

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. Paolo Cucino

Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche

Stampa professionale: ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI TRENTO, Dott. Paolo Cucino, ISCRIZIONE ALBO N° 2216

PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"

RELAZIONE

11 - OPERE CIVILI

A-PONTE SUL FIUME ISARCO

Elaborati Generali

Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica

APPALTATORE		SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO Ing. Pietro Gianvecchio		-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I B O U	1 B	E	Z Z	C L	V I O O O O	0 1 4	A

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	S.Piccolo	14/01/2022	F.Favaro	18/01/2022	D.Buttafoco (Dolomiti)	19/01/2022	IL PROGETTISTA M.Organte 29/01/2022
File: IB0U1BEZZCLVI0000014A.docx								n. Elab.: -

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
11 - OPERE CIVILI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	IB0U	1BEZZ	CL	VI0000014	A	2 di 41

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	4
2. DESCRIZIONE DELL'OPERA	4
3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	5
4. MATERIALI UTILIZZATI	6
5. MODELLO DI CALCOLO.....	7
6. ANALISI DEI CARICHI	8
6.1 CARICHI PERMANENTI.....	8
6.1.1 Peso proprio	8
6.1.2 Permanenti portati	8
6.1.3 Variabili.....	8
6.1.4 Neve	8
6.1.5 Vento.....	9
6.1.6 Sisma.....	10
7. ANALISI MODALE.....	12
8. COMBINAZIONI DI CARICO.....	13
9. VERIFICA SLU	14
9.1 VERIFICA TRAVI.....	17
9.2 VERIFICA COLONNE	18
9.3 VERIFICA COSCIALI	19
9.4 VERIFICA ELEMENTI SECONDARI.....	20
9.5 VERIFICA PARAPETTI	21
9.6 VERIFICA GIUNTI.....	22
9.6.1 Nodo trave-pilastro	22
9.6.2 Nodo di attacco montante parapetto	25
9.6.3 Nodi di attacco IPE100 – cosciale UPN180.....	28
9.6.4 Nodo di attacco cosciale UPN180 – trave HEB260.....	29
9.6.5 Nodo di attacco rompitratta UPN180 – trave HEB260	31
9.6.6 Nodo di attacco UPN180-UPN180	32
10. VERIFICHE SLE.....	34

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0000014	REV. A	FOGLIO. 3 di 41

10.1	DEFORMABILITA'	34
11.	REAZIONI AGLI APPOGGI.....	35
11.1	REAZIONI APPOGGI	35
12.	VERIFICHE FONDAZIONI	36
12.1	PIASTRA DI BASE E TIRAFONDI	36
12.2	PLATEA.....	37

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
11 - OPERE CIVILI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	IB0U	1BEZZ	CL	VI0000014	A	4 di 41

1. PREMESSA

Nella presente relazione vengono riportati dimensionamento e verifica della scala metallica di esodo dal ponte sul fiume Isarco. Si effettuano le verifiche per la scala lato binario dispari ritenendo soddisfatte di conseguenza le stesse verifiche per la scala lato binario pari. Verranno inoltre riportate le verifiche locali all'appoggio della scala (inclusa fondazione).

2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Non sono previsti punti d'appoggio della scala al viadotto ma un varco che garantirà la deformabilità della scala stessa. Mentre per la continuità del camminamento sarà previsto un elemento metallico collegato direttamente alla trave del viadotto.

La scala sarà costituita da: 2 telai principali di altezza 6.978m e 5.413m rispettivamente, costituiti da colonne e travi del tipo HEB260; i telai sostengono tramite mensole, tipo UPN180, le 4 rampe costituite da cosciali UPN180. I pianerottoli sono irrigiditi con travi Ipe100 in direzione parallela alle travi principali e trasversi rompitratta e di irrigidimento UPN180. Pianerottoli e gradini saranno rivestiti da grigliato a maglia rettangolare. Sono previsti infine parapetti alti 1m con montanti e corrimano in profili tubolari 60.3x3.2 .

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
11 - OPERE CIVILI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	IB0U	1BEZZ	CL	VI0000014	A	5 di 41

3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Il dimensionamento e la verifica degli elementi strutturali sono stati condotti nel rispetto delle vigenti normative di seguito riportate:

Il progetto è redatto secondo i metodi classici della scienza delle costruzioni e nel rispetto della seguente normativa:

- [N1]. **Legge 05/01/1971 n°1086:** Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato,
normale e precompresso, ed a struttura metallica;
- [N2]. **Legge 02/02/1974 n°64:** Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- [N3]. **D.M. del 14 Gennaio 2008:** Nuove norme tecniche per le costruzioni;
- [N4]. **C.M. 02/02/2009 n.617:** Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni";
- [N5]. **RFI DTC SI PS MA IFS 001 A del 22/12/2017:** Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 2 – Ponti e Strutture;
- [N6]. **RFI DTC SI PS SP IFS 001 A del 22/12/2017:** Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 6 – Opere in conglomerato cementizio e in acciaio;

Tutti gli elementi lavorati dovranno essere controllati ed accettati in accordo al [N6] ed alla **UNI EN 1090-2** (classe di esecuzione EXC2).

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0000014	REV. A	FOGLIO. 6 di 41

4. MATERIALI UTILIZZATI

ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA			
S275 J2 controllato in stabilimento			
fyk =	275	MPa	Resistenza di calcolo (t ≤ 40 mm)
fyk =	255	MPa	Resistenza di calcolo (t > 40 mm)
γ _M =	1.05	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU elastico
f _{yd} =	261.9	N/mm ²	resistenza di progetto (t ≤ 40 mm)
f _{yd} =	261.9	N/mm ³	resistenza di progetto (t > 40 mm)
E _s =	209000	MPa	modulo elastico
ACCIAIO bulloni e dadi			
viti	8.8; 10.9	Conformi per le caratteristiche dimensionali alle UNI-EN I	
dadi	8; 10		
CALCESTRUZZO PER PLATEA DI FONDAZIONE			
C28/35			
R _{ck} =	35	N/mm ²	resistenza caratteristica cubica
f _{ck} =	29.05	N/mm ²	resistenza caratteristica cilindrica
f _{cm} =	37.05	N/mm ³	resistenza caratteristica cilindrica media
γ _M =	1.5	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
f _{cd} =	16.5	N/mm ²	resistenza di progetto
E _{cm} =	32588.1	N/mm ²	modulo elastico BT
E _{cm} *=	11846.0	N/mm ²	modulo elastico LT
E _{cm} ritiro=	13609.5	N/mm ²	modulo elastico viscoso
XC3+XD3+XF2			Classe di esposizione
c =	30	mm	copriferro minimo
ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE			
B 450 C controllato in stabilimento			
fyk =	450	N/mm ²	tensione caratteristica di snervamento
γ _M =	1.15	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU elastico
f _{yd} =	391.3	N/mm ²	resistenza di progetto
E _s =	210000	N/mm ²	modulo elastico
SALDATURE			
Procedimenti di saldatura omologati e qualificati (tipo automatico ad arco sommerso o altri che verranno concordati e accettati dall'ente appaltante) conformi a D.M. 14.01.2008.			

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0000014	REV. A	FOGLIO. 7 di 41

5. MODELLO DI CALCOLO

Per valutare a livello globale le sollecitazioni e le deformazioni del telaio in esame sono state effettuate modellazioni con il programma agli elementi finiti SAP2000.

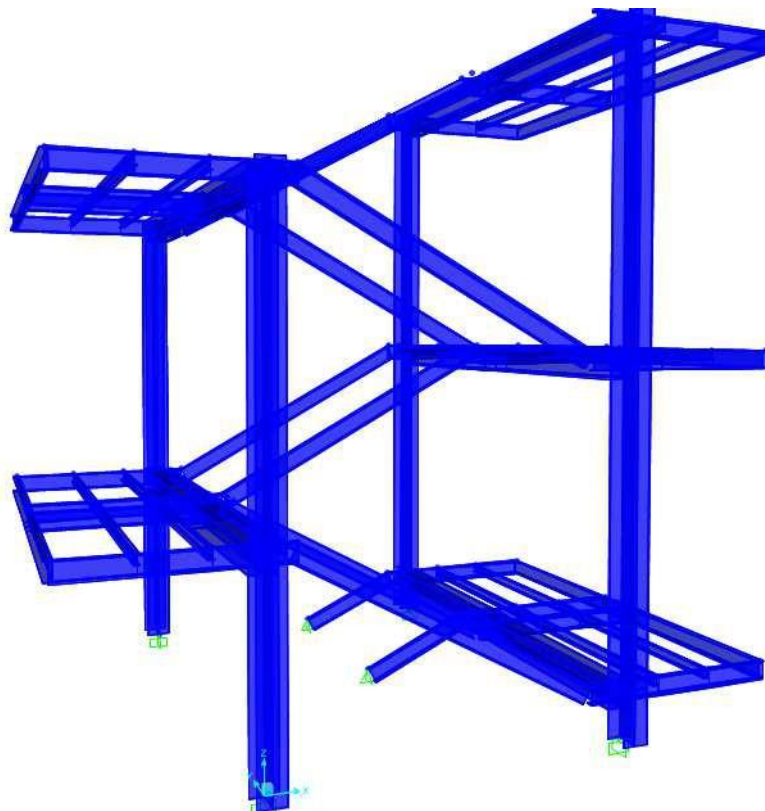


Figura 1 - Modello- Sap2000

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0000014	REV. A	FOGLIO. 8 di 41

6. ANALISI DEI CARICHI

Si riportano nel presente capitolo le azioni considerate nel modello di calcolo per la determinazione delle sollecitazioni agenti.

6.1 CARICHI PERMANENTI

6.1.1 Peso proprio

Agli elementi strutturali è stato attribuito un peso specifico dell'acciaio pari a $78,5 \text{ kN/m}^3$ come previsto dalle vigenti normative; si precisa che al fine di computare masse e pesi dei piatti di irrigidimento dei fazzoletti e delle bullonature si è considerato un moltiplicatore del peso specifico pari a 1,15.

Tale carico viene computato in automatico dal programma di calcolo in funzione della lunghezza delle aste e della sezione assegnata.

6.1.2 Permanenti portati

Grigliati = 0.3 kN/m^2

Parapetti = 0.3 kN/m

6.1.3 Variabili

Accidentale = 5 kN/m^2 ;

6.1.4 Neve

zona	I	
as	471	m
qsk	1.97	KN/m^2
c_E	1	
c_t	1	
μ	0.8	
qn	1.577	KN/m^2

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
11 - OPERE CIVILI	Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	VI0000014	A 9 di 41

6.1.5 Vento

zona	1	
T_R	50	anni
as	471	m
a0	1000	m
vb0	25	m/s
a0	1000	m
ka	0.01	1/s
vb (T_R)	25.02	m/s
ρ	1.25	kg/m ³
q_b	0.391	KN/m ²
rugosità	D	
cat. esposiz.	III	
kr	0.20	
z0	0.10	m
z min	5	m
z	7	
c_t	1.00	
$c_e(10m)$	1.91	
c_d	1	
$\phi=S/S_p$	1	
c_p	1.2	
pressione esterna		
$p_e = q_b c_p c_e c_d$	0.897	KN/m ²

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0000014	REV. A	FOGLIO. 10 di 41

6.1.6 Sisma

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATTITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche

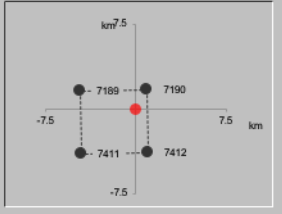
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri


Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione:

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO FASE 1 FASE 2 FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_u info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="68"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="113"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1068"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2193"/>

Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

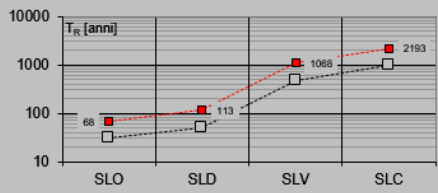
Tabella parametri azione

LEGENDA GRAFICO

---o--- Strategia per costruzioni ordinarie

---o--- Strategia scelta

Strategia di progettazione



INTRO FASE 1 FASE 2 FASE 3

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0000014	REV. A	FOGLIO. 11 di 41

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite
Stato Limite considerato: **SLV** info

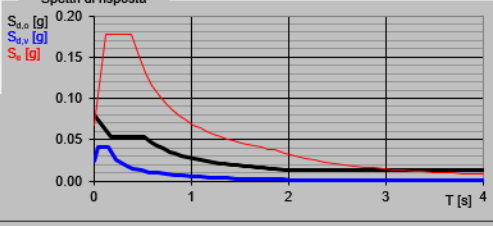
Risposta sismica locale
 Categoria di sottosuolo: **B** info $S_B = 1.200$
 Categoria topografica: **T1** info $h/H = 0.000$ (h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)
 $C_C = 1.326$ info
 $S_T = 1.000$ info

Compon. orizzontale
 Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%): **5** $\eta = 1.000$ info
 Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_s : **4** Regol. in altezza: **si** info

Compon. verticale
 Spettro di progetto Fattore q_v : **1.5** $\eta_v = 0.667$ info

