

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**

SL - SCATOLARI

**SL01 - Prolungamento sottopasso di Via Albere Sud
Relazione di calcolo impalcato laterale**

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 1 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: IN1A20D26CLSL0100001A

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	5
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	6
2.1	SOVRASTRUTTURA D'IMPALCATO.....	9
2.2	DISPOSITIVI DI VINCOLO.....	10
2.3	CONTESTUALIZZAZIONE DELL'OPERA E PARAMETRI CARATTERISTICI	10
2.3.1	<i>Vita nominale</i>	10
2.3.2	<i>Sismica</i>	11
2.3.3	<i>Parametri linea</i>	11
3	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO.....	12
3.1	RIFERIMENTI NORMATIVI	12
3.2	RIFERIMENTI DI PROGETTO.....	13
4	MATERIALI	13
4.1	CALCESTRUZZO	13
4.1.1	<i>Classi di resistenza e di esposizione</i>	13
4.1.2	<i>Copriferri</i>	13
4.2	ACCIAIO DA CEMENTO ARMATO.....	13
4.3	ACCIAIO DA CARPENTERIA.....	14
5	MODALITÀ DI CALCOLO E CONVENZIONI	14
5.1	SOFTWARE IMPIEGATO.....	14
5.2	MODALITÀ DI CALCOLO E VERIFICA	14
5.3	CONVENZIONI.....	14
6	IMPALCATO.....	15
6.1	MODALITÀ GENERALI DI CALCOLO E VERIFICA.....	15
6.1.1	<i>Implementazione condizioni di carico</i>	18

6.1.2	Carichi variabili da traffico (Q_k)	20
6.1.3	Azioni associate ai carichi mobili	21
6.1.4	Sismica	23
6.1.5	Combinazioni di carico	23
6.1.6	Verifiche	24
6.1.7	Esportazione delle sollecitazioni insistenti sulle spalle	25
6.2	ANALISI DEI CARICHI	27
6.2.1	Pesi propri (g_k)	27
6.2.2	Sovraccarichi permanenti	28
6.2.3	Azioni da traffico (Q_k)	29
6.2.4	Sovraccarico sui marciapiedi (q_f)	39
6.2.5	Azioni del vento (F_w)	39
6.2.6	Variazioni termiche (T_k)	42
6.2.7	Azioni sismiche (E)	43
6.2.8	Azioni eccezionali	47
6.2.9	Combinazioni di carico	49
6.3	ANALISI STRUTTURALE IMPALCATO	52
6.3.1	Modellazione F.E.M.	52
6.3.2	Principali risultati	56
6.4	VERIFICHE STRUTTURALI IMPALCATO	88
6.4.1	Verifica travi metalliche	88
6.4.2	Verifica solettone in c.a. in direzione trasversale	91
6.5	VERIFICHE PER COMBINAZIONI ECCEZIONALI	102
6.5.1	Deragliamenti	102
6.5.2	Urto sotto l'impalcato	104
6.6	VERIFICHE DI DEFORMABILITÀ	105

Relazione di calcolo impalcato laterale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	4 di 122

6.6.1	<i>Frecce verticali</i>	105
6.7	DISPOSITIVI DI VINCOLO.....	107
6.7.1	<i>Portate</i>	108
6.7.2	<i>Escursioni appoggi</i>	118
6.7.3	<i>Rotazioni agli appoggi</i>	119
6.8	GIUNTE E VARCHI.....	120
6.8.1	<i>Escursione giunti</i>	120
6.8.2	<i>Ampiezza minima varco giunti</i>	122
7	INCIDENZE.....	122

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 Albere Sud.

Nell'intorno del centro di riparazione treni IMC di Verona S. Lucia, è ubicata l'attuale opera di sottovia della linea storica lungo via Albere Sud, realizzata con due impalcati a travi incorporate su cui sono alloggiati rispettivamente 4 e 2 binari.

L'opera si presenta in obliquo rispetto alla linea con una inclinazione di circa 38°.



Figura 2.1 Vista aerea dell'opera

L'intervento in progetto è collocato in corrispondenza della progressiva chilometrica 154+705 della linea AC/AV.

Si tratta di un ponte disposto a nord dell'interferenza attuale del tracciato della linea ferroviaria con Via Albere Sud. La quota di realizzazione dell'impalcato è in affiancamento al vecchio impalcato di cui viene a costituire un allargamento.

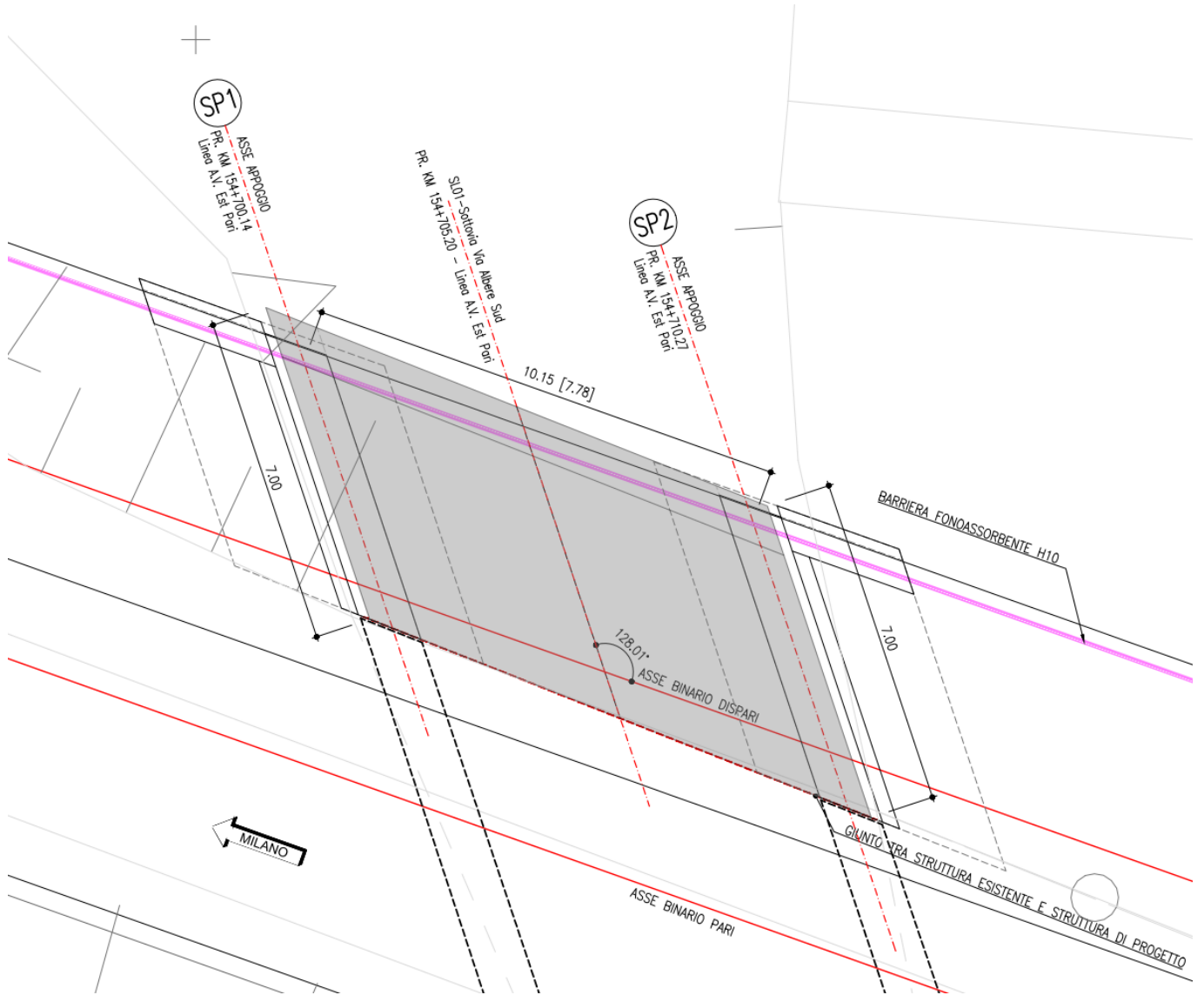
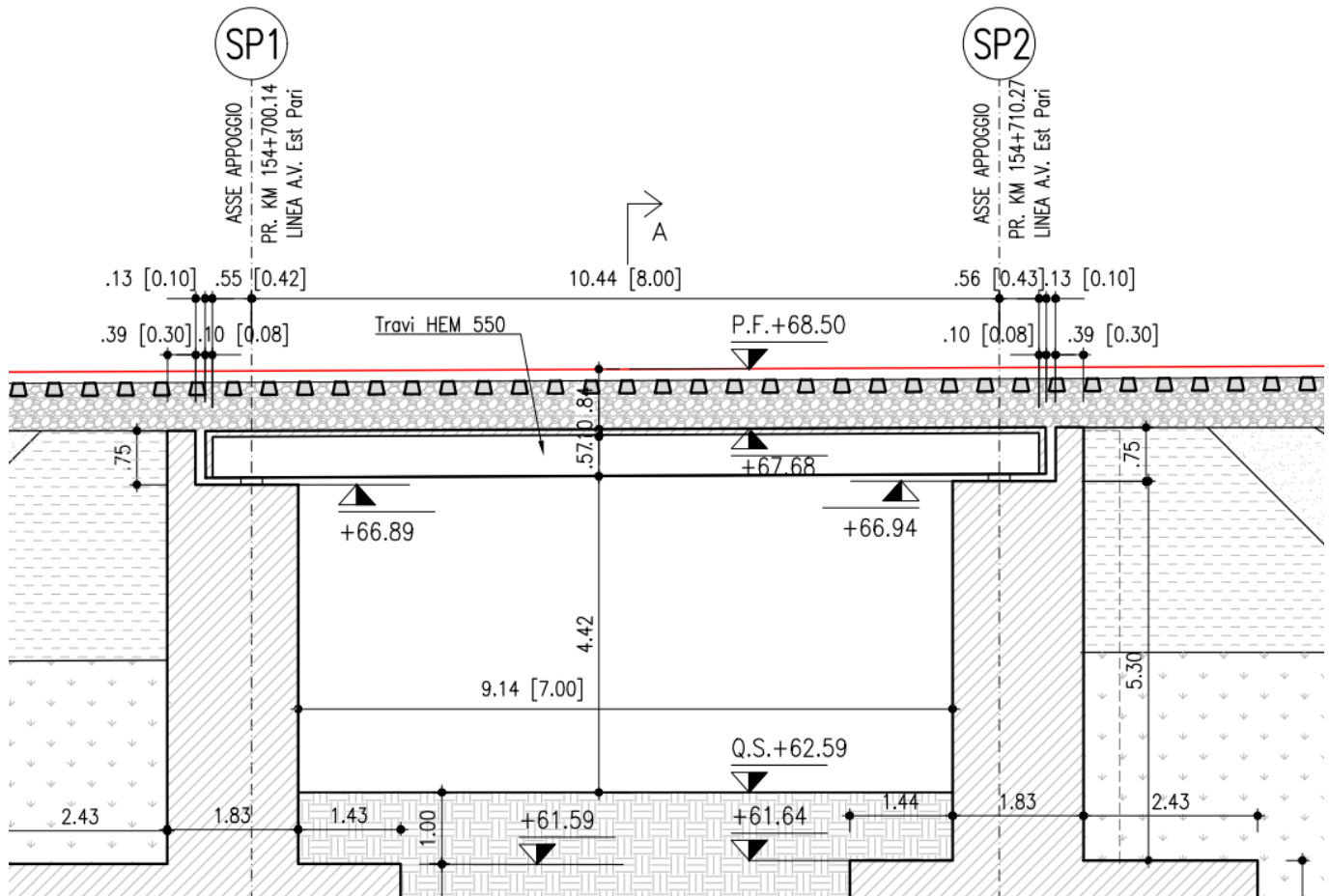


Figura 2.2 Planimetria stato di progetto


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. 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 soletto in c.a. a travi incorporate, con luce libera tra gli appoggi in asse binario pari a 10.44 m circa e larghezza in direzione ortogonale all'asse travata variabile fra 5.19 e 5.44 m, a causa di una leggera inclinazione fra asse binario ed asse travata. Tale larghezza consente l'allargamento della sede ferroviaria con il parziale alloggiamento di un nuovo binario, del marciapiede e della barriera antirumore H10. I parametri identificativi del soletto (spessore c.a. e travi), sono riconducibili a quelli suggeriti dal MdP, cap. 2.9, avendo previsto:

Travi metalliche principali: n. 9 profili tipo HEM 550

Relazione di calcolo impalcato laterale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	10 di 122

Interasse travi metalliche: 0.51 m

Spessore minimo soletta: 0.65 m

Portata teorica (m)	Profilo	n. di travi	interasse (cm)	Hmax (cm)	h. travi (cm)	d. p.f.-s.trave (cm)	peso travi (daN/ml)
10.50 <L ≤11	HEA 600	12	42	71	59	154,3	2136
	HEA 650	9	57,7	76	64	159,3	1710
	HEB 600	11	46,2	72	60	155,3	2332
	HEM 550	10	51,3	69,2	57,2	152,5	2780

Tabella 2.1 - stralcio MdP, TAB. 2

Sul bordo sinistro dell'impalcato è presente uno sbalzo laterale di spessore pari all'impalcato, con aggetto pari a 62 cm, che alloggia una barriera di altezza H10, mentre sul lato destro lo sbalzo non è presente

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

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.

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:



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

Relazione di calcolo impalcato laterale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	11 di 122

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: 45.42536

Longitudine: 10.95706

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

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 Copriferrì

I copriferrì 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 copriferrì:

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 laterale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	14 di 122

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

- Fy azione tagliante agente nel piano orizzontale
- Fz azione tagliante agente nel piano verticale
- Mx momento torcente
- My momento flettente agente nel piano verticale
- Mz momento flettente agente nel piano orizzontale

Le verifiche dell'impalcato verranno eseguite esclusivamente con riferimento alle caratteristiche Fx, Fz, My, dal momento che risultano non significativi i contributi Fy, Mx ed Mz.

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 (Mf) in luogo di My
- V in luogo di Fz
- T in luogo di Mx

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.

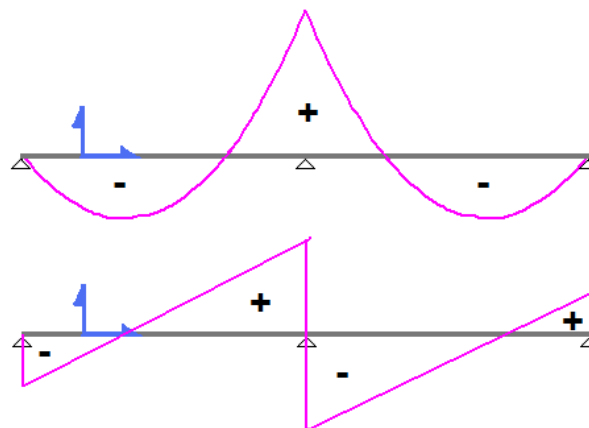


Figura 5.1: Azioni di trave: convenzione sui segni

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 rigidità 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 rigidità, 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.

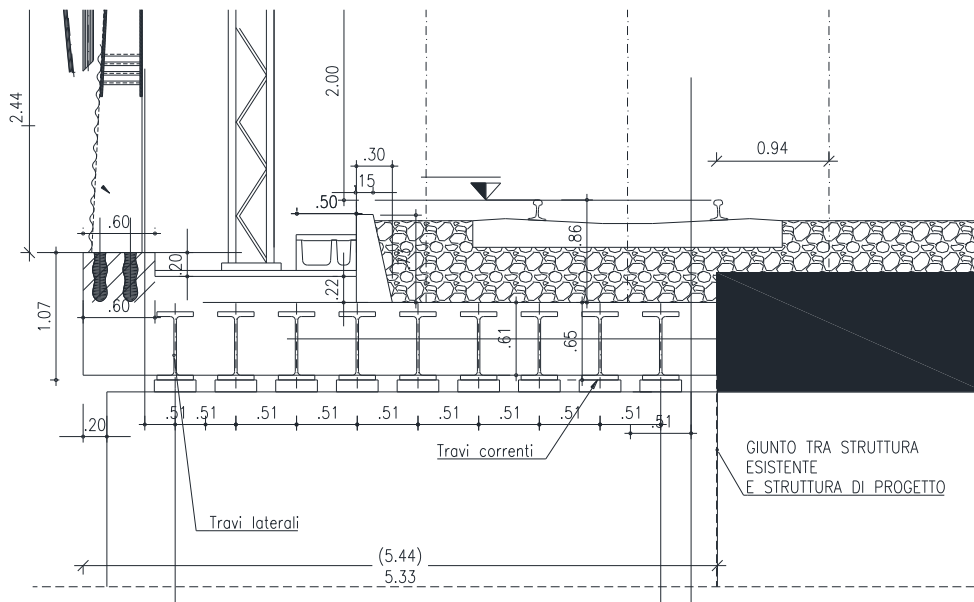
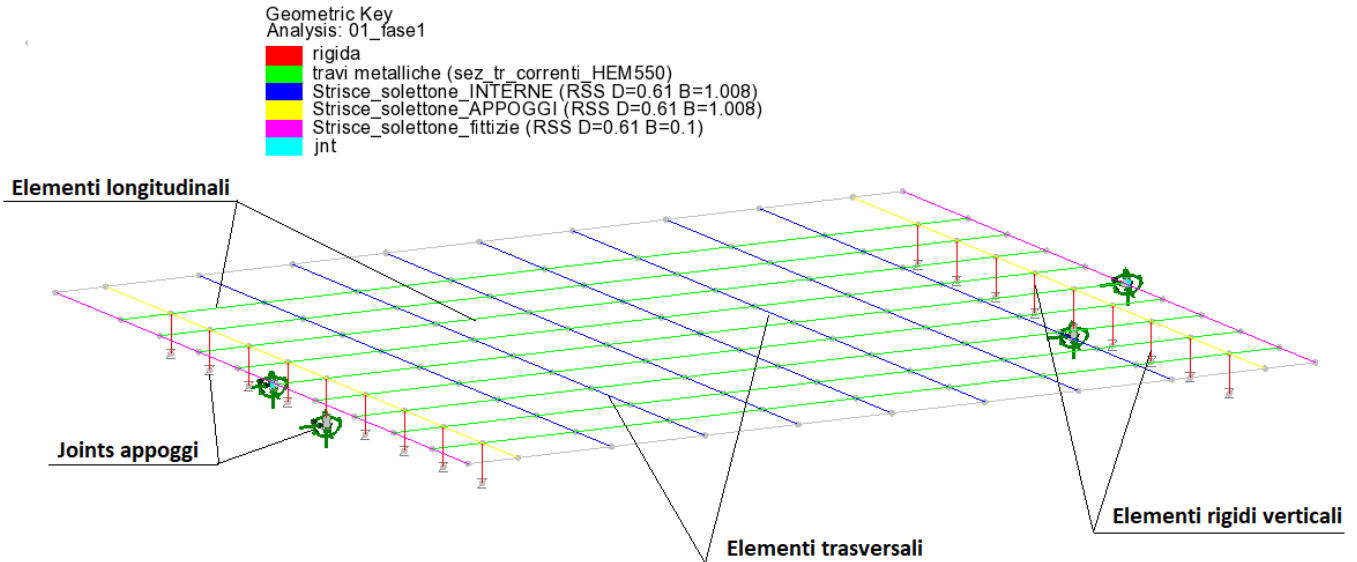


Figura 6.1 "Suddivisione elementi longitudinali"


Figura 6.2 “mesh E.F.”

L’analisi strutturale verrà condotta sovrapponendo le sollecitazioni ricavate da analisi separate. La tabella seguente riassume 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	Statica lin.	Solo elementi metallici
	Peso getto calcestruzzo		
Fase2	Peso sbalzo/i laterale/i	Statica lin.	Elementi metallici+cls omogeneizzati (n ≅ 17.09) + elementi trasversali c.a.
	Sovraccarichi finiture		
	Sovraccarichi ballast		
Fase3	Carichi mobili e azioni associate	Statica lin.	Elementi metallici+cis omogeneizzati (n=6.30) + elementi trasversali c.a.
	Vento		
	Sovraccarico marciapiede		
	Variazioni termiche uniformi		
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”

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo impalcato laterale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	18 di 122

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 laterale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	19 di 122

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	
	paraballast sx	patch - superficie	
	Portacavi sx	patch - superficie	include contributo imperm.
	impermeabilizzazione zona ballast	patch - superficie	
	impermeabilizzazione zona marc. sx	patch - superficie	
	sovraspessore marc. sx	patch - superficie	
	Barriera fonoassorbente H10 sx	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. B - bin. 1	patch - superficie	
	LM71 - eff. verticale - ecc. NEG – pos. B - bin. 1	patch - superficie	
	LM71 - eff. verticale - ecc. POS – pos. C - bin. 1	patch - superficie	
	LM71 - eff. verticale - ecc. NEG – pos. C - bin. 1	patch - superficie	
	SW/2 - eff. verticale - bin. 1	patch - superficie	
	LM71 - Serpeggio (eff. Vert + Trv) – pos. A - bin. 1	patch - linea	
	LM71 - Serpeggio (eff. Vert + Trv) – pos. B - bin. 1	patch - linea	
	LM71 - Serpeggio (eff. Vert + Trv) – pos. C - bin. 1	patch - linea	
	SW/2 - Serpeggio (eff. Vert + Trv) – pos. A - bin. 1	patch - linea	
	SW/2 - Serpeggio (eff. Vert + Trv) – pos. B - bin. 1	patch - linea	
	SW/2 - Serpeggio (eff. Vert + Trv) – pos. C - bin. 1	patch - linea	
	LM71 - avvio (eff. Vert + Lg) - bin. 1	patch - superficie	
	LM71 - frenatura (eff. Vert + Lg) - bin. 1	patch - superficie	
	SW/2 - avvio (eff. Vert + Lg) - bin. 1	patch - superficie	
	SW/2 - frenatura (eff. Vert + Lg) - bin. 1	patch - superficie	

Loadset	Loadcase	tipo carico	note
	Sovracc. Marciapiede	patch – superficie	
Vento - Fw			
	Fw - vento (eff. Vert + Trv) a ponte scarico	patch - superficie	
	Fw - vento (eff. Vert + Trv) a ponte carico	patch - superficie	
Var. term. Unif. Tk			
	Tk - variazioni termiche uniformi	Thermal - element	
Deragliament			
	Deragliamento-caso2	patch - superficie	

Tabella 6.2 “Condizioni di carico esaminate”

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.

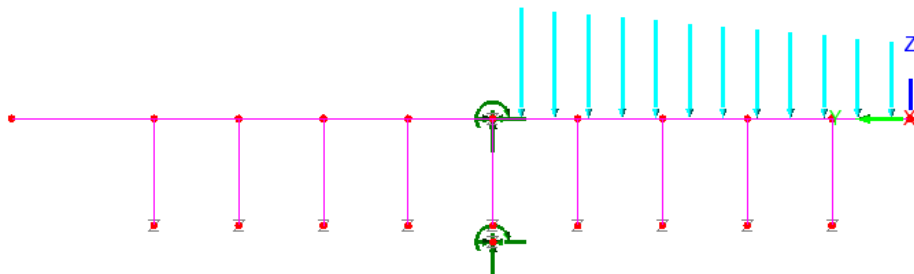


Figura 6.3 "Distribuzione pressioni dovute ai carichi mobili" in sezione trasversale

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.

6.1.3.2 Azioni centrifughe

Non sono presenti azioni centrifughe essendo il binario rettilineo.

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: 60.3672
 Zoom: 100.0
 Eye: (-0.483911, -0.734378, 0.47594)
 Linear/dynamic analysis
 Analysis: 03_fase3
 Loadcase: 13:serpeggio_POS_LM71_posA_binario1
 Results file: SL01_impalcato_rev6~03_fase3.mys

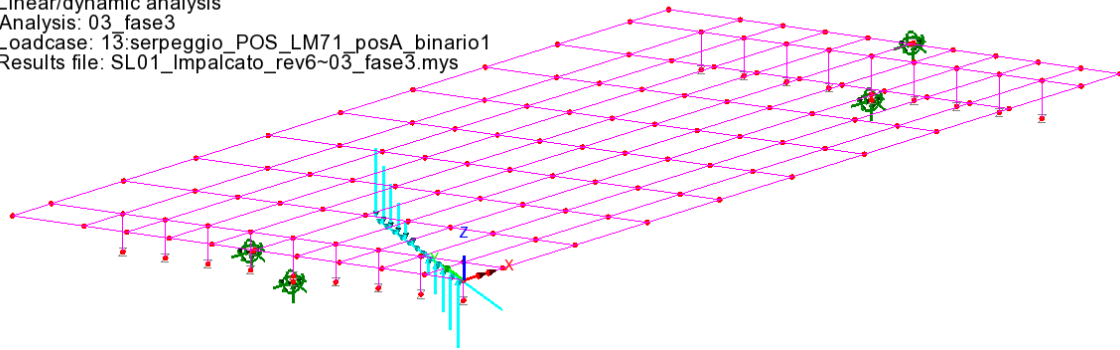


Figura 6.4 “Distribuzione pressioni indotte dall'azione di serpeggio”

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 binario.

Scale: 1: 61.935
 Zoom: 100.0
 Eye: (-0.357378, -0.729188, 0.58358)
 Linear/dynamic analysis
 Analysis: 03_fase3
 Loadcase: 20:LM71_frenatura_binario1
 Results file: SL01_impalcato_rev6~03_fase3.mys

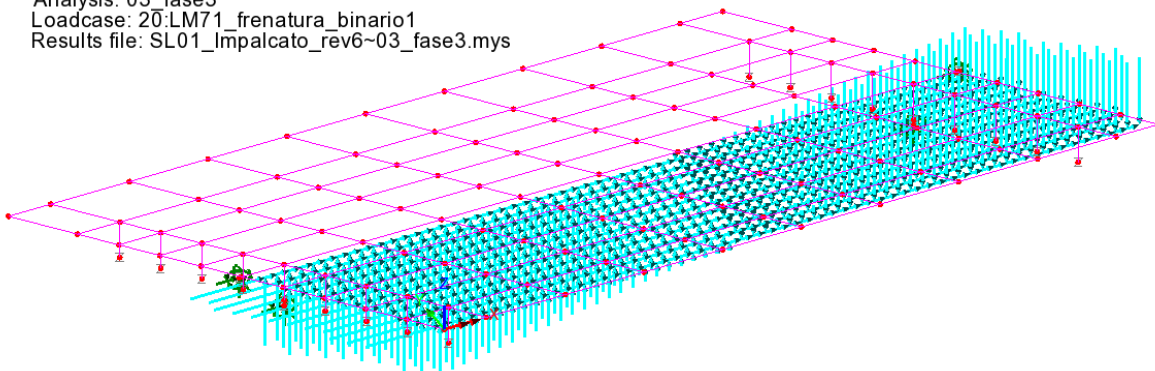


Figura 6.5 “Distribuzione pressioni indotte dall'azione orizzontale (avvio/frenatura)”

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.

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo impalcato laterale	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL 01 00 001	REV. A

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 sul binario. 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.

6.1.5 Combinazioni di carico

I singoli load cases riportati nella tabella precedente, vengono successivamente combinati attraverso combinazioni semplici e/o involuppi, 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 involuppi preliminari atti a combinare coerentemente i vari contributi insistenti sul binario e sul manufatto, le seguenti combinazioni di base:

S.L.U.	A1	Carichi mobili Qk dominanti
S.L.U.	A1	Vento Fw dominante
S.L.U.	A1	Termica Uni Tk dominante
S.L.E.	Caratteristica	Carichi mobili Qk dominanti
S.L.E.	Caratteristica	Vento Fw dominante
S.L.E.	Caratteristica	Termica Uni Tk dominante
S.L.E.	Frequente	Carichi mobili Qk dominanti
S.L.E.	Frequente	Termica Uni Tk dominante
S.L.E.	Quasi Permanente	
Gk + Ed	SLV	
Gk + Ed	SLD	

Tabella 6.3 "involuppi di progetto elaborati"

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo impalcato laterale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	24 di 122

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
- 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 involuppi:

Involuppo 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 (*))					
Involuppo 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 (*))					
Involuppo 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”

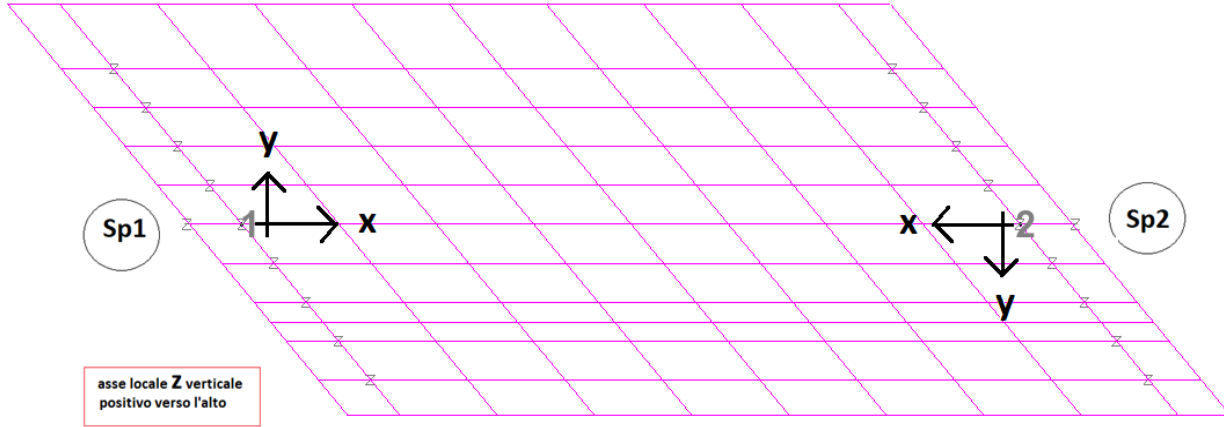


Figura 6.6 “Nodi e sistema di riferimento sollecitazioni su baricentro appoggi”

Combinazioni di Stato Limite Ultimo

INVILUPPI DI COMBINAZIONI	ELEMENT 1 (Spalla 1)						ELEMENT 2 (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]
132:inviluppo S.L.U. A1 (Max)(Fx)	301807	-131019	-1816090	1051590	901127	12995	302004	-64338	-2014070	45492	62957	-23034
133:inviluppo S.L.U. A1 (Min)(Fx)	-342577	128880	-3118450	1720310	1419320	-30731	-342776	62198	-3478780	-1935460	-1652260	18431
132:inviluppo S.L.U. A1 (Max)(Fy)	-185798	230703	-2973370	2007620	1684490	-61318	110697	238640	-2889010	-2078490	-1712070	-58258
133:inviluppo S.L.U. A1 (Min)(Fy)	139543	-233404	-3382310	2739350	2291780	38069	-156922	-241242	-3492430	-701709	-624423	54330
132:inviluppo S.L.U. A1 (Max)(Fz)	-24674	113765	-1171220	-774363	-642357	187	-611	109688	-1180940	-35967	-21026	-703
133:inviluppo S.L.U. A1 (Min)(Fz)	-301969	-70341	-3587130	2870200	2371040	-35073	-326200	-148542	-3600560	-1244460	-1088760	19286
132:inviluppo S.L.U. A1 (Max)(Mx)	-161066	-171397	-3345470	3275250	2716350	-1968	1307	-110377	-1526260	1223950	1017360	-7053
133:inviluppo S.L.U. A1 (Min)(Mx)	-25674	113714	-1304800	-987222	-820979	925	-185583	155786	-3199730	-2271400	-1910440	-17126
132:inviluppo S.L.U. A1 (Max)(My)	-159178	-171397	-3159340	3275240	2716530	-1968	3196	-110377	-1340030	1223940	1017540	-7053
133:inviluppo S.L.U. A1 (Min)(My)	-27562	113714	-1490930	-987211	-821158	925	-187471	155786	-3385960	-2271390	-1910610	-17126
132:inviluppo S.L.U. A1 (Max)(Mz)	269143	5546	-1919120	189356	186186	53970	-181035	-109162	-3141210	-1841760	-1571880	59576
133:inviluppo S.L.U. A1 (Min)(Mz)	-156722	-38509	-2983300	2573270	2139210	-72316	293723	73719	-2319360	86150	107806	-63783

Combinazioni sismiche SLV

INVILUPPI DI COMBINAZIONI	ELEMENT 1 (Spalla 1)						ELEMENT 2 (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]
169:Gk + Ed_SLV (Max)(Fx)	488723	517628	-1040710	152635	93635	46431	488903	450325	-1049330	881509	714056	44034
170:Gk + Ed_SLV (Min)(Fx)	-509198	-518263	-1323260	-672341	-531595	-46590	-509379	-450960	-1334940	55340	69546	-50504
169:Gk + Ed_SLV (Max)(Fy)	461534	543769	-1031940	166700	90228	47910	475536	450326	-1049330	881004	712296	44041
170:Gk + Ed_SLV (Min)(Fy)	-482009	-544404	-1332030	-686406	-528188	-48069	-496012	-450961	-1334940	55845	71306	-50511
169:Gk + Ed_SLV (Max)(Fz)	461534	543769	-1031940	166700	90228	47910	475109	448891	-1040290	886666	706826	45909
170:Gk + Ed_SLV (Min)(Fz)	-482009	-544404	-1332030	-686406	-528188	-48069	-495585	-449526	-1343980	50184	76776	-52379
169:Gk + Ed_SLV (Max)(Mx)	474901	543768	-1031940	167205	91988	47903	475109	448891	-1040290	886666	706826	45909
170:Gk + Ed_SLV (Min)(Mx)	-495375	-544402	-1332030	-686911	-529948	-48062	-495585	-449526	-1343980	50184	76776	-52379
169:Gk + Ed_SLV (Max)(My)	488723	517628	-1040710	152635	93635	46431	488903	450325	-1049330	881509	714056	44034
170:Gk + Ed_SLV (Min)(My)	-509198	-518263	-1323260	-672341	-531595	-46590	-509379	-450960	-1334940	55340	69546	-50504
169:Gk + Ed_SLV (Max)(Mz)	461534	543769	-1031940	166700	90228	47910	461742	448892	-1040290	886161	705066	45916
170:Gk + Ed_SLV (Min)(Mz)	-482009	-544404	-1332030	-686406	-528188	-48069	-482218	-449527	-1343980	50689	78536	-52386

Combinazioni SLE caratteristiche (rare)

INVILUPPI DI COMBINAZIONI	ELEMENT 1 (Spalla 1)						ELEMENT 2 (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]
134.inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)(Fx)	204656	-88883	-1619150	637492	547653	8941	204792	-42952	-1758840	169773	159260	-16854
135.inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)(Fx)	-236451	87305	-2204540	1139570	939397	-20976	-236589	41374	-2453650	-1270020	-1085310	12411
134.inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)(Fy)	-131004	157433	-2417570	1311020	1099610	-42317	73475	162964	-2362550	-1281100	-1053390	-41217
135.inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)(Fy)	95426	-159399	-2386220	1828160	1529390	26479	-109032	-164861	-2462750	-433105	-387959	37239
134.inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)(Fz)	-19861	75738	-1174810	-602860	-501231	98	-3820	73020	-1184670	132163	116583	-1547
135.inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)(Fz)	-209065	-46942	-2527480	1918390	1584050	-23963	-225223	-100930	-2537330	-807395	-708120	13070
134.inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)(Mx)	-112581	-116671	-2452940	2050940	1699010	-623	-615	-73656	-1199600	805292	669131	-4931
135.inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)(Mx)	-19861	75738	-1174810	-602860	-501231	98	-130171	105882	-2483910	-1329130	-1118830	-12990
134.inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)(My)	-112581	-116671	-2452940	2050940	1699010	-623	-615	-73656	-1199600	805292	669131	-4931
135.inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)(My)	-19861	75738	-1174810	-602860	-501231	98	-130171	105882	-2483910	-1329130	-1118830	-12990
134.inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)(Mz)	183438	2188	-1598380	203847	189486	36683	-127035	-76841	-2443550	-1032830	-885346	39908
135.inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)(Mz)	-109584	-25024	-2203160	1566820	1300980	-49139	201072	52295	-1746670	25243	45664	-44078

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 (m2)	V(gk1) (N/m)	T(gk1) Nm/m
gk1'-travi HEM550	3.54E-02	-2781.89	
gk1'' Cls - travi correnti	2.88E-01	-7197.55	
gk1''' Cls - sbalzo dx	1.34E-01	-3355.00	1241.35
gk1''' Cls - sbalzo sx	3.42E-01	-8540.00	-4782.40

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 (incluso 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).

