

Regione Lombardia  
Direzione Generale Infrastrutture e Opere Pubbliche



CODICE  
COMMESSA

LIVELLO  
PROGETTAZIONE

D.P.R.  
207/10

PROGRESSIVO  
ELABORATO

CATEGORIA  
OPERA

NUMERO  
OPERA

REVISIONE

SCALA

F 3 0

D

f

0 0 6

I M

- -

R 0

--

LINEA MILANO-VARESE-LAVENO  
RISOLUZIONE PL LOCATE VARESINO - FASE 2  
*Progetto Definitivo*

RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTI ASCENSORI

Revisioni		Data	Descrizione	Redatto	Controllato
	3		-		
	2		-		
	1		-		
	0	MAGGIO 2024	PRIMA EMISSIONE		

NORD\_ING

**NORD\_ING Srl**  
IL DIRETTORE TECNICO  
Ing. Laura Stiriti

FERROVIENORD

**FERROVIENORD S.p.A.**  
DIREZIONE SVILUPPO INFRASTRUTTURA  
IL DIRETTORE  
Ing. Andrea Lucia Passarelli

Progettista



Collaborazione



Via A. Mazzi, 32 - 24018 Villa d'Alme - (BG)  
T. +39 035/ 63 19 1111 F. +39 035/ 54 50 66  
info@etseng.it - www.etseng.it  
Sistema di Gestione Integrato certificato  
UNI EN ISO 9001:2015  
UNI ISO 45001:2018  
UNI EN ISO 14001:2015  
Sistema di Gestione BIM conforme UNI PD R 74:2019  
Responsabilità Sociale d'Impresa SA8000:2014

REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA
D.C.	G.L.	G.P.	APRILE 2023
CODICE ARCHIVIO COLLABORATORE			AGG.
0452-2021			
Prima Emissione			0

## SOMMARIO

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
1.1. OGGETTO DEL DOCUMENTO.....	2
1.2. SOFTWARE DI CALCOLO .....	2
1.3. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA .....	2
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>3. SPECIFICHE TECNICHE E CALCOLI STRUTTURALI .....</b>	<b>5</b>
3.1. MATERIALI .....	5
3.2. ANALISI DEI CARICHI .....	5
3.3. CRITERI DI VERIFICA.....	5
3.3.1. <i>Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU)</i> .....	5
3.4. COMBINAZIONI DI CARICO .....	5
3.4.1. <i>Strutture in elevazione</i> .....	5
3.5. diagrammi azioni sollecitanti.....	6
3.6. VERIFICHE .....	7
3.6.1. <i>Verifiche profilo HEA 140</i> .....	7
3.6.2. <i>Verifiche vincolo di estremità</i> .....	9
3.6.3. <i>Verifica Saldatura profilo-flangia</i> .....	9

## 1. PREMESSA

### 1.1. OGGETTO DEL DOCUMENTO

Il presente documento, allegato alla documentazione del PROGETTO DEFINITIVO, ha per oggetto la Relazione di calcolo strutturale per garantire le manovre di estremo soccorso degli impianti ascensori relativi all'intervento "Commessa F30 – Linea Milano-Varese-Laveno – Risoluzione PL Locate Varesino – Fase 2".

Il Committente degli impianti è la società FERROVIENORD di FNM Group.