Elaborazioni
 Grafici spettri di risposta
 Parametri e punti spettri di risposta

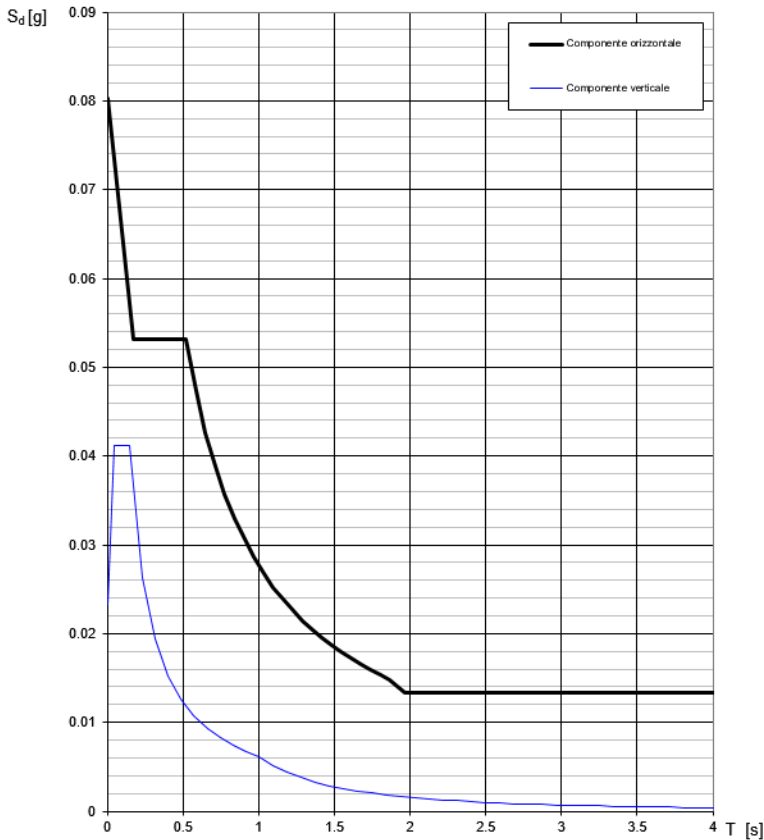
Spettri di risposta
 $S_{d,0}$ [g]
 $S_{d,v}$ [g]
 S_e [g]



— Spettro di progetto - componente orizzontale
 — Spettro di progetto - componente verticale
 — Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

INTRO FASE 1 FASE 2 **FASE 3**

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



APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0000014	REV. A	FOGLIO. 12 di 41	

7. ANALISI MODALE

Si riporta di seguito la rappresentazione grafica dei modi di vibrare traslazionali della struttura in direzione x e y, rispettivamente il secondo e terzo modo. Si riportano, poi, in forma tabellare i periodi propri di vibrare con relativa percentuale di massa partecipante

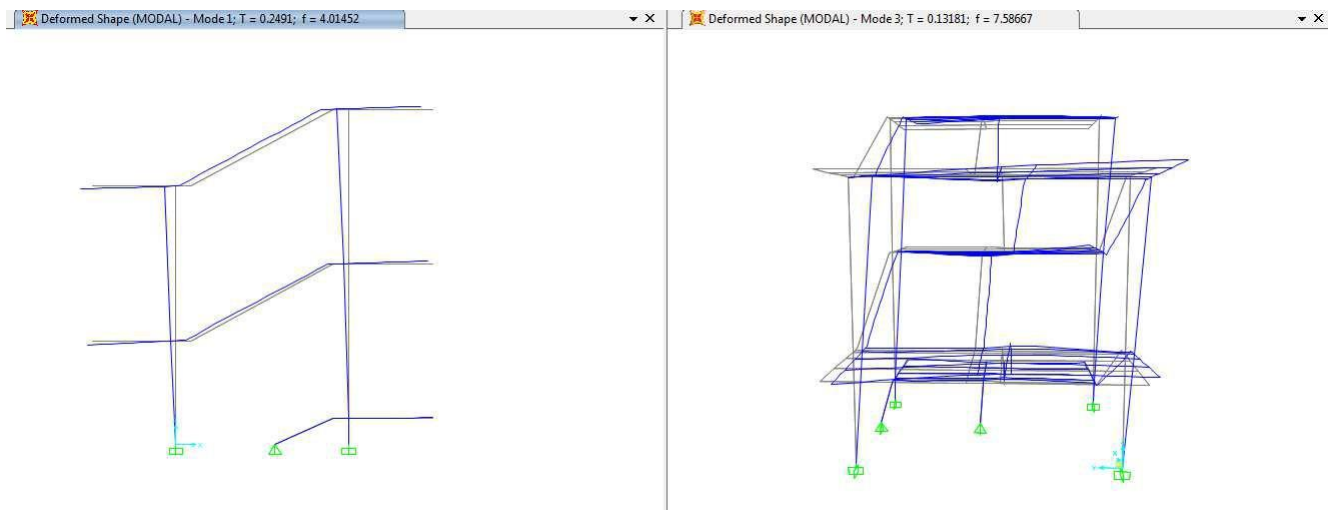


TABLE: Modal Participating Mass Ratios

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.2491	0.611	0.023	0.000	61%	2%	0%	0.00167	0.28196	0.02043	0%	28%	2%
MODAL	Mode	2	0.1790	0.002	0.031	0.000	61%	5%	0%	0.03937	0.00374	0.6313	4%	29%	65%
MODAL	Mode	3	0.1318	0.026	0.597	0.001	64%	65%	0%	0.14558	0.00281	0.05181	19%	29%	70%
MODAL	Mode	4	0.1178	0.015	0.053	0.013	65%	70%	1%	0.00512	0.09927	0.00065	19%	39%	70%
MODAL	Mode	5	0.1070	0.023	0.001	0.022	68%	70%	4%	0.00081	0.03094	0.00203	19%	42%	71%
MODAL	Mode	6	0.0990	0.003	0.000	0.019	68%	70%	5%	0.00033	0.00003086	0.000004013	19%	42%	71%
MODAL	Mode	7	0.0927	0.019	0.000	0.027	70%	70%	8%	0.00109	0.01247	0.00043	19%	43%	71%
MODAL	Mode	8	0.0830	0.003	0.001	0.002	70%	71%	8%	0.00014	0.10909	0.00449	19%	54%	71%
MODAL	Mode	9	0.0817	0.010	0.013	0.073	71%	72%	16%	0.00001891	0.05219	0.00557	19%	59%	72%
...
MODAL	Mode	88	0.0078	0.001	0.001	0.004	96%	99%	96%	0.001	0.001	0.000	95%	92%	99%
MODAL	Mode	89	0.0074	0.002	0.000	0.002	96%	99%	96%	0.000	0.001	0.000	95%	92%	99%
MODAL	Mode	90	0.0073	0.001	0.000	0.001	96%	99%	96%	0.003	0.002	0.000	95%	93%	99%
MODAL	Mode	91	0.0072	0.001	0.000	0.001	96%	99%	96%	0.002	0.002	0.000	95%	93%	99%
MODAL	Mode	92	0.0071	0.000	0.000	0.001	96%	99%	96%	0.000	0.000	0.000	95%	93%	99%
MODAL	Mode	93	0.0071	0.001	0.000	0.000	96%	99%	96%	0.000	0.001	0.000	95%	93%	99%
MODAL	Mode	94	0.0071	0.000	0.000	0.001	96%	99%	96%	0.002	0.000	0.000	95%	93%	99%
MODAL	Mode	95	0.0070	0.000	0.000	0.000	96%	99%	96%	0.000	0.000	0.000	95%	93%	99%
MODAL	Mode	96	0.0069	0.000	0.000	0.000	96%	99%	96%	0.000	0.000	0.000	95%	93%	99%
MODAL	Mode	97	0.0069	0.001	0.000	0.000	96%	99%	96%	0.000	0.000	0.000	95%	93%	99%
MODAL	Mode	98	0.0068	0.000	0.000	0.000	96%	99%	96%	0.001	0.000	0.000	95%	93%	99%
MODAL	Mode	99	0.0067	0.000	0.000	0.001	96%	99%	96%	0.000	0.000	0.000	95%	93%	99%
MODAL	Mode	100	0.0066	0.000	0.000	0.000	96%	99%	96%	0.001	0.000	0.000	96%	93%	99%

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
11 - OPERE CIVILI		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica		IBOU	1BEZZ	CL	VI0000014	A	13 di 41

8. COMBINAZIONI DI CARICO

STATO LIMITE ULTIMO

$$F_d = \gamma_{g1} G_1 + \gamma_{g2} G_2 + \gamma_q Q_k$$

STATO LIMITE DI ESERCIZIO (COMB. RARA)

$$F_k = G_1 + G_2 + \Psi_{0j} Q_k$$

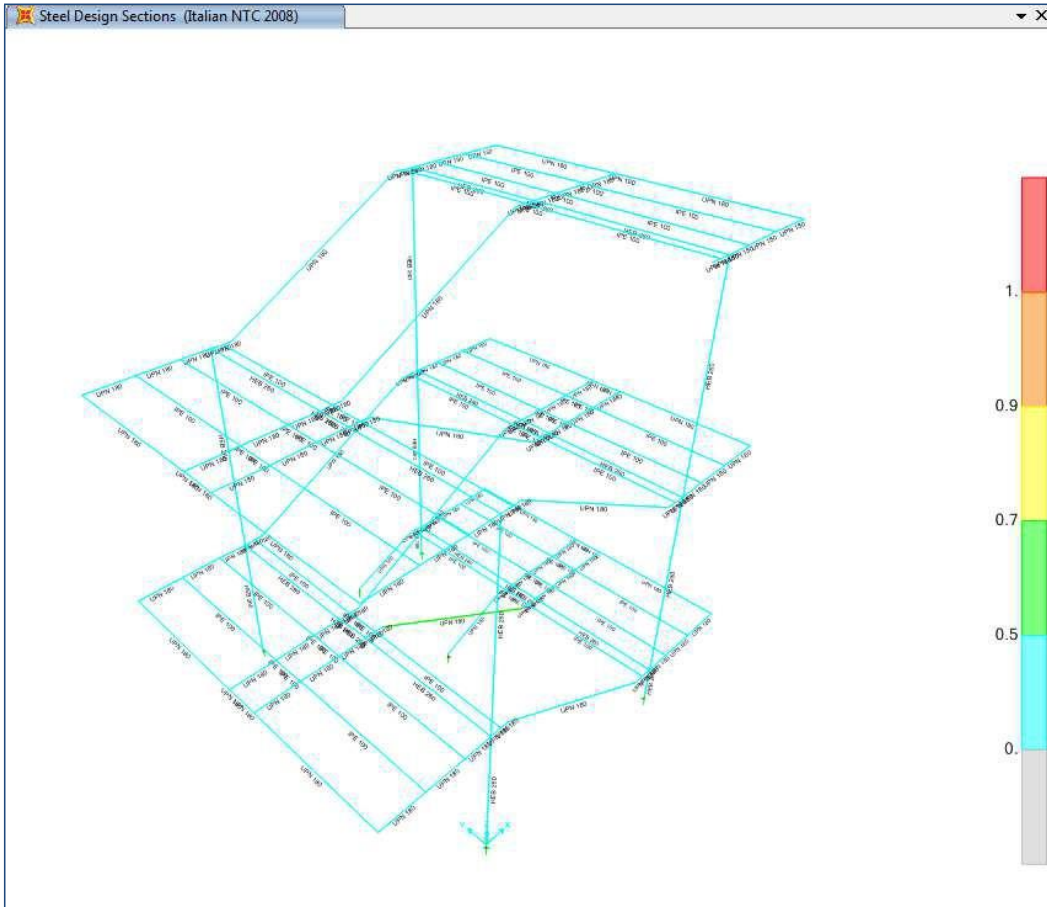
COMBINAZIONE SISMICA

$$F_k = E + G_1 + G_2 + \Psi_{21} Q_{k1}$$

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0000014	REV. A	FOGLIO. 14 di 41

9. VERIFICA SLU

Di seguito si riporta la verifica globale a pressoflessione della scala in oggetto e il dettaglio dell'elemento maggiormente sollecitato; la combinazione dimensionante è quella statica allo SLU.



