

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria meccanica – curriculum formativo

Relazione per la prova finale
ANALISI STATICA AD ELEMENTI FINITI DI UN
GIUNTO BULLONATO

Tutor universitario:

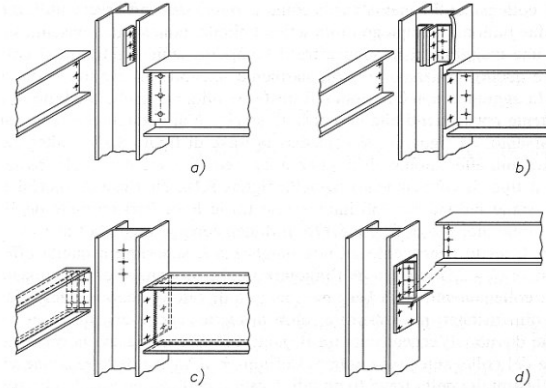
Prof.ssa Beatrice Pomaro

Prof. Gianluca Mazzucco

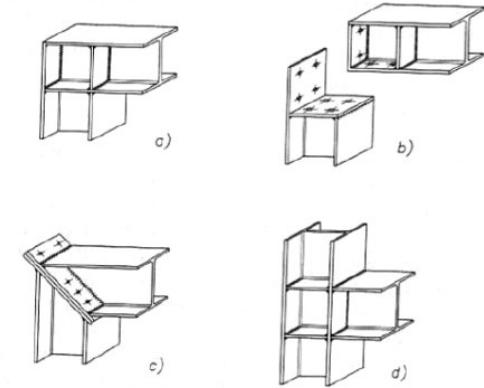
Laureando: *Andrea Parelli*

Padova, 26/09/2023

- Giunto trave colonna:
 - ➔ a cerniera
 - ➔ ad incastro
 - ➔ ad incastro parziale



Esempi costruttivi giunto a cerniera



Esempi costruttivi giunto ad incastro

- Collegamento di tipo bullonato

- Componenti:
 - colonna, profilo HEA300
 - trave, profilo IPE400
 - bulloni, M16 8.8
 - piatti d'estremità
 - piatti orizzontali

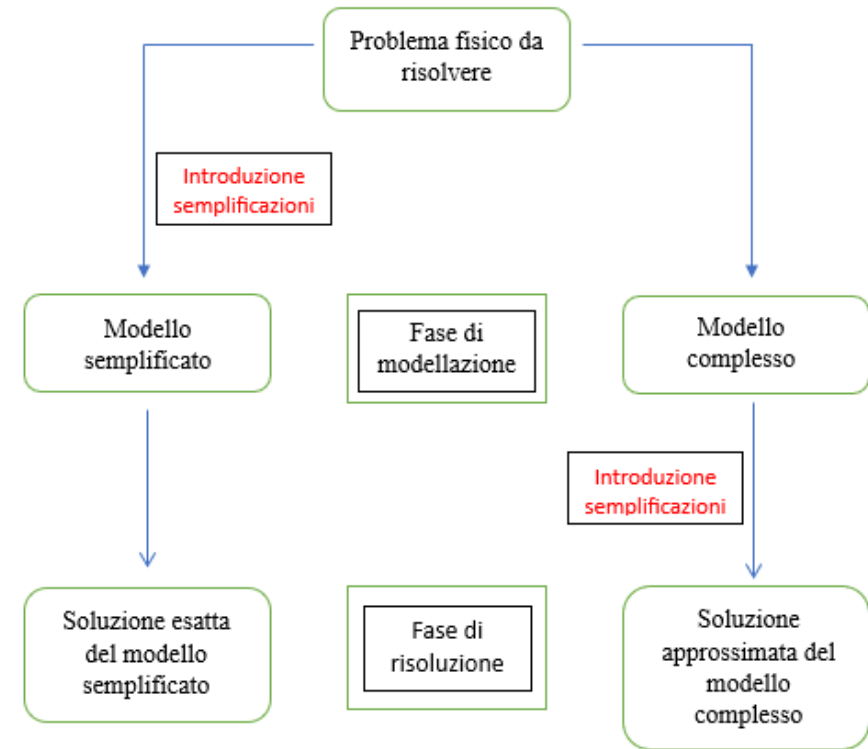
Struttura presa come riferimento



- OBIETTIVI:**
- Modellazione numerica tridimensionale di un giunto bullonato trave-colonna.
 - Analisi strutturale per carichi statici del modello con l'ausilio di un software ad elementi finiti.

- SVOLGIMENTO:**
- Realizzazione modello globale della struttura a cui il giunto appartiene.
 - Estrazione delle azioni in corrispondenza del dettaglio costruttivo.
 - Realizzazione modello geometrico del giunto tramite software CAD.
 - Analisi strutturale del dettaglio costruttivo.
 - Determinazione ed elaborazione dei risultati.

- Modellazione matematica del problema mantenendone la complessità.
- Discretizzazione del dominio di partenza in domini più piccoli, detti elementi finiti.
- Per ciascun elemento vengono definite le funzioni di base che descrivono il modo in cui le grandezze variano al loro interno.
- Teorema dei Lavori Virtuali: forma integrale, e quindi debole, delle equazioni indefinite d'equilibrio.
- Definizione condizioni iniziali e al contorno.
- Unione delle equazioni per ottenere un sistema di equazioni per il modello complesso.
- Risoluzione numerica del sistema.

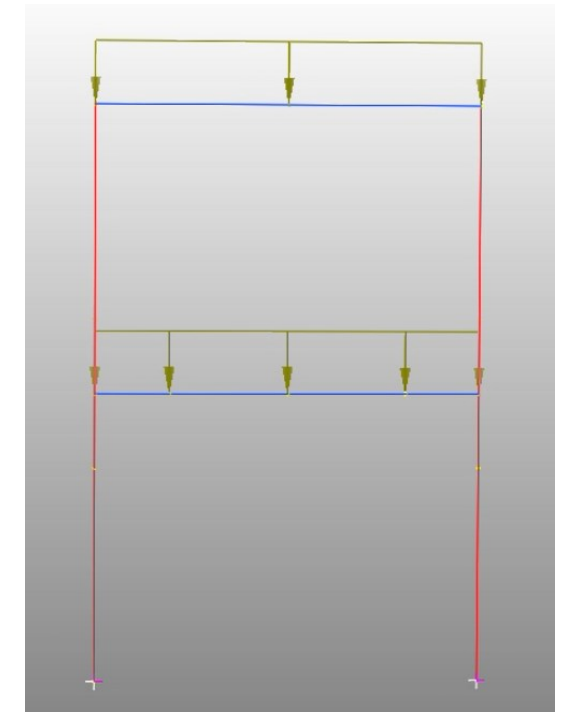
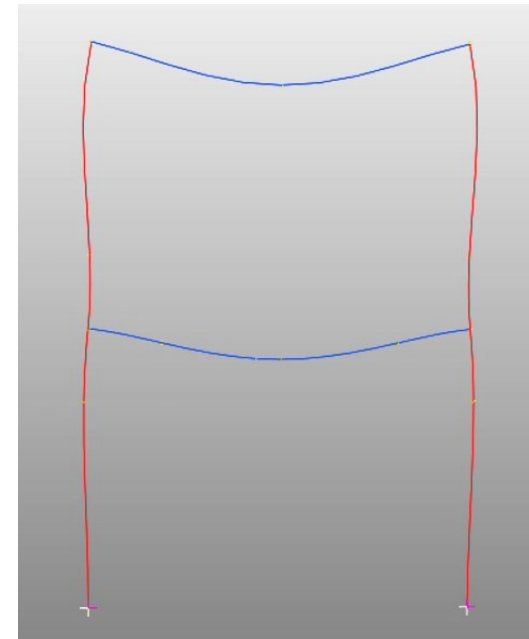