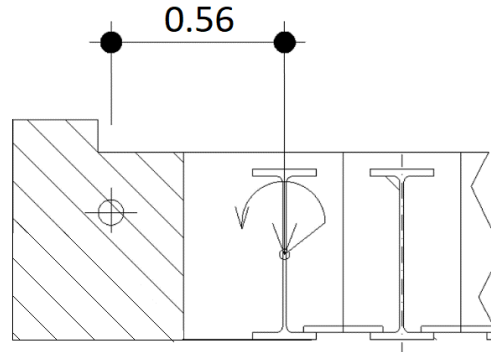


Figura 6.7 Carichi indotti dallo sbalzo laterale

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/m^2) 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).

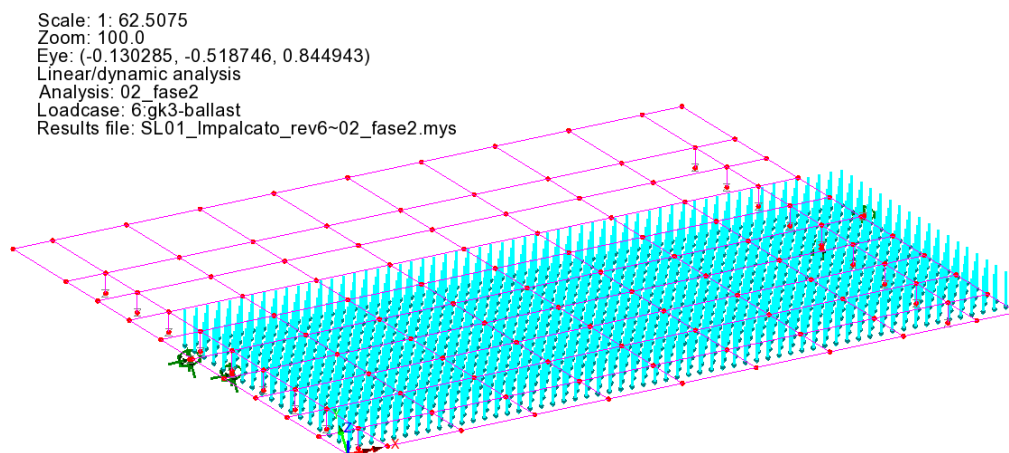


Figura 6.8 Sistema di riferimento e numerazioni spigoli patch

Relazione di calcolo impalcato laterale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	29 di 122

Sovraccarichi permanenti gk2	Vgk2(N/mq)	x1dx	y1dx	x2dx	y2dx	x1sx	y1sx	x2sx	y2sx
cordolo sx	-5000	-4.042	4.84	7.80	4.84	-4.54	5.44	7.30	5.44
paraballast sx	-14062.5	-2.365	2.84	9.48	2.84	-2.61	3.14	9.23	3.14
portacavi+imperm (sx)	-9200	-2.62	3.14	9.22	3.14	-3.03	3.64	8.81	3.64
imperm zona ballast	-1200	0.00	0.00	11.84	0.00	-2.36	2.84	9.48	2.84
imperm marc. sx	-1200	-3.03	3.64	8.81	3.64	-4.04	4.84	7.80	4.84
ballast (γ nom 20)	-16000	0.00	0.00	11.84	0.00	-2.36	2.84	9.48	2.84
barriera H10_dx	-40000	-4.042	4.84	7.80	4.84	7.30	5.44	19.14	5.44
Sovraspessore marc. sx	-5500	-2.62	3.14	9.22	3.14	-4.54	5.44	7.30	5.44

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'installazione, in fase futura, di una barriera di altezza 7.5 m (H10) sul lato sinistro del peso di 24 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)

Conformemente alle indicazioni contenute in NTC2018 5.2.2.1.1. integrate dal MdP, 2.5.1.3.2, viene assunto uno 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 il filo interno superiore del muretto paraballast sinistro e il bordo destro dell'impalcato in progetto, per una larghezza complessiva pari a 2.84 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.

Relazione di calcolo impalcato laterale

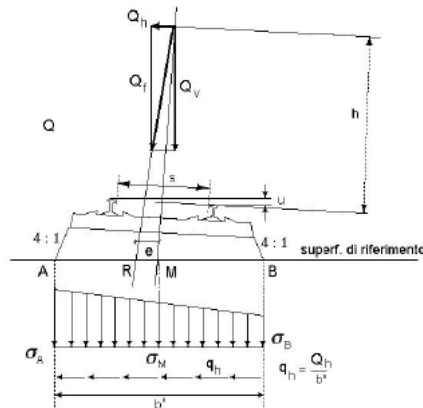
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	30 di 122

Parametri accessori		
num. Binari	1	
Altezza di calcolo impalcato (solettone cis)	0.61 m	riferita allo spessore medio del calcestruzzo
Larghezza traversa	2.6 m	
Distanza PF da estradosso	0.87 m	
Spessore Ballast sotto traversina	0.35 m	
Ampiezza distribuzione trv. a P.M. soletta netta	2.445 m	Ampiezza di distribuzione afferente al nuovo impalcato (si considerano i treni agenti interamente secondo questa distribuzione di carico)
Ampiezza distribuzione afferente su imp. Esistente	0.94	Ampiezza distribuzione afferente all'impalcato esistente
Ampiezza distribuzione trv. a P.M. soletta	3.385 m	Ampiezza distribuzione totale
Angolo asse binario	1.97 °	angolo corda rispetto asse travi
Eccentricità trasversale asse binario +/- (*)	0.08 m	
R - raggio di curvatura tracciato	1.00E+09 m	
Segno azione centrifuga (**)	-1.00	
V - Vmax di progetto	100 km/h	
Lφ - lunghezza l.d.i.	10.44 m	
f (LM71)	1.000	fattore riduzione az. Centrifuga

Tabella 6.7 Dati di base

6.2.3.1 Distribuzione delle pressioni indotte dai carichi mobili e dalle azioni associate

Gli effetti indotti dai carichi mobili verranno distribuiti al piano medio del manufatto, considerando le modalità di diffusione indicate da NTC2018 / MdP.


Figura 6.9 Pressioni indotte dal binario

Per semplicità, ed a favore di sicurezza perché di effetto sgravante, verrà trascurata, nei calcoli, la componente dovuta alla traslazione trasversale indotta dal sovrizzo.

6.2.3.2 Incremento dinamico

La valutazione del coefficiente di incremento dinamico viene effettuata secondo i criteri semplificati previsti da NTC2018 5.2.2.2.3, risultando $V = 100 \text{ km/h} < 200 \text{ km/h}$

Con riferimento pertanto ai seguenti parametri:

- Standard linea: ridotto

Relazione di calcolo impalcato laterale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	31 di 122

- $L\phi = L_{netta}$: 10.44 m

Si ottiene:

$\phi = \phi_3 = 2.16/(10.44^{0.5}-0.2) + 0.73 = 1.443$ formula 5.2.7 NTC2018

Relativamente all'applicabilità dell'approccio, si effettua la valutazione delle proprietà dinamiche della struttura.

Il calcolo della frequenza propria viene effettuato in prima battuta utilizzando l'espressione semplificata (formula 5.2.5) contenuta in NTC.

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:

$\delta_{gk} = 4.3$ mm valore medio

Si ha pertanto:

$n_0 = 17.75/(4.3)^{0.5} = 8.56$ 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.

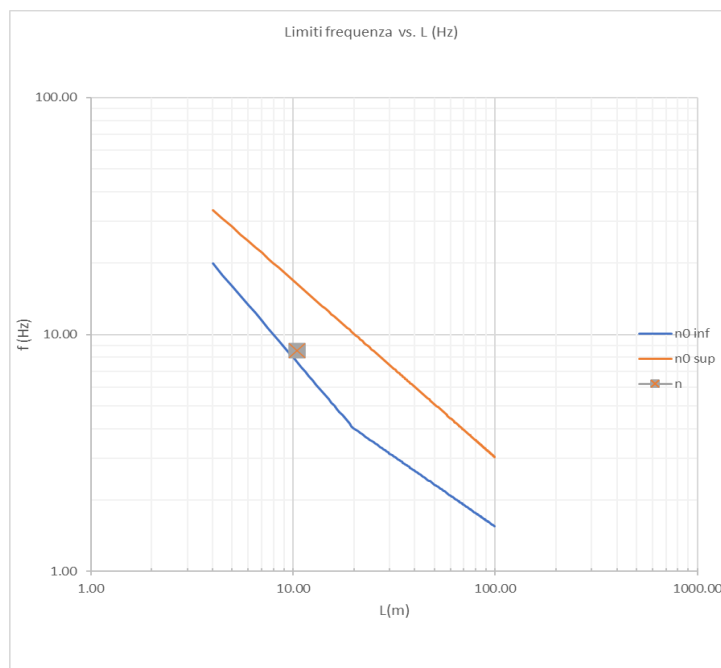


Figura 6.10 NTC 2018: fuso Freq. limite vs. $L\phi$

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. 6 (eminentemente flessionale) riporta:

$f = 8.16$ 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.

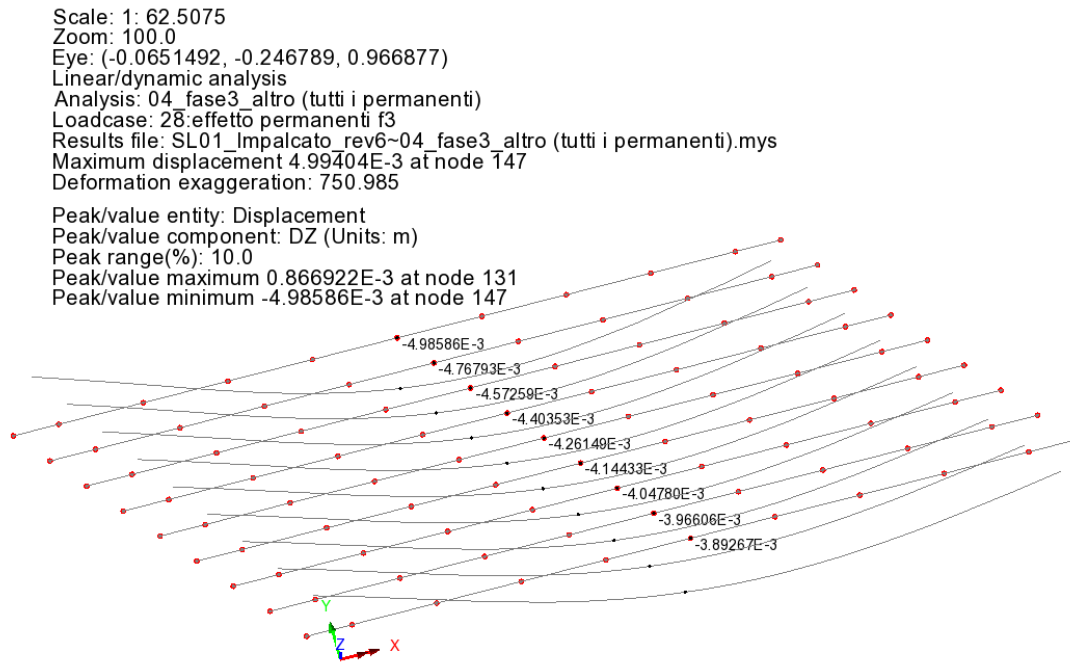
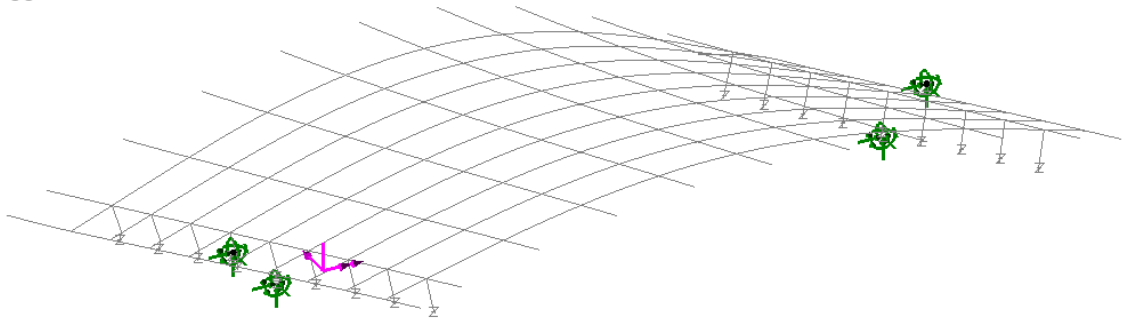


Figura 6.11 Freccia verticale pesi masse permanenti

La figura seguente riporta la forma modale n. 6, mentre nella tabella i fattori di partecipazione ricavati.

Modo 6 (verticale) $f = 8.16$ Hz

Eigenvalue analysis
 Analysis: 05_modale
 Loadcase: 29:masse, 29:Mode 6 Frequency = 8.15841
 Results file: SL01_impalcato_rev6~05_modale.mys
 Eigenvalue: 2.62767E3
 Natural frequency: 8.15841
 Error norm: 2.39075E-6
 Maximum displacement 4.08376E-3 at node 158
 Deformation exaggeration: 414.154


Figura 6.12 Analisi modale - modo n. 6

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	306.9	0.3891	0.3891	381.0	0.5997	0.5997	-0.9042	0.3378E-05	0.3378E-05
2	382.2	0.6037	0.9929	-309.5	0.3957	0.9954	0.1805	0.1346E-06	0.3513E-05
3	-41.38	0.7076E-02	1.000	-33.20	0.4556E-02	0.9999	-6.417	0.1701E-03	0.1737E-03
4	-2.397	0.2374E-04	1.000	-1.942	0.1558E-04	1.000	4.976	0.1023E-03	0.2760E-03
5	1.683	0.1170E-04	1.000	1.284	0.6807E-05	1.000	0.4732E-01	0.9252E-08	0.2760E-03
6	-0.5170E-01	0.1104E-07	1.000	0.9465	0.3702E-05	1.000	393.4	0.6395	0.6397
7	-0.3209	0.4255E-06	1.000	-2.653	0.2907E-04	1.000	76.29	0.2405E-01	0.6638
8	0.2625	0.2848E-06	1.000	0.2521E-01	0.2626E-08	1.000	-1.967	0.1598E-04	0.6638
9	0.6576E-01	0.1787E-07	1.000	0.3756E-01	0.5828E-08	1.000	62.25	0.1601E-01	0.6798
10	-0.2130	0.1875E-06	1.000	-0.3299E-02	0.4497E-10	1.000	38.98	0.6280E-02	0.6861

Tabella 6.8 Fattori di partecipazione an. Modale
6.2.3.3 Modelli di carico mobile

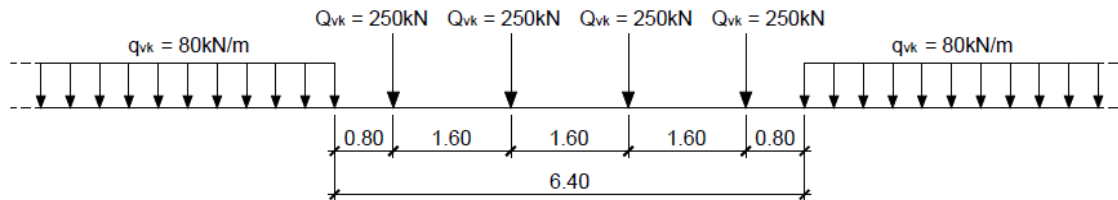
I modelli di carico mobile previsti da NTC2018 per lo schema statico in oggetto sono costituiti da:

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 6.13 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 $\alpha = 1.1$

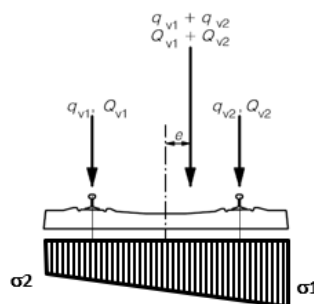
Gli effetti dell'eccentricità trasversale aggiuntiva $e = +/- 1435/18 = +/- 0.08 \text{ m}$

Gli effetti dell'incremento dinamico $\phi = 1.443$

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.

Effetti dei carichi verticali	q_v (kN/m)	m_x (kNm/m)	σ_N	σ_M	σ_1	σ_2
LM71_cle_dinam_POS	-247.95	-19.77	-101.41	-19.84	-121.25	-81.57
LM71_code_dinam_POS	-126.95	-10.12	-51.92	-10.16	-62.08	-41.76
LM71_cle_dinam_NEG	-247.95	19.77	-101.41	19.84	-81.57	-121.25
LM71_code_dinam_NEG	-126.95	10.12	-51.92	10.16	-41.76	-62.08

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

Figura 6.14 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.

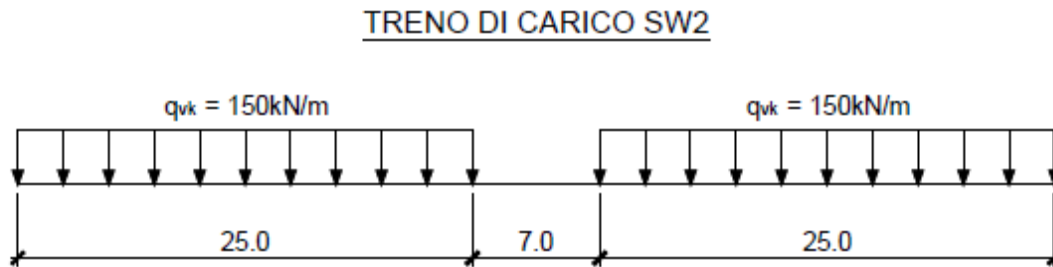


Figura 6.15 modello SW/2

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 $e = +/- 1435/18 = +/- 0.08 \text{ m}$

Gli effetti dell'incremento dinamico $\phi = 1.443$

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	-216.39	0.0	-88.50	0.00	-88.50	-88.50
SW/2_dinam_NEG	-216.39	0.0	-88.50	0.00	-88.50	-88.50

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

6.2.3.4 Azione centrifuga (qt)

L'azione centrifuga non è presente in questo caso essendo il binario rettilineo.

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 $100 \times \alpha \text{ kN}$.

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	-96.05	-96.05	96.05	44.99
Serpeggio_LM71_POS_effetto_vert							
Serpeggio_LM71_NEG_effetto_orizz	-110	95.7	0	96.05	96.05	-96.05	-44.99
Serpeggio_LM71_NEG_effetto_vert							

Tabella 6.11 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	-87.32	-87.32	87.32	40.90
Serpeggio_SW/2_POS_eff_vert							
Serpeggio_SW/2_NEG_eff_orizz	-100	87	0	87.32	87.32	-87.32	-40.90
Serpeggio_SW/2_NEG_eff_vert							

Tabella 6.12 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 (11.84 m).

Lunghezza stesa frenatura	11.84	m		
	Ql (kN)	My (kN)	σ_l	σ_M
Frenatura LM71_effetto_orizz	260.48		9.00	
Frenatura LM71_effetto_vert		226.62		3.97

Avvio LM71_effetto_orizz	429.79		14.85	
Avvio LM71_effetto_vert		373.92		6.55

Tabella 6.13 LM71 - frenatura / avvio

Lunghezza stesa frenatura	11.84	m		
	Ql (kN)	My (kN)	σ_l	σ_M
Frenatura SW/2_effetto_orizz	414.40		14.31	
Frenatura SW/2_effetto_vert		360.53		6.31
Avvio SW/2_effetto_orizz	390.72		13.50	
Avvio SW/2_effetto_vert		339.93		5.95

Tabella 6.14 SW/2 - frenatura/avvio

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

Il binario 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 mezzzeria 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 mezzzeria (l.d.i. di forma analoga a quella dell'abbassamento in mezzzeria)
- 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

Relazione di calcolo impalcato laterale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	38 di 122

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 la stesa posta 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.

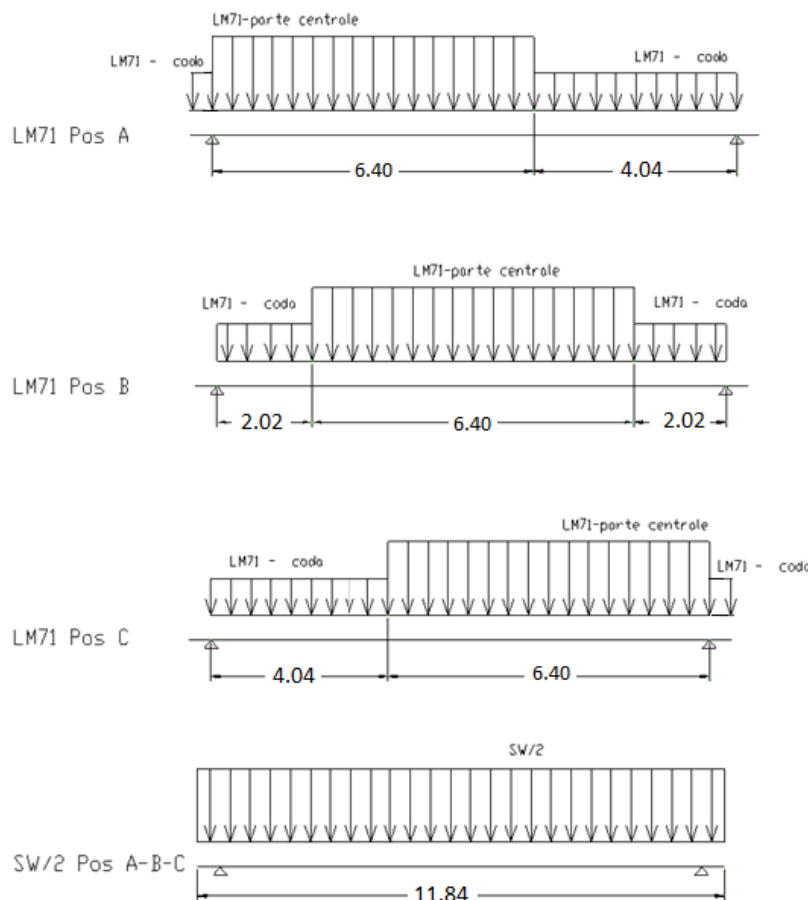


Figura 6.16 Configurazioni posizione carichi mobili

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo impalcato laterale	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL 01 00 001	REV. A

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.

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

6.2.3.9 Modalità di combinazione dei carichi sui binari

Gli effetti indotti dai modelli di carico LM71 e SW/2 (con le relative azioni associate) agenti sul binario verranno considerati trasversalmente, in favore di sicurezza, per intero sull'impalcato in progetto, fino al suo bordo destro, pur essendo una parte di essi in relata afferenti all'adiacente impalcato esistente, essendo il binario a cavallo tra impalcato nuovo (parte predominante) e impalcato esistente (parte minoritaria).

6.2.4 *Sovraccarico sui marciapiedi (qf)*

Ai soli fini delle verifiche locali dello sbalzo, si considererà la presenza di un sovraccarico uniformemente distribuito sul marciapiede di sinistra:

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

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 sinistro della sezione.

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.

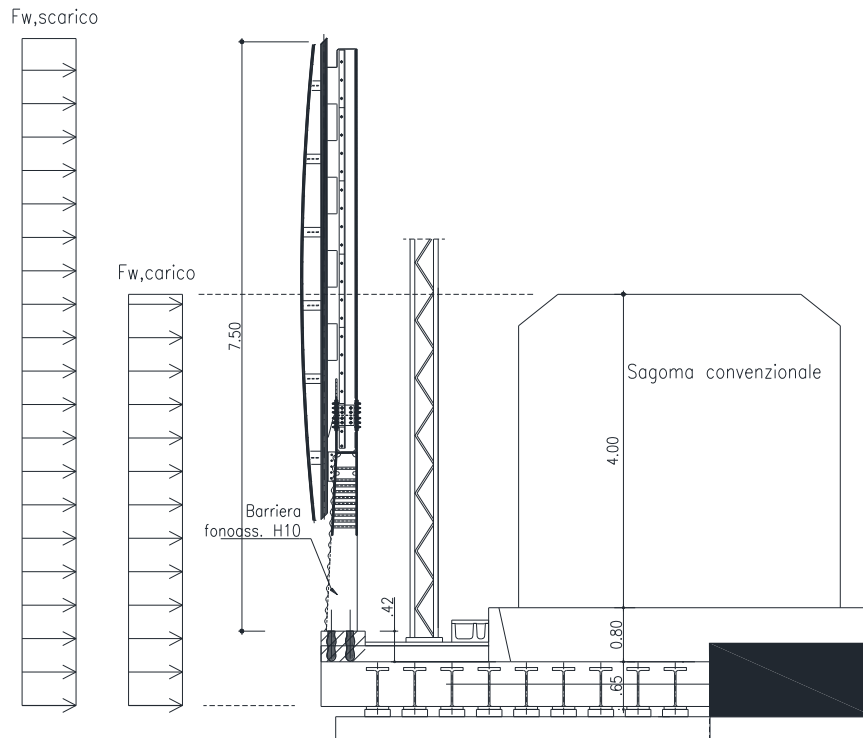


Figura 6.17 Vento su impalcato

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:

$$d_{\text{scarico}} = 0.65 + 0.22 + 0.2 + 7.5 = 8.57 \text{ m}$$

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:

$$d_{\text{carico}} = 0.65 + 0.8 + 4 = 5.45 \text{ m}$$

La quota del baricentro struttura, inteso come baricentro della superficie di prospetto, viene fissata a 4.5 m di quota.

La tabella seguente riporta il calcolo della pressione del vento per un'altezza totale di 8.57 m e di 5.45 m unitamente a tutti i parametri che concorrono alla loro definizione.

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

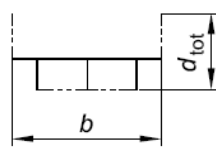
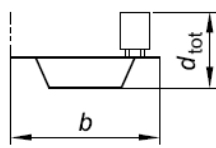
Calcolo parametri di base		Caratteristiche impalcato	
Categoria sito	IV I-II-III-IV-V (categorie secondo NAD EN 1991-1-4)	b_{imp}	5.44 m (cfr. figura)
Zona	1 UNI EN 1991-1-4	Z	4.50 m quota baricentro struttura da p.c.
a_s	59 m - quota sito	d_{sagoma}	4.00 (m) EN 1991-1-4 §8.1. (5) + NAD
v_{b0}	25 4.1.(1) P	$d_{scarico}$	8.57 (m) d_{rit} A ponte scarico (cfr. figura)
a_0	1000 m (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)	d_{carico}	5.45 (m) d_{rit} a ponte carico (cfr. figura)
k_a	0.01 1/s (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali)	ψ_0	0.60 coefficiente di combinazione (EN 1990)
v_{b0}	25 4.1.(1) P	$C_{fx, scarico}$	2.23 EN 1991-1-4 - cap. 8.3.1 fig. 8.3
v_b	26.6 velocità di base del vento	$C_{fx, carico}$	2.13
C_{dir}	1.00 4.2.(2) P - nota 2	$b/d_{scarico}$	0.63
C_{season}	1.00 4.2.(2) P - nota 3	b/d_{carico}	1.00
C_r	0.71 Coeff. Rugosità terreno (EN 1991-1-4 §4.3.2)	$f_{w, scarico}$	1537.62 (N/m ²)
C_{scd}	1.00 fattore di struttura	$f_{w, carico}$	1468.58 (N/m ²)
k_1	1.00 fattore di turbolenza (valore raccomandato N.A.D.)	f_{w}^{**}	1419.77 (N/m ²) (EN 1991-1-4 cap. 8.1 (4))
C_o	1.00 coeff. orografia EN 1991-1-4 §4.3.1 e Annex A3	$F_{w, scarico}$	13177.44 (N/m) Risultante a ponte scarico, car.
T_r	100 periodo di ritorno	$F_{w, carico}$	8003.75 (N/m) Ris. a ponte carico, car.
k_1	0.138	$\min(\psi_0 F_w ; F_w^{**})$	851.86 (N/m) Ris. a ponte scarico, comb. ($\min \psi_0 F_w ; F_w^{**}$)
n	1.000	Esempi di calcolo di dtot per impalcato con barriera e con sagoma stradale	
α_r	1.06	EN 1991-1-4 - figura 8.3	
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)		
$v_m(z)$	18.8 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.)		
$I_v(z)$	0.30 EN 1991-1-4 cap. 4.4 (4.7)		
$C_e(z)$	1.57 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9) => per deduzione		
$q_p(z)$	690.93 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9)		
v^{*}_b	25.00 EN 1991-1-4 §8.1 (4) + NAD		
$v^{**}_m(z)$	17.68 EN 1991-1-4 cap. 4.3.1 (4.3)		
$I^{**}_v(z)$	0.32 EN 1991-1-4 cap. 4.4 (4.7)		
$C_e^{**}(z)$	1.63 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9) => per deduzione		
$q^{**}_p(z)$	637.97 EN 1991-1-4 cap. 4.5 (4.9)		

Tabella 6.15 Pressione del vento per barriera h 7.5 m - azioni globali

A favore di sicurezza, viste le caratteristiche generali della struttura, nell'analisi globale verranno considerate le pressioni inerenti alla situazione di "ponte scarico" con barriera alta 7.5 m; per le verifiche locali dello sbalzo verranno presi in considerazione gli effetti del vento sulla barriera alta 7.5 m applicati in punta.

L'azione del vento viene applicata al modello per le verifiche globali 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:

$b_{imp} = 5.44$ m larghezza complessiva impalcato

$l_{imp} = 11.84$ m lunghezza complessiva impalcato

$\Delta h =$ eccentricità del punto di applicazione dell'azione del vento rispetto al piano di riferimento (8.57/2 – 0.65).

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

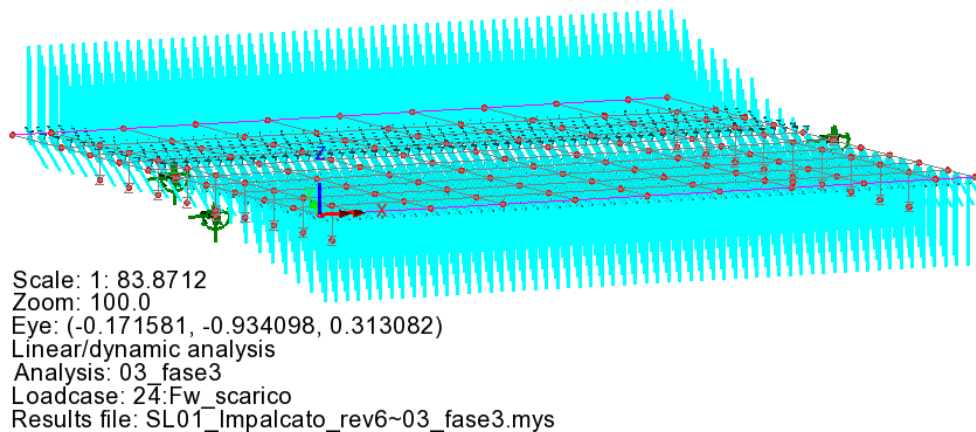


Figura 6.18 Implementazione carichi da vento

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 laterale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	43 di 122

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: 45.42536

Longitudine: 10.95706

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	2.513	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 6.16: "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; F_0 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 6.17 : "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.