Steel Stress Check Information (Italian NTC 2008)

Frame ID	55	Analysis Section	UPN 180
Design Code	Italian NTC 2008	Design Section	UPN 180

COMBO ID	STATION LOC	----MOMENT INTERACTION CHECK-----	MAJ-SHR	MIN-SHR
		RATIO = AXL + B-MAJ + B-MIN	RATIO	RATIO
ENV_SLU	2.57	0.330 (C) = 0.121 + 0.202 + 0.007	0.052	0.004
ENV_SLU	2.57	0.398 (C) = 0.203 + 0.190 + 0.006	0.050	0.004
ENV_SLU	2.81	0.406 (C) = 0.209 + 0.189 + 0.007	0.061	0.004
ENV_SLU	2.81	0.476 (C) = 0.293 + 0.177 + 0.006	0.058	0.004
ENV_SLU	3.04	0.483 (C) = 0.299 + 0.176 + 0.008	0.069	0.004
ENV_SLU	3.04	0.557 (C) = 0.385 + 0.163 + 0.008	0.062	0.001
ENV_SLU	3.27	0.562 (C) = 0.391 + 0.162 + 0.008	0.073	0.001

Italian NTC 2008 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
11 - OPERE CIVILI	Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0000014	REV. A	FOGLIO. 15 di 41

Units : KN, m, C

Frame : 55 X Mid: 1.735 Combo: ENV_SLU Design Type: Brace
Length: 3.273 Y Mid: 2.190 Shape: UPN 180 Frame Type: DCH-MRF
Loc : 3.273 Z Mid: 1.317 Class: Class 1 Rolled : No

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
GammaM0=1.05 GammaM1=1.05 GammaM2=1.25
An/Ag=1.00 RLLF=1.000 PLLF=0.750 D/C Lim=0.950

Aeff=0.003 eNy=0.000 eNz=0.000
A=0.003 Iyy=1.364E-05 iyy=0.070 Wel,yy=1.516E-04 Weff,yy=1.516E-04
It=0.000 Izz=1.303E-06 izz=0.022 Wel,zz=2.660E-05 Weff,zz=2.660E-05
Iw=0.000 Iyz=0.000 h=0.180 Wpl,yy=1.801E-04 Av,y=0.002
E=210000000.0 fy=275000.000 fu=430000.000 Wpl,zz=4.804E-05 Av,z=0.001

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
3.273	-70.693	7.383	0.121	-13.681	0.338	-0.040

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
D/C Ratio: 0.562 = 0.391 + 0.162 + 0.008 < 0.950 OK
= NEd / (Chi_z NRk / GammaM1) + kzy (My,Ed + NEd eNy) / (Chi_LT My, Rk / GammaM1)
+ kzz (Mz,Ed + NEd eNz) / (Mz, Rk / GammaM1) (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	-70.693	734.381	734.381

	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	734.381	868.118	1109.647	969.245	1.000

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	c	0.490	0.000	0.000	0.000	0.000	734.381
MajorB (y-y)	c	0.490	2639.537	0.540	0.729	1.000	+Infinito
Minor (z-z)	c	0.490	0.000	0.000	0.000	0.000	180.631
MinorB (z-z)	c	0.490	252.073	1.749	2.409	0.246	+Infinito
Torsional TF	c	0.490	969.245	0.892	1.067	0.605	+Infinito

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mm,Ed Moment	Meq,Ed Moment
Major (y-y)	7.383	7.383	7.383	7.383
Minor (z-z)	0.121	0.200	0.121	0.157

	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	47.158	47.158	47.158	33.596
Minor (z-z)	12.581	12.581	12.581	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Psi	Mcr
LTB	d	0.760	0.641	0.873	0.712	2.700	120.34 4

	kyy	kzy	kzy	kzz
Factors	0.413	0.315	0.739	0.525

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0000014	REV. A	FOGLIO. 16 di 41

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Vc,Rd Force	Stress Ratio	Status Check	Ted Torsion
Major (z)	13.948	191.130	0.073	OK	0.038
Minor (y)	0.338	232.865	0.001	OK	0.038
	Vpl,Rd	Eta	LambdaBarW	Mb,Rd Capacity	
Reduction	191.130	1.000	0.243	33.596	

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST			
	M Ingegneria					
11 - OPERE CIVILI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	IBOU	1BEZZ	CL	VI0000014	A	17 di 41

9.1 VERIFICA TRAVI

Si riportano di seguito sollecitazioni e verifiche delle travi principali HEB260:

$N_{max} = 87 \text{ KN}$

$M_{max} = 36 \text{ kNm}$

$T_{max} = 48 \text{ kN}$

Stabilità delle aste compresse			
E =	210000	MPa	modulo elastico
	1		classe della sezione
$N_{ed} =$	87	kN	sollecitazione agente
$f_{yk} =$	275	MPa	resistenza di calcolo
A =	11350	mm ²	area della sezione
L =	4880	mm	lunghezza dell'asta
J =	143500000	mm ⁴	inerzia della sezione
$\gamma_{m1} =$	1.05	-	coeff. SLU
A _{eff} =	11350	mm ²	area efficace della sezione
$\chi =$	0.88	OK	dip da sezione e tipo di acciaio
$\phi =$	0.68		
$\alpha =$	0.34	TAB 4.2.VI	fattore di imperfezione
$\lambda =$	0.50		snellezza adimensionale
$\beta =$	1.00		riduz lugh libera d'inflessione
$L_0 =$	4880	mm	lunghezza libera d'inflessione
$N_{cr} =$	12489104	N	carico critico euleriano
$\nu =$	0.20		coeff di Poisson
si possono trascurare i fenomeni di instabilità per aste compresse			
$N_{b,Rd} =$	2628.5	kN	
$N_{b,Rd} \geq N_{ed}$ ✓ verifica soddisfatta			

Stabilità delle travi inflesse			
E =	210000	MPa	modulo elastico
	1		classe della sezione
$M_{ed} =$	36	kNm	massimo momento flettente di calcolo
$f_{yk} =$	275	MPa	resistenza di calcolo
$\gamma_{m1} =$	1.05		coeff. SLU
$f_{yd} =$	262	MPa	resistenza di progetto
$W_y =$	1229938	mm ³	modulo res
$\chi_{LT} =$	1.00		dip da sezione e tipo di acciaio
f =	0.96		
$\phi =$	0.49		
$\beta =$	0.75	min 0.75	riduz lugh libera d'inflessione
$\lambda_{LT} =$	0.24		snellezza adimensionale
kc =	0.77	TAB 4.2.VIII	
$M_{cr} =$	5.97E+09	Nmm	mom critico el di instab torsionale
$\lambda_{LT,0} =$	0.4	max 0.4	
$\alpha =$	0.34	TAB 4.2.VI	fattore di imperfezione

$M_{b,Rd} =$	322.13	kNm	momento resistente
$M_{b,Rd} \geq M_{ed}$ ✓ verifica soddisfatta			

taglio			
$V_{Ed} =$	48	kN	sollecitazione agente
$f_{yk} =$	275	MPa	resistenza di calcolo
$f_k =$	430	MPa	resistenza di calcolo
$\gamma_{m0} =$	1.05	-	coeff. SLU
$\gamma_{m2} =$	1.25	-	coeff. SLU
$f_{yd} =$	262	MPa	resistenza di progetto
$A_v =$	2460	mm ²	area resistente a taglio
$V_{c,Rd} =$	372.0	kN	res di calcolo a taglio
$V_{Ed} / V_{c,Rd} \leq 1$ ✓ verifica soddisfatta			

taglio + torsione			
$\tau_{LT,Ed} =$	6	MPa	tensione tangenziale max dovuta a torsione uniforme
$V_{c,Rd,red} =$	366	kN	res di calcolo a taglio per sez a doppio T o ad H
$V_{Ed} / V_{c,Rd,red} \leq 1$ ✓ verifica soddisfatta			
$V_{c,Rd,red} =$	357	kN	res di calcolo a taglio per sez CAVE
$V_{Ed} / V_{c,Rd,red} \leq 1$ ✓ verifica soddisfatta			

VERIFICA IN TERMINI TENSIONALI			
$\tau_{Ed} =$	6	MPa	tensione tangenziale in campo el lineare
$\tau_{Ed} / f_{yk} \sqrt{3} \gamma_{m0} \leq 1$ ✓ verifica soddisfatta			

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
11 - OPERE CIVILI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	IBOU	1BEZZ	CL	VI0000014	A	18 di 41

9.2 VERIFICA COLONNE

Si riportano di seguito sollecitazioni e verifiche delle colonne HEB260:

N max = 254 KN

M max = 38 kNm

T max = 25 kN

Stabilità delle aste compresse			
E =	210000	MPa	modulo elastico
η	1		classe della sezione
N_{ed}	254	kN	sollecitazione agente
f_{yk}	275	MPa	resistenza di calcolo
A =	11350	mm ²	area della sezione
L =	3130	mm	lunghezza dell'asta
J =	143500000	mm ⁴	inerzia della sezione
γ_{m1}	1.05	-	coeff. SLU
A _{eff}	11350	mm ²	area efficace della sezione
χ	0.96	OK	dip da sezione e tipo di acciaio
ϕ	0.57		
α	0.34	TAB 4.2.VI	fattore di imperfezione
λ	0.32		snellezza adimensionale
β	1.00		riduz lugh libera d'inflexione
L ₀	3130	mm	lunghezza libera d'inflexione
N _{cr}	30358637	N	carico critico euleriano
ν	0.20		coeff di Poisson
si possono trascurare i fenomeni di instabilità per aste compresse			
N _{b,Rd}	2843.3	kN	
$N_{b,Rd} \geq N_{ed}$ ✓ verifica soddisfatta			

taglio			
V _{ed}	25	kN	sollecitazione agente
f_{yk}	275	MPa	resistenza di calcolo
f_{tk}	430	MPa	resistenza di calcolo
γ_{m0}	1.05	-	coeff. SLU
γ_{m2}	1.25	-	coeff. SLU
f_{td}	262	MPa	resistenza di progetto
AV	2460	mm ²	area resistente a taglio
V _{c,Rd}	372.0	kN	res di calcolo a taglio
$V_{ed} / V_{c,Rd} \leq 1$ ✓ verifica soddisfatta			

Stabilità delle travi inflesse			
E =	210000	MPa	modulo elastico
η	1		classe della sezione
M _{ed}	38	kNm	massimo momento flettente di calcolo
f_{yk}	275	MPa	resistenza di calcolo
γ_{m1}	1.05		coeff. SLU
f_{yd}	262	MPa	resistenza di progetto
W _y	1229938	mm ³	modulo res
χ_{LT}	1.00		dip da sezione e tipo di acciaio
f	0.96		
ϕ	0.50		
β	1.00	min 0.75	riduz lugh libera d'inflexione
λ_{LT}	0.25		snellezza adimensionale
kc	0.77	TAB 4.2.VIII	
M _{cr}	5.63E+09	Nmm	mom critico el di instab torsionale
$\lambda_{LT,0}$	0.4	max 0.4	
α	0.34	TAB 4.2.VI	fattore di imperfezione
M _{b,Rd}	322.13	kNm	momento resistente
$M_{b,Rd} \geq M_{ed}$ ✓ verifica soddisfatta			

taglio + torsione			
$\tau_{t,ed}$	4	MPa	tensione tangenziale max dovuta a torsione uniforme
V _{c,Rd,red}	368	kN	res di calcolo a taglio per sez a doppioT o ad H
$V_{ed} / V_{c,Rd,red} \leq 1$ ✓ verifica soddisfatta			
V _{c,Rd,red}	362	kN	res di calcolo a taglio per sez CAVE
$V_{ed} / V_{c,Rd,red} \leq 1$ ✓ verifica soddisfatta			
VERIFICA IN TERMINI TENSIONALI			
τ_{ed}	6	MPa	tensione tangenziale in campo el lineare
$\tau_{ed} / f_{yk} \sqrt{3} \gamma_{m0} \leq 1$ ✓ verifica soddisfatta			

APPALTATORE:			PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE:	Mandatario:	Mandanti:						
	SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
11 - OPERE CIVILI	Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica		IBOU	1BEZZ	CL	VI0000014	A	19 di 41

9.3 VERIFICA COSCIALI

Si riportano di seguito sollecitazioni e verifiche dei cosciali UPN180:

N max = 58 KN

M max = 8 kNm

T max = 20 kN

Stabilità delle aste compresse		
E =	210000	MPa
	1	classe della sezione
N _{Ed} =	58	kN
f _{yk} =	275	MPa
A =	2804	mm ²
L =	4880	mm
J =	13641055	mm ⁴
γ _{m1} =	1.05	-
A _{eff} =	2804	mm ²
χ =	0.66	OK
φ =	0.97	
α =	0.49	TAB 4.2.VI
λ =	0.81	snellezza adimensionale
β =	1.00	riduz lugh libera d'inflessione
L ₀ =	4880	mm
N _{cr} =	1187209	N
ν =	0.20	coeff di Poisson
non si possono trascurare i fenomeni di instabilità per aste compresse		
N _{b,Rd} =	483.5	kN
N _{b,Rd} ≥ N _{Ed} ✓ verifica soddisfatta		

Stabilità delle travi inflesse		
E =	210000	MPa
	1	classe della sezione
M _{Ed} =	8	kNm
f _{yk} =	275	MPa
γ _m =	1.05	coeff. SLU
f _{yd} =	262	MPa
W _y =	151567	mm ³
χ _{LT} =	0.72	dip da sezione e tipo di acciaio
f =	0.91	
φ =	0.98	
β =	1.00	min 0.75
λ _{LT} =	0.81	snellezza adimensionale
k _C =	0.82	TAB 4.2.VIII
M _{cr} =	6.32E+07	Nmm
λ _{LT,0} =	0.2	max 0.4
α =	0.49	TAB 4.2.VI
M _{b,Rd} =	28.56	kNm
M _{b,Rd} ≥ M _{Ed} ✓ verifica soddisfatta		

taglio		
V _{Ed} =	20	kN
f _{yk} =	275	MPa
f _{yk} =	430	MPa
γ _{m0} =	1.05	-
γ _{m2} =	1.25	-
f _{yd} =	262	MPa
A _v =	1363	mm ²
V _{c,Rd} =	206.1	kN
V _{Ed} / V _{c,Rd} ≤ 1 ✓ verifica soddisfatta		