Procedimenti di modellazione matematica e di risoluzione del problema fisico

Enunciato del TLV per il continuo deformabile

$$-\int_V \varepsilon_{ij} \sigma_{ij} dV + \int_V v_i b_i dV + \int_{\Gamma_u} v_i \sigma_{ij} n_j d\Gamma + \int_{\Gamma_t} v_i \sigma_{ij} n_j d\Gamma = 0$$

- Portale a due piani, composto da:
 - Due colonne
 - Due travi
- Assegnazione proprietà geometriche e materiale \implies -Profilo IPE400 trave
 \implies Acciaio strutturale -Profilo HEA300 colonna
- Applicazione carichi distribuiti di 40 e 150 kN/m
- Applicazione vincoli ad incastro a terra
- Avvio solver e visualizzazione risultati



D(X) (mm)	0.000000 x 10 ⁰
D(Y) (mm)	-1.624382 x 10 ⁰
D(Z) (mm)	0.000000 x 10 ⁰
R(X) (deg)	0.000000 x 10 ⁰
R(Y) (deg)	0.000000 x 10 ⁰
R(Z) (deg)	0.000000 x 10 ⁰
D(XY) (mm)	1.624382 x 10 ⁰
D(YZ) (mm)	1.624382 x 10 ⁰
D(ZX) (mm)	0.000000 x 10 ⁰
D(XYZ) (mm)	1.624382 x 10 ⁰
R(XY) (deg)	0.000000 x 10 ⁰
R(YZ) (deg)	0.000000 x 10 ⁰
R(ZX) (deg)	0.000000 x 10 ⁰
R(XYZ) (deg)	0.000000 x 10 ⁰
X	1.556000 x 10 ³
Y	2.334000 x 10 ³
Z	0.000000 x 10 ⁰
X'	1.556000 x 10 ³
Y'	2.332376 x 10 ³
Z'	0.000000 x 10 ⁰

D(X) (mm)	0.000000 x 10 ⁰
D(Y) (mm)	-4.331686 x 10 ⁻¹
D(Z) (mm)	0.000000 x 10 ⁰
R(X) (deg)	0.000000 x 10 ⁰
R(Y) (deg)	0.000000 x 10 ⁰
R(Z) (deg)	0.000000 x 10 ⁰
D(XY) (mm)	4.331686 x 10 ⁻¹
D(YZ) (mm)	4.331686 x 10 ⁻¹
D(ZX) (mm)	0.000000 x 10 ⁰
D(XYZ) (mm)	4.331686 x 10 ⁻¹
R(XY) (deg)	0.000000 x 10 ⁰
R(YZ) (deg)	0.000000 x 10 ⁰
R(ZX) (deg)	0.000000 x 10 ⁰
R(XYZ) (deg)	0.000000 x 10 ⁰
X	1.556000 x 10 ³
Y	2.334000 x 10 ³
Z	0.000000 x 10 ⁰
X'	1.556000 x 10 ³
Y'	2.333567 x 10 ³
Z'	0.000000 x 10 ⁰

Spostamenti del nodo di mezzeria della trave per valori del carico distribuito di 150 kN/m, a sinistra, e di 40 kN/m, a destra

D(X) (mm)	6.377334 x 10 ⁻²
D(Y) (mm)	-6.344637 x 10 ⁻¹
D(Z) (mm)	0.000000 x 10 ⁰
R(X) (deg)	0.000000 x 10 ⁰
R(Y) (deg)	0.000000 x 10 ⁰
R(Z) (deg)	-6.181539 x 10 ⁻²
D(XY) (mm)	6.376607 x 10 ⁻¹
D(YZ) (mm)	6.344637 x 10 ⁻¹
D(ZX) (mm)	6.377334 x 10 ⁻²
D(XYZ) (mm)	6.376607 x 10 ⁻¹
R(XY) (deg)	0.000000 x 10 ⁰
R(YZ) (deg)	6.181539 x 10 ⁻²
R(ZX) (deg)	6.181539 x 10 ⁻²
R(XYZ) (deg)	6.181539 x 10 ⁻²
X	0.000000 x 10 ⁰
Y	4.668000 x 10 ³
Z	0.000000 x 10 ⁰
X'	6.377334 x 10 ⁻²
Y'	4.667366 x 10 ³
Z'	0.000000 x 10 ⁰

D(X) (mm)	1.700623 x 10 ⁻²
D(Y) (mm)	-1.691903 x 10 ⁻¹
D(Z) (mm)	0.000000 x 10 ⁰
R(X) (deg)	0.000000 x 10 ⁰
R(Y) (deg)	0.000000 x 10 ⁰
R(Z) (deg)	-1.648410 x 10 ⁻²
D(XY) (mm)	1.700429 x 10 ⁻¹
D(YZ) (mm)	1.691903 x 10 ⁻¹
D(ZX) (mm)	1.700623 x 10 ⁻²
D(XYZ) (mm)	1.700429 x 10 ⁻¹
R(XY) (deg)	0.000000 x 10 ⁰
R(YZ) (deg)	1.648410 x 10 ⁻²
R(ZX) (deg)	1.648410 x 10 ⁻²
R(XYZ) (deg)	1.648410 x 10 ⁻²
X	0.000000 x 10 ⁰
Y	4.668000 x 10 ³
Z	0.000000 x 10 ⁰
X'	1.700623 x 10 ⁻²
Y'	4.667831 x 10 ³
Z'	0.000000 x 10 ⁰

Spostamenti del nodo di estremità della colonna per valori del carico distribuito di 150 kN/m, a sinistra, e di 40 kN/m, a destra

