

REGIONE EMILIA-ROMAGNA
PROVINCIA DI FERRARA
COMUNE DI CODIGORO



PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON PRODUZIONE AGRICOLA E DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE FOTOVOLTAICA, DI POTENZA PARI A 24,9 MW E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA UBICARSI NEL COMUNE DI CODIGORO (FE)

Timbri autorizzativi

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

Livello prog.	Codice Pratica Terna	Tipo Elabor.	N.ro Elabor.	Project ID Cliente	Project ID Interno	NOME FILE	DATA	SCALA
PDef	202401788	Relazione	-	COD	COD	COD-DEV.STR-1000	02/04/2026	-
REVISIONI								
VERSIONE	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO			
Dft.00	02/04/2026	Prima Emissione	RC	MP	MP			

IL PROPONENTE	PROGETTO DI	TECNICO INCARICATO
		
ELEMENTS CODIGORO SRL Sede in via Beato S. Valfrè n. 14, Torino (TO), 10121 CF e P.iva: 13328390011 Mail: elements.codigoro@legalmail.it	I-PERGOLA SRL SOCIETÀ BENEFIT Sede legale: Via Flero 28, Brescia (BS), 25125 P.Iva: 00747010197 PEC: i-pergolasrl@pec.it	Ing. Marco Paterlini Sede: Via Trento 15/I, Brescia, 25128 Domiciliato presso lo studio Gruppo Associato Paterlini PEC: marco.paterlini@ingpec.eu

Sommario

PREMESSA.....	3
NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
MATERIALI.....	4
DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	5
DESCRIZIONE DEL MODELLO FEM.....	6
MODELLAZIONE DEL TERRENO.....	7
MODELLAZIONE SISMICA.....	8
ANALISI DEI CARICHI.....	10
COMBINAZIONI DI CARICO.....	11
VALIDAZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO.....	13
ANALISI MASSA GRAVITAZIONALE.....	13
CENTRI DI MASSA E DI RIGIDEZZA.....	14
ANALISI MODALE.....	15
VISUALIZZAZIONE GRAFICA DEI RISULTATI DI CALCOLO.....	18
VERIFICHE ALLO SLU.....	21
VERIFICHE ALLO SLE.....	39
VERIFICHE GEOTECNICHE.....	42
VERIFICHE GIUNTO.....	46
ANALISI FEM.....	50
CONCLUSIONI.....	54

PREMESSA

Il presente elaborato costituisce la relazione di calcolo strutturale relativo all'impianto fotovoltaico che sarà ubicato nel territorio del comune di Codigoro (FE), situato in Località Bagaglione (Lat. 44.85170434093483; Long. 12.024102776512509).

Il progetto consiste nella realizzazione di un impianto agrivoltaico ad inseguimento solare (tracking monoassiale) con inclinazione massima dei pannelli fotovoltaici di +/- 55° rispetto al piano orizzontale. La seguente relazione di calcolo tratta l'analisi e la verifica, secondo le vigenti normative, della struttura principale composta da montanti in acciaio infissi direttamente nel terreno e travi di collegamento su cui vengono poi fissati i pannelli. Nello specifico, il progetto in questione è composto da pannelli fotovoltaici di dimensioni 1303 x 2384 mm (1P) assemblati in modo da formare dei moduli da 6 pannelli.

La relazione è comprensiva di una descrizione generale dell'opera e dei criteri generali di analisi e verifica, in accordo con le prescrizioni contenute nel paragrafo 10.1 del Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni". Relativamente al progetto in oggetto il documento descrive in particolare le modalità operative di applicazione della normativa vigente. Le fasi di progetto, analisi, calcolo e verifica sono state svolte a "regola d'arte" dal progettista. Per verificare gli elementi strutturali e le sezioni sollecitate dalle azioni di modello ed al fine di garantire la sicurezza della costruzione, è stato utilizzato il metodo degli stati limite, rispettando le prescrizioni previste dalle normative di riferimento elencate nel documento. Si riporta di seguito l'insieme delle verifiche strutturali, atte a garantire la resistenza ed il comportamento della struttura sia in condizioni di esercizio che sotto l'azione di eventi di carico straordinari. Secondo le indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 la relazione di calcolo riporta infine una sezione relativa alle analisi svolte con l'ausilio di codici di calcolo automatico, al fine di facilitare l'interpretazione e la verifica dei calcoli svolti e di consentire elaborazioni indipendenti da parte di soggetti diversi dal redattore del documento.

L'opera è classificata come costruzione di tipo 2, classe di costruzione in cui non si svolgono funzioni pubbliche di affollamento e attività pericolose per l'ambiente.

Ai sensi della norma EN 1090, la classe di esecuzione assegnata alla struttura è la EXC2.

COMMESSA: COD	REL. DI CALCOLO	REV.00	02/04/2026	PAGINA 3
---------------	-----------------	--------	------------	----------

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Questa relazione è stesa in osservanza della legislazione tecnica italiana vigente:

- Legge 1086 - 5/11/1971: *“Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica”*.
- D. Min. Infrastrutture e Trasporti 17/01/2018: *“Norme tecniche per le costruzioni”*.
- Circ. Min. LL.PP. 02/02/2009, n. 617: *“Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni”*.
- CNR-DT 207-2008: *“Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni”*.

Per disposizioni non affrontate nella legislazione tecnica italiana ci si riferisce a:

- UNI EN 1993-1-1: *“Eurocodice 3. Progettazione delle strutture in acciaio. Parte 1.1: Regole generali e regole per gli edifici”*.
- UNI EN 1993-1-8: *“Eurocodice 3. Progettazione delle strutture in acciaio. Parte 1.8: Progettazione dei collegamenti”*.

MATERIALI

I materiali ed i prodotti per uso strutturale delle opere soggette al rispetto delle NTC devono corrispondere alle specifiche di progetto che provvedono alla loro identificazione e qualificazione con riferimento alle prescrizioni contenute nel Cap.11 delle NTC.

I materiali ed i prodotti, di cui è prevista in progetto l'utilizzazione, devono essere altresì sottoposti alle procedure ed alle prove sperimentali di accettazione prescritte nelle NTC.

Le caratteristiche meccaniche dei materiali impiegati e relative tensioni di snervamento e di rottura sono di seguito elencate.

Acciaio da carpenteria:

	f_{yk} [MPa]	f_{tk} [Mpa]
S 235 (Fe360)	235	360

Modulo elastico:	$E = 210\,000 \text{ N/mm}^2$
Modulo di elasticità trasversale:	$G = E/[2(1+\nu)] = 80770 \text{ N/mm}^2$
Coefficiente di Poisson:	$\nu = 0.3$
Coefficiente di espansione termica lineare:	$\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$
Densità:	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Per quanto riguarda le procedure e le prove sperimentali di accettazione dell'acciaio da carpenteria si rimanda nel dettaglio ai § 11.3.1 e 11.3.4 delle NTC.

Bulloni, barre e dadi:

	f_{yk} [MPa]	f_{tk} [MPa]
Dado classe 8.8	649	800
Dado classe 10.9	900	1000

Le unioni realizzate con bulloni si distinguono in “non precaricate” e “precaricate”.

Nei collegamenti con bulloni “non precaricati” si possono impiegare viti delle classi da 4.6 a 10.9 di cui al § 11.3.4.6 delle NTC.

Gli elementi di collegamento impiegati nelle unioni a taglio devono soddisfare i requisiti di cui alla norma armonizzata UNI EN 15048-1:2007 “Bulloneria strutturale non a serraggio controllato”.

Saldature:

Sono considerate unioni saldate a piena penetrazione, a parziale penetrazione ed unioni realizzate con cordoni d'angolo. Per i requisiti riguardanti i procedimenti di saldatura, i materiali d'apporto e i controlli idonei e necessari per la realizzazione di saldature dotate di prestazioni meccaniche adeguate ai livelli di sicurezza richiesti dalla presente norma si faccia riferimento al § 11.3.4.5 delle NTC.

DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

I pannelli fotovoltaici, di dimensione 2384x1303 mm sono installati su travi in tubolare 100x150x3 mm in S235 JR, che ruotano a seconda delle condizioni meteorologiche o dei carichi esterni. Su ogni trave sono installati 6 pannelli (in direzione corta), quindi la luce di calcolo risulta 8,5 metri.

I montanti sono profili W6X6X15 in S235 JR, con un'altezza fuori terra pari a 3,10 metri ed una profondità di infissione pari a 2,90 metri.

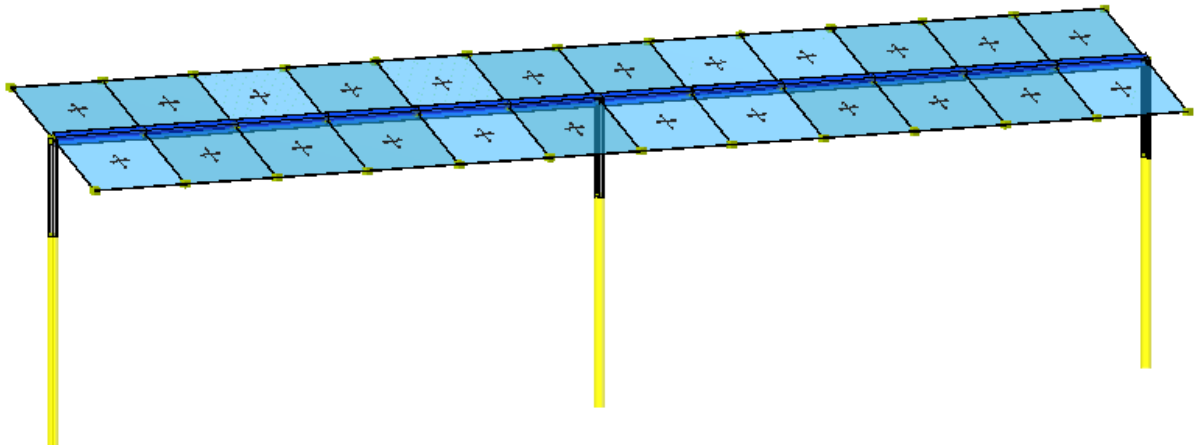


Figure 1- Visualizzazione grafica del modello di calcolo

L'immagine è a scopo puramente esplicativo. La descrizione del modello di calcolo viene spiegata nel capitolo seguente.

DESCRIZIONE DEL MODELLO FEM

La discretizzazione della struttura è stata effettuata mediante il software di calcolo ad elementi finiti "Iperspace BIM 5.0.1". Tutti gli elementi "trave" sono stati discretizzati come elementi monodimensionali di tipo "Beam". Il software calcola in automatico il peso degli elementi strutturali in funzione della geometria e del materiale di cui sono composti gli stessi.

Il montante viene discretizzato per la porzione superiore come una W6X6X15 e nella porzione entro terra come un palo circolare di diametro equivalente alle dimensioni di una W6X6X15; questo è solo un errore grafico, in quanto il programma non consente di modellare un elemento infisso nel terreno con profilati in acciaio tipo W, ma solo circolari. Nonostante ciò, sono stati forzati tutti i parametri geometrici/meccanici in modo che il profilo sia totalmente equivalente ad una W6X6X15. Le travi sono discretizzate con una sezione tubolare 150x100x3 mm in continuità tra un palo e l'altro.

Il terreno viene discretizzato modellando la stratigrafia estrapolata dalla relazione geologica.

Infine, gli elementi che caricano la struttura (elementi solaio) sono elementi “shell” privi di rigidità che servono appunto solamente per l’applicazione dei carichi (La direzione di scarico che si vede nelle immagini è del tutto indicativa in quanto il parametro di scarico con cui si è settato il modello è 50% in una direzione e 50% nell’altra).

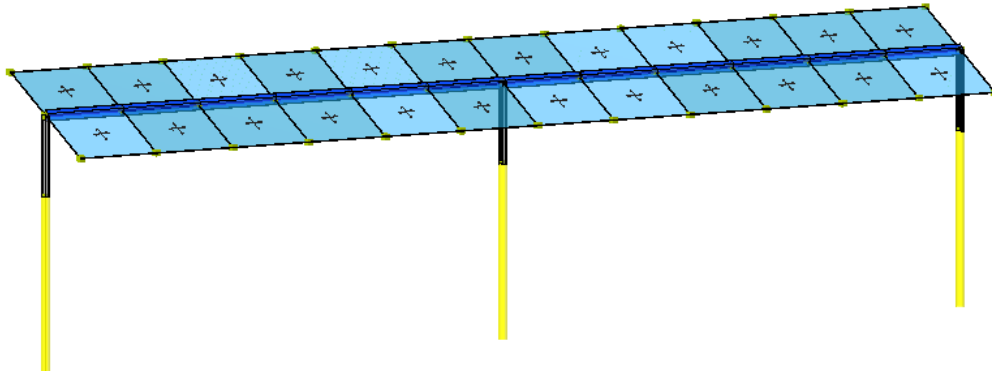


Figure 2- Vista Del modello solido

MODELLAZIONE DEL TERRENO

Di seguito viene riportata la stratigrafia del terreno:

Prof. Strato (m)	qc Media (kg/cm ²)	fs Media (kg/cm ²)	Peso unità di volume Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0,40	16,5	0,40	1,9	Incoerente	Suolo
1.20-1.60	8,75	0,35	1,8	Incoerente	Limo argilloso-sabbioso
2.80-3.60	2,6	0,13	2,0	Coesivo	Limo argilloso soffice/torba
5.0-5.80	2,385	0,13	2,0	Coesivo	Argilla limosa
8,00-10.0	20,0	0,82	2,0	Incoerente	Limo argilloso-sabbioso

Il terreno viene modellato oltre lo strato vegetale di 40,00 cm, motivo per cui il palo risulta dal modello di calcolo 40 cm più corto nella parte infissa. Viene considerata la condizione più gravosa, ossia quella in cui la falda è a -30 cm dal piano campagna.

MODELLAZIONE SISMICA**Spettri di risposta**Spettro: **SpettroNT_2018(q=1.5)**

Il calcolo degli spettri e del fattore di comportamento sono stati calcolati per la seguente tipologia di terreno e struttura.

Vita della struttura	
Tipo	Opere ordinarie (50-100)
Vita nominale VN [anni]	50.0
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso CU	1.000
Periodo di riferimento VR [anni]	50.000
Probabilità di superamento PVR allo Stato limite di esercizio - SLD	63.0%
Probabilità di superamento PVR allo Stato limite ultimo - SLV	10.0%
Periodo di ritorno TR SLD [anni]	50.0
Periodo di ritorno TR SLV [anni]	475.0
Parametri del sito	
Comune	Codigoro (FE)
Longitudine	12.105
Latitudine	44.8318
Id reticolo del sito	15409-15410-15187-15188
Valori di riferimento del sito	
Accelerazione orizzontale massima del sito Ag/g - SLD (TR=50.0)	0.0366
Fattore di amplificazione dello spettro Fo - SLD (TR=50.0)	2.5631
Periodo di riferimento di inizio del tratto a velocità costante T ^c [s] - SLD (TR=50.0)	0.270
Accelerazione orizzontale massima del sito Ag/g - SLV (TR=475.0)	0.0797
Fattore di amplificazione dello spettro Fo - SLV (TR=475.0)	2.6116
Periodo di riferimento di inizio del tratto a velocità costante T ^c [s] - SLV (TR=475.0)	0.332
Coefficiente Amplificazione Topografica St	1.000
Categoria terreno	D
Stato limite SLV	
Coefficiente di amplificazione stratigrafica Ss	1.80
Periodo di inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro TB [s]	0.24
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro TC [s]	0.72
Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro TD [s]	1.92
Stato limite SLD	
Coefficiente di amplificazione stratigrafica Ss	1.80
Periodo di inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro TB [s]	0.22
Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro TC [s]	0.65
Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro TD [s]	1.75
Fattore di comportamento (SLV)	
Classe duttilità	B
Tipo struttura	Acciaio
Fattore di riduzione per regolarità in altezza Kr- Struttura regolare	1.000000
Fattore di riduzione per rottura pareti Kw	1.000
Regolare in pianta	SI
Coefficiente moltiplicativo Ce - Strutture a mensola o pendolo inverso	2.000
Fattore di comportamento q = Kw*Kr*Ce	1.500
Fattore di comportamento (SLD)	
q	1.500

T SLV [s]	Sd SLV[a/g]	T SLD [s]	Sd SLD[a/g]
0.00000	0.14352	0.00000	0.06590
0.24023	0.24989	0.21651	0.11261
0.72070	0.24989	0.64952	0.11261
0.89188	0.20193	0.83234	0.08787
1.06306	0.16941	1.01516	0.07205
1.23423	0.14592	1.19798	0.06105
1.40541	0.12814	1.38080	0.05297
1.57659	0.11423	1.56363	0.04678
1.74777	0.10304	1.74645	0.04188
1.91894	0.09385	1.95131	0.03355
2.12705	0.07639	2.15618	0.02747
2.33516	0.06338	2.36105	0.02291
2.54326	0.05343	2.56592	0.01940
2.75137	0.04565	2.77079	0.01664
2.95947	0.03946	2.97566	0.01443
3.16758	0.03444	3.18053	0.01263
3.37568	0.03033	3.38539	0.01115
3.58379	0.02691	3.59026	0.00991
3.79189	0.02404	3.79513	0.00887
4.00000	0.02160	4.00000	0.00798

