

**COMUNE DI AVELLINO
PROVINCIA DI AVELLINO**

PROGETTO:

REALIZZAZIONE DI UNA TETTOIA IN FERRO NEL LOTTO
N.93 DEL NUCLEO INDUSTRIALE DI PIANODARDINE

OGGETTO:

RELAZIONE TECNICA GENERALE DI CALCOLO E VERIFICA

UBICAZIONE: AVELLINO – LOC. PIANODARDINE

COMMITTENTE: IRPINIA AMBIENTE S.p.A.

IMPRESA COSTRUTTRICE:

PROGETTISTA DELLE STRUTTURE: DOTT. ING. ANTONIO FASULO

RELAZIONE DI CALCOLO E VERIFICA

SOMMARIO

1 DESCRIZIONE

- 1.1 Normativa di riferimento
- 1.2 Verifiche strutturali secondo NTC 2018/EC3
NOTA SULLA PROGETTAZIONE DI STRUTTURE "NON DISSIPATIVE" (fattore di comportamento $q \leq 1,5$)
NOTA SULLA PROGETTAZIONE DELLE FONDAZIONI
- 1.3 GRUPPI DELLA STRUTTURA

2 AZIONI SULLA STRUTTURA

- 2.1 Peso Proprio
- 2.2 Carichi permanenti portati
- 2.3 Sovraccarichi variabili
- 2.4 Azione del sisma e parametri sismici
- 2.5 Combinazioni di carico

3 NOTE SUL PROGRAMMA DI CALCOLO UTILIZZATO

4 PROGETTAZIONE E VERIFICA DEI COLLEGAMENTI UTILIZZATI E PIU' SOLLECITATI

5 RISULTATI GRAFICI

- Schema statico di calcolo,
- Inviluppi
- Indici di resistenza (I.R.) dei profili in acciaio
- Indici di resistenza (I.R.n) dei profili in acciaio
- Indici di resistenza a taglio dei profili in acciaio
- Indici di Stabilità (I.S) dei profili in acciaio
- Indici di Stabilità (I.S.n) dei profili in acciaio
- Snellezze dei profili in acciaio
- DEFORMAZIONI DELLA STRUTTURA NELLE COMBINAZIONI ALLO SLE
- ELEMENTI STRUTTURALI (TRAVI) SOGGETTI ALL'AZIONE DEI CARICHI E SOVRACCARICHI VERTICALI DI PROGETTO DEL TIPO UNIFORMEMENTE DISTRIBUITO (daN/cm^q)
- ELEMENTI STRUTTURALI (PLATEA DI COLLEGAMENTO) SOGGETTI ALL'AZIONE DEI CARICHI E SOVRACCARICHI VERTICALI DI PROGETTO DEL TIPO UNIFORMEMENTE DISTRIBUITO (daN/cm)
- SOLLECITAZIONI NELLE ASTE (INVILUPPI)

6 VERIFICA E VALUTAZIONE DI SICUREZZA DEGLI ELEMENTI

7 VALUTAZIONE DEI RISULTATI E GIUDIZIO MOTIVATO SULLA LORO ACCETTABILITA'

8 CONCLUSIONI

9 ATTESTATO DI AFFIDABILITA' DEL CODICE DI CALCOLO DI "MASTERSAP-AMV"

1 DESCRIZIONE

La seguente relazione ha per oggetto il calcolo e la verifica secondo il **D.M. 17/01/2018** – AGGIORNAMENTO DELLE <<NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI>> (NTC 2018) delle strutture metalliche e delle relative fondazioni in c.a. di una tettoia da destinare a deposito di rifiuti solidi urbani e da realizzarsi nel Comune di Avellino – loc. Pianodardine – proprietà: IRPINIA AMBINETE S.p.A. L'opera in oggetto è costituita da un locale a pianta rettangolare di dimensioni 46 m x 12 m; la struttura è a falda unica inclinata di circa 6° sull'orizzontale. L'altezza massima (lato anteriore) è di circa 8,5 m. dalla quota "0" di riferimento, quella minima (alla gronda – lato posteriore) è 7,90 m. Essa è costituita da 14 colonne (di cui 5 sul lato anteriore e 9 su quello posteriore) e da 5 telai portanti i cui interassi (dal lato anteriore) sono tutti diversi e precisamente pari a: 6,5 m; 10 m; 17,5 m; 12 m. Posteriormente si hanno 9 colonne i cui interassi sono: 6,5 m; 5 m; 5 m; 5,8 m; 5,9 m; 6 m; 6 m. Lateralmente le colonne sono poste a un interasse di 12 m. La struttura di copertura sarà costituita da arcarecci, ricavati da profili in lamiera presso-piegata da 3 mm, di dimensioni nominali C 140x100x30x3 fissati ai correnti superiori (ottenuti da profili IPE160) delle 9 travi reticolari di falda; queste ultime sono poste agli stessi interassi delle colonne posteriori e 4 di esse, dalla parte anteriore della tettoia, non sono sostenute da elementi verticali, ma da travi reticolari fissate alle 5 colonne, poste su quel lato, mediante giunti bullonati a flangia (le flange di fissaggio, sia quelle saldate alle travi reticolari che quelle saldate alle colonne anteriori, sono costituite da lamiera di spessore pari a 10 mm) impiegando bulloni M16 A.R. cl. 8.8. Le travi reticolari di falda (costituite dal corrente superiore in IPE160, dal corrente inferiore in UPN140 e da aste e diagonali ricavate da profili tubolari 60x60x3) verranno collegate sia alle colonne che alle travi reticolari anteriori, mediante giunti a flangia della stessa tipologia adottata per il fissaggio delle travi reticolari anteriori alle colonne; i collegamenti bullonati descritti sono assimilabili a incastri.

In accordo a quanto riportato nella relazione geologica, si realizzerà una fondazione di tipo "superficiale" e costituita da plinti tutti collegati tra loro da una piastra in c.a. dello spessore di 20 cm. Le 14 colonne verranno innestate sui rispettivi plinti mediante piastre di base e tirafondi. Sono stati previsti elementi di controvento verticali del tipo a "K" (elementi in doppio UPN180) sia anteriormente che posteriormente; non si è ritenuto opportuno adottare controventi di falda per i seguenti motivi:

- a) le giunzioni trave/colonna sono del tipo rigido (unione ad attrito) con il piede delle colonne considerato incastro;
- b) in direzione longitudinale, in copertura, le connessioni trave-trave (arcareccio su trave) sono di tipo semirigido;
- c) in direzione trasversale (lungo la inclinazione della falda) agisce il comportamento membranale, non trascurabile, dei pannelli sandwich di copertura.

Per quanto riguarda la qualità dell'acciaio da carpenteria, per l'opera in oggetto si adopereranno profili a caldo in acciaio S275JR, mentre gli arcarecci saranno in acciaio da carpenteria S235JR; i diversi componenti strutturali verranno montati in opera e assemblati mediante bulloni che saranno del tipo M16 (se non diversamente indicato) di classe 8.8 ad Alta Resistenza. La struttura è aperta perimetralmente per cui, ai fini del calcolo dall'azione del vento, essa viene considerata come "struttura non stagna".

Il calcolo e le verifiche degli elementi strutturali d'acciaio in elevazione e quelli in c.a. di fondazione, è stato eseguito in campo elastico considerando la struttura "non dissipativa" con un fattore di comportamento $q=1,5$ di conseguenza non è stata applicata la "gerarchia delle resistenze".

E' stata eseguita un'analisi sismica statica equivalente dato che la struttura non è molto alta e che le dimensioni in pianta sono di gran lunga superiori a quelle in elevazione (in pratica, in caso di sisma, essa si muoverà insieme al suolo).

La seguente verifica riguarda il dimensionamento dei profili metallici utilizzati per la realizzazione dell'opera in oggetto, dei loro collegamenti e delle strutture in c.a. in fondazione.

NOTA SULLA PROGETTAZIONE DI STRUTTURE “NON DISSIPATIVE” (fattore di comportamento $q \leq 1,5$)

Le NTC2018 consentono di progettare le costruzioni adottando un comportamento strutturale dissipativo oppure non dissipativo. Sebbene in generale la progettazione a comportamento dissipativo (con la conseguente progettazione in capacità) sia la scelta consigliata, il progettista può a sua discrezione, anche, optare per il comportamento non dissipativo.

La norma stabilisce alcuni principi generali al §7.2.2; in Tab.7.3.1 indica i limiti per il valore dei fattori di comportamento q sia nel caso dissipativo che non dissipativo. In particolare in quest'ultimo caso si legge:

Per comportamento strutturale non dissipativo, nella valutazione della domanda tutte le membrature e i collegamenti rimangono in campo elastico o sostanzialmente elastico; la domanda derivante dall'azione sismica e dalle altre azioni è calcolata, in funzione dello stato limite cui ci si riferisce, ma indipendentemente dalla tipologia strutturale e senza tener conto delle non linearità di materiale, attraverso un modello elastico (v. § 7.2.6)

Al §7.3.1 si precisa che il fattore q_{ND} per comportamento non dissipativo valgono le seguenti disuguaglianze:

$$1 \leq q_{ND} = \frac{2}{3} q_{CD} "B" \leq 1,5$$

In [MasterSap](#), l'utente deve optare per il comportamento strutturale già all'atto della definizione del progetto. Ovviamente si può successivamente modificare, in qualunque momento, le scelte iniziali, che consentono, però, a MasterSap di esercitare tutti i possibili controlli di merito. Ad esempio (ma è il caso più banale) MasterSap rifiuterebbe un valore di $q > 1.5$ se si opta per comportamento “non dissipativo”.

Nel caso delle strutture in acciaio la scelta del comportamento non dissipativo è sempre stata ampiamente utilizzata anche con le precedenti NTC2008 (ma con $q=1$ o spettro elastico); è noto infatti che spesso per le strutture in acciaio più dell'azione sismica risultano dimensionanti le azioni orizzontali dovute al vento, oppure quelle verticali attribuite alla neve.

Con le NTC2018 (§7.5), essendo ammesso utilizzare un fattore di struttura più elevato (comunemente $q=1.5$), diventa ancora più vantaggioso optare per la scelta “non dissipativa”. In questo caso, come nel passato, il dimensionamento deve seguire le sole indicazioni del capitolo 4. La scelta che si fa di considerare la struttura come “non dissipativa” comporta la non obbligatorietà di osservare le regole della “progettazione in capacità” e, quindi, la conseguente non applicazione della “gerarchia delle resistenze”.

NOTA SUL PROGETTO DELLE FONDAZIONI

Le NTC 2018, al paragrafo 7.2.5 recitano: “Le fondazioni superficiali (platea, plinti e travi) devono essere progettate per le azioni definite al precedente capoverso, assumendo un comportamento non dissipativo; non sono quindi necessarie armature specifiche per ottenere un comportamento duttile. Le travi di fondazione in c.a. devono avere, per l'intera lunghezza, armature longitudinali in percentuale non inferiore allo 0,2% dell'area della sezione trasversale della trave, sia inferiormente che superiormente. Pertanto le strutture in fondazione verranno progettate secondo quanto qui riportato.

1.1 Normativa di riferimento

L'opera sarà progettata tenendo conto della seguente normativa di riferimento:

- **Legge n. 64 del 02.02.1974** - “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- **Legge n. 1086 del 05.11.1971** - “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- **D.M. dell'11.03.1988** - “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- **D.M. del 14.06.1989** – “Prescrizioni tecniche necessarie a garantire l'accessibilità e la visibilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica sovvenzionata agevolata, ai fini del superamento e dell'eliminazione delle barriere architettoniche”.

- **D.M. del 09.01.1996** - “Norme Tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle strutture in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche”.
- **D.M. del 16.01.1996** - “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”.
- **D.M. del 16.01.1996** - “Norme tecniche relative ai *Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi*”.
- **Circolare del Min. LL..PP. n° 156AA.GG./STC del 04.07.1996** - “Istruzioni per l’applicazione delle Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi di cui al D.M. 16.01.1996.
- **Circolare del Min. LL..PP. n° 252 del 15.10.1996** - “Istruzioni per l’applicazione delle Norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche di cui al D.M. 09.01.1996”.
- **Circolare del Min. LL..PP. n° 65/AA.GG. del 10.04.1997** - “Istruzioni per l’applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. del 16.01.1996”.
- **C.N.R. - U.N.I. 10011-86** - “Analisi di strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo”.
- **C.N.R. - U.N.I. 10011-88** - “Costruzioni di acciaio: istruzioni per il calcolo, l’esecuzione, il collaudo e la manutenzione”.
- **Norma tecnica UNI EN 10025/95** - “Prodotti laminati a caldo di acciai non legati per impieghi strutturali”.
- **Norma europea UNI EN ISO 1461/99** - “Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio”.
- **OPCM N.3274 DEL 20/03/2003** - “ Primi elementi in materia dei criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normativa tecnica per la costruzione in zone sismiche”;
- **D.M. DEL 14/01/2008** - “ NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI” (NTC 14/01/2008);
- **D.M. 17/01/2018** – AGGIORNAMENTO DELLE <<NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI>> (NTC 2018):
- **EUROCODICE 8** - “INDICAZIONI PROGETTUALI PER LA RESISTENZA SISMICA DELLE STRUTTURE”;
- **EUROCODICE 3** - “PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE IN ACCIAIO”.

1.2 Verifiche strutturali secondo il DM 17/01/2018 – EC3.

- Verifiche agli stati limite ultimi

La resistenza di calcolo delle membrature è data dalla formula:

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_M}$$

Dove R_k è il valore della resistenza della membratura

γ_M fattore parziale globale che si ricava da tabella seguente

Coefficienti di sicurezza per la resistenza delle membrature e la stabilità (Tab. 4.2 VII NTC 2018)

Resistenza delle sezioni di classe 1-2-3-4	$\gamma_{M0} = 1,05$
Resistenza all’instabilità delle membrature	$\gamma_{M1} = 1,05$
Resistenza all’instabilità delle membrature di ponti stradali e ferroviari	$\gamma_{M0} = 1,10$
Resistenza nei riguardi della frattura delle sezioni tese	$\gamma_{M2} = 1,25$

Per la resistenza delle membrature è ammessa l'analisi elastica per tutti i tipi di sezioni e per gli stati di sforzo piani delle travi che si esegue applicando il seguente criterio:

$$\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{z,Ed} \sigma_{x,Ed} + 3\tau_{Ed}^2 \leq \left(\frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} \right)^2$$

dove :

$\sigma_{x,Ed}$ valore di calcolo della tensione normale nel punto in esame, agente in direzione parallela all'asse della membratura;

$\sigma_{z,Ed}$ valore di calcolo della tensione normale nel punto in esame, agente in direzione ortogonale all'asse della membrature

τ_{Ed} valore di calcolo della tensione tangenziale nel punto in esame, agente nel piano della sezione della membratura.

Nel caso di sollecitazione di trazione, l'azione assiale di calcolo N_{Ed} deve rispettare la seguente condizione:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} < 1$$

dove $N_{c,Rd}$ è la resistenza di calcolo a trazione di membrature con sezioni indebolite dai fori per i collegamenti, dovrà assumere il più piccolo dei seguenti valori:

$$N_{pl,Rd} = A_{fyk} / \gamma_{M0} \quad \text{resistenza plastica di progetto}$$

$$N_{u,Rd} = 0.9 A_{net} f_{tk} / \gamma_{M2} \quad \text{resistenza a rottura di progetto}$$

In caso di azioni sismiche, applicando il principio di gerarchia delle resistenze, dovrà risultare:

$$N_{pl,Rd} \leq N_{u,Rd}$$

Nel caso di sollecitazione di compressione, la forza di compressione di calcolo N_{Ed} deve rispettare la seguente condizione:

$$\frac{N_{Ed}}{N} \leq 1$$

dove $N_{c,Rd}$ vale:

$$N_{c,Rd} = A_{fyk} / \gamma_{M0} \quad \text{per le sezioni di classe 1, 2 e 3;}$$

$$N_{c,Rd} = A_{eff} / \gamma_{M0} \quad \text{per le sezioni di classe 4}$$

Per sollecitazioni di flessione monoassiale, il momento flettente M_{Ed} rispetterà la seguente condizione:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} < 1$$

essendo $M_{c,Rd}$ la resistenza di calcolo a flessione retta della sezione considerata.

La resistenza di calcolo a flessione retta della sezione vale:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl} f_{yk} / \gamma_{M0} \quad \text{per le sezioni di classe 1 e 2}$$

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = W_{el,min} f_{yk} / \gamma_{M0} \quad \text{per le sezioni di classe 3}$$

$$M_{c,Rd} = W_{eff,min} f_{yk} / \gamma_{M0} \quad \text{per le sezioni di classe 4}$$

dove :

W_{pl} = modulo di resistenza plastico della sezione;

$W_{el,min}$ = modulo di resistenza elastico minimo per sezioni di classe 3;

$W_{eff,min}$ = modulo elastico efficace per sezioni di classe 4.

- Verifiche agli stati limite di esercizio

Per le strutture in acciaio gli stati limite di esercizio riguardano essenzialmente :

- a) Spostamenti verticali,
- b) Spostamenti laterali.

Gli altri SLE sono: *stato limite di deformazione delle anime, stato limite di vibrazioni, stato limite di plasticizzazioni locali, scorrimento dei collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza.*

Si riportano di seguito le tabelle relative ai limiti di deformabilità verticale e orizzontali per le costruzioni.

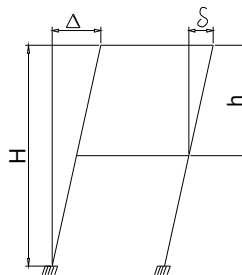
NOTA: δ_{max} = spostamento allo stato finale; δ_2 = spostamento elastico dovuto ai carichi variabili,
L= lunghezza dell'elemento strutturale.

Limiti di deformabilità per elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie

ELEMENTI STRUTTURALI	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{max}}{L}$	$\frac{\delta_2}{L}$
Coperture in generale	1/200	1/250
Coperture praticabili	1/250	1/300
Solai in genere	1/250	1/300
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	1/250	1/350
Solai che supportano colonne	1/400	1/500
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	1/250	

Limiti di deformabilità per costruzioni ordinarie soggette ad azioni orizzontali

Tipologia dell'edificio	Limiti superiori per gli spostamenti orizzontali	
	$\frac{\delta}{h}$	$\frac{\Delta}{H}$
Edifici industriali monopiano senza carroponte	1/150	
Altri edifici monopiano	1/300	
Edifici multipiano	1/300	1/500

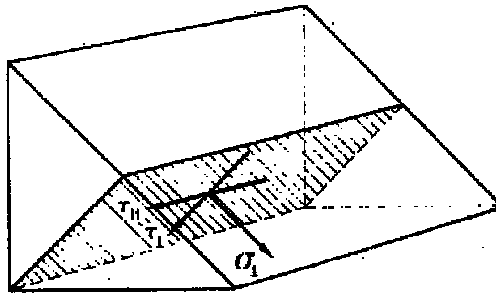


- Verifiche unioni

- i) Unioni saldate

Considerando la sezione di gola nella sua effettiva posizione, la condizione di resistenza è:

$$\sqrt{\sigma^2 + 3(\tau_{//}^2 + \tau^2)} = \frac{f_{tk}}{\beta_{YM2}}$$



Stato tensionale nella sezione di gola

Dove : f_{tk} è la resistenza caratteristica a rottura del più debole degli elementi collegati,

$\beta=0,80$ per acciaio S235

$\beta=0,85$ per acciaio S275

$\beta=0,90$ per acciaio S355

$\beta=1,0$ per acciaio S420 e 460

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

In alternativa può utilizzarsi il metodo semplificato:

$$\frac{F_{W,Ed}}{F_{W,Rd}} \leq 1$$

dove $F_{W,Ed}$ è la forza di calcolo che sollecita il cordone d'angolo per unità di lunghezza

$F_{W,Rd}$ è la resistenza di calcolo del cordone d'angolo per unità di lunghezza ed è dato da:

$$F_{W,Rd} = \frac{af_{tk}}{\sqrt{3}\beta\gamma_{M2}}$$

essendo "a" l'altezza di gola del cordone d'angolo di saldatura.

Considerando la sezione di gola in posizione ribaltata, indicandoci con n e con t la tensione normale e quella tangenziale perpendicolari all'asse del cordone, deve risultare:

$$\sqrt{n^2 + t^2 + \tau_{//}^2} \leq \beta_1 f_{yk}$$

$$|n| \leq \beta_2 f_{yk}$$

Dove:

f_{yk} = resistenza di snervamento caratteristica

$\beta = 0,85$ per acciaio S235

$\beta = 0,70$ per acciaio S275 e S355

$\beta = 0,62$ per acciaio S420 e 460

$\beta_2 = 1,0$ per acciaio S235

$\beta_2 = 0,85$ per acciaio S275 e S355

$\beta_2 = 0,75$ per acciaio S420 e 460

Secondo l'Eurocodice 3 deve ancora risultare:

$$\frac{F_{W,Ed}}{F_{W,Rd}} \leq 1$$

Ma l'espressione di $F_{W,Rd}$ è data da:

$$F_{W,Rd} = \frac{af_u}{\sqrt{3}\beta_w\gamma_{Mw}}$$

essendo :

"a" l'altezza di gola del cordone di saldatura,

$$\gamma_{MW} = 1,25,$$

$$\beta_W = 0,8 \text{ per acciaio S235,}$$

$$\beta_W = 0,85 \text{ per acciaio S275,}$$

$$\beta_W = 0,90 \text{ per acciaio S355,}$$

f_u = resistenza nominale a rottura.

Se si considera la sezione di gola nella sua effettiva posizione, la verifica è data da:

$$\sqrt{\sigma^2 + 3(\tau_{//}^2 + \tau^2)} = \frac{f_u}{\beta \gamma_{MW}}$$

con $\sigma \leq \frac{f_u}{\gamma_{MW}}$.

ii) Unioni bullonate

- Resistenza di calcolo a taglio

Per tutte la classi di resistenza si ha:

$$F_{V,Rd} = 0,6 f_{tb} A / \gamma_{M2}$$

A = area nominale del gambo della vite,

f_{tb} = resistenza a rottura del materiale della vite,

$\gamma_{M2} = 1,25$ (coefficiente parziale di sicurezza).