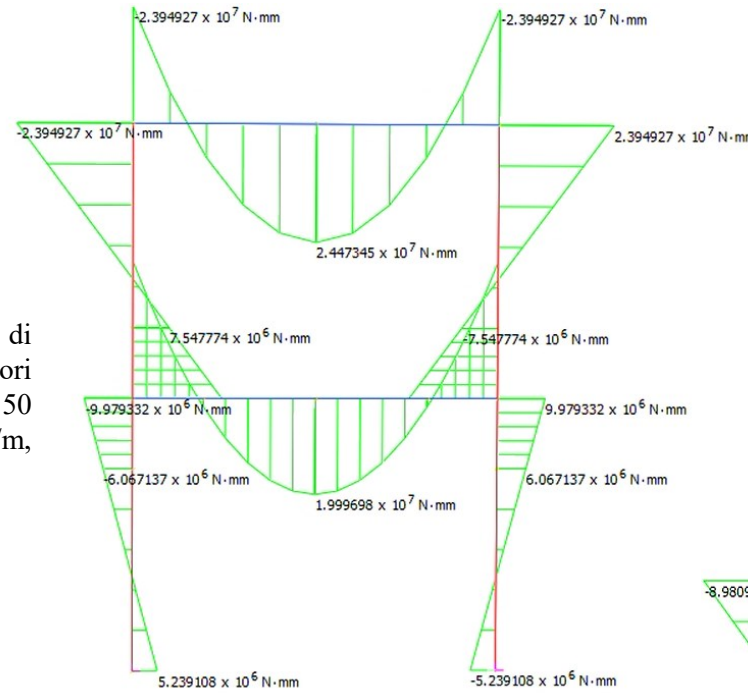


Diagramma momento flettente per un carico di 40 kN/m

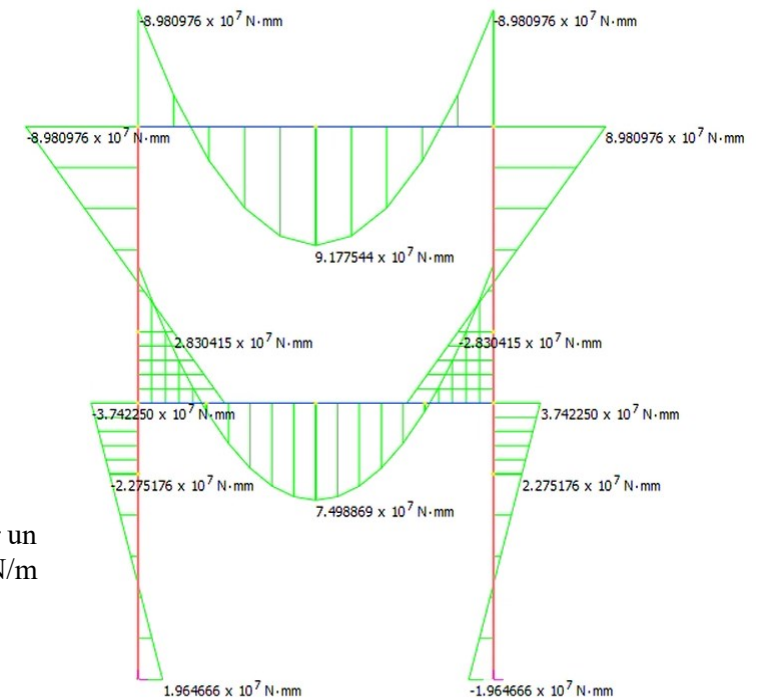
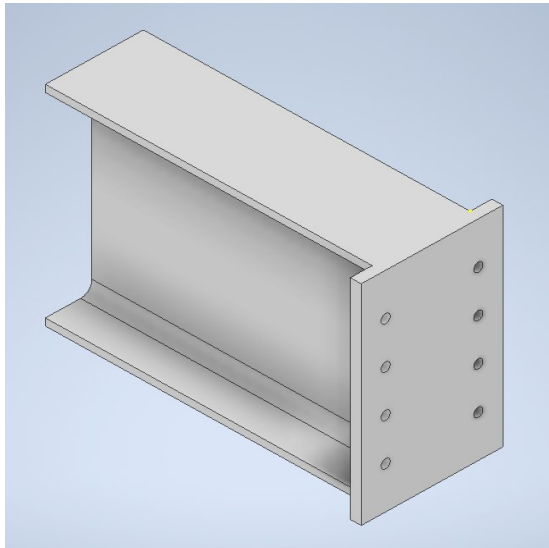
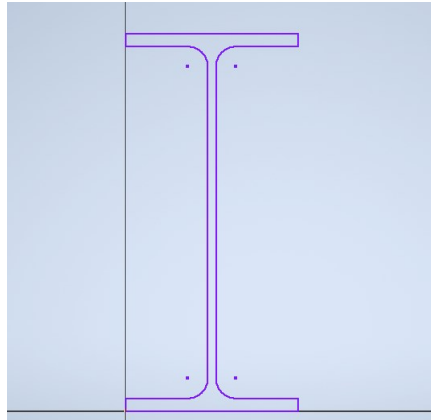


Diagramma momento flettente per un carico di 150 kN/m

Modello della trave:

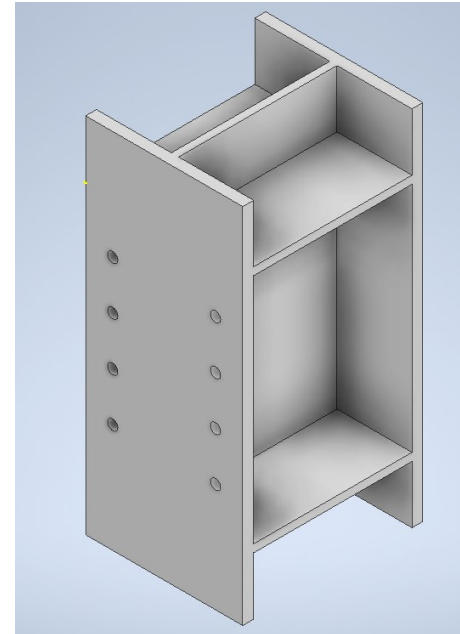
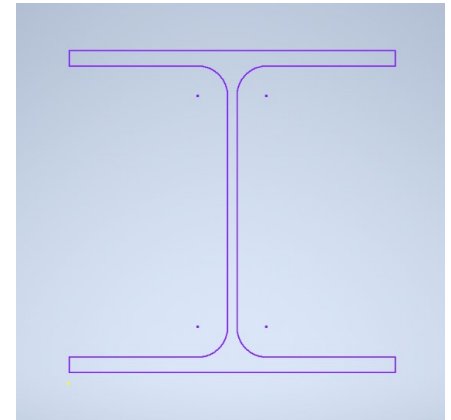
Profilo della trave