### 1.2. SOFTWARE DI CALCOLO

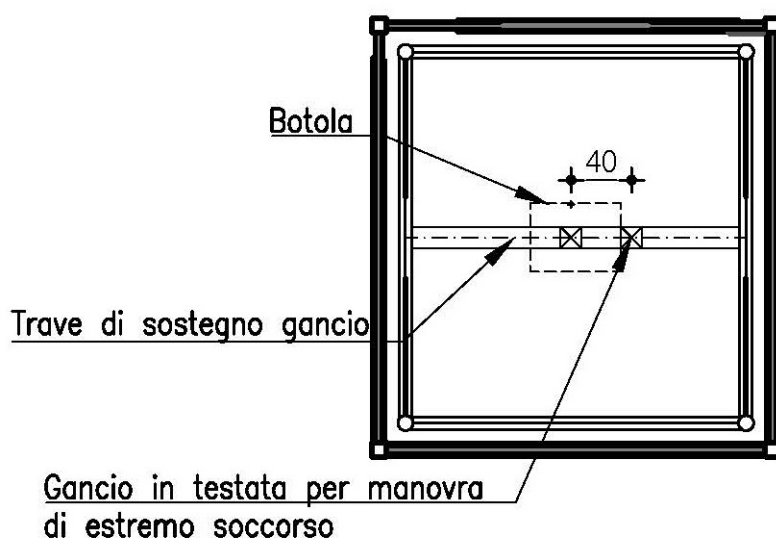
I software di calcolo agli elementi finiti utilizzati per la modellazione delle strutture è ModeSt 8.23, concesso in licenza d'uso a E.T.S. S.p.A. di Villa d'Almè.

### 1.3. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

L'intervento riguarda la realizzazione di n.2 nuovi impianti elevatori a servizio del nuovo sovrappasso pedonale sulla linea ferroviaria all'altezza di Via Mazzini nel Comune di Locate Varesino.

Gli ascensori saranno del tipo a trazione elettrica MRL con macchinario installato all'interno del vano corsa.

La presente relazione di calcolo contiene dimensionamento e le verifiche relative all'installazione di una trave in acciaio HEA140, in sommità dei vani corsa degli ascensori sulla quale verrà installato il gancio per manovra di estremo soccorso.



#### Particolare tipico dotazione per manovra di estremo soccorso

Come da dettaglio grafico la posizione del carico è decentrata rispetto alla mezzzeria della trave di 40 cm. Si riportano le caratteristiche della trave HEA140.

HEA	b	h	a	e	r	Peso	Sezione	Momenti d'inerzia	Moduli di resistenza	Raggi d'inerzia

---

	mm	mm	mm	mm	mm	daN/m	cm <sup>2</sup>	Jx	Jy	Wx	Wy	ix	iy
140	140	133	5,5	8,5	12	24,7	31,42	1033	389,3	155,4	55,6	5,73	3,52

## **2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La progettazione viene effettuata secondo le seguenti normative nazionali ed europee:

- D.M. 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle norme tecniche sulle costruzioni”
- Circolare n°7 C.S. LL. PP 21 gennaio 2019 “Istruzioni per l’applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018”

### 3. SPECIFICHE TECNICHE E CALCOLI STRUTTURALI

#### 3.1. MATERIALI

Acciaio da carpenteria S275:

- Resistenza a rottura  $f_{tk} = 430 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a snervamento  $f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico  $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

#### 3.2. ANALISI DEI CARICHI

Carico permanente strutturale:

- Il peso proprio della trave HEA140 è di **25 daN/m**

Carico variabile

Il carico variabile è rappresentato dal massimo carico che il gancio per la manovra di estremo soccorso è in grado di portare e vale **1200 daN**

#### 3.3. CRITERI DI VERIFICA

##### 3.3.1. Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU)

Verifiche a presso-flessione

Si verifica che le coppie di sollecitazioni (NEd, MEd) ottenute per la combinazione fondamentale verifichino la disuguaglianza:

- $M_{Rd} = M_{Rd} (NEd) \geq M_{Ed}$

Verifiche a taglio

Si verifica che risulti:

- $V_{Rd} > V_{Ed}$

#### 3.4. COMBINAZIONI DI CARICO

##### 3.4.1. Strutture in elevazione

Le verifiche strutturali che saranno condotte sono le seguenti:

- a) Verifica di resistenza allo Stato Limite Ultimo (SLU)
- b) Verifiche agli Stati Limite di Esercizio (SLE)

Stato limite ultimo

$$F_d = \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Stato limite ultimo azione sismica

Si riporta di seguito l'espressione di riferimento per combinazioni di carico allo stato limite ultimo, con sisma:

$$F_d = \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \pm \gamma_E \cdot E_s$$

Stato limite di esercizio

Le combinazioni allo stato limite di esercizio si suddividono in:

*Rara*

$$F_d = \gamma_{Gj} G_{k,j} + \Psi_{0,1} \gamma_{EQ1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{0,i} \cdot \gamma_{EQi} Q_{k,i}$$

*Frequente*

$$F_d = \gamma_{Gj} G_{k,j} + \Psi_{1,1} \gamma_{EQ1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{2,i} \cdot \gamma_{EQi} Q_{k,i}$$

*Quasi permanente*

$$F_d = \gamma_{Gj} G_{k,j} + \Psi_{2,1} \gamma_{EQ1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{2,i} \cdot \gamma_{EQi} Q_{k,i}$$

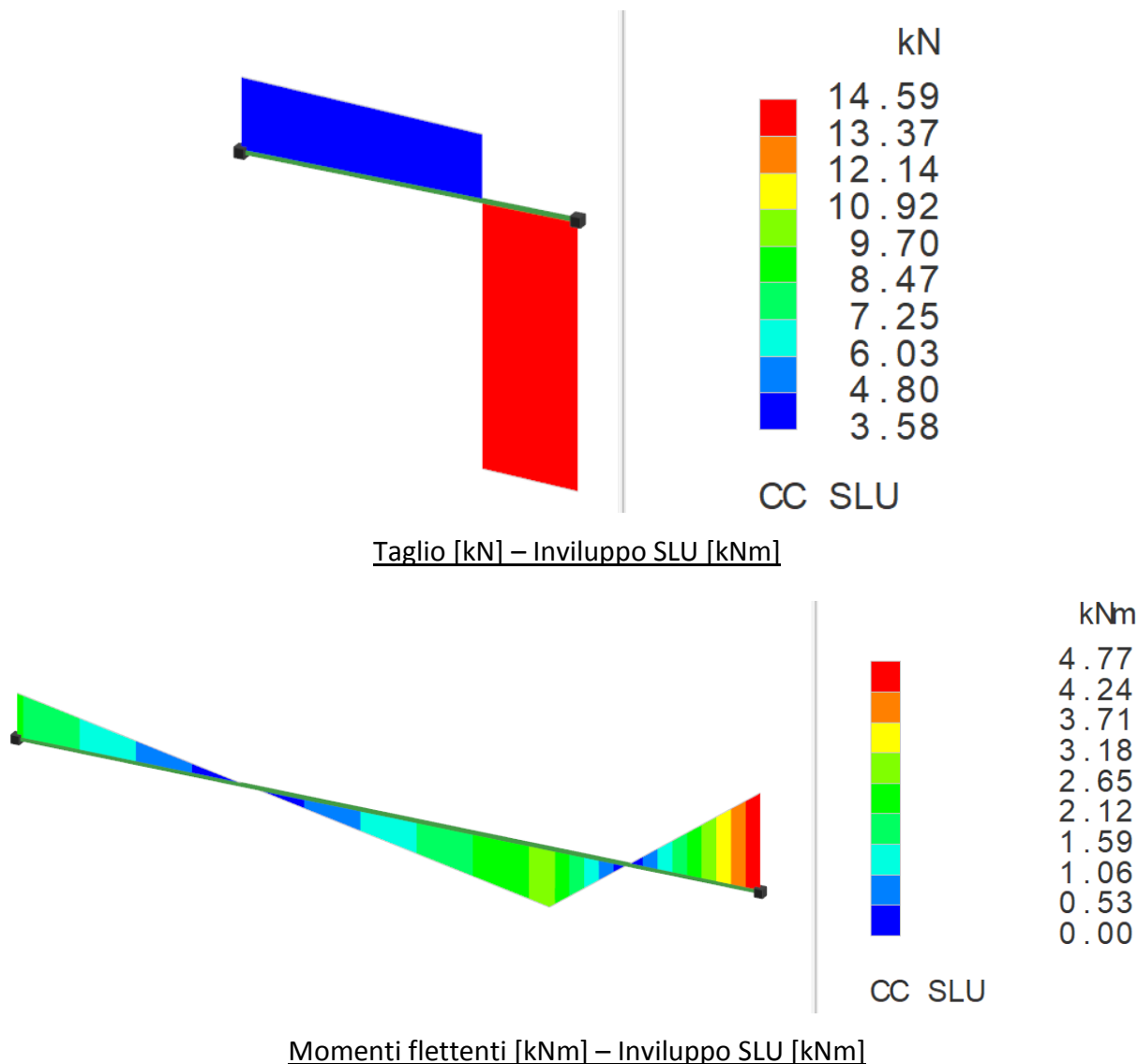
Nelle espressioni delle combinazioni dei paragrafi precedenti i coefficienti assumono i valori indicati nelle seguenti tabelle:

$\Psi_{0i}$	$\Psi_{1i}$	$\Psi_{2i}$	Categoria/Azione variabile
0,7	0,5	0,3	Categoria A Ambiente ad uso residenziale
0,7	0,5	0,3	Categoria B Uffici
0,7	0,7	0,6	Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento
0,7	0,7	0,6	Categoria D Ambiente ad uso commerciale
1,0	0,9	0,8	Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale
0,7	0,7	0,6	Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)
0,7	0,5	0,3	Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)
0,0	0,0	0,0	Categoria H Coperture
0,6	0,2	0,0	Vento
0,5	0,2	0,0	Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)
0,7	0,5	0,2	Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)
0,6	0,5	0,0	Variazioni termiche

coeff.	fav./sfav.	EQU	STR	GEO	
$\gamma_{G1}$	favorevoli	0,9	1,0	1,0	Carichi permanenti
	sfavorevoli	1,1	1,3	1,0	
$\gamma_{G2}$	favorevoli	0,0	0,0	0,0	Carichi permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>
	sfavorevoli	1,5	1,5	1,3	
$\gamma_{Qi}$	favorevoli	0,0	0,0	0,0	Carichi variabili
	sfavorevoli	1,5	1,5	1,3	

### 3.5. DIAGRAMMI AZIONI SOLLECITANTI

Lo schema considerato è quello di trave incastrata agli estremi



### 3.6. VERIFICHE

#### 3.6.1. Verifiche profilo HEA 140

##### Simbologia

$F_{LT}$	= Coefficiente F per stabilità laterale membrature inflesse
$a_{imp}$	= Coefficiente di imperfezione
$b_{LT}$	= Coefficiente per calcolo $F_{LT}$
$c_{LT}$	= Coefficiente di riduzione per stabilità laterale membrature inflesse
$l_{LT}$	= Coefficiente di imperfezione per stabilità laterale membrature inflesse
$l_{LT,0}$	= Coefficiente di imperfezione di confronto per stabilità laterale membrature inflesse
$\gamma$	= Coeff. di correzione momento critico per stabilità laterale membrature inflesse
$A_{eff}$ <cmq>	= Area effettiva per trazione
$A_{net}$ <cmq>	= Area netta per compressione
$A_{area}$ <cmq>	= Area
$A_{tag,y}$ <cmq>	= Area resistente a taglio in dir. Y
$A_{tag,z}$ <cmq>	= Area resistente a taglio in dir. Z
CC	= Numero della combinazione delle condizioni di carico elementari
Cod.	= Codice
D <cm>	= Distanza
$F_{yk}$ <daN/cm>	= Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio
$F_{yt}$ <daN/cm>	= Tensione caratteristica di rottura