- Resistenza di calcolo a trazione

$$F_{t,Rd} = 0,9 f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2}$$

A_{res} = area resistente della vite,

f_{tb} = resistenza a rottura del materiale

$\gamma_{M2} = 1,25$ (coefficiente parziale di sicurezza).

- Azione combinata di taglio e trazione

$$\frac{F_{V,Ed}}{F_{V,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} \leq 1 \quad ; \quad \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1$$

dove $F_{V,Ed}$ e $F_{t,Ed}$ sono rispettivamente le sollecitazioni di taglio e di trazione agenti sul giunto.

In pratica fino a che il taglio è inferiore ai 2/7 della resistenza a taglio, la resistenza a trazione non viene influenzata. Solo quando la sollecitazione di taglio supera i 2/7 della corrispondente resistenza si comincia ad avere una diminuzione della resistenza a trazione:

$$F \leq \frac{7}{7} F_{V,Rd}$$

- Resistenza di calcolo a rifollamento

$$F_{b,Rd} = k \alpha f_{tk} d t / \gamma_{M2}$$

t = spessore lamiera

f_{tk} = tensione di rottura dell'acciaio della lamiera

d_{vn} = diametro nominale gambo bullone

d_0 = diametro del foro

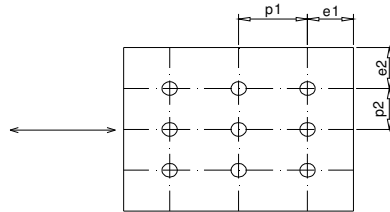
$$\alpha = \min \{ e_1 / (3 d_0) ; f_{tb} / f_{tk} ; 1 \}$$

$$\alpha = \min \{ p_1 / (3 d_0) - 0,25 ; f_{tb} / f_{tk} ; 1 \}$$

$$k = \min \{ 2,8 e_2 / d_0 - 1,7 ; 2,5 \}$$

$$k = \min \{ 1,4 p_2 / d_0 - 1,7 ; 2,5 \}$$

Schema della flangia forata per l'unione bullonata



- Resistenza di calcolo ad attrito

$$F_{S,Rd} = n\mu F_{p,c} / \gamma_{M3}$$

n = numero delle superfici di attrito,

$\mu = 0,45$ per giunzioni sabbiate al metallo bianco e protette fino al serraggio dei bulloni,

$\mu = 0,30$ in tutti gli altri casi,

$F_{p,c}$ = forza di precarico del bullone,

$\gamma_{M3} = 1,1$ per SLE,

$\gamma_{M3} = 1,25$ per SLU.

Per quanto riguarda la forza di precarico del bullone, essa è data da:

$-0,7f_{tb}A_{res}$ in caso di serraggio controllato

$-0,7f_{tb}A_{res} / \gamma_{M7}$ ($\gamma_{M7} = 1,1$) in caso di serraggio non controllato.

Con bulloni ad alta resistenza precaricati, detta $F_{t,Ed}$ lo sforzo di trazione, la resistenza di calcolo allo scorrimento sarà:

$$F_{S,Rd} = n\mu (F_{p,c} - 0,8F) / \gamma_{M3}$$

La relazione che lega il momento di serraggio dei bulloni e la forza di precarico F è:

$$M = kdF = kd0,7A_{res}f_{tb}$$

Essendo " d " il diametro nominale della vite, A_{res} l'area resistente della vite e f_{tb} la resistenza a rottura del materiale della vite.

GRUPPI DELLA STRUTTURA

Elemento finito: TRAVE

Numero gruppo	Descrizione gruppo		
1	colonne		
2	travi		
3	arcarecci		
4	corrente inf		
5	aste e diagonali		
6	controventi		
7	arcarecci1		
8	aste ret. trasversali		
9	corrente inf. ret. trasversali		

Elemento finito: PIASTRA

Numero gruppo	Descrizione gruppo		
2	plinti		
3	platea collegamento		

Elemento finito: VINCOLO

Numero gruppo	Descrizione gruppo		
1	Vincoli di platea cost. sottofondo = 1		

2 AZIONI SULLA STRUTTURA

Si analizzano adesso le azioni considerate che agiscono sulla struttura.

2.1 Peso proprio

Il peso proprio della struttura, inteso come colonne, travi, controventi, ecc., viene inserito automaticamente nel codice di calcolo.

2.2 Carichi permanenti portati

- Peso lamiera di copertura - 10 Kg/mq

2.3 Sovraccarichi variabili

- Azione termica (ΔT_u per gli edifici) strutture in acciaio non direttamente esposte $\Delta T_u = \pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$
- Neve zona II - 90 Kg/mq
- Vento su falda in pressione - 46 Kg/mq
- Vento su falda in depressione + 46 Kg/mq

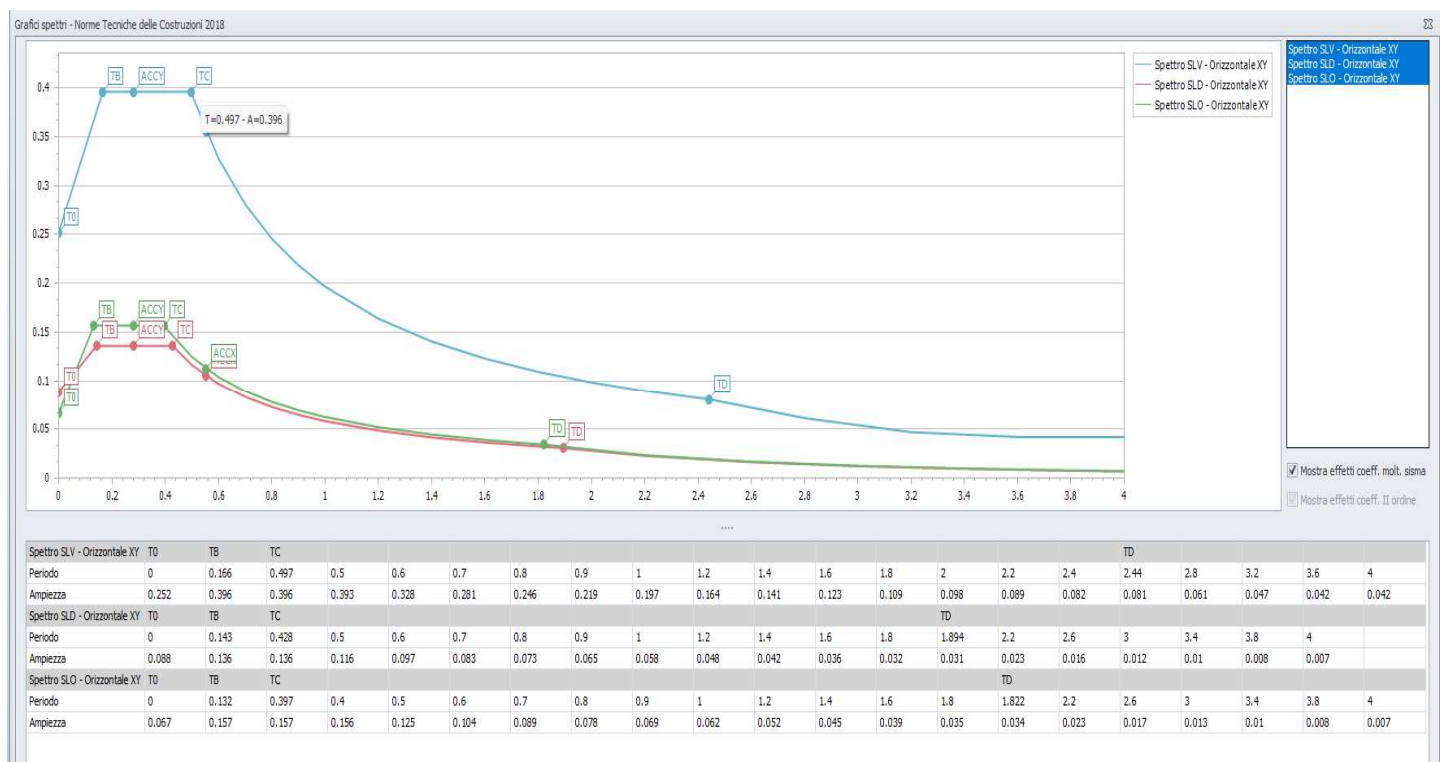
OSSERVAZIONI SULL' AZIONE ESTERNA DI DISTORSIONE TERMICA

Siccome l'intensità delle tensioni indotte negli elementi strutturali per effetto del sisma sono risultate maggiori di quelle indotte dalla variazione termica, nel calcolo non si è tenuto conto di questa condizione di carico.

2.4 Azione del sisma e parametri sismici

Si riportano in seguito i dati riassuntivi dello spettro:

Grafico spettri Norme Tecniche delle Costruzioni 2018



2.5 Combinazioni di carico

Per le verifiche agli stati limite il DM del 14/01/2008, si definiscono le seguenti combinazioni di carico delle azioni che agiscono sulla struttura in esame:

- Combinazione fondamentale per SLU

$$\gamma_{G1}G_1 + \gamma_{G2}G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1}Q_{K1} + \gamma_{Q2}\Psi_{02}Q_{K2} + \gamma_{Q3}\Psi_{03}Q_{K3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica (rara) per SLE

$$G_1 + G_2 + P + Q_{K1} + \Psi_{02}Q_{K2} + \Psi_{03}Q_{K3} + \dots$$

- Combinazione frequente per SLE

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{11}Q_{K1} + \Psi_{22}Q_{K2} + \Psi_{23}Q_{K3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente per SLE

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{21}Q_{K1} + \Psi_{22}Q_{K2} + \Psi_{23}Q_{K3} + \dots$$

- Combinazione sismica per SLU e SLE connessi all'azione sismica E

$$E + G_1 + G_2 + P + \Psi_{21}Q_{K1} + \Psi_{22}Q_{K2} + \Psi_{23}Q_{K3} + \dots$$

- Combinazione eccezionale per SLU e SLE connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \Psi_{21}Q_{K1} + \Psi_{22}Q_{K2} + \dots$$

COEFFICIENTI PARZIALI DELLE AZIONI

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

2.5.3. COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Nelle combinazioni si intende che vengano omissi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

CARATTERIZZAZIONE DELLE AZIONI ELEMENTARI

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

COMBINAZIONI DI CARICO - NORMATIVA: NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018 ITALIA

NORMATIVA: NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018 ITALIA

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	Statica	Azione sismica: Sisma assente Torsione: Assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Neve	Condizione 2	1.500
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.900
2	Sisma 100%+X 30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
3	Sisma 100%+X 30%-Y	Azione sismica: +EX-03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
4	Sisma 100%-X 30%+Y	Azione sismica: -EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
5	Sisma 100%-X 30%-Y	Azione sismica: -EX-03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
6	Sisma 30%+X 100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
7	Sisma 30%+X 100%-Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
8	Sisma 30%-X 100%+Y	Azione sismica: -03EX+EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
9	Sisma 30%-X 100%-Y	Azione sismica: -03EX-EY Torsione: Antioraria	Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
10	Sisma 100%+X 30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione: Oraria	Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
11	Sisma 100%+X 30%-Y	Azione sismica: +EX-03EY Torsione: Oraria	Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
12	Sisma 100%-X 30%+Y	Azione sismica: -EX+03EY Torsione: Oraria	Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
13	Sisma 100%-X 30%-Y	Azione sismica: -EX-03EY Torsione: Oraria	Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
14	Sisma 30%+X 100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione: Oraria	Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
15	Sisma 30%+X 100%-Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione: Oraria	Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
16	Sisma 30%-X 100%+Y	Azione sismica: -03EX+EY Torsione: Oraria	Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
17	Sisma 30%-X 100%-Y	Azione sismica: -03EX-EY Torsione: Oraria	Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
18	Rara con neve e vento in pressione	Tipologia: Rara	Variabile: Vento	Condizione 3	0.600
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	1.000
19	Frequente	Tipologia: Frequente	Variabile: Vento	Condizione 3	0.200
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.200
20	Quasi permanente	Tipologia: Quasi permanente	Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
37	rara assenza di neve e con solo vento in depressione	Tipologia: Rara	Variabile: Vento	Condizione 4	1.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
39	Rara con neve e vento in depressione	Tipologia: Rara	Variabile: Vento	Condizione 4	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 2	1.000
			Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI DANNO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
21	Sisma 100%+X 30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
22	Sisma 100%+X 30%-Y	Azione sismica: +EX-03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
23	Sisma 100%-X 30%+Y	Azione sismica: -EX+03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
24	Sisma 100%-X 30%-Y	Azione sismica: -EX-03EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
25	Sisma 30%+X 100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
26	Sisma 30%+X 100%-Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
27	Sisma 30%-X 100%+Y	Azione sismica: -03EX+EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
28	Sisma 30%-X 100%-Y	Azione sismica: -03EX-EY Torsione: Antioraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
29	Sisma 100%+X 30%+Y	Azione sismica: +EX+03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
30	Sisma 100%+X 30%-Y	Azione sismica: +EX-03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
31	Sisma 100%-X 30%+Y	Azione sismica: -EX+03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
32	Sisma 100%-X 30%-Y	Azione sismica: -EX-03EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
33	Sisma 30%+X 100%+Y	Azione sismica: +03EX+EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
34	Sisma 30%+X 100%-Y	Azione sismica: +03EX-EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
35	Sisma 30%-X 100%+Y	Azione sismica: -03EX+EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000
36	Sisma 30%-X 100%-Y	Azione sismica: -03EX-EY Torsione: Oraria	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
			Variabile: Vento	Condizione 3	0.000

3 NOTE SUL PROGRAMMA DI CALCOLO UTILIZZATO

1) INDIVIDUAZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

Criteria di analisi della sicurezza

La struttura viene verificata secondo quanto prescritto dalle normative in materia. Oltre alla verifica di resistenza e di stabilità, viene effettuata anche la verifica di deformabilità.

Schematizzazione della struttura e dei vincoli

Il calcolo viene eseguito con la struttura spaziale in 3D tenendo conto degli elementi strutturali interagenti fra loro secondo la effettiva realizzazione.

Modellazione della struttura e dei vincoli

La struttura viene schematizzata con un telaio spaziale con solai deformabili.

Schematizzazione delle azioni

Le azioni sulla struttura sono quelle indicate in NTC 2018.

Modellazione dei materiali

Il calcolo viene eseguito considerando il comportamento elastico lineare della struttura.

Modellazione delle azioni

Il calcolo viene eseguito sull'intera struttura.

Le azioni nodali sono le reazioni d'incastro ricavate direttamente dal programma, tenendo conto anche delle azioni dovute alle distorsioni termiche applicate direttamente sui nodi.

L'azione del vento deve essere determinata dall'utente e applicata come carico distribuito sugli elementi portanti della copertura (arcarecci) e sugli elementi portanti verticali (travi e/o colonne perimetrali).

Tipo di analisi

La struttura viene analizzata con un'analisi agli elementi finiti.

E' stata adottata l'analisi sismica statica equivalente, data la modesta altezza della struttura rispetto alle dimensioni in pinata; la verifica delle sezioni viene eseguita con il metodo semiprobabilistico agli stati limite con spettro di risposta elastico ($q=1,5$).

2) DATI DI INPUT E DESCRIZIONE DEL METODO DI CALCOLO

La struttura può essere suddivisa in sottostrutture, chiamate gruppi.

La struttura è individuata da nodi riportati in coordinate.

Ogni nodo possiede sei gradi di libertà, associati alle sei possibili deformazioni. I gradi di libertà possono essere liberi (codice 0), bloccati (1) o soggetti a connessione master slave (>1 , ovvero < 0 se assegnati automaticamente da programma in corrispondenza del nodo baricentrico delle masse di piano).

I materiali sono individuati da un codice specifico e descritti dal modulo di elasticità, dal coefficiente di Poisson, dal peso specifico, dal coefficiente di dilatazione termica.

Le sezioni sono individuate in ogni caso da un codice numerico specifico e dal tipo:

- Rettangolare piena (Rp);
- Rettangolare cava (Rc);
- Circolare piena (Cp);
- Circolare cava (Cc);
- T (T.);
- T rovescia (Tr);
- L (L.);
- C (C.);

- C rovescia (Cr);
- Cassone (Ca);
- Profilo singolo (Ps);
- Profilo doppio (Pd);
- Generica (Ge).

descritti con i relativi parametri identificativi.

I carichi in luce sono individuati da un codice numerico, da un tipo e da una descrizione. Sono previsti carichi distribuiti trapezoidali riferiti agli assi globali (fX, fY, fZ, fV) e locali (fx, fy, fz), forze concentrate riferite agli assi globali (FX, FY, FZ, FV) o locali (Fx, Fy, Fz), momenti concentrati riferiti agli assi locali (Mx, My, Mz), momento torcente distribuito riferito all'asse locale x (mx), carichi termici (tx, ty, tz), descritti con i relativi parametri identificativi, aliquote inerziali comprese, rispetto al riferimento locale. I carichi in luce possono essere attribuiti solo a elementi finiti del tipo trave o trave di fondazione.

I gruppi formati da elementi del tipo asta reticolare riportano, in ordine, il numero dei nodi iniziale, finale e di riferimento, i codici dei materiali e delle sezioni utilizzate, nonché, la temperatura di sollecitazione.

I gruppi formati da elementi del tipo trave riportano, in ordine, i numeri dei nodi iniziale (I), finale (J) e di riferimento (K), la situazione degli svincoli ai nodi I e J (0=connessione rigida, 1=svincolato, da 2 a 9 le situazioni intermedie, con il codice 2 prossimo al valore 0 e 9 al codice 1), i codici dei materiali e delle sezioni, la situazione di carico nelle otto possibili condizioni A, B, C, D, E, F, G, H. Se nel prospetto dei carichi È presente un codice del tipo C**, esso individua il corrispondente codice di carico, se È presente un numero, esso individua il coefficiente moltiplicativo del carico corrispondente.

In caso di analisi sismica con il metodo statico equivalente viene riportato un prospetto riguardante il peso sismico del gruppo, le coordinate baricentriche relative, il coefficiente di distribuzione globale del gruppo funzione della sua quota, il coefficiente globale ricavato dal precedente in base ai parametri sismici, la forza sismica relativa.

I gruppi relativi all'elemento trave di fondazione riportano informazioni analoghe; le condizioni di carico sono limitate a due (A e B); È indicata la caratteristica del suolo, la larghezza di contatto con il terreno e il numero di suddivisioni interne.

I gruppi relativi agli elementi in stato piano di tensione, deformazione, assialsimmetrici e guscio/piastra (elementi bidimensionali) riportano informazioni sui nodi (vertici) dell'elemento, sui materiali, sullo spessore, sui carichi (anche termici, temperatura ed eventualmente gradiente termico), con relativa aliquota dinamica.

Nel caso di vincoli agenti secondo le direzioni globali X Y Z i relativi gruppi riportano per ogni nodo, su due righe distinte (la prima per le traslazioni, la seconda per le rotazioni), le informazioni relative alle deformazioni imposte e alla relativa rigidezza.

Per vincoli agenti secondo qualsiasi direzione vengono riportati anche i nodi di riferimento.

Per i plinti viene riportato il nodo di attacco, il nodo di orientamento, il codice di sezione in pianta, l'altezza e la costante elastica di Winkler del terreno.

Per i gruppi degli elementi finiti asta reticolare e degli elementi bidimensionali viene anche riportato un prospetto relativo alle aliquote dichiarate del peso proprio (nelle tre direzioni globali X Y Z), del carico termico per ciascuna condizione di carico e degli eventuali altri carichi abilitabili.

Per i gruppi di vincoli viene riportato un prospetto riguardante i coefficienti moltiplicatori delle deformazioni imposte per ogni condizione di carico.

Per le combinazioni di carico viene riportato un prospetto delle aliquote di ciascuna delle 8 condizioni di carico, la direzione eventuale del sisma agente, nonché, l'entità dei carichi o delle masse dinamiche nodali assegnati.

Risultati nell'analisi statica o sismica statica equivalente.

I risultati si riferiscono separatamente a ogni combinazione di carico.

Per ogni nodo non bloccato vengono riportati gli spostamenti e le rotazioni, nonché, i valori massimi delle deformazioni.

Per ogni gruppo di aste reticolari viene riportata la tensione e la forza assiale agente.

Per ogni gruppo di travi vengono riportate le sei sollecitazioni ai nodi estremi.

Per ogni gruppo di travi di fondazioni vengono riportate le tre sollecitazioni e le tre deformazioni non nulle, nonché, la pressione sul suolo, per i nodi estremi e intermedi di ciascuna trave.

Per ogni gruppo di elementi in stato piano di tensione vengono riportate le tensioni membranali, le tensioni principali, con relativo angolo di riferimento. Le tensioni in questione possono essere evidenziate al centro e nei punti medi dei lati dell'elemento.

Per ogni gruppo di elementi guscio/piastra vengono riportate, per il centro dell'elemento, le tensioni membranali, i momenti flettenti e torcenti e le tensioni ideali sul lato superiore e inferiore.

Per ogni gruppo di vincoli e plinti vengono riportate le reazioni al nodo soggetto a vincolo.

Risultati dell'analisi dinamica (eventuale)

Per l'analisi dinamica vengono riportate le frequenze proprie di vibrazione, gli autovettori, i coefficienti di partecipazione modale.

Per ogni nodo non bloccato, per ogni direzione del sisma e per ogni frequenza propria di vibrazione, vengono riportate le deformazioni. Viene inoltre evidenziata la radice quadrata della somma dei quadrati delle deformazioni nodali per ogni direzione del sisma.

Per ogni gruppo di aste reticolari, per ogni gruppo di travi e di vincoli vengono riportate le sollecitazioni, con il massimo valore e il modo di vibrazione a cui si verificano, nonché, la radice quadrata della somma dei quadrati dei singoli effetti modali.