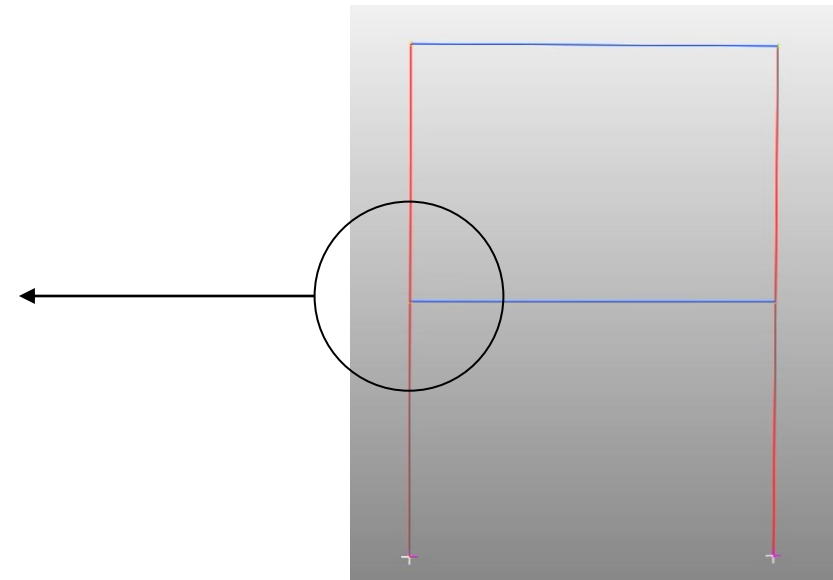
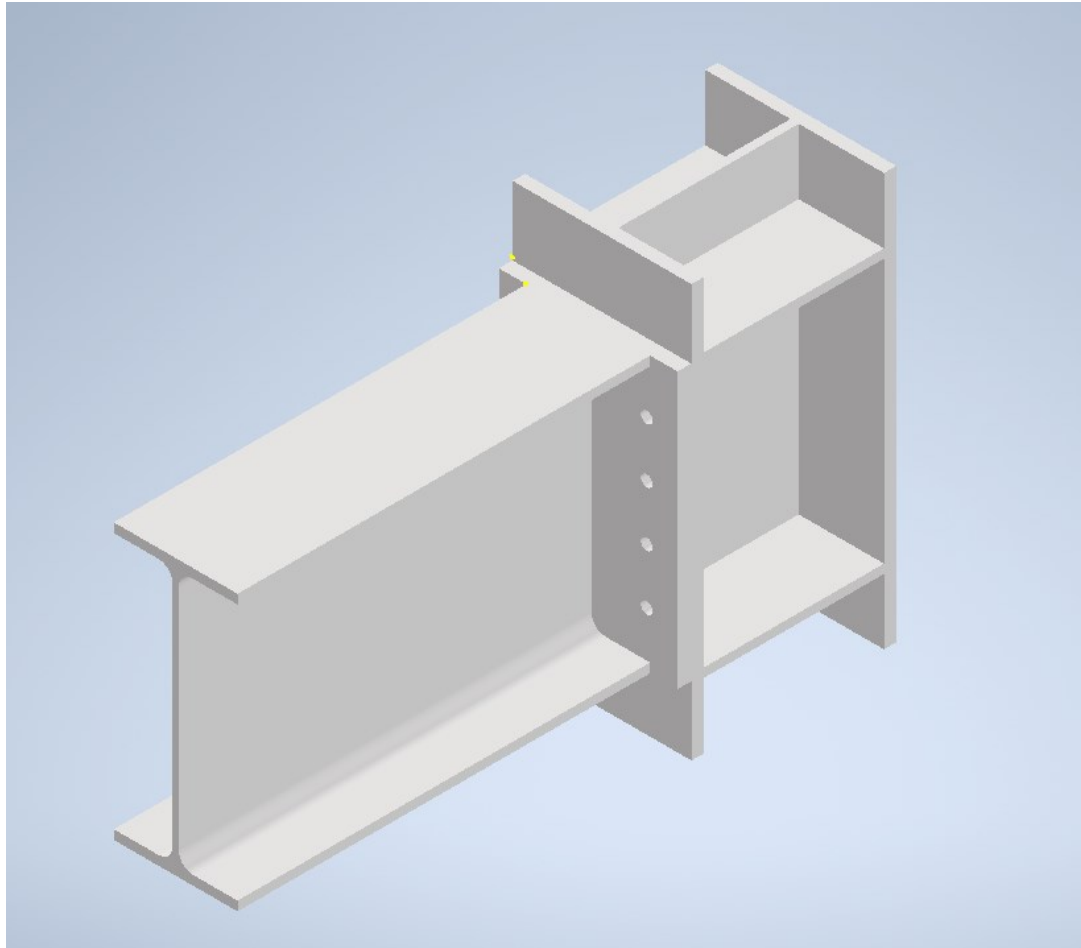
Estrusione del profilo
Aggiunta piatto d'estremità
Realizzazione fori

Modello della colonna:

Profilo della colonna



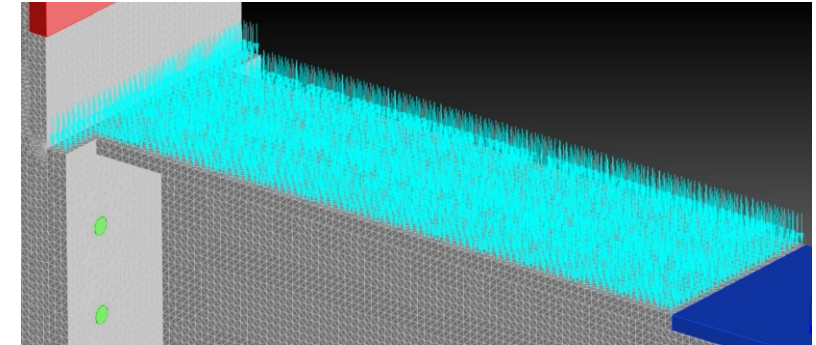
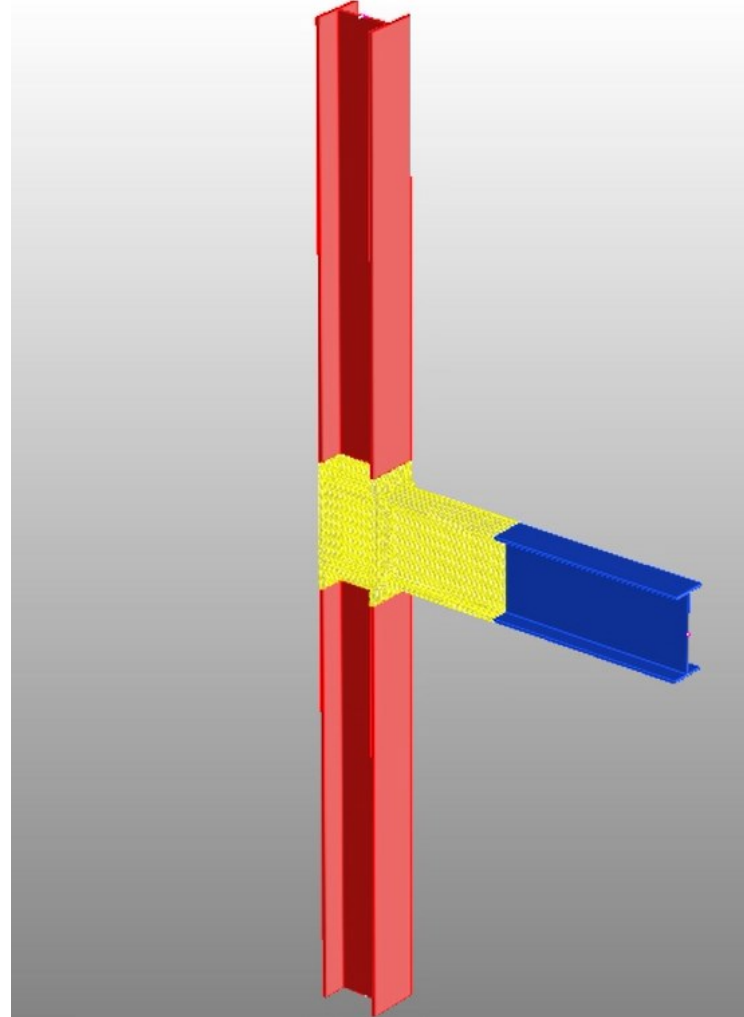
Estrusione del profilo
Aggiunta piatti orizzontali
Realizzazione fori