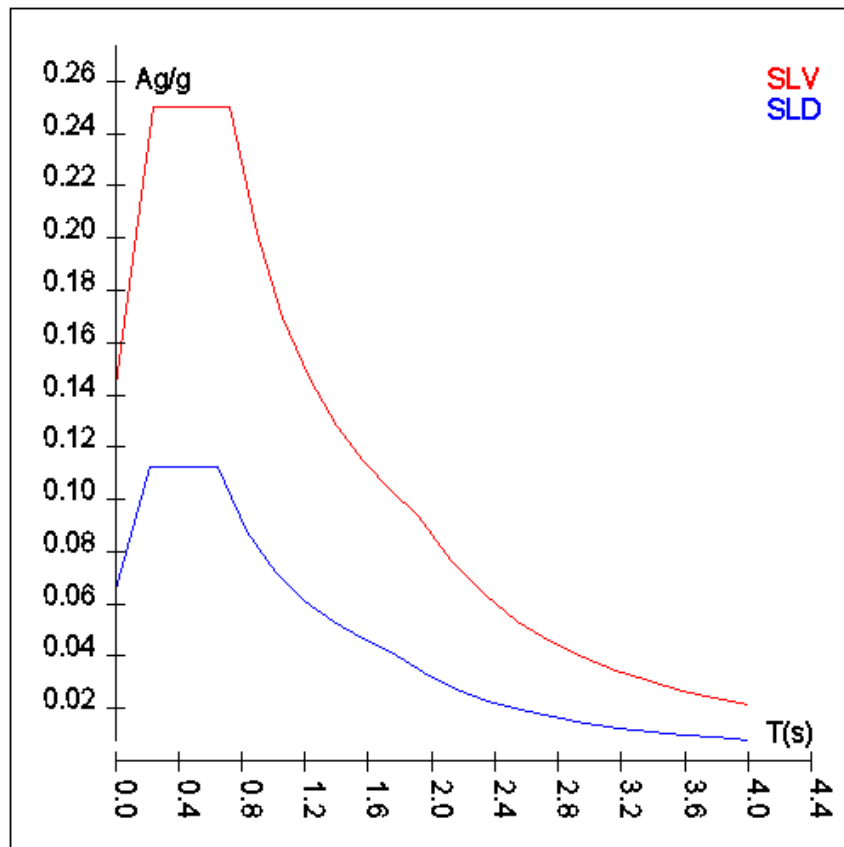


Figure 3- Spettro di risposta sismico

ANALISI DEI CARICHI

Si descrivono di seguito i carichi assunti.

Come descritto in precedenza i carichi strutturali vengono calcolati in automatico dal software in funzione della geometria e del materiale della sezione.

Carichi permanenti:

Carichi permanenti strutturali (acciaio S275) $G_1 = 7850 \text{ kg/m}^3$;

Carichi permanenti non strutturali (pannello fotovoltaico) $G_2 = 12 \text{ kg/m}^2$;

Per quanto riguarda i carichi variabili c'è da fare una precisazione importante: il sistema di monitoraggio dei pannelli è dotato di un sensore che è in grado di ruotare il pannello entro una certa soglia di pressione. Sarebbe dunque troppo vincolante dimensionare la struttura in funzione dei carichi di progetto previsti dalla normativa sulle costruzioni, in quanto, in caso di eventi estremi la struttura tende ad "auto-scaricarsi" in modo da non subire danneggiamenti. Questo vuol dire che nella situazione in cui il pannello è totalmente orizzontale non si assumerà un carico neve pari a quello previsto dalla normativa, ma inferiore, in quanto nel momento in cui una certa soglia di pressione viene raggiunta il pannello verrà fatto ruotare. Lo stesso discorso lo si può applicare in caso di vento raggiunta la soglia del quale, il filare viene portato in posizione orizzontale.

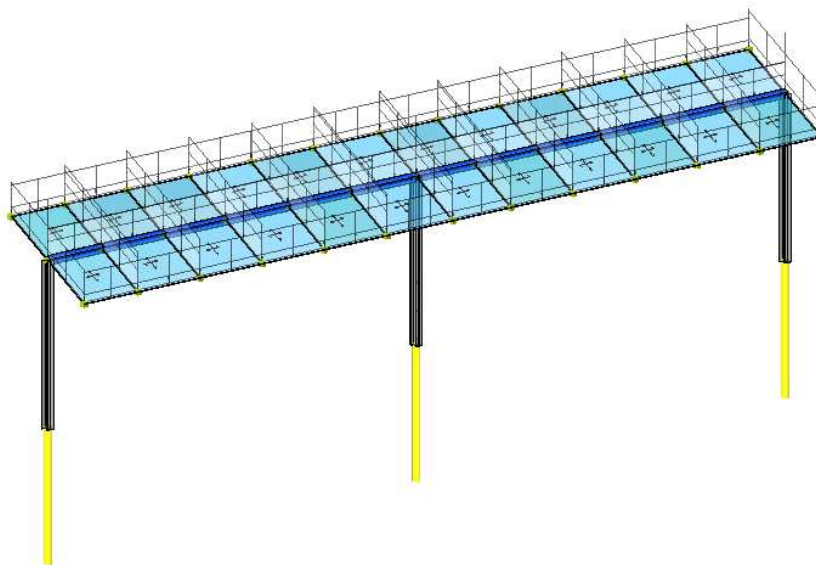


Figure 4- Modello strutturale della struttura

Il meccanismo che attiva la rotazione della struttura e scarica le pressioni si attiva a 40 Kg/mq (valore per il quale, come si vedrà dalle analisi svolte, la struttura rimane in campo elastico e con deformate entro i limiti).

Vengono analizzati dunque due casi:

- CASO 1: $\alpha = 30^\circ$ pressione di 40 Kg/mq (carico esterno) spingente verso il basso
- CASO 2: $\alpha = 45^\circ$ pressione di 40 Kg/mq (carico esterno) spingente verso l'alto (in base alle combinazioni di carico si avrà pressione su una falda o sull'altra)

COMBINAZIONI DI CARICO

Vengono analizzate le seguenti combinazioni di carico:

Combinazione n° 1: SLU FALDA 1

Tipo: STR+GEO

Condizione di carico	Fattore di combinazioni e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1.3	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1.3	Si	n.a.	n.a.
Falda 1	1.5	Si	n.a.	n.a.
Vento falda 2	1	No	n.a.	n.a.

Combinazione n° 2: SLU FALDA 2

Tipo: STR+GEO

Condizione di carico	Fattore di combinazioni e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1.3	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1.3	Si	n.a.	n.a.
Falda 1	1	No	n.a.	n.a.
Falda 2	1.5	Si	n.a.	n.a.

Combinazione n° 3: SLE FALDA 1

Tipo: SLE RARA

Condizione di carico	Fattore di combinazioni e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Falda 1	1	Si	n.a.	n.a.
Falda 2	1	No	n.a.	n.a.

Combinazione n° 4: SLE FALDA 2

Tipo: SLE RARA

Condizione di carico	Fattore di combinazioni e	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	n.a.	n.a.
QFissi Solai	1	Si	n.a.	n.a.
Falda 1	1	No	n.a.	n.a.
Falda 2	1	Si	n.a.	n.a.

Combinazione n° 5: **SLV X**
 Tipo: Modale STR+GEO
 Spettro: SpettroNT_ 2018(q=1.5)
 Fattore sisma: 1.00
 Angolo ingresso sisma [°]: 0

Condizione di carico	Fattore di combinazioni	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	Si	1
QFissi Solai	1	Si	Si	1
Falda 1	1	No	No	1
Falda 2	1	No	No	1

Combinazione n° 6: **SLV Y**
 Tipo: Modale STR+GEO
 Spettro: SpettroNT_ 2018(q=1.5)
 Fattore sisma: 1.00
 Angolo ingresso sisma [°]: 90

Condizione di carico	Fattore di combinazioni	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	Si	1
QFissi Solai	1	Si	Si	1
Falda 1	1	No	No	1
Falda 2	1	No	No	1

Combinazione n° 7: **SLD X**
 Tipo: Modale SLE
 Spettro: SpettroNT_ 2018(q=1.5)
 Fattore sisma: 1.00
 Angolo ingresso sisma [°]: 0

Condizione di carico	Fattore di combinazioni	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	Si	1
QFissi Solai	1	Si	Si	1
Falda 1	1	No	No	1
Falda 2	1	No	No	1

Combinazione n° 8: **SLD Y**
 Tipo: Modale SLE
 Spettro: SpettroNT_ 2018(q=1.5)
 Fattore sisma: 1.00
 Angolo ingresso sisma [°]: 90

Condizione di carico	Fattore di combinazioni	Attiva	Massa	Fattore massa
Peso Proprio	1	Si	Si	1
QFissi Solai	1	Si	Si	1
Falda 1	1	No	No	1
Falda 2	1	No	No	1

VALIDAZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

Prima di procedere con le verifiche degli elementi, è buona norma verificare, tramite metodi analitici e calcoli semplicemente dimostrabili, che il modello ad elementi finiti rappresenti in modo accurato (da un punto di vista ingegneristico) la situazione reale, e non presenti errori numerici dovuti alla modellazione. A questo scopo vengono proposti di seguito alcuni semplici calcoli che vanno a validare il modello F.E.M.

Questo studio viene effettuato nel caso di 30°.

ANALISI MASSA GRAVITAZIONALE

Il primo dei risultati che viene analizzato sono le reazioni vincolari del terreno sotto i carichi.

Comb	X cm	Y cm	Fx kg	Fy kg	Fz kg	Mx kg*m	My kg*m	Mz kg*m
1	-870	6	0	127	2092	126	18203	-1108
2	-870	81	0	1915	2328	1893	20258	-16658
3	-870	5	0	85	1657	84	14418	-739
4	-870	76	0	1276	1657	1262	14418	-11105
5-I-1	-794	-0	197	-0	787	-0	6254	362
5-I-2	-946	-0	-197	-0	787	-0	7444	-362
5-II-1	-795	-8	197	-60	771	-59	6130	347
5-II-2	-942	7	-197	60	803	59	7568	-347
5-III-1	-795	-0	197	-0	787	-0	6258	-386
5-III-2	-945	-0	-197	-0	787	-0	7441	386
5-IV-1	-798	7	197	60	803	59	6406	-692
5-IV-2	-945	-8	-197	-60	771	-59	7293	692
6-I-1	-870	32	0	247	774	244	6730	-2146
6-I-2	-870	-30	-0	-247	801	-244	6969	2146
6-II-1	-890	31	-27	241	772	238	6877	-1730
6-II-2	-851	-30	27	-241	802	-238	6822	1730
6-III-1	-870	32	0	247	774	244	6731	-2149
6-III-2	-870	-30	-0	-247	801	-244	6968	2149
6-IV-1	-850	31	27	241	772	238	6565	-2458
6-IV-2	-889	-30	-27	-241	802	-238	7134	2458
7-I-1	-843	-0	72	-0	787	-0	6633	132
7-I-2	-897	-0	-72	-0	787	-0	7066	-132
7-II-1	-843	-3	72	-22	782	-21	6588	126
7-II-2	-897	3	-72	22	793	21	7111	-126
7-III-1	-843	-0	72	-0	787	-0	6634	-140
7-III-2	-897	-0	-72	-0	787	-0	7064	140
7-IV-1	-843	3	72	22	793	21	6688	-251
7-IV-2	-897	-3	-72	-22	782	-21	7011	251
8-I-1	-870	11	0	91	782	90	6803	-791
8-I-2	-870	-11	0	-91	793	-90	6896	791
8-II-1	-877	11	-10	89	782	88	6857	-637
8-II-2	-863	-11	10	-89	793	-88	6841	637
8-III-1	-870	12	0	91	782	90	6803	-792
8-III-2	-870	-11	0	-91	793	-90	6895	792
8-IV-1	-863	11	10	89	782	88	6742	-907
8-IV-2	-877	-11	-10	-89	793	-88	6956	907

CENTRI DI MASSA E DI RIGIDEZZA

Centri rigidezze

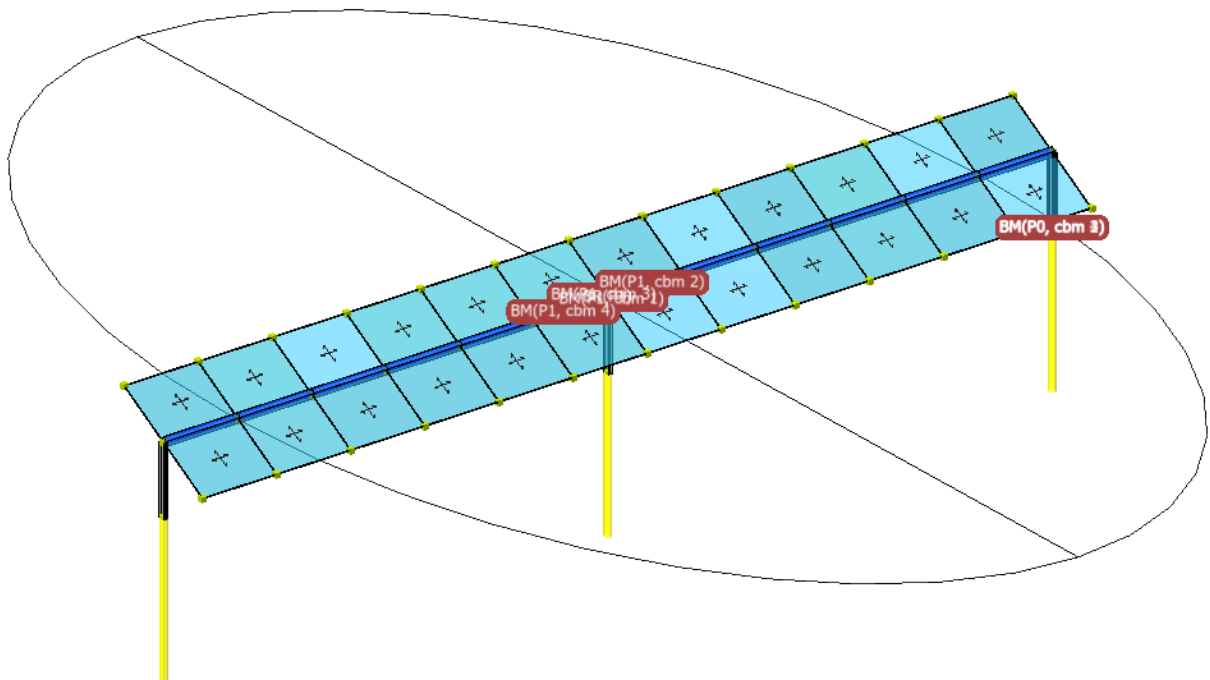
Piano	Kx	Ky	Kxy	K□	X	Y	r ² /ls ² >=1
	kg/cm	kg/cm	kg/cm	kg*cm/rad	cm	cm	
1	9.929091E02	2.684566E03	7.180541E-13	1.425715E09	-870	0	2.078

Ellissi delle rigidezze

Piano	K□	K□	alfa	r□	r□
	kg/cm	kg/cm	°	cm	cm
1	9.929091E02	2.684566E03	0	729	1198

Baricentri masse per posizione masse

Piano	Pos.Masse	X	Y	Peso Sism.
		cm	cm	kg
0	1	0	0	0
0	2	0	0	0
0	3	0	0	0
0	4	0	0	0
1	1	-870	-10	762
1	2	-783	0	762
1	3	-870	10	762
1	4	-957	0	762



ANALISI MODALE

Posizione masse 1

Numero di Frequenze calcolate =50, filtrate=10

N	T	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
		Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°
	s			kgm*g			
1(1)	1.3302	-0.000	-2.081	0	42	0.00	5.57
2(3)	1.1951	0.000	-0.561	0	3	0.00	0.40
3(5)	1.0102	-0.000	-1.667	0	27	0.00	3.58
4(6)	0.9838	0.000	0.321	0	1	0.00	0.13
5(8)	0.9061	0.000	-0.446	0	2	0.00	0.26
6(27)	0.2565	-5.121	-0.000	257	0	33.74	0.00
7(28)	0.1955	-7.162	-0.000	503	0	66.00	0.00
8(29)	0.1668	0.000	4.195	0	173	0.00	22.64
9(30)	0.0930	0.000	-7.227	0	512	0.00	67.21
10(32)	0.0598	0.328	0.000	1	0	0.14	0.00
Somma delle Masse Modali [kgm*g]				761	761		
Masse strutturali libere [kgm*g]				762	762		
Percentuale				99.88	99.80	99.88	99.80

Masse e coefficienti di partecipazione rotazionali:

N	T(s)	Coeff. Partecipazione	Masse Modali	Percentuali
			kgm*g	
1(1)	1.3302	-0.000	0	0.00
2(3)	1.1951	-0.000	0	0.00
3(5)	1.0102	-0.000	0	0.00
4(6)	0.9838	0.000	0	0.00
5(8)	0.9061	0.000	0	0.00
6(27)	0.2565	-4.159	170	0.83
7(28)	0.1955	2.475	60	0.29
8(29)	0.1668	-0.000	0	0.00
9(30)	0.0930	0.000	0	0.00
10(32)	0.0598	-18.283	3278	16.08

Posizione masse 2

Numero di Frequenze calcolate =50, filtrate=13

N	T	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
		Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°
	s			kgm*g			
1(1)	1.2436	-0.036	-2.052	0	41	0.00	5.42
2(2)	1.2412	0.016	0.842	0	7	0.00	0.91
3(3)	1.1309	-0.009	0.440	0	2	0.00	0.25
4(4)	1.1299	-0.021	1.035	0	11	0.00	1.38
5(5)	1.0496	0.062	-1.123	0	12	0.00	1.62
6(7)	0.9573	-0.000	0.306	0	1	0.00	0.12
7(10)	0.8643	-0.013	-0.441	0	2	0.00	0.25
8(27)	0.2578	-4.966	-0.724	242	5	31.74	0.67
9(28)	0.1975	7.192	-1.083	507	12	66.56	1.51
10(29)	0.1625	1.059	4.018	11	158	1.44	20.77
11(30)	0.0943	-0.020	-7.093	0	493	0.00	64.74
12(31)	0.0697	-0.307	1.145	1	13	0.12	1.69
13(32)	0.0602	0.260	0.617	1	4	0.09	0.49
Somma delle Masse Modali [kgm*g]				762	761		
Masse strutturali libere [kgm*g]				762	762		

N	T	Coeff. Partecipazione	Masse Modali		Percentuali	
Percentuale			99.96	99.82	99.96	99.82

Masse e coefficienti di partecipazione rotazionali:

N	T(s)	Coeff. Partecipazione	Masse Modali		Percentuali
			kgm*g		
1(1)	1.2436	-9.463	878		4.31
2(2)	1.2412	4.007	157		0.77
3(3)	1.1309	-2.349	54		0.27
4(4)	1.1299	-5.573	305		1.49
5(5)	1.0496	2.981	87		0.43
6(7)	0.9573	-7.852	605		2.97
7(10)	0.8643	1.577	24		0.12
8(27)	0.2578	-3.778	140		0.69
9(28)	0.1975	-3.337	109		0.54
10(29)	0.1625	0.448	2		0.01
11(30)	0.0943	-13.081	1678		8.23
12(31)	0.0697	-29.782	8698		42.68
13(32)	0.0602	-21.685	4611		22.63

Posizione masse 3

Numero di Frequenze calcolate =50, filtrate=11

N	T	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
		Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°
	s			kgm*g			
1(1)	1.3325	-0.000	-2.139	0	45	0.00	5.89
2(3)	1.1953	-0.000	0.570	0	3	0.00	0.42
3(5)	1.0084	0.000	1.593	0	25	0.00	3.26
4(6)	0.9839	0.000	-0.334	0	1	0.00	0.14
5(8)	0.9060	-0.000	0.429	0	2	0.00	0.24
6(27)	0.2564	5.116	0.000	257	0	33.68	0.00
7(28)	0.1957	7.164	0.000	503	0	66.05	0.00
8(29)	0.1668	0.000	4.195	0	173	0.00	22.65
9(30)	0.0930	-0.000	7.227	0	512	0.00	67.21
10(31)	0.0708	-0.300	-0.000	1	0	0.12	0.00
11(32)	0.0599	0.312	0.000	1	0	0.12	0.00
Somma delle Masse Modali [kgm*g]				762	761		
Masse strutturali libere [kgm*g]				762	762		
Percentuale				99.97	99.81	99.97	99.81

Masse e coefficienti di partecipazione rotazionali:

N	T(s)	Coeff. Partecipazione	Masse Modali		Percentuali
			kgm*g		
1(1)	1.3325	-0.000	0		0.00
2(3)	1.1953	-0.000	0		0.00
3(5)	1.0084	0.000	0		0.00
4(6)	0.9839	0.000	0		0.00
5(8)	0.9060	0.000	0		0.00
6(27)	0.2564	3.075	93		0.45
7(28)	0.1957	-4.105	165		0.81
8(29)	0.1668	0.000	0		0.00
9(30)	0.0930	-0.000	0		0.00
10(31)	0.0708	-34.596	11737		57.59
11(32)	0.0599	-18.251	3266		16.03

Posizione masse 4

Numero di Frequenze calcolate =50, filtrate=13

N	T	Coeff. Partecipazione		Masse Modali		Percentuali	
		Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°	Dir=0°	Dir=90°
	s			kgm*g			
1(1)	1.2436	0.036	-2.052	0	41	0.00	5.42
2(2)	1.2412	0.016	-0.842	0	7	0.00	0.91
3(3)	1.1309	0.009	0.440	0	2	0.00	0.25
4(4)	1.1299	0.021	1.035	0	11	0.00	1.38
5(5)	1.0496	0.062	1.123	0	12	0.00	1.62
6(7)	0.9573	0.000	0.306	0	1	0.00	0.12
7(10)	0.8643	0.013	-0.440	0	2	0.00	0.25
8(27)	0.2578	4.966	-0.724	242	5	31.74	0.67
9(28)	0.1975	7.192	1.083	507	12	66.56	1.51
10(29)	0.1625	1.059	-4.018	11	158	1.44	20.77
11(30)	0.0943	-0.020	7.093	0	493	0.00	64.74
12(31)	0.0697	0.307	1.145	1	13	0.12	1.69
13(32)	0.0602	-0.260	0.617	1	4	0.09	0.49
Somma delle Masse Modali [kgm*g]				762	761		
Masse strutturali libere [kgm*g]				762	762		
Percentuale				99.96	99.82	99.96	99.82

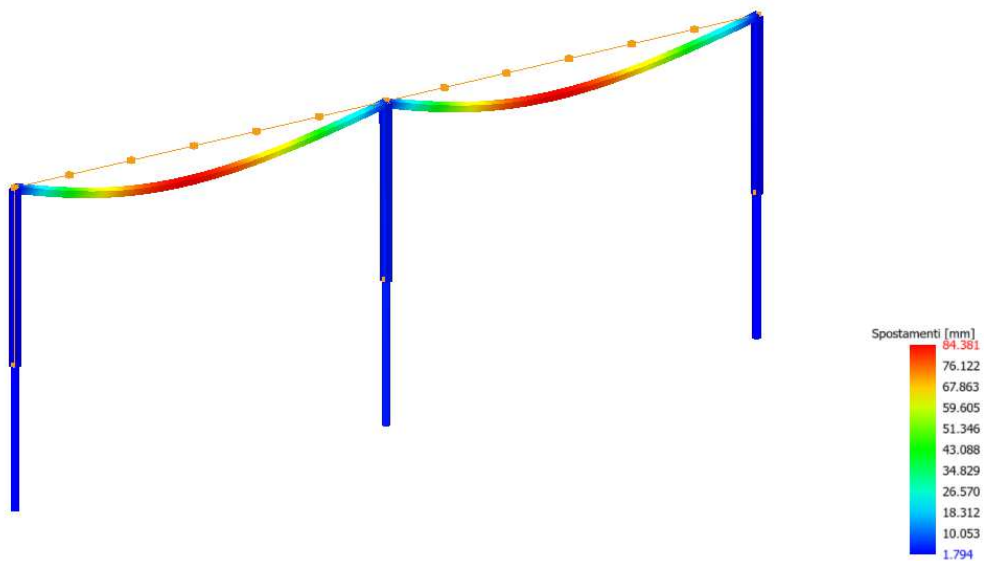
Masse e coefficienti di partecipazione rotazionali:

N	T(s)	Coeff. Partecipazione	Masse Modali		Percentuali
			kgm*g		
1(1)	1.2436	9.464	878		4.31
2(2)	1.2412	4.005	157		0.77
3(3)	1.1309	2.347	54		0.27
4(4)	1.1299	5.573	305		1.49
5(5)	1.0496	2.981	87		0.43
6(7)	0.9573	7.848	604		2.96
7(10)	0.8643	-1.576	24		0.12
8(27)	0.2578	3.778	140		0.69
9(28)	0.1975	-3.337	109		0.54
10(29)	0.1625	0.448	2		0.01
11(30)	0.0943	-13.081	1678		8.23
12(31)	0.0697	29.782	8698		42.68
13(32)	0.0602	21.685	4611		22.63

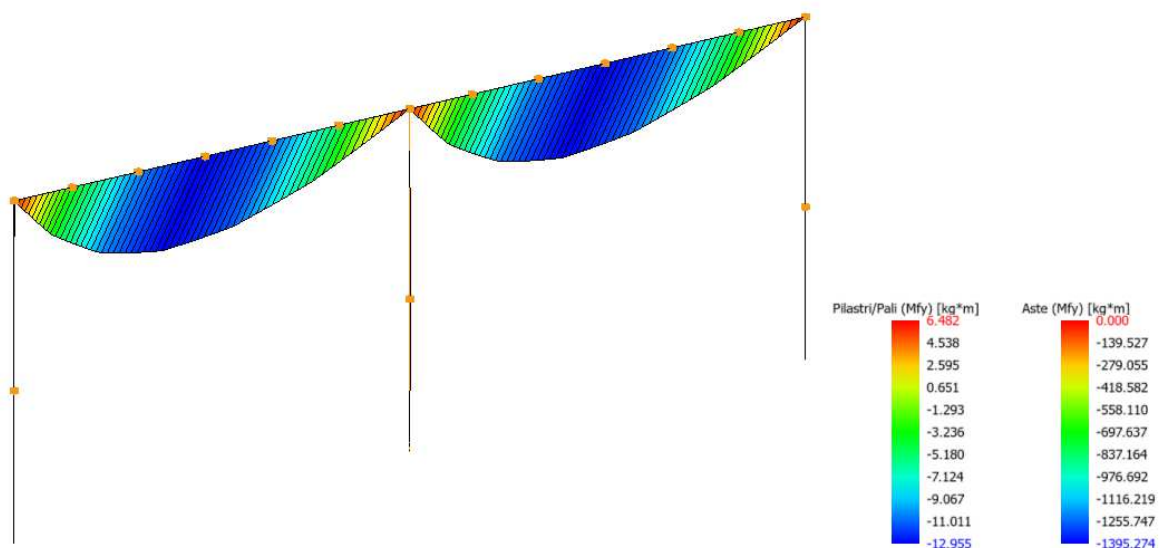
VISUALIZZAZIONE GRAFICA DEI RISULTATI DI CALCOLO

1) $\alpha = 30^\circ$ $q = +40 \frac{Kg}{mq}$

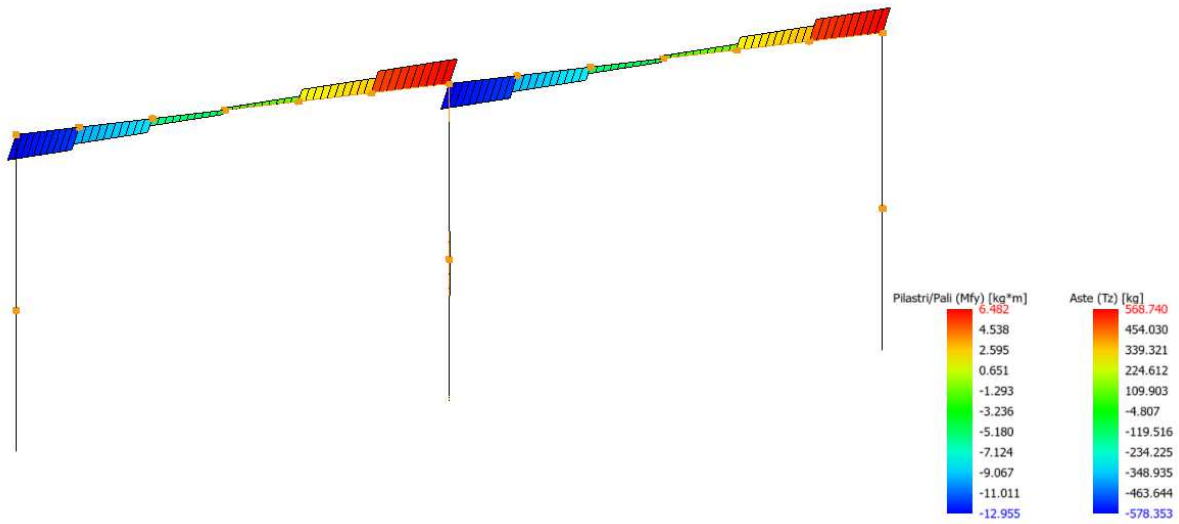
- Deformata allo SLE



- Momento flettente allo SLU

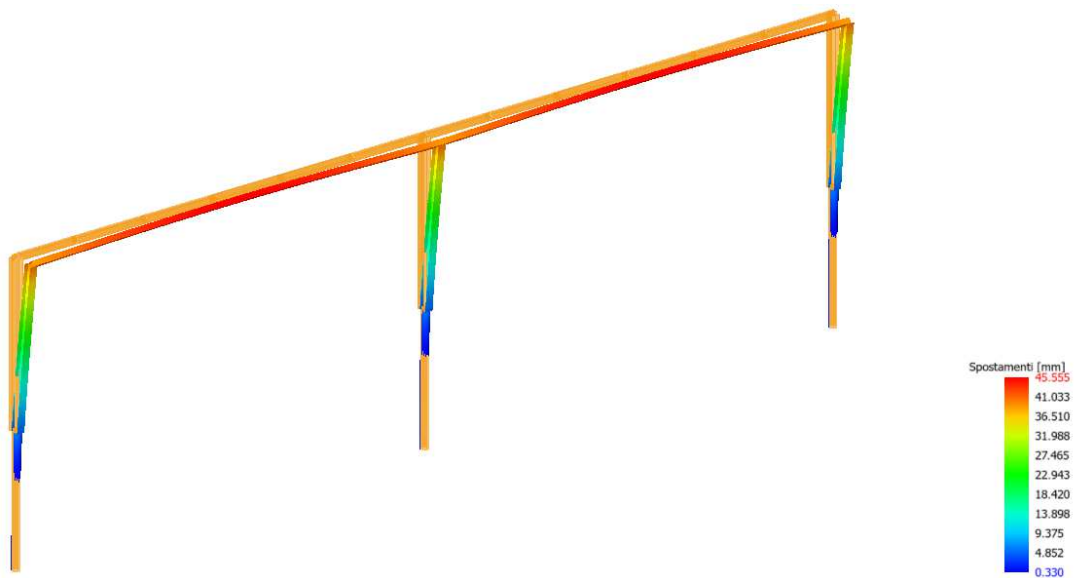


- Taglio allo SLU

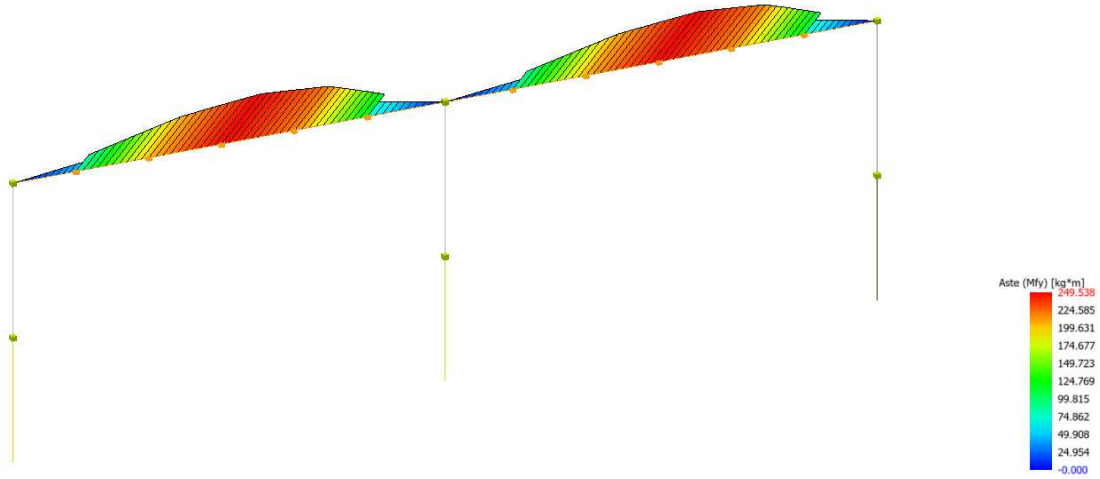


$$1) \alpha = 45^\circ \quad q = 440 \frac{Kg}{mq}$$

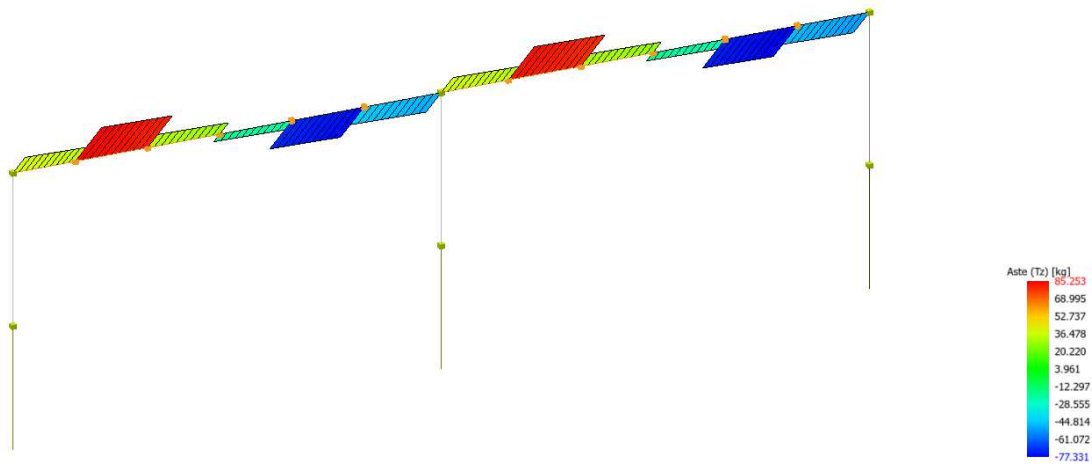
- Deformata allo SLE



- Momento flettente allo SLU



- Taglio allo SLU



VERIFICHE ALLO SLU

CASO 1 (30°)