q>	
I <sub>y</sub>	<cm> = Raggio giratorio d'inerzia rispetto all'asse Y
I <sub>z</sub>	<cm> = Raggio giratorio d'inerzia rispetto all'asse Z
J <sub>w</sub>	<cm <sup>6</sup> > = Costante di ingobbamento
J <sub>y</sub>	<cm <sup>4</sup> > = Momento d'inerzia rispetto all'asse Y
J <sub>z</sub>	<cm <sup>4</sup> > = Momento d'inerzia rispetto all'asse Z
L <sub>cr</sub>	<m> = Lunghezza di libera inflessione laterale fra ritegni torsionali
M <sub>cr</sub>	<daNm> = Momento critico per instabilità flesso torsionale
M <sub>y</sub>	<daNm> = Momento flettente intorno all'asse Y
M <sub>y,Ed</sub>	<daNm> = Momento flettente di calcolo intorno all'asse Y
M <sub>y,V,c,R</sub>	<daNm> = Resistenza di calcolo a flessione ridotta per taglio intorno all'asse Y
d	
M <sub>y,b,Rd</sub>	<daNm> = Resistenza di calcolo a flessione ridotta per stabilità laterale membrature inflesse
Sez.	= Numero della sezione
Tipo	= Tipologia
	Is = I stondata
Tp	= Tipo di acciaio
Tz	<daN> = Taglio in dir. Z
V <sub>Ed</sub>	<daN> = Forza di taglio di calcolo
V <sub>c,Rd</sub>	<daN> = Resistenza a taglio
W <sub>y,plas</sub>	<cm <sup>3</sup> > = Modulo di resistenza plastico intorno all'asse Y
W <sub>ymin</sub>	<cm <sup>3</sup> > = Modulo di resistenza minimo rispetto all'asse Y
W <sub>z,plas</sub>	<cm <sup>3</sup> > = Modulo di resistenza plastico intorno all'asse Z
W <sub>zmin</sub>	<cm <sup>3</sup> > = Modulo di resistenza minimo rispetto all'asse Z
XI	<m> = Coordinata progressiva (dal nodo iniziale dell'asta) in cui viene effettuato il progetto/verifica
f	= Fattore di modifica per il coefficiente di riduzione
f <sub>z,G</sub>	<cm> = Freccia in direzione Z globale
f <sub>z,L</sub>	<cm> = Freccia in direzione Z locale
k <sub>c</sub>	= Coeff. di correzione momento flettente per stabilità laterale membrature inflesse

#### Caratteristiche profilati utilizzati

Sez.	Cod.	Tipo	D <cm>	Area <cm <sup>2</sup> >	A <sub>net</sub> <cm <sup>2</sup> >	A <sub>eff</sub> <cm <sup>2</sup> >	J <sub>y</sub> <cm <sup>4</sup> >	J <sub>z</sub> <cm <sup>4</sup> >	I <sub>y</sub> <cm>	I <sub>z</sub> <cm>	W <sub>ymin</sub> <cm <sup>3</sup> >	W <sub>zmi</sub> n <cm <sup>3</sup> >	Tp	F <sub>yk</sub> <daN/cm <sup>2</sup> >	F <sub>yt</sub> <daN/cm <sup>2</sup> >
1	HEA140	Is	--	31.42	31.42	31.42	1033.15	389.32	5.73	3.52	155.36	55.62	S275	2750.00	4300.00

#### Caratteristiche profilati utilizzati

Sez.	Cod.	W <sub>y,plas</sub> <cm <sup>3</sup> >	W <sub>z,plas</sub> <cm <sup>3</sup> >	A <sub>tag,y</sub> <cm <sup>2</sup> >	A <sub>tag,z</sub> <cm <sup>2</sup> >	J <sub>w</sub> <cm <sup>6</sup> >
1	HEA140	174.11	84.93	26.36	10.12	15063.70