- Estrazione del giunto trave-colonna dal modello globale.
- Modello locale come assieme composto da due elementi, trave e colonna.

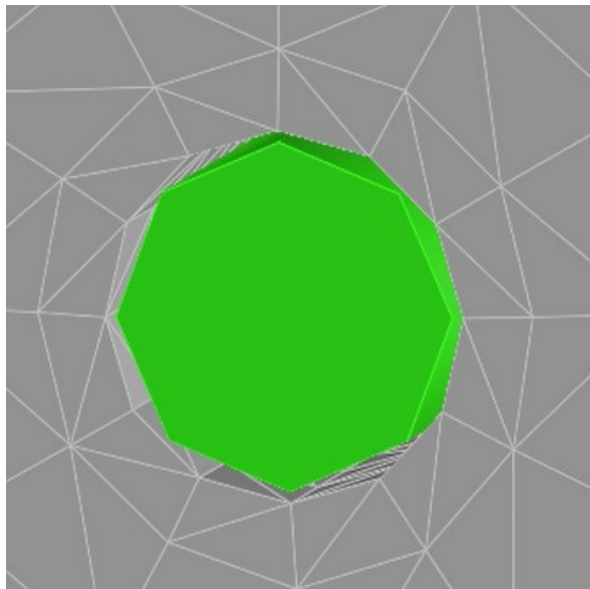
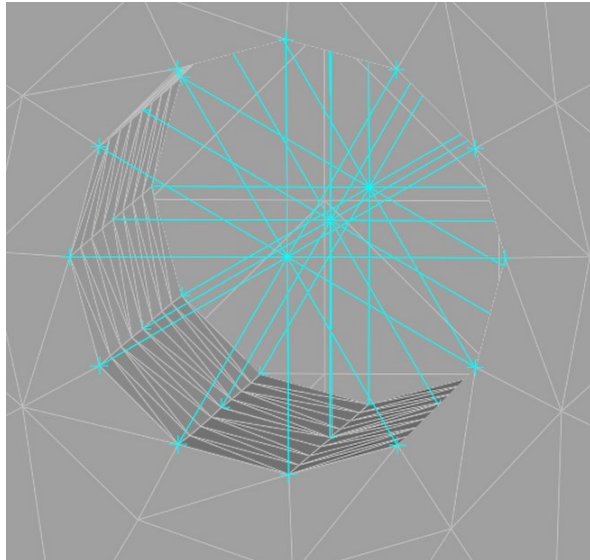
Fasi per lo studio del modello:

- Discretizzazione della geometria.
- Definizione del materiale: acciaio strutturale.
- Inserimento di elementi beam di estensione per trave e colonna e in corrispondenza dei fori per simulare il comportamento dei bulloni.
- Assegnazione materiale e geometria degli elementi beam.
- Applicazione carichi distribuiti.
- Definizione dei vincoli e delle condizioni cinematiche ai nodi di estremità.
- Attachment area di contatto.



Dettaglio della pressione applicato agli elementi brick

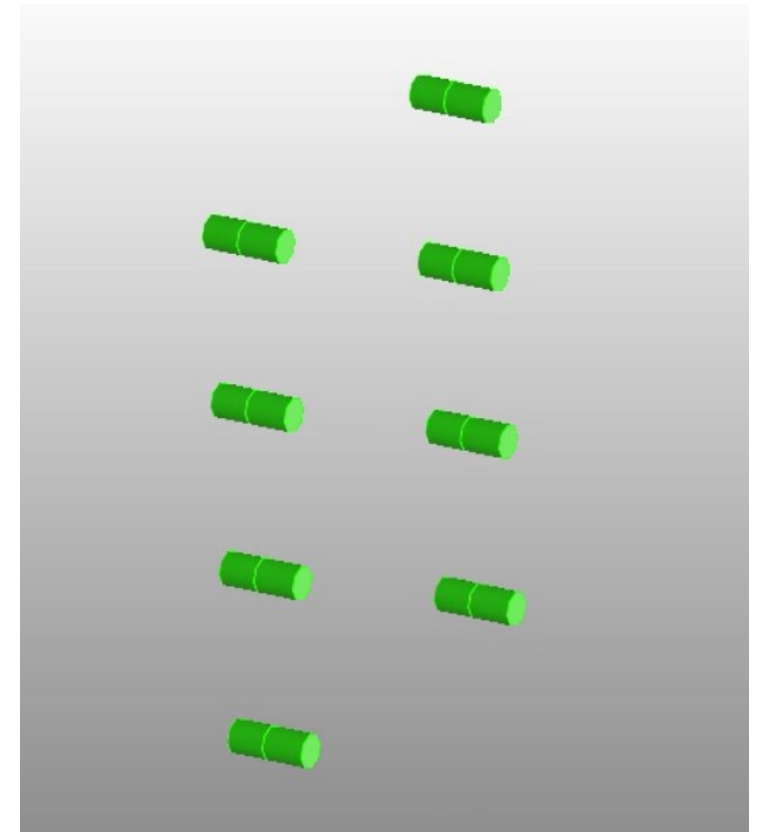
Modello locale ed elementi beam connessi

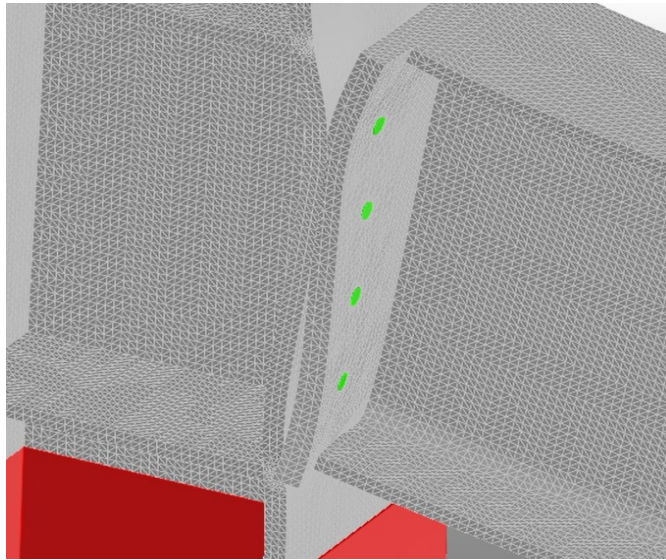


- Creazione nodi baricentrici delle sezioni dei fori alle estremità e alla zona di contatto tra trave e colonna.
- Creazione rigid link che collegano i nodi della superficie del foro a quelli baricentrici.
- Inserimento degli elementi beam con supporto i tre nodi baricentrici.
- Assegnazione materiale, acciaio strutturale, e geometria, sezione circolare piena.