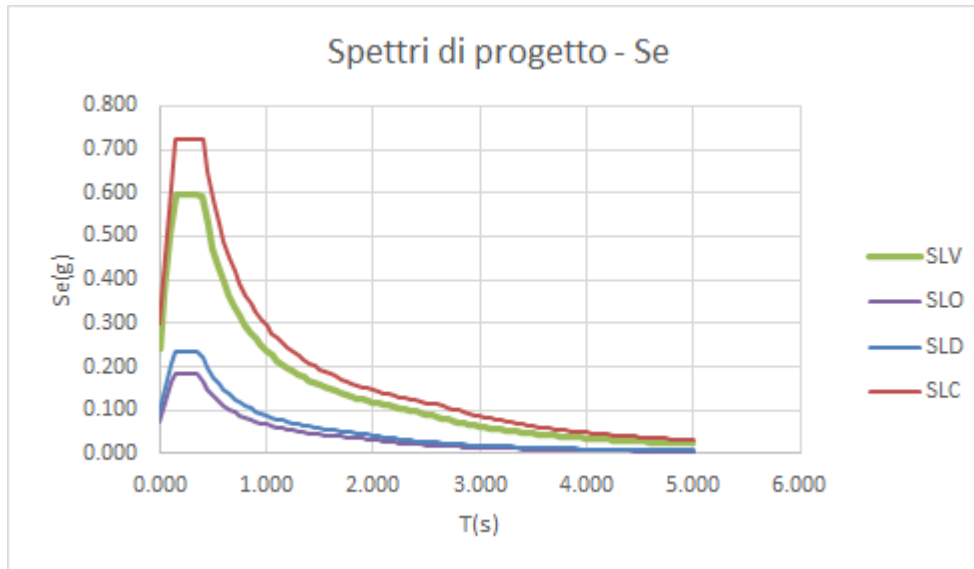


Figura 6.19 : Spettro elastico per la componente orizzontale

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_T	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 6.18 : Parametri per la definizione dello spettro elastico verticale

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; 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.

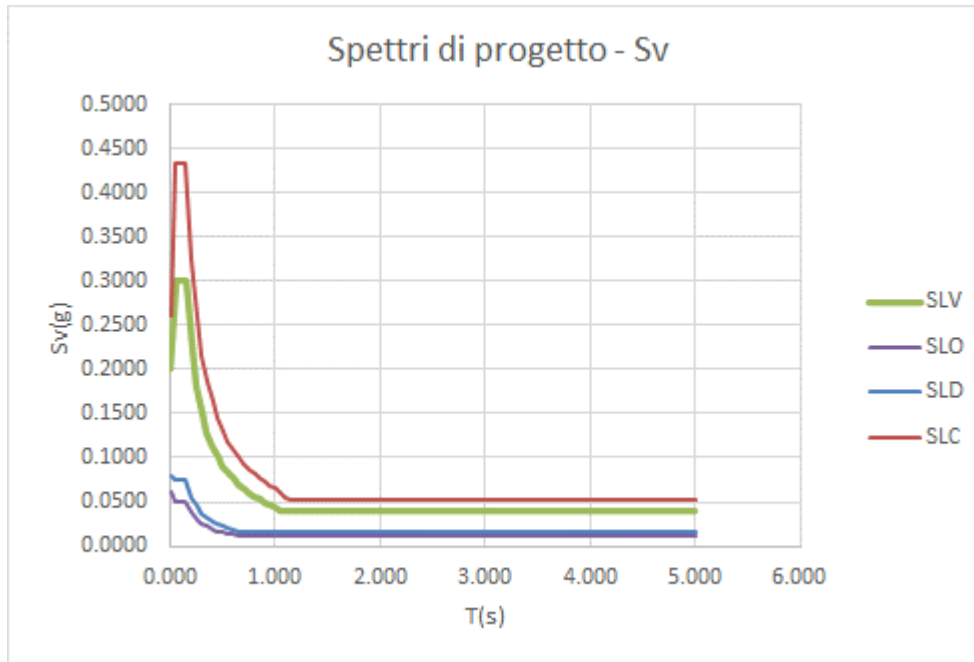


Figura 6.20 : Spettro elastico per la componente verticale

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 SW/2, con le seguenti masse associate:

$$M(SW/2) = 150000 \cdot 11.84 / 9.81 = 181040 \text{ kg}$$

La massa “sismica” considerata nei calcoli risulta pertanto:

$$M(Q_k) = 0.2 \times 181040 = 36208 \text{ kg}$$

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 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.

Scale: 1: 28.1884
Zoom: 35.3398
Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
Linear/dynamic analysis
Analysis: 03_fase3
Loadcase: 27:deragliamento_2_bin_1
Results file: SL01_impalcato_rev6~03_fase3.mys

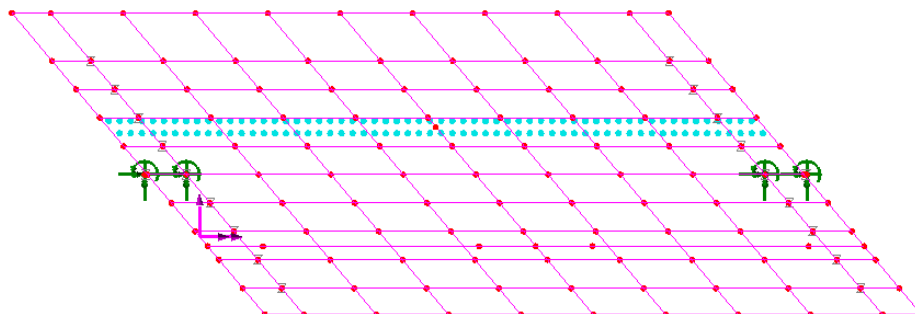


Figura 6.21 Deragliamento - caso 2

6.2.8.2 Urto al di sotto del ponte

Si considera l'eventualità di un urto al di sotto del ponte da parte di un veicolo fuori sagoma secondo i criteri generali indicati in NTC2018 3.6.3.3.

Data la configurazione della struttura, dotata di elevata ridondanza (solettone continuo), la verifica si limita al controllo dell'efficacia del sistema di vincolo, allo scopo di scongiurare la possibilità di un fuori sede della struttura.

Assumendo la classificazione "urbana" della strada, ed un franco minimo generalmente inferiore ai 5 m, si considererà in generale:

$F_{d,x} = 500.0 \text{ kN}$ azione orizzontale

$F_{d,z} = 500.0 \times \text{sen}(10) = 87 \text{ kN}$ azione verticale

Le azioni concentrate saranno posizionate alternativamente sul lato destro e sinistro, a circa 2 m dalla linea appoggi, allo scopo di massimizzare gli effetti orizzontali e verticali.

Scale: 1: 54.5473
Zoom: 89.2857
Eye: (-0.323561, -0.692784, 0.644483)
Linear/dynamic analysis
Analysis: urto
Loadcase: 175:Fh_urto_dx_lato_spalla1
Results file: SL01_inc_sbalzo~urto.mys

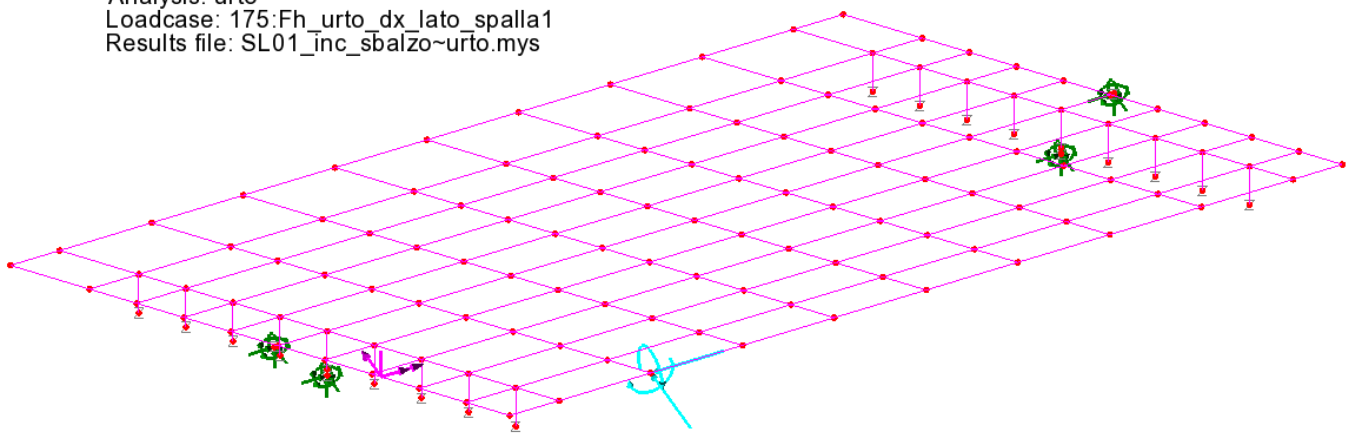


Figura 6.22 Posizionamento tipico azione Urto $F_{d,x}$

Scale: 1: 54.5473
 Zoom: 89.2857
 Eye: (-0.323561, -0.692784, 0.644483)
 Linear/dynamic analysis
 Analysis: urto
 Loadcase: 179:Fv_urto_dx_lato_spalla1
 Results file: SL01_inc_sbalzo~urto.mys

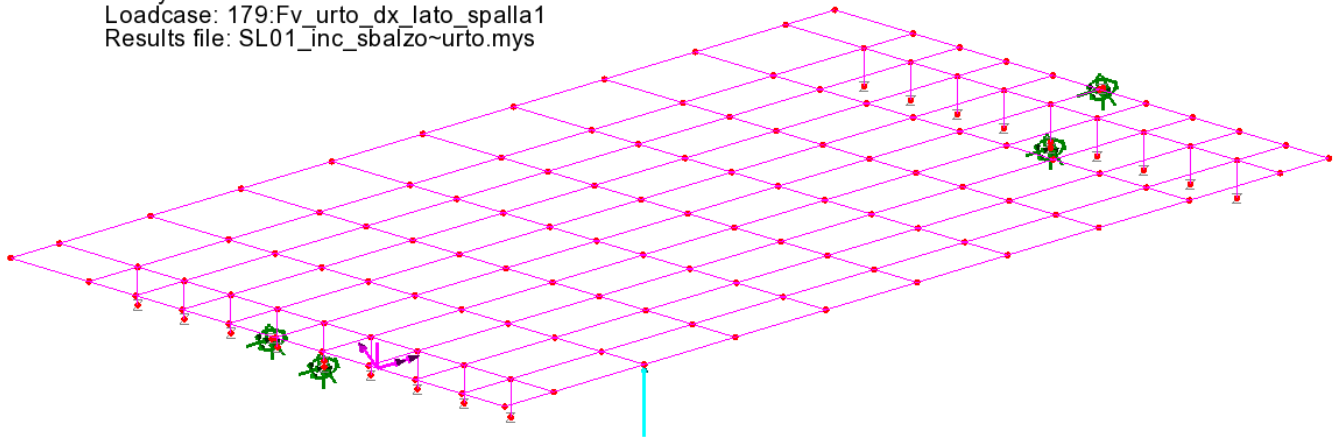


Figura 6.23 Posizionamento tipico azione Urto Fd,z

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)
 - o Pesì propri (gk1)
 - o Pesì finiture (gk2)
 - o Peso ballast (gk3)
- Azioni variabili (Q)
 - o Carichi mobili Q_k (azione multicomponente)
 - o Variazione Termica T_k
 - o Vento F_w
- 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.

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo impalcato laterale	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL 01 00 001	REV. A

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 inquadriati 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

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

S.L.E. caratteristica - T_k dominante

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

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo impalcato laterale	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL 01 00 001	REV. A

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:

- 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 9 allineamenti longitudinali delle travi metalliche, che verranno collegati trasversalmente da elementi trasversali equivalenti allo spessore del solettone, di larghezza pari a 1.00 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 100 cm.

La figura seguente riporta la mesh in maniera schematica e renderizzata

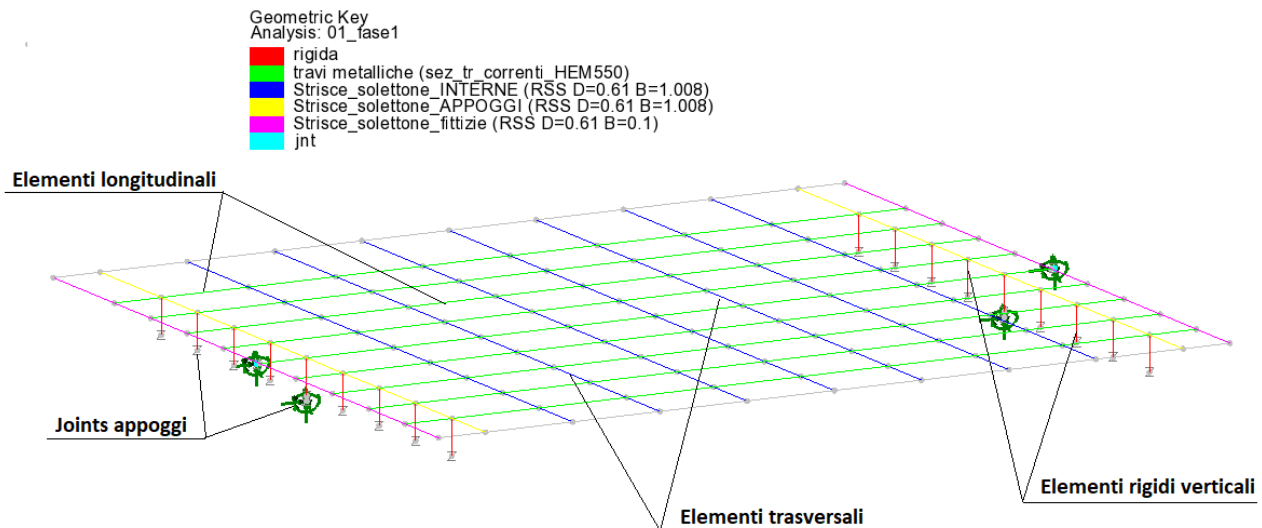


Figura 6.24 Mesh E.F.

Il modello prevede la sovrapposizioni di una serie di analisi lineari indipendenti, ciascuna afferente alle singole “fasi” in qui 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”.

	LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Relazione di calcolo impalcato laterale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	53 di 122

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:

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

$$k_z = 1.52 \text{ e}9 \text{ N/m}$$

I gradi di libertà rotazione prevedono rigidità nulla.

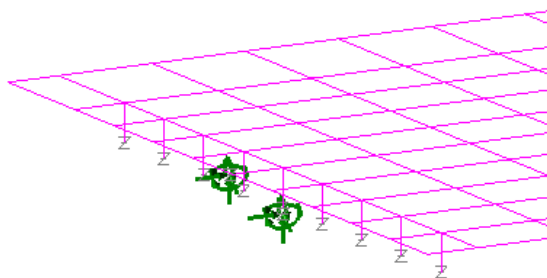


Figura 6.25 posizione vincoli a terra

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:

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

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

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_0	658.00 mm	
α_1	0.911	B.8c
α_2	0.974	B.8c

Relazione di calcolo impalcato laterale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	54 di 122

α_3	0.935	B.8c
α	0	B.9
$\beta(f_{cm})$	2.66	B.4
β_h	1286.19	B.8a / B.8b
φ_{RH}	1.235	B.3a / B.3b
	t_{01}	
t_{0i}	30	
$t_{0i,mod}$	30	
$\beta(t_0)$	0.482	
φ_0	1.582	
$\varphi(t_0, t_\infty)$	1.558	

Tabella 6.19 Calcolo coefficiente di viscosità

Si ha pertanto:

$$E_{c\infty} = E_{c0} / (1 + \psi_1 \varphi_\infty) = 12285 \text{ MPa}$$

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

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

$$n_0 = 1/6.3$$

$$n_\infty = 1/17.09$$

 Per le travi correnti si assume un'ampiezza collaborante pari all'interasse nominale delle travi $e = 0.51$.

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

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

Relazione di calcolo impalcato laterale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	55 di 122

Plastic section modulus about x axis	Z _{px}	7.94E-03
Plastic section modulus about y axis	Z _{py}	1.94E-03
Plastic torsional section modulus	Z _{pt}	7.68E-04
Angle to principal axis (anticlockwise +ve)	Theta	0
x coordinate of centroid	xc	5.05E-07
y coordinate of centroid	yc	0.286
Monosymmetry constant about x	betax	-9.36E-07
Monosymmetry constant about y	betay	-2.21E-05

Fase 2 – lungo termine

Travi correnti - omog. Acciaio - lungo termine (n=1/17.08)

Area	A	0.052294
Second moment of area about x axis	I _{xx}	2.53E-03
Second moment of area about y axis	I _{yy}	5.81E-04
Product moment of area	I _{xy}	1.38E-13
Torsional constant	J	1.16E-03
Effective shear area in y direction	A _{sy}	0.027391
Effective shear area in x direction	A _{sx}	0.035495
Radius of gyration about x axis	k _x	0.219927
Radius of gyration about y axis	k _y	0.105384
Shear centre, distance from centroid along x axis	x _o	3.56E-06
Shear centre, distance from centroid along y axis	y _o	0.017006
Warping torsional constant about shear centre	C _w	1.30E-05
Plastic neutral axis, distance from centroid along x axis	x _p	-3.38E-07
Plastic neutral axis, distance from centroid along y axis	y _p	0.030094
Plastic section modulus about x axis	Z _{px}	0.051347
Plastic section modulus about y axis	Z _{py}	0.040602
Plastic torsional section modulus	Z _{pt}	0.061153
Angle to principal axis (anticlockwise +ve)	Theta	0
x coordinate of centroid	xc	3.38E-07
y coordinate of centroid	yc	0.302905
Monosymmetry constant about x	betax	0.447076
Monosymmetry constant about y	betay	4.61E-04

Fase 3 – breve termine

Travi correnti - omog. Acciaio - breve termine (n=1/6.3)

Area	A	0.081137
Second moment of area about x axis	I _{xx}	3.44E-03

Relazione di calcolo impalcato laterale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	56 di 122

Second moment of area about y axis	l _{yy}	1.25E-03
Product moment of area	l _{xy}	1.36E-13
Torsional constant	J	2.87E-03
Effective shear area in y direction	A _{sy}	0.054514
Effective shear area in x direction	A _{sx}	0.06355
Radius of gyration about x axis	k _x	0.205813
Radius of gyration about y axis	k _y	0.123956
Shear centre, distance from centroid along x axis	x _o	3.55E-06
Shear centre, distance from centroid along y axis	y _o	0.010492
Warping torsional constant about shear centre	C _w	1.25E-05
Plastic neutral axis, distance from centroid along x axis	x _p	-2.13E-07
Plastic neutral axis, distance from centroid along y axis	y _p	0.01746
Plastic section modulus about x axis	Z _{px}	0.051347
Plastic section modulus about y axis	Z _{py}	0.040602
Plastic torsional section modulus	Z _{pt}	0.064658
Angle to principal axis (anticlockwise +ve)	Theta	0
x coordinate of centroid	x _c	2.13E-07
y coordinate of centroid	y _c	0.315539
Monosymmetry constant about x	betax	0.186164
Monosymmetry constant about y	betay	2.22E-04

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.

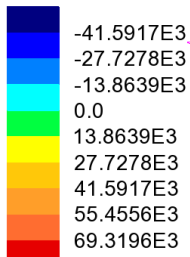
Si riportano i diagrammi di azione assiale N (F_x), taglio V (F_z) e momento M (M_y) derivanti dai seguenti inviluppi:

- S.L.U. Max/min M_y (M)
- S.L.U. Max/min F_z (V)
- S.L.E. Max/min M_y (M)
- S.L.E. Max/min F_z (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 81.3197E3 at Gauss point 6 of element 55
Minimum -43.4555E3 at node 145 of element 223

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

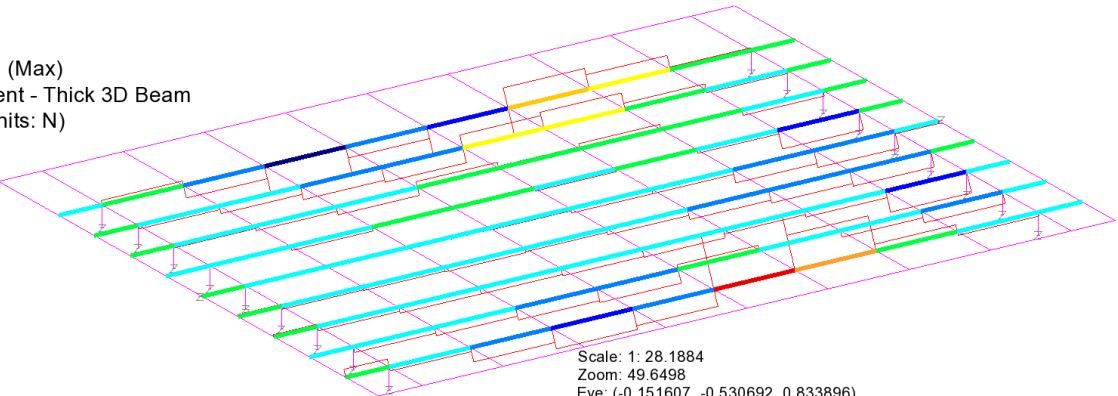
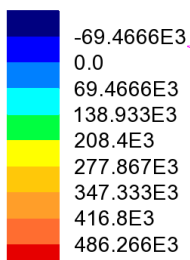


Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 81.3197E3 at Gauss point 6 of element 55
Diagram minimum -43.4555E3 at node 145 of element 223
Diagram scale: 1: 0.184457E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 13.8639E3
Contour maximum 81.3197E3 at Gauss point 6 of element 55
Contour minimum -43.4555E3 at node 145 of element 223

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



Maximum 527.112E3 at node 61 of element 58
Minimum -98.0875E3 at node 132 of element 200

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

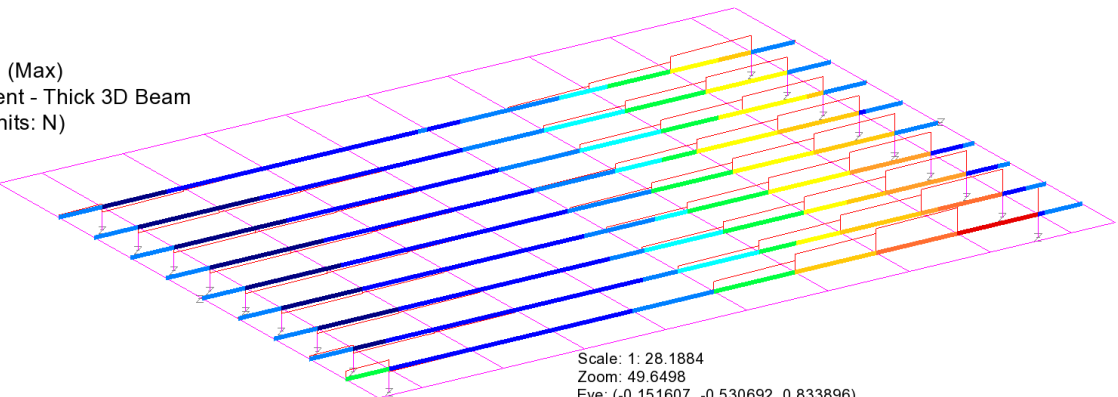
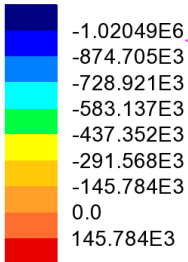


Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 527.112E3 at node 61 of element 58
Diagram minimum -98.0875E3 at node 132 of element 200
Diagram scale: 1: 28.4569E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 69.4666E3
Contour maximum 527.112E3 at node 61 of element 58
Contour minimum -98.0875E3 at node 132 of element 200

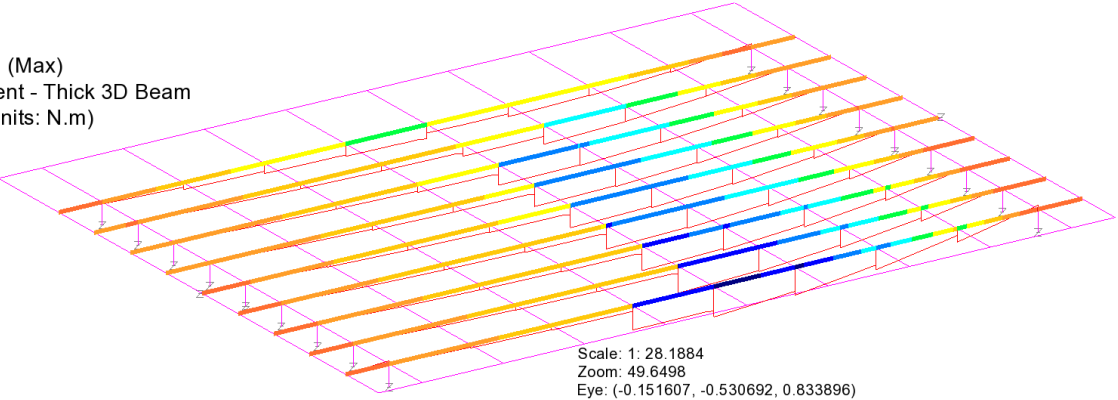
Relazione di calcolo impalcato laterale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	58 di 122

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



Maximum 156.13E3 at node 61 of element 58
Minimum -1.15593E6 at node 57 of element 55

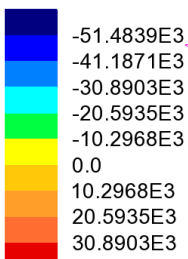


Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)

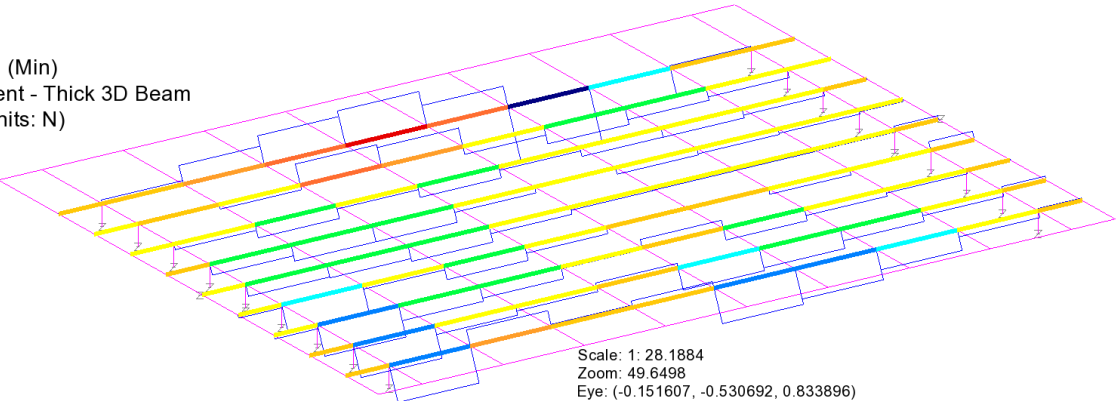
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 156.13E3 at node 61 of element 58
Diagram minimum -1.15593E6 at node 57 of element 55
Diagram scale: 1: 12.9766E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 145.784E3
Contour maximum 156.13E3 at node 61 of element 58
Contour minimum -1.15593E6 at node 57 of element 55

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

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



Maximum 36.5557E3 at node 147 of element 224
Minimum -56.1153E3 at Gauss point 2 of element 226

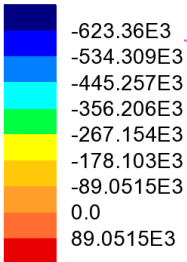


Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)

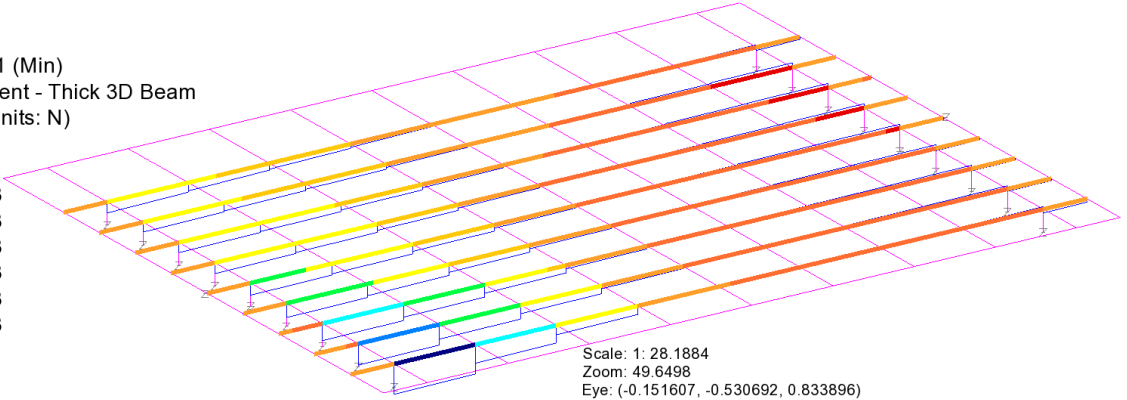
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 36.5557E3 at node 147 of element 224
Diagram minimum -56.1153E3 at Gauss point 2 of element 226
Diagram scale: 1: 0.267307E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 10.2968E3
Contour maximum 36.5557E3 at node 147 of element 224
Contour minimum -56.1153E3 at Gauss point 2 of element 226

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

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



Maximum 106.37E3 at node 140 of element 207
Minimum -695.093E3 at node 53 of element 51

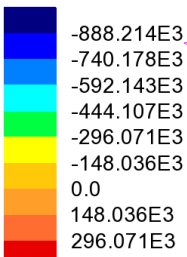


Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)

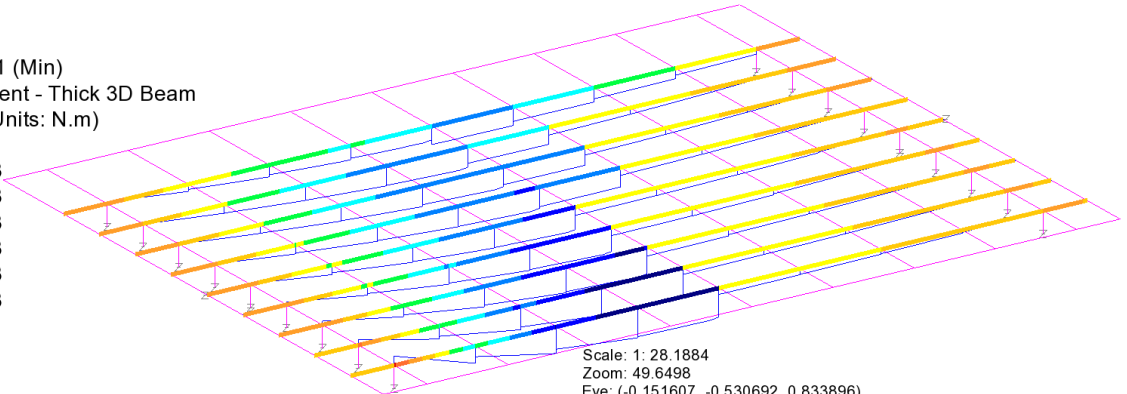
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 106.37E3 at node 140 of element 207
Diagram minimum -695.093E3 at node 53 of element 51
Diagram scale: 1: 21.5798E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 89.0515E3
Contour maximum 106.37E3 at node 140 of element 207
Contour minimum -695.093E3 at node 53 of element 51

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 312.341E3 at node 53 of element 51
Minimum -1.01998E6 at node 56 of element 53

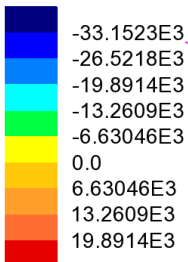


Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)

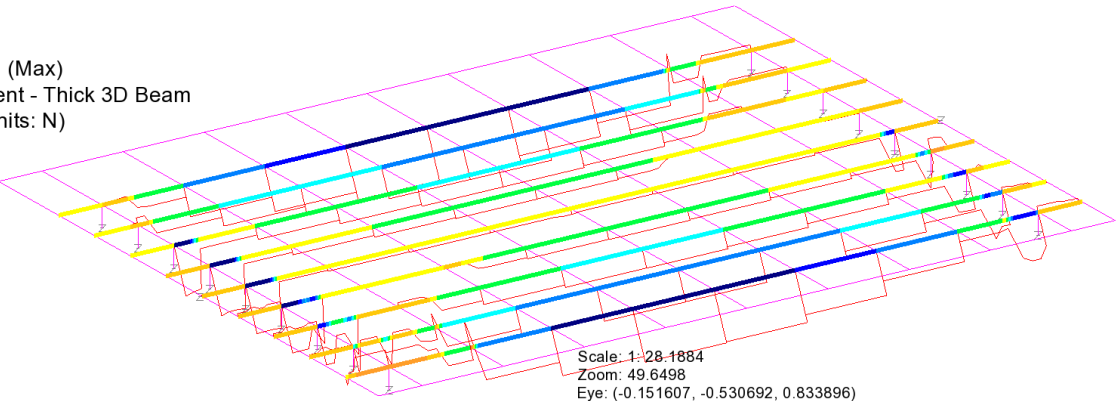
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 312.341E3 at node 53 of element 51
Diagram minimum -1.01998E6 at node 56 of element 53
Diagram scale: 1: 14.7062E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 148.036E3
Contour maximum 312.341E3 at node 53 of element 51
Contour minimum -1.01998E6 at node 56 of element 53

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 21.1391E3 at node 54 of element 52
Minimum -38.5351E3 at node 147 of element 225