Per ogni gruppo di travi di fondazione vengono riportate le sollecitazioni, le deformazioni e la pressione sul suolo ottenute, come al solito, sovrapponendo i singoli effetti modali mediante media quadratica.

Per ogni gruppo di elementi in stato piano di tensione, deformazione e assialsimmetrico vengono riportate le tensioni membranali, con il massimo valore e il modo di vibrazione in cui si verificano, nonché, la radice quadrata della somma dei quadrati dei singoli effetti modali.

Per ogni gruppo guscio/piastra vengono aggiunti anche i momenti flettenti e torcenti.

Un prospetto di stampa apposito riepiloga gli involucri delle deformazioni e delle sollecitazioni. Tali involucri sono riportati per tutti i nodi non bloccati e per i gruppi di elementi finiti, come di consueto, e rispettano le modalità di sovrapposizione indicate in testa al tabulato fra i parametri sismici.

Il postprocessore per la verifica delle sezioni in c.a. riporta per ogni trave (o trave di fondazione) un prospetto relativo al numero di combinazione di carico, all'ascissa in esame, alle sollecitazioni agenti. Le combinazioni ottenute per sovrapposizione degli effetti statici e dinamici (massimo otto) sono indicate con le lettere da A a H.

Per sezioni rettangolari, circolari, a T e L (diritta e rovescia) viene anche indicata l'armatura necessaria sul perimetro della sezione, nonché, le tensioni agenti nei materiali, nel caso di verifica alle t.a., mentre per la verifica allo s.l.u sono indicati gli indici di resistenza a rottura. Per ogni ascissa una riga riassuntiva esprime l'armatura necessaria e sufficiente a coprire tutte le combinazioni di carico.

Nel caso di verifica allo s.l. È anche disponibile la verifica di esercizio, con determinazione dello stato tensionale, deformativo e di fessurazione.

Il postprocessore per la verifica di strutture metalliche del tipo trave riporta le stesse sollecitazioni del modulo per il c.a. Viene effettuata la verifica di resistenza per tutti i tipi di sezione prevista e riportate, separatamente, le tensioni dovute allo sforzo normale, agli effetti flettenti, torcenti e taglianti, nonché, la tensione ideale e il controllo di verifica. Viene anche effettuata la verifica di stabilità per aste pressoinflesse.

Analogamente per aste reticolari viene effettuata la verifica di resistenza e stabilità (con il metodo omega). Vengono analizzate aste semplici e composte, viene riportata la snellezza massima, il relativo omega e il controllo di verifica.

Il postprocessore per la verifica di elementi bidimensionali riporta le sollecitazioni agenti e l'armatura necessaria a sostenerle, disposta secondo le direzioni di riferimento; i risultati ricalcano l'impostazione degli elementi monodimensionali.

A. Elementi

Il programma esegue l'analisi statica e dinamica di strutture generiche disposte nello spazio, considerando il comportamento elastico lineare di un insieme di elementi finiti.

Gli elementi finiti sono del tipo:

- asta reticolare,
- trave,
- vincolo/plinto,
- trave di fondazione,
- elemento in stato piano di tensione,
- elemento in stato piano di deformazione,
- elemento assialsimmetrico,
- guscio/piastra.

Alcuni elementi sono realizzati come combinazione di più elementi singoli, ad esempio per simulare in maniera più immediata l'interazione suolo-struttura.

a) Elemento reticolare

L'elemento reticolare È soggetto a sole deformazioni estensionali e ai corrispondenti sforzi normali. Possono essere applicati carichi termici, carichi ai nodi e il peso proprio.

b) Elemento trave

L'elemento trave è soggetto a tutte le possibili deformazioni nello spazio e alle corrispondenti sei sollecitazioni, determinate ai nodi di estremità. Possono essere applicati carichi, in luce in tutte le direzioni, del tipo distribuito e concentrato (forze e momenti) e carichi termici con effetto estensionale e flettente. L'elemento può essere genericamente svincolato ai nodi di estremità può essere composto con qualsiasi materiale e avere sezione generica. I nodi di estremità dell'elemento trave possono essere definiti applicando regole di connessione rigida, utili anche per modellare piani orizzontali di solaio.

All'elemento trave il programma applica, se previsto, automaticamente i carichi inerziali di tipo sismico previsti dalla vigente normativa per il calcolo statico equivalente.

Possono essere inoltre applicati carichi nodali.

c) Elemento vincolo/plinto

L'elemento vincolo può essere utilizzato per modellare un supporto elastico al nodo, per obbligare la struttura ad avere una deformazione assegnata, per conoscere le reazioni vincolari.

Può essere applicato in tutte le direzioni e avere effetti sulle traslazioni o sulle rotazioni del nodo cui È applicato. E' agevolata l'applicazione di vincoli nelle direzioni degli assi globali X, Y, Z.
Il plinto viene trattato mediante sei vincoli, tre alla traslazione e tre alla rotazione nelle direzioni globali.

d) Elemento trave di fondazione

L'elemento trave di fondazione orizzontale È ottenuto per sovrapposizione dell'elemento trave e del vincolo alla traslazione verticale. Sono bloccati i gradi di libertà alla traslazione orizzontale e alla rotazione intorno all'asse verticale.

Possono essere applicati carichi in luce e carichi nodali.

e) Elemento in stato piano di tensione

L'elemento in stato piano di tensione È caratterizzato da due dimensioni prevalenti sulla terza; non presenta tensioni al di fuori del piano di giacitura ed È soggetto solo a carichi (anche termici) con azione nel piano, oltre al peso proprio. Possiede tre gradi di libertà alla traslazione.

f) Elemento in stato piano di deformazione

L'elemento in stato piano di deformazione giace nel piano YZ; non presenta deformazioni al di fuori del piano di giacitura ed È soggetto solo a carichi (anche termici) con azione nel piano, oltre al peso proprio. Possiede i due gradi di libertà alla traslazione nel piano.

g) Elemento assialsimmetrico

L'elemento assialsimmetrico rappresenta solidi ottenibili per rotazione intorno all'asse Z. Tali solidi possono essere analizzati attraverso una loro sezione verticale, che il programma fissa coincidente con il piano YZ. Non presenta deformazioni al di fuori del piano YZ di giacitura ed È soggetto solo a carichi (anche termici) con azione nel piano, oltre al peso proprio. Possiede i due gradi di libertà alla traslazione nel piano.

h) Elemento guscio/piastra

L'elemento guscio/piastra È un elemento bidimensionale, con due dimensioni prevalenti sulla terza, destinato a rappresentare strutture soggette a carichi ortogonali al piano, termici, oltre al peso proprio e ai carichi nodali. Ha sei gradi di libertà ed È soggetto a tensioni membranali e a momenti flettenti e torcenti di piano.

B. Analisi della struttura

Il calcolo dell'intera struttura può essere eseguito agendo per sottostrutture, in alcuni casi obbligatorie, sempre consigliate.

L'analisi della struttura può essere di tipo statico o dinamico. E' facilitato il calcolo di strutture piane. Per strutture intelaiate è anche attivabile la procedura per il calcolo automatico delle forze sismiche secondo il metodo statico equivalente.

In particolare, ai nodi perimetrali che definiscono ogni elemento finito convergono, sommandosi, le masse specifiche dell'elemento stesso e le masse aggiuntive con cui può essere caricato il nodo.

In ogni caso il programma provvede alla formazione delle matrici di rigidezza e di massa.

Il calcolo delle sollecitazioni determinate applicando il metodo degli elementi finiti viene ampliato da moduli aggiuntivi per il progetto e la verifica di opere in cemento armato e acciaio.

Altri moduli consentono l'input, la visualizzazione, l'interrogazione grafica dei dati di ingresso e dei risultati del calcolo.

C. Analisi statica

L'analisi statica implica la soluzione dell'equazione di equilibrio:

$$K u = R$$

dove K è la matrice di rigidezza, u è il vettore delle deformazioni nodali, R è il vettore dei carichi.

Ogni nodo ha potenzialmente sei gradi di libertà, per cui ad ogni nodo corrispondono, nel caso pi— generale, sei deformazioni incognite.

Note le deformazioni, il programma provvede al calcolo delle sollecitazioni.

La matrice di rigidezza viene formata a blocchi. Il numero delle equazioni per blocco dipende dalle dimensioni della memoria centrale disponibile, mentre il numero massimo di blocchi dipende dalla memoria di massa disponibile.

Il vettore dei carichi R È assemblato assieme alla matrice di rigidezza del sistema.

Per risolvere il sistema simmetrico, definito positivo, di equazioni, il programma applica il metodo di Gauss, impiegando un numero minimo di operazioni, in quanto trascura gli elementi nulli.

Il programma decompone la matrice K nella forma

Le equazioni di equilibrio diventano

$$L T D L u = R$$

e ponendo

$$v = D L u$$

$$L T v = R$$

Il sistema viene quindi risolto per riduzione dei vettori di carico.

Il vettore delle deformazioni u è calcolato per sostituzione all'indietro. Nell'analisi sismica con il metodo statico equivalente le corrispondenti forze inerziali vengono automaticamente aggiunte agli altri carichi eventualmente presenti sulla struttura.

Note le deformazioni vengono calcolate le sollecitazioni.

D. Analisi dinamica

Il programma effettua l'analisi dinamica con il metodo dello spettro di risposta. In questo paragrafo viene sinteticamente illustrata la procedura utilizzata, per altro ampiamente descritta nella letteratura specializzata e in particolare in (1) e (11), a cui si rimanda per gli eventuali approfondimenti.

Il sistema (struttura) da analizzare può essere visto come un oscillatore a n gradi di libertà, di cui vanno innanzitutto individuati i modi propri di vibrazione. Il numero di frequenze da considerare, in base all'attuale normativa italiana, non può essere inferiore a tre per le comuni applicazioni dell'Ingegneria civile, ed È un dato di ingresso che l'utente deve assegnare a MasterSap. In generale si osserva che il numero di modi propri di vibrazione non può superare il numero di gradi di libertà del sistema.

La procedura attua l'analisi dinamica in due fasi distinte: la prima si occupa di calcolare le frequenze proprie di vibrazione, la seconda calcola spostamenti e sollecitazioni conseguenti allo spettro di risposta assegnato in input. Sotto il profilo dei tempi di elaborazione, la fase di calcolo delle frequenze È quella più onerosa: tale fase È stata mantenuta perciò distinta rispetto a quella di calcolo della risposta spettrale e va sempre lanciata per prima; sono previste due specifiche fasi di stampa per tali risultati, una che riguarda le sole frequenze proprie di oscillazione, la seconda che evidenzia anche gli autovettori. Così, una volta individuate le frequenze, se il sistema da risolvere non cambia, l'utente può successivamente procedere alla sola analisi spettrale.

Nell'analisi spettrale il programma utilizza lo spettro di risposta assegnato in input, coerentemente con quanto previsto dalla normativa. Per le direzioni globali X e Y lo spettro È decrescente per periodi superiori a 0.8 secondi. L'eventuale spettro nella direzione globale Z È unitario. L'ampiezza degli spettri di risposta È determinato dai parametri sismici previsti dalla normativa e assegnati in input dall'utente.

La procedura calcola inizialmente i coefficienti di partecipazione modale per ogni direzione del sisma e per ogni frequenza. Tali coefficienti possono essere visti come il contributo dinamico che ogni modo di vibrazione d... nelle direzioni assegnate. Si potrà perciò notare in quale direzione il singolo modo di vibrazione ha effetti predominanti.

Successivamente vengono calcolati, per ogni modo di vibrazione, gli spostamenti e le sollecitazioni relative a ciascuna direzione dinamica attivata, per ogni modo di vibrazione. Per ogni direzione dinamica viene calcolato l'effetto globale, dovuto ai singoli modi di vibrazione, mediante la radice quadrata della somma dei quadrati dei singoli effetti. È prevista una specifica fase di stampa per tali risultati.

L'ultima elaborazione riguarda il calcolo degli effetti complessivi, ottenuti considerando tutte le direzioni dinamiche applicate. Tali risultati (inviluppo) può essere ottenuto, a discrezione dell'utente in tre modi distinti, inclusi quelli suggeriti dalla normativa italiana e dall'Eurocodice 8.

3) MODALITA' DI PRESENTAZIONE

Stampa dei dati di ingresso

La stampa dei dati d'ingresso presenta:

- le coordinate nodali;
- i vincoli dei nodi e delle aste;
- le caratteristiche delle sezioni;
- le caratteristiche delle aste;
- i criteri di progetto;
- le caratteristiche dei materiali;
- le caratteristiche degli eventuali elementi Shell;
- le condizioni di carico;
- i carichi sulle aste, sui nodi e sugli elementi Shell;

- varie rappresentazioni grafiche della struttura (piante, sezioni, prospettive, ecc).

Stampa dei risultati

La stampa dei risultati presenta:

- le combinazioni dei carichi;
- le forze sismiche agenti sulla struttura;
- gli spostamenti d'impalcato, se l'impalcato è rigido;
- gli spostamenti nodali;
- le sollecitazioni sulle membrature per ogni combinazione di carico;
- la sollecitazione sul terreno sotto travi di fondazione o platee;
- deformate;
- diagrammi sollecitazioni;
- verifica di deformazioni per i terremoti di "bassa-media intensità".

Infine viene stampata la verifica delle membrature eseguite con il metodo delle tensioni ammissibili. Successivamente vengono stampati i disegni esecutivi con l'eventuale computo dei materiali.

4) ESAMI DEI RISULTATI E CONTROLLI

Valutazione dell'elaborazione dal punto di vista della corretta descrizione del modello

La valutazione dell'elaborazione è agevolata dal fatto che il programma è completamente grafico. Cioè la struttura calcolata non è quella che appare a filo di ferro, ma è quella 3D con tutti i disassamenti tra travi e pilastri, con eventuali conci rigidi, ecc. Le deformate e i diagrammi delle sollecitazioni oltre al controllo numerico completano la valutazione positiva dell'elaborato.

5) GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI

I risultati sono accettabili in quanto sono stati eseguiti calcoli di larga massima in condizioni limiti entro i quali cadono i valori ottenuti dal calcolo automatico.

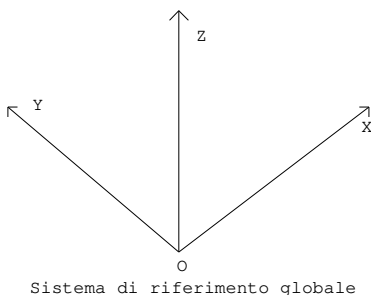
6) UNITA' DI MISURA

Ai fini dell'input e del calcolo basta che le unità di misura costituiscano un sistema coerente (DaN per le forze, m per le lunghezze e conseguentemente per le grandezze derivate); invece ai fini delle verifiche e stampe le unità di misura, quando non diversamente specificato, sono:

Tensioni	daN/cm²
Lunghezze	cm
Momenti	daN x cm
A _r	cm²

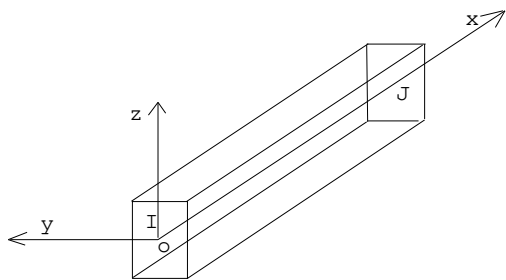
7) SISTEMI DI RIFERIMENTO

Riferimento globale



Il sistema di riferimento globale rispetto al quale va riferita l'intera struttura è una terna di assi cartesiani sinistrorsa OXYZ (X,Y, e Z sono disposti e orientati rispettivamente secondo il pollice, l'indice ed il medio della mano destra, una volta posizionati questi ultimi a 90° tra loro).

Riferimento locale per un'asta

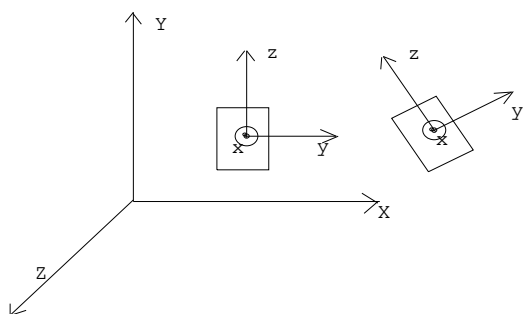


La terna di riferimento locale per un'asta è pure una terna sinistrorsa $O'xyz$ che ha l'asse x orientato dal nodo iniziale I dell'asta verso il nodo finale J e gli assi y e z diretti secondo gli assi geometrici della sezione con l'asse y orizzontale e orientato in modo da portarsi a coincidere con l'asse x a mezzo di una rotazione oraria di 90° e l'asse z di conseguenza.

Per un'asta comunque disposta nello spazio la sua terna locale è orientata in modo tale da portarsi a coincidere con la terna globale a mezzo di rotazioni orarie degli assi locali inferiori a 180° .

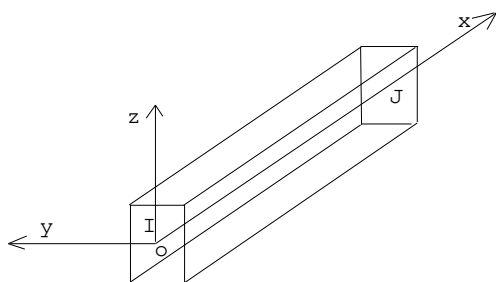
Terne locali per travi e pilastri

Pilastri con rotazione zero



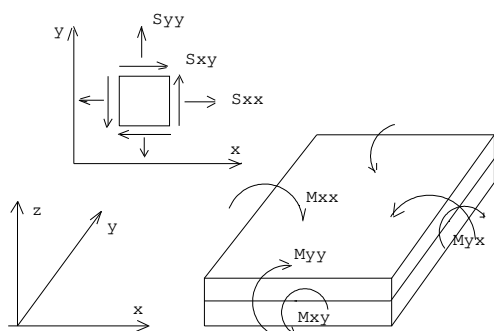
- Asse x diretto secondo l'asse del pilastro e orientato verso l'alto, cioè dal nodo iniziale I al nodo finale J (asse Z globale);
- Asse y diretto e orientato secondo l'asse X globale POSITIVO;
- Asse z ortogonale ai due e orientato in modo da determinare una terna sinistrorsa e in particolare orientato e diretto secondo l'asse Y globale POSITIVO. Come si può notare dalla figura se ruota il pilastro ruota anche la terna locale.

Travi con rotazione zero



- Asse x diretto secondo l'asse della trave e orientato dal nodo iniziale I verso il nodo finale J;
- Asse y orizzontale e orientato in modo da portarsi a coincidere con l'asse x locale con una rotazione oraria di 90° ;
- Asse z di conseguenza.

Riferimento locale per muri o lastre



La terna locale per i MURI o LASTRE è costituita dall'asse x locale che va dal nodo 1 al nodo 2, l'asse y è diretto secondo il piano della parete e orientato in modo da portarsi a coincidere con l'asse x a mezzo di una rotazione oraria di 90° e l'asse z di conseguenza in modo da formare la solita terna sinistrorsa. L'asse z locale rappresenta la normale positiva al muro.

8) CONVENZIONI

Carichi

- Le forze, sia sulle aste che sulle pareti o lastre, sono positive se opposte agli assi locali;
- Le forze nodali sono positive se opposte agli assi globali;
- Le coppie sono positive se **destrorse**.

Sollecitazioni

Esse sono positive se sulla faccia di normale positiva sono rappresentate da vettori equiversi agli assi di riferimento locali; in particolare il vettore momento positivo rappresenta una coppia che ruota come le dita della mano destra che si chiudono quando il pollice è equiverso all'asse locale.

Spostamenti

- Le traslazioni sono positive se concordi con gli assi globali;
- Le rotazioni sono positive se **sinistrorse**.

4 PROGETTAZIONE E VERIFICA DEI COLLEGAMENTI UTILIZZATI PIU' SOLLECITATI (UTILIZZO DEL MODULO "MASTERNODO")

PREMESSA: MODALITA' DI LETTURA DEI RISULTATI RIPORTATI DI SEGUITO E FORNITI DA "MASTERNODO" **(VERIFICA UNIONI DI ELEMENTI IN ACCIAIO)**

1) Nodo cerniera per travi appoggiate

I controlli geometrici eseguiti prima di procedere alla verifica sono:

lo spessore dell'anima della trave principale non deve essere inferiore a quello della trave secondaria;

la squadretta non deve eccedere l'altezza utile delle travi;

l'altezza della trave secondaria non deve eccedere quella utile della trave principale.

In questo caso si segnala che la trave secondaria va soggetta, per ragioni geometriche, a spallatura (scantonatura) e che quindi va abilitata l'apposita opzione.

Se l'utente opera in modalità Interazione può intervenire sui risultati accessibili (ad esempio le quote) e rilanciare il calcolo. In questo caso fra i controlli eseguiti dal programma in fase di modifica segnaliamo:

il numero di bulloni deve essere conforme al tipo di disposizione scelta;

le quote non possono essere modificate in modo da eccedere dai limiti dimensionali imposti dall'utente tramite i relativi coefficienti.

I risultati della verifica sono relativi a:

Numero bulloni lato 1 (attacco trave secondaria) e lato 2 (attacco trave principale), **diametro bulloni, disposizione,**

incremento foro;

dimensione della squadretta in mm (base del lato 1 x base del lato 2 x spessore, altezza), quote della disposizione dei bulloni;

$F_{v,Rd,toi}$: resistenza a taglio dei bulloni sulla trave portata e sulla trave portante con relativo indice di resistenza;

$F_{s,Rd}$: resistenza a scorrimento dei bulloni sulla trave portata e sulla trave portante con relativo indice di resistenza. La verifica è richiesta dalla norma solo per le categorie di connessione a taglio B e C;

$F_{b,Rd}$: resistenza al rifollamento, calcolata sulle squadrette e sulle travi principali e secondarie, con relativo indice di resistenza;

$V_{pl,Rd}$: verifica della sezione lorda, calcolata sulle squadrette delle travi principale e secondaria e sulla trave secondaria, con relativi indici di resistenza;

$V_{pl,Rd}$: verifica della sezione netta, calcolata sulle squadrette delle travi principale e secondaria e sulla trave secondaria, con relativi indici di resistenza;

$F_{v,Rd}$: verifica al Block Shear, calcolata sulle squadrette delle travi principale e secondaria e sulla trave secondaria, con relativi indici di resistenza;

Verifica al momento flettente, calcolata sulle squadrette delle travi principale e secondaria e sulla trave secondaria; sono riportati i soli indici di resistenza.