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
11 - OPERE CIVILI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	IBOU	1BEZZ	CL	VI0000014	A	20 di 41

9.4 VERIFICA ELEMENTI SECONDARI

I profili UPN180 dei pianerottoli presentano le seguenti sollecitazioni massime:

$N_{max} = 118 \text{ KN}$

$M_{max} = 12 \text{ kNm}$

$T_{max} = 24 \text{ kN}$

Stabilità delle aste compresse			
E =	210000	MPa	modulo elastico
	1		classe della sezione
$N_{ed} =$	118	kN	sollecitazione agente
$f_{yk} =$	275	MPa	resistenza di calcolo
A =	2804	mm ²	area della sezione
L =	4880	mm	lunghezza dell'asta
J =	13641055	mm ⁴	inerzia della sezione
$\gamma_{m1} =$	1.05	-	coeff. SLU
A _{eff} =	2804	mm ²	area efficace della sezione
$\chi =$	0.66	OK	dip da sezione e tipo di acciaio
$\phi =$	0.97		
$\alpha =$	0.49	TAB 4.2.VI	fattore di imperfezione
$\lambda =$	0.81		snellezza adimensionale
$\beta =$	1.00		riduz lugh libera d'inflexione
$L_0 =$	4880	mm	lunghezza libera d'inflexione
$N_{cr} =$	1187209	N	carico critico euleriano
$\nu =$	0.20		coeff di Poisson
non si possono trascurare i fenomeni di instabilità per aste compresse			
$N_{d,Rd} =$	483.5	kN	
$N_{d,Rd} \geq N_{ed}$			✓ verifica soddisfatta

taglio			
$V_{ed} =$	24	kN	sollecitazione agente
$f_{yk} =$	275	MPa	resistenza di calcolo
$f_{tk} =$	430	MPa	resistenza di calcolo
$\gamma_{m0} =$	1.05		coeff. SLU
$\gamma_{m1} =$	1.25		coeff. SLU
$f_{yd} =$	262	MPa	resistenza di progetto
A _v =	1363	mm ²	area resistente a taglio
$V_{c,Rd} =$	206.1	kN	res di calcolo a taglio
$V_{ed} / V_{c,Rd} \leq 1$			✓ verifica soddisfatta

Stabilità delle travi inflesse			
E =	210000	MPa	modulo elastico
	1		classe della sezione
$M_{ed} =$	12	kNm	massimo momento flettente di calcolo
$f_{yk} =$	275	MPa	resistenza di calcolo
$\gamma_{m1} =$	1.05		coeff. SLU
$f_{yd} =$	262	MPa	resistenza di progetto
$W_y =$	151567	mm ³	modulo res
$\chi_{LT} =$	0.72		dip da sezione e tipo di acciaio
f =	0.91		
$\phi =$	0.98		
$\beta =$	1.00	min 0.75	riduz lugh libera d'inflexione
$\lambda_{LT} =$	0.81		snellezza adimensionale
kc =	0.82	TAB 4.2.VIII	
$M_{cr} =$	6.32E+07	Nmm	mom critico el di instab torsionale
$\lambda_{LT,0} =$	0.2	max 0.4	
$\alpha =$	0.49	TAB 4.2.VI	fattore di imperfezione
$M_{d,Rd} =$	28.55	kNm	momento resistente
$M_{d,Rd} \geq M_{ed}$			✓ verifica soddisfatta

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0000014	REV. A	FOGLIO. 21 di 41

9.5 VERIFICA PARAPETTI

- Verifica montante

$$F = 3 \text{ kN/m}$$

$$H = 1 \text{ m (asse bullone centrale)}$$

$$\text{interasse massimo montanti} = 0.58 \text{ m}$$

$$M_d (F \times 1,5 \times 0,58) = 2.6 \text{ kN m}$$

Caratteristiche geometriche sezione resistente montante:

$$\text{Diametro esterno} = 6 \text{ cm}$$

$$\text{Spessore} = 0.5 \text{ cm}$$

$$f_{yd} (M/W) = 236 \text{ MPa} < f_{yk}$$

- Verifica saldatura

$$M = 2.6 \text{ kNm}$$

$$\text{altezza di gola saldatura} = 0.5 \text{ cm}$$

$$\text{Lunghezza saldatura} = 16 \text{ cm}$$

Area saldatura:

$$J \text{ saldatura} = 144 \text{ cm}^4$$

$$W \text{ saldatura} = 43 \text{ cm}^3$$

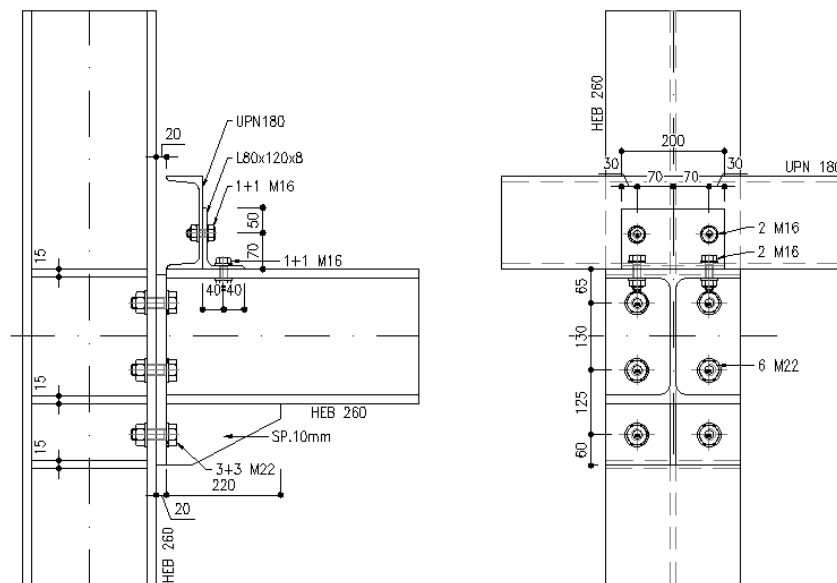
$$\sigma = 58.8 \text{ MPa}$$

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0000014	REV. A	FOGLIO. 22 di 41

9.6 VERIFICA GIUNTI

9.6.1 Nodo trave-pilastro

La connessione trave-pilastro viene realizzata mediante un giunto bullonato di tipo flangiato composto da 6 bulloni M22. La geometria della bullonatura risulta la seguente.



Le sollecitazioni con cui si dimensiona il giunto bullonato sono le massime con cui viene sollecitata la trave.

$N_{max} = 87 \text{ KN}$

$M_{max} = 36 \text{ kNm}$

$T_{max} = 48 \text{ kN}$

Il momento flettente e lo sforzo normale provenienti dalla trave generano uno stato di sollecitazione assiale sui sei bulloni, variabile in funzione dell'altezza del bullone all'interno della bullonatura stessa.

Il calcolo della forza assiale sul singolo bullone viene eseguito con il seguente foglio di calcolo opportunamente redatto.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"						
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
11 - OPERE CIVILI	Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
			IBOU	1BEZZ	CL	VI0000014	A	23 di 41

FORCES ACTING ON THE BOLTED CONNECTION

Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kNm	My kNm	Mz kNm
0	48	87	36	0	0

MAXIMUM BOLT FORCES

Rxy kN	Rz kN
8.0	74.0

BOLT GEOMETRY AND SINGLE BOLT EFFORT

Bolts	X _{Bi}	Y _{Bi}	Rx kN	Ry kN	Rxy kN	Rz kN
B ₁	60	60	=> 0.0	8.0	8.0	32.4
B ₂	200	60	=> 0.0	8.0	8.0	32.4
B ₃	60	130	=> 0.0	8.0	8.0	53.2
B ₄	200	130	=> 0.0	8.0	8.0	53.2
B ₅	60	200	=> 0.0	8.0	8.0	74.0
B ₆	200	200	=> 0.0	8.0	8.0	74.0
B ₇			=> -	-	-	-
B ₈			=> -	-	-	-
B ₉			=> -	-	-	-
B ₁₀			=> -	-	-	-

Number fo bolt

n_b 6 number of bolt

Centroid position of bolts

X _G mm	Y _G mm
G _b 130.0	130.0

G_b = (x_G; y_G) = (Σx_{Bi}/n_b; Σy_{Bi}/n_b) centroid position

Bolts inertial moment

J _p	J _x	J _y
49000 mm ²	121000 mm ²	130800 mm ²

J_p = Σ [(x_G-x_{Bi})² + (y_G-y_{Bi})²] Polar inertial moment
 J_x = Σ (y_{Bi}-n_y)² Inertial moment x
 J_y = Σ (x_{Bi}-n_x)² Inertial moment y

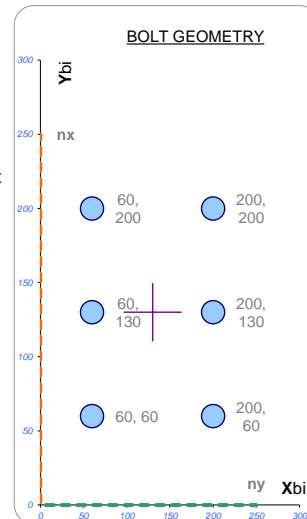
Lever axis positions for efforts Mx, My

nx	ny
0	0
0	0
0	0

nx 0 -30 mm compressed flap axis // y (point for chart)
 ny 0 -30 mm asse lembo compresso // x (point for chart)

Bolt efforts Rx, Ry, Rz

R_{xi} = F_x/n_b + M_z/J_p |(y_G-y_{Bi})| bolt force in direction x
 R_{yi} = F_y/n_b + M_z/J_p |(x_G-x_{Bi})| bolt force in direction y
 R_{xy} = (R_x²+R_y²)^{1/2} bolt force on the xy plane
 R_z = F_z/n_b + M_x/J_x (y_{Bi}-n_y) + M_y/J_y (x_{Bi}-n_x) bolt force in direction z



La verifica viene condotta in accordo a quanto prescritto dal §6.2.3 dell'Eurocodice 3 eed è eseguita mediante un foglio di calcolo opportunamente redatto.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0000014	REV. A	FOGLIO. 24 di 41

T-STUB CHECK - EC3

Material (EN10025-2)

Material: **S275**
 $f_y = 275$ MPa (thk ≤ 40 mm)
 $f_u = 430$ MPa (thk ≤ 40 mm)

Class of bolt

Class of bolt: **8.8**
 $f_{yb} = 640$ MPa
 $f_{ub} = 800$ MPa

Partial factors

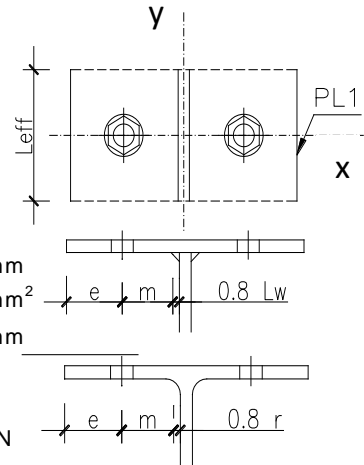
$\gamma_{M0} = 1.00$
 $\gamma_{M2} = 1.25$
 $\gamma_{M3} = 1.25$

Bolts

Diameter (M) $d_b = 22$ mm
Net area $A_s = 303$ mm²
Hole diameter $d_0 = 24$ mm

Bolts design resistances

slip factor $\mu = 0.40$
slip resistance $F_{s,Rd} = k \mu (A_s \cdot 0.7 f_{ub} - 0.8 F_{t,Sd}) / \gamma_{M3} = 35.4$ kN
tension resistance $F_{t,Rd} = (0.9 f_{yb} A_s) / \gamma_{M2} = 174.5$ kN
shear resistance $F_{v,Rd} = (a_v f_{ub} A_s) / \gamma_{M2} = 116.4$ kN



T-element geometry

Effective length $L_{eff} = 125$ mm
Reduced bolt distance $m = 46$ mm
Minimum bolt distance $e = 60$ mm
Bolt distance from the edge $n = 57.3$ mm
Plate thickness Pos. PL1 $t1 = 18$ mm

ULS design efforts on two bolts of T-element

Tension force $F_{Z2,Ed} = 2x R_z = 148$ kN
Shear force $F_{xy2,Ed} = 2x R_{xy} = 16$ kN

Check resistance of equivalent T-element related to two bolts

Resistance plastic moment of the T-element $M_{pl,Rd} = 2631836$ Nmm
Complete yielding of the flange $F_{t,Rd1} = 229.9$ kN
Bolt failure with yielding of the flange $F_{t,Rd2} = 245.0$ kN
Bolt failure $F_{t,Rd3} = 349.1$ kN
Design resistance of equivalent T-element $F_{t,Rd} = 229.9$ kN
Check $F_{iSd} = F_{Z2,Ed} \leq F_{iRd} = 148.0 \text{ kN} \leq 229.9 \cdot 0.64$ **OK**

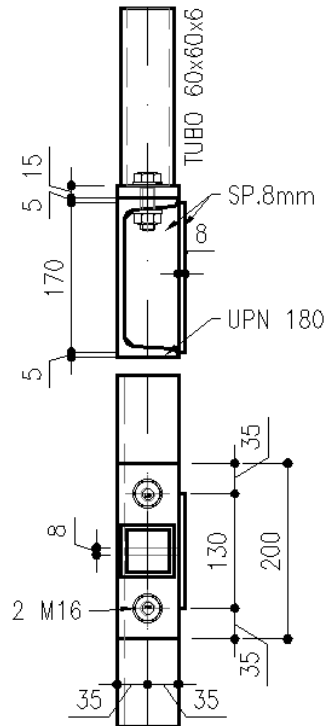
Bolts check

connection type **SLIP**
shear planes $n_T = 1$
tension on single bolt $F_{t,Sd} = F_{Z2,Ed} / 2 = 74.0$ kN
shear on single bolt $F_{v,Sd} = F_{xy2,Ed} / 2 = 8.0$ kN
check of shear and tension combination $[(F_{v,Ed} / F_{v,Rd}) + (F_{t,Ed} / (1.4 F_{t,Rd}))] = 0.37 \leq 1.00 \cdot 0.37$ **N.A.**
check of slip and tension combination $F_{s,Ed} = 8.0 \leq 35.4 \cdot 0.23$ **OK**

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0000014	REV. A	FOGLIO. 25 di 41

9.6.2 Nodo di attacco montante parapetto

Il montante del parapetto è connesso al cosciale o al profilo di bordo (in entrambi i casi costituito da un UPN 180) attraverso un giunto bullonato di tipo flangiato avente la seguente geometria.