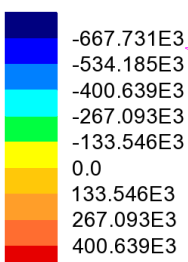


Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)

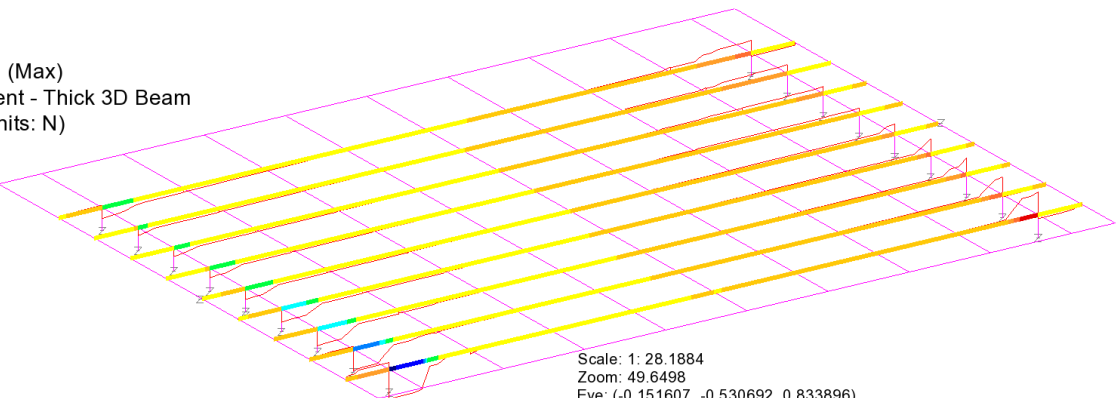
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 21.1391E3 at node 54 of element 52
Diagram minimum -38.5351E3 at node 147 of element 225
Diagram scale: 1: 0.389256E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 6.63046E3
Contour maximum 21.1391E3 at node 54 of element 52
Contour minimum -38.5351E3 at node 147 of element 225

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 515.34E3 at node 61 of element 58
Minimum -686.576E3 at node 53 of element 51

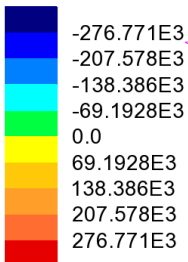


Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)

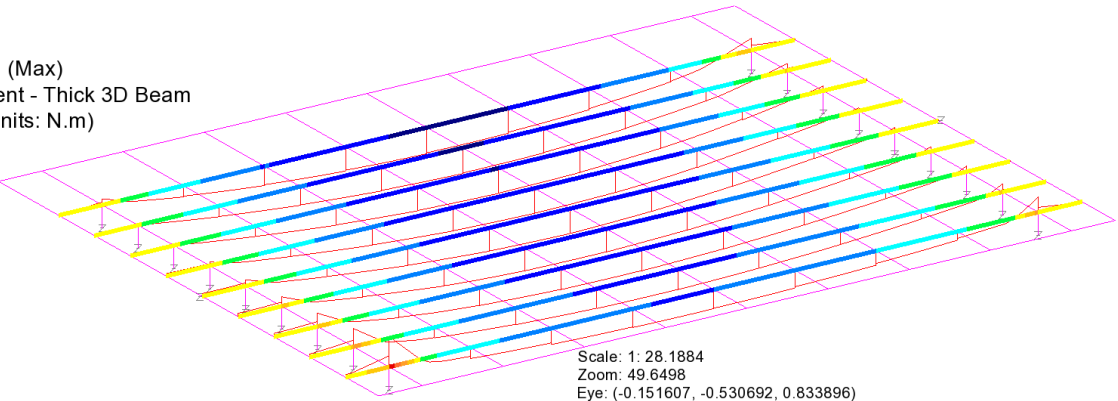
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 515.34E3 at node 61 of element 58
Diagram minimum -686.576E3 at node 53 of element 51
Diagram scale: 1: 21.8475E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 133.546E3
Contour maximum 515.34E3 at node 61 of element 58
Contour minimum -686.576E3 at node 53 of element 51

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 334.772E3 at node 53 of element 51
Minimum -287.963E3 at node 147 of element 224

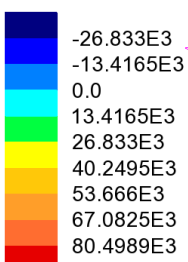


Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)

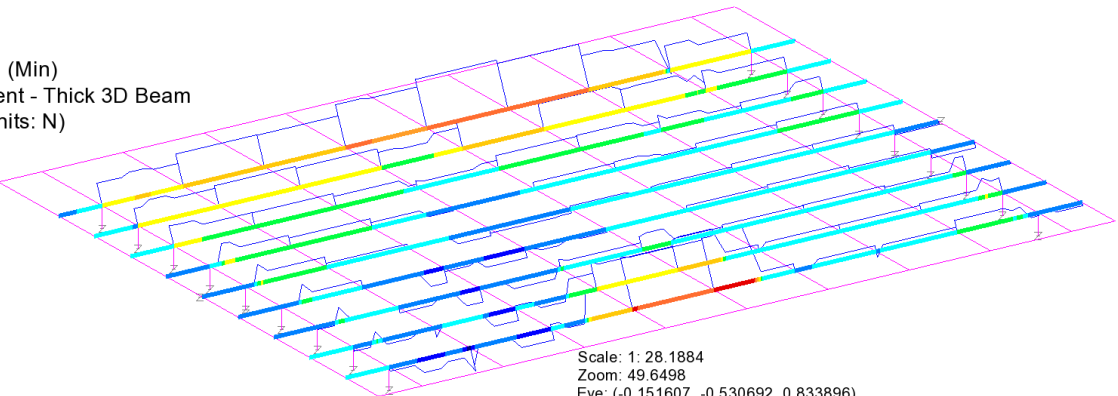
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 334.772E3 at node 53 of element 51
Diagram minimum -287.963E3 at node 147 of element 224
Diagram scale: 1: 44.8066E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 69.1928E3
Contour maximum 334.772E3 at node 53 of element 51
Contour minimum -287.963E3 at node 147 of element 224

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 84.427E3 at Gauss point 3 of element 55
Minimum -36.3214E3 at node 54 of element 51

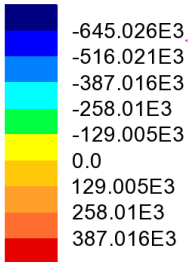


Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 84.427E3 at Gauss point 3 of element 55
Diagram minimum -36.3214E3 at node 54 of element 51
Diagram scale: 1: 0.177668E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 13.4165E3
Contour maximum 84.427E3 at Gauss point 3 of element 55
Contour minimum -36.3214E3 at node 54 of element 51

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

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



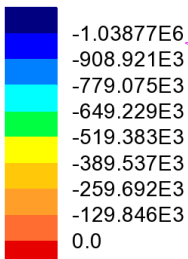
Maximum 500.329E3 at Gauss point 6 of element 58
Minimum -660.718E3 at node 54 of element 51

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

Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 500.329E3 at Gauss point 6 of element 58
Diagram minimum -660.718E3 at node 54 of element 51
Diagram scale: 1: 22.7026E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 129.005E3
Contour maximum 500.329E3 at Gauss point 6 of element 58
Contour minimum -660.718E3 at node 54 of element 51

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



Maximum 4.77911E3 at Gauss point 5 of element 220
Minimum -1.16383E6 at node 57 of element 55

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

Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 4.77911E3 at Gauss point 5 of element 220
Diagram minimum -1.16383E6 at node 57 of element 55
Diagram scale: 1: 12.8884E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 129.846E3
Contour maximum 4.77911E3 at Gauss point 5 of element 220
Contour minimum -1.16383E6 at node 57 of element 55

Relazione di calcolo impalcato laterale

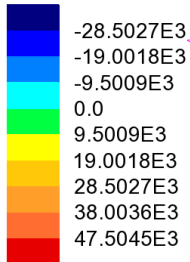
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	63 di 122

Combining on: Fz

Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)

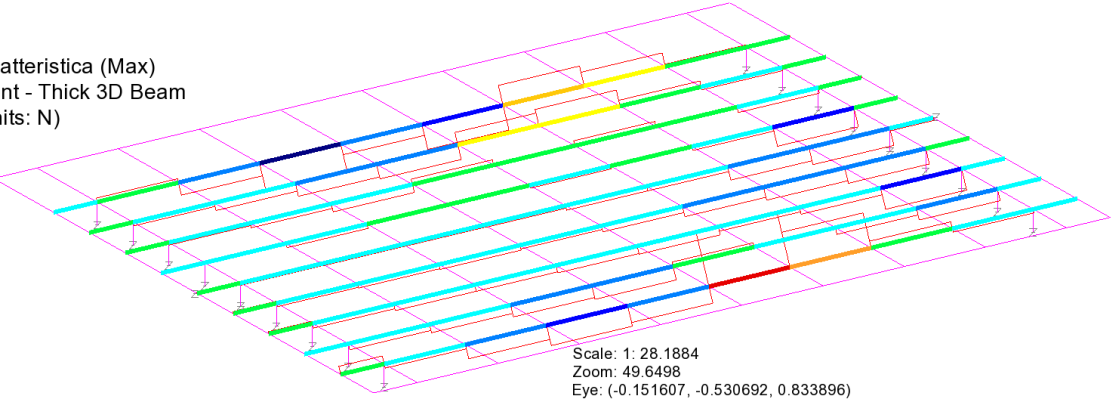
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam

Component: Fx (Units: N)



Maximum 55.7254E3 at node 57 of element 55

Minimum -29.7827E3 at node 145 of element 223



Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 55.7254E3 at node 57 of element 55
Diagram minimum -29.7827E3 at node 145 of element 223
Diagram scale: 1: 0.269177E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 9.5009E3
Contour maximum 55.7254E3 at node 57 of element 55
Contour minimum -29.7827E3 at node 145 of element 223

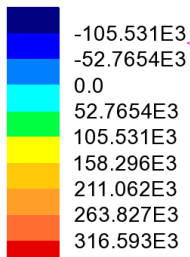
inviluppo S.L.E. caratteristica - Max Fz - Assoc. Fx

Combining on: Fz

Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)

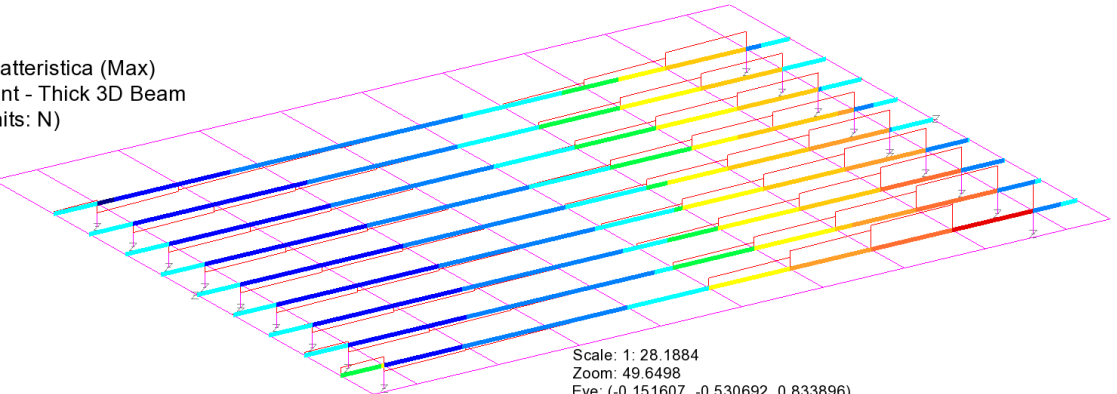
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam

Component: Fz (Units: N)



Maximum 364.246E3 at node 61 of element 58

Minimum -110.643E3 at node 143 of element 221

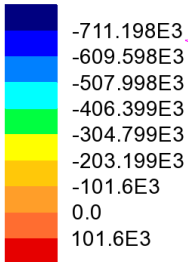


Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)

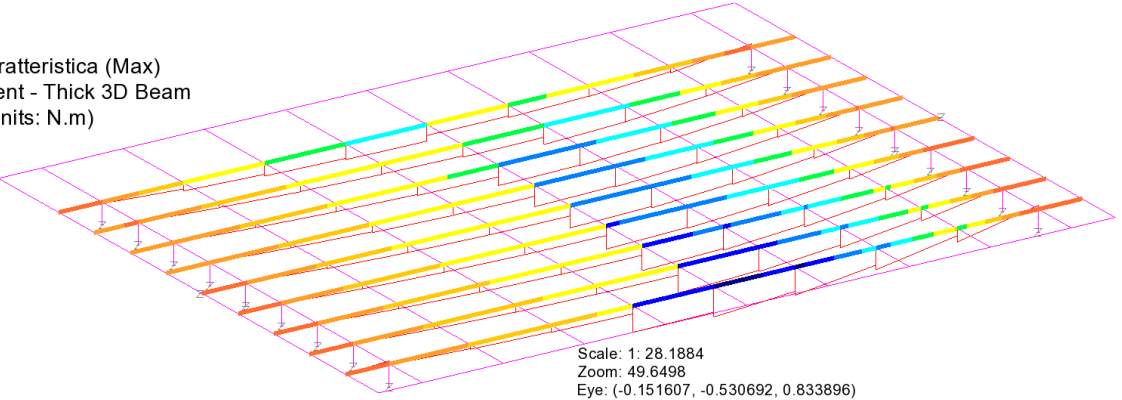
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 364.246E3 at node 61 of element 58
Diagram minimum -110.643E3 at node 143 of element 221
Diagram scale: 1: 41.181E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 52.7654E3
Contour maximum 364.246E3 at node 61 of element 58
Contour minimum -110.643E3 at node 143 of element 221

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 104.914E3 at node 61 of element 58
Minimum -809.483E3 at node 57 of element 55

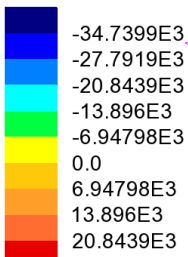


Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)

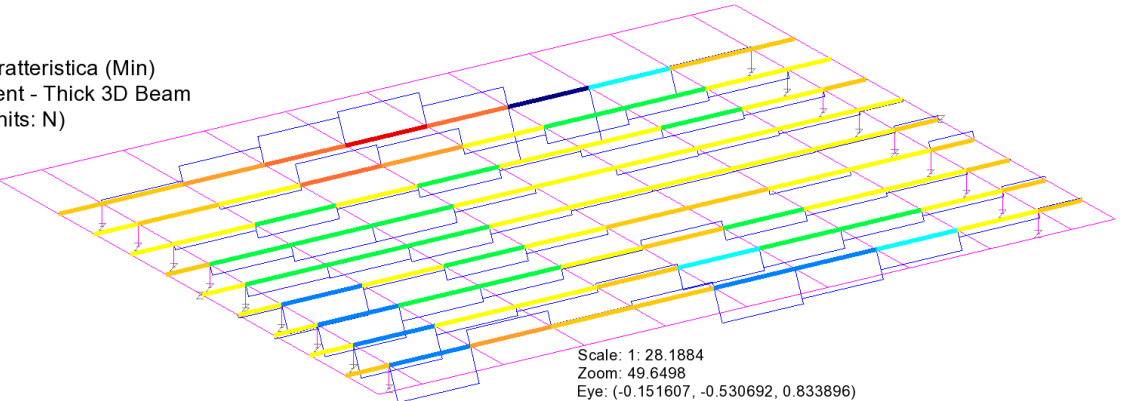
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 104.914E3 at node 61 of element 58
Diagram minimum -809.483E3 at node 57 of element 55
Diagram scale: 1: 18.5304E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 101.6E3
Contour maximum 104.914E3 at node 61 of element 58
Contour minimum -809.483E3 at node 57 of element 55

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 24.1619E3 at node 146 of element 224
Minimum -38.3699E3 at node 148 of element 226



Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 24.1619E3 at node 146 of element 224
Diagram minimum -38.3699E3 at node 148 of element 226
Diagram scale: 1: 0.390931E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 6.94798E3
Contour maximum 24.1619E3 at node 146 of element 224
Contour minimum -38.3699E3 at node 148 of element 226

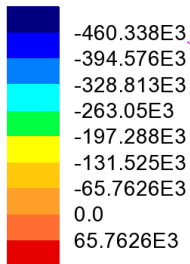
inviluppo S.L.E. caratteristica - Min Fz - Assoc. Fx

Combining on: Fz

Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

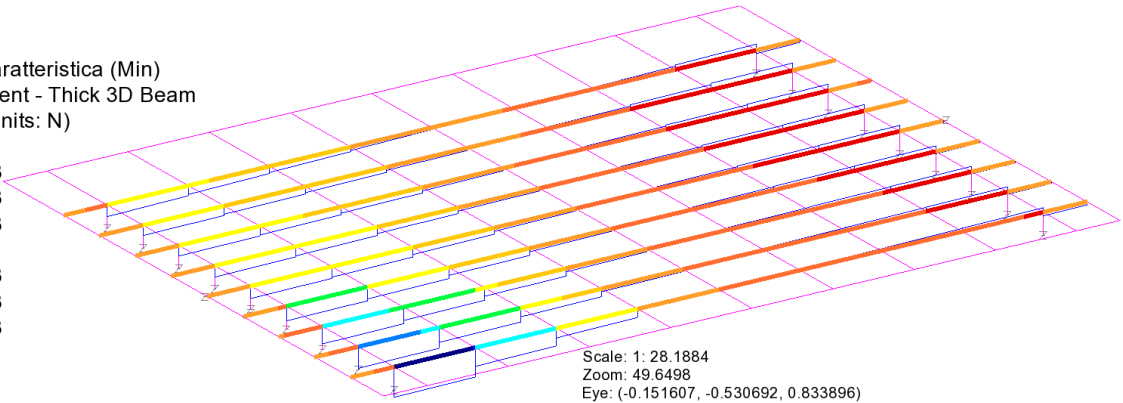
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam

Component: Fz (Units: N)



Maximum 114.696E3 at node 140 of element 207

Minimum -477.168E3 at node 53 of element 51



Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 114.696E3 at node 140 of element 207
Diagram minimum -477.168E3 at node 53 of element 51
Diagram scale: 1: 31.4355E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 65.7626E3
Contour maximum 114.696E3 at node 140 of element 207
Contour minimum -477.168E3 at node 53 of element 51

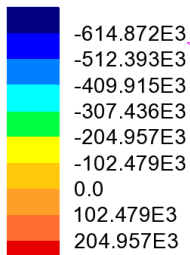
inviluppo S.L.E. caratteristica - Min Fz - Fz

Combining on: Fz

Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

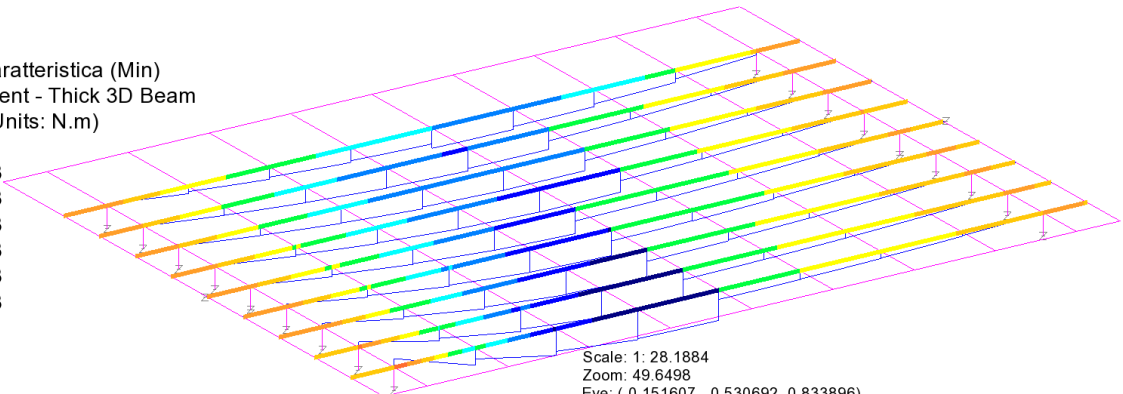
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam

Component: My (Units: N.m)



Maximum 206.05E3 at node 53 of element 51

Minimum -716.258E3 at node 56 of element 53

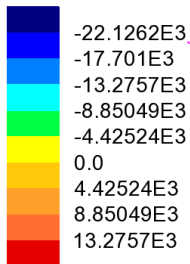


Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

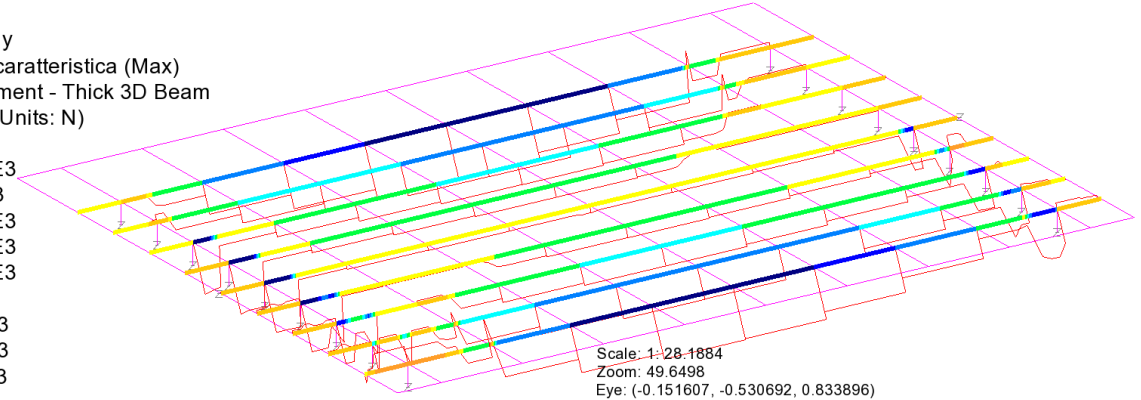
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 206.05E3 at node 53 of element 51
Diagram minimum -716.258E3 at node 56 of element 53
Diagram scale: 1: 20.9422E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 102.479E3
Contour maximum 206.05E3 at node 53 of element 51
Contour minimum -716.258E3 at node 56 of element 53

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 13.9776E3 at node 54 of element 52
Minimum -25.8496E3 at node 147 of element 225

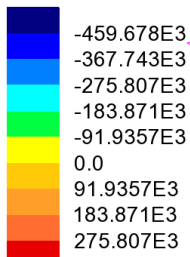


Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)

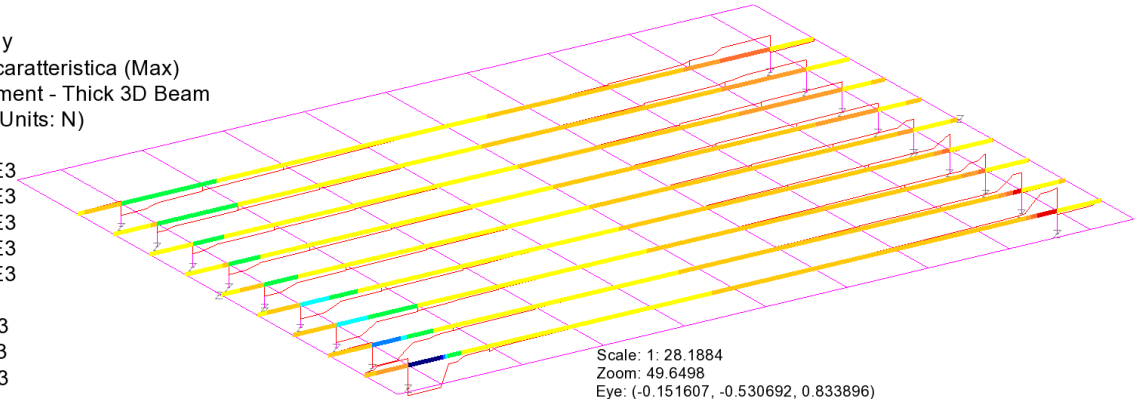
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 13.9776E3 at node 54 of element 52
Diagram minimum -25.8496E3 at node 147 of element 225
Diagram scale: 1: 0.58028E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 4.42524E3
Contour maximum 13.9776E3 at node 54 of element 52
Contour minimum -25.8496E3 at node 147 of element 225

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 356.127E3 at node 61 of element 58
Minimum -471.294E3 at node 53 of element 51



Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)

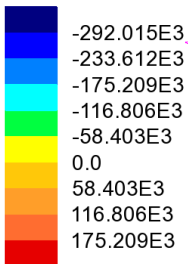
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 356.127E3 at node 61 of element 58
Diagram minimum -471.294E3 at node 53 of element 51
Diagram scale: 1: 31.8273E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 91.9357E3
Contour maximum 356.127E3 at node 61 of element 58
Contour minimum -471.294E3 at node 53 of element 51

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

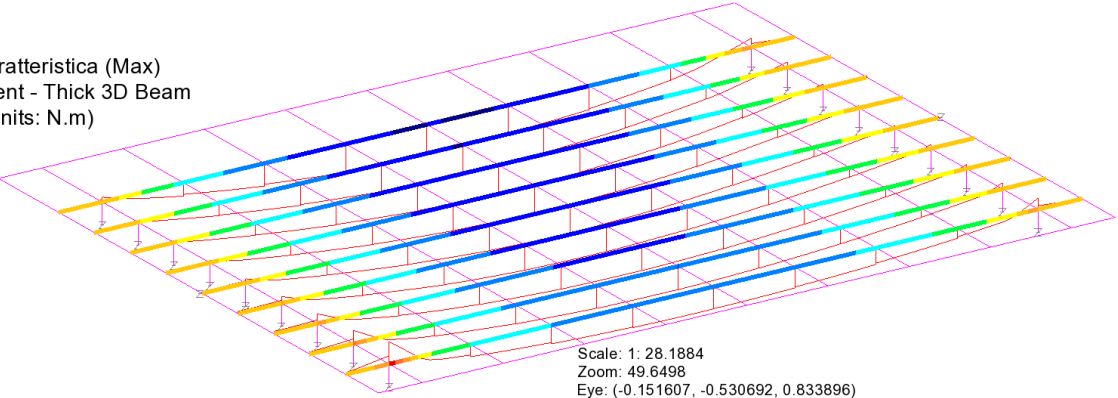
Relazione di calcolo impalcato laterale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	67 di 122

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



Maximum 221.52E3 at node 53 of element 51
Minimum -304.108E3 at node 147 of element 224

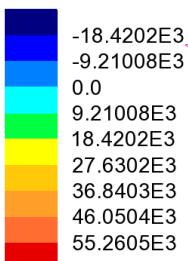


Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)

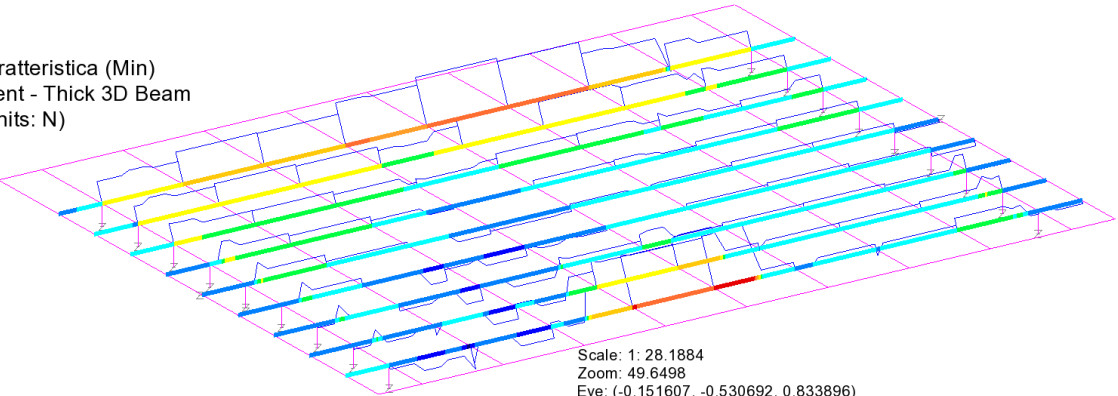
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 221.52E3 at node 53 of element 51
Diagram minimum -304.108E3 at node 147 of element 224
Diagram scale: 1: 49.3246E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 58.403E3
Contour maximum 221.52E3 at node 53 of element 51
Contour minimum -304.108E3 at node 147 of element 224

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 57.7246E3 at Gauss point 3 of element 55
Minimum -25.1661E3 at node 54 of element 51



Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 57.7246E3 at Gauss point 3 of element 55
Diagram minimum -25.1661E3 at node 54 of element 51
Diagram scale: 1: 0.259855E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 9.21008E3
Contour maximum 57.7246E3 at Gauss point 3 of element 55
Contour minimum -25.1661E3 at node 54 of element 51

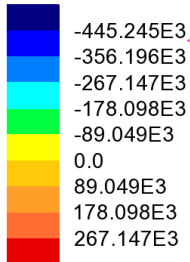
inviluppo S.L.E. caratteristica - Min My - Assoc. Fx

Combining on: My

Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

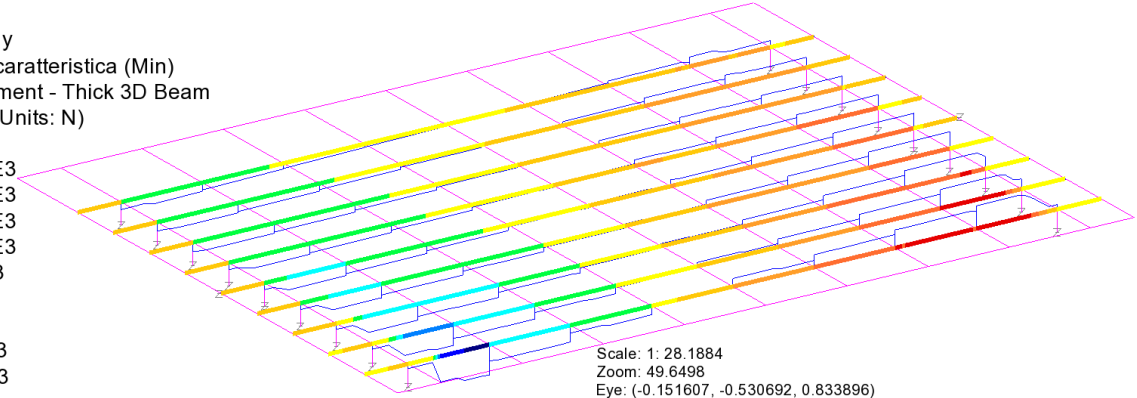
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam

Component: Fz (Units: N)



Maximum 346.347E3 at Gauss point 6 of element 58

Minimum -455.094E3 at node 54 of element 51



Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 346.347E3 at Gauss point 6 of element 58
Diagram minimum -455.094E3 at node 54 of element 51
Diagram scale: 1: 32.9602E-6

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 89.049E3
Contour maximum 346.347E3 at Gauss point 6 of element 58
Contour minimum -455.094E3 at node 54 of element 51

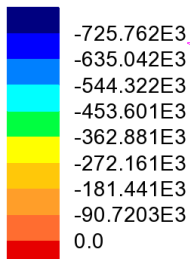
inviluppo S.L.E. caratteristica - Min My - Assoc. Fz

Combining on: My

Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

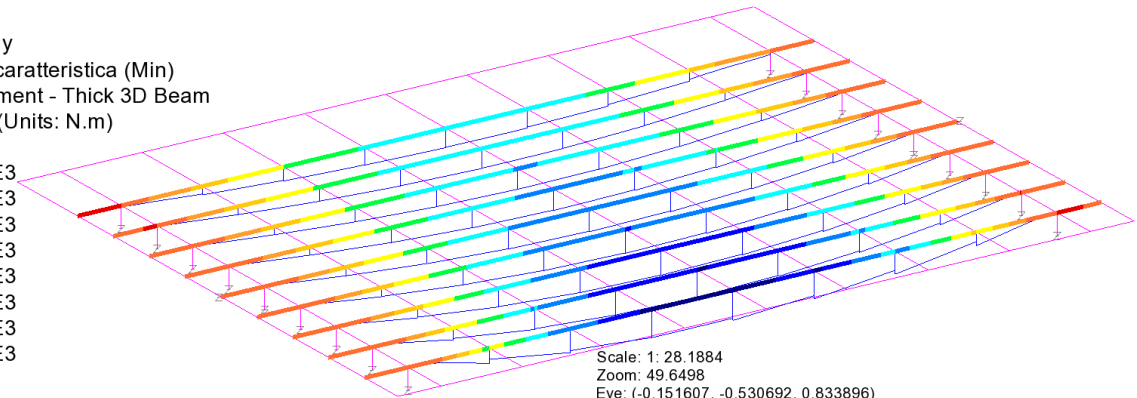
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam

Component: My (Units: N.m)



Maximum 6.99965E3 at node 143 of element 220

Minimum -809.483E3 at node 57 of element 55



Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 6.99965E3 at node 143 of element 220
Diagram minimum -809.483E3 at node 57 of element 55
Diagram scale: 1: 18.5304E-6

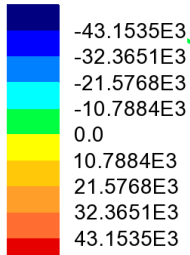
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 90.7203E3
Contour maximum 6.99965E3 at node 143 of element 220
Contour minimum -809.483E3 at node 57 of element 55

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

Elementi trasversali

Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)

Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fx (Units: N)



Maximum 50.0841E3 at node 67 of element 85
Minimum -47.0114E3 at node 102 of element 151