Asta n. 201 (1 -1) Sez. 1 HEA140 Crit. 1

-	Verifica	a	taglio	dir.	Z [4.2.16]	-	CC 1 SLU XI=0.00	-	Classe	1	
Sollecitazioni: T <sub>z</sub> =400.46											
V <sub>Ed</sub> =400.46 V <sub>c,Rd</sub> =15309.60 V <sub>Ed</sub> /V <sub>c,Rd</sub> =0.03											
-	Verifica	a	flessione	e	taglio	YY[4.2.32]	-	CC 1 SLU XI=1.32	-	Classe	1
Sollecitazioni: T <sub>z</sub> =357.98 M <sub>y</sub> =-284.42											
M <sub>y,Ed</sub> =-284.42 M <sub>y,V,c,Rd</sub> =4560.12 M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>y,V,c,Rd</sub> =0.06											
-	Verifica	di	stabilità	aste	inflesse	(4.2.4.1.3.2)	CC 1 SLU	-	Classe	1	
L <sub>cr</sub> =1.32 Curva b: a <sub>imp</sub> =0.34 k <sub>c</sub> =0.94 y=2.73 M <sub>cr</sub> =90138.50 I <sub>LT</sub> =0.23											
I <sub>LT,0</sub> =0.40 b <sub>LT</sub> =0.75 F <sub>LT</sub> =0.49 b <sub>LT</sub> =0.75 f=0.99 c <sub>LT</sub> =1.00											
M <sub>y,Ed</sub> =-284.42 M <sub>y,b,Rd</sub> =4560.12 M <sub>y,Ed</sub> /M <sub>y,b,Rd</sub> =0.06											
-	Verifica freccia			massima		carichi	totali		-	CC 2	
f <sub>Z,G</sub> =0.00											
(L/32819)											
-	Verifica freccia		massima	per	solli	carichi	accidentali		-	CC 2	
f <sub>Z,L</sub> =0.00 (L/34193)											

Asta n. 201 (-1 2) Sez. 1 HEA140 Crit. 1

-	Verifica	a	taglio	dir.	Z [4.2.16]	-	CC 1 SLU XI=0.53	-	Classe	1
---	----------	---	--------	------	------------	---	------------------	---	--------	---

Sollecitazioni: $T_z = -1458.85$									
$V, Ed = -1458.85$ $V_c, Rd = 15309.60$ $V, Ed / V_c, Rd = 0.10$									
-	Verifica	a	flessione	e	taglio	YY[4.2.32]	-	CC 1 SLU $XI = 0.53$	Classe 1
Sollecitazioni: $T_z = -1458.85$ $M_y = 477.06$									
$M_y, Ed = 477.06$ $M_y, V, c, Rd = 4560.12$ $M_y, Ed / M_y, V, c, Rd = 0.10$									
-	Verifica	di	stabilità	aste	inflesse	(4.2.4.1.3.2)	CC 1 SLU	-	Classe 1
$L_{cr} = 0.53$ Curva b: $a_{imp} = 0.34$ $k_c = 0.94$ $\gamma = 2.48$ $M_{cr} = 463746.00$ $I_{LT} = 0.10$									
$I_{LT,0} = 0.40$ $b_{LT} = 0.75$ $F_{LT} = 0.45$ $b_{LT} = 0.75$ $f = 1.00$ $c_{LT} = 1.00$									
$M_y, Ed = 477.06$ $M_y, b, Rd = 4560.12$ $M_y, Ed / M_y, b, Rd = 0.10$									
-	Verifica	freccia	massima	carichi	totali	-	-	-	CC 2
$f_{z,L} = 0.00$ (L/35221)									
-	Verifica	freccia	massima	per	solli	carichi	accidentali	-	CC 2
$f_{z,G} = 0.00$ (L/35523)									

### 3.6.2. Verifiche vincolo di estremità

La trave è vincolata alla struttura metallica vano corsa del vano ascensore mediante piastra in acciaio S275 per entrambe le estremità. La saldatura tra trave e piastra è realizzata con cordone avente altezza di gola 6 mm.