La forza orizzontale applicata a 1.20 m dal piano di calpestio delle scale è pari a 3.0 kN e pertanto il momento flettente è pari a 3.6 kNm.

La forza risultante applicata ai bulloni viene calcolata con il seguente foglio di calcolo.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0000014	REV. A	FOGLIO. 26 di 41

FORCES ACTING ON THE BOLTED CONNECTION

Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kNm	My kNm	Mz kNm
0	0	0	3.6	0	0

MAXIMUM BOLT FORCES

Rxy kN	Rz kN
0.0	51.4

BOLT GEOMETRY AND SINGLE BOLT EFFORT

Bolts	x_{Bi}	y_{Bi}		Rx kN	Ry kN	Rxy kN	Rz kN
B ₁	35	35	=>	0.0	0.0	0.0	51.4
B ₂	165	35	=>	0.0	0.0	0.0	51.4
B ₃			=>	-	-	-	-
B ₄			=>	-	-	-	-
B ₅			=>	-	-	-	-
B ₆			=>	-	-	-	-
B ₇			=>	-	-	-	-
B ₈			=>	-	-	-	-
B ₉			=>	-	-	-	-
B ₁₀			=>	-	-	-	-

Number fo bolt

n_b 2 number of bolt

Centroid position of bolts

	x_G mm	y_G mm		
G_b	100.0	35.0	$G_b = (x_G; y_G) = (\sum x_{Bi}/n_b; \sum y_{Bi}/n_b)$	centroid position

Bolts inertial moment

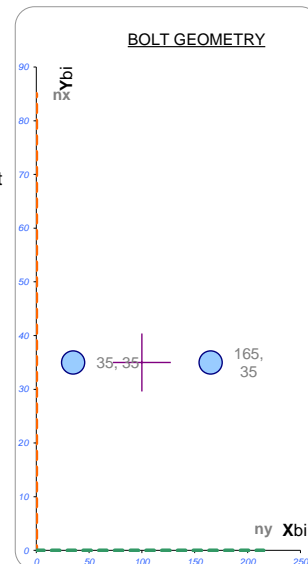
		mm^2		
J_p	8450	mm^2	$J_p = \sum [(x_G - x_{Bi})^2 + (y_G - y_{Bi})^2]$	Polar inertial moment
J_x	2450	mm^2	$J_x = \sum (y_{Bi} - n_y)^2$	Inertial moment x
J_y	28450	mm^2	$J_y = \sum (x_{Bi} - n_x)^2$	Inertial moment y

Lever axis positions for efforts Mx, My

n_x	0	-30	mm	compressed flap axis // y (point for chart)
		85		
n_y	0	-30	mm	asse lembo compresso // x (point for chart)
		215		

Bolt efforts Rx, Ry, Rz

$R_{xi} = F_x/n_b + M_z/J_p \cdot |(y_G - y_{Bi})|$ bolt force in direction x
 $R_{yi} = F_y/n_b + M_z/J_p \cdot |(x_G - x_{Bi})|$ bolt force in direction y
 $R_{xy} = (R_x^2 + R_y^2)^{1/2}$ bolt force on the xy plane
 $R_z = F_z/n_b + M_x/J_x \cdot (y_{Bi} - n_y) + M_y/J_y \cdot (x_{Bi} - n_x)$ bolt force in direction z



La verifica viene condotta in accordo a quanto prescritto dal §6.2.3 dell'Eurocodice 3 eed è eseguita mediante un foglio di calcolo opportunamente redatto.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
11 - OPERE CIVILI	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	IBOU	1BEZZ	CL	VI0000014	A	27 di 41

B CHECK - EC3

Material (EN10025-2)

S275
 $f_y = 275 \text{ MPa}$ (thk $\leq 40\text{mm}$)
 $f_u = 430 \text{ MPa}$ (thk $\leq 40\text{mm}$)

Class of bolt

8.8
 $f_{yb} = 640 \text{ MPa}$
 $f_{ub} = 800 \text{ MPa}$

Partial factors

$\gamma_{M0} = 1.05$
 $\gamma_{M2} = 1.25$
 $\gamma_{M3} = 1.25$

Bolts

Diameter (M) $d_b = 16 \text{ mm}$
Net area $A_s = 157 \text{ mm}^2$
Hole diameter $d_o = 18 \text{ mm}$

Bolts design resistances

slip factor $\mu = 0.40$
slip resistance $F_{s,Rd} = k \mu (A_s \cdot 0.7 f_{ub} - 0.8 F_{t,Sd}) / \gamma_{M3} = 15.0 \text{ kN}$
tension resistance $F_{t,Rd} = (0.9 f_{ub} A_s) / \gamma_{M2} = 90.4 \text{ kN}$
shear resistance $F_{v,Rd} = (a_v f_{ub} A_s) / \gamma_{M2} = 60.3 \text{ kN}$

T-element geometry

Effective length $l_{eff} = 70 \text{ mm}$
Reduced bolt distance $m = 30 \text{ mm}$
Minimum bolt distance $e = 35 \text{ mm}$
Bolt distance from the edge $n = 35.0 \text{ mm}$
Plate thickness Pos. PL1 $t_1 = 15 \text{ mm}$

ULS design efforts on two bolts of T-element

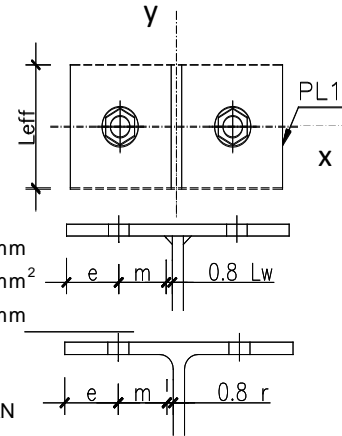
Tension force $F_{Z2,Ed} = 2x R_z = 103 \text{ kN}$
Shear force $F_{Xy2,Ed} = 2x R_{xy} = 3 \text{ kN}$

Check resistance of equivalent T-element related to two bolts

Resistance plastic moment of the T-element $M_{pl,Rd} = 1031250 \text{ Nmm}$
Complete yielding of the flange $F_{t,Rd1} = 137.5 \text{ kN}$
Bolt failure with yielding of the flange $F_{t,Rd2} = 129.1 \text{ kN}$
Bolt failure $F_{t,Rd3} = 180.9 \text{ kN}$
Design resistance of equivalent T-element $F_{t,Rd} = 129.1 \text{ kN}$
Check $F_{tSd} = F_{Z2,Ed} \leq F_{tRd} \quad 102.8 \text{ kN} \leq 129.1 \quad 0.80 \quad \text{OK}$

Bolts check

connection type $n_T = 1$ **SLIP**
shear planes $n_T = 1$
tension on single bolt $F_{t,Sd} = F_{Z2,Ed} / 2 = 51.4 \text{ kN}$
shear on single bolt $F_{v,Sd} = F_{Xy2,Ed} / 2 = 1.5 \text{ kN}$
check of shear and tension combination $[(F_{v,Ed} / F_{v,Rd}) + (F_{t,Ed} / (1.4 F_{t,Rd}))] = 0.43 \leq 1.00 \quad 0.43 \quad \text{N.A.}$
check of slip and tension combination $F_{s,Ed} = 1.5 \leq 15.0 \quad 0.10 \quad \text{OK}$



APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0000014	REV. A	FOGLIO. 28 di 41

9.6.3 Nodi di attacco IPE100 – cosciale UPN180

I profili IPE100 hanno la funzione di elementi secondari atti a riportare la sollecitazione dal piano di calpestio ai profili UPN180 che fungono da cosciali o da travi rompitratta. Il profilo IPE100 avente lunghezza maggiore ha lunghezza di calcolo di 2.0metri. Lo schema statico del profilo è di semplice appoggio sui cosciali o sui rompitratta; a favore di sicurezza si assume interasse delle travi pari a 0.64 metri.

Il carico distribuito allo SLU gravante sul profilo è:

$$q_{SLU} = 1.3 G_1 + 1.5 G_2 + 1.5 (Q_{Acc} + 0.5 Q_{neve}) = 5.95 \frac{kN}{m}$$

Il taglio sull'appoggio e la conseguente reazione vincolare è;

$$V_{app} = R = \frac{ql}{2} = 5.95 kN$$

Il taglio all'appoggio viene trasmesso attraverso un giunto che, attraverso due spezzoni di angolare 60x6 connette e mediante quattro bulloni M12 aventi una singola o due superfici di taglio l'anima del profilo IPE100 all'UPN180. La verifica dei due bulloni a singola superficie di taglio che connettono gli angolari al profilo UPN viene eseguita con un foglio di calcolo opportunamente redatto e risulta:

VERIFICA BULLONATURA SECONDO NTC 2018						
MATERIALI		GEOMETRIA		VERIFICA		
PROFILATI	S275	VITE	M12	Fv,Ed =	2.975 kN	
f _{yk} =	275 MPa	d=	12 mm	Ft,Ed =	kN	
f _{tk} =	430 MPa	do =	13 mm	Pos. N	BORDO dir. ortogonale alla forza	
BULLONI	CLASSE 8.8	A =	113 mm	Pos. P	BORDO dir. parallela alla forza	
f _{yb} =	640 MPa	Ares =	84.3 mm ²	γM2 =	1.25	VERIFICA
f _{tb} =	800 MPa	t =	6 mm	Fv,Rd =	32.37 kN	✓
n° sezioni	1	e1 =	35 mm	Fb,Rd =	55.57 kN	✓
t piastra base	6 mm	e2 =	40 mm	Ft,Rd =	48.56 kN	✓
k =	2.5000	p1 =	60 mm	Bp,Rd =	70.03 kN	✓
α =	0.8974	p2 =	74 mm	comb.	0.092 < 1	✓
piano di taglio su filetto	si		-			

La verifica è soddisfatta.

La verifica dei due bulloni a doppia superficie di taglio che connettono il profilo IPE100 ai due angolari viene eseguita con un foglio di calcolo opportunamente redatto. Il taglio puro generato dalla reazione vincolare viene incrementato dalla componente di taglio orizzontale generata dalla coppia di forze in cui viene suddiviso il momento flettente. Tale momento flettente scaturisce dall'eccentricità di questi bulloni dal punto in cui viene localizzata la cerniera.

$$M = V * e = 5.95 * 0.035 = 0.21 kNm$$

$$V_h = \frac{0.21}{0.035} = 5.95 kN$$

Pertanto:

$$V_b = (5.95^2 + 2.975^2)^{0.5} = 6.65 kN$$

Tali bulloni hanno due superfici di taglio e pertanto la verifica risulta:

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0000014	REV. A	FOGLIO. 29 di 41

VERIFICA BULLONATURA SECONDO NTC 2018						
MATERIALI		GEOMETRIA		VERIFICA		
PROFILATI	S275	VITE	M12	Fv,Ed =	3.325 kN	
f _{yk} =	275 MPa	d =	12 mm	Ft,Ed =	kN	
f _{tk} =	430 MPa	do =	13 mm	Pos. N	BORDO dir. ortogonale alla forza	
BULLONI	CLASSE 8.8	A =	113 mm	Pos. P	BORDO dir. parallela alla forza	
f _{yb} =	640 MPa	Ares =	84.3 mm ²	γM2 =	1.25	VERIFICA
f _{tb} =	800 MPa	t =	6 mm	Fv,Rd =	32.37 kN	✓
n° sezioni	1	e1 =	35 mm	Fb,Rd =	55.57 kN	
t piastra base	6 mm	e2 =	40 mm	Ft,Rd =	48.56 kN	✓
k =	2.5000	p1 =	60 mm	Bp,Rd =	70.03 kN	
α =	0.8974	p2 =	74 mm	comb.	0.103 < 1	✓
piano di taglio su filetto	si					

La verifica è soddisfatta.