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

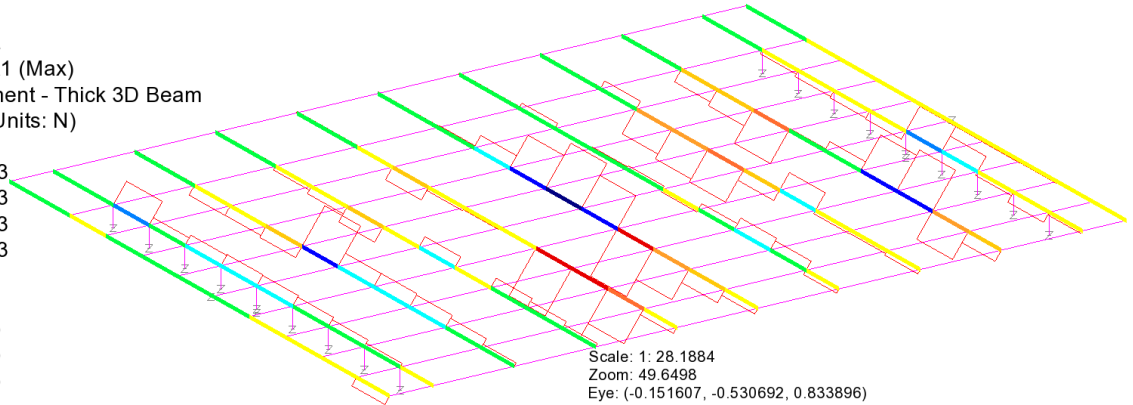
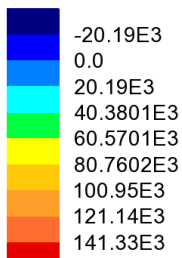


Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 50.0841E3 at node 67 of element 85
Diagram minimum -47.0114E3 at node 102 of element 151
Diagram scale: 1: 0.299497E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 10.7884E3
Contour maximum 50.0841E3 at node 67 of element 85
Contour minimum -47.0114E3 at node 102 of element 151

Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)

Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Component: Fz (Units: N)



Maximum 153.799E3 at node 92 of element 130
Minimum -27.9109E3 at node 135 of element 213

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

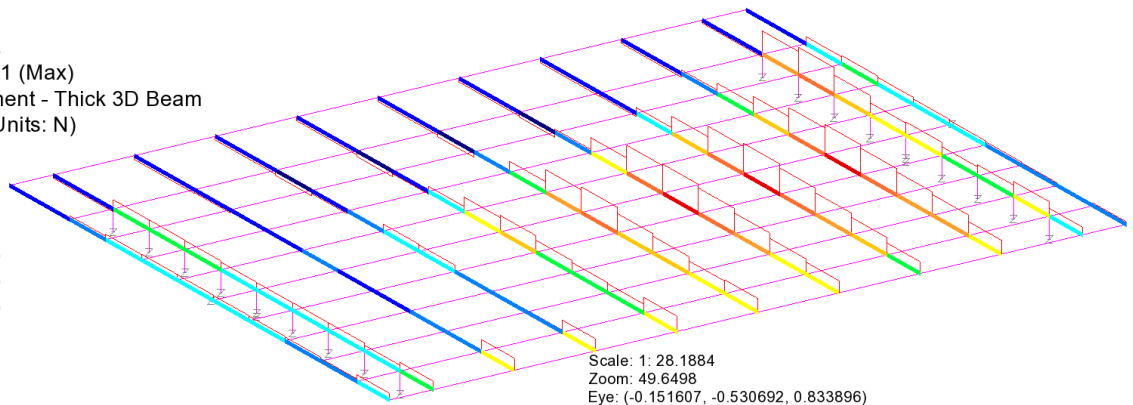
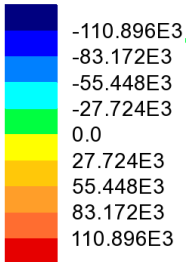


Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 153.799E3 at node 92 of element 130
Diagram minimum -27.9109E3 at node 135 of element 213
Diagram scale: 1: 97.5296E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 20.19E3
Contour maximum 153.799E3 at node 92 of element 130
Contour minimum -27.9109E3 at node 135 of element 213

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



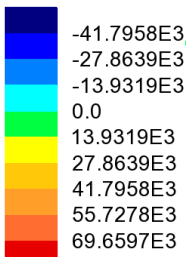
Maximum 128.429E3 at node 151 of element 218
Minimum -121.087E3 at node 71 of element 89

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

Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 128.429E3 at node 151 of element 218
Diagram minimum -121.087E3 at node 71 of element 89
Diagram scale: 1: 0.116796E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 27.724E3
Contour maximum 128.429E3 at node 151 of element 218
Contour minimum -121.087E3 at node 71 of element 89

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



Maximum 75.4827E3 at node 86 of element 124
Minimum -49.9048E3 at node 67 of element 85

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

Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 75.4827E3 at node 86 of element 124
Diagram minimum -49.9048E3 at node 67 of element 85
Diagram scale: 1: 0.198721E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 13.9319E3
Contour maximum 75.4827E3 at node 86 of element 124
Contour minimum -49.9048E3 at node 67 of element 85

Relazione di calcolo impalcato laterale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	71 di 122

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



-249.436E3
-218.257E3
-187.077E3
-155.898E3
-124.718E3
-93.5386E3
-62.3591E3
-31.1795E3
0.0

Maximum 21.3035E3 at node 117 of element 175
Minimum -259.312E3 at node 64 of element 82

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

Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 21.3035E3 at node 117 of element 175
Diagram minimum -259.312E3 at node 64 of element 82
Diagram scale: 1: 57.8453E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 31.1795E3
Contour maximum 21.3035E3 at node 117 of element 175
Contour minimum -259.312E3 at node 64 of element 82

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



-72.0565E3
-36.0282E3
0.0
36.0282E3
72.0565E3
108.085E3
144.113E3
180.141E3
216.169E3

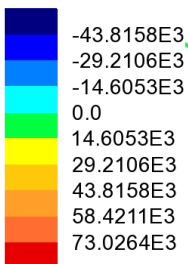
Maximum 241.2E3 at node 64 of element 82
Minimum -83.0538E3 at node 140 of element 197

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

Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 241.2E3 at node 64 of element 82
Diagram minimum -83.0538E3 at node 140 of element 197
Diagram scale: 1: 62.1889E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 36.0282E3
Contour maximum 241.2E3 at node 64 of element 82
Contour minimum -83.0538E3 at node 140 of element 197

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



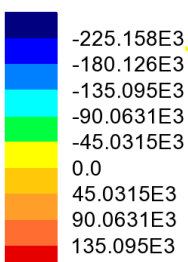
Maximum 75.4827E3 at node 86 of element 124
Minimum -55.9648E3 at Gauss point 10 of element 147

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

Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 75.4827E3 at node 86 of element 124
Diagram minimum -55.9648E3 at Gauss point 10 of element 147
Diagram scale: 1: 0.198721E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 14.6053E3
Contour maximum 75.4827E3 at node 86 of element 124
Contour minimum -55.9648E3 at Gauss point 10 of element 147

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



Maximum 145.972E3 at node 104 of element 130
Minimum -259.312E3 at node 64 of element 82

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

Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 145.972E3 at node 104 of element 130
Diagram minimum -259.312E3 at node 64 of element 82
Diagram scale: 1: 57.8453E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 45.0315E3
Contour maximum 145.972E3 at node 104 of element 130
Contour minimum -259.312E3 at node 64 of element 82

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



26.7928E3
53.5856E3
80.3784E3
107.171E3
133.964E3
160.757E3
187.55E3
214.343E3
241.135E3

Maximum 241.2E3 at node 64 of element 82
Minimum 65.1661 at node 118 of element 176

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

Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 241.2E3 at node 64 of element 82
Diagram minimum 65.1661 at node 118 of element 176
Diagram scale: 1: 62.1889E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 26.7928E3
Contour maximum 241.2E3 at node 64 of element 82
Contour minimum 65.1661 at node 118 of element 176

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



-52.3021E3
-41.8417E3
-31.3812E3
-20.9208E3
-10.4604E3
0.0
10.4604E3
20.9208E3
31.3812E3

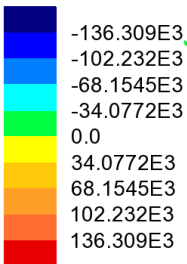
Maximum 36.7157E3 at Gauss point 9 of element 189
Minimum -57.428E3 at Gauss point 6 of element 132

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

Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 36.7157E3 at Gauss point 9 of element 189
Diagram minimum -57.428E3 at Gauss point 6 of element 132
Diagram scale: 1: 0.261197E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 10.4604E3
Contour maximum 36.7157E3 at Gauss point 9 of element 189
Contour minimum -57.428E3 at Gauss point 6 of element 132

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



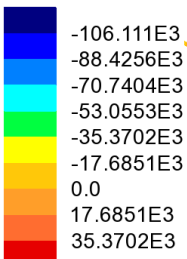
Maximum 145.97E3 at node 91 of element 129
Minimum -160.725E3 at node 86 of element 103

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

Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 145.97E3 at node 91 of element 129
Diagram minimum -160.725E3 at node 86 of element 103
Diagram scale: 1: 93.3271E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 34.0772E3
Contour maximum 145.97E3 at node 91 of element 129
Contour minimum -160.725E3 at node 86 of element 103

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



Maximum 35.6033E3 at node 125 of element 193
Minimum -123.563E3 at node 71 of element 89

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

Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: My
Inviluppo S.L.U. A1 (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 35.6033E3 at node 125 of element 193
Diagram minimum -123.563E3 at node 71 of element 89
Diagram scale: 1: 0.121396E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 17.6851E3
Contour maximum 35.6033E3 at node 125 of element 193
Contour minimum -123.563E3 at node 71 of element 89

Relazione di calcolo impalcato laterale

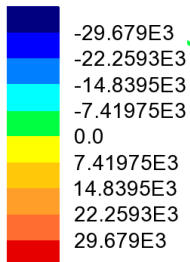
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	75 di 122

Combining on: Fz

Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)

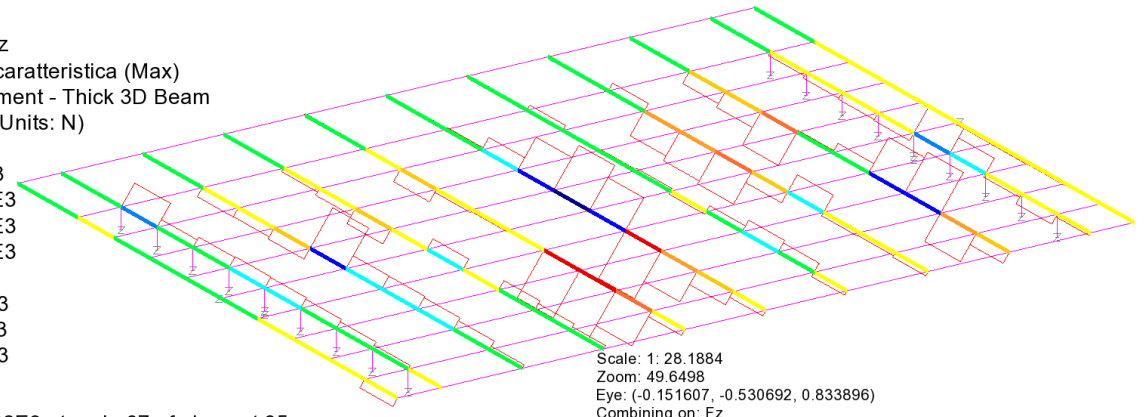
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam

Component: Fx (Units: N)



Maximum 34.4782E3 at node 67 of element 85

Minimum -32.2996E3 at node 102 of element 151



Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 34.4782E3 at node 67 of element 85
Diagram minimum -32.2996E3 at node 102 of element 151
Diagram scale: 1: 0.435058E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 7.41975E3
Contour maximum 34.4782E3 at node 67 of element 85
Contour minimum -32.2996E3 at node 102 of element 151

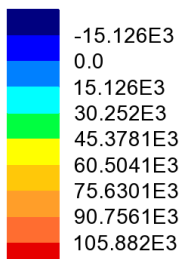
inviluppo S.L.E. caratteristica - Max Fz - Assoc. Fx

Combining on: Fz

Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)

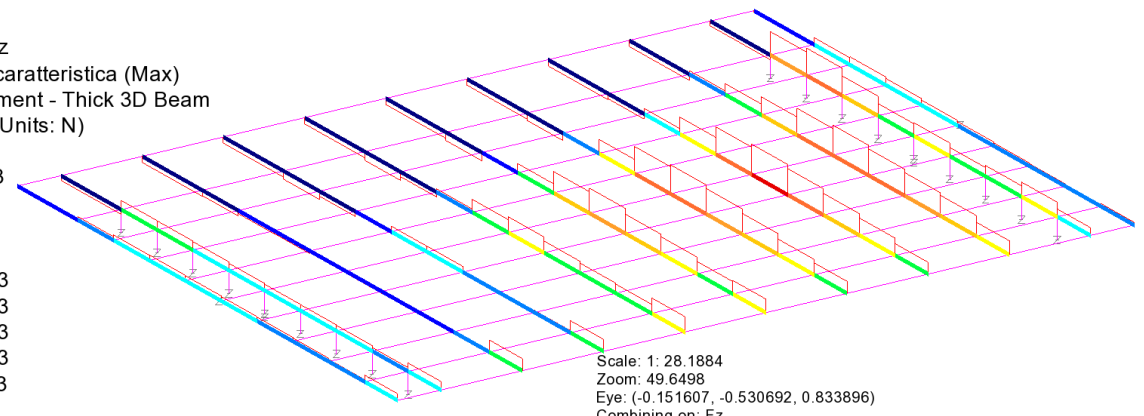
Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam

Component: Fz (Units: N)



Maximum 106.086E3 at node 92 of element 130

Minimum -30.0478E3 at node 135 of element 213



Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 106.086E3 at node 92 of element 130
Diagram minimum -30.0478E3 at node 135 of element 213
Diagram scale: 1: 0.141394E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 15.126E3
Contour maximum 106.086E3 at node 92 of element 130
Contour minimum -30.0478E3 at node 135 of element 213

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

Relazione di calcolo impalcato laterale

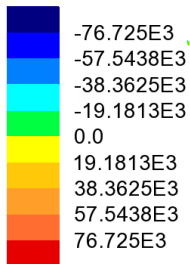
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	76 di 122

Combining on: Fz

Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)

Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam

Component: My (Units: N.m)



Maximum 89.9842E3 at node 151 of element 218

Minimum -82.6471E3 at node 71 of element 89

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

Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)

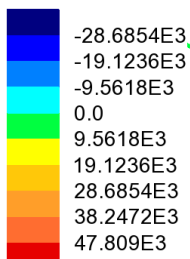
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 89.9842E3 at node 151 of element 218
Diagram minimum -82.6471E3 at node 71 of element 89
Diagram scale: 1: 0.166696E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 19.1813E3
Contour maximum 89.9842E3 at node 151 of element 218
Contour minimum -82.6471E3 at node 71 of element 89

Combining on: Fz

Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam

Component: Fx (Units: N)



Maximum 51.7598E3 at node 86 of element 124

Minimum -34.2963E3 at node 67 of element 85

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

Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: Fz
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 51.7598E3 at node 86 of element 124
Diagram minimum -34.2963E3 at node 67 of element 85
Diagram scale: 1: 0.2898E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 9.5618E3
Contour maximum 51.7598E3 at node 86 of element 124
Contour minimum -34.2963E3 at node 67 of element 85

Combining on: Fz

Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam

Component: Fz (Units: N)



-151.647E3
-129.983E3
-108.319E3
-86.6555E3
-64.9916E3
-43.3277E3
-21.6639E3
0.0
21.6639E3

Maximum 24.7234E3 at node 117 of element 175

Minimum -170.251E3 at node 64 of element 82

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

Scale: 1: 28.1884

Zoom: 49.6498

Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)

Combining on: Fz

Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam

Diagram component: Fz (Units: N)

Diagram maximum 24.7234E3 at node 117 of element 175

Diagram minimum -170.251E3 at node 64 of element 82

Diagram scale: 1: 88.105E-6

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam

Contour component: Fz (Units: N)

Number of contours: 9

Contour interval: 21.6639E3

Contour maximum 24.7234E3 at node 117 of element 175

Contour minimum -170.251E3 at node 64 of element 82

Combining on: Fz

Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam

Component: My (Units: N.m)



-22.0824E3
0.0
22.0824E3
44.1648E3
66.2472E3
88.3295E3
110.412E3
132.494E3
154.577E3

Maximum 161.193E3 at node 64 of element 82

Minimum -37.5489E3 at node 140 of element 197

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

Scale: 1: 28.1884

Zoom: 49.6498

Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)

Combining on: Fz

Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam

Diagram component: My (Units: N.m)

Diagram maximum 161.193E3 at node 64 of element 82

Diagram minimum -37.5489E3 at node 140 of element 197

Diagram scale: 1: 93.0564E-6

Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam

Contour component: My (Units: N.m)

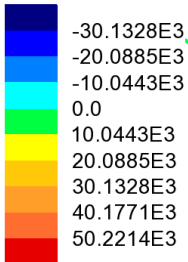
Number of contours: 9

Contour interval: 22.0824E3

Contour maximum 161.193E3 at node 64 of element 82

Contour minimum -37.5489E3 at node 140 of element 197

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



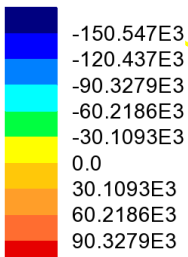
Maximum 51.7598E3 at node 86 of element 124
Minimum -38.6386E3 at Gauss point 10 of element 147

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

Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 51.7598E3 at node 86 of element 124
Diagram minimum -38.6386E3 at Gauss point 10 of element 147
Diagram scale: 1: 0.2898E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 10.0443E3
Contour maximum 51.7598E3 at node 86 of element 124
Contour minimum -38.6386E3 at Gauss point 10 of element 147

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



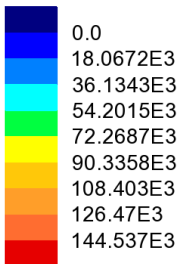
Maximum 100.732E3 at Gauss point 10 of element 130
Minimum -170.251E3 at node 64 of element 82

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

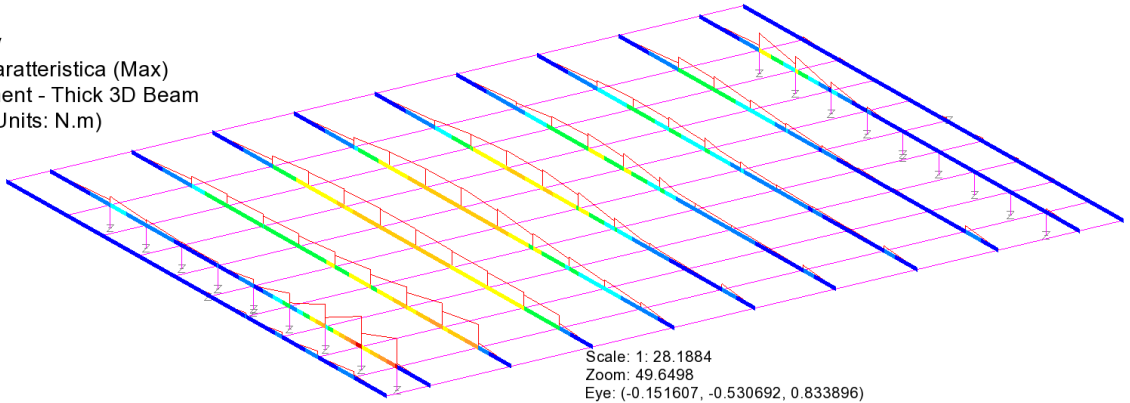
Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 100.732E3 at Gauss point 10 of element 130
Diagram minimum -170.251E3 at node 64 of element 82
Diagram scale: 1: 88.105E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 30.1093E3
Contour maximum 100.732E3 at Gauss point 10 of element 130
Contour minimum -170.251E3 at node 64 of element 82

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



Maximum 161.193E3 at node 64 of element 82
Minimum -1.41192E3 at node 118 of element 176

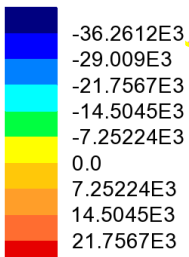


Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)

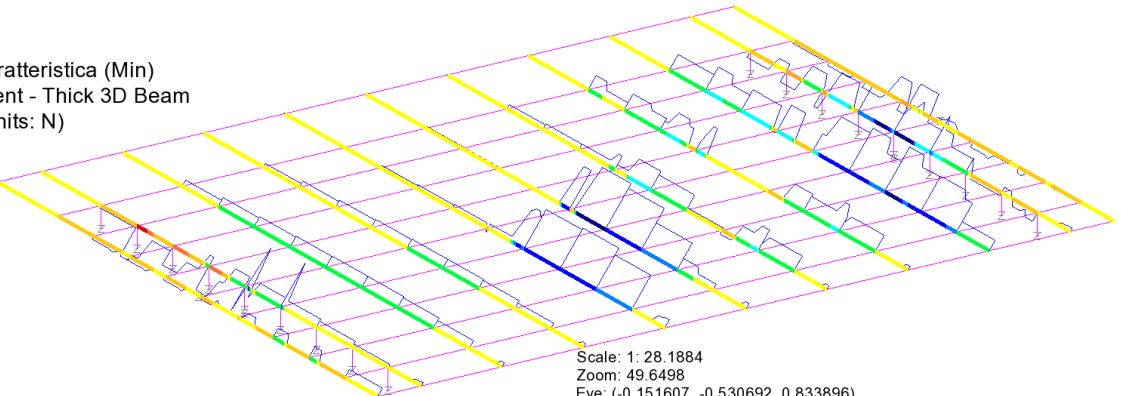
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 161.193E3 at node 64 of element 82
Diagram minimum -1.41192E3 at node 118 of element 176
Diagram scale: 1: 93.0564E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 18.0672E3
Contour maximum 161.193E3 at node 64 of element 82
Contour minimum -1.41192E3 at node 118 of element 176

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 25.1938E3 at Gauss point 9 of element 189
Minimum -40.0764E3 at Gauss point 6 of element 132



Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fx (Units: N)
Diagram maximum 25.1938E3 at Gauss point 9 of element 189
Diagram minimum -40.0764E3 at Gauss point 6 of element 132
Diagram scale: 1: 0.374285E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fx (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 7.25224E3
Contour maximum 25.1938E3 at Gauss point 9 of element 189
Contour minimum -40.0764E3 at Gauss point 6 of element 132

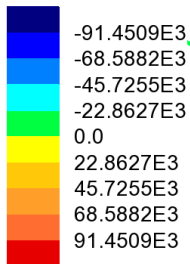
inviluppo S.L.E. caratteristica - Min My - Assoc. Fx

Combining on: My

Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam

Component: Fz (Units: N)



Maximum 102.592E3 at node 93 of element 131

Minimum -103.172E3 at node 86 of element 103

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

Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

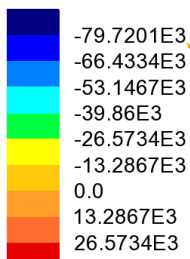
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 102.592E3 at node 93 of element 131
Diagram minimum -103.172E3 at node 86 of element 103
Diagram scale: 1: 0.145388E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 22.8627E3
Contour maximum 102.592E3 at node 93 of element 131
Contour minimum -103.172E3 at node 86 of element 103

Combining on: My

Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

Entity: Force/Moment - Thick 3D Beam

Component: My (Units: N.m)



Maximum 36.933E3 at node 125 of element 193

Minimum -82.6471E3 at node 71 of element 89

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

Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 36.933E3 at node 125 of element 193
Diagram minimum -82.6471E3 at node 71 of element 89
Diagram scale: 1: 0.181495E-3
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 13.2867E3
Contour maximum 36.933E3 at node 125 of element 193
Contour minimum -82.6471E3 at node 71 of element 89

 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 laterale	COMMESSA IN1A	LOTTO 20	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL 01 00 001	REV. A

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 nel modo 6 il principale flessionale.

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

$$M(G) = 242010 \text{ kg}$$

La figura seguente riporta la forma modale n. 6, mentre nella tabella i fattori di partecipazione ricavati.

Modo 6 (verticale) $f = 8.158 \text{ Hz}$

Scale: 1: 28.1884
 Zoom: 49.6498
 Eye: (-0.151607, -0.530692, 0.833896)
 Eigenvalue analysis
 Analysis: 05_modale
 Loadcase: 29:masse, 29:Mode 6 Frequency = 8.15841
 Results file: SL01_Impalcato_rev6~05_modale.mys
 Eigenvalue: 2.62767E3
 Natural frequency: 8.15841
 Error norm: 2.39075E-6
 Maximum displacement 4.08376E-3 at node 158
 Deformation exaggeration: 414.154

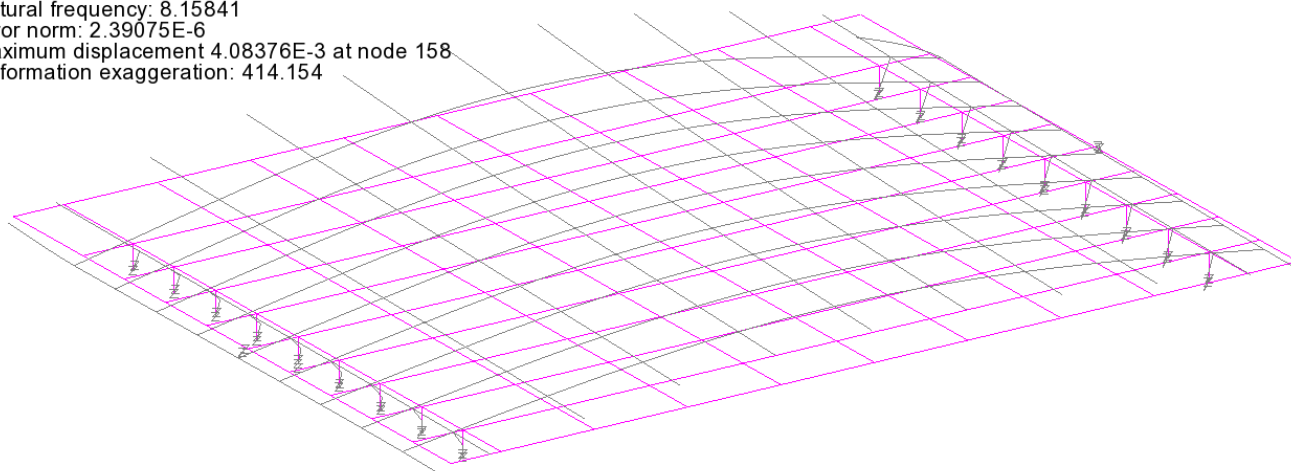


Figura 6.26 Modo n. 6 – flessionale

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	306.9	0.3891	0.3891	381.0	0.5997	0.5997	-0.9042	0.3378E-05	0.3378E-05
2	382.2	0.6037	0.9929	-309.5	0.3957	0.9954	0.1805	0.1346E-06	0.3513E-05
3	-41.38	0.7076E-02	1.000	-33.20	0.4556E-02	0.9999	-6.417	0.1701E-03	0.1737E-03
4	-2.397	0.2374E-04	1.000	-1.942	0.1558E-04	1.000	4.976	0.1023E-03	0.2760E-03
5	1.683	0.1170E-04	1.000	1.284	0.6807E-05	1.000	0.4732E-01	0.9252E-08	0.2760E-03
6	-0.5170E-01	0.1104E-07	1.000	0.9465	0.3702E-05	1.000	393.4	0.6395	0.6397
7	-0.3209	0.4255E-06	1.000	-2.653	0.2907E-04	1.000	76.29	0.2405E-01	0.6638
8	0.2625	0.2848E-06	1.000	0.2521E-01	0.2626E-08	1.000	-1.967	0.1598E-04	0.6638
9	0.6576E-01	0.1787E-07	1.000	0.3756E-01	0.5828E-08	1.000	62.25	0.1601E-01	0.6798
10	-0.2130	0.1875E-06	1.000	-0.3299E-02	0.4497E-10	1.000	38.98	0.6280E-02	0.6861

Tabella 6.20 Coefficienti di partecipazione

Analisi modale – sismica

L'analisi viene arrestata ai primi 50 modi.

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

$$M(G) + 0.2 (Q) = 242010 + 0.2 \times 181040 = 278218 \text{ kg}$$

La figura seguente riporta le forme modali dei tre modi più significativi (1, 2 e 6), mentre in tabella si riportano i fattori di partecipazione ricavati.

Modo 1 (trasversale) f = 1.759 Hz

Scale: 1: 28.1884
Zoom: 48.0621
Eye: (-0.141242, -0.627051, 0.766066)
Eigenvalue analysis
Analysis: 05_modale
Loadcase: 29:masse, 29:Mode 1 Frequency = 1.75905
Results file: SL01_impalcato_rev6_sismica~05_modale.mys
Eigenvalue: 122.156
Natural frequency: 1.75905
Error norm: 0.186437E-3
Maximum displacement 2.10377E-3 at node 153
Deformation exaggeration: 803.941

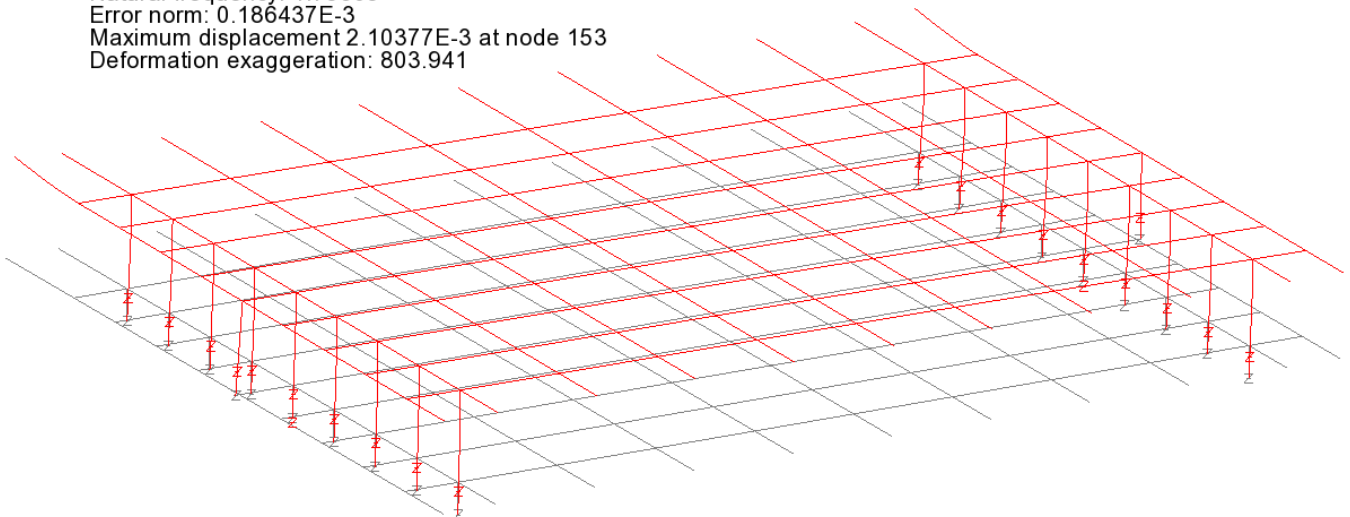


Figura 6.27 Modo 1

Modo 2 (longitudinale) $f = 1.764 \text{ Hz}$

Scale: 1: 28.1884
Zoom: 48.0621
Eye: (-0.141242, -0.627051, 0.766066)
Eigenvalue analysis
Analysis: 05_modale
Loadcase: 29:masse, 29:Mode 2 Frequency = 1.76351
Results file: SL01_impalcato_rev6_sismica~05_modale.mys
Eigenvalue: 122.776
Natural frequency: 1.76351
Error norm: 0.150706E-3
Maximum displacement 1.99187E-3 at node 163
Deformation exaggeration: 849.104

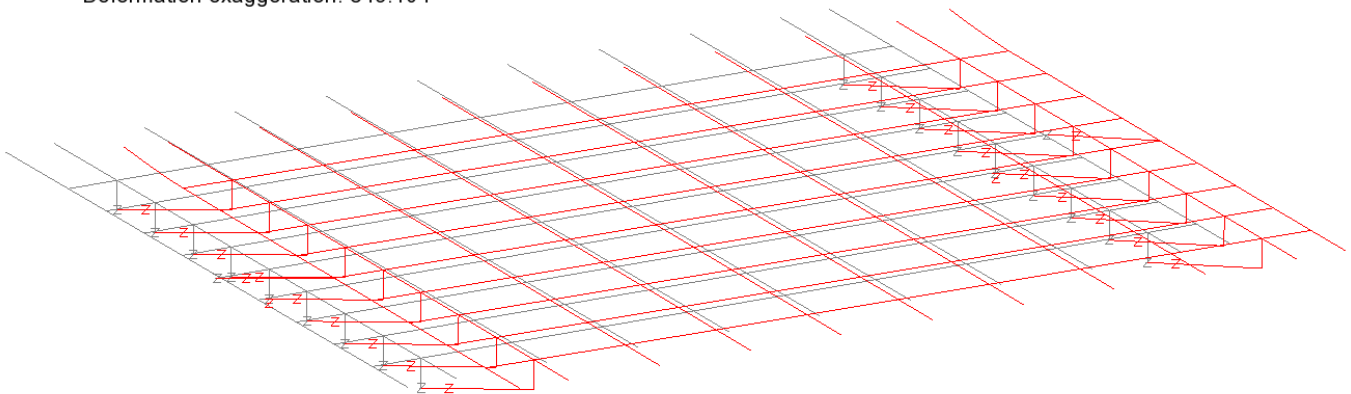


Figura 6.28 Modo 2

Modo 6 (verticale) $f = 7.737 \text{ Hz}$

Scale: 1: 28.1884
Zoom: 42.9126
Eye: (-0.141242, -0.627051, 0.766066)
Eigenvalue analysis
Analysis: 05_modale
Loadcase: 29:masse, 29:Mode 6 Frequency = 7.73685
Results file: SL01_impalcato_rev6_sismica~05_modale.mys
Eigenvalue: 2.36314E3
Natural frequency: 7.73685
Error norm: 2.6388E-6
Maximum displacement 3.30027E-3 at node 158
Deformation exaggeration: 512.474