### 3.6.3. Verifica Saldatura profilo-flangia

#### Simbologia

$S_T$	<daN/cm <sup>q</sup>	= Somma tensioni nel cordone di saldatura
$s$	<daN/cm <sup>q</sup>	= Tensione normale
$s_{ID}$	<daN/cm <sup>q</sup>	= Tensione ideale nel cordone di saldatura
$s_o$	<daN/cm <sup>q</sup>	= Tensione normale ortogonale all'asse del cordone di saldatura
$t$	<daN/cm <sup>q</sup>	= Tensione tangenziale
$t_o$	<daN/cm <sup>q</sup>	= Tensione tangenziale ortogonale all'asse del cordone di saldatura
$t_p$	<daN/cm <sup>q</sup>	= Tensione tangenziale parallela all'asse del cordone di saldatura
$A_{cd}$	<cm <sup>q</sup>	= Area delle costole diagonali
$A_{co}$	<cm <sup>q</sup>	= Area delle costole orizzontali
$B_{b,Rd,a}$	<daN>	= Punzonamento lato asta
$B_{b,Rd,p}$	<daN>	= Punzonamento
$B_{netta}$	<mm>	= Larghezza sezione al netto di eventuali fori
$B_{p,Ed,a}$	<daN>	= Azione di punzonamento di lato asta
$B_{p,Ed,p}$	<daN>	= Azione di punzonamento di progetto lato piastra
CB		= Classe del bullone
$F$	<daN>	= Forza trasmessa dall'ala della trave
$F_{cd}$	<daN>	= Forza trasmessa dalle ali della trave alle costole diagonali
$F_{co}$	<daN>	= Forza trasmessa dalle ali della trave alle costole orizzontali
$FR_{cd}$	<daN>	= Forza resistente delle costole diagonali
$FR_{co}$	<daN>	= Forza resistente delle costole orizzontali
$F_{b,Ed,a}$	<daN>	= Azione di rifollamento di progetto lato asta
$F_{b,Ed,p}$	<daN>	= Rifollamento lato piastra
$F_{b,Rd,a}$	<daN>	= Rifollamento lato asta
$F_{b,Rd,p}$	<daN>	= Resistenza a rifollamento lato piastra
$F_t, Ed$	<daN>	= Trazione nei bulloni
$F_t, Rd$	<daN>	= Resistenza a trazione del bullone
$F_{tb}$	<daN/cm <sup>q</sup>	= Tensione di rottura dei bulloni

	>	
Fv,Ed	<daN>	= Taglio nei bulloni
Fv,Rd	<daN>	= Resistenza a taglio del bullone
Fyb	<daN/cm <sup>2</sup>	= Tensione di snervamento dei bulloni
	>	
Fyk	<daN/cm <sup>2</sup>	= Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio
	>	
Fyt	<daN/cm <sup>2</sup>	= Tensione caratteristica di rottura
	>	
Hnetta	<mm>	= Altezza sezione al netto di eventuali fori
Int. V-T		= Controllo interazione taglio/trazione [4.2.71]
Mx	<daNm>	= Momento torcente intorno all'asse X del collegamento
Mxi	<daNm>	= Momento flettente intorno all'asse X locale
My	<daNm>	= Momento flettente intorno all'asse Y del collegamento
Mzi	<daNm>	= Momento torcente intorno all'asse Z
N	<daN>	= Sforzo normale agente sul collegamento
Ni	<daN>	= Sforzo normale in direzione Z locale
NO	<daN>	= Azione che genera tensione normale ortogonale
TO	<daN>	= Azione che genera tensione tangenziale ortogonale
TP	<daN>	= Azione che genera tensione tangenziale parallela
TP		= Tipo di acciaio
Tyi	<daN>	= Taglio in direzione Y locale
Tz	<daN>	= Taglio in direzione Z agente sul collegamento

#### DATI PROGETTO

- Tipologia acciaio S275
- Fattore di correlazione EN 1993-1-8 tab.4.1  $\beta_w = 0.85$
- Resistenza sforzo equivalente  $\sigma_{w,Rd} = 404.7 \text{ MPa}$
- Resistenza allo sforzo perpendicolare ( $0.9 f_u / \gamma_{M2}$ )  $0.9 \sigma = 309.6 \text{ MPa}$

CC 1 SLU Asta n. 201 (1 -1)

Azioni sul collegamento: N=0.00 Tz=-1458.85 Mx=-0.00 My=-477.06

Sollecitazioni agenti localmente: Tyi=-1458.85 Ni=0.00 Mxi=477.06 Mzi=-0.00

Azioni sul cordone: TP=0.00 TO=-184.80 NO=0.00

Tensioni nel cordone: t<sub>p</sub>=1.99E-04 t<sub>o</sub>=69.15 s<sub>o</sub>=693.33 s<sub>id</sub>=696.77 S<sub>r</sub>=762.48