Verifica Stabilità aste Metalliche

Scenario di calcolo: **Scenario di calcolo per N.T. 2018 0**

Simbologia

L [cm]	Lunghezza teorica elemento (da nodo a nodo)
Ln1 [cm]	Luce libera nella direzione principale 1 dell'elemento
Ln2 [cm]	Luce libera nella direzione principale 2 dell'elemento
Sez. G	Sezione Generica (Sigla)
f _{yd} [kg/cm ²]	Tensione di progetto snervamento acciaio
f _t [kg/cm ²]	Tensione di rottura acciaio
g _M	Coefficiente di sicurezza acciaio
N [kg]	Sforzo Normale massimo
M _y [kg*m]	M _y massimo
M _z [kg*m]	M _z massimo
NR _k [kg]	:A*f _y , Resistenza caratteristica instabilità a compressione (1)
M _{yRk} [kg*m]	:W _y *f _y , Momento resistente caratteristico all'instabilità in direzione Y (1)
M _{zRk} [kg*m]	:W _z *f _y , Momento resistente caratteristico all'instabilità in direzione Z (1)
l _y	Snellezza in direzione y
l _z	Snellezza in direzione z
c _y	Coefficiente di riduzione per la presso flessione dir y
c _z	Coefficiente di riduzione per la presso flessione dir z
c _{LT}	Coefficiente di riduzione per la instabilità flesso-torsionale, il coefficiente è applicato al termine relativo all'asse forte
k _{yy} , k _{yz}	
k _{zy} , k _{zz}	Coefficienti di interazione per l'instabilità (cfr. EC3 Annex B, tab B1 e B2, e cfr. Circ.NTC tab. C4.2.IV e C4.2.V)
M _{yeq} [kg*m]	M _y equivalente uguale a k _{yy} *M _y oppure k _{zy} *M _y
M _{zeq} [kg*m]	M _z equivalente uguale a k _{yz} *M _z oppure k _{zz} *M _z
NR _d [kg]	:Resistenza instabilità a compressione (2)
M _{yRd} [kg*m]	:Momento resistente all'instabilità in direzione Y (2)
M _{zRd} [kg*m]	:Momento resistente all'instabilità in direzione Z (2)
SF	Coefficiente di sicurezza (asta verificata se >=1)
Z _E	Livello di sicurezza sismico definito come rapporto tra l'accelerazione supportabile e l'accelerazione di progetto, quando richiesto dal criterio di verifica
Comb	Combinazione di carico: quando Comb non è sismica è individuata dal codice [C], quando è sismica è individuata dal codice [(Cx+Cy) Cm Sc].
- C	Individua la Combinazione di Carico non sismica (1, 2, ecc. come da scenario);
- Cx	Individua la Combinazione di Carico sismica in direzione x (SismaX, come da scenario);
- Cy	Individua la Combinazione di Carico sismica in direzione y (SismaY, come da scenario);
- Cm	Individua la Combinazione spostamento masse (I, II, III, IV, V, ecc. come da Combinazioni Sisma in Spostamento masse impalcato);
- Sc	Individua la sottocombinazione ottenuta mediante la permutazione dei segni (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8):
1)	Sc = + SismaZ*fz + SismaX*fx + SismaY*fy
2)	Sc = + SismaZ*fz + SismaX*fx - SismaY*fy
3)	Sc = + SismaZ*fz - SismaX*fx + SismaY*fy
4)	Sc = + SismaZ*fz - SismaX*fx - SismaY*fy.
5)	Sc = - SismaZ*fz + SismaX*fx + SismaY*fy
6)	Sc = - SismaZ*fz + SismaX*fx - SismaY*fy
7)	Sc = - SismaZ*fz - SismaX*fx + SismaY*fy
8)	Sc = - SismaZ*fz - SismaX*fx - SismaY*fy.

Le ultime quattro sono assenti quando non è richiesto il contributo del sisma in direzione verticale. Le combinazioni delle azioni sismiche così ottenute vengono combinate con i carichi verticali (come da scenario).

Note:

COMMESSA: COD	REL. DI CALCOLO	REV.00	02/04/2026	PAGINA 21
---------------	-----------------	--------	------------	-----------

- (1) Y è l'asse forte della sezione, e Z l'asse debole della sezione; i valori da utilizzare per le resistenze sono $N_{Rk}=f_y \cdot A, M_{yRk}=f_y \cdot W_y, M_{zRk}=f_y \cdot W_z$ dove:

Classe	1	2	3	4
A	A	A	A	A,eff
W _y	W _{pl,y}	W _{pl,y}	W _{el,y}	W _{el,y,eff}
W _z	W _{pl,z}	W _{pl,z}	W _{el,z}	W _{el,z,eff}

- (2) le equazioni di verifica, le azioni e le resistenze di progetto sono date dalle seguenti equazioni:

$$\frac{N_{ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{yRk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{zRk}} \leq 1$$

$$\frac{N_{ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{yRk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{zRk}} \leq 1$$

$$N_{Rdy} = \frac{\chi_y N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \quad M_{yRd} = \frac{\chi_{LT} M_{yRk}}{\gamma_{M1}} \quad M_{zRd} = \frac{M_{yRk}}{\gamma_{M1}}$$

$$M_{yyEq} = k_{yy} M_{yEd} \quad M_{yzEq} = k_{yz} M_{z,Ed}$$

$$M_{zyEq} = k_{zy} M_{yEd} \quad M_{zzEq} = k_{zz} M_{z,Ed}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{Rdy}} + \frac{M_{yyEq}}{M_{yRd}} + \frac{M_{yzEq}}{M_{zRd}} \leq 1$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{Rdz}} + \frac{M_{zyEq}}{M_{yRd}} + \frac{M_{zzEq}}{M_{zRd}} \leq 1$$

Asta: 25 [200,0] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Ln1=145.0 cm Ln2=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione
gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cm² ft=3600 kg/cm² :**Verificato**
SF I=5.737

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	IY	IZ	cY	cZ	cLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
-0	-1268	-14	34404	1767	1337	25	35	0.98 4	0.96 0	1.00 0	0.86 0	0.29 5	0.51 6	0.49 2

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
1	Y	0	1090	4	32244	1683	1274	1	1.5
1	Z	0	654	7	31462	1683	1274	1	2.5

Asta: 25 [200,200] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Ln1=145.0 cm Ln2=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione
gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cm² ft=3600 kg/cm² :**Verificato**
SF I=5.737

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	IY	IZ	cY	cZ	cLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
-0	-1394	-15	34404	1767	1337	25	35	0.98 4	0.96 0	1.00 0	0.96 4	0.35 2	0.57 8	0.58 7

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
1	Y	0	1343	5	32244	1683	1274	1	1.2
1	Z	0	806	9	31462	1683	1274	1	2.1

Asta: 25 [200,200] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Ln1=145.0 cm Ln2=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione
gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cm² ft=3600 kg/cm² :**Verificato**
SF I=5.737

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	IY	IZ	cY	cZ	cLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
-0	-1393	-15	34404	1767	1337	25	35	0.98 4	0.96 0	1.00 0	0.94 5	0.34 4	0.56 7	0.57 4

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
1	Y	0	1316	5	32244	1683	1274	1	1.3
1	Z	0	790	8	31462	1683	1274	1	2.1

Asta: 25 [200,200] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Ln1=145.0 cm Ln2=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione
gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cm² ft=3600 kg/cm² :**Verificato**
SF I=5.737

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	IY	IZ	cY	cZ	cLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
-0	-1200	-13	34404	1767	1337	25	35	0.98 4	0.96 0	1.00 0	0.83 0	0.27 5	0.49 8	0.45 8

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
1	Y	0	996	4	32244	1683	1274	1	1.7
1	Z	0	597	6	31462	1683	1274	1	2.8

Asta: 25 [100,200] Sez. G: 150x100x3 L=125.0 cm Ln1=125.0 cm Ln2=125.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione
gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cm² ft=3600 kg/cm² :**Verificato**
SF I=6.655

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	IY	IZ	cY	cZ	cLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
0	-685	78	34404	1767	1337	22	30	0.99 2	0.97 3	1.00 0	0.60 0	0.24 0	0.36 0	0.40 0

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
1	Y	0	411	19	32520	1683	1274	1	3.9
1	Z	0	247	31	31874	1683	1274	1	5.8

Asta: 25 [0,0] Sez. G: 150x100x3 L=155.0 cm Ln1=155.0 cm Ln2=155.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione
gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cm² ft=3600 kg/cm² :**Verificato**
SF I=5.367

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	IY	IZ	cY	cZ	cLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
0	-823	61	34404	1767	1337	27	37	0.98 0	0.95 4	1.00 0	0.60 0	0.24 0	0.36 0	0.40 0

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
1	Y	0	494	15	32103	1683	1274	1	3.3
1	Z	0	296	25	31246	1683	1274	1	5.1

Asta: 35 [300,300] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Ln1=145.0 cm Ln2=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione
gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cm² ft=3600 kg/cm² :**Verificato**
SF I=5.737

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	IY	IZ	cY	cZ	cLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
-0	-1395	-15	34404	1767	1337	25	35	0.98 4	0.96 0	1.00 0	0.95 1	0.34 7	0.57 1	0.57 9

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
1	Y	0	1327	5	32244	1683	1274	1	1.3
1	Z	0	796	8	31462	1683	1274	1	2.1

Asta: 35 [300,300] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Ln1=145.0 cm Ln2=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione
gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cm² ft=3600 kg/cm² :**Verificato**
SF I=5.737

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	IY	IZ	cY	cZ	cLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
-0	-1395	-15	34404	1767	1337	25	35	0.98 4	0.96 0	1.00 0	0.95 7	0.35 0	0.57 4	0.58 3

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
1	Y	0	1336	5	32244	1683	1274	1	1.3
1	Z	0	802	9	31462	1683	1274	1	2.1

Asta: 35 [300,300] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Ln1=145.0 cm Ln2=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione
gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cm² ft=3600 kg/cm² :**Verificato**
SF I=5.737

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	IY	IZ	cY	cZ	cLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
-0	-1246	-14	34404	1767	1337	25	35	0.98 4	0.96 0	1.00 0	0.85 0	0.28 9	0.51 0	0.48 1

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
1	Y	0	1059	4	32244	1683	1274	1	1.6
1	Z	0	635	7	31462	1683	1274	1	2.6

Asta: 35 [300,100] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Ln1=145.0 cm Ln2=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione
gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cm² ft=3600 kg/cm² :**Verificato**
SF I=5.737

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	IY	IZ	cY	cZ	cLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
0	-775	67	34404	1767	1337	25	35	0.98 4	0.96 0	1.00 0	0.60 0	0.24 0	0.36 0	0.40 0

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
1	Y	0	465	16	32244	1683	1274	1	3.5
1	Z	0	279	27	31462	1683	1274	1	5.4

Asta: 35 [0,0] Sez. G: 150x100x3 L=135.0 cm Ln1=135.0 cm Ln2=135.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione
gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cm² ft=3600 kg/cm² :**Verificato**
SF I=6.162

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	IY	IZ	cY	cZ	cLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
0	-738	71	34404	1767	1337	24	32	0.98 8	0.96 7	1.00 0	0.60 0	0.24 0	0.36 0	0.40 0

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
1	Y	0	443	17	32383	1683	1274	1	3.6
1	Z	0	266	29	31671	1683	1274	1	5.5

Asta: 35 [0,300] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Ln1=145.0 cm Ln2=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione
gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cm² ft=3600 kg/cm² :**Verificato**
SF I=5.737

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	IY	IZ	cY	cZ	cLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
-0	-1225	-13	34404	1767	1337	25	35	0.98 4	0.96 0	1.00 0	0.84 1	0.28 3	0.50 5	0.47 1

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
1	Y	0	1030	4	32244	1683	1274	1	1.6
1	Z	0	618	6	31462	1683	1274	1	2.7

Asta: 2713 [201,0] Sez. G: W6x6x15 L=310.0 cm Ln1=310.0 cm Ln2=310.0 cm Crit.:
Acciaio_Pressflessione gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cm² ft=3600 kg/cm² :**Verificato**
SF I=2.379

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	IY	IZ	cY	cZ	cLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
-1600	-13	-1	66795	4134	1822	48	84	0.88 1	0.60 3	--	0.49 4	0.44 1	0.29 7	0.73 5

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
2	Y	1600	6	0	56050	3938	1736	1	33
2	Z	1600	4	0	38351	3938	1736	1	23

Asta: 2723 [301,100] Sez. G: W6x6x15 L=310.0 cm Ln1=310.0 cm Ln2=310.0 cm Crit.:
Acciaio_Pressflessione gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cm² ft=3600 kg/cm² :**Verificato**
SF I=2.379

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	IY	IZ	cY	cZ	cLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
-849	6	8	66795	4134	1822	48	84	0.88 1	0.60 3	--	0.49 2	0.33 2	0.29 5	0.55 3

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
2	Y	849	3	3	56050	3938	1736	1	57
2	Z	849	2	5	38351	3938	1736	1	40

Asta: 2723 [301,100] Sez. G: W6x6x15 L=310.0 cm Ln1=310.0 cm Ln2=310.0 cm Crit.:

Acciaio_Pressflessione gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cm² ft=3600 kg/cm² : **Verificato**

SF I=2.379

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	IY	IZ	cY	cZ	cLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
-849	6	-8	66795	4134	1822	48	84	0.88 1	0.60 3	--	0.49 2	0.34 4	0.29 5	0.57 3

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
2	Y	849	3	3	56050	3938	1736	1	57
2	Z	849	2	5	38351	3938	1736	1	39

Verifica Resistenza aste Metalliche

Scenario di calcolo: **Scenario di calcolo per N.T. 2018 0**

Simbologia

L [cm]	Lunghezza teorica elemento (da nodo a nodo)
Sez. G	Sezione Generica (Sigla)
fyd [kg/cm ²]	Tensione di progetto snervamento acciaio
ft [kg/cm ²]	Tensione di rottura acciaio
gM	Coefficiente di sicurezza acciaio
X [cm]	Punto di verifica
N [kg]	Sforzo Normale
TY [kg]	Taglio dir Y
TZ [kg]	Taglio dir Z
MT [kg*m]	Momento torcente
MY [kg*m]	Momento flettente dir Y
MZ [kg*m]	Momento flettente dir Z
MY4 [kg*m]	Momento flettente dir Y + N*Dez, per sezioni di classe 4
MZ4 [kg*m]	Momento flettente dir Z + N*Dey, per sezioni di classe 4
cls	Classe della sezione per la sollecitazione della combinazione corrente
Comb.	Combinazione della sollecitazione
Nr [kg]	Sforzo Normale resistente
Vyr [kg]	Taglio resistente in dir Y
Vzr [kg]	Taglio resistente dir Z
Mry [kg*m]	Momento flettente resistente dir Y
Mrz [kg*m]	Momento flettente resistente dir Z
SF_V	Coefficiente di sicurezza taglio
SF_M	Coefficiente di sicurezza pressoflessione
SF	Coefficiente di sicurezza complessivo (asta verificata se >=1) ⁽¹⁾
ZE	Livello di sicurezza sismico definito come rapporto tra l'accelerazione sopportabile e l'accelerazione di progetto, quando richiesto dal criterio di verifica

Gerarchia travi/pilastrini (quando richiesto):

NEd [kg]	Sforzo Normale di verifica
Npl,Rd [kg]	Sforzo Normale resistente (NTC 4.2.4.1.2)
VEdY(*) [kg]	Taglio trave dir Y dovuto ai momenti ultimi Mpl,RdZ di estremità (cfr. NTC f.(7.5.6))
Vpl,RdY [kg]	Taglio resistente dir Y (NTC 4.2.4.1.2)
VEdZ(*) [kg]	Taglio trave dir Z dovuto ai momenti ultimi Mpl,RdY di estremità (cfr. NTC f.(7.5.6))
Vpl,RdZ [kg]	Taglio resistente dir Z (NTC 4.2.4.1.2)
MEdY [kg*m]	Momento flettente dir Y