In presenza di spallatura viene eseguita la verifica di resistenza della trave in corrispondenza della sezione più gravosa, ovvero in corrispondenza della sezione forata più critica e dell'estremità di spallatura (sezione normalmente non forata).

Nel caso più generale i risultati aggiuntivi sono:

verifica a momento della sezione forata (con relativo indice di resistenza);

verifica a momento della sezione non forata (con relativo indice di resistenza);

verifica a taglio della sezione forata (con relativo indice di resistenza).

2) Nodo cerniera per travi continue

I controlli eseguiti sono dal programma per questa tipologia di collegamento sono:

lo spessore dell'anima della trave principale non deve essere inferiore a quello della trave secondaria;

l'altezza della trave secondaria non deve eccedere quella utile della trave principale;

le squadrette non devono eccedere l'altezza utile delle travi;

la larghezza del coprighiunto non deve eccedere la base della trave.

In modalità **Progetto con interazione** la quota F del coprighiunto viene determinata in modo tale che la larghezza del coprighiunto d'ala coincida con la base del profilo.

Una volta eseguito il calcolo, la procedura si predispone per un'eventuale modifica del numero di bulloni e delle relative quote, sia per l'anima che per l'ala, e per l'eventuale ricalcolo.

Il numero di bulloni deve essere conforme al tipo di disposizione scelta. Le quote non possono essere modificate in modo da non rientrare nei limiti dimensionali imposti dall'utente tramite i relativi coefficienti (in questo caso il programma avvisa).

I risultati di una verifica sono:

Dimensione della squadretta in mm (base del lato 1 x base del lato 2 x spessore, altezza) e **quote** della disposizione dei bulloni;

Numero bulloni squadretta sul lato 1 (trave secondaria) e sul lato 2 (trave principale), **diametro bulloni, disposizione, incremento foro;**

$F_{v,Rd,tot}$: resistenza a taglio dei bulloni sulla trave portata e sulla trave portante con relativo indice di resistenza;

$F_{s,Rd}$: resistenza a scorrimento dei bulloni sulla trave portata e sulla trave portante con relativo indice di resistenza.

La verifica è richiesta dalla norma solo per le categorie di connessione a taglio B e C;

$F_{b,Rd}$: resistenza al rifollamento, calcolata sulle squadrette e sulle travi principali e secondarie, con relativo indice di resistenza;

$V_{pl,Rd}$: verifica della sezione lorda, calcolata sulle squadrette delle travi principale e secondaria e sulla trave secondaria, con relativi indici di resistenza;

$V_{pl,Rd}$: verifica della sezione netta, calcolata sulle squadrette delle travi principale e secondaria e sulla trave secondaria, con relativi indici di resistenza;

$F_{v,Rd}$: verifica al Block Shear, calcolata sulle squadrette delle travi principale e secondaria e sulla trave secondaria, con relativi indici di resistenza;

Verifica al momento flettente, calcolata sulle squadrette delle travi principale e secondaria e sulla trave secondaria; sono riportati i soli indici di resistenza;

Dimensione del coprighiunto d'ala in mm (base x altezza x spessore);

Numero bulloni coprighiunto ala, diametro bulloni, disposizione, incremento foro;

$F_{v,Rd}$: resistenza a taglio dei bulloni sul coprighiunto con relativo indice di resistenza;

$F_{s,Rd}$: resistenza a scorrimento dei bulloni sul coprighiunto con relativo indice di resistenza. La verifica è richiesta dalla

norma solo per le categorie di connessione a taglio B e C;

$F_{V,Rd}$: resistenza al rifollamento del coprighiunto e dell'ala della trave con relativi indici di resistenza;

$F_{N,Rd}$: verifica a trazione/compressione della sezione lorda e netta del coprighiunto con relativi indici di resistenza.

3) Coprighiunti bullonati per profili a I e a U (coprighiunti a completo ripristino)

Nei profili a C (UNP e U) viene automaticamente messo in conto il momento torcente associato al taglio e derivante dall'eccentricità fra centro di taglio e baricentro della sezione. Tale momento va ad aggiungersi a quello eventualmente assegnato in input.

Viene verificato che i bulloni e gli attacchi non eccedano le dimensioni utili delle travi; viene anche controllata la condizione:

$$[(Jx)_c]_n \geq [(Jx)_a]_n$$

ovvero che il momento d'inerzia della sezione dei coprighiunti d'anima (depurata dai fori) sia maggiore o uguale a quello dell'anima del profilo, anch'esso depurato dai fori, in modo da garantire la continuità strutturale, solitamente impostata anche nel modello di calcolo. In modalità **Progetto** il programma aumenta automaticamente lo spessore del coprighiunto d'anima, affinché la condizione venga rispettata. In alternativa l'utente può modificare, per evitare spessori eccessivi, le quote per ottenere l'altezza massima possibile del coprighiunto d'anima.

In modalità **Progetto con interazione** la quota F del coprighiunto viene dimensionata in modo tale che la larghezza del coprighiunto coincida con la base del profilo.

Una volta eseguito il calcolo, la procedura si predispone per l'eventuale modifica del numero di bulloni, delle quote e degli spessori dei coprighiunti, sia per l'anima che per l'ala, e per l'eventuale ricalcolo.

Il numero di bulloni deve essere conforme al tipo di disposizione scelta. Le quote non possono essere modificate in modo da non rientrare nei limiti dimensionali imposti dall'utente tramite i relativi coefficienti (in questa eventualità il programma avvisa).

I risultati per una verifica condotta secondo i criteri proposti dall'Eurocodice 3, comprendono:

Dimensione coprighiunto d'anima e quote della disposizione dei bulloni;

Dimensione coprighiunti d'ala esterno ed eventualmente interno, e **quote** della disposizione dei bulloni;

Numero bulloni d'anima, diametro, disposizione, incremento foro del coprighiunto d'anima;

$F_{V,Rd,tot}$: resistenza a taglio dei bulloni e del coprighiunto con relativo indice di resistenza;

$F_{s,Rd}$: resistenza a scorrimento dei bulloni sul coprighiunto con relativo indice di resistenza. La verifica è richiesta dalla norma solo per le categorie di connessione a taglio B e C;

Verifica a momento flettente del coprighiunto d'anima;

$F_{V,Rd}$: resistenza al rifollamento del coprighiunto e dell'anima della trave con relativi indici di resistenza;

$B_{V,Rd}$: verifica al Block Shear, calcolata sul coprighiunto e sull'anima della trave, con relativi indici di resistenza;

$F_{V,Rd}$: verifica a taglio sulla sezione lorda e netta della trave, con relativi indici di resistenza;

Numero bulloni d'ala, diametro, disposizione, incremento foro del coprighiunto d'ala;

$F_{V,Rd}$: resistenza a taglio dei bulloni con relativo indice di resistenza;

$F_{s,Rd}$: resistenza a scorrimento dei bulloni sul coprighiunto con relativo indice di resistenza. La verifica è richiesta dalla norma solo per le categorie di connessione a taglio B e C;

$F_{V,Rd}$: resistenza al rifollamento del coprighiunto e dell'ala della trave con relativi indici di resistenza;

$F_{N,Rd}$: verifica a trazione/compressione della sezione lorda e netta del coprighiunto con relativi indici di resistenza.

4) Nodo incastro – flangia (trave-trave)

Questo tipo di giunto è previsto per profili a I. I controlli geometrici eseguiti sono:

□ la larghezza della flangia non deve essere inferiore alla base della trave.

Il nodo incastro flangiato viene dimensionato seguendo il metodo per componenti illustrato nel capitolo 6 della norma UNI EN 1993-1-8: 2005. A differenza del caso di giunto flangiato trave-colonna, dove i componenti riguardano sia la trave che la colonna, nel giunto flangiato trave- trave (e colonna-colonna) si considerano i soli componenti della trave portata.

I risultati proposti sono:

- dimensioni della flangia e relative quote in mm;
- diametro dei bulloni, incremento foro e classe dei bulloni;
- Resistenza zona a trazione, calcolata secondo il metodo T-stub: per ogni riga di bulloni tesi vengono calcolate le resistenze dell'ala della colonna, della flangia di estremità e dell'anima della colonna; nel caso di più righe di bulloni vengono anche calcolate le resistenze delle medesime componenti considerando il contributo di tutte le righe; per ogni riga di bulloni viene poi calcolata una resistenza efficace;
- Momento resistente: $M_{j,Rd}$, momento resistente del giunto;
- Rigidezza rotazionale: S_j , rigidezza rotazionale del giunto calcolata nei modi previsti dalla norma e quindi ipotizzando un'azione assiale N sollecitante trascurabile;
- Resistenza assiale profilo: $N_{pl,Rd}$, resistenza assiale del profilo; viene utilizzata per determinare il limite al di sotto del quale l'azione assiale N sollecitante è da considerare trascurabile o meno nella verifica a presso-tensoflessione;
- Sforzo normale resistente del giunto: $N_{j,Rd}$, sforzo normale resistente del giunto; calcolata solo in presenza di Sollecitazione N non trascurabile, a compressione coincide con la resistenza assiale del profilo $N_{pl,Rd}$, a trazione alla somma delle resistenze a trazione dei soli bulloni.
- Verifica a presso-tensoflessione del giunto; viene stampato l'indice di resistenza IR a flessione ($MSd/M_{j,Rd}$) per N trascurabile, a presso-tensoflessione ($NSd/ N_{j,Rd} + MSd/M_{j,Rd}$) per N sollecitante ($=NSd$) non trascurabile.

Verifica a taglio del nodo:

- $F_{v,Rd}$: resistenza a taglio dei bulloni;
- $F_{t,Rd}$: resistenza a trazione dei bulloni;
- $F_{b,Rd}$: resistenza a rifollamento della flangia;
- Indice di resistenza taglio del nodo;

Verifica a scorrimento del nodo:

$F_{s,Rd}$, resistenza a scorrimento dei bulloni con relativo indice di resistenza. La verifica è richiesta dalla norma solo per le categorie di connessione a taglio B e C;

Verifica saldatura profilo:

Parametri geometrici relativi alle saldature all'attacco con la flangia, quali lunghezza dei cordoni, altezza di gola, relative tensioni e indice di resistenza; tali valori rispecchiano le modalità di verifica realizzate dalla procedura sulle unioni saldate.

5) Nodo incastro - Flangia, anche con eventuale mensola di rinforzo (semplice o a ginocchio)

Questo tipo di unione riguarda i profili a I (che possono avere anche la mensola di rinforzo).

Per la colonna non è contemplato l'uso di tubi (sezione tipo "Cc"). Viene anche effettuata la verifica di resistenza della trave. A tal fine, nel caso di mensola, vengono ispezionate tutte le sezioni intermedie lungo la mensola stessa. I controlli geometrici eseguiti sono:

la larghezza della flangia non deve essere inferiore alla base della trave.

Il nodo incastro flangiato viene dimensionato seguendo il metodo per componenti illustrato nel capitolo 6 della norma UNI EN 1993-1-8: 2005. I risultati proposti sono:

dimensioni della flangia e relative quote in mm;

diametro dei bulloni, incremento foro e classe dei bulloni;

Resistenza zona a taglio: F_{Rd} , resistenza dell'anima della colonna a taglio;

Resistenza zona a compressione: F_{Rd} , resistenza dell'anima della colonna a compressione;

Resistenza zona a trazione, calcolata secondo il metodo T-stub: per ogni riga di bulloni tesi vengono calcolate le

resistenze dell'ala della colonna, della flangia di estremità e dell'anima della colonna; nel caso di più righe di bulloni vengono anche calcolate le resistenze delle medesime componenti considerando il contributo di tutte le righe; per ogni riga di bulloni viene poi calcolata una resistenza efficace;

Momento resistente: $M_{j,Rd}$, momento resistente del giunto;

Rigidezza rotazionale: S_j , rigidezza rotazionale del giunto calcolata nei modi previsti dalla norma e quindi ipotizzando un'azione assiale N sollecitante trascurabile;

Resistenza assiale profilo: $N_{pl,Rd}$, resistenza assiale del profilo; viene utilizzata per determinare il limite al di sotto del quale l'azione assiale N sollecitante è da considerare trascurabile o meno nella verifica a presso-tensoflessione;

Sforzo normale resistente del giunto: $N_{j,Rd}$, sforzo normale resistente del giunto; calcolata solo in presenza di sollecitazione N non trascurabile, a compressione coincide con la resistenza assiale del profilo $N_{pl,Rd}$, a trazione alla somma delle resistenze a trazione dei soli bulloni.

Verifica a presso-tensoflessione del giunto:

viene stampato l'indice di resistenza IR a flessione ($M_{Sd}/M_{j,Rd}$) per N trascurabile, a presso-tensoflessione ($N_{Sd}/N_{j,Rd} + M_{Sd}/M_{j,Rd}$) per N sollecitante ($=N_{Sd}$) non trascurabile.

Verifica a taglio del nodo:

$F_{v,Rd}$: resistenza a taglio dei bulloni;

$F_{t,Rd}$: resistenza a trazione dei bulloni;

$F_{b,Rd}$: resistenza a rifollamento della flangia;

Indice di resistenza taglio del nodo:

Verifica a scorrimento del nodo: $F_{s,Rd}$, resistenza a scorrimento dei bulloni con relativo indice di resistenza. La verifica è richiesta dalla norma solo per le categorie di connessione a taglio B e C;

Verifica saldatura profilo: Parametri geometrici relativi alle saldature all'attacco con la flangia, quali **lunghezza dei cordoni, altezza di gola, relative tensioni e indice di resistenza**; tali valori rispecchiano le modalità di verifica realizzate dalla procedura sulle unioni saldate.

6) Unione colonna-trave (incastro)

I risultati delle verifiche sono analoghi a quella descritta al punto precedente con la differenza che la flangia è in testa alla colonna e quindi si collega all'ala della trave.

7) Unione colonna-colonna con bullonatura

Per le due possibilità previste (collegamento mediante coprigiunti o tramite flangia) si può far riferimento a quanto descritto al punto 4) relativamente ai collegamenti fra travi

8) Unione colonna fondazione (piastra di base)

Il calcolo prevede i seguenti risultati:

Dimensione piastra di base in mm, tipologia piastra, quote dei tirafondi;

Verifica del calcestruzzo, dove viene calcolata la resistenza di contatto f_j come dalle prescrizioni dell'Appendice L dell'Eurocodice 3, e viene stampato l'indice di resistenza;

Verifica della piastra con relativo indice di resistenza;

Per il tirafondo in aderenza (eventuale): **diametro, lunghezza di aderenza** (in mm), $F_{vb,Rd}$ resistenza a taglio del tirafondo), $F_{t,Rd}$ (resistenza a trazione del tirafondo) e indice di resistenza;

Per il tirafondo a rosetta (eventuale): **diametro** del tirafondo, **diametro e spessore della rosetta** (in mm),

$F_{vb,Rd}$ (resistenza a taglio del tirafondo), $F_{t,Rd}$ (resistenza a trazione del tirafondo) e indice di resistenza;

Dimensioni delle nervature di rinforzo (eventuali, superiori e inferiori, quest'ultime dimensionate per assorbire lo sforzo di taglio); per le nervature superiori, dimensionate solo in *Verifica*, viene anche riportata la tensione ideale;

Dimensioni e verifica (con relativo indice di resistenza) **delle saldature** all'attacco della piastra con l'ala e l'anima della colonna, nonché con le eventuali nervature superiori.

9) Nodi di aste reticolari bullonate

In una prima fase viene verificato, come da Eurocodice 3, che l'interasse fra i fori in ciascuna fila e la spaziatura fra file diverse non superi, per elementi compressi, il minimo dei seguenti valori:

- 15 * spessore piastra;
- 200 mm.

Per elementi tesi l'interasse fra i fori nelle file interne può assumere valori doppi rispetto a quelli sopra indicati, purchè l'interasse fra i fori della fila esterna non superi i medesimi valori.

Il calcolo produce i risultati riguardanti:

Numero bulloni; l'espressione, ad esempio, 2 + 2 sta ad indicare che vanno utilizzati 2 bulloni per ciascuna delle due estremità dell'asta;

distanza bordo, interasse bulloni,

spessore fazzoletto, asse di truschino;

$N_{pl,Rd}$: verifica a sforzo normale sulla sezione lorda e netta del profilo con relativi indici di resistenza;

$N_{pl,Rd}$: verifica a sforzo normale sulla sezione netta del fazzoletto con relativo indice di resistenza;

$F_{v,Rd}$: resistenza a taglio dei bulloni con relativo indice di resistenza;

$F_{b,Rd}$: resistenza a rifollamento del fazzoletto e dell'angolare con relativi indici di resistenza.

$F_{s,Rd}$: resistenza a scorrimento dei bulloni con relativo indice di resistenza. La verifica è richiesta dalla norma solo per le categorie di connessione a taglio B e C.

10) Verifica saldatura elemento

La procedura di verifica delle saldature è stata concepita per consentire di eseguire le verifiche delle saldature per tutti i tipi di sezione già contemplati in MasterSap e per tutte le modalità del collegamento, a completa penetrazione o mediante cordone d'angolo.

Occorre specificare la **classe del materiale** del profilo utilizzato.

Va poi dichiarata la **sezione** da saldare. Il programma si posiziona automaticamente sul tipo di sezione relativa all'elemento selezionato, ma l'utente è libero di sceglierne una diversa fra tutte quelle già definite per il progetto in corso. Va indicato il **Tipo saldatura**: per la sezione scelta vanno precisate modalità e parametri di verifica.

Le altezze di gola vengono importate in base agli spessori in gioco, al "coefficiente di controllo per l'altezza di gola" e alla "Tabella di controllo dello spessore di saldatura". Poiché non sono noti gli spessori degli altri elementi coinvolti nella saldatura, qualora questi siano più piccoli, si interviene con un'opportuna riduzione.

La **verifica** attua le disposizioni dell'Eurocodice 3 (EN 1993-1-8:2005, par 4).

E' possibile scegliere per quali **Combinazione di carico** operare le verifiche. Il programma automaticamente si predisponde per verificare tutte, ma si è liberi di sceglierne una in particolare, escludendo dalla verifica tutte le altre

In questo caso si può anche modificare a piacere i valori proposti in automatico dal programma. Le convenzioni sulle sollecitazioni e sui segni sono quelle convenzionali in MasterSap, così come riportate nei tabulati di MasterArm, MasterVer e MasterNodo.

I risultati

Nel caso di completa penetrazione, che tende a ripristinare la sezione originaria, vengono attuate le stesse modalità di verifica di MasterVer, eventualmente su una sezione parziale qualora la saldatura non riguardi l'intera sezione.

Questa tensione ideale viene poi confrontata con la resistenza di progetto a taglio ($f_{vw,d}$). Il rapporto fra la tensione ideale e la resistenza di progetto a taglio dà luogo ad un indice di resistenza. Indici di resistenza superiori ad 1 provocano la segnalazione "NON VERIFICATA" nella colonna "Nota".

Anche in questo caso viene messo in evidenza il punto in cui è stata riscontrata la tensione ideale peggiore.

Nel caso di saldatura con cordoli d'angolo vengono calcolate le proprietà statiche della sezione e determinate le tensioni nei singoli cordoni. Vengono poi eseguite le due verifiche esplicitate al punto 6 del capitolo 4.5.3.2 della norma UNI EN 1993-1-8, che danno luogo a due indici di resistenza. Nella stampa compare poi il più grande di questi due indici.

Ciò premesso, si procederà alla progettazione ed alla verifica dei seguenti elementi:

4.a Piastra di base delle colonne HEA200 (Nodo incastro)

Colonna: Gruppo = 1 Elemento = 9 Nodo = 57 **HEA 200** S 275 (Fe 430)

Assi locali piastra
 $N = -5316.47$ kg
 $T_y = 533.87$ kg $M_y = 28526.00$ kg*cm
 $T_z = -2162.97$ kg $M_z = -138900.50$ kg*cm

Per le sollecitazioni di ogni c.c. riferirsi ai risultati dell'analisi strutturale.