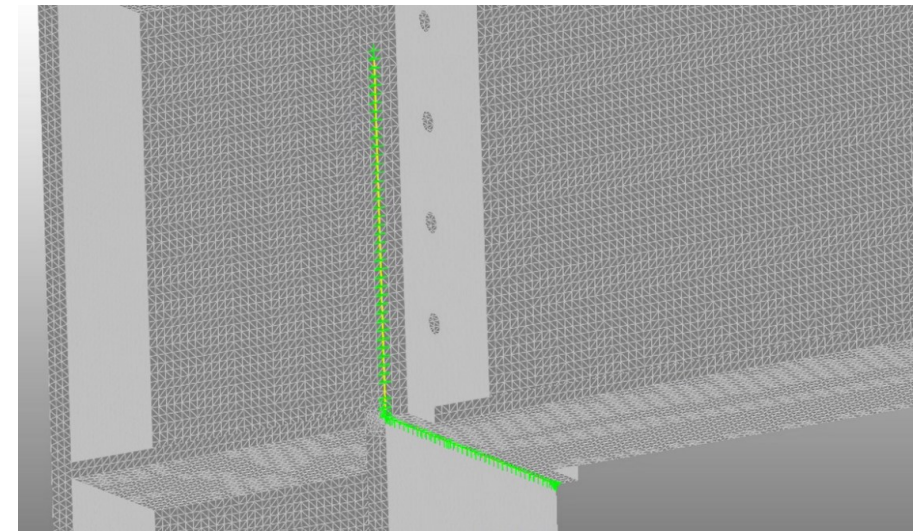
Rigid link, sopra, ed elemento beam, sotto.

Elementi beam a simulazione del comportamento dei bulloni



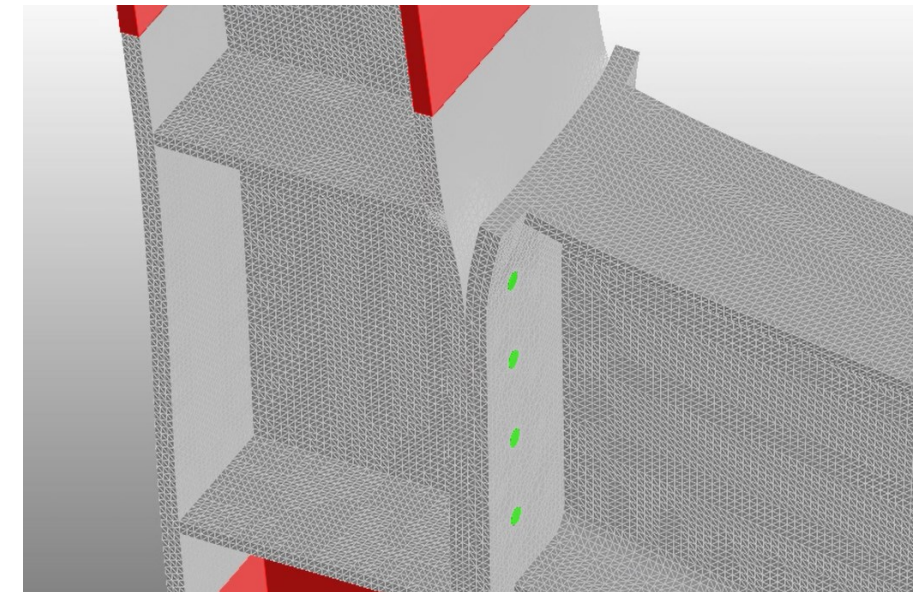


Deformata con
comportamento del giunto a
cerniera



Attachment nella zona di
contatto tra trave e colonna

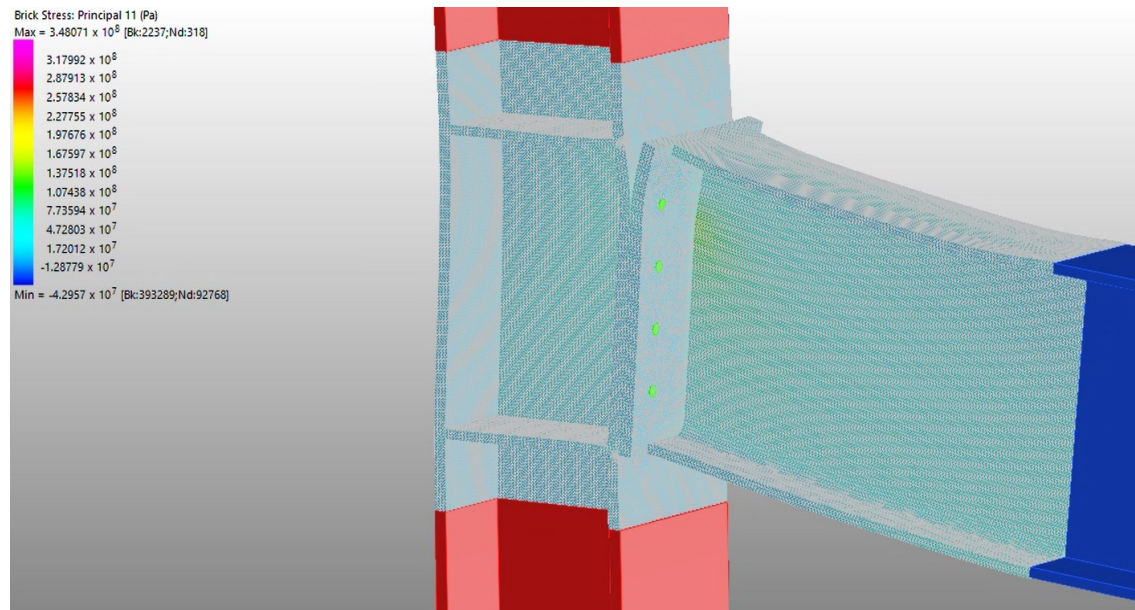
- Deformata della struttura:
il giunto si comporta come una cerniera
- Realizzazione saldatura nella zona di contatto tra
trave e colonna in cui le geometrie compenetrano
- Nuova deformata della struttura:
il giunto di comporta come un mutuo incastro