9.6.4 Nodo di attacco cosciale UPN180 – trave HEB260

I cosciali UNP180 vengono connessi alle travi HEB260 con un giunto bullonato che, mediante un profilo angolare 120x80x8 e 4 bulloni M16 connette l'UPN180 alla HEB260.

Il cosciale risulta avere lo schema statico di una trave in semplice appoggio su due vincoli infinitamente rigidi avente due sbalzi laterali di lunghezza pari alla lunghezza del pianerottolo della scala. Si assume che, data la simmetria del cosciale e delle forze che vi gravano, i carichi statici verticali permanenti (g1 e g2) vengano trasmessi alla trave principale attraverso il contatto tra la piattabanda del cosciale (ala inferiore del profilo UPN) e la piattabanda superiore della trave HEB. Si dimensiona quindi il giunto bullonato supponendo che il carico accidentale sia disposto solo su un pianerottolo della scala, posizione che genera la massima trazione sul singolo appoggio. Tale trazione costituisce la reazione vincolare (sull'appoggio distante dal carico) che equilibra il momento flettente generato dal carico accidentale sul pianerottolo. Il valore della reazione allo SLU risulta:

$$R = -2.91 \text{ kN}$$

Tale reazione vincolare costituisce un taglio sui due bulloni che connettono il cosciale allo spezzone di profilo 120x80x8. La verifica risulta:

VERIFICA BULLONATURA SECONDO NTC 2018						
MATERIALI		GEOMETRIA		VERIFICA		
PROFILATI	S275	VITE	M16	Fv,Ed =	1.46 kN	
f _{yk} =	275 MPa	d =	16 mm	Ft,Ed =	kN	
f _{tk} =	430 MPa	do =	17 mm	Pos. N	BORDO dir. ortogonale alla forza	
BULLONI	CLASSE 8.8	A =	201 mm	Pos. P	BORDO dir. parallela alla forza	
f _{yb} =	640 MPa	Ares =	157 mm ²	γM2 =	1.25	VERIFICA
f _{tb} =	800 MPa	t =	8 mm	Fv,Rd =	60.29 kN	✓
n° sezioni	1	e1 =	50 mm	Fb,Rd =	107.92 kN	
t piastra base	15 mm	e2 =	30 mm	Ft,Rd =	90.43 kN	✓
k =	2.5000	p1 =	60 mm	Bp,Rd =	233.43 kN	
α =	0.9804	p2 =	60 mm	comb.	0.024 < 1	✓
piano di taglio su filetto	si					

Il bullone che connette lo spezzone del profilo a L alla piattabanda della trave viene sollecitato dallo stesso taglio che verrà incrementato a causa del momento flettente generato dall'eccentricità del bullone.

$$M = V * e = 1.46 * 0.04 = 0.06 \text{ kNm}$$

Il braccio della coppia che equilibra il momento è paria 0.9d=0.036m e pertanto:

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
11 - OPERE CIVILI	Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
		IBOU	1BEZZ	CL	VI0000014	A 30 di 41

$$F_{T,b} = 1.67 \text{ kN}$$

La verifica della bullonatura che connette lo spezzone del profilo L120x80x8 e la trave HEB risulta:

T-STUB CHECK - EC3		
Material (EN10025-2)		
$f_y =$	S275	275 MPa (thk ≤ 40mm)
$f_u =$		430 MPa (thk ≤ 40mm)
Class of bolt		
$f_{yb} =$	8.8	640 MPa
$f_{ub} =$		800 MPa
Partial factors		
$\gamma_{M0} =$	1.05	
$\gamma_{M2} =$	1.25	
$\gamma_{M3} =$	1.25	
Bolts		
Diameter (M)	$d_b =$	16 mm
Net area	$A_s =$	157 mm ²
Hole diameter	$d_o =$	18 mm
Bolts design resistances		
slip factor	$\mu =$	0.40
slip resistance	$F_{s,Rd} = k \mu (A_s 0.7 f_{ub} - 0.8 F_{t,Sd}) / \gamma_{M3}$	27.7 kN
tension resistance	$F_{t,Rd} = (0.9 f_{ub} A_s) / \gamma_{M2}$	90.4 kN
shear resistance	$F_{v,Rd} = (a_v f_{ub} A_s) / \gamma_{M2}$	60.3 kN
T-element geometry		
Effective length	$l_{eff} =$	70 mm
Reduced bolt distance	$m =$	41 mm
Minimum bolt distance	$e =$	60 mm
Bolt distance from the edge	$n =$	51.3 mm
Plate thickness Pos. PL1	$t_1 =$	18 mm
ULS design efforts on two bolts of T-element		
Tension force	$F_{Z2, Ed} = 2x R_z =$	3 kN
Shear force	$F_{Xy2, Ed} = 2x R_{xy} =$	0 kN
Check resistance of equivalent T-element related to two bolts		
Resistance plastic moment of the T-element	$M_{pl,Rd} =$	1403646 Nmm
Complete yielding of the flange	$F_{t,Rd1} =$	136.9 kN
Bolt failure with yielding of the flange	$F_{t,Rd2} =$	130.9 kN
Bolt failure	$F_{t,Rd3} =$	180.9 kN
Design resistance of equivalent T-element	$F_{t,Rd} =$	130.9 kN
Check	$F_{t,Sd} = F_{Z2, Ed} \leq F_{t,Rd}$	3.3 kN ≤ 130.9 0.03 OK
Bolts check		
connection type		SLIP
shear planes	$n_T =$	1
tension on single bolt	$F_{t,Sd} = F_{Z2, Ed} / 2$	1.7 kN
shear on single bolt	$F_{v,Sd} = F_{Xy2, Ed} / 2$	0.0 kN
check of shear and tension combination	$[(F_{v,Ed} / F_{v,Rd}) + (F_{t,Ed} / (1.4 F_{t,Rd}))] =$	0.01 ≤ 1.00 0.01 N.A.
check of slip and tension combination	$F_{s,Ed} =$	0.0 ≤ 27.7 0.00 OK

La verifica risulta soddisfatta.

La reazione vincolare sull'appoggio posto in adiacenza al carico è di pura compressione e viene trasferita attraverso contatto fra i profili: il collegamento bullonato non richiede quindi verifica specifica.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0000014	REV. A	FOGLIO. 31 di 41

9.6.5 Nodo di attacco rompitratta UPN180 – trave HEB260

I profili UPN180 che fungono da rompitratta vengono connessi alle travi HEB260 con un giunto bullonato che, mediante un profilo angolare 120x80x8 e 4 bulloni M16 connette l'UPN180 alla HEB260.

Per quanto riguarda i carichi statici, il rompitratta lavora in semplice appoggio tra il profilo di bordo UPN180 e la trave HEB260. La principale funzione che assolve tale profilo è di irrigidimento torsionale del profilo UPN 180 in corrispondenza dell'attacco del parapetto quando questo è sottoposto al momento generato dalla spinta orizzontale sul parapetto stesso.

Il massimo interasse delle travi rompitratta è di 0.9 metri e pertanto la sollecitazione che deriva dalla spinta uniformemente distribuita sul parapetto risulta:

$$F_p = 3 * 0.9 = 2.7 \text{ kN}$$

Il momento flettente alla base del montante (trasmesso con andamento costante fino al giunto sulla trave) è:

$$M = 2.7 * 1.2 = 3.24 \text{ kNm}$$

Allo stato limite ultimo, la sollecitazione sulla sezione di appoggio sulla trave HEB260 risulta:

$$M_{SLU} = 3.24 * 1.5 = 4.86 \text{ kNm} \quad N_{SLU} = 2.7 * 1.5 = 4.05 \text{ kNm}$$

Il momento flettente viene scomposto in una coppia di forze con braccio pari a 0.155m: la forza di taglio sul bullone risulta:

$$F_{V,b} = \frac{4.86}{0.14} = 34.71 \text{ kN}$$

Lo sforzo normale induce un ulteriore taglio sulla bullonatura:

$$F_{V,b} = \frac{4.05}{2} = 2.025 \text{ kN}$$

Il taglio risultante è:

$$F_{V,b} = (34.71^2 + 2.025^2)^{0.5} = 34.77 \text{ kN}$$

La verifica, eseguita con un fogliolo di calcolo opportunamente redatto, risulta:

VERIFICA BULLONATURA SECONDO NTC 2018					
MATERIALI		GEOMETRIA		VERIFICA	
PROFILATI	S275	VITE	M16	F _{v,Ed} =	34.77 kN
f _{yk} =	275 MPa	d =	16 mm	F _{t,Ed} =	0 kN
f _{tk} =	430 MPa	d _o =	17 mm	Pos. N	BORDO dir. ortogonale alla forza
BULLONI	CLASSE 8.8	A =	201 mm	Pos. P	BORDO dir. parallela alla forza
f _{yb} =	640 MPa	A _{res} =	157 mm ²	γ _{M2} =	1.25 VERIFICA
f _{tb} =	800 MPa	t =	8 mm	F _{v,Rd} =	60.29 kN ✓
n° sezioni	1	e ₁ =	30 mm	F _{b,Rd} =	64.75 kN ✓
t piastra base	6 mm	e ₂ =	40 mm	F _{t,Rd} =	90.43 kN ✓
k =	2.5000	p ₁ =	140 mm	B _{p,Rd} =	93.37 kN ✓
α =	0.5882	p ₂ =	mm	comb.	0.577 < 1 ✓
piano di taglio su filetto	si		-		

La verifica risulta soddisfatta.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0000014	REV. A	FOGLIO. 32 di 41

I due bulloni inferiori, avendo un'eccentricità di 6cm rispetto ai due bulloni sollecitati unicamente a taglio, vengono sollecitati a taglio e trazione.

Il taglio è generato dallo sforzo normale mentre la trazione è generata dal momento flettente.

$$F_{V,b} = 2.025 \text{ kN}$$

La forza verticale sul bullone verificato precedentemente viene incrementato a causa dell'eccentricità, la quale genera un'ulteriore momento:

$$M = 34.71 * 0.06 = 2.08 \text{ kNm}$$

Tale momento viene nuovamente scomposto in una coppia di forze con braccio pari a 0.04 m e pertanto la forza di trazione risulta di 52.07 kN. Sul bullone più sollecitato agiscono quindi:

$$F_{V,b} = 2.025 \text{ kN}$$

$$F_{T,b} = 52.07 \text{ kN}$$

VERIFICA BULLONATURA SECONDO NTC 2018					
MATERIALI		GEOMETRIA		VERIFICA	
PROFILATI	S275	VITE	M16	F _{v,Ed} =	2.025 kN
f _{yk} =	275 MPa	d =	16 mm	F _{t,Ed} =	52.07 kN
f _{tk} =	430 MPa	d _o =	17 mm	Pos. N	BORDO dir. ortogonale alla forza
BULLONI	CLASSE 8.8	A =	201 mm	Pos. P	BORDO dir. parallela alla forza
f _{yb} =	640 MPa	A _{res} =	157 mm ²	γ _{M2} =	1.25 VERIFICA
f _{tb} =	800 MPa	t =	8 mm	F _{v,Rd} =	60.29 kN ✓
n° sezioni	1	e ₁ =	30 mm	F _{b,Rd} =	64.75 kN ✓
t piastra base	6 mm	e ₂ =	40 mm	F _{t,Rd} =	90.43 kN ✓
k =	2.5000	p ₁ =	140 mm	B _{p,Rd} =	93.37 kN ✓
α =	0.5882	p ₂ =	mm	comb.	0.445 < 1 ✓
piano di taglio su filetto	si		-		

La verifica è quindi soddisfatta.

9.6.6 Nodo di attacco UPN180-UPN180

Il collegamento fra due profili UPN180 fa loro ortogonali viene realizzato mediante un giunto bullonato flangiato costituito da due bulloni M16 aventi una sola superficie di taglio.