[Verifica piastra di base] (S 275 (Fe 430), Rck 300)
 520x520x20 Tipologia n. 3 A = 400 B = 400 (mm)

[Verifica cls]
 Verifica cls: I.R. = 0.19
 Verifica piastra: Sigma id = 301.2 kg/cm² I.R. = 0.11

[Verifica tirafondo] (S 275 (Fe 430))
 Numero 6 tirafondi: Diam. tirafondo = 16 (mm)
 Rosetta: Diam. = 35 Spessore = 4 (mm)

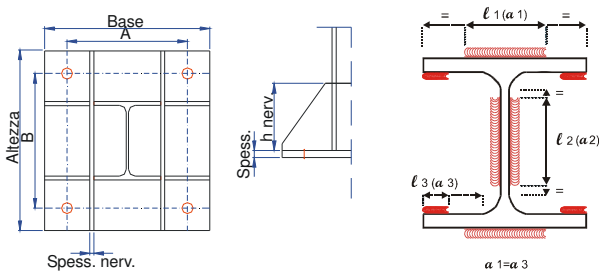
Massime forze trasmesse al singolo tirafondo e relative resistenze:
 $F_{vb,Sd} = 88.98$ kg $F_{tb,Sd} = 815.52$ kg
 $F_{vb,Rd} = 3172.72$ kg $F_{tb,Rd} = 4759.08$ kg I.R. = 0.17

[Verifica nervature]
 Nervature superiori: h=250 sp=10 (mm)
 Sigma = 401.2 kg/cm² I.R. = 0.2

[Verifica saldatura profilo]
 Saldatura a cordone d'angolo (singola sull'ala): verificata
 Lunghezza1: 200 (mm) Altezza di gola1: 5 (mm)
 Lunghezza2: 134 (mm) Altezza di gola2: 5 (mm)
 Sigma perp. = 672.2 kg/cm² Tens par. = 108.1 kg/cm²
 I.R. = 0.28

[Verifica saldatura nervature superiori]
 Alt. gola = 5 (mm) Tens par. = 177.7 kg/cm² Tens perp. = 339.6 kg/cm² I.R. = 0.19

[Resistenza del nodo]
 Modalità di collasso: **nessuna**, situazione più gravosa [saldatura colonna-piastra]



4.b Verifica del collegamento bullonato dell'arcareccio alla trave di falda IPE160 (nodo semirigido)

UNIONI SOLLECITATE A TAGLIO - Forza baricentrica				
	INPUT Definizione dell'azione $V = 80000$ [N]	VERIFICA (NTC 2018 punto 4.2.8.1) Classe acciaio EN10025 - S235 / S235 W Classe bulloni 8,8 Scelta ϕ dei bulloni 16		
	Definizione della geometria dell'unione $d_b = 60,22$ [mm]	Spessori collegati $t_1 = 3$ [mm] $t_2 = 8$ [mm]	Distanze (mm) $e_1 = 40$ $p_1 = 98$ $e_2 = 31$ $p_2 = 70$	
		Unione normale $F_{v,Ed} < F_{v,Rd}$ 20000,00 < 60288,00 Verificato $F_{t,Ed} < F_{t,Rd}$ 20000,00 < 27105,88 Verificato $V_{Ed} < V_{pl,Rd}$ 80000,00 < 108842,56 Verificato	Unione resistente allo scorrimento allo SLU $F_{v,Ed} < F_{v,Rd}$ 20000,00 < 28773,82 Verificato $F_{t,Ed} < F_{t,Rd}$ 20000,00 < 27105,88 Verificato $V < N_{pl,Rd}$ 80000,00 < 150400,00 Verificato	
OUTPUT - Forza agente sui singoli bulloni $F_{b1} = 20000$ [N] Forza agente su ogni singolo bullone dell'unione		Unione resistente allo scorrimento allo SLE $F_{v,Ed} < F_{v,Rd}$ 20000,00 < 32697,52 Verificato $F_{t,Ed} < F_{t,Rd}$ 20000,00 < 60288,00 Verificato $F_{v,Ed} < F_{v,Rd}$ 20000,00 < 27105,88 Verificato		
Torna al Menu Principale		La verifica di un modello di resistenza si considera soddisfatta se tutte le verifiche indicate per tale modello sono soddisfatte		

4.c Verifica del collegamento bullonato a flangia della trave di falda (corrente superiore IPE160) alla colonna (nodo incastro)

Colonna: Gruppo = 1 Elemento = 25 HEA 200
 Trave: Gruppo = 2 Elemento = 66 IPE 160 S 275 (Fe 430)
 N = 968.40 kg T (taglio massimo) = 1291.00 kg Mmax pos. = 14500.00 kg*cm Mmax neg. = -99970.00 kg*cm M torcente = -13.94 kg*cm

Per le sollecitazioni di ogni c.c. riferirsi ai risultati dell'analisi strutturale.

[Verifica flangia] (S 275 (Fe 430))

Flangia tipo 5: 120x220x10 A = 70 B = 80 C = 40 D = 30 E = 0 (mm)

n. 1 file intermedie di bulloni per infittimento

Diam. bulloni M16 Incremento foro: 2.0 (mm) (Classe 8.8)

[Resistenza zona a taglio]

F,Rd = 25039.9 kg (resistenza anima colonna)

[Resistenza zona a compressione]

F,Rd = 20861.9 kg (resistenza anima colonna)

[Resistenza zona a trazione]

[Seconda fila di bulloni]

F,Rd = 13970.3 kg (resistenza ala colonna)

F,Rd = 12577.8 kg (resistenza flangia di estremità)

F,Rd = 17266.9 kg (resistenza anima colonna)

F,t2,Rd,ult = 6998.8 kg (resistenza efficace seconda fila)

[Momento resistente negativo]

Mj,Rd = 146279.8 kg*cm

[Momento resistente positivo]

Mj,Rd = 203988.3 kg*cm

[Rigidità rotazionale (M negativo)] (calcolata per N trascurabile)

S,j = 28070004.0 kg*cm/rad (rigidezza del giunto)

[Rigidità rotazionale (M positivo)] (calcolata per N trascurabile)

S,j = 69043440.0 kg*cm/rad (rigidezza del giunto)

[Resistenza assiale profilo]

Npl,Rd = 53662.4 kg |N| <= 0.05 Npl,Rd (trascurabile)

[Verifica a presso-tensoflessione del giunto]

I.R. = 0.68

[Verifica a taglio del nodo]

F,v,Rd = 6145.6 kg (resistenza dei bulloni a taglio)

F,t,Rd = 9218.3 kg (resistenza dei bulloni a trazione)

I.R. = 0.37

[Verifica di rifollamento]

F,b,Rd = 10390.0 kg (resistenza a rifollamento)

I.R. = 0.02

[Verifica saldatura profilo]

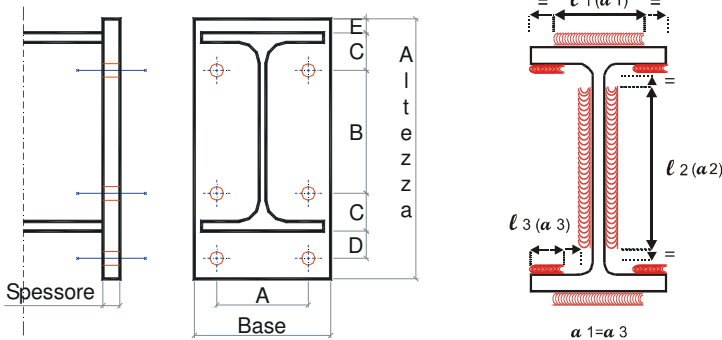
Saldatura a cordone d'angolo (singola sull'ala): verificata

Lunghezza1: 82 (mm) Altezza di gola1: 5 (mm)

Lunghezza2: 127 (mm) Altezza di gola2: 4 (mm)

Sigma perp. = 1238.6 kg/cm² Tens par. = 130.5 kg/cm²

I.R. = 0.53



4.d Verifica del collegamento bullonato a flangia semplice della trave IPE140 (arcareccio o corrente superiore reticolare frontale) alla colonna (nodo incastro)

Colonna: Gruppo = 1 Elemento = 14 HEA 200
 Trave: Gruppo = 3 Elemento = 7 IPE 140 S 275 (Fe 430)
 N = 1187.00 kg T (taglio massimo) = -839.30 kg Mmax pos. = 7707.00 kg*cm Mmax neg. = -74210.00 kg*cm M torcente = -14.51 kg*cm

Per le sollecitazioni di ogni c.c. riferirsi ai risultati dell'analisi strutturale.

[Verifica flangia] (S 275 (Fe 430))

Flangia tipo 5: 120x220x10 A = 70 B = 86 C = 27 D = 56 E = 0 (mm)

n. 0 file intermedie di bulloni per infittimento

Diam. bulloni M16 Incremento foro: 2.0 (mm) (Classe 8.8)

[Resistenza zona a taglio]

F,Rd = 25039.9 kg (resistenza anima colonna)

[Resistenza zona a compressione]

F,Rd = 20804.5 kg (resistenza anima colonna)

[Resistenza zona a trazione]

[Seconda fila di bulloni]

F,Rd = 13970.3 kg (resistenza ala colonna)

F,Rd = 12454.1 kg (resistenza flangia di estremità)

F,Rd = 17266.9 kg (resistenza anima colonna)

F,t2,Rd,ult = 12454.1 kg (resistenza efficace seconda fila)

[Momento resistente negativo]

Mj,Rd = 136435.1 kg*cm

[Momento resistente positivo]

Mj,Rd = 197702.4 kg*cm

[Rigidità rotazionale (M negativo)] (calcolata per N trascurabile)

S,j = 25241036.0 kg*cm/rad (rigidezza del giunto)

[Rigidità rotazionale (M positivo)] (calcolata per N trascurabile)

S,j = 40360552.0 kg*cm/rad (rigidezza del giunto)

[Resistenza assiale profilo]

Npl,Rd = 43784.3 kg |N| <= 0.05 Npl,Rd (trascurabile)

[Verifica a presso-tensoflessione del giunto]

I.R. = 0.54

[Verifica a taglio del nodo]

F,v,Rd = 6145.6 kg (resistenza dei bulloni a taglio)

F,t,Rd = 9218.3 kg (resistenza dei bulloni a trazione)

I.R. = 0.32

[Verifica di rifollamento]

F,b,Rd = 7013.3 kg (resistenza a rifollamento)

I.R. = 0.02

[Verifica saldatura profilo]

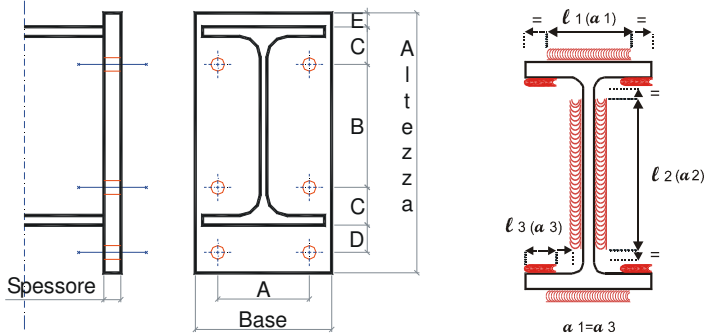
Saldatura a cordone d'angolo (singola sull'ala): verificata

Lunghezza1: 73 (mm) Altezza di gola1: 5 (mm)

Lunghezza2: 112 (mm) Altezza di gola2: 3 (mm)

Sigma perp. = 1268.4 kg/cm² Tens par. = 130.0 kg/cm²

I.R. = 0.54



4.e Verifica della saldatura dell'asta più sollecitata, TUBO 60*60*3, delle travi reticolari trasversali (nodo incastro)

Nome progetto: **tettoia pianodardine**

Gruppo: **8** Elemento: **187**

Intestazione:

Metodo di verifica: **Eurocodice 3**

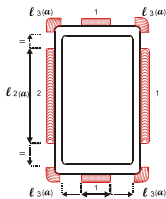
Tipo acciaio: **S 235**

Tipologia del collegamento: **con cordoni d'angolo**

Lunghezza1: 5.100 cm Altezza di gola1: 0.300 cm

Lunghezza2: 5.100 cm Altezza di gola2: 0.300 cm

Lunghezza3: 0.940 cm Altezza di gola3: 0.300 cm



SEZ. Rf B= 6.000 H= 6.000 s= 0.300 r.est= 0.450 r.int= 0.300 cm

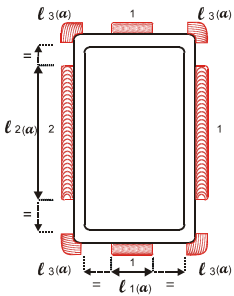
CC	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sigma perp.	Tens. par.	Tens. perp.	I.R.	Nota
	kg			kg*m			kg/cm ²				
1	13380	4	-0	-3	7	-0	1893.2 (2)	17.6 (2)	0.0 (1)	0.89	
2	1992	3	0	-0	1	-0	279.3 (2)	2.2 (2)	0.0 (1)	0.13	
3	1968	3	0	-0	1	-0	281.1 (2)	3.4 (2)	0.0 (1)	0.13	
4	1174	3	-0	-0	0	-0	163.4 (2)	1.5 (2)	0.0 (1)	0.08	
5	1150	3	0	-0	1	-0	165.2 (2)	2.7 (2)	0.0 (1)	0.08	
6	1734	3	-0	0	-0	-0	242.4 (2)	1.3 (2)	0.0 (1)	0.11	
7	1654	3	1	-1	2	-0	242.7 (2)	4.6 (2)	0.0 (1)	0.11	
8	1489	3	-0	0	-1	-0	209.5 (2)	1.5 (2)	0.0 (1)	0.10	
9	1409	3	1	-1	2	-0	208.0 (2)	4.4 (2)	0.0 (1)	0.10	
10	1992	3	0	-0	1	-0	279.3 (2)	2.2 (2)	0.0 (1)	0.13	
11	1968	3	0	-0	1	-0	281.1 (2)	3.4 (2)	0.0 (1)	0.13	
12	1174	3	-0	-0	0	-0	163.4 (2)	1.5 (2)	0.0 (1)	0.08	
13	1150	3	0	-0	1	-0	165.2 (2)	2.7 (2)	0.0 (1)	0.08	
14	1734	3	-0	0	-0	-0	242.4 (2)	1.3 (2)	0.0 (1)	0.11	
15	1654	3	1	-1	2	-0	242.7 (2)	4.6 (2)	0.0 (1)	0.11	
16	1489	3	-0	0	-1	-0	209.5 (2)	1.5 (2)	0.0 (1)	0.10	
17	1409	3	1	-1	2	-0	208.0 (2)	4.4 (2)	0.0 (1)	0.10	
18	9127	3	-0	-2	5	-0	1291.4 (2)	12.1 (2)	0.0 (1)	0.61	
19	3319	3	0	-1	2	-0	469.6 (2)	4.7 (2)	0.0 (1)	0.22	
20	1571	3	0	-0	1	-0	222.2 (2)	2.5 (2)	0.0 (1)	0.10	
37	-2026	3	0	1	-1	-0	286.8 (2)	4.0 (2)	0.0 (1)	0.14	
39	4938	3	-0	-1	2	-0	698.7 (2)	6.7 (2)	0.0 (1)	0.33	
Massimi:							1893.2 (2)	17.6 (2)	0.0 (0)	0.89	

La saldatura è verificata in quanto tutti gli I.R. sono <1

4.f Verifica della saldatura dell'asta più sollecitata, TUBO 50*50*3, delle travi reticolari anteriori (nodo incastro)

Nome progetto: **tettoia pianodardine**
 Gruppo: **5** Elemento: **70**
 Intestazione:
 Metodo di verifica: **Eurocodice 3**
 Tipo acciaio: **S 235**

Tipologia del collegamento: **con cordoni d'angolo**
 Lunghezza1: 4.100 cm Altezza di gola1: 0.300 cm
 Lunghezza2: 4.100 cm Altezza di gola2: 0.300 cm
 Lunghezza3: 0.940 cm Altezza di gola3: 0.300 cm



SEZ. Rf B= 5.000 H= 5.000 s= 0.300 r.est= 0.450 r.int= 0.300 cm

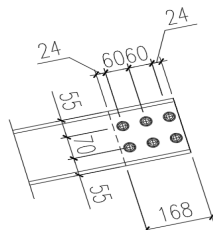
CC	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	Sigma perp.	Tens. par.	Tens. perp.	I.R.	Nota
kg			kg*m			kg/cmq					
1	10490	13	2	2	2	13	1877.2 (1)	20.0 (2)	0.0 (1)	0.89	
2	1845	0	0	0	-2	2	334.6 (1)	3.3 (2)	0.0 (1)	0.16	
3	1854	0	0	0	-2	2	337.4 (1)	3.2 (2)	0.0 (1)	0.16	
4	1248	-1	0	-0	2	1	235.4 (2)	0.6 (2)	0.0 (1)	0.11	
5	1257	-1	0	-0	2	1	236.9 (2)	0.7 (2)	0.0 (1)	0.11	
6	1625	-0	0	0	-0	1	284.3 (1)	2.3 (1)	0.0 (1)	0.13	
7	1655	0	0	0	-0	2	293.9 (1)	1.7 (2)	0.0 (1)	0.14	
8	1446	-0	0	0	1	1	258.2 (1)	1.3 (2)	0.0 (1)	0.12	
9	1476	-0	0	0	1	2	264.5 (1)	0.6 (1)	0.0 (1)	0.12	
10	1845	0	0	0	-2	2	334.6 (1)	3.3 (2)	0.0 (1)	0.16	
11	1854	0	0	0	-2	2	337.4 (1)	3.2 (2)	0.0 (1)	0.16	
12	1248	-1	0	-0	2	1	235.4 (2)	0.6 (2)	0.0 (1)	0.11	
13	1257	-1	0	-0	2	1	236.9 (2)	0.7 (2)	0.0 (1)	0.11	
14	1625	-0	0	0	-0	1	284.3 (1)	2.3 (1)	0.0 (1)	0.13	
15	1655	0	0	0	-0	2	293.9 (1)	1.7 (2)	0.0 (1)	0.14	
16	1446	-0	0	0	1	1	258.2 (1)	1.3 (2)	0.0 (1)	0.12	
17	1476	-0	0	0	1	2	264.5 (1)	0.6 (1)	0.0 (1)	0.12	
18	7202	9	2	1	1	9	1288.3 (1)	13.5 (2)	0.0 (1)	0.61	
19	2858	2	1	0	1	3	508.0 (1)	4.1 (2)	0.0 (1)	0.24	
20	1551	-0	0	0	0	2	273.3 (1)	1.5 (1)	0.0 (1)	0.13	
37	-1140	-4	-0	-0	-0	-2	210.1 (1)	4.5 (2)	0.0 (1)	0.10	
39	4069	4	1	1	1	5	725.5 (1)	6.8 (2)	0.0 (1)	0.34	

Massimi: 1877.2 (1) 20.0 (2) 0.0 (0) 0.89

La saldatura è verificata in quanto tutti gli I.R. sono <1

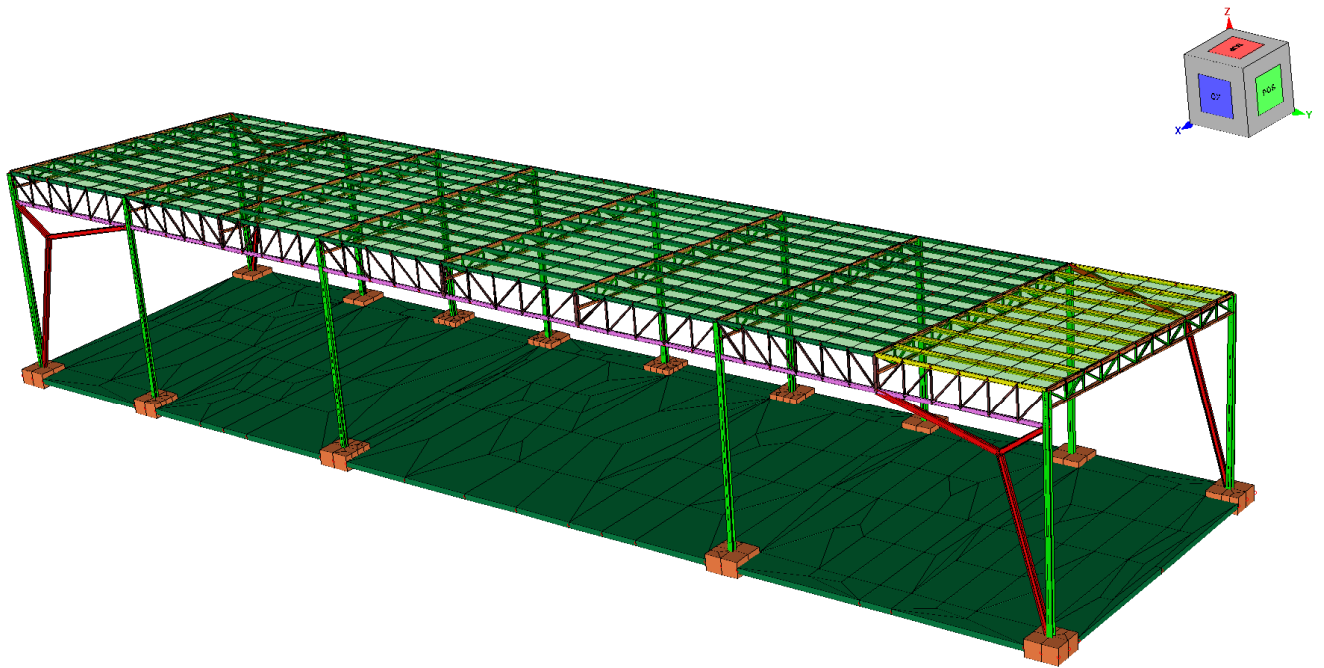
4.g Verifica del nodo della trave di controvento (2UPN180 – d=12 mm) più sollecitata (nodo semirigido)

Profilo: **UNP 180** (Doppio: Ali esterne) - S 275 (Fe 430)
 N = 30000.00 kg
 [Verifica Bulloni] (Classe 8.8)
 N. bulloni 3+3 da M16 (per ciascuna estremità della trave) Inc.For=2.0
 Distanza bordo = 24 mm Interasse bulloni = 60(mm)
 Spessore fazzoletto = 12(mm)
 Distanza assi truschino = 70(mm)
[Verifica di resistenza del profilo] (S 275 (Fe 430))
 Verifica sezione lorda: N pl,Rd = 149507.3 kg I.R. = 0.20
 Verifica sezione netta: N pl,Rd = 88168.7 kg I.R. = 0.34
[Verifica di resistenza del fazzoletto] (S 275 (Fe 430))
 Verifica sezione netta: N pl,Rd = 78457.2 kg I.R. = 0.38
[Verifica di resistenza del giunto]
 Resistenza a taglio dei bulloni: F v,Rd = 12291.1 kg I.R. = 0.41
 Rifollamento del fazzoletto: F b,Rd = 6234.0 kg I.R. = 0.80
 Rifollamento dell'angolare: F b,Rd = 4156.0 kg I.R. = 0.60