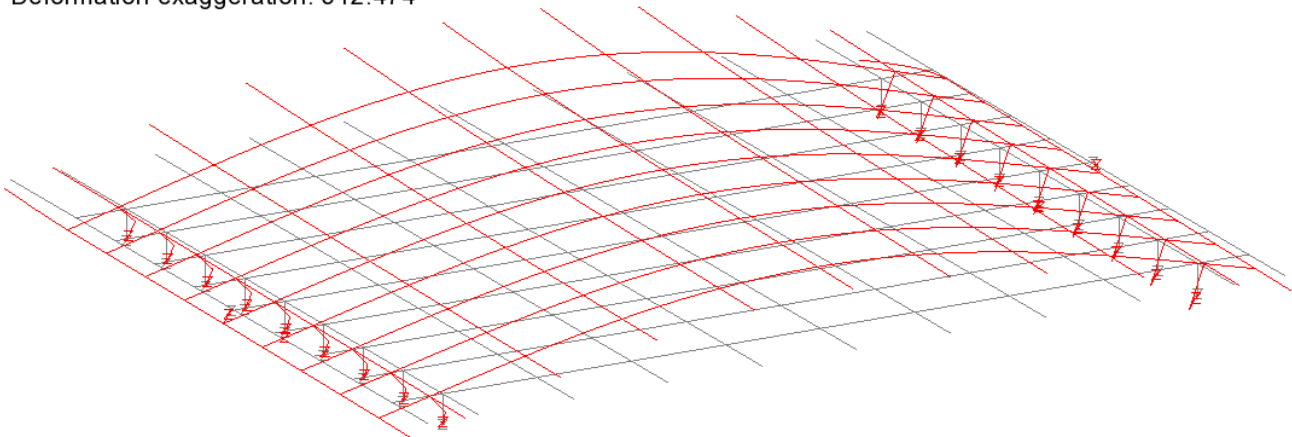


Figura 6.29 Modo 6

Relazione di calcolo impalcato laterale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	84 di 122

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	133.2	0.6379E-01	0.6379E-01	510.1	0.9355	0.9355	-0.3021	0.3280E-06	0.3280E-06
2	510.2	0.9355	0.9355	-133.5	0.6405E-01	0.9996	-0.5638E-01	0.1143E-07	0.3395E-06
3	-13.42	0.6474E-03	1.000	-10.09	0.3662E-03	0.9999	-6.892	0.1708E-03	0.1711E-03
4	-2.019	0.1466E-04	1.000	-1.631	0.9559E-05	1.000	6.101	0.1338E-03	0.3049E-03
5	-1.692	0.1030E-04	1.000	-1.287	0.5957E-05	1.000	0.1336	0.6418E-07	0.3050E-03
6	0.5492E-03	0.1084E-11	1.000	0.3629	0.4734E-06	1.000	428.7	0.6606	0.6609
7	-0.3414	0.4190E-06	1.000	-2.944	0.3117E-04	1.000	29.15	0.3054E-02	0.6640
8	0.2811	0.2840E-06	1.000	0.1091E-01	0.4280E-09	1.000	-2.127	0.1626E-04	0.6640
9	0.4070	0.5954E-06	1.000	0.2503E-02	0.2252E-10	1.000	2.097	0.1580E-04	0.6640
10	0.7503E-01	0.1023E-07	1.000	-0.9289E-01	0.3102E-07	1.000	43.64	0.6847E-02	0.6708
11	-0.5335E-01	0.1023E-07	1.000	-0.1338	0.6431E-07	1.000	31.14	0.3485E-02	0.6743
12	0.7988E-01	0.2294E-07	1.000	-0.2735E-01	0.2688E-08	1.000	-54.53	0.1069E-01	0.6850
13	-0.9712E-05	0.3391E-15	1.000	-0.3128	0.3517E-06	1.000	-7.935	0.2263E-03	0.6852
14	0.2613E-01	0.2454E-08	1.000	0.1108	0.4414E-07	1.000	-13.06	0.6133E-03	0.6859
15	0.3268E-01	0.3840E-08	1.000	0.4717	0.7999E-06	1.000	-39.05	0.5481E-02	0.6913
16	-0.2441E-01	0.2141E-08	1.000	-1.151	0.4765E-05	1.000	-45.08	0.7306E-02	0.6986
17	-0.5131E-01	0.9464E-08	1.000	0.6293E-01	0.1424E-07	1.000	-2.361	0.2003E-04	0.6987
18	0.6692E-01	0.1610E-07	1.000	0.3523E-01	0.4461E-08	1.000	-3.159	0.3586E-04	0.6987
19	-0.9677E-01	0.3366E-07	1.000	-0.5888E-01	0.1246E-07	1.000	-26.99	0.2618E-02	0.7013
20	-0.2433E-01	0.2128E-08	1.000	0.9346E-01	0.3140E-07	1.000	32.97	0.3907E-02	0.7052
21	-0.2356E-02	0.1996E-10	1.000	0.6074E-02	0.1326E-09	1.000	6.118	0.1345E-03	0.7054
22	0.7621E-02	0.2088E-09	1.000	-0.2965E-01	0.3159E-08	1.000	-16.68	0.1001E-02	0.7064
23	0.1772E-01	0.1129E-08	1.000	-0.3445E-01	0.4267E-08	1.000	-29.53	0.3134E-02	0.7095
24	-0.5190E-02	0.9683E-10	1.000	-0.5055E-01	0.9185E-08	1.000	-15.24	0.8354E-03	0.7103
25	0.3923E-01	0.5532E-08	1.000	0.4985E-01	0.8935E-08	1.000	-64.68	0.1504E-01	0.7254
26	0.4207E-01	0.6362E-08	1.000	0.9142E-02	0.3004E-09	1.000	56.39	0.1143E-01	0.7368
27	-0.2814E-01	0.2846E-08	1.000	-0.6949E-01	0.1736E-07	1.000	27.79	0.2776E-02	0.7396
28	0.6494E-02	0.1516E-09	1.000	0.8304E-01	0.2479E-07	1.000	-7.092	0.1808E-03	0.7398
29	0.2007E-02	0.1448E-10	1.000	-0.2587	0.2405E-06	1.000	54.69	0.1075E-01	0.7505
30	-0.4677E-02	0.7862E-10	1.000	0.2953E-02	0.3134E-10	1.000	-2.662	0.2547E-04	0.7505
31	-0.1740E-02	0.1088E-10	1.000	0.7843E-02	0.2211E-09	1.000	-4.715	0.7992E-04	0.7506
32	-0.2773E-02	0.2764E-10	1.000	0.5206E-01	0.9742E-08	1.000	-19.19	0.1324E-02	0.7519
33	0.4427E-01	0.7045E-08	1.000	0.7896E-01	0.2241E-07	1.000	13.35	0.6407E-03	0.7526
34	-0.7369E-02	0.1952E-09	1.000	-0.9109E-02	0.2983E-09	1.000	7.186	0.1856E-03	0.7528
35	-0.1473E-01	0.7796E-09	1.000	0.1116	0.4479E-07	1.000	5.334	0.1023E-03	0.7529
36	0.9063E-02	0.2953E-09	1.000	-0.3677E-01	0.4861E-08	1.000	-41.39	0.6158E-02	0.7590
37	-0.6112E-01	0.1343E-07	1.000	-0.1425	0.7296E-07	1.000	-35.05	0.4416E-02	0.7634
38	-0.6031E-01	0.1307E-07	1.000	0.1777E-01	0.1136E-08	1.000	-15.95	0.9150E-03	0.7644
39	-0.3880E-01	0.5410E-08	1.000	-0.4877E-01	0.8549E-08	1.000	155.9	0.8742E-01	0.8518
40	-0.3188E-01	0.3653E-08	1.000	0.1828E-01	0.1201E-08	1.000	5.349	0.1028E-03	0.8519
41	0.4697E-01	0.7930E-08	1.000	0.2124E-01	0.1621E-08	1.000	12.09	0.5256E-03	0.8524
42	-0.1825E-01	0.1198E-08	1.000	-0.7685E-01	0.2123E-07	1.000	-34.80	0.4353E-02	0.8568
43	-0.2084E-01	0.1561E-08	1.000	0.4900E-01	0.8630E-08	1.000	16.60	0.9903E-03	0.8577
44	-0.1395E-01	0.7000E-09	1.000	-0.3960E-01	0.5637E-08	1.000	136.9	0.6741E-01	0.9252
45	0.5540E-01	0.1103E-07	1.000	0.9404E-01	0.3179E-07	1.000	47.74	0.8193E-02	0.9333
46	0.2414E-01	0.2095E-08	1.000	-0.8931E-02	0.2867E-09	1.000	-54.38	0.1063E-01	0.9440
47	-0.1706E-01	0.1046E-08	1.000	0.5594E-01	0.1125E-07	1.000	-34.94	0.4389E-02	0.9484
48	-0.2393E-01	0.2059E-08	1.000	0.5529E-02	0.1099E-09	1.000	55.09	0.1091E-01	0.9593
49	0.3359E-01	0.4056E-08	1.000	-0.2015E-01	0.1459E-08	1.000	34.46	0.4268E-02	0.9635
50	0.1444E-01	0.7497E-09	1.000	0.2199E-01	0.1739E-08	1.000	14.15	0.7193E-03	0.9643

Tabella 6.21 Fattori di partecipazione - analisi modale per an. sismica

Come si può notare, l'analisi è in grado di attivare una percentuale superiore al 96 % della massa, e viene pertanto ritenuta rappresentativa.

6.3.2.3 Sovrapposizione modale – principali risultati

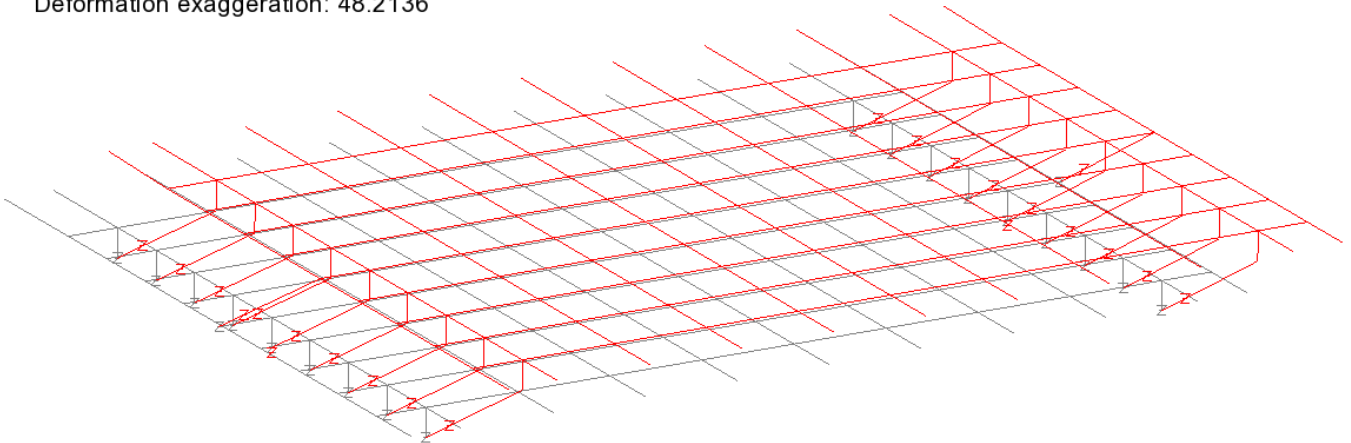
Qui di seguito si riportano le deformate inerenti agli spostamenti sismici valutati con riferimento alla sovrapposizione modale SLV ed SLD. Gli spostamenti indicati sono espressi in m.

Relazione di calcolo impalcato laterale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	85 di 122

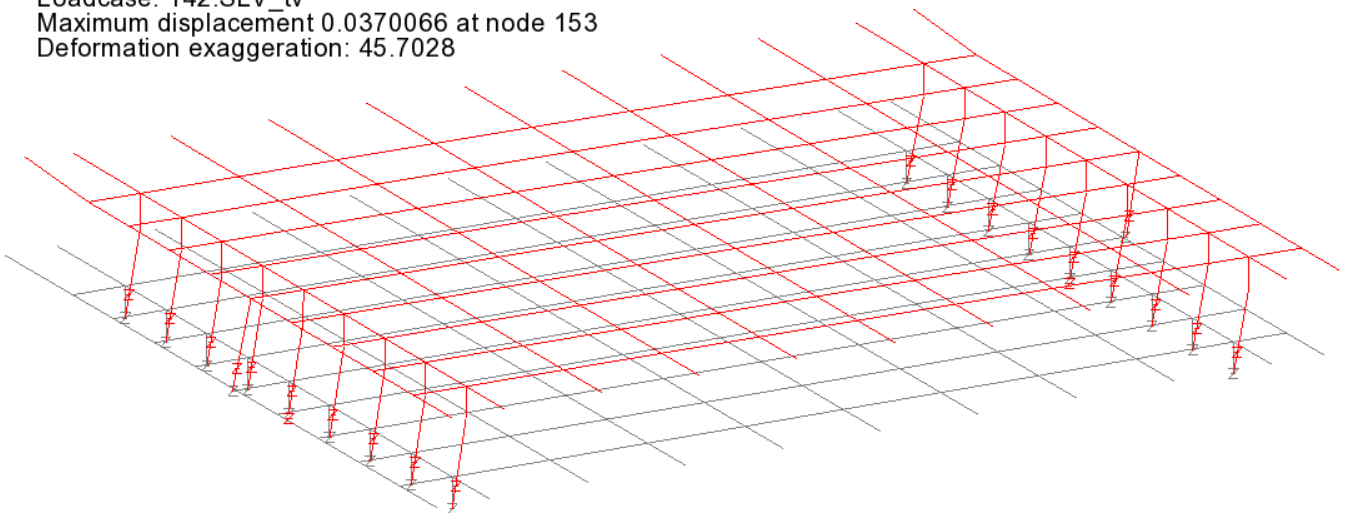
SLV – lg (max δ_{lg})

Scale: 1: 28.1884
Zoom: 42.9126
Eye: (-0.141242, -0.627051, 0.766066)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLV_Se
Loadcase: 141:SLV_lg
Maximum displacement 0.0350794 at node 163
Deformation exaggeration: 48.2136



SLV – tv (max δ_{trv})

Scale: 1: 28.1884
Zoom: 42.9126
Eye: (-0.141242, -0.627051, 0.766066)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLV_Se
Loadcase: 142:SLV_tv
Maximum displacement 0.0370066 at node 153
Deformation exaggeration: 45.7028

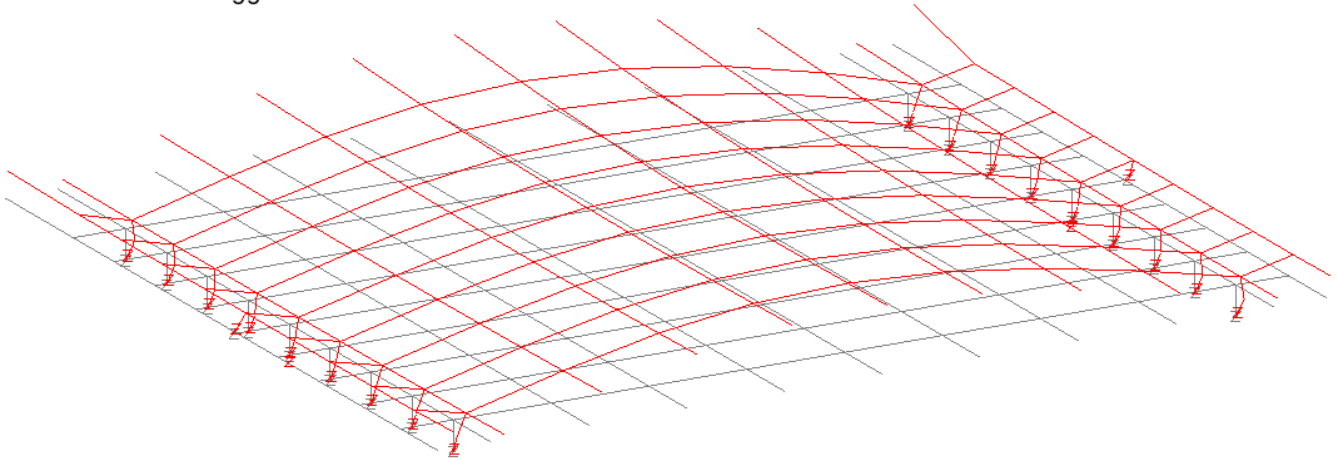


Relazione di calcolo impalcato laterale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	86 di 122

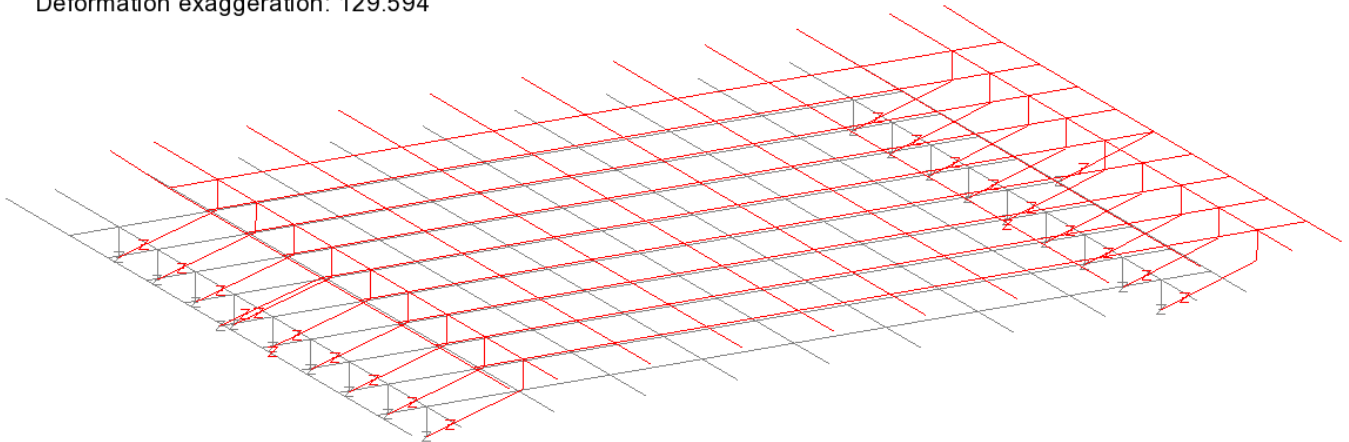
SLV – vert (max δv)

Scale: 1: 28.1884
Zoom: 42.9126
Eye: (-0.141242, -0.627051, 0.766066)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLV_Sv
Loadcase: 143:SLV_vert
Maximum displacement 1.76787E-3 at node 158
Deformation exaggeration: 956.688



SLD – lg (max δl_g)

Scale: 1: 28.1884
Zoom: 42.9126
Eye: (-0.141242, -0.627051, 0.766066)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLD_Se
Loadcase: 144:SLD_lg
Maximum displacement 0.0130508 at node 163
Deformation exaggeration: 129.594

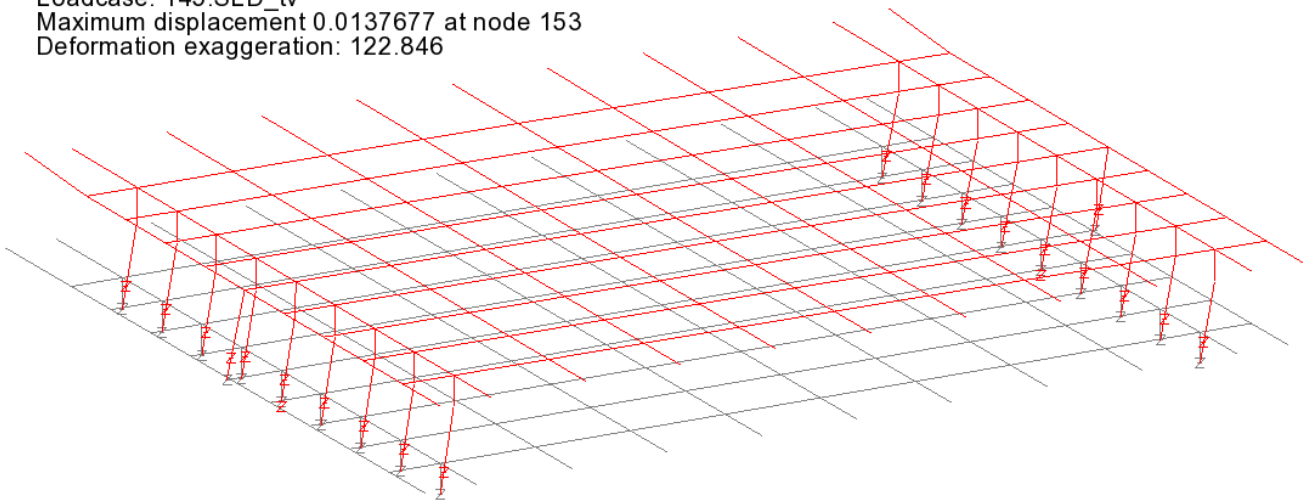


Relazione di calcolo impalcato laterale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	87 di 122

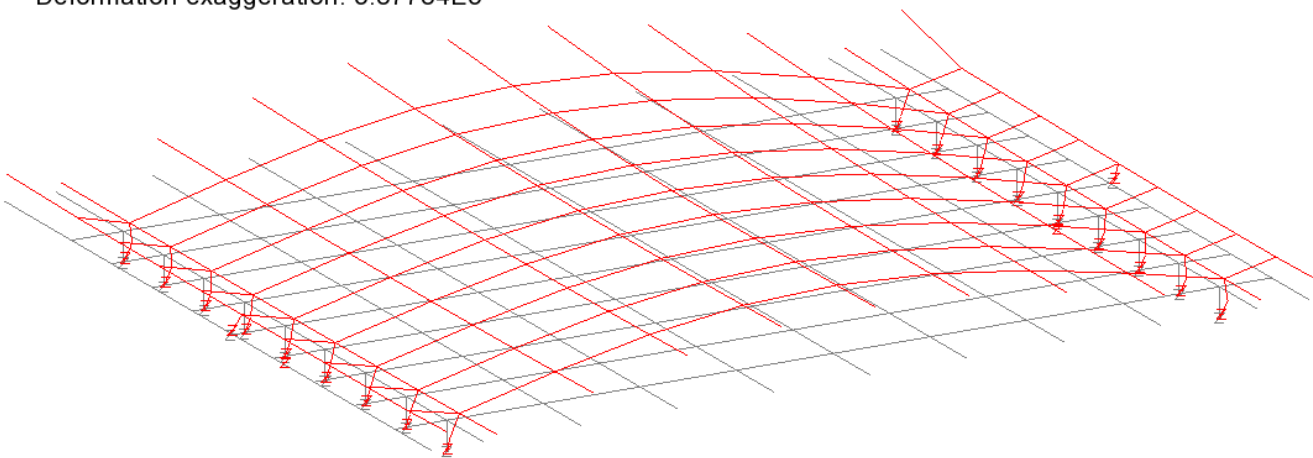
SLD – tv (max δ_{trv})

Scale: 1: 28.1884
Zoom: 42.9126
Eye: (-0.141242, -0.627051, 0.766066)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLD_Se
Loadcase: 145:SLD_tv
Maximum displacement 0.0137677 at node 153
Deformation exaggeration: 122.846



SLD – vert (max δ_v)

Scale: 1: 28.1884
Zoom: 42.9126
Eye: (-0.141242, -0.627051, 0.766066)
Spectral response analysis
CQC combination
Spectrum: SLD_Sv
Loadcase: 146:SLD_vert
Maximum displacement 0.436146E-3 at node 158
Deformation exaggeration: 3.87784E3



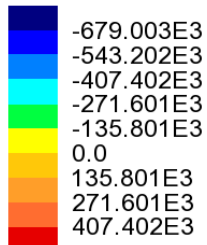
6.4 Verifiche strutturali impalcato

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 mezzera.

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

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



Maximum 527.112E3 at node 61 of element 58
Minimum -695.093E3 at node 53 of element 51

Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.141242, -0.627051, 0.766066)
Combining on: Fz
Involuppo S.L.U. A1 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: Fz (Units: N)
Diagram maximum 527.112E3 at node 61 of element 58
Diagram minimum -695.093E3 at node 53 of element 51
Diagram scale: 1: 21.5798E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: Fz (Units: N)
Number of contours: 9
Contour interval: 135.801E3
Contour maximum 527.112E3 at node 61 of element 58
Contour minimum -695.093E3 at node 53 of element 51

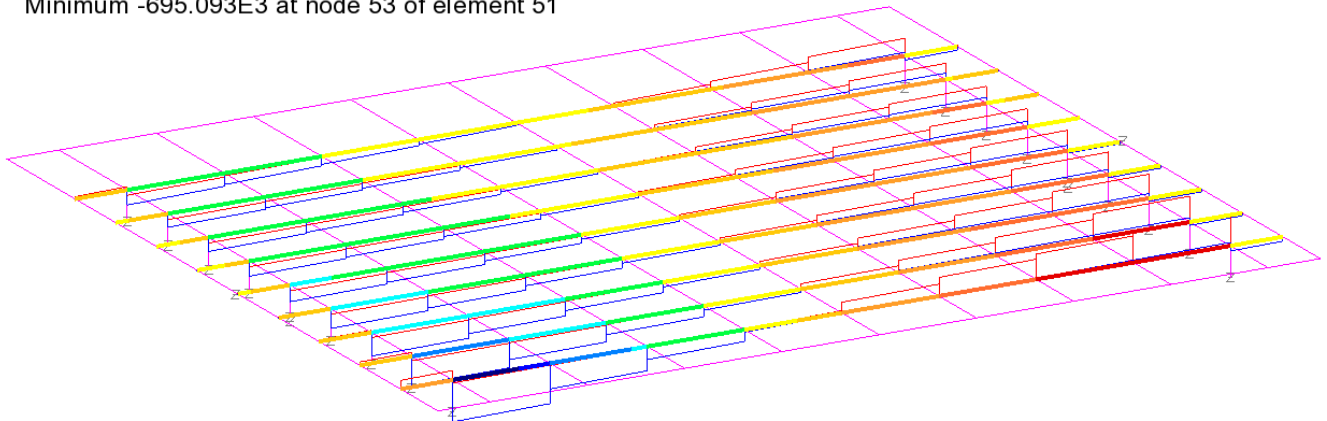
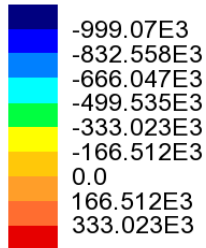


Figura 6.30 max/min V - S.L.U.

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



Maximum 334.772E3 at node 53 of element 51
 Minimum -1.16383E6 at node 57 of element 55

Scale: 1: 28.1884
 Zoom: 49.6498
 Eye: (-0.141242, -0.627051, 0.766066)
 Combining on: My
 Involuppo S.L.U. A1 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Diagram component: My (Units: N.m)
 Diagram maximum 334.772E3 at node 53 of element 51
 Diagram minimum -1.16383E6 at node 57 of element 55
 Diagram scale: 1: 12.8884E-6
 Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Contour component: My (Units: N.m)
 Number of contours: 9
 Contour interval: 166.512E3
 Contour maximum 334.772E3 at node 53 of element 51
 Contour minimum -1.16383E6 at node 57 of element 55

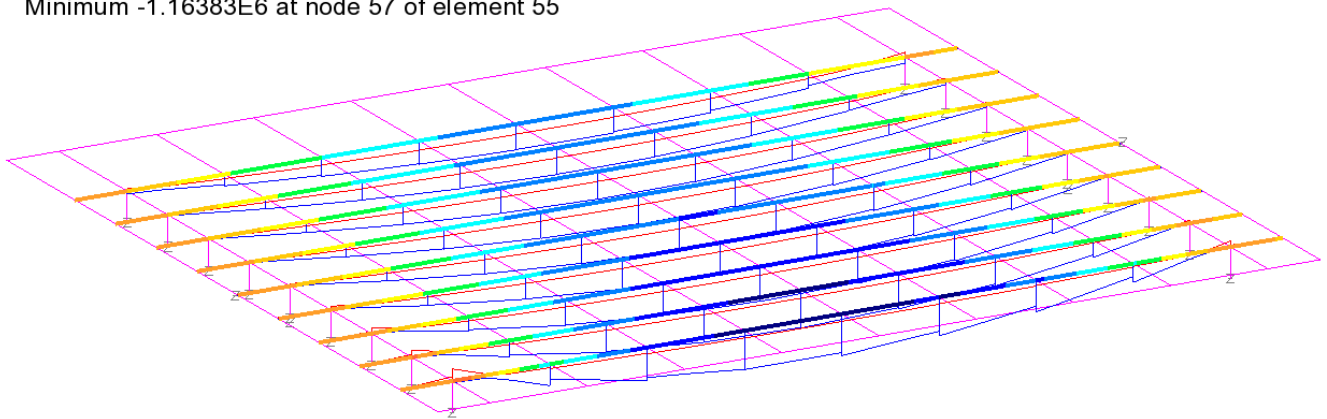


Figura 6.31 max/min M - S.L.U.

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.

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

Caratteristiche del profilo

tipo	HEM550
A	3.54E+04 mm ²
Wxx max	6.92E+06 mm ³
Av	1.20E+04 mm ²

Caratteristiche materiale

f _{yk}	355.00 MPa
γ _M	1.05
σ _{lim}	338.10 Mpa

Posizione	comb_ver	elem	nodo	sollecitazioni risultanti			tensioni calcolate (Mpa)					R.S. η(σ _{id} /σ _{lim})
				N (kN)	V (kN)	M (kNm)	σ _N	σ _M	σ _{max}	τ _{med}	σ _{id}	
Mezzeria	S.L.U. Min My	55	57	85.00	185.00	-1164.00	2.40	-168.14	170.53	15.40	172.61	0.51
Appoggio sp1	S.L.U. Min V	51	53	-39.00	-695.00	-580.00	-1.10	-83.78	84.88	-57.86	131.33	0.39
Appoggio sp2	S.L.U. Max V	58	61	7.00	527.00	-515.00	0.20	-74.39	74.59	43.87	106.48	0.31

Tabella 6.22 Verifica profilo metallico HEB800

Relazione di calcolo impalcato laterale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	90 di 122

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	-37177.46	1.350	-50189.57
gk1-peso getto	-96188.74	1.350	-129854.79
gk1-peso getto sbalzo su laterale	-8642.72	1.350	-11667.67
gk2-sovraccarichi finiture	-13943.79	1.350	-18824.11
gk3-ballast	-95034.45	1.500	-142551.67
Fw_scarico	30468.30	-0.900	-27421.47
Tk	420.57	-0.900	-378.52
LM71_avvio_binario1	-571.76	0.725	-414.52
serpeggio_POS_LM71_posB_binario1	23079.13	-1.450	-33464.73
	-		
LM71_NEG_posB_binario1	516597.02	1.450	-749065.68
			-1163832.74

Tabella 6.23 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

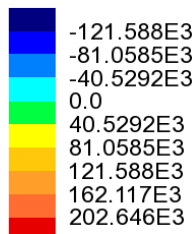
Verifica per tensioni normali

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: $b = 1.00 \text{ m}$
- Elemento "corrente": $b = 1.00 \text{ m}$

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



Maximum 241.2E3 at node 64 of element 82
 Minimum -123.563E3 at node 71 of element 89

Scale: 1: 28.1884
 Zoom: 49.6498
 Eye: (-0.141242, -0.627051, 0.766066)
 Combining on: My
 Inviluppo S.L.U. A1 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Diagram component: My (Units: N.m)
 Diagram maximum 241.2E3 at node 64 of element 82
 Diagram minimum -123.563E3 at node 71 of element 89
 Diagram scale: 1: 62.1889E-6
 Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Contour component: My (Units: N.m)
 Number of contours: 9
 Contour interval: 40.5292E3
 Contour maximum 241.2E3 at node 64 of element 82
 Contour minimum -123.563E3 at node 71 of element 89

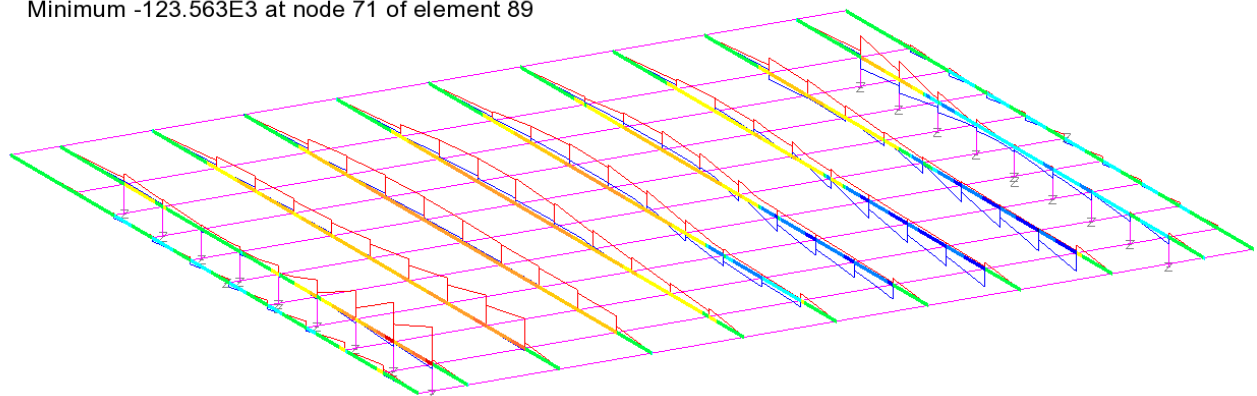
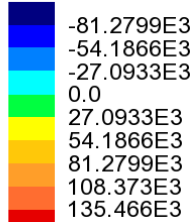


Figura 6.32 elementi trasversali - My S.L.U.