Mpl,RdY [kg*m] Momento resistente dir Y (NTC 4.2.4.1.2)
MEdZ [kg*m] Momento flettente dir Z
Mpl,RdZ [kg*m] Momento resistente dir Z (NTC 4.2.4.1.2)

Asta: 25 [200,0] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cmq
ft=3600 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	0	-22	273	-2	-1268	-14	--	--	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	32766	7553	11330	1683	1274	986	42	1.3	>100	1.3

Asta: 25 [200,200] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cmq
ft=3600 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	0	-20	53	-2	-1394	-15	--	--	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	32766	7553	11330	1683	1274	986	>100	1.2	>100	1.2

Asta: 25 [200,200] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cmq
ft=3600 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
145	1	0	21	-99	-2	-1393	-15	--	--	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
145	1	32766	7553	11330	1683	1274	986	>100	1.2	>100	1.2

Asta: 25 [200,200] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cmq
ft=3600 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
145	1	0	22	-318	-2	-1200	-13	--	--	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
145	1	32766	7553	11330	1683	1274	986	36	1.4	>100	1.4

Asta: 25 [100,200] Sez. G: 150x100x3 L=125.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cmq
ft=3600 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
125	1	0	116	-519	-2	-685	-46	--	--	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
125	1	32766	7553	11330	1683	1274	986	22	2.3	>100	2.3

Asta: 25 [0,0] Sez. G: 150x100x3 L=155.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cmq
ft=3600 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
0	1	0	-88	494	-2	-823	-43	--	--	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	32766	7553	11330	1683	1274	986	23	1.9	>100	1.9

Asta: 35 [300,300] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cmq
ft=3600 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
145	1	0	20	-83	2	-1395	-15	--	--	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
145	1	32766	7553	11330	1683	1274	986	>100	1.2	>100	1.2

Asta: 35 [300,300] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cmq
ft=3600 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	0	-20	68	2	-1395	-15	--	--	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	32766	7553	11330	1683	1274	986	>100	1.2	>100	1.2

Asta: 35 [300,300] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cmq
ft=3600 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	0	-22	288	2	-1246	-14	--	--	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	32766	7553	11330	1683	1274	986	39	1.3	>100	1.3

Asta: 35 [300,100] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cmq
ft=3600 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	0	-96	501	2	-775	-44	--	--	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	32766	7553	11330	1683	1274	986	23	2.0	>100	2.0

Asta: 35 [0,0] Sez. G: 150x100x3 L=135.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cmq
ft=3600 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
135	1	0	104	-515	2	-738	-44	--	--	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
135	1	32766	7553	11330	1683	1274	986	22	2.1	>100	2.1

Asta: 35 [0,300] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cmq
ft=3600 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
145	1	0	22	-302	2	-1225	-13	--	--	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
145	1	32766	7553	11330	1683	1274	986	38	1.4	>100	1.4

Asta: 2713 [201,0] Sez. G: W6x6x15 L=310.0 cm Crit.: Acciaio_Pressflessione gM=1.05 fyk/gM=2238
kg/cmq ft=3600 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	2	-1600	0	5	-0	-13	-0	--	--	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	2	63614	25926	12320	3938	1736	65	>100	35	>100	35

Asta: 2723 [301,100] Sez. G: W6x6x15 L=310.0 cm Crit.: Acciaio_Pressflessione gM=1.05 fyk/gM=2238
kg/cmq ft=3600 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
310	2	-759	-3	-3	0	-2	8	--	--	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
310	2	63614	25925	12319	3938	1736	65	>100	58	>100	58

Asta: 2723 [301,100] Sez. G: W6x6x15 L=310.0 cm Crit.: Acciaio_Pressflessione gM=1.05 fyk/gM=2238
kg/cmq ft=3600 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
310	2	-759	3	-3	-0	-2	-8	--	--	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
310	2	63614	25925	12319	3938	1736	65	>100	58	>100	58

CASO 2 (45°)

Verifica Stabilità aste Metalliche

Scenario di calcolo: **Scenario di calcolo per N.T. 2018 0**

Simbologia

L [cm]	Lunghezza teorica elemento (da nodo a nodo)
Ln1 [cm]	Luce libera nella direzione principale 1 dell'elemento
Ln2 [cm]	Luce libera nella direzione principale 2 dell'elemento
Sez. G	Sezione Generica (Sigla)
fyd [kg/cm ²]	Tensione di progetto snervamento acciaio
ft [kg/cm ²]	Tensione di rottura acciaio
gM	Coefficiente di sicurezza acciaio
N [kg]	Sforzo Normale massimo
My [kg*m]	My massimo

Mz [kg*m]	Mz massimo
NRk [kg]	:A*fy, Resistenza caratteristica instabilità a compressione (1)
MyRk [kg*m]	:Wy*fy, Momento resistente caratteristico all'instabilità in direzione Y (1)
MzRk [kg*m]	:Wz*fy, Momento resistente caratteristico all'instabilità in direzione Z (1)
ly	Snellezza in direzione y
lz	Snellezza in direzione z
cy	Coefficiente di riduzione per la presso flessione dir y
cz	Coefficiente di riduzione per la presso flessione dir z
cLT	Coefficiente di riduzione per la instabilità flesso-torsionale, il coefficiente è applicato al termine relativo all'asse forte
kyy,kyz	
kzy,kzz	Coefficienti di interazione per l'instabilità (cfr. EC3 Annex B, tab B1 e B2, e cfr. Circ.NTC tab. C4.2.IV e C4.2.V)
Myeq [kg*m]	My equivalente uguale a kyy*My oppure kzy*My
Mzeq [kg*m]	Mz equivalente uguale a kyz*Mz oppure kzz*Mz
NRd [kg]	:Resistenza instabilità a compressione (2)
MyRd [kg*m]	:Momento resistente all'instabilità in direzione Y (2)
MzRd [kg*m]	:Momento resistente all'instabilità in direzione Z (2)
SF	Coefficiente di sicurezza (asta verificata se >=1)
zE	Livello di sicurezza sismico definito come rapporto tra l'accelerazione supportabile e l'accelerazione di progetto, quando richiesto dal criterio di verifica
Comb	Combinazione di carico: quando Comb non è sismica è individuata dal codice [C], quando è sismica è individuata dal codice [(Cx+Cy) Cm Sc].
- C	Individua la Combinazione di Carico non sismica (1, 2, ecc. come da scenario);
- Cx	Individua la Combinazione di Carico sismica in direzione x (SismaX, come da scenario);
- Cy	Individua la Combinazione di Carico sismica in direzione y (SismaY, come da scenario);
- Cm	Individua la Combinazione spostamento masse (I, II, III, IV, V, ecc. come da Combinazioni Sisma in Spostamento masse impalcato);
- Sc	Individua la sottocombinazione ottenuta mediante la permutazione dei segni (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8):
1)	Sc = + SismaZ*fz + SismaX*fx + SismaY*fy
2)	Sc = + SismaZ*fz + SismaX*fx - SismaY*fy
3)	Sc = + SismaZ*fz - SismaX*fx + SismaY*fy
4)	Sc = + SismaZ*fz - SismaX*fx - SismaY*fy.
5)	Sc = - SismaZ*fz + SismaX*fx + SismaY*fy
6)	Sc = - SismaZ*fz + SismaX*fx - SismaY*fy
7)	Sc = - SismaZ*fz - SismaX*fx + SismaY*fy
8)	Sc = - SismaZ*fz - SismaX*fx - SismaY*fy.

Le ultime quattro sono assenti quando non è richiesto il contributo del sisma in direzione verticale. Le combinazioni delle azioni sismiche così ottenute vengono combinate con i carichi verticali (come da scenario).

Note:

(1) Y è l'asse forte della sezione, e Z l'asse debole della sezione; i valori da utilizzare per le resistenze sono $N_{Rk}=f_y \cdot A, M_{yRk}=f_y \cdot W_y, M_{zRk}=f_y \cdot W_z$ dove:

Classe	1	2	3	4
A	A	A	A	A,eff
Wy	Wpl,y	Wpl,y	Wel,y	Wely,eff
Wz	Wpl,z	Wpl,z	Wel,z	Welz,eff

(2) Le equazioni di verifica, le azioni e le resistenze di progetto sono date dalle seguenti equazioni:

$$\frac{N_{ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{yRk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{zRk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$\frac{N_{ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{yRk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{zRk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$N_{Rdy} = \frac{\chi_y N_{Rk}}{\gamma_{M1}} \quad M_{yRd} = \frac{\chi_{LT} M_{yRk}}{\gamma_{M1}} \quad M_{zRd} = \frac{M_{yRk}}{\gamma_{M1}}$$

$$M_{yyEq} = k_{yy} M_{yEd} \quad M_{yzEq} = k_{yz} M_{z,Ed}$$

$$M_{zyEq} = k_{zy} M_{yEd} \quad M_{zzEq} = k_{zz} M_{z,Ed}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{Rdy}} + \frac{M_{yyEq}}{M_{yRd}} + \frac{M_{yzEq}}{M_{zRd}} \leq 1$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{Rdz}} + \frac{M_{zyEq}}{M_{yRd}} + \frac{M_{zzEq}}{M_{zRd}} \leq 1$$

Asta: 25 [200,0] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Ln1=145.0 cm Ln2=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione
gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cm² ft=3600 kg/cm² :**Verificato**
SF I=5.737

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	IY	IZ	cY	cZ	cLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
0	219	-41	34404	1767	1337	25	35	0.98 4	0.96 0	1.00 0	0.80 5	0.48 8	0.48 3	0.81 4

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
1	Y	0	176	20	32244	1683	1274	1	8.3
1	Z	0	106	33	31462	1683	1274	1	11

Asta: 25 [200,200] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Ln1=145.0 cm Ln2=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione
gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cm² ft=3600 kg/cm² :**Verificato**
SF I=5.737

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	IY	IZ	cY	cZ	cLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
0	249	-46	34404	1767	1337	25	35	0.98 4	0.96 0	1.00 0	0.95 1	0.53 7	0.57 0	0.89 5

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
1	Y	0	237	25	32244	1683	1274	1	6.2
1	Z	0	142	41	31462	1683	1274	1	8.5

Asta: 25 [200,200] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Ln1=145.0 cm Ln2=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione
gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cm² ft=3600 kg/cm² :**Verificato**
SF I=5.737

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	IY	IZ	cY	cZ	cLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
0	249	-46	34404	1767	1337	25	35	0.98 4	0.96 0	1.00 0	0.92 8	0.51 5	0.55 7	0.85 9

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
1	Y	0	231	24	32244	1683	1274	1	6.4
1	Z	0	139	40	31462	1683	1274	1	8.8

Asta: 25 [200,200] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Ln1=145.0 cm Ln2=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione
gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cm² ft=3600 kg/cm² :**Verificato**
SF I=5.737

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	IY	IZ	cY	cZ	cLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
0	204	-38	34404	1767	1337	25	35	0.98 4	0.96 0	1.00 0	0.76 4	0.46 5	0.45 8	0.77 5

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
1	Y	0	156	18	32244	1683	1274	1	9.4
1	Z	0	94	30	31462	1683	1274	1	13

Asta: 25 [100,200] Sez. G: 150x100x3 L=125.0 cm Ln1=125.0 cm Ln2=125.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione
gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cm² ft=3600 kg/cm² :**Verificato**
SF I=6.655

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	IY	IZ	cY	cZ	cLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
-0	46	249	33735	1482	1137	22	30	0.99 3	0.97 4	1.00 0	0.60 0	0.40 0	0.48 0	0.40 0

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
4	Y	0	28	100	31904	1411	1082	1	8.9
4	Z	0	22	100	31278	1411	1082	1	9.3

Asta: 25 [0,0] Sez. G: 150x100x3 L=155.0 cm Ln1=155.0 cm Ln2=155.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione
gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cm² ft=3600 kg/cm² :**Verificato**
SF I=5.367

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	IY	IZ	cY	cZ	cLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
-0	72	266	34002	1482	1158	27	37	0.98 0	0.95 4	1.00 0	0.60 0	0.40 0	0.48 0	0.40 0

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
4	Y	0	43	106	31741	1412	1103	1	7.9
4	Z	0	35	106	30901	1412	1103	1	8.3

Asta: 35 [300,300] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Ln1=145.0 cm Ln2=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione
gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cm² ft=3600 kg/cm² :**Verificato**
SF I=5.737

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	IY	IZ	cY	cZ	cLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
0	250	-46	34404	1767	1337	25	35	0.98 4	0.96 0	1.00 0	0.94 7	0.53 4	0.56 8	0.89 0

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
1	Y	0	236	25	32244	1683	1274	1	6.3
1	Z	0	142	41	31462	1683	1274	1	8.6

Asta: 35 [300,300] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Ln1=145.0 cm Ln2=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione
gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cm² ft=3600 kg/cm² :**Verificato**
SF I=5.737

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	IY	IZ	cY	cZ	cLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
0	250	-46	34404	1767	1337	25	35	0.98 4	0.96 0	1.00 0	0.93 2	0.51 9	0.55 9	0.86 5

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
1	Y	0	232	24	32244	1683	1274	1	6.4
1	Z	0	139	40	31462	1683	1274	1	8.7

Asta: 35 [0,0] Sez. G: 150x100x3 L=135.0 cm Ln1=135.0 cm Ln2=135.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione
gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cm² ft=3600 kg/cm² :**Verificato**
SF I=6.162

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	IY	IZ	cY	cZ	cLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
-0	48	280	33689	1482	1133	24	32	0.98 9	0.96 7	1.00 0	0.60 0	0.40 0	0.48 0	0.40 0

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
4	Y	0	29	112	31728	1411	1079	1	8.1
4	Z	0	23	112	31041	1411	1079	1	8.3

Asta: 35 [300,100] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Ln1=145.0 cm Ln2=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione
gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cm² ft=3600 kg/cm² :**Verificato**
SF I=5.737

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	IY	IZ	cY	cZ	cLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
-0	72	236	34098	1482	1166	25	35	0.98 4	0.96 1	1.00 0	0.60 0	0.40 0	0.48 0	0.40 0

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
4	Y	0	43	94	31966	1412	1110	1	8.7
4	Z	0	34	94	31196	1412	1110	1	9.2

Asta: 35 [300,300] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Ln1=145.0 cm Ln2=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione
gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cm² ft=3600 kg/cm² :**Verificato**
SF I=5.737

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	IY	IZ	cY	cZ	cLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
0	216	-40	34404	1767	1337	25	35	0.98 4	0.96 0	1.00 0	0.79 9	0.48 5	0.47 9	0.80 8

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
1	Y	0	173	20	32244	1683	1274	1	8.5
1	Z	0	104	33	31462	1683	1274	1	11

Asta: 35 [0,300] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Ln1=145.0 cm Ln2=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione
gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cm² ft=3600 kg/cm² :**Verificato**
SF I=5.737

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	IY	IZ	cY	cZ	cLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
0	207	-39	34404	1767	1337	25	35	0.98 4	0.96 0	1.00 0	0.77 2	0.47 0	0.46 3	0.78 3

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
1	Y	0	160	18	32244	1683	1274	1	9.2
1	Z	0	96	30	31462	1683	1274	1	12

Asta: 2713 [201,0] Sez. G: W6x6x15 L=310.0 cm Ln1=310.0 cm Ln2=310.0 cm Crit.:
Acciaio_Pressflessione gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cm² ft=3600 kg/cm² :**Verificato**
SF I=INF

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	IY	IZ	cY	cZ	cLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
Asta tesa													1	--

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
2	Asta tesa							1	--

Asta: 2723 [301,100] Sez. G: W6x6x15 L=310.0 cm Ln1=310.0 cm Ln2=310.0 cm Crit.:
Acciaio_Pressflessione gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cm² ft=3600 kg/cm² :**Verificato**
SF I=2.379

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	IY	IZ	cY	cZ	cLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
-36	932	-90	66795	4134	1822	48	84	0.88 1	0.60 3	--	0.68 9	0.33 9	0.41 3	0.56 5

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
2	Y	36	642	31	56050	3938	1736	1	5.5
2	Z	36	385	51	38351	3938	1736	1	7.8

Asta: 2723 [301,100] Sez. G: W6x6x15 L=310.0 cm Ln1=310.0 cm Ln2=310.0 cm Crit.:

Acciaio_Pressflessione gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cm² ft=3600 kg/cm² : **Verificato**

SF I=2.379

N	My	Mz	NRk	MyRk	MzRk	IY	IZ	cY	cZ	cLT	kyy	kyz	kzy	kzz
kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m									
-36	932	86	66795	4134	1822	48	84	0.88 1	0.60 3	--	0.68 9	0.32 0	0.41 3	0.53 3

Cls	Dir	N	Myeq	Mzeq	NRd	MyRd	MzRd	Comb.	SF
		kg	kg*m	kg*m	kg	kg*m	kg*m		
2	Y	36	642	27	56050	3938	1736	1	5.6
2	Z	36	385	46	38351	3938	1736	1	8.0