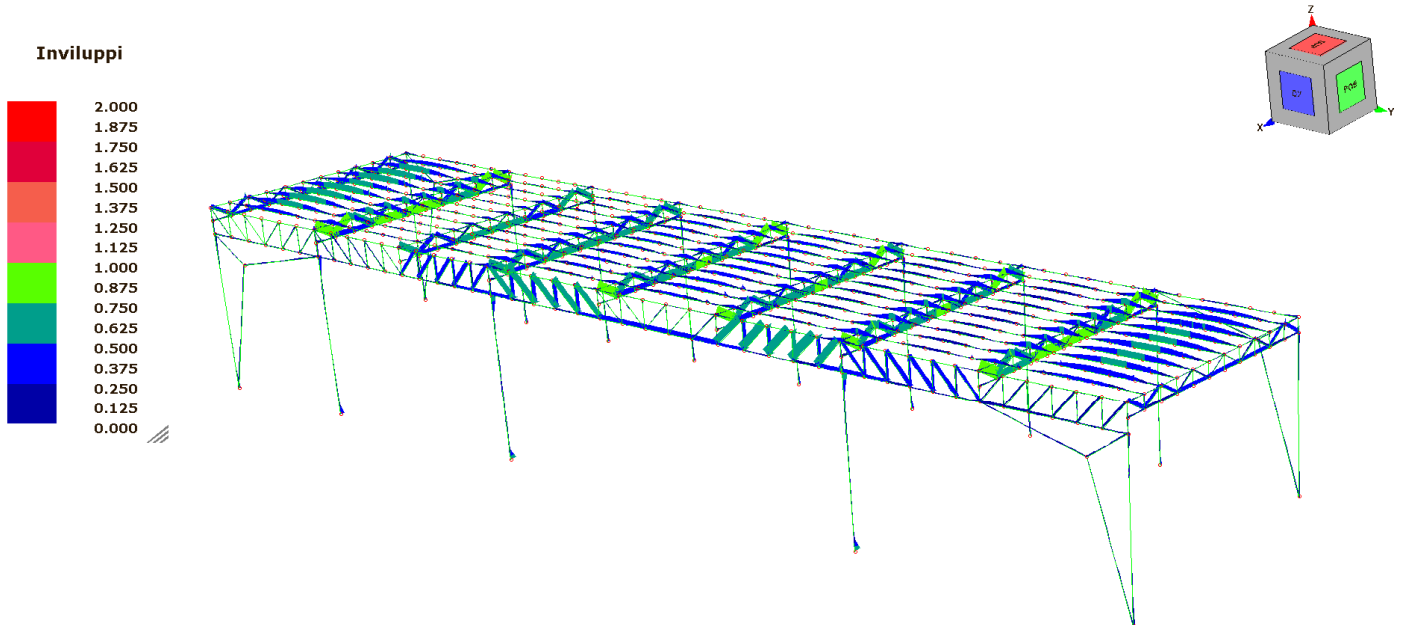


-5 RISULTATI GRAFICI

- Schema statico di calcolo

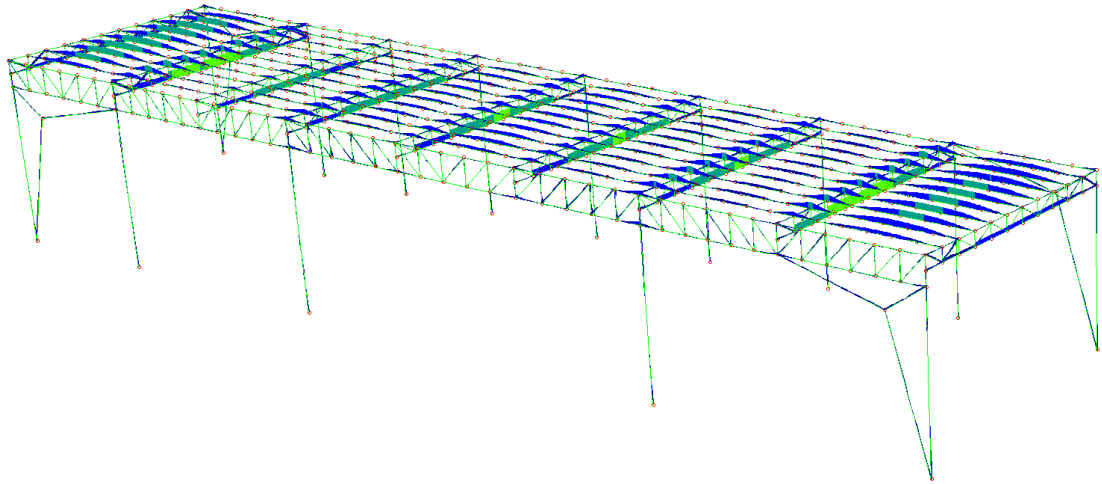
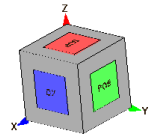
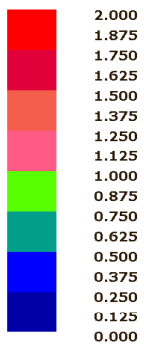


- Involuppi nei profili in acciaio



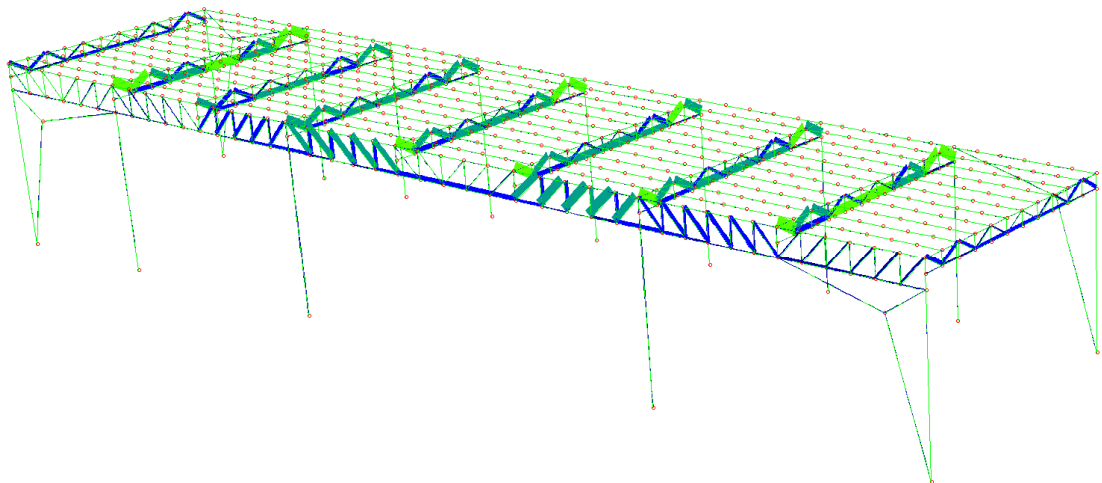
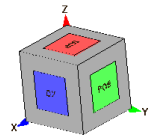
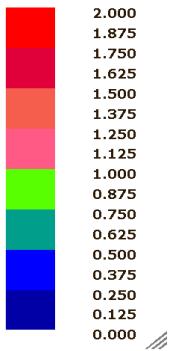
- Indice di resistenza (I.R.) dei profili in acciaio

Ind.Resistenza
I.R.



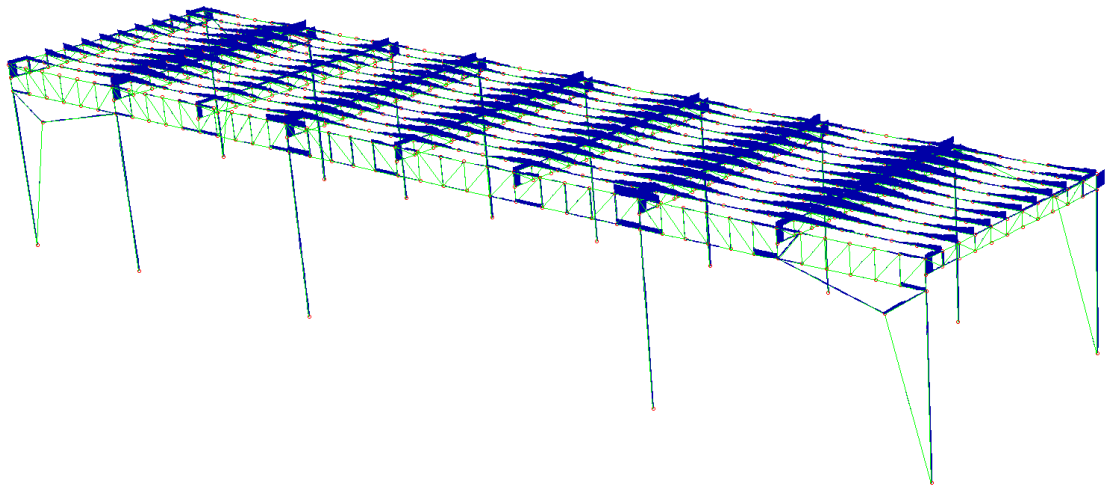
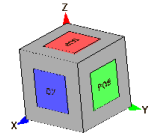
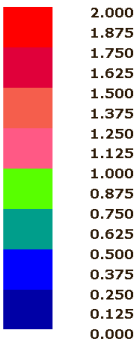
- Indice di resistenza (I.R.n) dei profili in acciaio

Ind.Resistenza
I.R.n



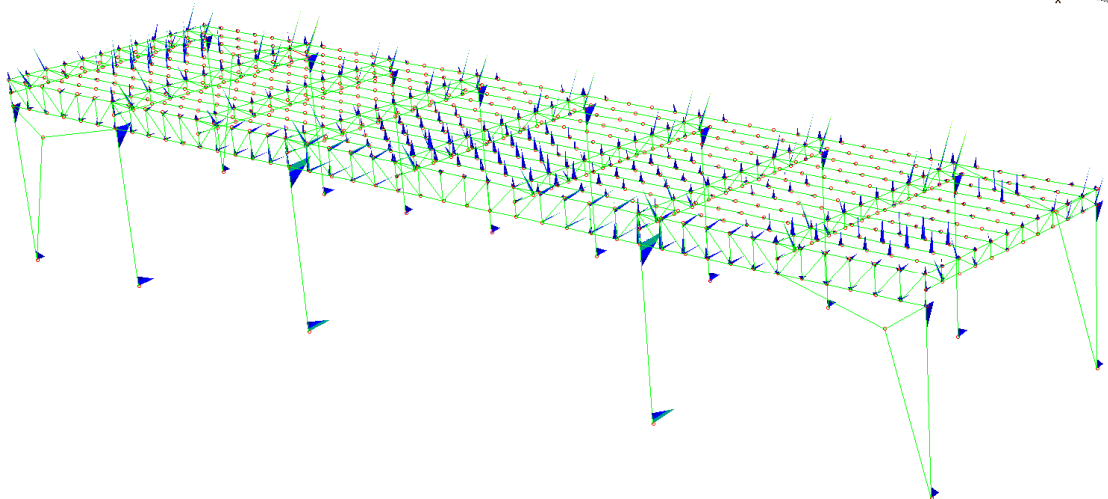
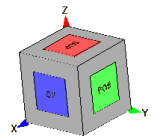
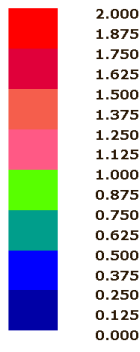
- Indice di resistenza a taglio dei profili in acciaio

Ind.Resistenza
a taglio

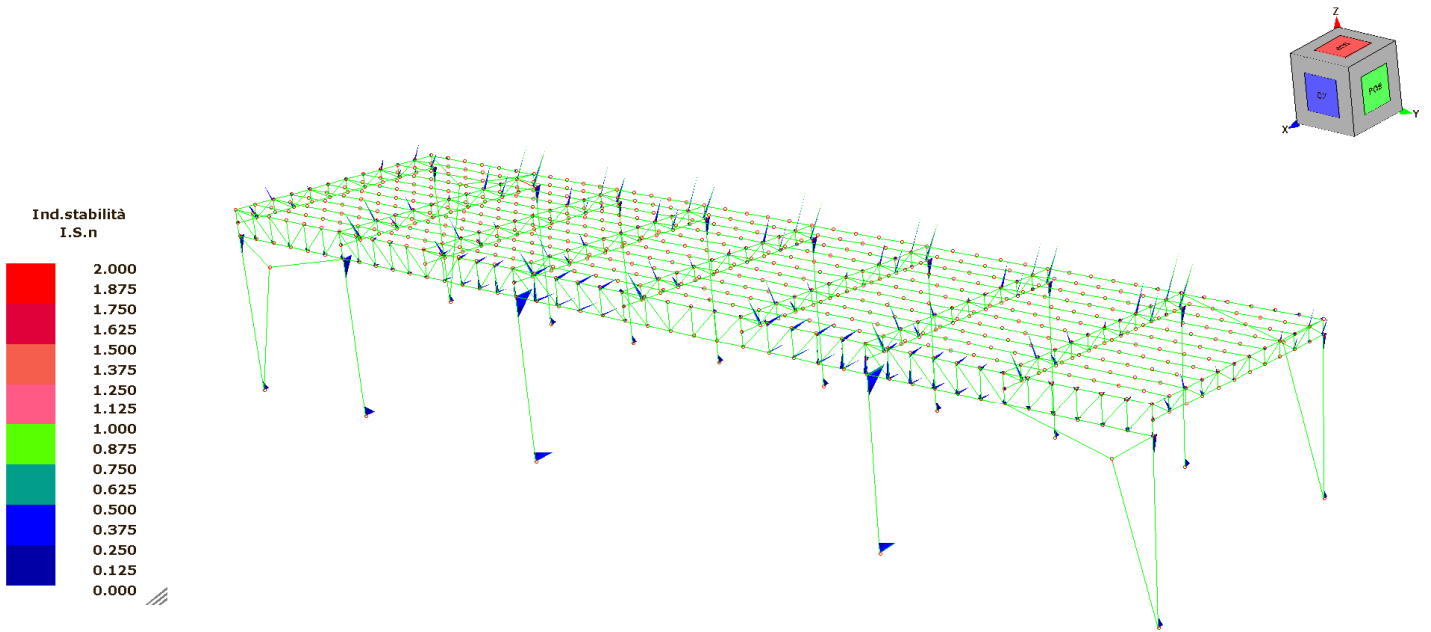


- Indice di Stabilità I.S. dei profili in acciaio

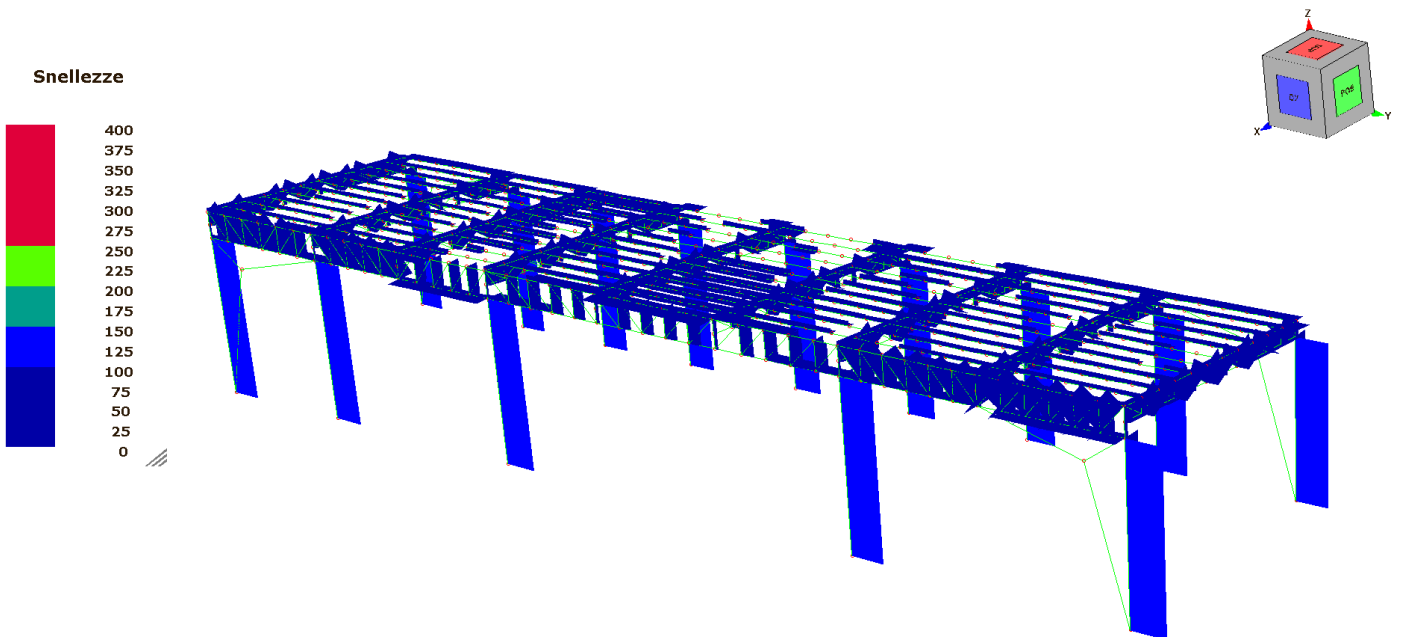
Ind.stabilità
I.S.



- *Indice di Stabilità I.S.n dei profili in acciaio*

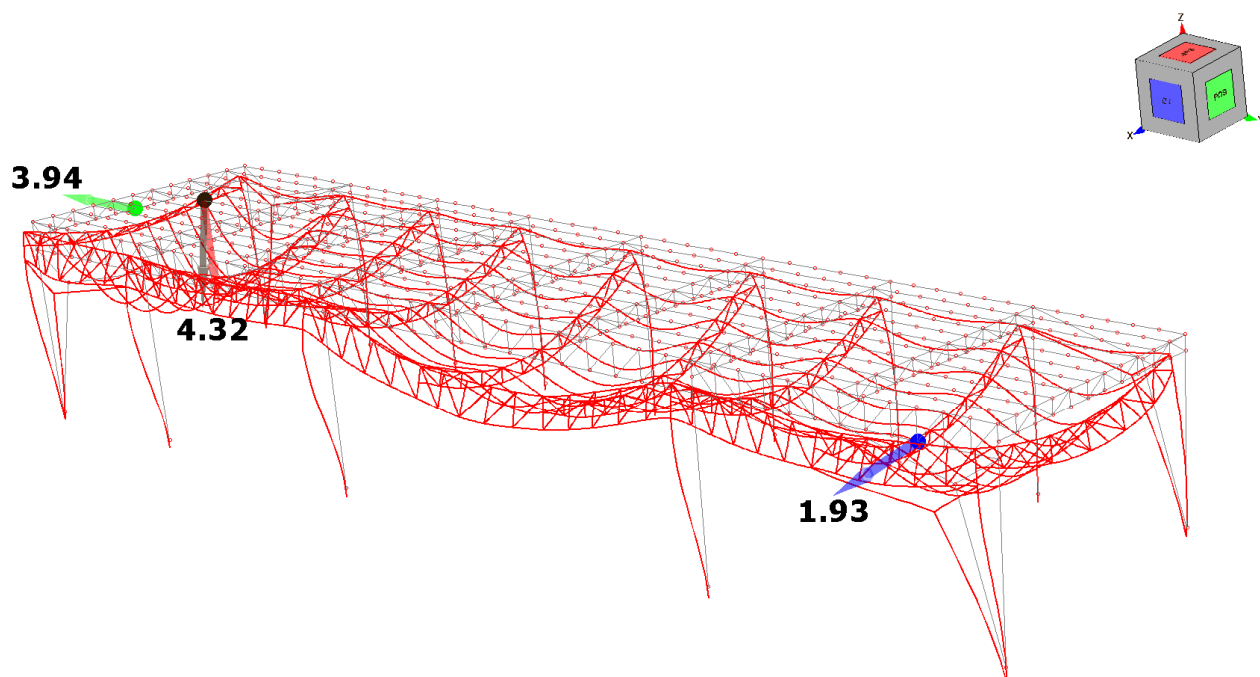


- *Snellezze degli elementi strutturali*

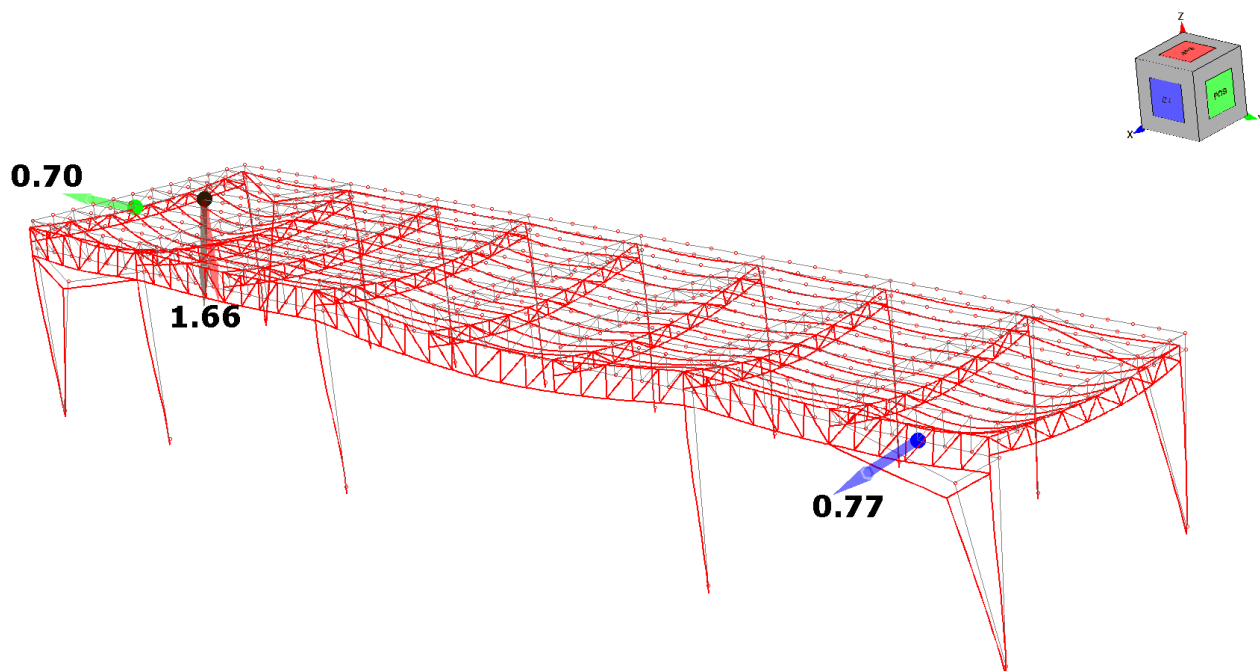


DEFORMAZIONI DELLA STRUTTURA NELLE COMBINAZIONI ALLO SLE

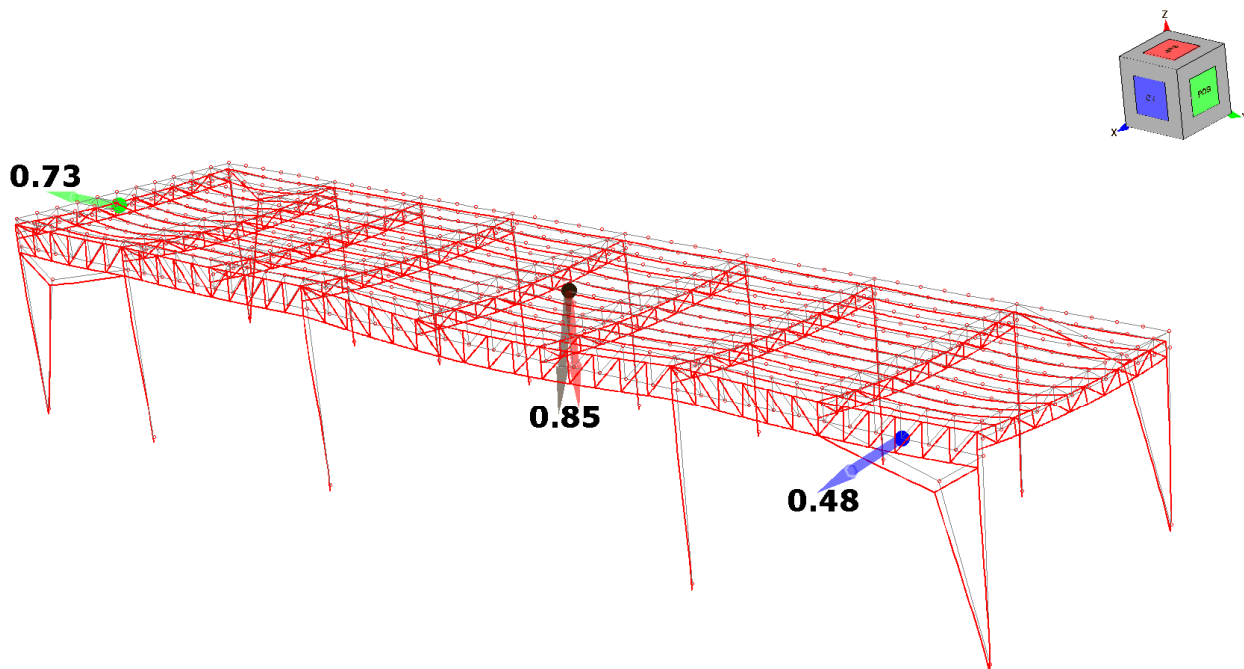
- *Massime deformazioni nella 18^a combinazione di carico (cm)*