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



Maximum 161.193E3 at node 64 of element 82
Minimum -82.6471E3 at node 71 of element 89

Scale: 1: 28.1884
Zoom: 49.6498
Eye: (-0.141242, -0.627051, 0.766066)
Combining on: My
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 161.193E3 at node 64 of element 82
Diagram minimum -82.6471E3 at node 71 of element 89
Diagram scale: 1: 93.0564E-6
Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Contour component: My (Units: N.m)
Number of contours: 9
Contour interval: 27.0933E3
Contour maximum 161.193E3 at node 64 of element 82
Contour minimum -82.6471E3 at node 71 of element 89

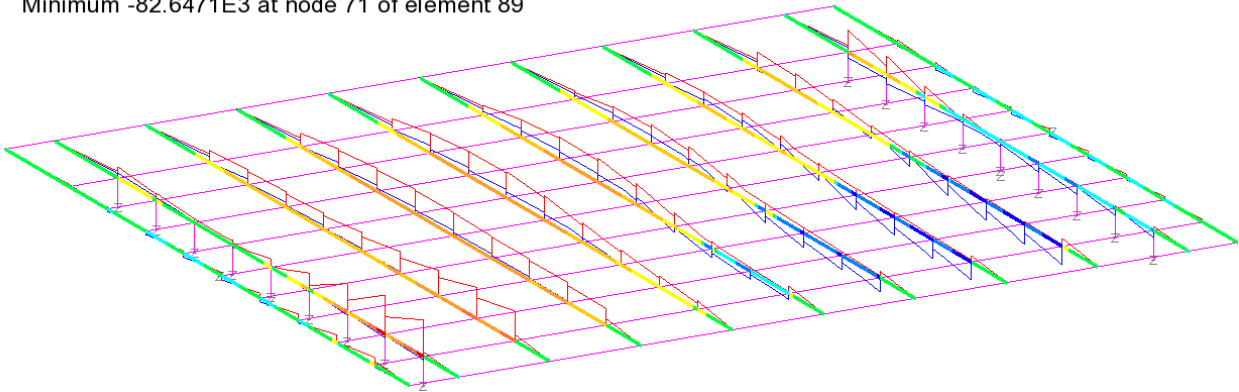


Figura 6.33 elementi trasversali - My S.L.E.

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

Le sollecitazioni per la verifica sono le seguenti:

SLU su 100 cm		
	N	M [kN*m]
	[kN]	
Cond. Mmax	58.5	241.2
Cond. Mmin	-42.8	-123.6
SLE rara su 100 cm		
	N	M [kN*m]
	[kN]	
Cond. Mmax	40.3	161.2
Cond. Mmin	-29.3	-82.6

Relazione di calcolo impalcato laterale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	93 di 122

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

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 $h = 610$ 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
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	18.3 MPa
	ACCIAIO -	Tipo:
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 - Sf Limite:	337.5 MPa	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	61.0	cm
Barre inferiori:	5 $\varnothing 20$	(15.7 cm ²)
Barre superiori:	10 $\varnothing 20$	(31.4 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	5.5	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	5.5	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

Relazione di calcolo impalcato laterale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	94 di 122

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	-58.50	-241.20	0.00	0.00
2	42.80	123.60	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	-40.30	-161.20
2	29.30	82.60

RISULTATI DEL CALCOLO
Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.0 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 8.0 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	-58.50	-241.20			2.519	15.8	0.29	0.80	31.4 (9.9)
2	S	42.80	123.60			2.645	49.6	0.20	0.70	15.7 (9.9)

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
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Relazione di calcolo impalcato laterale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	95 di 122

1	0.00078	0.0	0.00051	5.5	-0.00196	55.5
2	0.00050	61.0	0.00026	55.5	-0.00196	5.5

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	3.08	0.0	0.00	16.5	-109.0	5.5	13.8	1375	31.4	9.9
2	S	1.92	61.0	0.00	48.0	-94.0	55.5	13.8	1375	15.7	22.3

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]

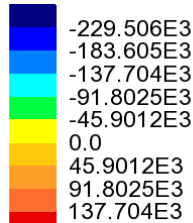
N°Comb	Ver	e1	e2	e3	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00062	0.00023	-0.00043	0.85	0.60	0.000327 (0.000327)	405	0.132 (0.20)	-237.22
2	S	-0.00053	0.00014	-0.00038	0.86	0.60	0.000282 (0.000282)	663	0.187 (0.20)	240.13

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 153.799E3 at node 92 of element 130
 Minimum -259.312E3 at node 64 of element 82

Scale: 1: 18.2308
 Zoom: 30.5641
 Eye: (-0.234553, -0.689532, 0.685223)
 Combining on: Fz
 Involuppo S.L.U. A1 (Max)

Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Diagram component: Fz (Units: N)
 Diagram maximum 153.799E3 at node 92 of element 130
 Diagram minimum -259.312E3 at node 64 of element 82
 Diagram scale: 1: 38.5636E-6
 Contour entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
 Contour component: Fz (Units: N)
 Number of contours: 9
 Contour interval: 45.9012E3
 Contour maximum 153.799E3 at node 92 of element 130
 Contour minimum -259.312E3 at node 64 of element 82

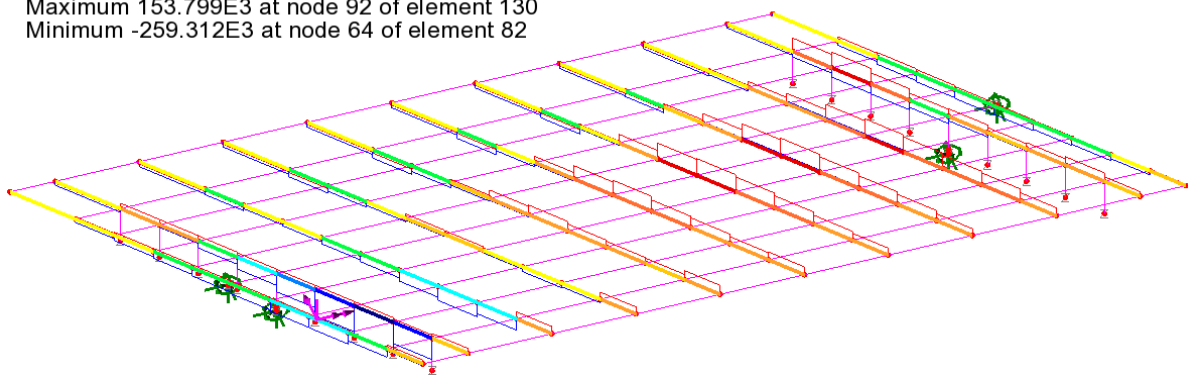


Figura 6.34 elementi trasversali - V S.L.U.

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: $b = 1.00 \text{ m}$
- Elemento “corrente”: $b = 1.00 \text{ m}$

La massima azione tagliante in rapporto alla larghezza della sezione viene rilevata in corrispondenza degli elementi trasversali posti a cavallo degli appoggi (elem. $b = 610 \text{ mm}$), con momento che tende le fibre superiori.

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	82		58.5	259.3	1000.00	610.00

Tabella 6.24 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.

 $N_{ed,conc}$ **-58.50** kN Azione assiale concomitante (positive le compressioni !!!)

 $V_{E,d}$ **259.30** kN Azione tagliante di progetto

Caratteristiche sezione
 b **1000** mm Larghezza totale

 h **610** mm Altezza totale

 A_c **6.10E+05** mm² Area sezione

 A_{sl} **3.14E+03** mm³ Armatura al lembo teso

 c **55** mm Distanza armature tese da lembo esterno

 d **555** mm Altezza utile sezione

 $\rho_l =$ **5.658E-03** $\min(A_{sl}/b_w d) ; 0.02$ 6.2.2(1)

 z_{app} **499.5** mm Braccio coppia interna approssimato

 z_{calc} **0** mm Braccio coppia interna effettva (= 0 se utilizzo approssimato)

 z **499.5** 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)

 $k =$ **1.60** $\min([1+(200/d)^{0.5}] ; 2)$ 6.2.2(1)

 $k_1 =$ **0.15** 6.2.2(1), nota1 - parametro di scelta nazionale (NAD)

 $\sigma_{cp} =$ **-0.10** MPa Tensione med. di compressione nell'elemento (lim. Sup. 3.08 Mpa)

 $V_{min} =$ **0.40** MPa 6.2.2(1): 6.3N - parametro di scelta nazionale (NAD)

 $V_{Rd,c,min} =$ **193.02** 6.2.2.(1):6.2b

 $V_{Rd,c} =$ **271.87** kN 6.2.2.(1):6.2a

La verifica è soddisfatta

Tabella 6.25 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.

Relazione di calcolo impalcato laterale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	98 di 122

6.4.2.2 Sbalzo laterale sinistro

I diagrammi seguenti riportano l'andamento del momento flettente in corrispondenza dell'elemento tipico di sbalzo, di larghezza pari a 1.00 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)



-115.554E3
-77.0361E3
-38.518E3
0.0
38.518E3
77.0361E3
115.554E3
154.072E3
192.59E3

Maximum 208.197E3 at node 146 of element 234
Minimum -138.465E3 at node 157 of element 234

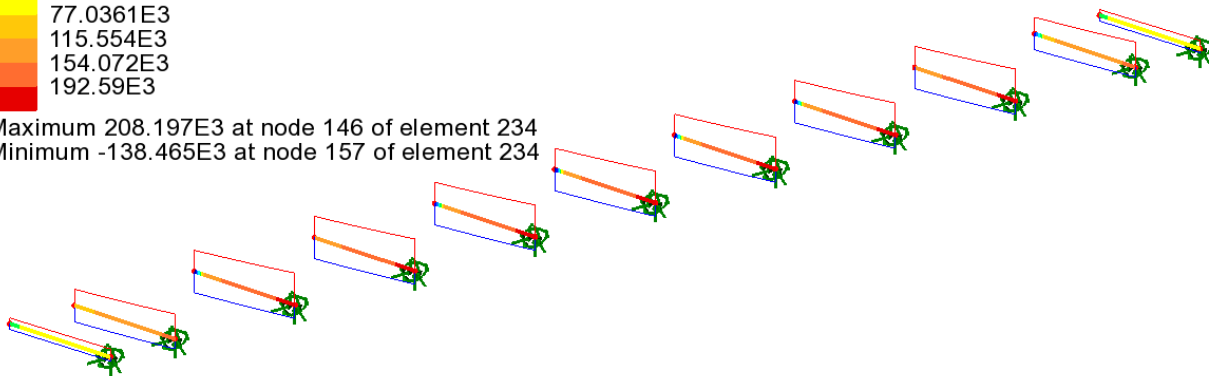
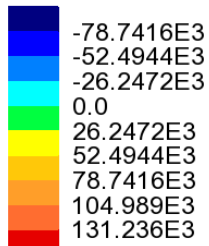


Figura 6.35 – diagramma max/min M S.L.U.

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



Maximum 143.915E3 at node 147 of element 235
Minimum -92.31E3 at node 157 of element 234

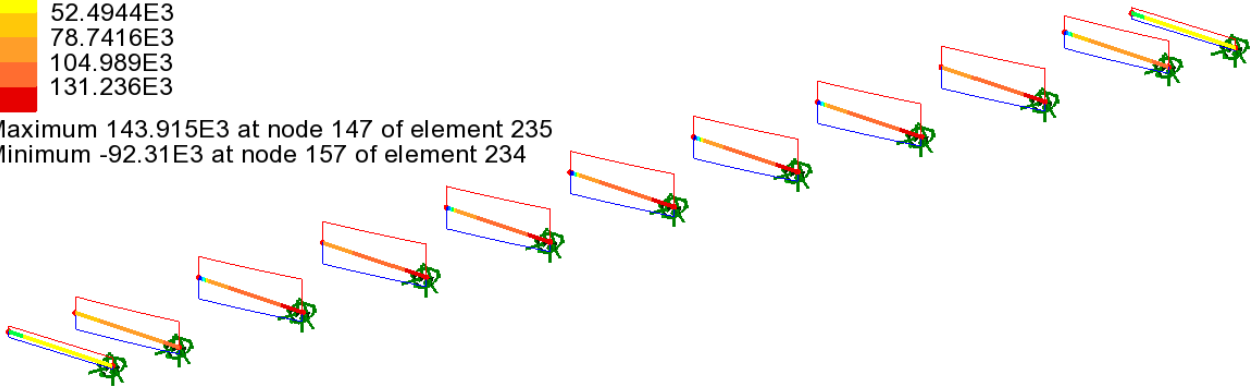


Figura 6.36 – diagramma max/min M S.L.E.

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 83 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 20/20 (*)

Le sollecitazioni per la verifica sono le seguenti:

	SLU su 100 cm	
	N	M [kN*m]
	[kN]	
Cond. Mmax	32.5	208.2
Cond. Mmin	-32.5	-138.5
	SLE rara su 100 cm	
	N	M [kN*m]
	[kN]	
Cond. Mmax	21.7	143.9
Cond. Mmin	-21.7	-92.3

Verifica sezione 1-1 e sezione 2-2 (h 830 mm)

Relazione di calcolo impalcato laterale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	100 di 122

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

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 fid: 391.3 MPa
 Deform. ultima di progetto Epu: 0.068
 Modulo Elastico Ef: 200000.0 MPa
 Diagramma tensioni-deformaz.: Bilineare finito
 Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$: 1.00
 Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50
 Comb.Rare - Sf Limite: 337.5 MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base: 100.0 cm
 Altezza: 83.0 cm
 Barre inferiori: 5Ø20 (15.7 cm²)
 Barre superiori: 10Ø16 (20.1 cm²)
 Coprif.Inf.(dal baric. barre): 5.5 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]

Relazione di calcolo impalcato laterale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	101 di 122

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	-32.50	-208.20	0.00	0.00
2	32.50	138.50	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	-21.70	-143.90
2	21.70	92.30

RISULTATI DEL CALCOLO
Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.0 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	-32.50	-208.20			2.691	15.5	0.20	0.70	20.1 (13.9)
2	S	32.50	138.50			3.310	68.9	0.18	0.70	15.7 (13.9)

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	0.00049	0.0	0.00032	5.5	-0.00196	77.7
2	0.00044	83.0	0.00027	77.7	-0.00196	5.5

Relazione di calcolo impalcato laterale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	102 di 122

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	1.90	0.0	0.00	16.7	-104.6	5.5	13.3	1325	20.1	9.9
2	S	1.35	83.0	0.00	66.5	-74.7	77.7	13.8	1375	15.7	22.3

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	0.00014	-0.00045	0.90	0.60	0.000314 (0.000314)	476	0.149 (0.20)	-402.02
2	S	-0.00041	0.00010	-0.00032	0.90	0.60	0.000224 (0.000224)	687	0.154 (0.20)	420.43

6.5 Verifiche per combinazioni eccezionali
6.5.1 Deragliamento

Dall'esame delle sollecitazioni rilevate sul modello fem, si evince che le sollecitazioni indotte dalla condizione di deragliamento 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 Deragliamento involuppo sollecitazioni flettenti dei due casi di deragliamento valutati

Scale: 1: 18.2308
Zoom: 30.5641
Eye: (-0.197265, -0.565147, 0.801059)
Combining on: My
EnvQk_gr1_3 (Max)
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 201.638E3 at node 53 of element 51
Diagram minimum -539.962E3 at node 57 of element 55
Diagram scale: 1: 18.5198E-6

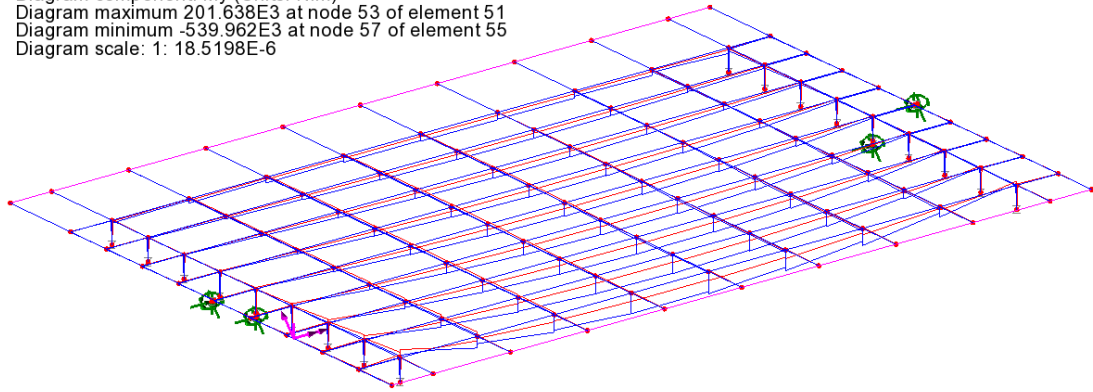


Figura 6.37 involuopo Qk - max/min M su elementi grigliato

Scale: 1: 18.2308
Zoom: 30.5641
Eye: (-0.197265, -0.565147, 0.801059)
Combining on: My
Env_deragliamento_caso_2 (Max)
Diagram entity: Force/Moment - Thick 3D Beam
Diagram component: My (Units: N.m)
Diagram maximum 49.0158E3 at node 151 of element 228
Diagram minimum -203.627E3 at node 147 of element 224
Diagram scale: 1: 49.1093E-6

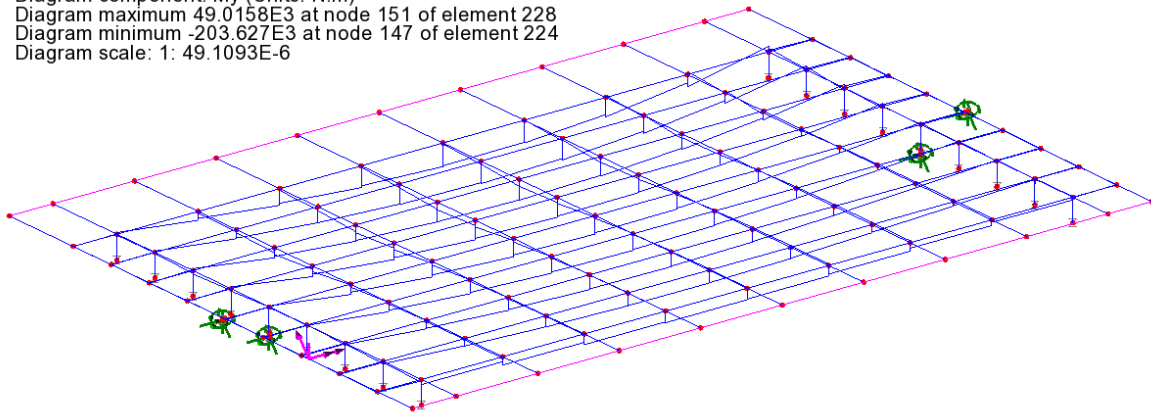


Figura 6.38 involuopo deragliament (caso2) - max/min M su elementi grigliato

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 deragliament.

Si rileva infatti:

Min M Qk = -540 kNm

Min M deragliament = -204 kNm

6.5.2 Urto sotto l'impalcato

Come accennato nei paragrafi precedenti, si effettua il controllo delle massime azioni indotte sui dispositivi di vincolo.

Di seguito si riportano le reazioni orizzontali e rispettivamente verticali derivanti dalla combinazione eccezionale "A - urto", che involupa le sottocombinazioni inerenti l'urto orizzontale e verticale considerate separatamente.

Scale: 1: 54.5473
 Zoom: 89.2857
 Eye: (-0.106848, -0.887704, 0.447845)
 Combining on: Fy
 Env_urto (Max)
 Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)
 Peak/value component: Fy (Units: N)
 Peak range(%): 100.0
 Peak/value maximum 40.4892E3 at Gauss point 1 of element 4
 Peak/value minimum -40.4624E3 at Gauss point 1 of element 19

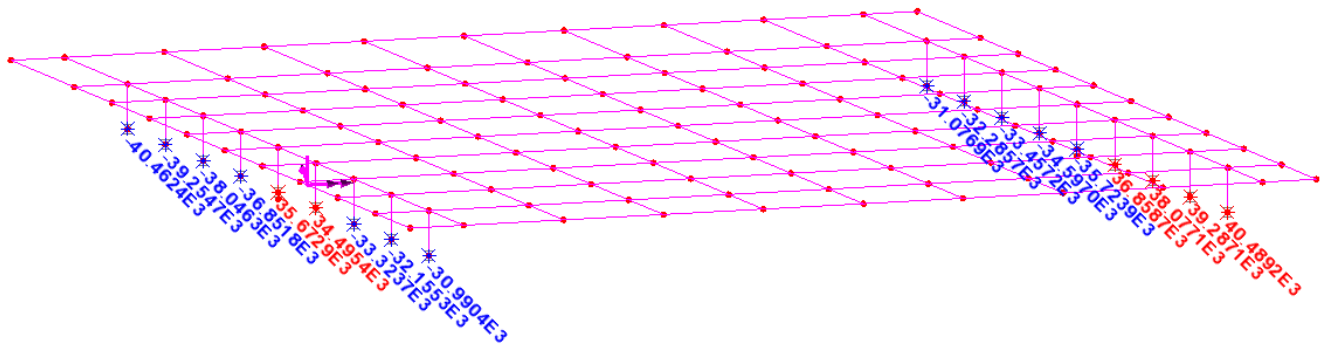


Figura 6.39 comb. A - Urto - max azione trasversale sugli appoggi

Scale: 1: 54.5473
 Zoom: 89.2857
 Eye: (-0.106848, -0.887704, 0.447845)
 Combining on: Fz
 Env_urto (Max)
 Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)
 Peak/value component: Fz (Units: N)
 Peak range(%): 100.0
 Peak/value maximum -82.4819E3 at Gauss point 1 of element 4
 Peak/value minimum -339.932E3 at Gauss point 1 of element 20

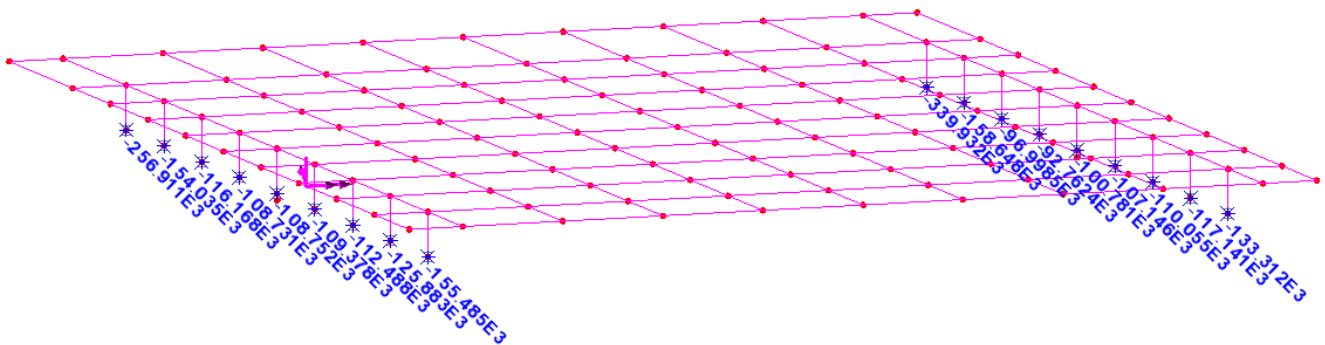


Figura 6.40 comb. A - Urto F_{dz} – max/min azione verticale sugli appoggi

Dall'esame dei diagrammi si rileva:

Max $F_z = -82.5$ kN

Max $|F_y| = 40.5$ kN

Pertanto:

- L'azione orizzontale massima che si sviluppa in corrispondenza dei dispositivi di vincolo risulta ampiamente minore dell'azione massima con la quale viene effettuato il dimensionamento dell'appoggio (cfr. capitolo 6.7).
- La massima azione di sollevamento sviluppata dall'urto non comporta il sollevamento di alcuno dei dispositivi, che pertanto mantengono la piena funzionalità impedendo eventuali fuori sede del manufatto.

La verifica appare pertanto soddisfatta.

6.6 Verifiche di deformabilità

6.6.1 Frecche 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)

Scale: 1: 18.2308
Zoom: 27.2894
Eye: (-0.400545, -0.86785, 0.293938)
Combining on: DZ
Involuppo S.L.E. caratteristica (Min)
Maximum displacement 0.0188396 at Gauss point 5 of element 118
Deformation exaggeration: 58.0609

Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DZ (Units: m)
Peak range(%): 1.0E-3
Peak/value maximum 1.42773E-3 at Gauss point 1 of element 199
Peak/value minimum -0.0146347 at Gauss point 10 of element 54

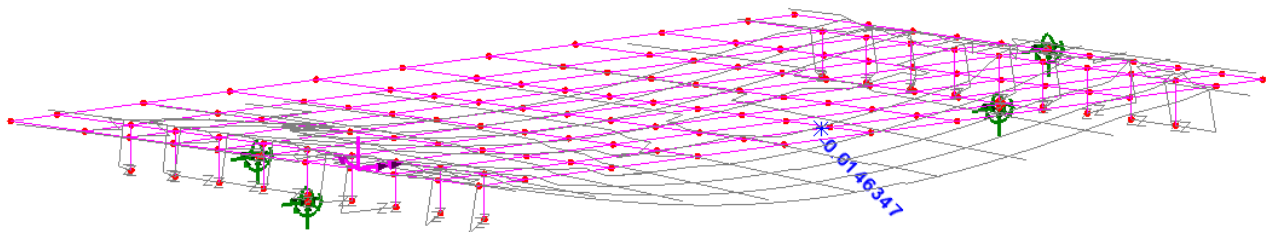


Figura 6.41 frecche verticali - S.L.E. caratteristica

Scale: 1: 18.2308
Zoom: 27.2894
Eye: (-0.400545, -0.86785, 0.293938)
Combining on: DZ
EnvQk_gr1_3 (Min)
Maximum displacement 0.0156549 at Gauss point 3 of element 49
Deformation exaggeration: 69.8725

Peak/value entity: Displacement
Peak/value component: DZ (Units: m)
Peak range(%): 1.0E-3
Peak/value maximum 0.543893E-3 at Gauss point 11 of element 49
Peak/value minimum -8.66321E-3 at Gauss point 1 of element 44

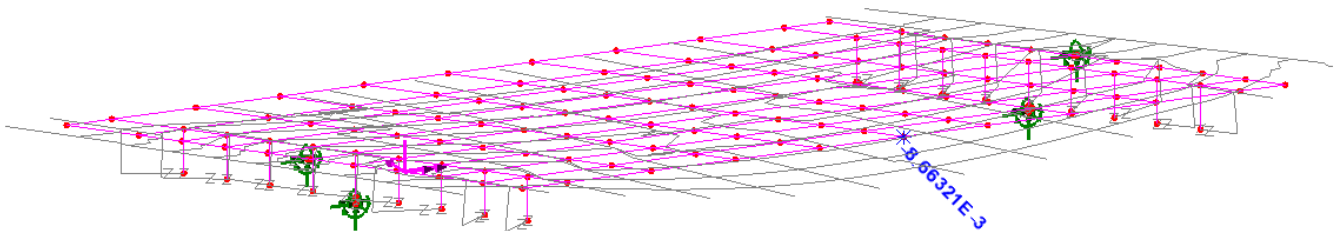


Figura 6.42 frecche verticali - involuppo Qk

Si rileva in particolare, sotto l'azione dei carichi mobili:

$$\delta_{z,\min} = -8.7 \text{ mm}$$

$$L/\delta_z = 10440/8.7 = 1200$$

La freccia verticale sotto carico mobile appare pertanto soddisfacentemente limitata al di sotto del valore $L/700 = 14.9 \text{ mm}$, 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 rigidezza) 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 6.26 Caratteristiche dispositivi di vincolo

La tabella seguente riporta le caratteristiche prestazionali garantite degli appoggi.

Appoggio tipo					SLE	SLU	SLE	SLU	SLE	SLU	SLE	SLU	K_{eq}
	D	h	h_{rt}	W	N_k	N_{Ed}	$V_{k,xy}$ +/-	$V_{d,xy}$ +/-	V_k	V_{Ed}	$\alpha_{k,xy}$ +/-	$\alpha_{d,xy}$ +/-	
	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kN]	[kN]	[mm]	[mm]	[kN]	[kN]	[mrad]	[mrad]	
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 6.27 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.

Relazione di calcolo impalcato laterale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	108 di 122

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

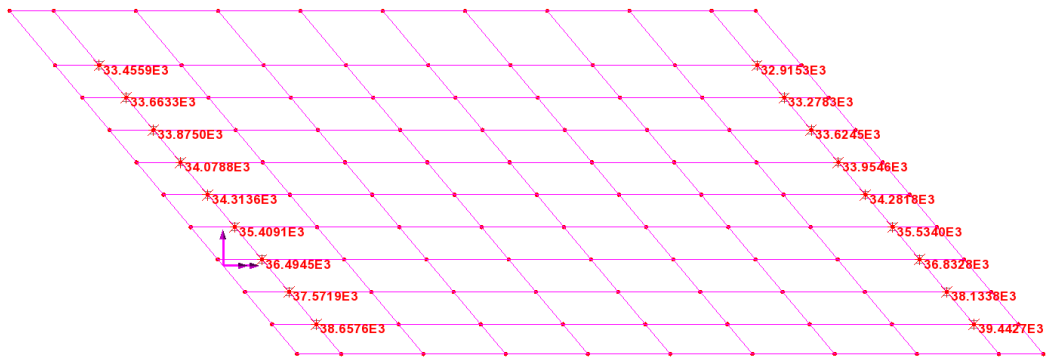
S.L.E. – max/min Fy

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.