La massima reazione vincolare verticale dovuta ai carichi verticali statici allo SLU che si ha in corrispondenza del giunto oggetto di verifica risulta pari a 7.665 kN. Tale reazione genera un taglio sul singolo bullone pari a:

$$F_{V,b1} = \frac{7.665}{2} = 3.83 \text{ kN}$$

La massima reazione vincolare torcente dovuta ai carichi orizzontali statici (spinta sul parapetto) genera un momento torcente (allo SLU) sulla sezione del giunto bullonato pari a:

$$M_T = 2.295 \text{ kNm}$$

Tale sollecitazione genera un secondo taglio sul bullone ortogonale al precedente:

$$F_{V,b2} = \frac{2.295}{0.1} = 22.95 \text{ kN}$$

Il taglio risultante sul bullone risulta:

$$F_{V,b} = (3.83^2 + 22.95^2)^{0.5} = 23.27 \text{ kN}$$

La verifica eseguita con un foglio di calcolo opportunamente redatto risulta:

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0000014	REV. A	FOGLIO. 33 di 41

VERIFICA BULLONATURA SECONDO NTC 2018		
MATERIALI	GEOMETRIA	VERIFICA
PROFILATI S275	VITE M16	Fv,Ed = 23.27 kN
f _{yk} = 275 MPa	d = 16 mm	Ft,Ed = kN
f _{tk} = 430 MPa	d _o = 17 mm	Pos. N BORDO dir. ortogonale alla forza
BULLONI CLASSE 8.8	A = 201 mm	Pos. P BORDO dir. parallela alla forza
f _{yb} = 640 MPa	A _{res} = 157 mm ²	γ _{M2} = 1.25 VERIFICA
f _{tb} = 800 MPa	t = 8 mm	Fv,Rd = 60.29 kN ✓
n° sezioni 1	e ₁ = 40 mm	Fb,Rd = 86.34 kN ✓
t piastra base 15 mm	e ₂ = 35 mm	Ft,Rd = 90.43 kN ✓
k = 2.5000	p ₁ = 100 mm	Bp,Rd = 233.43 kN ✓
α = 0.7843	p ₂ = mm	comb. 0.386 < 1 ✓
piano di taglio su filetto si	-	

La verifica risulta soddisfatta.

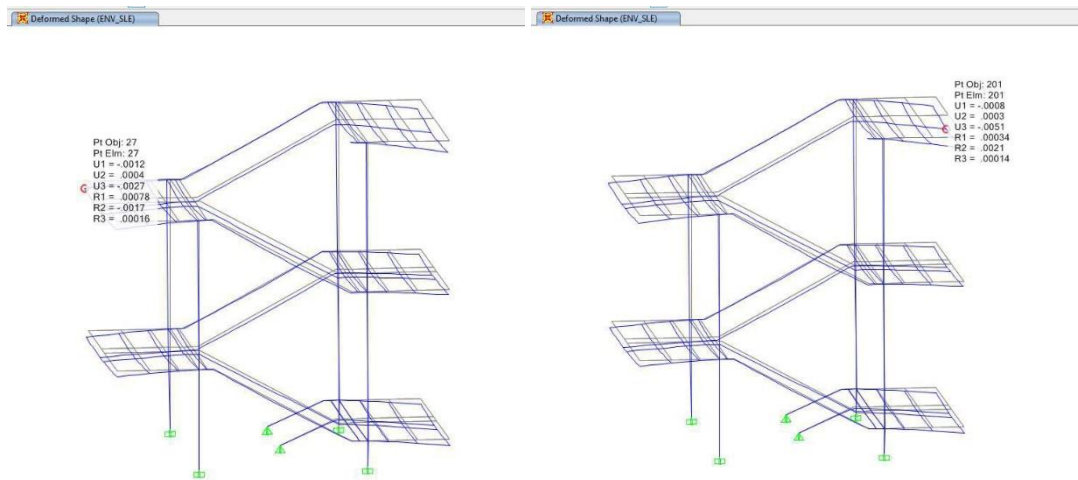
APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0000014	REV. A	FOGLIO. 34 di 41

10. VERIFICHE SLE

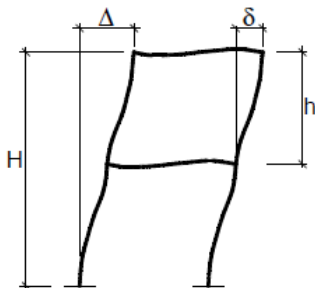
Si riporta di seguito la configurazione deformata del modello globale, in condizioni di esercizio, così da aggiornare la verifica deformativa della passerella in relazione alla sua reale condizione di vincolo, ovvero poggiata sul telaio.

10.1 DEFORMABILITA'

La freccia verticale massima è pari a 5.1 mm che risulta essere inferiore a $L/500 = 4880/250 = 19.52\text{mm}$



il valore massimo dello spostamento orizzontale, in condizioni di esercizio, risulta pari a 1.2 mm in direzione longitudinale (x) e 0.4 mm in direzione trasversale (y).



$$\delta/h = (1.2-0.7)/3130 = 0.00016 < 1/300 = 0.0033$$

$$\Delta/h = 1.2/6260 = 0.000192 < 1/500 = 0.002$$

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0000014	REV. A	FOGLIO. 35 di 41

11. REAZIONI AGLI APPOGGI

I telai presentano vincoli di incastro alla base, i cosciali vincoli di cerniera:

11.1 REAZIONI APPOGGI

Si riporta di seguito lo schema statico della struttura e le reazioni dei vincoli nel caso di inviluppo allo SLU ed in combinazione sismica.

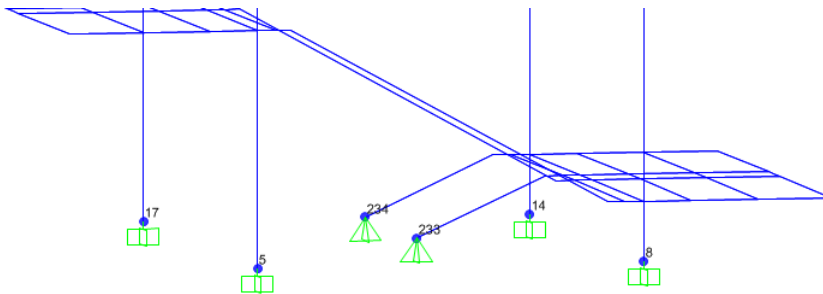


TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
5	ENV_SLU	Combination	Max	-3.298	5.674	183.41	-13.4485	-2.5414	-0.4385
5	ENV_SLU	Combination	Min	-3.362	-0.545	164.045	-22.2567	-2.7935	-0.4426
8	ENV_SLU	Combination	Max	-23.84	14.874	222.715	-20.0219	-11.5974	-3.0895
8	ENV_SLU	Combination	Min	-35.942	14.287	217.191	-22.9869	-18.1867	-4.6592
14	ENV_SLU	Combination	Max	-0.011	-15.861	254.768	25.8963	-5.3147	0.0687
14	ENV_SLU	Combination	Min	-0.593	-20.433	235.352	22.4428	-6.1383	-0.01
17	ENV_SLU	Combination	Max	6.911	-20.005	183.716	44.1412	9.9379	-0.4242
17	ENV_SLU	Combination	Min	3.238	-22.8	182.158	39.8902	4.8101	-0.9043
233	ENV_SLU	Combination	Max	81.827	16.437	33.832	0	0	0
233	ENV_SLU	Combination	Min	76.932	10.401	31.952	0	0	0
234	ENV_SLU	Combination	Max	-36.113	-1.118	-10.557	0	0	0
234	ENV_SLU	Combination	Min	-41.344	-4.235	-12.693	0	0	0

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
5	sisma	Combination	Max	0.787	4.048	12.342	5.6361	0.4614	0.105
5	sisma	Combination	Min	-0.787	-4.048	-12.342	-5.6361	-0.4614	-0.105
8	sisma	Combination	Max	9.477	2.128	13.139	3.1518	4.7	1.2298
8	sisma	Combination	Min	-9.477	-2.128	-13.139	-3.1518	-4.7	-1.2298
14	sisma	Combination	Max	1.539	2.114	14.802	2.0772	0.625	0.1994
14	sisma	Combination	Min	-1.539	-2.114	-14.802	-2.0772	-0.625	-0.1994
17	sisma	Combination	Max	3.076	2.907	12.34	4.5878	4.3668	0.4027
17	sisma	Combination	Min	-3.076	-2.907	-12.34	-4.5878	-4.3668	-0.4027
233	sisma	Combination	Max	3.012	4.866	1.427	0	0	0
233	sisma	Combination	Min	-3.012	-4.866	-1.427	0	0	0
234	sisma	Combination	Max	6.479	6.039	2.916	0	0	0
234	sisma	Combination	Min	-6.479	-6.039	-2.916	0	0	0

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0000014	REV. A	FOGLIO. 36 di 41

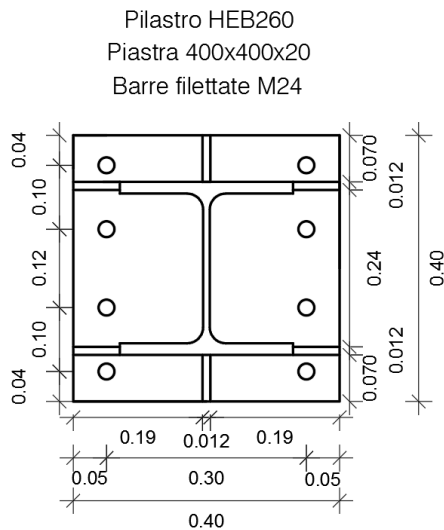
12. VERIFICHE FONDAZIONI

12.1PIASTRA DI BASE E TIRAFONDI

Verifica di resistenza

L'ipotesi di calcolo è quella di considerare l'acciaio dei tirafondi reagente solo a trazione.

Lo schema di incastro è costituito da una piastra 400x400x25 mm3 opportunamente costolata e 4+4tirafondi M24 la cui lunghezza viene dimensionata in funzione della resistenza allo sfilamento nel cls costituente la platea di fondazione.



b	400	[mm]
H	400	[mm]

Armatura superiore

n'_b	0	
ϕ'	M24	[mm]
$A_{a'}$	0	[mm ²]
h'	50	[mm]

n	15	
f	53.0	[mm]
h_0	350.0	[mm]
y	146.7	[mm]
J_{id}	1 296 336 822	[mm ⁴]

Armatura inferiore

n_b	4	
ϕ	M24	[mm]
A_a	1412	[mm ²]
h	350	[mm]
ϕ	24	[mm]

M	18.24	[kN×m]
σ_c	-2.06	[N/mm ²]
σ'_a	-20.41	[N/mm ²]
$\sigma_s = \sigma'_s$	42.90	[N/mm ²]

RESISTENZA

	M	M	σ_c	$\Delta\sigma$
	kN×m	kN×m	[N/mm ²]	[N/mm ²]
1+	18.2	18.24	42.9	42.9
1-		0.00	0.0	

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0000014	REV. A	FOGLIO. 37 di 41

12.2 PLATEA

La platea di fondazione è rettangolare di dimensioni $5.30 \times 5.68 \times 0.40 \text{ m}^3$

Le sollecitazioni riportate sono output del modello di calcolo comprensivo della scala.

$R_{ck} = 35 \text{ Mpa}$

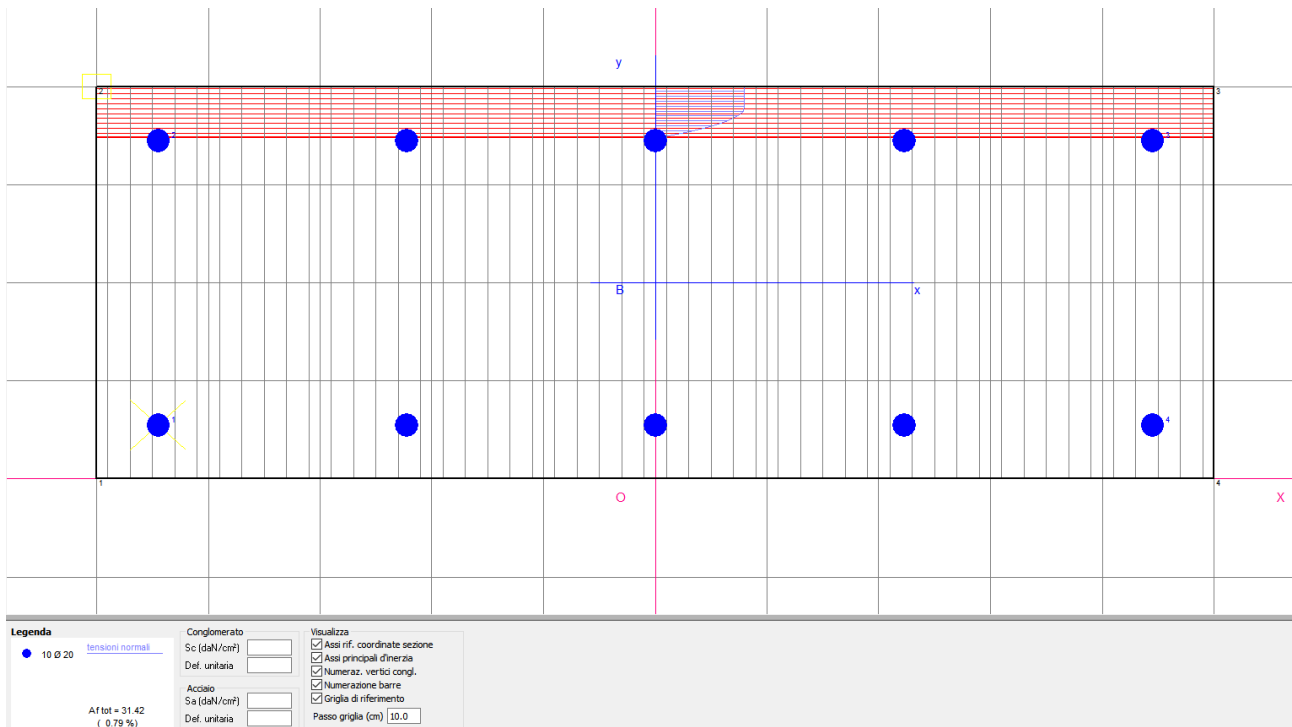
VERIFICA A FLESSIONE

Si verifica a flessione la sezione della platea, la quale viene armata con due ordini di $\Phi 20/20$ nelle due direzioni.