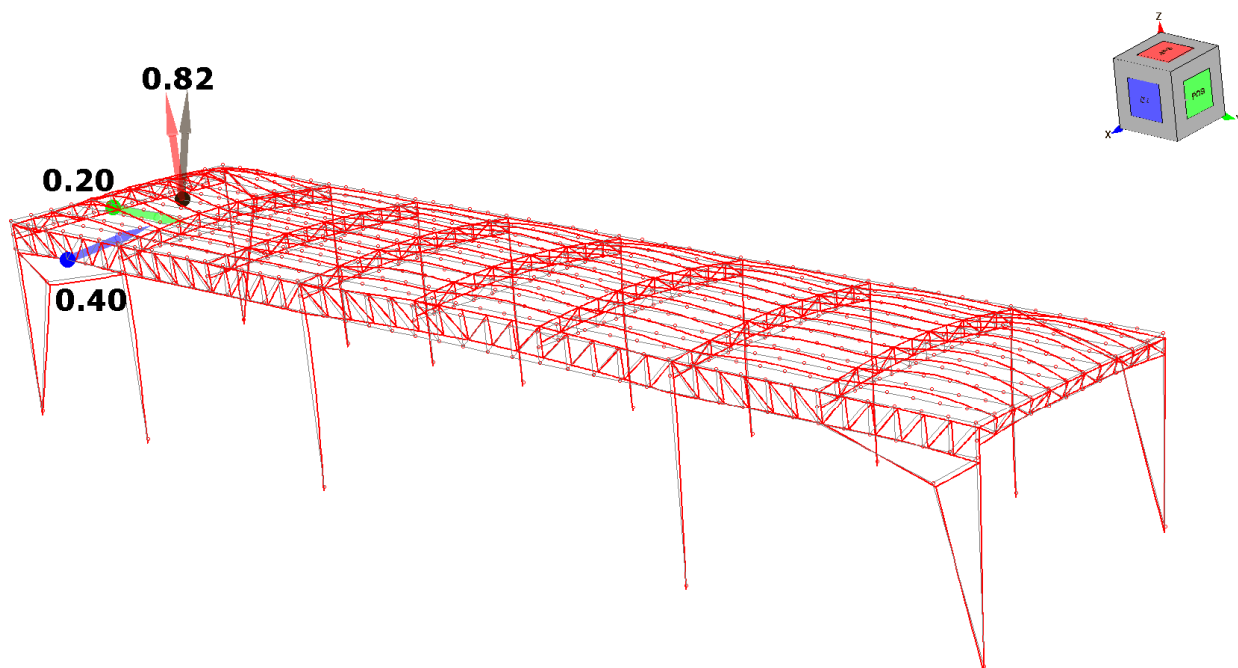
- *Massime deformazioni nella 19^a combinazione di carico (cm)*



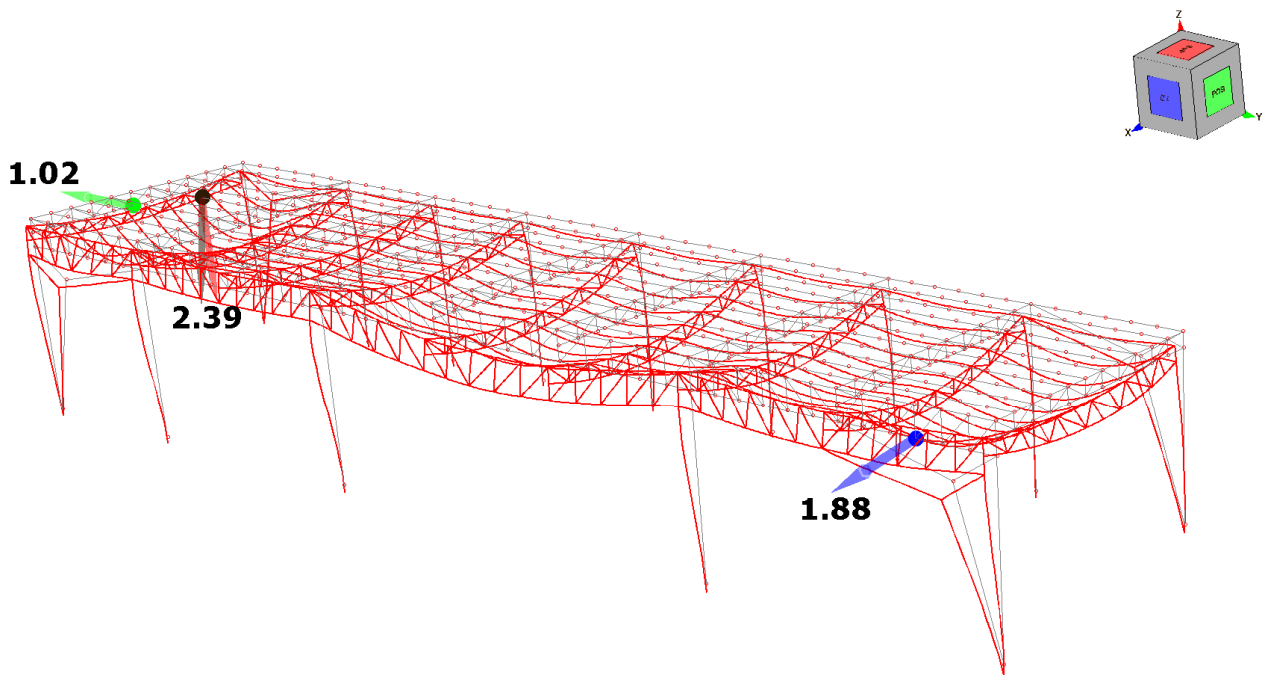
- *Massime deformazioni nella 20^a combinazione di carico (cm)*



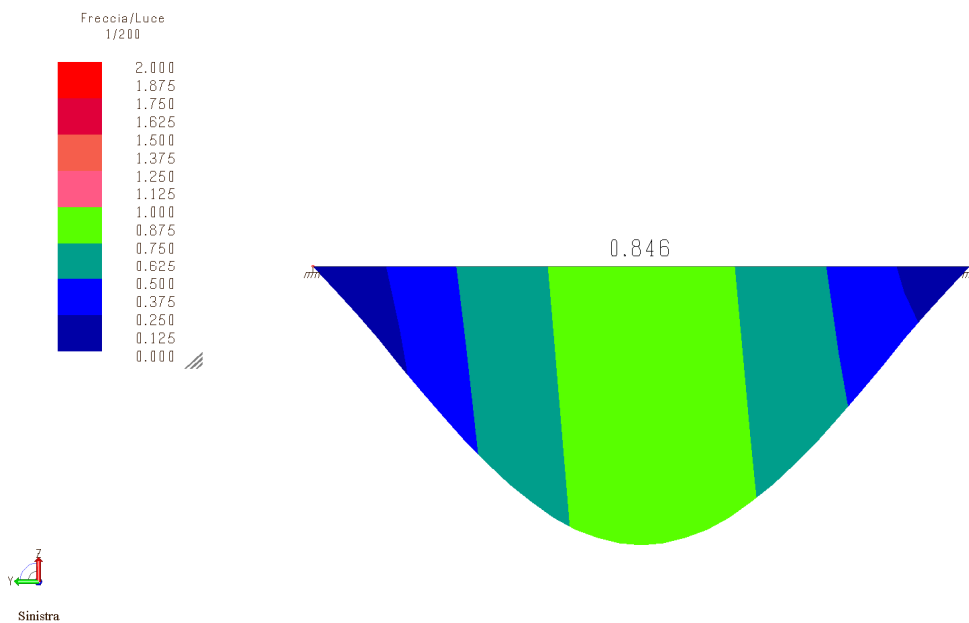
- *Massime deformazioni nella 37^a combinazione di carico (cm)*



- **Massime deformazioni nella 39/ª combinazione di carico (cm)**

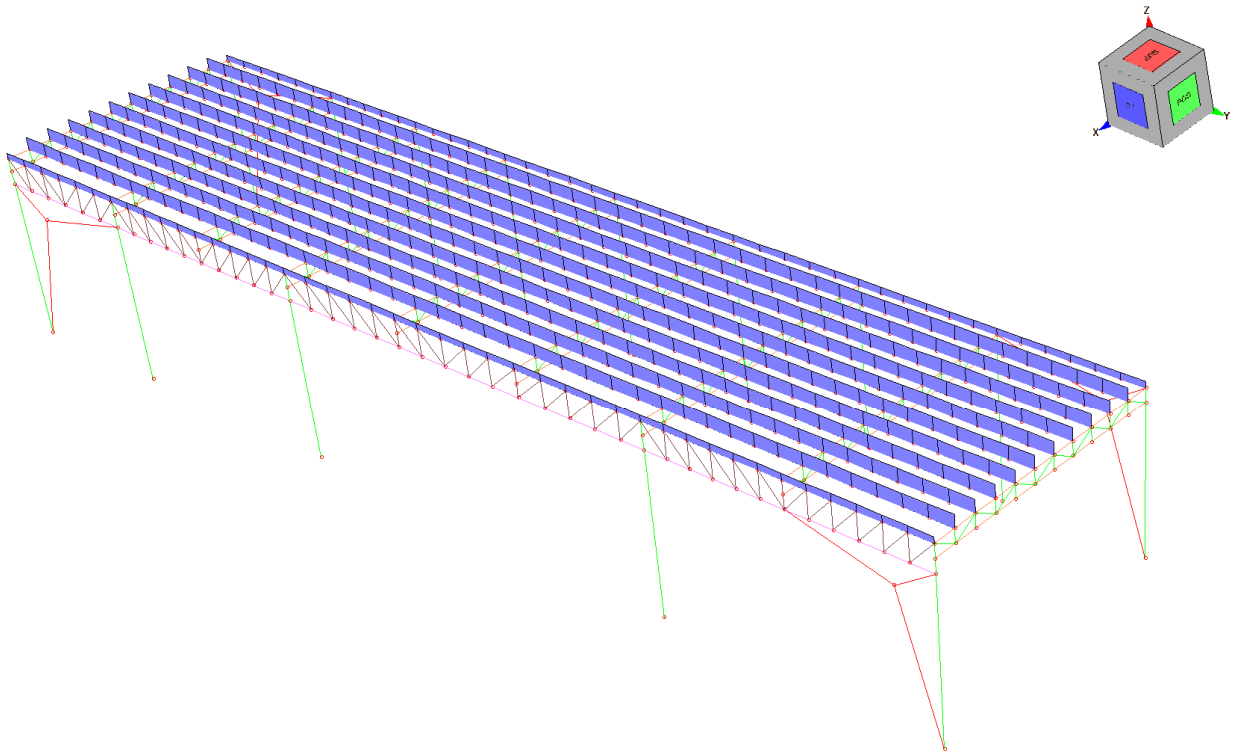


- **Controllo della deformazione allo SLE dell'arcareccio più sollecitato – diagramma f_{max}/L**



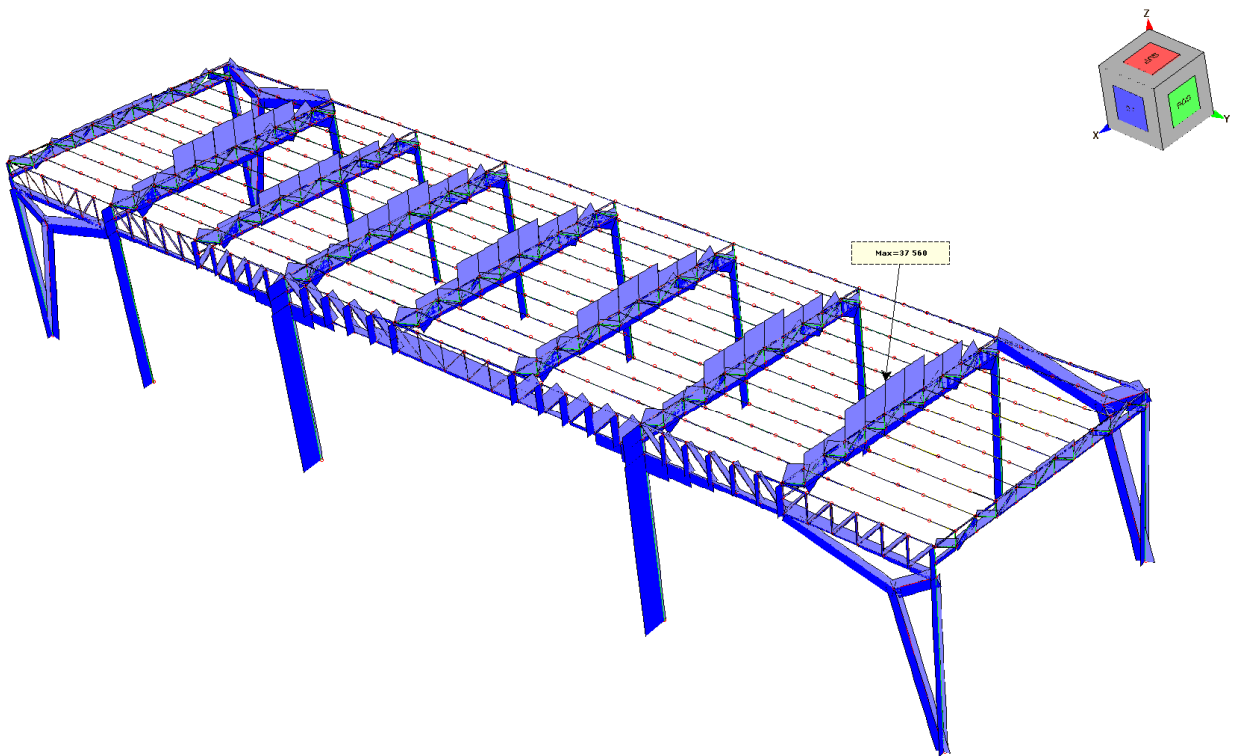
Per l'arcareccio in oggetto la deformazione massima ammessa (strutture di copertura non praticabile) è: $f_{max} = L/200$ cioè essendo, per l'arcareccio considerato, $L = 600$ cm, risulta: f_{max} amm = $600 \text{ cm}/200 = 3$ cm. Dalla figura risulta che $f_{max} = 0,846 \times f_{max}$ amm = $0,846 \times 3$ cm = 2,54 cm cioè la massima deformazione allo SLE, nella peggiore combinazione di carico, è l'84,6% della freccia massima ammessa dalla normativa vigente, per cui il controllo ha esito positivo.

ELEMENTI STRUTTURALI (TRAVI) SOGGETTI ALL'AZIONE DEI CARICHI E SOVRACCARICHI PROGETTO DEL TIPO UNIFORMENTE DISTRIBUITO (daN/cm²)

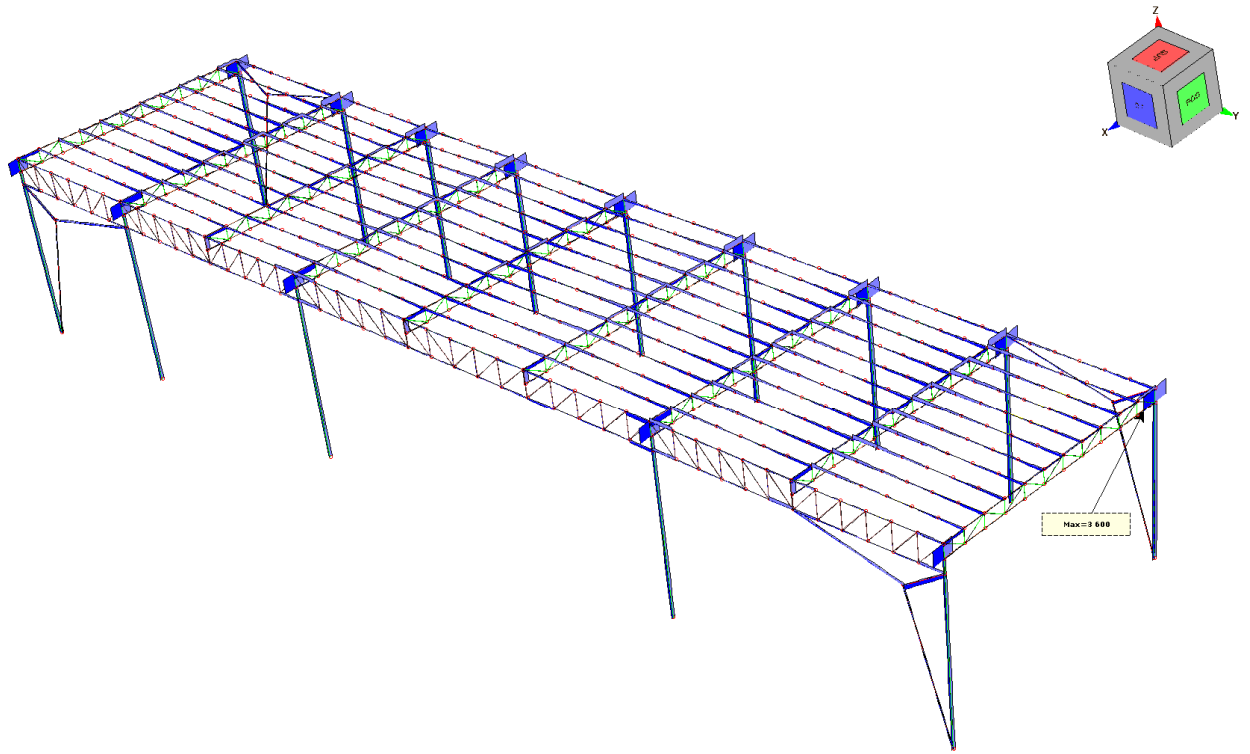


SOLLECITAZIONI NELLE ASTE (INVILUPPI)