Scale: 1: 51.8726
Zoom: 89.2857
Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
Combining on: Fx
Involuppo S.L.U. A1 (Max)

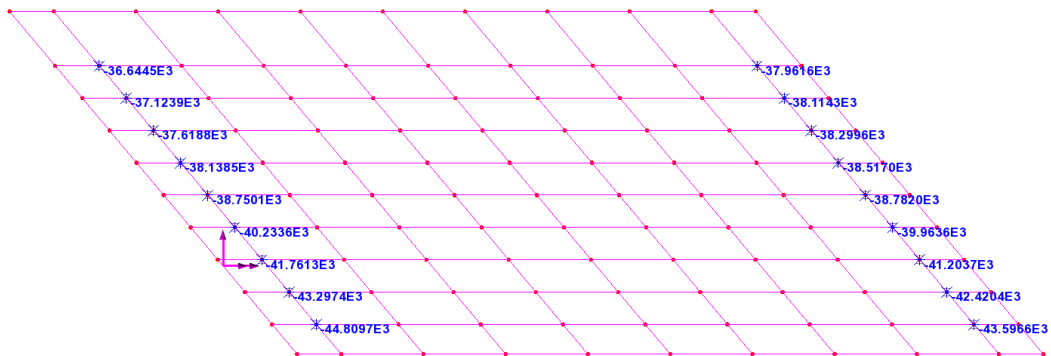
Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)
Peak/value component: Fx (Units: N)
Peak range(%): 100.0
Peak/value maximum 39.4427E3 at Gauss point 1 of element 4
Peak/value minimum 32.9153E3 at Gauss point 1 of element 20



involuppo S.L.U. A1 - Max Fx - Fx

Scale: 1: 51.8726
Zoom: 89.2857
Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
Combining on: Fx
Involuppo S.L.U. A1 (Min)

Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)
Peak/value component: Fx (Units: N)
Peak range(%): 100.0
Peak/value maximum -36.6445E3 at Gauss point 1 of element 19
Peak/value minimum -44.8097E3 at Gauss point 1 of element 3

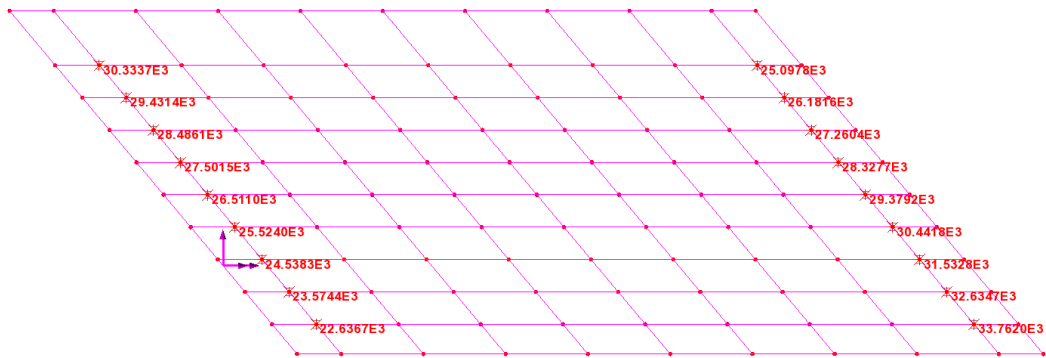


involuppo S.L.U. A1 - Min Fx - Fx



Scale: 1: 51.8726
Zoom: 89.2857
Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
Combining on: Fy
Involuppo S.L.U. A1 (Max)

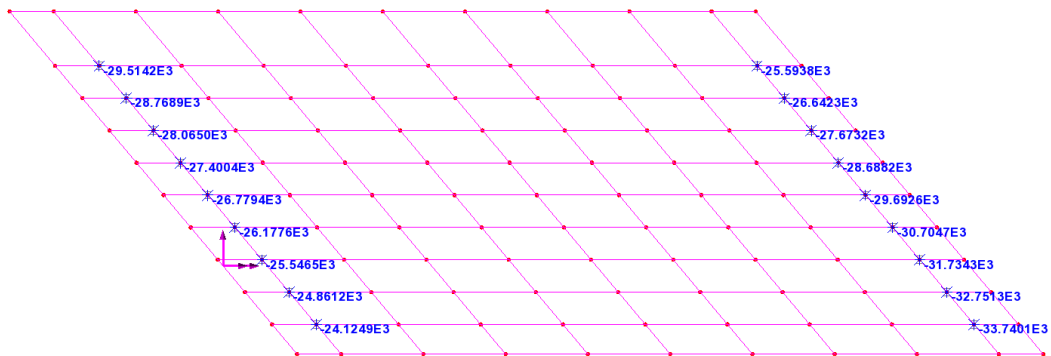
Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)
Peak/value component: Fy (Units: N)
Peak range(%): 100.0
Peak/value maximum 33.762E3 at Gauss point 1 of element 4
Peak/value minimum 22.6367E3 at Gauss point 1 of element 3



involuppo S.L.U. A1 - Max Fy - Fy

Scale: 1: 51.8726
Zoom: 89.2857
Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
Combining on: Fy
Involuppo S.L.U. A1 (Min)

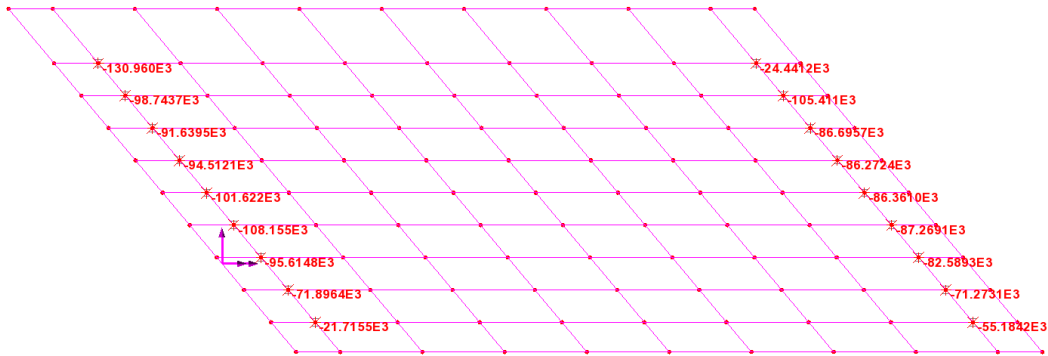
Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)
Peak/value component: Fy (Units: N)
Peak range(%): 100.0
Peak/value maximum -24.1249E3 at Gauss point 1 of element 3
Peak/value minimum -33.7401E3 at Gauss point 1 of element 4



involuppo S.L.U. A1 - Min Fy - Fy

Scale: 1: 51.8726
Zoom: 89.2857
Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
Combining on: Fz
Involuppo S.L.U. A1 (Max)

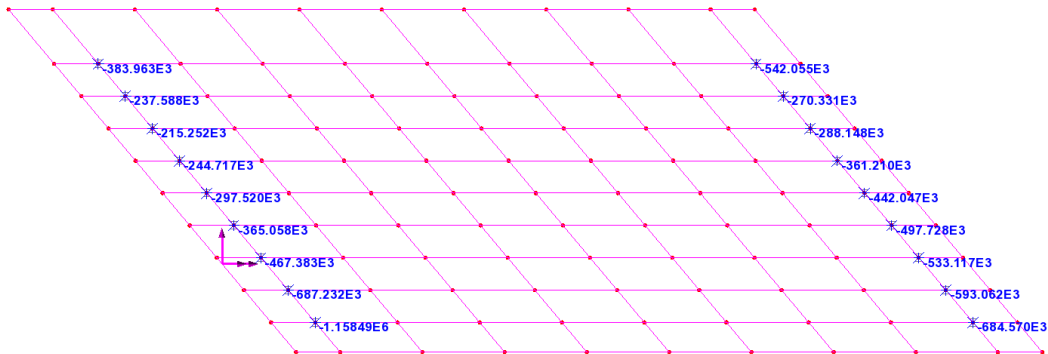
Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)
Peak/value component: Fz (Units: N)
Peak range(%): 100.0
Peak/value maximum -21.7155E3 at Gauss point 1 of element 3
Peak/value minimum -130.96E3 at Gauss point 1 of element 19



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

Scale: 1: 51.8726
Zoom: 89.2857
Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
Combining on: Fz
Involuppo S.L.U. A1 (Min)

Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)
Peak/value component: Fz (Units: N)
Peak range(%): 100.0
Peak/value maximum -215.252E3 at Gauss point 1 of element 15
Peak/value minimum -1.15849E6 at Gauss point 1 of element 3



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

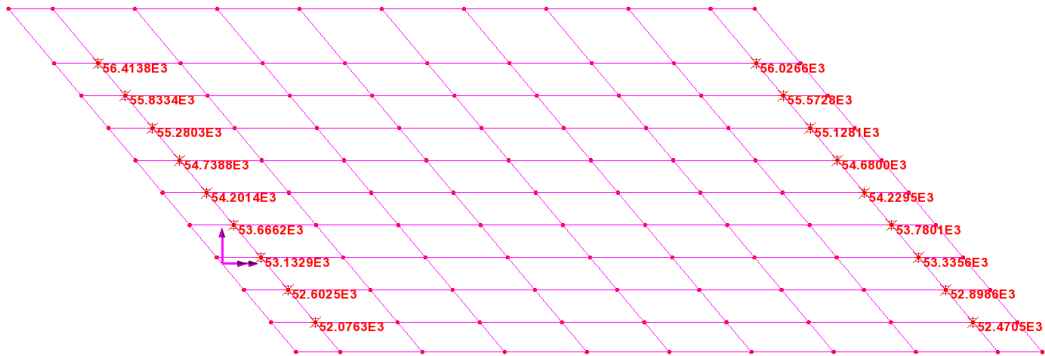
Relazione di calcolo impalcato laterale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	112 di 122

Scale: 1: 51.8726
Zoom: 89.2857
Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
Combining on: Fx
Gk + Ed_SLV (Max)



Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)
Peak/value component: Fx (Units: N)
Peak range(%): 100.0
Peak/value maximum 56.4138E3 at Gauss point 1 of element 19
Peak/value minimum 52.0763E3 at Gauss point 1 of element 3

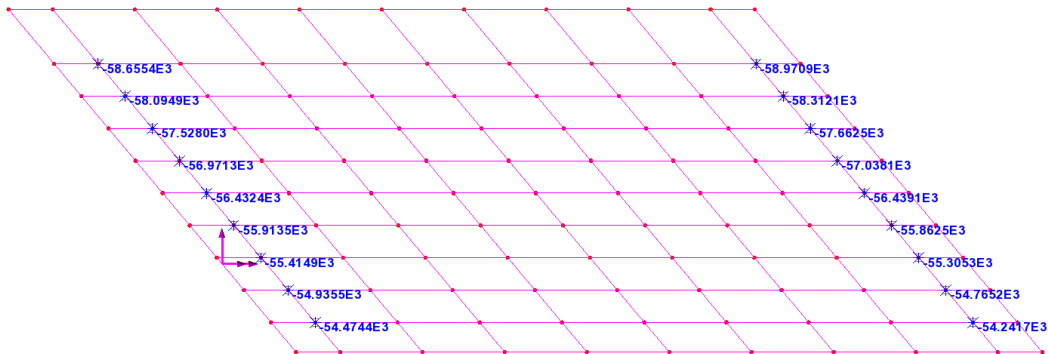


Gk + Ed_SLV - Max Fx - Fx

Scale: 1: 51.8726
Zoom: 89.2857
Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
Combining on: Fx
Gk + Ed_SLV (Min)



Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)
Peak/value component: Fx (Units: N)
Peak range(%): 100.0
Peak/value maximum -54.2417E3 at Gauss point 1 of element 4
Peak/value minimum -58.9709E3 at Gauss point 1 of element 20



Gk + Ed_SLV - Min Fx - Fx

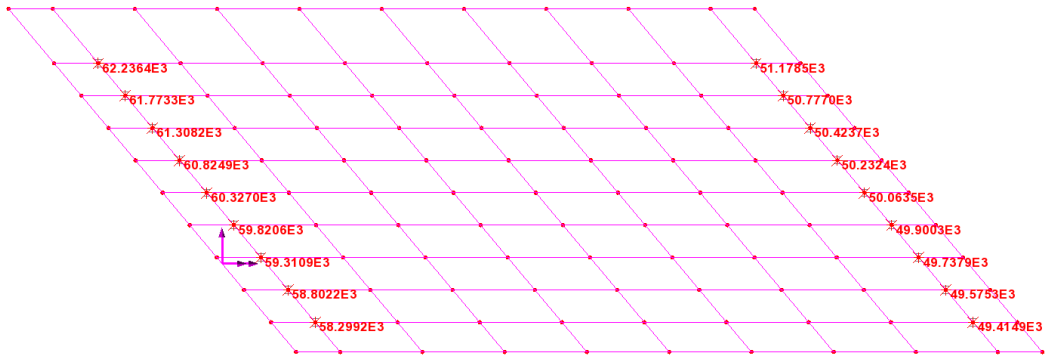
Relazione di calcolo impalcato laterale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	113 di 122

Scale: 1: 51.8726
Zoom: 89.2857
Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
Combining on: Fy
Gk + Ed_SLV (Max)



Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)
Peak/value component: Fy (Units: N)
Peak range(%): 100.0
Peak/value maximum 62.2364E3 at Gauss point 1 of element 19
Peak/value minimum 49.4149E3 at Gauss point 1 of element 4

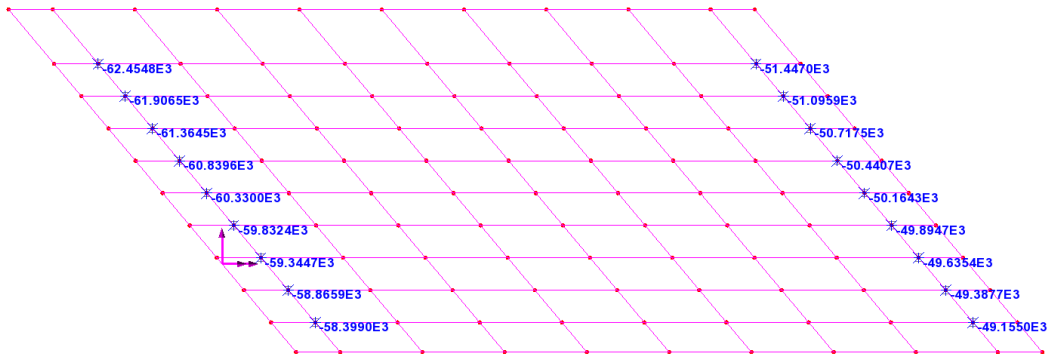


Gk + Ed_SLV - Max Fy - Fy

Scale: 1: 51.8726
Zoom: 89.2857
Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
Combining on: Fy
Gk + Ed_SLV (Min)



Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)
Peak/value component: Fy (Units: N)
Peak range(%): 100.0
Peak/value maximum -49.155E3 at Gauss point 1 of element 4
Peak/value minimum -62.4548E3 at Gauss point 1 of element 19



Gk + Ed_SLV - Min Fy - Fy

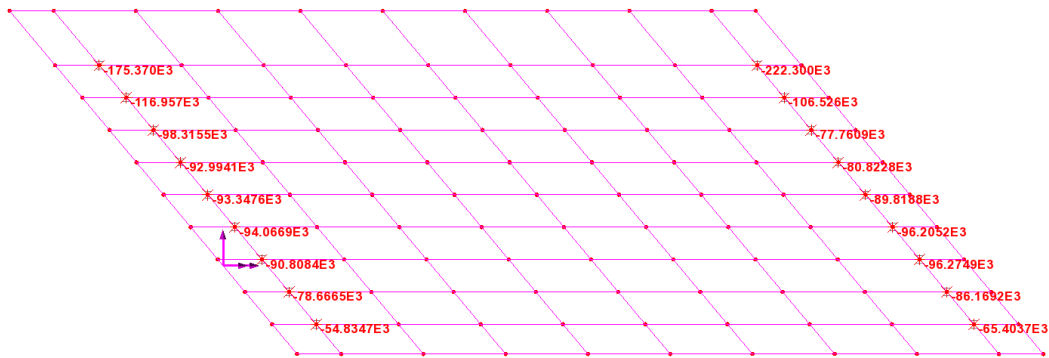
Relazione di calcolo impalcato laterale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	114 di 122

Scale: 1: 51.8726
Zoom: 89.2857
Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
Combining on: Fz
Gk + Ed_SLV (Max)



Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)
Peak/value component: Fz (Units: N)
Peak range(%): 100.0
Peak/value maximum -54.8347E3 at Gauss point 1 of element 3
Peak/value minimum -222.3E3 at Gauss point 1 of element 20

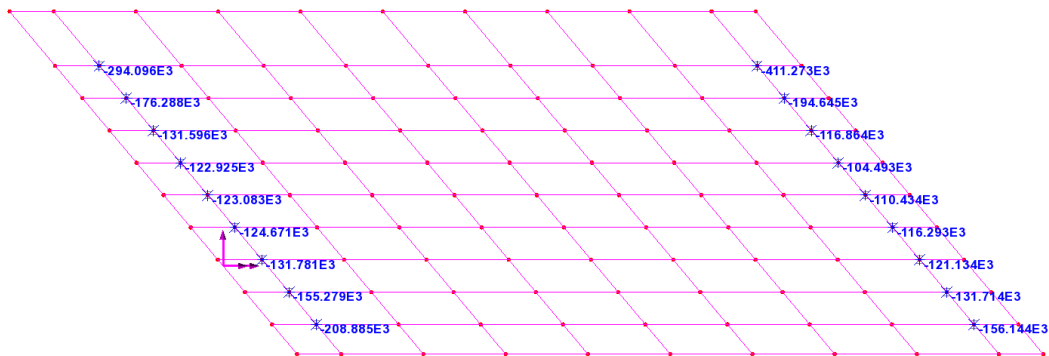


Gk + Ed_SLV - Max Fz - Fz

Scale: 1: 51.8726
Zoom: 89.2857
Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
Combining on: Fz
Gk + Ed_SLV (Min)

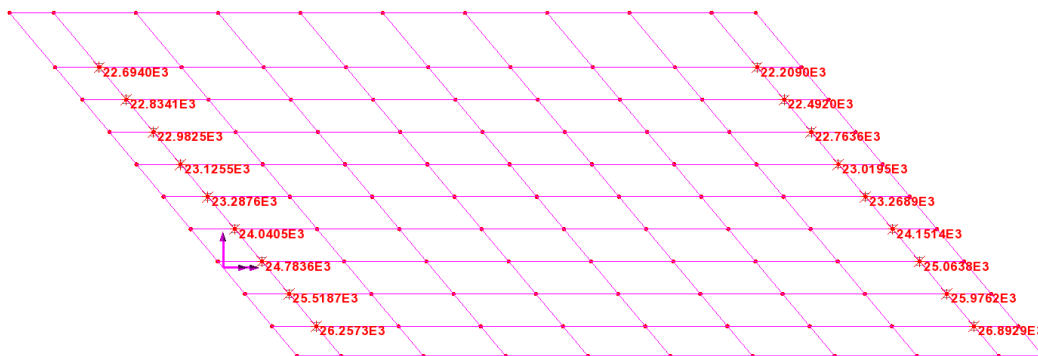


Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)
Peak/value component: Fz (Units: N)
Peak range(%): 100.0
Peak/value maximum -104.493E3 at Gauss point 1 of element 14
Peak/value minimum -411.273E3 at Gauss point 1 of element 20



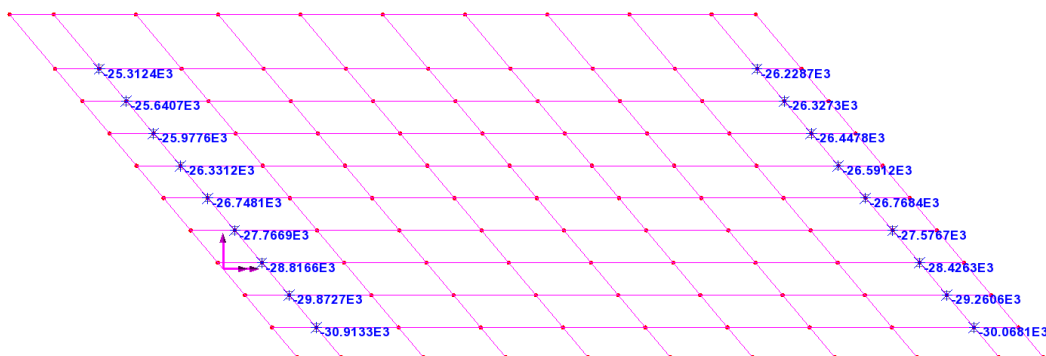
Gk + Ed_SLV - Min Fz - Fz

Scale: 1: 51.8726
Zoom: 89.2857
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 26.8929E3 at Gauss point 1 of element 4
Peak/value minimum 22.209E3 at Gauss point 1 of element 20



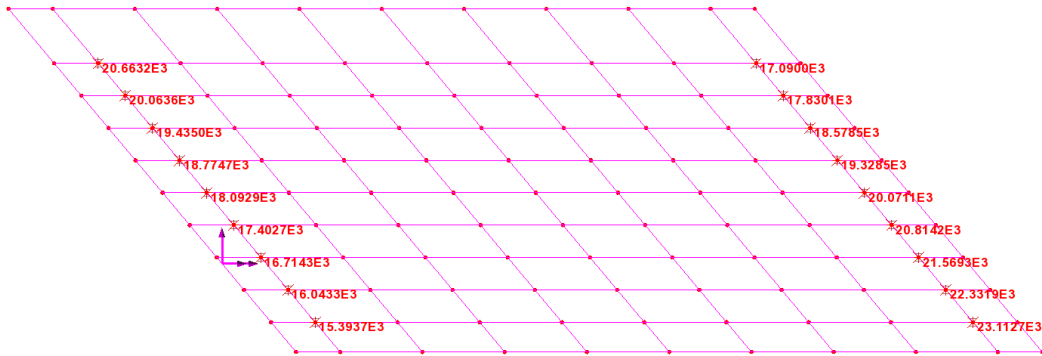
inviluppo S.L.E. caratteristica - Max Fx - Fx

Scale: 1: 51.8726
Zoom: 89.2857
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 -25.3124E3 at Gauss point 1 of element 19
Peak/value minimum -30.9133E3 at Gauss point 1 of element 3



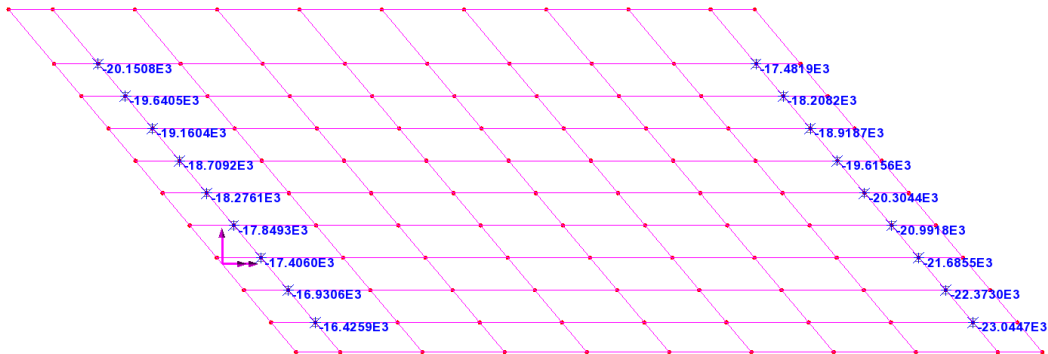
inviluppo S.L.E. caratteristica - Min Fx - Fx

Scale: 1: 51.8726
Zoom: 89.2857
Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
Combining on: Fy
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Max)
Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)
Peak/value component: Fy (Units: N)
Peak range(%): 100.0
Peak/value maximum 23.1127E3 at Gauss point 1 of element 4
Peak/value minimum 15.3937E3 at Gauss point 1 of element 3



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

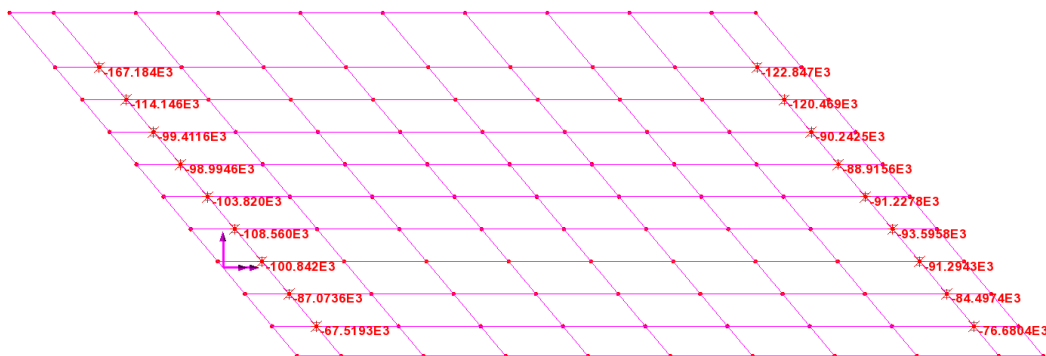
Scale: 1: 51.8726
Zoom: 89.2857
Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
Combining on: Fy
Inviluppo S.L.E. caratteristica (Min)
Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)
Peak/value component: Fy (Units: N)
Peak range(%): 100.0
Peak/value maximum -16.4259E3 at Gauss point 1 of element 3
Peak/value minimum -23.0447E3 at Gauss point 1 of element 4



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

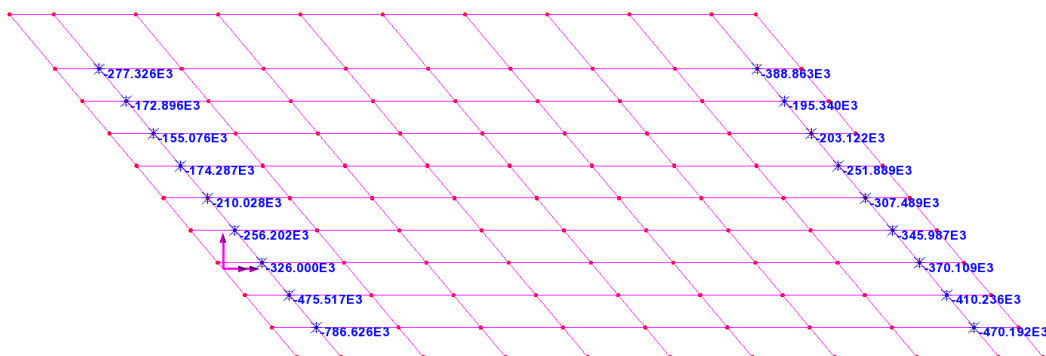
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	117 di 122

Scale: 1: 51.8726
Zoom: 89.2857
Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
Combining on: Fz
Involuppo S.L.E. caratteristica (Max)
Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)
Peak/value component: Fz (Units: N)
Peak range(%): 100.0
Peak/value maximum -67.5193E3 at Gauss point 1 of element 3
Peak/value minimum -167.184E3 at Gauss point 1 of element 19



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

Scale: 1: 51.8726
Zoom: 89.2857
Eye: (0.0, 0.0, 1.0)
Combining on: Fz
Involuppo S.L.E. caratteristica (Min)
Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4,JL46)
Peak/value component: Fz (Units: N)
Peak range(%): 100.0
Peak/value maximum -155.076E3 at Gauss point 1 of element 15
Peak/value minimum -786.626E3 at Gauss point 1 of element 3



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

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.	39.4	-44.8	33.8	-33.7	-21.7	-1158.5
Gk+Ed SLV	56.4	-59.0	62.2	-62.5	-54.8	-411.3
S.L.E.	26.9	-30.9	23.1	-23.0	-67.5	-786.6

Tabella 6.28 Valori massimi agli appoggi

In favore di sicurezza si combinano, in valore assoluto, la massime azioni di Fx ed Fy rispettivamente con i corrispondenti valori correlati Fy e Fx dando luogo ad un taglio $V=(F_x^2+F_y^2)^{0.5}$ come riportato nelle tabelle riassuntive seguenti.

	Fxmax		V	Fxmin		V
	Fx	Fy	$(F_x^2+F_y^2)^{0.5}$	Fx	Fy	$(F_x^2+F_y^2)^{0.5}$
	N	N	N	N	N	N
SLU	39443	13413	41661	-44810	10996	46139
SLV	56414	59249	81811	-58971	-51184	78086
SLE	26893	9462	28509	-30913	7409	31788

	Fymax		V	Fymin		V
	Fx	Fy	$(F_x^2+F_y^2)^{0.5}$	Fx	Fy	$(F_x^2+F_y^2)^{0.5}$
	N	N	N	N	N	N
SLU	21200	33762	39866	-26008	-33740	42601
SLV	55430	62236	83341	-57672	-62455	85010
SLE	14473	23113	27270	-18099	-23045	29303

IL massimo valore di $V = 85.01$ kN è 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 1159 kN contro una resistenza di 2900 kN e quello allo SLE è pari a 787 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)

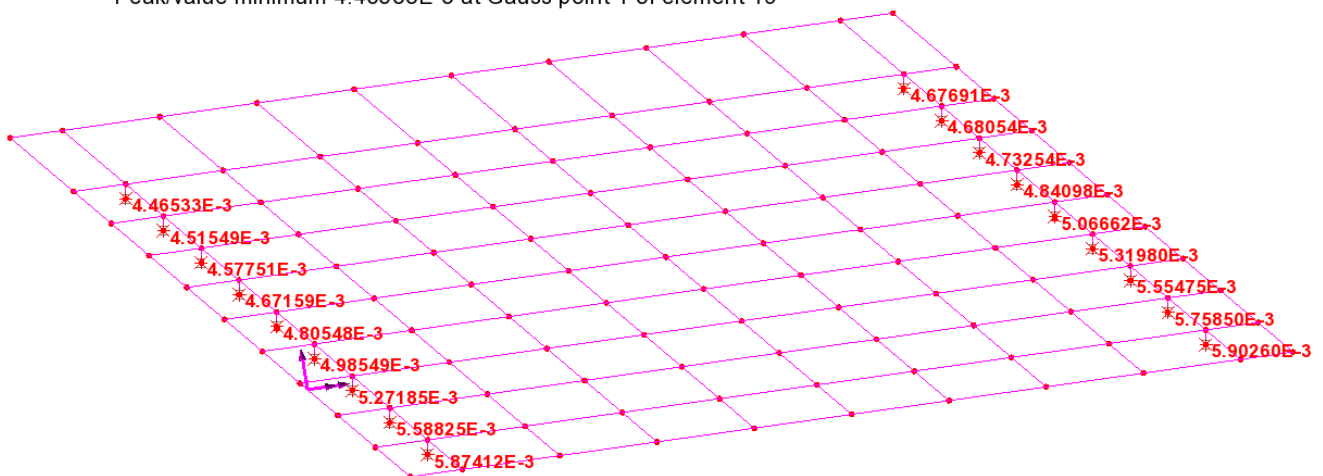
	Max δ_x	Min δ_x	Max δ_y	Min δ_y
S.L.U.	21.9	24.3	21.0	22.4
Ed SLV	43.1	41.1	43.9	44.7
S.L.E.	15.0	16.7	14.4	15.4

Tabella 6.29 Massime deformazioni agli appoggi

6.7.3 Rotazioni agli appoggi

La figura seguente riporta, per gli involuipi 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.

Scale: 1: 51.8726
 Zoom: 89.2857
 Eye: (-0.0435411, -0.293964, 0.954824)
 Combining on: By
 Involuppo S.L.U. A1 (Max)
 Peak/value entity: Strain - 3D Joint (JSH4,JL46)
 Peak/value component: By (Units: 1/m)
 Peak range(%): 100.0
 Peak/value maximum 5.9026E-3 at Gauss point 1 of element 4
 Peak/value minimum 4.46533E-3 at Gauss point 1 of element 19


Figura 6.43 Rotazione appoggi - S.L.U.

Le rotazioni più impegnative si rilevano in corrispondenza del nodo 1, con:

$$\theta_{\max} = 5.9 \text{ e-}3 \text{ rad} < 0.01 \text{ rad}$$

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 rigidità 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:

$$E_L = k1 \times (E1 + E2 + E3)$$

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: 51.8726
 Zoom: 79.7194
 Eye: (-0.200639, -0.793975, 0.573888)
 Linear/dynamic analysis
 Analysis: 03_fase3
 Loadcase: 26:Tk
 Results file: SL01_inc_sbalzo~03_fase3.mys
 Peak/value entity: Strain - 3D Joint (JSH4,JL46)
 Peak/value component: Ex (Units: m)
 Peak range(%): 100.0
 Peak/value maximum -0.888782E-3 at Gauss point 1 of element 134
 Peak/value minimum -0.889182E-3 at Gauss point 1 of element 145

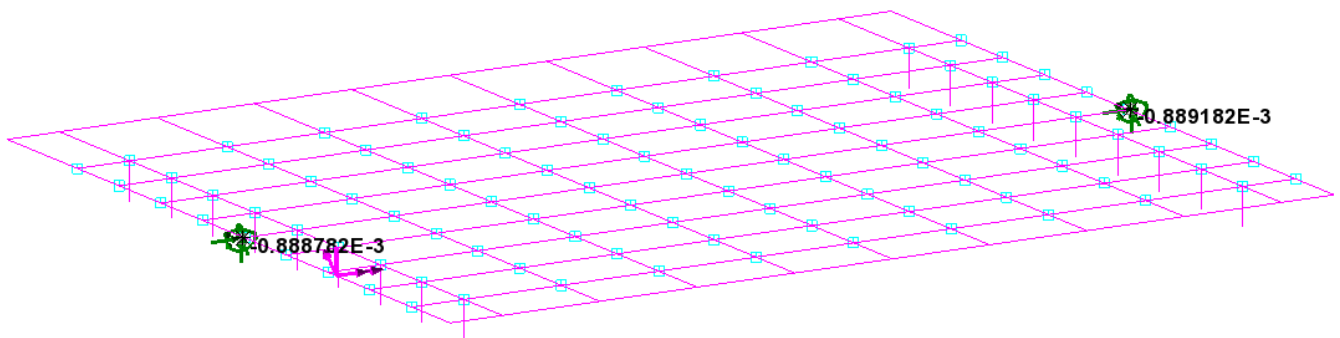


Figura 6.44 Escursione giunti Dt

In osservanza a quanto previsto dal MdP, lo spostamento termico di progetto Dt verrà calcolato amplificando del 50 % lo spostamento di origine termica:

$$D_t = 1.5 \times 0.89 = 1.34 \text{ mm}$$

Scale: 1: 51.8726
 Zoom: 79.7194
 Eye: (-0.200639, -0.793975, 0.573888)
 Spectral response analysis
 CQC combination
 Spectrum: SLV_Se
 Loadcase: 141:SLV_Ig
 Peak/value entity: Strain - 3D Joint (JSH4,JL46)
 Peak/value component: Ex (Units: m)
 Peak range(%): 100.0
 Peak/value maximum 0.0223221 at Gauss point 1 of element 134
 Peak/value minimum 0.0223159 at Gauss point 1 of element 145

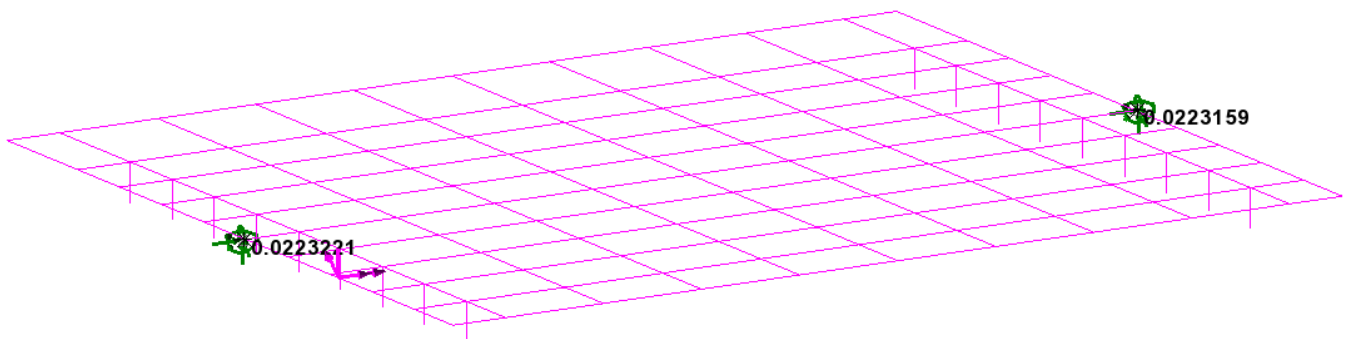


Figura 6.45 Escursione giunti - sisma SLV

$$d_{ed} = 22.3 \text{ mm}$$

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:

$$d_{i,j \text{ max}} = 1.25 \times (2 \times 57^2)^{0.5} = 100.76 \text{ mm}$$

Considerando $V_s = 360 \text{ m/s}$, si ha, per suolo tipo B, e distanza tra le due spalle pari a 10.44 m (cfr. NTC2018 3.2.4.3):

$$d_{ij}(15) = d_{eg} = 100.76 \times (3 \times 10.44 / 360) = 8.77 \text{ mm}$$

L'escursione complessiva totale risulta quindi:

$$E_L = 0.45 \times (2 \times 1.34 + 4 \times 22.3 \times 0.55 + 2 \times 8.77) = 31.18 \text{ mm}$$

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:

$$E_{L,\text{min}} = 2.3 \times 10.44 / 1000 + 0.073 = 0.0970 \text{ m}$$

$$E_{L,\text{min}} = 0.10 \text{ m}$$

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.

Relazione di calcolo impalcato laterale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20	D26CL	SL 01 00 001	A	122 di 122

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 $V_0 = 20 \text{ mm}$

Si predisporre pertanto un varco maggiore di 70 mm.

7 INCIDENZE

Impalcato Incidenza armatura acciaio = 40 kg/mc