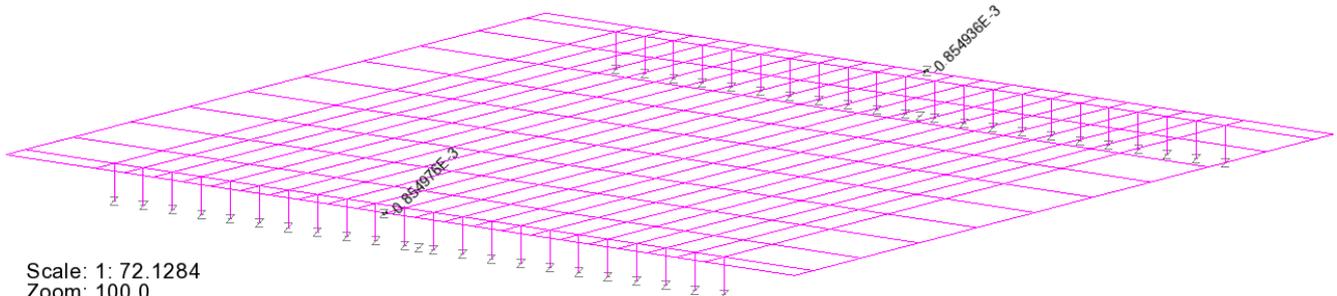
Con:

E1 = spostamenti di origine termica

E2 = spostamenti dovuti all’azione sismica

E3 = spostamenti dovuti al movimento relativo di strutture non collegate

La figura seguente riporta la valutazione dello spostamento termico e sismico (condizione sisma SLV) a quota giunto, dedotto dall’analisi FEM.

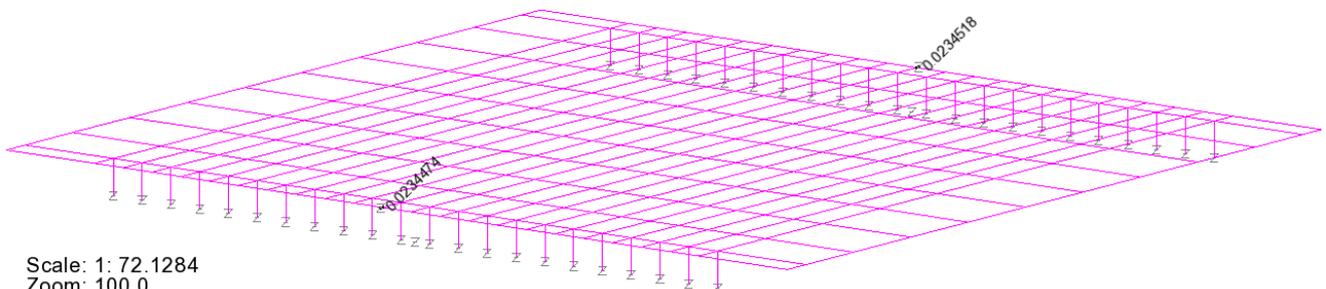


Scale: 1: 72.1284
Zoom: 100.0
Eye: (-0.540234, -0.756307, 0.368981)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 03_fase3
Loadcase: 51:Tk
Results file: SL02_impalcato_rev4~03_fase3.mys
Peak/value entity: Strain - 3D Joint (JSH4,JL46)
Peak/value component: Ex (Units: m)
Peak range(%): 100.0
Peak/value maximum 0.0 at Gauss point 1 of element 24
Peak/value minimum -0.854976E-3 at Gauss point 1 of element 367

Figura 6.46 Escursione giunti Dt

In osservanza a quanto previsto dal MdP, lo spostamento termico di progetto Dt verrà calcolato amplificando del 50 % lo spostamento di origine termica:

$$D_t = 1.5 \times 0.85 = 1.27 \text{ mm}$$



Scale: 1: 72.1284
Zoom: 100.0
Eye: (-0.540234, -0.756307, 0.368981)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLV_Se
Loadcase: 289:SLV_lg
Peak/value entity: Strain - 3D Joint (JSH4,JL46)
Peak/value component: Ex (Units: m)
Peak range(%): 100.0
Peak/value maximum 0.0253797 at Gauss point 1 of element 2
Peak/value minimum 0.0 at Gauss point 1 of element 24

Figura 6.47 Escursione giunti - sisma SLV

$$d_{ed} = 23.4 \text{ mm}$$

Per quanto riguarda il contributo E3, lo spostamento sismico assoluto della spalla risulta dalla formula:

$$d_g = 0.025 a_g S_c T_c T_d = 0.025 \times 0.201 \times 10 \times 1.2 \times 0.396 \times 2.404 = 57 \text{ mm}$$

Ipotizzando identiche caratteristiche orografiche tra i due punti, si ha:

$$d_{i,j \text{ max}} = 1.25 \times (2 \times 57^2)^{0.5} = 100.76 \text{ mm}$$

Relazione di calcolo impalcato

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 02 00 001	A	128 di 128

Considerando $V_s = 360$ m/s, si ha, per suolo tipo B, e distanza tra le due spalle pari a 10.59 m (cfr. NTC2018 3.2.4.3):

$$d_{ij}(15) = d_{eg} 100.76 \times (3 \times 10.59 / 360) = 8.89 \text{ mm}$$

L'escursione complessiva totale risulta quindi:

$$E_L = 0.45 \times (2 \times 1.27 + 4 \times 23.4 \times 0.55 + 2 \times 12.59) = 32.31 \text{ mm}$$

Con riferimento al MdP, visto che $a_g < 0.25g$, l'escursione minima del giunto verrà valutata considerando il massimo tra il valore ora calcolato, ed i seguenti:

$$E_{L,\min} = 2.3 \times 10.59 / 1000 + 0.073 = 0.0973 \text{ m}$$

$$E_{L,\min} = 0.10 \text{ m}$$

La scelta delle caratteristiche prestazionali del giunto verrà pertanto effettuata con riferimento a quest'ultimo valore.

Si predisporrà pertanto un giunto caratterizzato da escursione complessiva +/- pari a 100 mm.

6.8.2 Ampiezza minima varco giunti

Con riferimento al MdP, 2.5.2.1.5.4, l'ampiezza di progetto del varco giunti verrà determinata con riferimento al valore minimo:

$$V = E_L / 2 + V_0 = 100 / 2 + 20 = 70 \text{ mm}$$

Dove $V_0 = 20$ mm

Si predisporre pertanto un varco maggiore di 70 mm

7 INCIDENZE

Impalcato

Incidenza armatura acciaio = 40 kg/mc