Verifica Resistenza aste Metalliche

Scenario di calcolo: **Scenario di calcolo per N.T. 2018 0**

Simbologia

L [cm]	Lunghezza teorica elemento (da nodo a nodo)
Sez. G	Sezione Generica (Sigla)
fyd [kg/cm ²]	Tensione di progetto snervamento acciaio
ft [kg/cm ²]	Tensione di rottura acciaio
gM	Coefficiente di sicurezza acciaio
X [cm]	Punto di verifica
N [kg]	Sforzo Normale
TY [kg]	Taglio dir Y
TZ [kg]	Taglio dir Z
MT [kg*m]	Momento torcente
MY [kg*m]	Momento flettente dir Y
MZ [kg*m]	Momento flettente dir Z
MY4 [kg*m]	Momento flettente dir Y + N*Dez, per sezioni di classe 4
MZ4 [kg*m]	Momento flettente dir Z + N*Dey, per sezioni di classe 4
cls	Classe della sezione per la sollecitazione della combinazione corrente
Comb.	Combinazione della sollecitazione
Nr [kg]	Sforzo Normale resistente
Vyr [kg]	Taglio resistente in dir Y
Vzr [kg]	Taglio resistente dir Z
Mry [kg*m]	Momento flettente resistente dir Y
Mrz [kg*m]	Momento flettente resistente dir Z
SF_V	Coefficiente di sicurezza taglio
SF_M	Coefficiente di sicurezza pressoflessione
SF	Coefficiente di sicurezza complessivo (asta verificata se >=1) ⁽¹⁾
ZE	Livello di sicurezza sismico definito come rapporto tra l'accelerazione sopportabile e l'accelerazione di progetto, quando richiesto dal criterio di verifica

Gerarchia travi/pilastri (quando richiesto):

NEd [kg]	Sforzo Normale di verifica
Npl,Rd [kg]	Sforzo Normale resistente (NTC 4.2.4.1.2)
VEdY(*) [kg]	Taglio trave dir Y dovuto ai momenti ultimi Mpl,RdZ di estremità (cfr. NTC f.(7.5.6))
Vpl,RdY [kg]	Taglio resistente dir Y (NTC 4.2.4.1.2)
VEdZ(*) [kg]	Taglio trave dir Z dovuto ai momenti ultimi Mpl,RdY di estremità (cfr. NTC f.(7.5.6))
Vpl,RdZ [kg]	Taglio resistente dir Z (NTC 4.2.4.1.2)
MEdY [kg*m]	Momento flettente dir Y
Mpl,RdY [kg*m]	Momento resistente dir Y (NTC 4.2.4.1.2)

MEdZ [kg*m] Momento flettente dir Z
Mpl,RdZ [kg*m] Momento resistente dir Z (NTC 4.2.4.1.2)

Asta: 25 [200,0] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cmq
ft=3600 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	0	-20	-71	-89	219	-41	--	--	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	32766	6881	10321	1683	1274	986	>100	6.2	11	6.2

Asta: 25 [200,200] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cmq
ft=3600 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	0	-11	-19	-21	249	-46	--	--	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	32766	7405	11107	1683	1274	986	>100	5.4	47	5.4

Asta: 25 [200,200] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cmq
ft=3600 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
145	1	0	13	29	47	249	-46	--	--	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
145	1	32766	7208	10812	1683	1274	986	>100	5.4	21	5.4

Asta: 25 [200,200] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cmq
ft=3600 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
145	1	0	22	81	113	204	-38	--	--	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
145	1	32766	6698	10046	1683	1274	986	>100	6.6	8.7	6.6

Asta: 25 [100,200] Sez. G: 150x100x3 L=125.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cmq
ft=3600 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	4	0	292	39	171	0	249	0	249	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	4	31560	6253	9380	1412	1036	986	21	4.2	5.8	4.2

Asta: 25 [0,0] Sez. G: 150x100x3 L=155.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cmq
ft=3600 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
155	4	0	-255	-49	-159	0	266	0	266	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
155	4	31560	6348	9522	1412	1036	986	25	3.9	6.2	3.9

Asta: 35 [300,300] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cmq
ft=3600 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	0	-11	-20	-37	250	-46	--	--	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	32766	7281	10921	1683	1274	986	>100	5.4	26	5.4

Asta: 35 [300,300] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cmq
ft=3600 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
145	1	0	13	27	31	250	-46	--	--	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
145	1	32766	7332	10998	1683	1274	986	>100	5.4	32	5.4

Asta: 35 [0,0] Sez. G: 150x100x3 L=135.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cmq
ft=3600 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	4	0	305	38	165	0	280	0	280	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	4	31560	6304	9456	1412	1036	986	21	3.7	6.0	3.7

Asta: 35 [300,100] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cmq
ft=3600 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
145	4	0	-242	-52	-167	0	236	0	236	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
145	4	31560	6283	9424	1412	1036	986	26	4.4	5.9	4.4

Asta: 35 [300,300] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cmq
ft=3600 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	1	0	-21	-73	-105	216	-40	--	--	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	1	32766	6763	10144	1683	1274	986	>100	6.2	9.4	6.2

Asta: 35 [0,300] Sez. G: 150x100x3 L=145.0 cm Crit.: Acciaio_Flessione gM=1.05 fyk/gM=2238 kg/cmq
ft=3600 kg/cmq :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
145	1	0	22	79	98	207	-39	--	--	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
145	1	32766	6814	10221	1683	1274	986	>100	6.5	10	6.5

Asta: 2713 [201,0] Sez. G: W6x6x15 L=310.0 cm Crit.: Acciaio_Pressflessione gM=1.05 fyk/gM=2238
kg/cm² ft=3600 kg/cm² :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	2	171	1	-177	-0	942	-3	--	--	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	2	63614	25924	12319	3938	1736	65	69	4.1	>100	4.1

Asta: 2723 [301,100] Sez. G: W6x6x15 L=310.0 cm Crit.: Acciaio_Pressflessione gM=1.05 fyk/gM=2238
kg/cm² ft=3600 kg/cm² :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	2	-36	32	-234	-0	932	8	--	--	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	2	63614	25915	12315	3938	1736	65	53	4.1	>100	4.1

Asta: 2723 [301,100] Sez. G: W6x6x15 L=310.0 cm Crit.: Acciaio_Pressflessione gM=1.05 fyk/gM=2238
kg/cm² ft=3600 kg/cm² :**Verificato**

X	cls	N	TY	TZ	MT	MY	MZ	My4	Mz4	Comb.
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m			
0	2	-36	-32	-234	0	932	-14	--	--	1

X	cls	Nr	Vyr	Vzr	Mry	Mrz	MTrd	SF_V.	SF_M	SF_Mt	SF
cm		kg	kg	kg	kg*m	kg*m	kg*m				
0	2	63614	25917	12316	3938	1736	65	53	4.1	>100	4.1

VERIFICHE ALLO SLE

CASO 1 (30°)

Verifica spostamenti verticali delle aste in Acciaio secondo NTC 2018

Scenario di calcolo: **Scenario di calcolo per N.T. 2018 0**

Simbologia:

- L Luce della trave a cui appartiene l'asta
dc Monta iniziale della trave
x Ascissa, nel sistema locale dell'asta, corrispondente allo spostamento massimo
Comb. Combinazione/i di carico Rara/e
dmax Spostamento nello stato finale depurato della monta iniziale (positivo se diretto verso il basso)
d2 Spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (positivo se diretto verso il basso)
L/k: Valore limite
N.b. La verifica è soddisfatta se il valore assoluto degli spostamenti è inferiore al limite

Travata: 25 [100,0]: L=860.0 cm, Modello =Appoggiata, Crit.Prog: Acciaio_Flessione, dc = 0.0 cm:

Verificato

Verifica spostamento nello stato finale (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	dmax	L/120.00	Cs
cm		mm	mm	
429.5	2	70.43	71.67	1.0

Verifica spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	d2	L/120.00	Cs
cm		mm	mm	
429.5	2	48.37	71.67	1.5

Travata: 35 [0,100]: L=860.0 cm, Modello =Appoggiata, Crit.Prog: Acciaio_Flessione, dc = 0.0 cm:

Verificato

Verifica spostamento nello stato finale (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	dmax	L/120.00	Cs
cm		mm	mm	
425.0	2	70.45	71.67	1.0

Verifica spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	d2	L/120.00	Cs
cm		mm	mm	
425.0	2	48.38	71.67	1.5

Verifica spostamenti laterali delle colonne in acciaio secondo NTC 2018

Scenario di calcolo: **Scenario di calcolo per N.T. 2018 0**

Simbologia:

Interp.	Interpiano
NS e NI	Nodi giacenti sulla stessa verticale, appartenenti all'impalcato j e i, rispettivamente, dell'interpiano i-j
Nodo	Nodo/i dell'ultimo impalcato
Comb	Combinazione/i di carico Rara/e più gravosa/e
SpostX sup.	Spostamento lungo x del nodo superiore per la combinazione Comb.
SpostY sup.	Spostamento lungo y del nodo superiore per la combinazione Comb.
SpostX inf.	Spostamento lungo x del nodo inferiore per la combinazione Comb.
SpostY inf.	Spostamento lungo y del nodo inferiore per la combinazione Comb.
d	Spostamento/i orizzontale/i relativo/i di piano
D	Spostamento/i orizzontale/i totale/i
L/k	Limite di deformabilità (Tab. 4.2.XIII, §4.2.4.2.2 - NTC 2018)

Verifica spostamenti orizzontali relativi di piano (§4.2.4.2.2 - NTC)

Interp.	NS	NI.	Comb.	SpostX sup.	SpostY sup.	SpostX inf.	SpostY inf.	d	h/150	Verifica
				mm	mm	mm	mm	mm	mm	
0-1	0	201	2	-0.02	-17.34	-0.00	-2.25	15.09	20.67	Si

Verifica spostamenti orizzontali in sommità (§4.2.4.2.2 - NTC)

Nodo	Comb.	SpostX	SpostY	D	H/150	Verifica
		mm	mm	mm	mm	
0	2	-0.02	-17.34	17.34	20.67	Si

CASO 2 (45°)

Verifica spostamenti verticali delle aste in Acciaio secondo NTC 2018

Scenario di calcolo: **Scenario di calcolo per N.T. 2018 0**

Simbologia:

L	Luce della trave a cui appartiene l'asta
dc	Monta iniziale della trave
x	Ascissa, nel sistema locale dell'asta, corrispondente allo spostamento massimo
Comb.	Combinazione/i di carico Rara/e
dmax	Spostamento nello stato finale depurato della monta iniziale (positivo se diretto verso il basso)
d2	Spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (positivo se diretto verso il basso)
L/k:	Valore limite

N.b. La verifica è soddisfatta se il valore assoluto degli spostamenti è inferiore al limite

Travata: 25 [100,0]: L=860.0 cm, Modello =Appoggiata, Crit.Prog: Acciaio_Flessione, dc = 0.0 cm:

Verificato

Verifica spostamento nello stato finale (§4.2.4.2.1 - NTC)

COMMESSA: COD	REL. DI CALCOLO	REV.00	02/04/2026	PAGINA 40
---------------	-----------------	--------	------------	-----------

x	Comb.	dmax	L/120.00	Cs
cm		mm	mm	
473.0	2	-5.35	71.67	13

Verifica spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	d2	L/120.00	Cs
cm		mm	mm	
415.0	2	-31.63	71.67	2.3

Travata: 35 [0,100]: L=860.0 cm, Modello =Appoggiata, Crit.Prog: Acciaio_Flessione, dc = 0.0 cm:
Verificato

Verifica spostamento nello stato finale (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	dmax	L/120.00	Cs
cm		mm	mm	
381.5	2	-5.35	71.67	13

Verifica spostamento elastico dovuto ai soli carichi variabili (§4.2.4.2.1 - NTC)

x	Comb.	d2	L/120.00	Cs
cm		mm	mm	
454.0	2	-31.64	71.67	2.3

Verifica spostamenti laterali delle colonne in acciaio secondo NTC 2018

Scenario di calcolo: **Scenario di calcolo per N.T. 2018 0**

Simbologia:

Interp.	Interpiano
NS e NI	Nodi giacenti sulla stessa verticale, appartenenti all'impalcato j e i, rispettivamente, dell'interpiano i-j
Nodo	Nodo/i dell'ultimo impalcato
Comb	Combinazione/i di carico Rara/e più gravosa/e
SpostX sup.	Spostamento lungo x del nodo superiore per la combinazione Comb.
SpostY sup.	Spostamento lungo y del nodo superiore per la combinazione Comb.
SpostX inf.	Spostamento lungo x del nodo inferiore per la combinazione Comb.
SpostY inf.	Spostamento lungo y del nodo inferiore per la combinazione Comb.
d	Spostamento/i orizzontale/i relativo/i di piano
D	Spostamento/i orizzontale/i totale/i
L/k	Limite di deformabilità (Tab. 4.2.XIII, §4.2.4.2.2 - NTC 2018)

Verifica spostamenti orizzontali relativi di piano (§4.2.4.2.2 - NTC)

Interp.	NS	NI.	Comb.	SpostX sup.	SpostY sup.	SpostX inf.	SpostY inf.	d	h/50	Verifica
				mm	mm	mm	mm	mm	mm	
0-1	0	201	2	0.00	-57.30	0.00	-6.65	50.65	62.00	Si
0-1	100	301	2	0.00	-31.78	0.00	-3.56	28.22	62.00	Si
0-1	100	301	2	0.00	-31.77	0.00	-3.56	28.21	62.00	Si

Verifica spostamenti orizzontali in sommità (§4.2.4.2.2 - NTC)

Nodo	Comb.	SpostX	SpostY	D	H/50	Verifica
		mm	mm	mm	mm	
0	2	0.00	-57.30	57.30	62.00	Si
100	2	0.00	-31.78	31.78	62.00	Si
100	2	0.00	-31.77	31.77	62.00	Si

VERIFICHE GEOTECNICHE

Per la verifica a carico limite si adotta l'approccio 2 con una unica combinazione di carico A1+M1+R3, secondo le modalità esposte al p.to 6.4.3 NTC.

Carico limite verticale

La valutazione del carico limite verticale del palo è perseguita attraverso le formule statiche. Ai fini del calcolo, il carico limite di un palo Q_{lim} è convenzionalmente suddiviso in due aliquote, la resistenza alla punta P e la resistenza laterale S :

$$Q_{lim} = P + S = \frac{\pi D^2}{4} p + \pi D \int_0^L s(z) dz$$

dove con p si indica la resistenza unitaria alla punta, con s la resistenza allo scorrimento all'interfaccia laterale palo-terreno, con d il diametro e con L la lunghezza del palo. La suddivisione è convenzionale in quanto gli sforzi laterali e alla punta si mobilitano con il cedimento secondo leggi alquanto diverse e non necessariamente monotonicamente crescenti; pertanto non è detto che, a rottura, siano contemporaneamente agenti le resistenze massime P ed S . Nel calcolo di P e S si prescinde dall'interazione tra i due fenomeni di rottura.

Resistenza alla punta

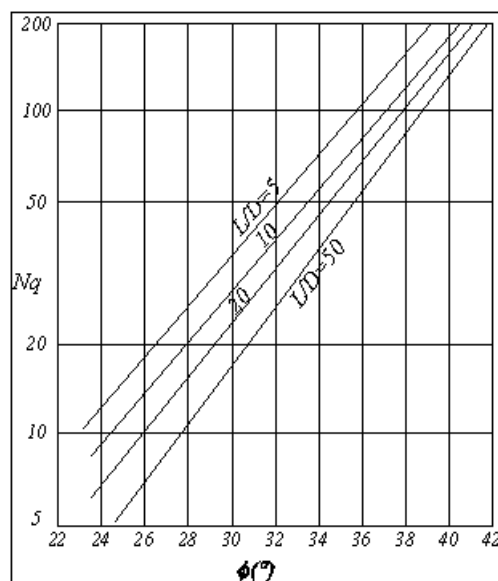
Come per le fondazioni dirette si pone:

$$p = N_q \sigma_{vi} + N_c c$$

dove σ_{vi} rappresenta la tensione litostatica che agisce sul piano orizzontale passante per la punta del palo alla profondità L . Per N_c vale la formula di trasformazione:

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

Il valore di N_q è dato dall'abaco di Berentzantzev, valido per i pali di piccolo diametro.



Resistenza Laterale

Detta $\sigma_h = k\sigma'_{vz}$ la tensione normale orizzontale agente alla profondità z si pone:

$$s = a + k\mu\sigma'_{vz}$$

nella quale a è un termine coesivo, μ un coefficiente di attrito tra palo e terreno, k un coefficiente di spinta e σ'_{vz} la tensione effettiva litostatica alla profondità z . Il coefficiente μ dipende dalla scabrezza dell'interfaccia tra palo e terreno ed ha come limite superiore $\tan(\Phi)$.

Per il termine coesivo si assume:

$$s = \alpha c$$

con il valore di c dato dalla seguente tabella.