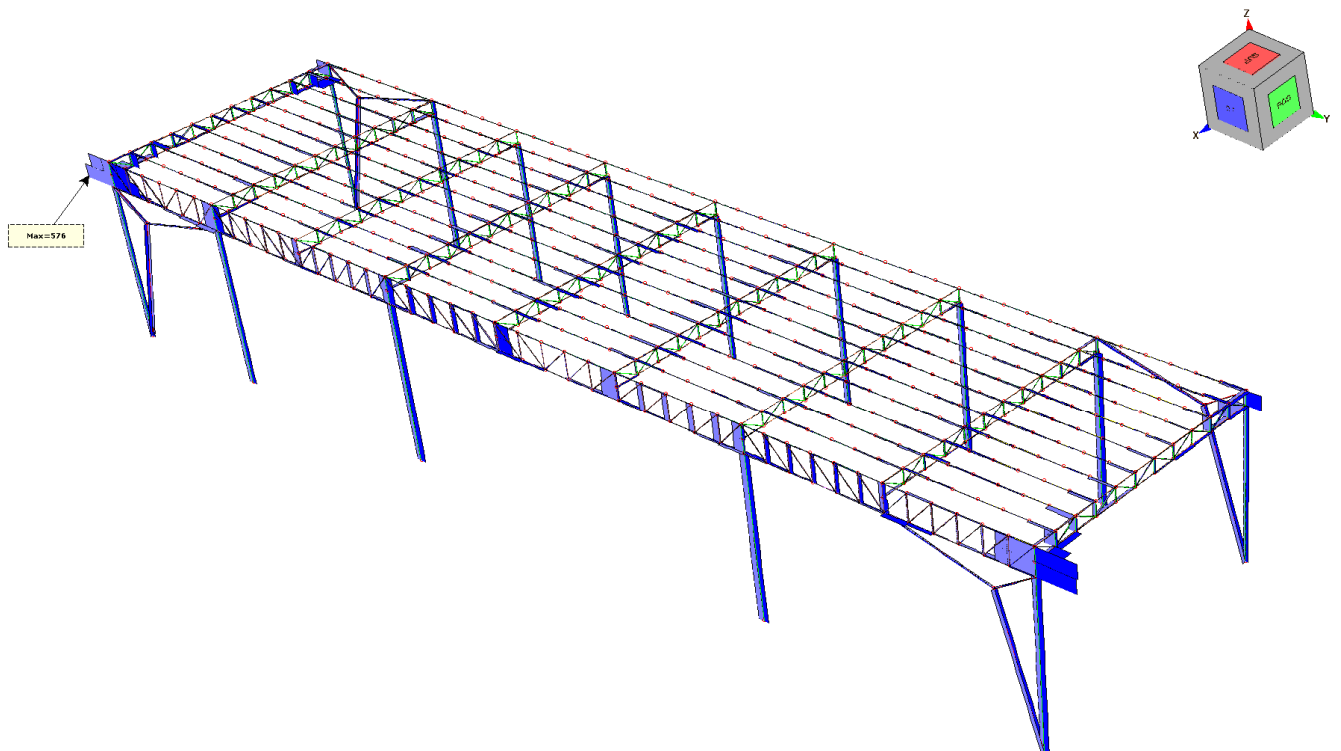
- Sforzo normale (daN)



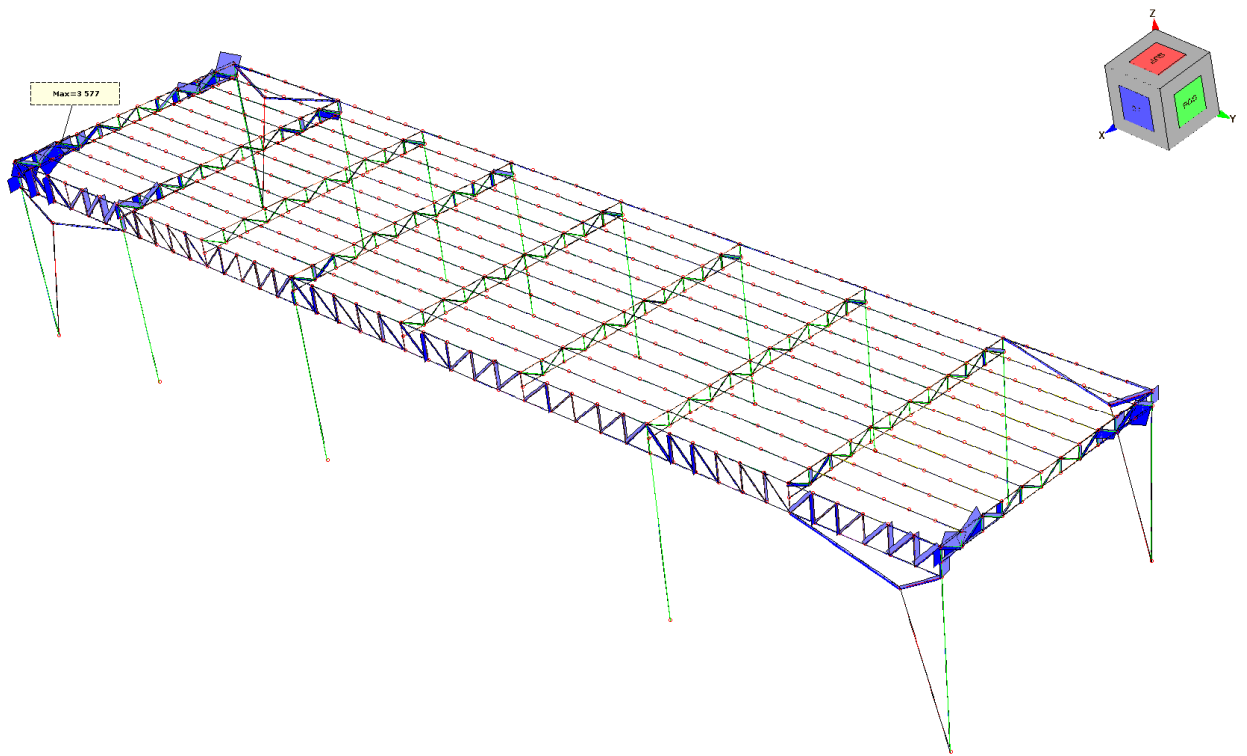
- Sforzo di taglio F_y (daN)



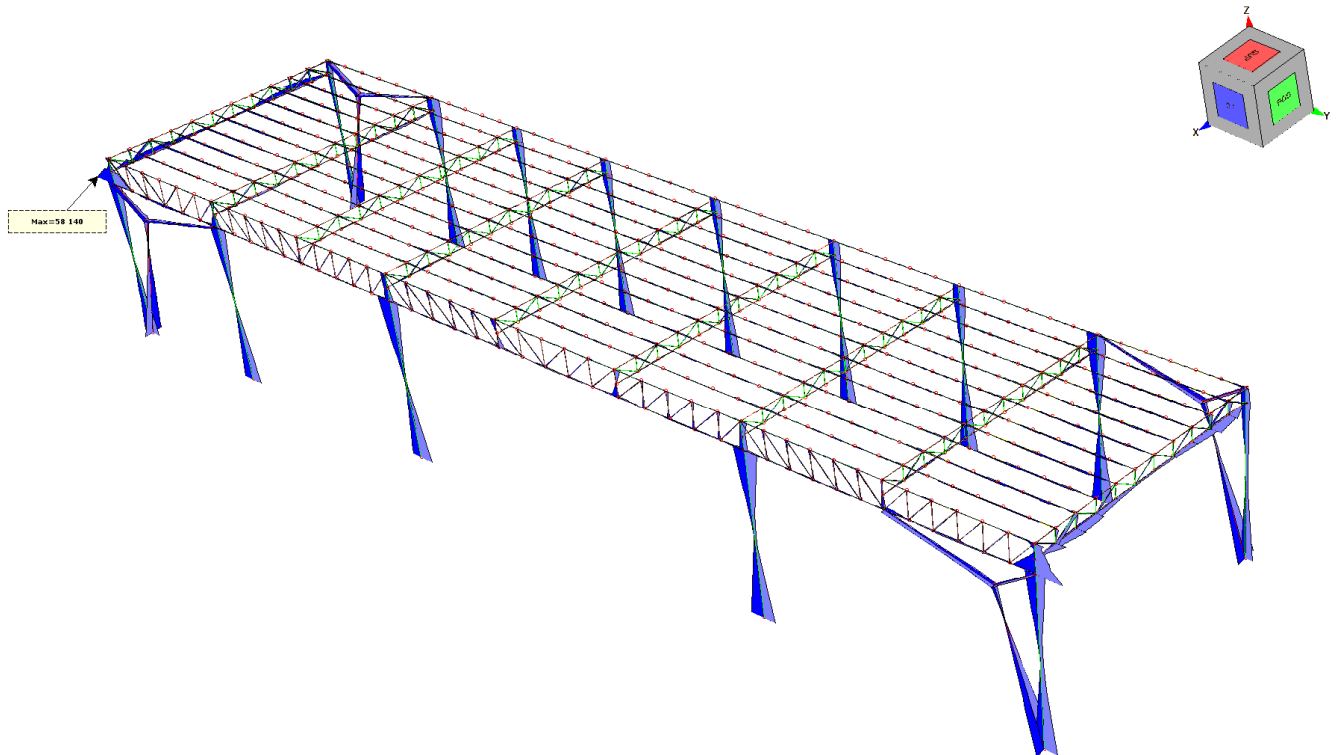
- Sforzo di taglio F_z (daN)

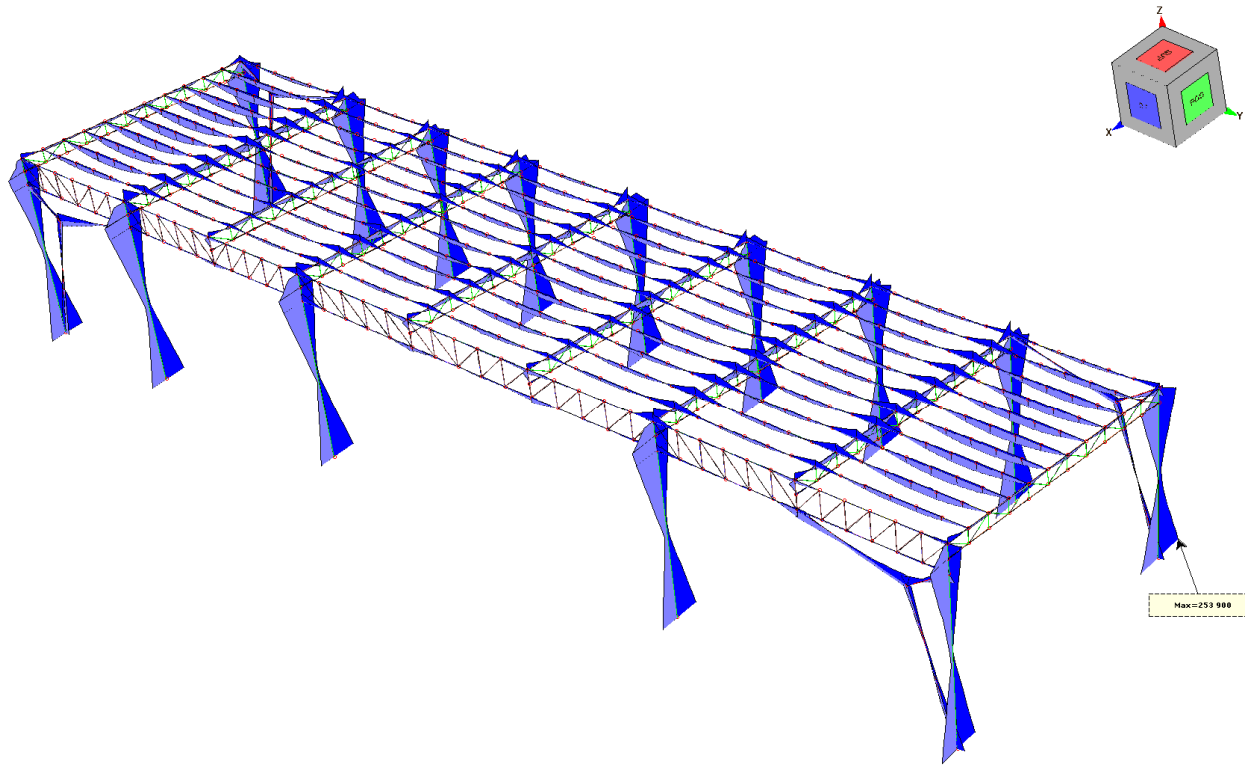


- Momento torcente (daNxc_m)



- Momento flettente M_y (daNxc_m)





6 - VERIFICHE E VALUTAZIONE DI SICUREZZA DEGLI ELEMENTI

Questa parte richiede di precisare una serie di proprietà che possono essere ricavate in forma grafica direttamente da MasterSap. Diamo una breve descrizione delle simbologie adottate da MasterSap.

STRUTTURE IN ACCIAIO NON DISSIPATIVE - RISULTATI PER TRAVI E PILASTRI

Il tabulato riporta:

- numero combinazione di carico;
- ascissa di calcolo (cm);
- in sequenza F_x , F_y , F_z (F), M_x , M_y , M_z (F*m).

Le convenzioni sui segni delle sollecitazioni sono:

- F_x (sforzo normale) è positivo se di trazione;
- F_y (forza tagliante) è positiva se agisce, a sinistra della sezione interessata, nel verso positivo dell'asse locale corrispondente;
- F_z (forza tagliante) è positiva se agisce, a sinistra della sezione interessata, nel verso negativo dell'asse locale corrispondente;
- M_x (momento torcente) è positivo se antiorario intorno a x a sinistra dell'ascissa in esame;
- M_y (momento flettente) è positivo se tende le fibre posteriori, cioè quelle disposte nel verso negativo dell'asse z;
- M_z (momento flettente) è positivo se tende le fibre inferiori, cioè quelle disposte nel verso negativo dell'asse y.

Vengono poi riportate:

- classe: rappresenta la classe della sezione; qualora i singoli componenti della sezione (ad esempio ala e anima) abbiano classi diverse viene presa quella più alta; non viene riportata in caso di trazione o taglio puro.

Il potenziale svergolamento viene indagato solo per sezioni a I. Viene riportato il valore di χ_{LT} , che determina il momento resistente di progetto. La stabilità euleriana comporta la determinazione di tre coefficienti χ_{min} , k_y , k_z . Il tabulato propone:

- numero combinazione di carico;
- valore dello sforzo normale F_x (compressione più elevata trovata);

7 - VALUTAZIONE DEI RISULTATI E GIUDIZIO MOTIVATO SULLA LORO ACCETTABILITA'

Il programma di calcolo utilizzato MasterSap è idoneo a riprodurre nel modello matematico il comportamento della struttura e gli elementi finiti disponibili e utilizzati sono rappresentativi della realtà costruttiva. Le funzioni di controllo disponibili, innanzitutto quelle grafiche, consentono di verificare la riproduzione della realtà costruttiva ed accertare la corrispondenza del modello con la geometria strutturale e con le condizioni di carico ipotizzate. Si evidenzia che il modello viene generato direttamente dal disegno architettonico riproducendone così fedelmente le proporzioni geometriche. In ogni caso sono stati effettuati alcuni controlli dimensionali con gli strumenti software a disposizione dell'utente. Tutte le proprietà di rilevanza strutturale (materiali, sezioni, carichi, sconnessioni, etc.) sono state controllate attraverso le funzioni di indagine specificatamente previste.

Sono state sfruttate le funzioni di autodiagnostica presenti nel software che hanno accertato che non sussistono difetti formali di impostazione.

E' stato accertato che le risultanti delle azioni verticali sono in equilibrio con i carichi applicati.

Sono state controllate le azioni taglianti di piano ed accertata la loro congruenza con quella ricavabile da semplici ed agevoli elaborazioni. Le sollecitazioni prodotte da alcune combinazioni di carico di prova hanno prodotto valori prossimi a quelli ricavabili adottando consolidate formulazioni ricavate della Scienza delle Costruzioni. Anche le deformazioni risultano prossime ai valori attesi. Il dimensionamento e le verifiche di sicurezza hanno determinato risultati che sono in linea con casi di comprovata validità, confortati anche dalla propria esperienza.

IL PROGETTISTA STRUTTURALE

8 - CONCLUSIONI

Il calcolo in oggetto è stato eseguito con un PC IBM compatibile; i dati forniti risultano congrui e rispondenti alla normativa in zona sismica vigente NTC2018.

DALL'ANALISI DEI DATI LA STRUTTURA RISULTA VERIFICATA IN OGNI SUO ELEMENTO SECONDO QUANTO PREVISTO DALL'EUROCODICE 3/NTC 2018.

IL SOTTOSCRITTO PROGETTISTA DICHIARA DI AVER APPLICATO, QUALI AZIONI SULLA STRUTTURA, LE COMBINAZIONI PREVISTE DALLA NORMATIVA VIGENTE (NTC2018) E COMUNQUE QUELLE PIÙ PENALIZZANTI PER LA STRUTTURA.

IL PROGETTISTA STRUTTURALE

9 - ATTESTATO DELL'AFFIDABILITÀ DEL CODICE DI CALCOLO E DELLE PROCEDURE IMPLEMENTATE NEI PRODOTTI SOFTWARE AMV

In base al paragrafo 10.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14.01.2008 e successivi aggiornamenti – NTC 2018).

In base a quanto richiesto al par. 10.2 del D.M. 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni) il produttore e distributore AMV s.r.l. espone la seguente relazione riguardante il solutore numerico e, più in generale, la procedura di analisi e dimensionamento MasterSap. Si fa presente che sul proprio sito (www.amv.it) è disponibile sia il manuale teorico del solutore sia il documento comprendente i numerosi esempi di validazione. Essendo tali documenti (formati da centinaia di pagine) di pubblico dominio, si ritiene sufficiente proporre una sintesi, sia pure adeguatamente esauriente, dell'argomento.

Il motore di calcolo adottato da MasterSap, denominato LiFE-Pack, è un programma ad elementi finiti che permette l'analisi statica e dinamica in ambito lineare e non lineare, con estensioni per il calcolo degli effetti del secondo ordine.

Il solutore lineare usato in analisi statica ed in analisi modale è basato su un classico algoritmo di fattorizzazione multifrontale per matrici sparse che utilizza la tecnica di condensazione supernodale ai fini di velocizzare le operazioni. Prima della fattorizzazione viene eseguito un riordino simmetrico delle righe e delle colonne del sistema lineare al fine di calcolare un percorso di eliminazione ottimale che massimizza la sparsità del fattore.

Il solutore modale è basato sulla formulazione inversa dell'algoritmo di Lanczos noto come Thick Restarted Lanczos ed è particolarmente adatto alla soluzione di problemi di grande e grandissima dimensione ovvero con molti gradi di libertà. L'algoritmo di Lanczos oltre ad essere supportato da una rigorosa teoria matematica, è estremamente efficiente e competitivo e non ha limiti superiori nella dimensione dei problemi, se non quelli delle risorse hardware della macchina utilizzata per il calcolo.

Per la soluzione modale di piccoli progetti, caratterizzati da un numero di gradi di libertà inferiore a 500, l'algoritmo di Lanczos non è ottimale e pertanto viene utilizzato il classico solutore modale per matrici dense simmetriche contenuto nella ben nota libreria LAPACK.

L'analisi con i contributi del secondo ordine viene realizzata aggiornando la matrice di rigidezza elastica del sistema con i contributi della matrice di rigidezza geometrica.

Un'estensione non lineare, che introduce elementi a comportamento multilineare, si avvale di un solutore incrementale che utilizza nella fase iterativa della soluzione il metodo del gradiente coniugato preconditionato.

Grande attenzione è stata riservata agli esempi di validazione del solutore.

Gli esempi sono stati tratti dalla letteratura tecnica consolidata e i confronti sono stati realizzati con i risultati teorici e, in molti casi, con quelli prodotti, sugli esempi stessi, da prodotti internazionali di comparabile e riconosciuta validità. Il

manuale di validazione è disponibile sul sito www.amv.it.

E' importante segnalare, forse ancora con maggior rilievo, che l'affidabilità del programma trova riscontro anche nei risultati delle prove di collaudo eseguite su sistemi progettati con MasterSap.

I verbali di collaudo (per alcuni progetti di particolare importanza i risultati sono disponibili anche nella letteratura tecnica) documentano che i risultati delle prove, sia in campo statico che dinamico, sono corrispondenti con quelli dedotti dalle analisi numeriche, anche per merito della possibilità di dar luogo, con MasterSap, a raffinate modellazioni delle strutture.

In MasterSap sono presenti moltissime procedure di controllo e filtri di autodia-gnostica.

In fase di input, su ogni dato, viene eseguito un controllo di compatibilità.

Un ulteriore procedura di controllo può essere lanciata dall'utente in modo da individuare tutti gli errori gravi o gli eventuali difetti della modellazione. Analoghi controlli vengono eseguiti da MasterSap in fase di calcolo prima della preparazione dei dati per il solutore.

I dati trasferiti al solutore sono facilmente consultabili attraverso la lettura del file di input in formato XML, leggibili in modo immediato dall'utente.

Apposite procedure di controllo sono predisposte per i programmi di dimensionamento per l'acciaio, legno, alluminio, muratura etc.

Tali controlli riguardano l'esito della verifica: vengono segnalati, per via numerica e grafica (vedi esempio a fianco), i casi in contrasto con le comuni tecniche costruttive e gli errori di dimensionamento (che bloccano lo sviluppo delle fasi successive della progettazione, ad esempio il disegno esecutivo).

Nei casi previsti dalla norma, ad esempio qualora contemplato dalle disposizioni sismiche in applicazione, vengono eseguiti i controlli sulla geometria strutturale, che vengono segnalati con la stessa modalità dei difetti di progettazione. Ulteriori funzioni, a disposizione dell'utente, agevolano il controllo dei dati e dei risultati.

E' possibile eseguire una funzione di ricerca su tutte le proprietà (geometriche, fisiche, di carico etc) del modello individuando gli elementi interessati.

Si possono rappresentare e interrogare graficamente, in ogni sezione desiderata, tutti i risultati dell'analisi e del dimensionamento strutturale.

Nel caso sismico viene evidenziata la posizione del centro di massa e di rigidezza del sistema.

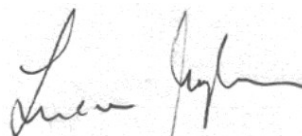
Per gli edifici è possibile, per ogni piano, a partire dalle fondazioni, conoscere la risultante delle azioni verticali orizzontali. Analoghi risultati sono disponibili per i vincoli esterni.

Le altre procedure di calcolo, oltre a MasterSap, seguono la medesima impostazione teorica e lo stesso procedimento di validazione.

Nei relativi manuali viene fornita una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, dei metodi e criteri usati per il dimensionamento strutturale e delle sezioni; vengono forniti esempi significativi che possono essere facilmente replicati, segnalando che si tratta spesso di procedure di calcolo e di verifica, che per loro natura, non denotano particolari complessità teoriche e concettuali.

Il rilascio di ogni nuova versione dei programmi è sottoposta a rigorosi check automatici che mettono a confronto i risultati della release in esame con quelli già validati e realizzati da versioni precedenti. Inoltre, sessioni specifiche di lavoro sono condotte da personale esperto per controllare il corretto funzionamento delle varie procedure software, con particolare riferimento a quelle che sono state oggetto di interventi manutentivi o di aggiornamento.

AMV s.r.l. Amministratore Unico Ing. Luciano Migliorini

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Luciano Migliorini', is positioned below the typed name.