Le sollecitazioni risultano:

- $M_{SLU} = 160.00 \text{ kNm/m}$
- $M_{SLE, \text{rara}} = 123.08 \text{ kNm/m}$

La verifica è stata eseguita con il software RC-Sec, di cui si riporta il listato di verifica.



DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

Descrizione Sezione:	Stati Limite Ultimi
Metodo di calcolo resistenza:	Sezione generica
Tipologia sezione:	N.T.C.
Normativa di riferimento:	A Sforzo Norm. costante
Percorso sollecitazione:	Poco aggressive
Condizioni Ambientali:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento Sforzi assegnati:	Zona non sismica
Riferimento alla sismicità:	In zona critica
Posizione sezione nell'asta:	

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
11 - OPERE CIVILI	Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0000014	REV. A	FOGLIO. 38 di 41

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CONGLOMERATO - Classe: C28/35
 Resis. compr. di calcolo fcd : 158.60 daN/cm²
 Resis. compr. ridotta fcd' : 79.30 daN/cm²
 Def.unit. max resistenza ec2 : 0.0020
 Def.unit. ultima ecu : 0.0035
 Diagramma tensione-deformaz. : Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale Ec : 323080 daN/cm²
 Coeff. di Poisson : 0.20
 Resis. media a trazione fctm : 27.60 daN/cm²
 Coeff. Omogen. S.L.E. : 15.0
 Combinazioni Rare in Esercizio (Tens.Limite):
 Sc Limite : 168.00 daN/cm²
 Apert.Fess.Limite : Non prevista

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. fyk : 4500.0 daN/cm²
 Resist. caratt. rottura ftk : 4500.0 daN/cm²
 Resist. snerv. di calcolo fyd : 3913.0 daN/cm²
 Resist. ultima di calcolo ftd : 3913.0 daN/cm²
 Deform. ultima di calcolo Epu : 0.068
 Modulo Elastico Ef : 2000000 daN/cm²
 Diagramma tensione-deformaz. : Bilineare finito
 Coeff. Aderenza ist. β1*β2 : 1.00 daN/cm²
 Coeff. Aderenza diff. β1*β2 : 0.50 daN/cm²
 Comb.Rare Sf Limite : 3600.0 daN/cm²

CARATTERISTICHE DOMINI CONGLOMERATO

DOMINIO N° 1

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C28/35

N.vertice	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm
1	-50.00	0.00
2	-50.00	40.00
3	50.00	40.00
4	50.00	0.00

DATI BARRE ISOLATE

N.Barra Numero assegnato alle singole barre isolate e nei vertici dei domini
 Ascissa X Ascissa in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, 0
 Ordinata Y Ordinata in cm del baricentro della barra nel sistema di rif. gen. X, Y, 0
 Diam. Diametro in mm della barra

N.Barra	Ascissa X, cm	Ordinata Y, cm	Diam.Ø,mm
1	-44.50	5.50	20
2	-44.50	34.50	20
3	44.50	34.50	20
4	44.50	5.50	20

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N.Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N.Barra In. Numero della barra iniziale cui si riferisce la gener.
 N.Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la gener.
 N.Barre Numero di barre generate equidist. inserite tra la barra iniz. e fin.
 Diam. Diametro in mm della singola barra generata

N.Gen.	N.Barra In.	N.Barra Fin.	N.Barre	Diam.Ø,mm
1	1	4	3	20
2	2	3	3	20

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA - PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
11 - OPERE CIVILI		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica		IBOU	1BEZZ	CL	VI0000014	A	39 di 41

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)					
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.					
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.					
Vy	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia y					
Vx	Componente del Taglio [daN] parall. all'asse princ.d'inerzia x					
	<u>N.Comb.</u>	<u>N</u>	<u>Mx</u>	<u>My</u>	<u>Vy</u>	<u>Vx</u>
	1	0	16000	0	10	0

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

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sez.		
My	Coppia concentrata in daNm applicata all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.		
	<u>N.Comb.</u>	<u>N</u>	<u>Mx</u>
	1	0	12308

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 4.5 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 20.3 cm
 Copriferro netto minimo staffe: 3.7 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata								
N	Sforzo normale assegnato [in daN] (positivo se di compressione)								
Mx	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My	Momento flettente assegnato [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
N ult	Sforzo normale ultimo [in daN] nella sezione (positivo se di compress.)								
Mx ult	Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My ult	Momento flettente ultimo [in daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000								
	<u>N.Comb.</u>	<u>Ver</u>	<u>N</u>	<u>Mx</u>	<u>My</u>	<u>N ult</u>	<u>Mx ult</u>	<u>My ult</u>	<u>Mis.Sic.</u>
	1	S	0	16000	0	0	20053	0	1.253

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione										
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace										
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)										
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,0 sez.)										
ef min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)										
Xf min	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,0 sez.)										
Yf min	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef min (sistema rif. X,Y,0 sez.)										
ef max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)										
Xf max	Ascissa in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,0 sez.)										
Yf max	Ordinata in cm della barra corrisp. a ef max (sistema rif. X,Y,0 sez.)										
	<u>N.Comb.</u>	<u>ec max</u>	<u>ec 3/7</u>	<u>Xc max</u>	<u>Yc max</u>	<u>ef min</u>	<u>Xf min</u>	<u>Yf min</u>	<u>ef max</u>	<u>Xf max</u>	<u>Yf max</u>
	1	0.00350	-0.00796	-50.0	40.0	-0.00018	44.5	34.5	-0.01957	-44.5	5.5

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a Coeff. a nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,0 gen.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"						
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
11 - OPERE CIVILI	Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
			IBOU	1BEZZ	CL	VI0000014	A	40 di 41

b Coeff. b nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
c Coeff. c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless. (travi)
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N.Comb.	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000668635	-0.023245400	0.152	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max Massima tensione positiva di compressione nel conglomerato [daN/cm²]
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione negativa di trazione nell'acciaio [daN/cm²]
Xf min Ascissa in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Yf min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di conglomerato [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
D fess. Distanza calcolata tra le fessure espressa in mm
K3 Coeff. di normativa dipendente dalla forma del diagramma delle tensioni
Ap.fess. Apertura calcolata delle fessure espressa in mm

N.Comb.	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xf min	Yf min	Ac eff.	D fess.	K3	Ap.Fess.
1	S	67.2	-50.0	40.0	-2540	-44.5	5.5	1497	232	0.128	0.249

La verifica risulta pertanto superata.

VERIFICA A PUNZONAMENTO E TAGLIO

Le colonne metalliche che sostengono la struttura delle scale possiedono una sezione di interfaccia con il calcestruzzo di area pari a:

$$A_c = c_1 * c_2 = 0.56 * 0.50 = 0.28 \text{ m}^2$$

Si verifica quindi il punzonamento della platea di fondazione in corrispondenza dell'attacco delle colonne. La verifica viene eseguita con un foglio di calcolo opportunamente redatto.

Pilastro n°	Posizione (I,B,A)	Coef. β (ecc. N)	VEd [kN]	ΔVEd (kN/m ²)	VEd,red,β [kN]	Altezza d [cm]	c2<c1 (per calcolo β)		Verifica lungo il perimetro del pilastro (res. massima)				
							c2	c1	u0 (cm)	vEd (MPa)	v	vRd,max (MPa)	Sd/Rd
Pilastro platea	A	1.05	254.00	0.00	265.93	34.5	50.0	56.0	212.00	0.36	0.62	5.09	0.07
	a/d<=2	1.5											
Pilastro n°	a (cm)	Peri. u1 [cm]	A = u1 d [cm ²]	Ap [cm ²]	Asl,y [cm ²]	iz (cm)	Asl,z [cm ²]	iy (cm)	pl	k	VRd,c,min [kN]	VRd,c [kN]	Sd/Rd
Pilastro platea	51.75	187.29	6461.47	22184.40	3.14	20.00	3.14	20.00	0.0046	1.76	284.94	322.99	Piastra 0.82
Validità per pilastri interni e con ecc. lungo c1													
Pilastro n°	MEd (kNm)	e=M/V (m)	W1 (cm ²)	c1/c2	k	β							
Pilastro platea	44.20	0.17	4.25E+04	1.12	0.6120	1.05							

La verifica risulta quindi soddisfatta senza considerare né l'apporto alla resistenza data da armatura specifica a punzonamento, né un'eventuale riduzione della sollecitazione data dalla sottopressione del terreno (ΔV_{Ed}).

Si verifica infine che, al di fuori della zona caratterizzata da taglio-punzonamento (area all'interno del perimetro u_1), la sezione sia comunque sufficientemente armata per resistere al taglio proveniente dalla colonna metallica. Il taglio a metro lineare sul perimetro di verifica u_1 risulta:

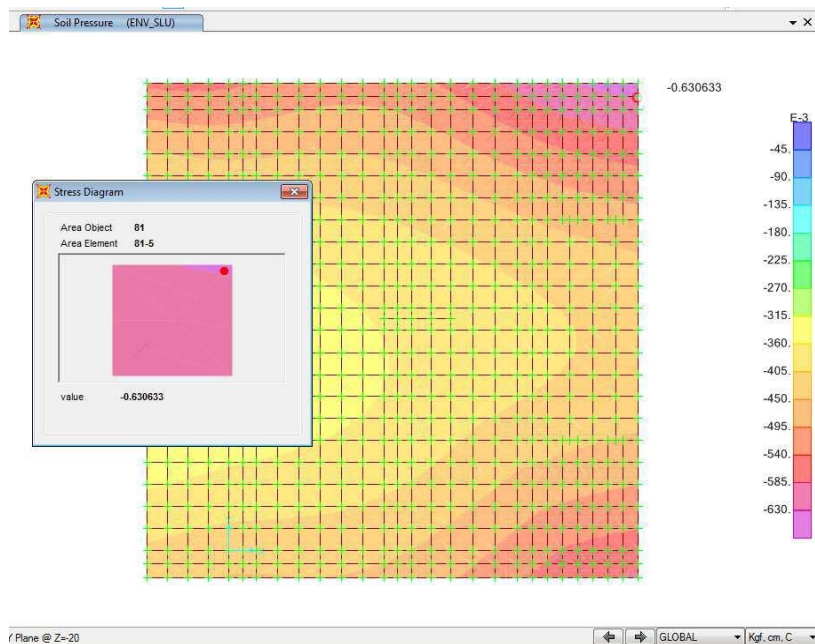
APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
11 - OPERE CIVILI Relazione di calcolo scale d'emergenza in carpenteria metallica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0000014	REV. A	FOGLIO. 41 di 41

$$V_{Sd} = \frac{V_{Ed,red,\beta}}{P_{u1}} = \frac{265.93}{1.873} = 142 \frac{kN}{m}$$

La verifica a taglio viene eseguita con un foglio di calcolo opportunemente redatto.

VERIFICA A TAGLIO SEZIONE RETTANGOLARE IN C.A. SECONDO NTC 2008						
Caratteristiche materiali		Geometria		Armatura longitudinale tesa		Sollecitazioni
Acciaio B450C				As = 1571 mm ²		NEd = 0 kN
fyk = 450 MPa	fck = 29.05 MPa	d = 345 mm	bw = 1000 mm	Parametri		VEd = 142 kN
ftk = 540 MPa	Rck = 35.00 MPa	Ac = 345000 mm ²		k = 1.761	Verifica senza armatura a taglio	
Es = 210000 MPa	fcm = 37.05 MPa	Armatura a taglio		vmin = 0.44	VRd = 172.5 kN	
Resistenze di calcolo		α = 90 °	Asw_min = 93 mm ²	ρl = 0.005	Verifica : / CS = 1.21	
fcd = 16.46 MPa	fctk (0,05) = 1.98 MPa	∅ = 0.00 mm	s = 200 mm	σcp = 0	ARMATURA MINIMA	
fctd (0,05) = 1.32 MPa	fctk (0,95) = 3.69 MPa	n. bracci = 12	fcm = 32588 MPa	v = 0.5	Verifica con armatura a taglio	
fctd (0,95) = 2.46 MPa	fcm = 3.40 MPa	Asw = 0 mm ²	Ecm = 32588 MPa	ωsw = 0.0000	VRsd = 0 kN	
fyd = 391 MPa	γc = 1.5		fctm = 3.40 MPa	cotg θ = ##### rott. armatura	VRcd = 881 kN	
Coefficienti			αcc = 0.85	cotg θ = 2.5	VRd = 0 kN	
γs = 1.15				αc = 1	Verifica : / CS = 0	

VERIFICA PRESSIONE ALL'INTERFACCIA TERRENO-STRUTTURA



La tensione massima sul terreno è inferiore a 2kg/cmq.