Tipo di palo	Valori di c (kPa)	Valori di μ caso non drenato	Valori di s caso drenato
Trivellato	$C < 25$	0.7	0.3 c
	$25 < c < 70$	0.7-0.008 (c-25)	
	$c > 70$	0.35	
Trivellato Pressato	$C < 25$	0.7	0.3 c
	$25 < c < 70$	0.7-0.008 (c-25)	
	$c > 70$	0.35	
Gettato in opera, battuto	$C < 25$	1.0	0.5 c
	$25 < c < 70$	1.0-0.011 (c-25)	
	$c > 70$	0.5	
Prefabbricato cls, battuto	$C < 25$	1.0	0.8 c
	$25 < c < 70$	1.0-0.011 (c-25)	
	$c > 70$	0.5	
Legno, battuto	$C < 25$	1.0	0.8 c
	$25 < c < 70$	1.0-0.011 (c-25)	
	$c > 70$	0.5	
Tubo Acciaio chiuso, battuto	$C < 25$	1.0	0.8 c
	$25 < c < 70$	1.0-0.011 (c-25)	
	$c > 70$	0.5	
Profilato in acciaio, battuto	$C < 25$	1.0	0.8 c
	$25 < c < 70$	1.0-0.011 (c-25)	
	$c > 70$	0.5	

I valori di k adottati sono individuati nella tabella seguente:

Tipo di palo	Valori di k per stato di addensamento		Valori di Φ
	Sciolto	Addensato	
Trivellato	0.4	0.5	$\tan(\Phi)$
Trivellato Pressato	0.7	0.9	$\tan(\Phi)$
Gettato in opera, battuto	1	3	$\tan(\Phi)$
Prefabbricato cls, battuto	1	2	$\tan(3\Phi/4)$
Legno, battuto	1	2	0.36
Tubo Acciaio chiuso, battuto	1	2	0.36
Profilato in acciaio, battuto	0.5	1	0.36

Carichi orizzontali

Il calcolo del carico limite orizzontale del palo è condotto attraverso la teoria di Broms. Si assume che il comportamento dell'interfaccia palo terreno sia di tipo rigido perfettamente plastico e che il valore della pressione mobilitata sia indipendente dalla forma della sezione, ma dipenda solo dalla dimensione trasversale d (diametro del palo, lato di una sezione quadrata ecc.). Immaginando di imprimere una traslazione orizzontale al palo, per effetto

della resistenza mobilitata nel terreno, lungo il fusto del palo si generano momenti flettenti e la rottura del complesso terreno palo può presentare diverse caratteristiche anche in funzione del vincolo che si ha in testa al palo.

Se il momento di plasticizzazione del palo è talmente grande che in nessun punto del fusto non è superato dal valore massimo del momento flettente, il comportamento è di 'Palo Corto'.

Se il palo è libero di ruotare in testa e se il momento massimo supera il momento di plasticizzazione della sezione del palo, lungo il fusto si forma una cerniera plastica e il comportamento è quello di 'Palo Lungo'. Per i pali impediti di ruotare in testa può accadere o che si formi una sola cerniera plastica in testa ed il palo ha comportamento di 'Palo Intermedio', oppure si formano due cerniere plastiche una in testa e l'altra lungo il fusto, con conseguente comportamento di 'Palo lungo'.

La valutazione della pressione di contatto palo-terreno è valutata secondo la relazione:

$$p = 9cd + 3 k_p \gamma z d$$

Il primo termine, costante, è esteso tra le profondità $1.5d$ ed L ; il secondo, variabile linearmente, è esteso tra 0 ed L . Il valore di k_p (coefficiente di spinta passiva) è dato dalla relazione $k_p = tg(45 + \Phi/2)$. In condizioni non drenate si porrà $c=c_u$ e $\phi = 0$. Quando si individua che $\phi = 0$ si trascura automaticamente il secondo termine (esso potrebbe essere trascurato imponendo $\phi = 0$, ma il calcolo automatico condurrebbe ad una errata valutazione del carico limite verticale), per terreni incoerenti si porrà $c=0$.

Simbologia

D	Diametro del palo
e	Eccentricità della forza orizzontale (solo pali liberi)
L	Lunghezza del palo
Hf	profondità della falda
Mu	Momento ultimo della sezione del palo
V	Azione verticale in testa al palo
H	Azione orizzontale in testa al palo/spessore strato
ϕ_b	Coefficiente parziale di sicurezza per la resistenza alla punta
ϕ_s	Coefficiente parziale di sicurezza per la resistenza laterale in compressione
ϕ_{st}	Coefficiente parziale di sicurezza per la resistenza laterale in trazione
ϕ_T	Coefficiente di sicurezza per carico limite orizzontale
ϕ_3, ϕ_4	Coefficienti di correlazione in funzione del numero di verticali indagate
effV, effH	Efficienza di gruppo per carico limite verticale e orizzontale
α	Angolo di attrito interno terreno
c	Coesione
γ	Peso specifico terreno
γ_{sat}	Peso specifico terreno saturo
P	Resistenza alla punta
S	Resistenza laterale
Nd	Carico limite verticale di progetto
Hi	Carico limite orizzontale del palo
Hd	Carico orizzontale di progetto del palo
Z0	Profondità del punto di rotazione (M=0 Teoria di Broms) del palo (solo per pali corti liberi e intermedi vincolati)
Zmax	Profondità in corrispondenza della quale si verifica il momento massimo (Teoria di Broms)
Mmax	Momento corrispondente a Zmax (Teoria di Broms)
PRB	Prefabbricato cls, battuto
GB	Gettato in opera, battuto
TR	Trivellato

TRP Trivellato Pressato
PRAB Profilato in acciaio, battuto
TAB Tubo Acciaio chiuso, battuto
LB Legno, battuto

GD = Palo di grande diametro per $D > D_g = 0.60 \text{ m}$

Proprietà di pali

Palo	Tipo	Testa	GD	D	e	L	Mu
				m	m	m	kg*m
12 (Nodo 201)	PRAB	Lib.	No	0.15	2.43	2.50	1442.31
22 (Nodo 301)	PRAB	Lib.	No	0.15	2.43	2.50	1446.39
22 (Nodo 301)	PRAB	Lib.	No	0.15	2.43	2.50	1446.39

Coefficienti di sicurezza

Palo	gb	gs	gst	gTt	x	effV	effH
12 (Nodo 201)	1.15	1.15	1.25	1.30	1.60	1.00	1.00
22 (Nodo 301)	1.15	1.15	1.25	1.30	1.60	1.00	1.00
22 (Nodo 301)	1.15	1.15	1.25	1.30	1.60	1.00	1.00

Stratigrafie

H	f	OCR	c	cu	g	g _{sat}	Addens.	Descrizione
m	°		kg/cm ²	kg/cm ²	t/mc	t/mc		
Palo n° 12 (Nodo 201): quota falda Z _f =0.10 m , Terreno argilloso								
1.40	20.00	--	0.04	0.40	1.80	1.90	No	strato
2.00	20.00	--	0.01	0.10	1.70	1.75	No	strato
3.00	20.00	--	0.02	0.20	1.70	1.75	No	strato
4.00	26.00	--	0.03	0.25	1.70	1.80	No	strato
Palo n° 22 (Nodo 301): quota falda Z _f =0.10 m , Terreno argilloso								
1.40	20.00	--	0.04	0.40	1.80	1.90	No	strato
2.00	20.00	--	0.01	0.10	1.70	1.75	No	strato
3.00	20.00	--	0.02	0.20	1.70	1.75	No	strato
4.00	26.00	--	0.03	0.25	1.70	1.80	No	strato
Palo n° 22 (Nodo 301): quota falda Z _f =0.10 m , Terreno argilloso								
1.40	20.00	--	0.04	0.40	1.80	1.90	No	strato
2.00	20.00	--	0.01	0.10	1.70	1.75	No	strato
3.00	20.00	--	0.02	0.20	1.70	1.75	No	strato
4.00	26.00	--	0.03	0.25	1.70	1.80	No	strato

CASO 1 (30°)

Verifica Carico Verticale

$N_d = (P/g_b + S/g_s) * \text{effV} / x$ (per pali in trazione $g_s = g_{st}$ e $P=0$)

Condizione breve termine

Palo	N	P	S	Peso Palo	(*)N _d	N _q	N _c	Verificato
	kg	kg	kg	kg	kg			
12 (Nodo 201)[1]	1743	578	3077	58	2270	3.39	17.23	SI
22 (Nodo 301)[1]	864	578	3077	58	2270	3.39	17.23	SI
22 (Nodo 301)[1]	864	578	3077	58	2270	3.39	17.23	SI

Condizione a lungo termine

Palo	N	P	S	Peso Palo	(*)N _d	N _q	N _c	Verificato
	kg	kg	kg	kg	kg			
12 (Nodo 201)[1]	1743	6180	502	58	4150	152.49	180.53	SI
22 (Nodo 301)[1]	864	6180	502	58	4150	152.49	180.53	SI
22 (Nodo 301)[1]	864	6180	502	58	4150	152.49	180.53	SI

Verifica Carico Orizzontale

$N_d = (P/gb + S/gs) \cdot \text{eff}V/x$ (per pali in trazione $g_s = g_{st}$ e $P=0$)

Palo	H	HI	Hd	Meccanis mo di rottura	Z0	Zmax	Mmax	Verific ato
	kg	kg	kg		m	m	kg*m	
12 (Nodo 201)[1]	141	1009	554	Corto	1.04	0.41	2771.75	SI
22 (Nodo 301)[1]	71	1009	554	Corto	1.04	0.41	2771.74	SI
22 (Nodo 301)[1]	71	1009	554	Corto	1.04	0.41	2771.75	SI

CASO 2 (45°)

Verifica Carico Verticale

$N_d = (P/gb + S/gs) \cdot \text{eff}V/x$ (per pali in trazione $g_s = g_{st}$ e $P=0$)

Condizione breve termine

Palo	N	P	S	Peso Palo	(*)N _d	N _q	N _c	Verificato
	kg	kg	kg	kg	kg			
12 (Nodo 201)[1]	-32	578	3077	58	1758	3.39	17.23	SI
22 (Nodo 301)[1]	53	578	3077	58	2270	3.39	17.23	SI
22 (Nodo 301)[1]	53	578	3077	58	2270	3.39	17.23	SI

Condizione a lungo termine

Palo	N	P	S	Peso Palo	(*)N _d	N _q	N _c	Verificato
	kg	kg	kg	kg	kg			
12 (Nodo 201)[1]	-32	6180	502	58	287	152.49	180.53	SI
22 (Nodo 301)[1]	53	6180	502	58	4150	152.49	180.53	SI
22 (Nodo 301)[1]	53	6180	502	58	4150	152.49	180.53	SI

Verifica Carico Orizzontale

$N_d = (P/gb + S/gs) \cdot \text{eff}V/x$ (per pali in trazione $g_s = g_{st}$ e $P=0$)

Palo	H	HI	Hd	Meccanis mo di rottura	Z0	Zmax	Mmax	Verific ato
	kg	kg	kg		m	m	kg*m	
12 (Nodo 201)[1]	328	696	383	Corto	1.01	0.35	2974.37	SI
22 (Nodo 301)[1]	158	597	328	Lungo	--	0.33	2990.53	SI
22 (Nodo 301)[1]	158	598	328	Lungo	--	0.33	2990.45	SI

VERIFICHE GIUNTO

Il nodo di connessione tra le travi orizzontali è costituito da due guance, in acciaio S355, collegate tra loro mediante un tubo saldato a sezione circolare diametro $\phi 50$ mm e spessore 5/10 mm. Questa configurazione permette di trasferire il carico da tubolari orizzontali alle colonne d'appoggio verticale.

Viene verificato il nodo (cerniera) che collega la trave alla colonna. La forza massima sollecitante allo SLU ($\gamma = 1,50$) è $V = \frac{PL}{2} = 0,50 \frac{KN}{m} * 1,50 * 2,384 * \frac{8,57}{2} = 7,70 KN$.

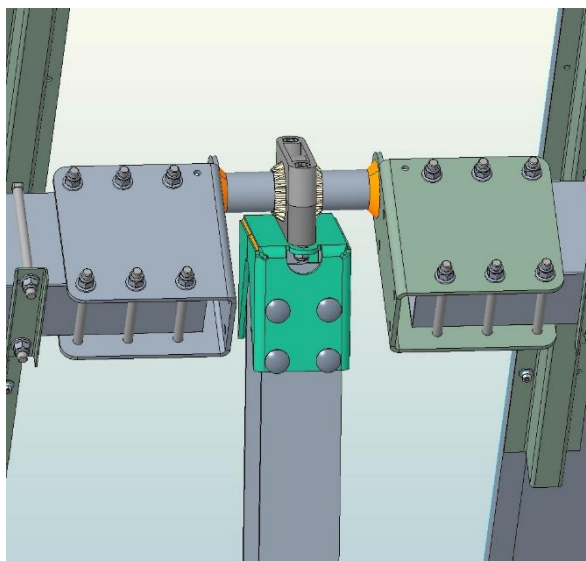
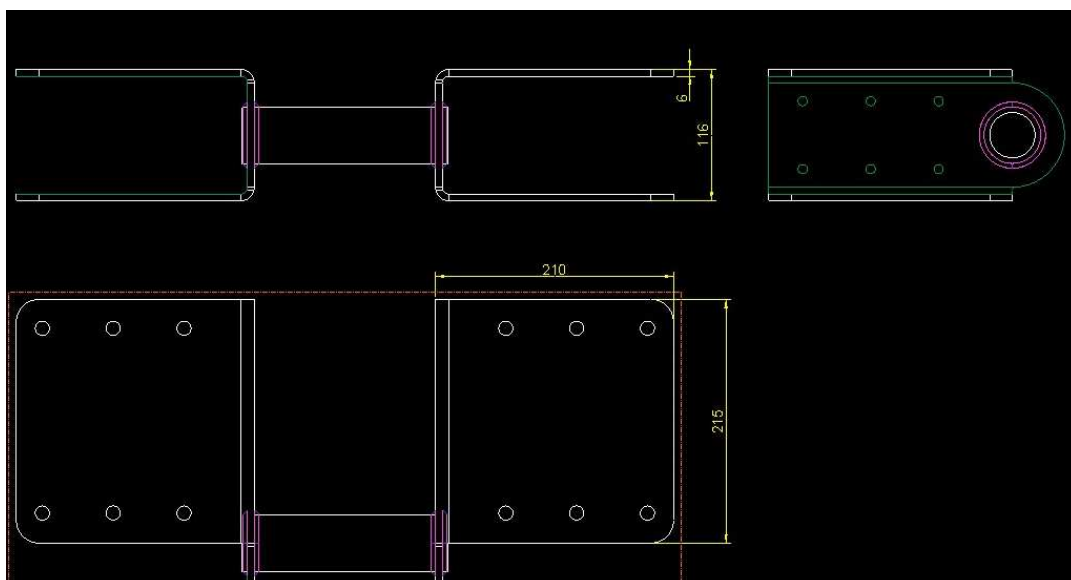


Figure 5- Dettaglio costruttivo dell'aggancio tra palo e trave



-Bulloni

Su entrambe le facce del nodo sono presenti sei bulloni che agiscono su due piani di taglio, quindi:

$$F_i = \frac{F_{tot}}{n_b * n_s} = \frac{7,70}{6 * 2} = 0,65KN$$

Classe bullone diametro d f_{yb} f_{ub} N/mm²

Sezione filettata
 Sezione lorda

Area mm²

Resistenza a taglio (per piano di taglio) $F_{v,Rd}$ kN

Resistenza a trazione $F_{t,Rd}$ kN

Taglio e Trazione - EC3 #6.5.5.(5)

$F_{v,Sd}$ $F_{t,Sd}$ kN

$\frac{F_{v,Sd}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Sd}}{1.4 F_{t,Rd}} = 0.044 + 0 = 0.044$

Classe bullone diametro d f_{yb} f_{ub} N/mm²

Sezione filettata
 Sezione lorda

Area mm²

Resistenza a taglio (per piano di taglio) $F_{v,Rd}$ kN

Resistenza a trazione $F_{t,Rd}$ kN

Taglio e Trazione - EC3 #6.5.5.(5)

$F_{v,Sd}$ $F_{t,Sd}$ kN

$\frac{F_{v,Sd}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Sd}}{1.4 F_{t,Rd}} = 0.020 + 0 = 0.020$

-Piastre

Rifollamento

Acciaio f_u N/mm²

spessore t mm

diametro foro d_o mm

distanze bordo e_1 e_2

passo p_1 p_2

α

Resistenza a rifollamento $F_{b,Rd}$ kN

Rifollamento

Acciaio f_u N/mm²

spessore t mm

diametro foro d_o mm

distanze bordo e_1 e_2

passo p_1 p_2

α

Resistenza a rifollamento $F_{b,Rd}$ kN Osservazioni

-Tubo di collegamento

Per quanto riguarda il perno di collegamento ce ne sono di due tipi: $\varnothing 50 \times 5 \text{ mm}$ e $\varnothing 50 \times 10 \text{ mm}$. Entrambi sono lunghi 183 mm e sono fissati alla colonna; quindi, l'azione che arriva sulla piastra genera un momento flettente sul perno pari a:

$$M = \frac{PL}{2} = 7,70 * \frac{0,183}{2} = 0,70 \text{ KNm}$$

$$\varnothing 50 \times 5 \text{ mm} \quad W_{el} = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D} = 7242 \text{ mm}^3 \quad \sigma = \frac{M}{W} = 97 \text{ MPa}$$

$$\varnothing 50 \times 10 \text{ mm} \quad W_{el} = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D} = 10676 \text{ mm}^3 \quad \sigma = \frac{M}{W} = 66 \text{ MPa}$$

In entrambi i casi la tensione è molto al di sotto del valore limite per condizioni di esercizio e si sta valutando la forza in condizioni ultime; quindi, tutte le verifiche si ritengono soddisfatte.