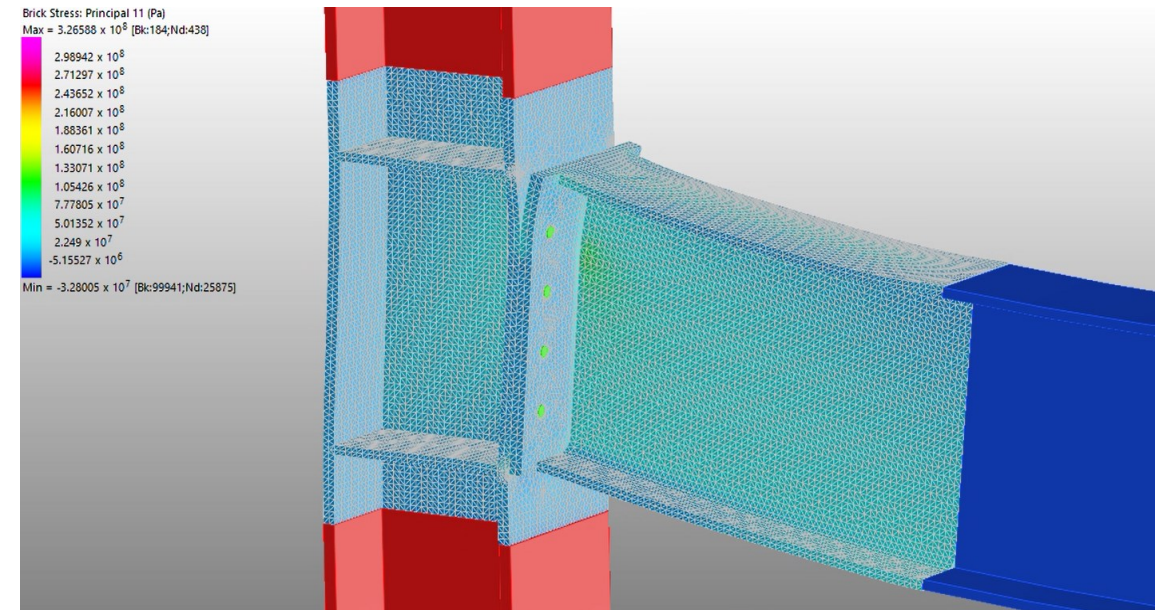
Deformata con
comportamento del giunto ad
incastro

- Risultati ottenuti per tre diversi gradi di infittimento della mesh.
- Per la mesh intermedia, risultati per due diverse sollecitazioni applicate

➤ Stress principali 11

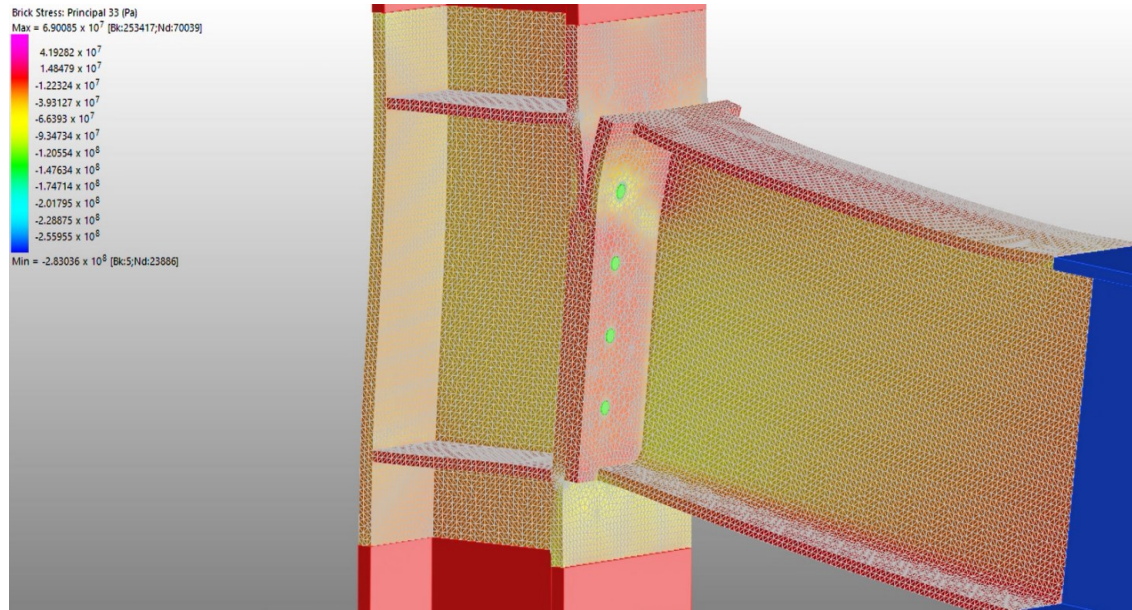


Mappa delle tensioni nel modello con mesh intermedia e carico distribuito di 150 kN/m

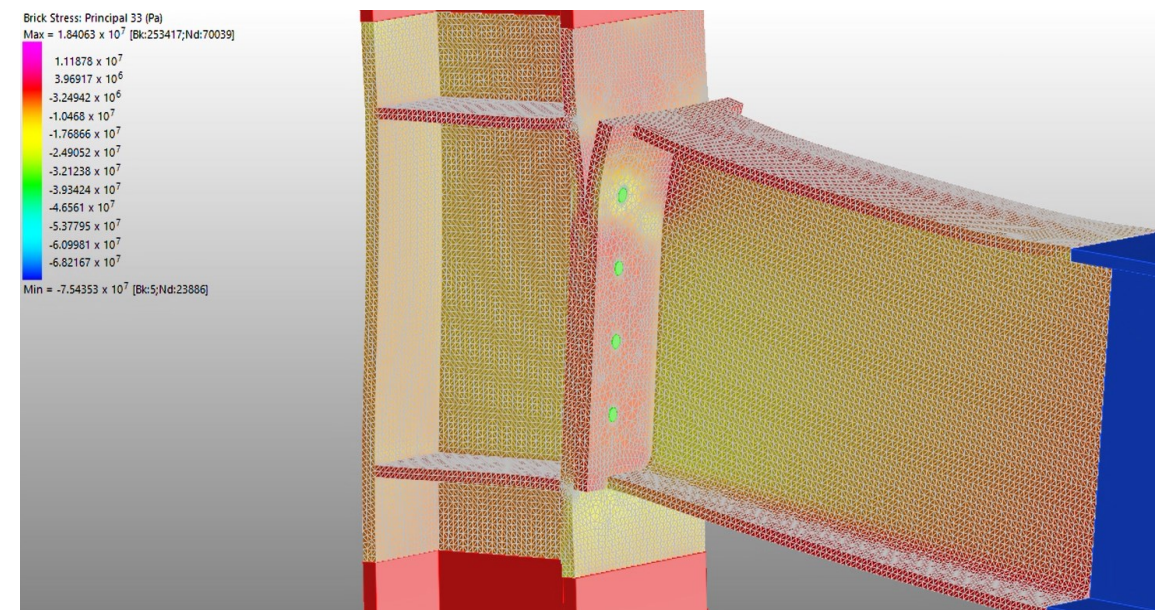


Mappa delle tensioni nel modello con mesh intermedia e carico distribuito di 40 kN/m