ANALISI FEM

Per valutare il comportamento globale della giunzione sopracitata, nell'analisi FEM, sono stati applicati i carichi di progetto e data la simmetria dell'elemento strutturale un vincolo d'incastro a metà della lunghezza del tubo sopracitato; inoltre, per bloccare lo scorrimento orizzontale e la rotazione, è stato inserito un pattino verticale a metà campata in modo da consentire l'abbassamento della trave sottoposta ai carichi di progetto.

Dalla figura 7 si osserva che, applicando il carico di progetto, gli sforzi risultano maggiormente concentrati lungo i bordi orizzontali dell'elemento, in corrispondenza della zona del foro dove ho una sezione ridotta.

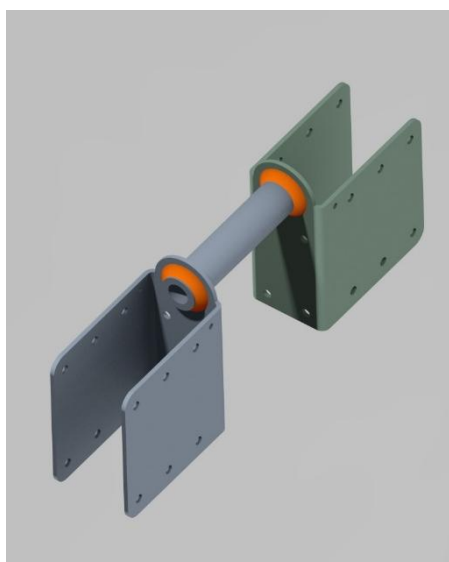


Figure 6- Dettaglio costruttivo del collegamento.

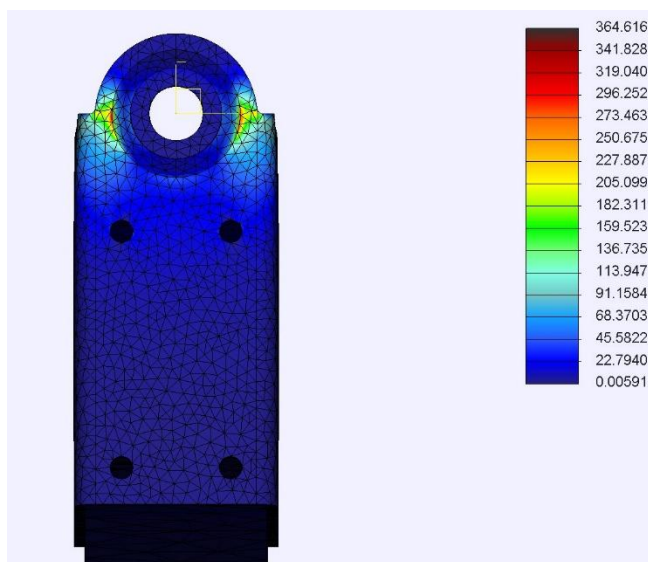


Figure 7- Analisi Fem del collegamento. Vista laterale.

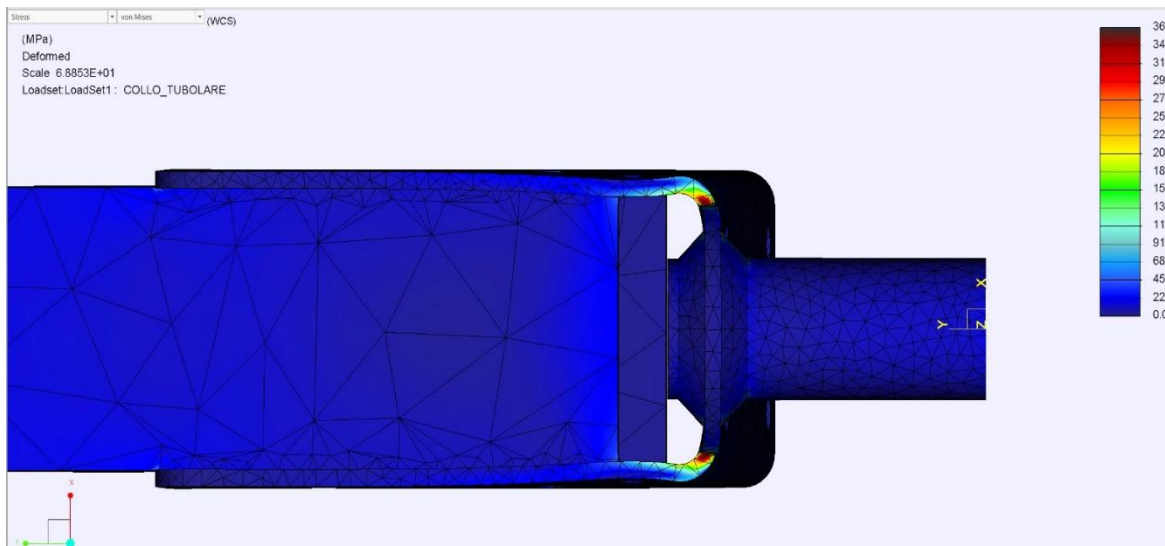


Figure 9-Analisi Fem del collegamento. Vista dall'alto.

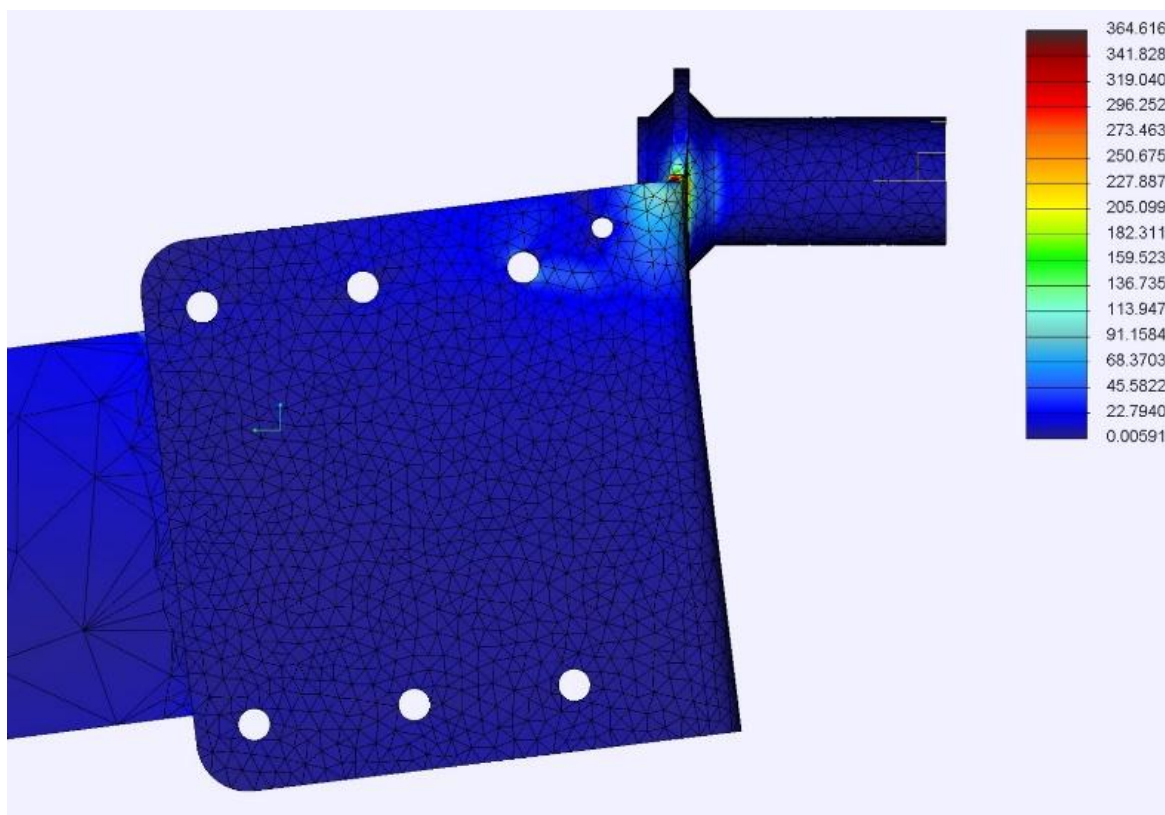


Figure 8-Analisi Fem del collegamento. Configurazione deformata.

La testa palo è un elemento posizionato al di sopra del palo e permette di connettere le guance alla colonna verticale (W6x6x15) tramite il cuscinetto sferico. Dalle analisi in figg. 11-12 si può osservare come l'elemento sia sollecitato principalmente a compressione verso il basso nella zona dove appoggia il cuscinetto sferico. Una maggior concentrazione di sforzi si ha negli angoli interni vicino al foro ovale dove si innesta con un collegamento bullonato il cuscinetto sferico.

Nell'analisi FEM, la forza è stata applicata all'elemento perpendicolarmente alla direzione del filare.



Figure 10-Dettaglio costruttivo della testa palo.

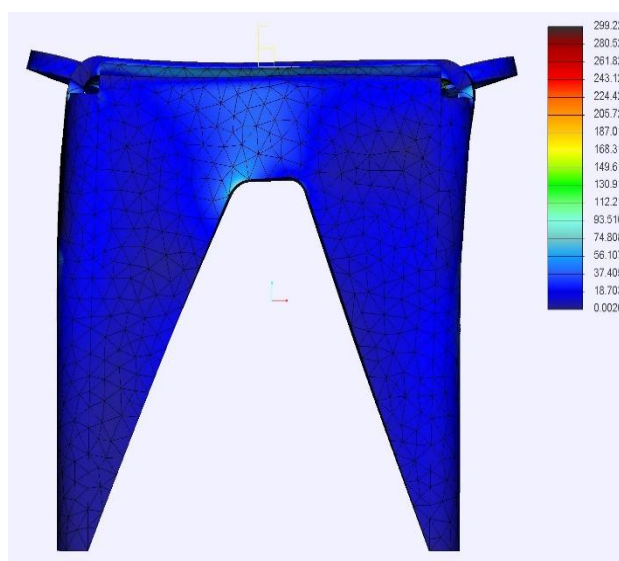


Figure 11-Analisi Fem della testa palo. Vista laterale.

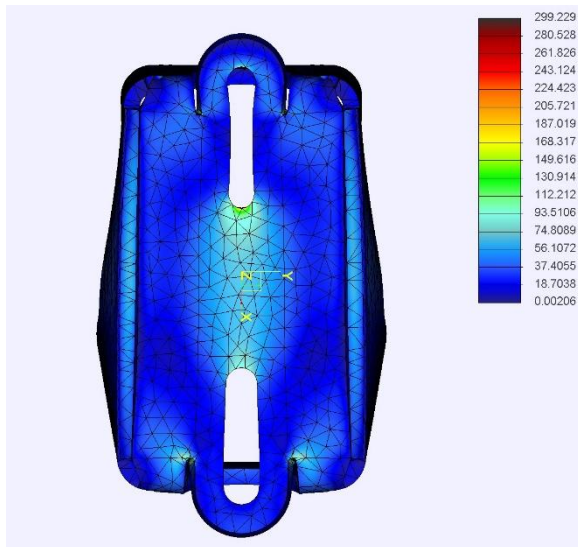


Figure 12-Analisi Fem della testa palo. Vista dall'alto.

Verifica dei due bulloni del cuscinetto sferico

Considerando un bullone M12, classe 8.8, una percentuale del limite di snervamento pari al 70% e un coefficiente di attrito sulla filettatura di 0.20, il precarico massimo possibile è pari a 29,92 kN.

Considerando quindi una forza di trazione massima agente per ogni bullone Ft pari a 29,92 kN e una forza di taglio massima Fv=5 kN, la verifica della resistenza dei bulloni è corretta.

Tipo di vite		Dati
<input checked="" type="radio"/> Testa esagonale	<input type="checkbox"/> ISO 4014/4017	Classe di resistenza della vite 8.8
<input type="radio"/> Testa cilindrica con esagono incassato		Diametro della filettatura M 12
		Utilizzo percentuale del limite di snervamento % 70
		Coefficiente di attrito sulla filettatura 0.2
		Coefficiente di attrito sotto la testa/il dado 0.2

Foro passante - ISO 273

Fine
 Medio
 Grossolano

Dati utilizzati nel calcolo

Limite di snervamento Rp02	640 N/mm ²
Passo della filettatura P	1.75 mm
Diametro medio d2	10.863 mm
Diametro di nocciolo d3	9.853 mm
Foro passante dh	13.5 mm
Diametro della superficie d'appoggio dw	17.4 mm
Area di sollecitazione As	84.264 mm ²

Risultati

Coppia massima di serraggio consentita MA:	92.32 Nm
Precarico massimo possibile FM:	29.92 kN
Pressione superficiale massima sotto la testa della vite o del dado:	316.15 N/mm ²

CONCLUSIONI

Le verifiche della struttura in progetto hanno esito positivo sia in termini di sforzo che di deformazioni, a patto che il sensore che attiva il meccanismo di rotazione della trave sia impostato in modo da attivarsi ad un raggiungimento di una pressione sui pannelli fotovoltaici data dai carichi esterni pari a **40,00 Kg/mq (valore a favore di sicurezza)**.

Nota bene: Le verifiche allo SLE delle travi orizzontali porta pannelli (freccia di inflessione), sono state effettuate considerando una deformazione massima di 1/120 della luce anziché 1/250 o L previsto dalla normativa per le tipiche costruzioni civili/industriali. Stessa considerazione va fatta per la colonna, la quale si deforma con un massimo di 1/100 anziché 1/150. Tali assunzioni sono stata fatte poiché la normativa non specifica dei limiti per strutture del tipo analizzato nella relazione, ed è stato quindi valutato dallo scrivente un valore di massimo spostamento raggiungibile. Bisogna aspettarsi che la struttura, così come composta, in condizioni di carico esterne di progetto, possa raggiungere deformate dell'ordine di 8-9 cm, che sono maggiori di quelle indicate dalla normativa per strutture civili "standard". Ciò nonostante, la verifica a flessione della sezione più sollecitata della trave (a metà campata) risulta comunque soddisfatta con valori di sforzo che rimangono ampiamente all'interno del campo elastico. Ciò fa sì che una volta scaricata la trave da tale combinazione di carico, il sistema si riporti nel sistema iniziale senza deformazioni permanenti. Anche in fase di esercizio, non ci sono problemi per il funzionamento dell'impianto dato dalla deformabilità della trave in quanto:

1. Il pannello è collegato alla trave mediante una struttura secondaria composta da profili omega; quindi, in caso di inflessione della trave la struttura secondarie segue l'andamento della trave senza una deformazione dei pannelli. Il problema si avrebbe superato i 40 Kg/mq (carico esterno) previsti dal sensore che attiva il meccanismo di rotazione, per cui la trave arriverebbe a snervamento e il sistema verrebbe compromesso.
2. Anche in caso di malfunzionamento del meccanismo di rotazione, il primo elemento a raggiungere lo snervamento non sarebbe comunque la trave, ma la vite che collega pali e travi. Questo vuol dire che in caso di malfunzionamento

il pistone si sgancia dai braccetti e per la geometria dell'impianto, per mantenere l'equilibrio, i pannelli ruotano in automatico scaricandosi senza bisogno di alcuna forza esterna.

3. La deformata reale è leggermente inferiore a quella prevista dal calcolo in cui è stata considerata la trave in semplice appoggio. Nella situazione reale la trave ha un comportamento intermedio tra una trave in semplice appoggio e una trave incastrata e dunque minori deformazioni.

Tenendo conto che le travi sono in S235 ($f_{yk} = 235 \text{ MPa}$ $\sigma_{amm} = 160 \text{ MPa}$), si può calcolare in modo semplice il valore limite di pressione per avere un sistema lontano dallo snervamento (tensioni ammissibili):

$$\sigma = \frac{M}{w_{el}} \quad M = \sigma * w_{el} = 160 * \frac{62,13}{1000} = 10,1 \text{ KNm}$$

$$M = \frac{PL^2}{10} \quad P = \frac{10M}{L^2} = \frac{10 * 10,1}{8,57^2} = 1,38 \frac{KN}{m} \quad q = \frac{p}{\text{lunghezza pannello}} = \frac{1,38}{2,3} = 60 \text{ Kg/mq}$$

Come si può vedere il valore di 50 Kg/mq è al limite delle tensioni ammissibili; quindi, la trave risulta in campo elastico.

Brescia, aprile 2026

Il progettista
Ing. Marco Paterlini