➤ Stress principali 33

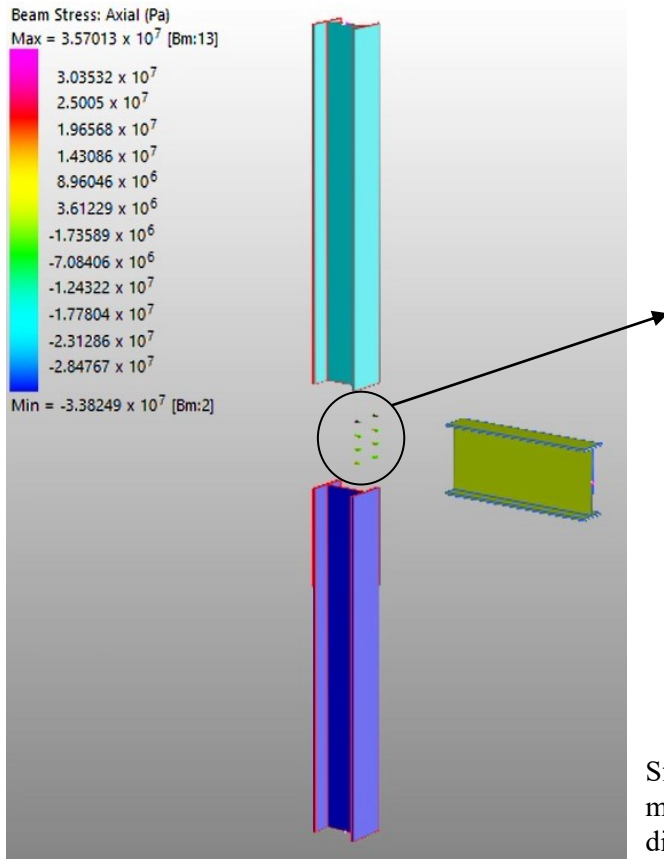


Mappa delle tensioni nel modello con mesh intermedia e carico distribuito di 150 kN/m

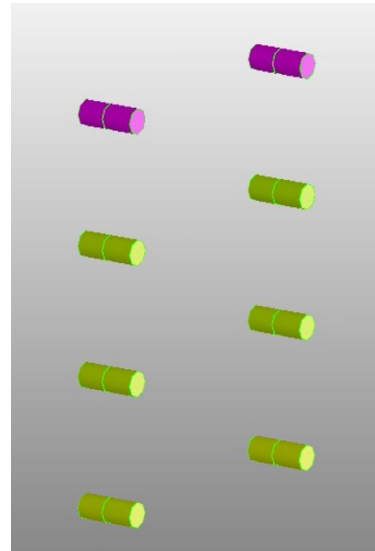


Mappa delle tensioni nel modello con mesh intermedia e carico distribuito di 40 kN/m

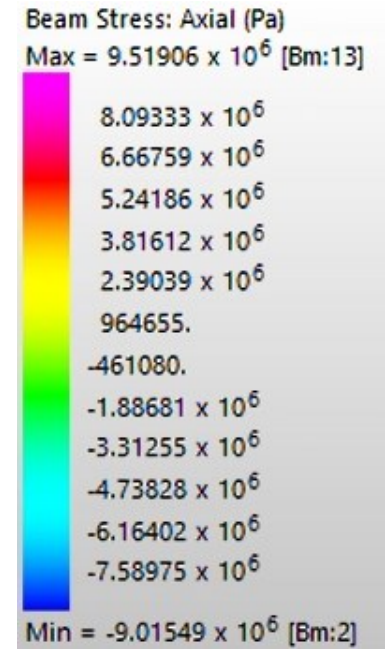
➤ Sforzo assiale beam



Sforzi assiali agenti sugli elementi beam nel modello con mesh intermedia e carico distribuito di 150 kN/m

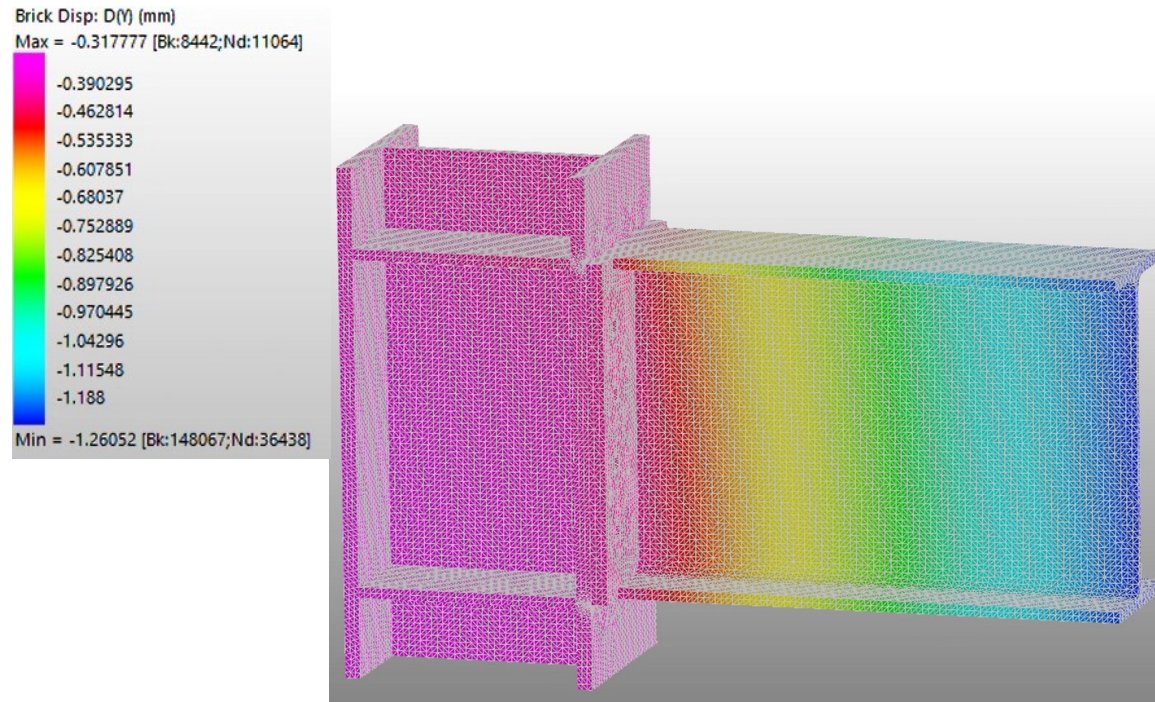


Dettaglio degli elementi beam dei bulloni

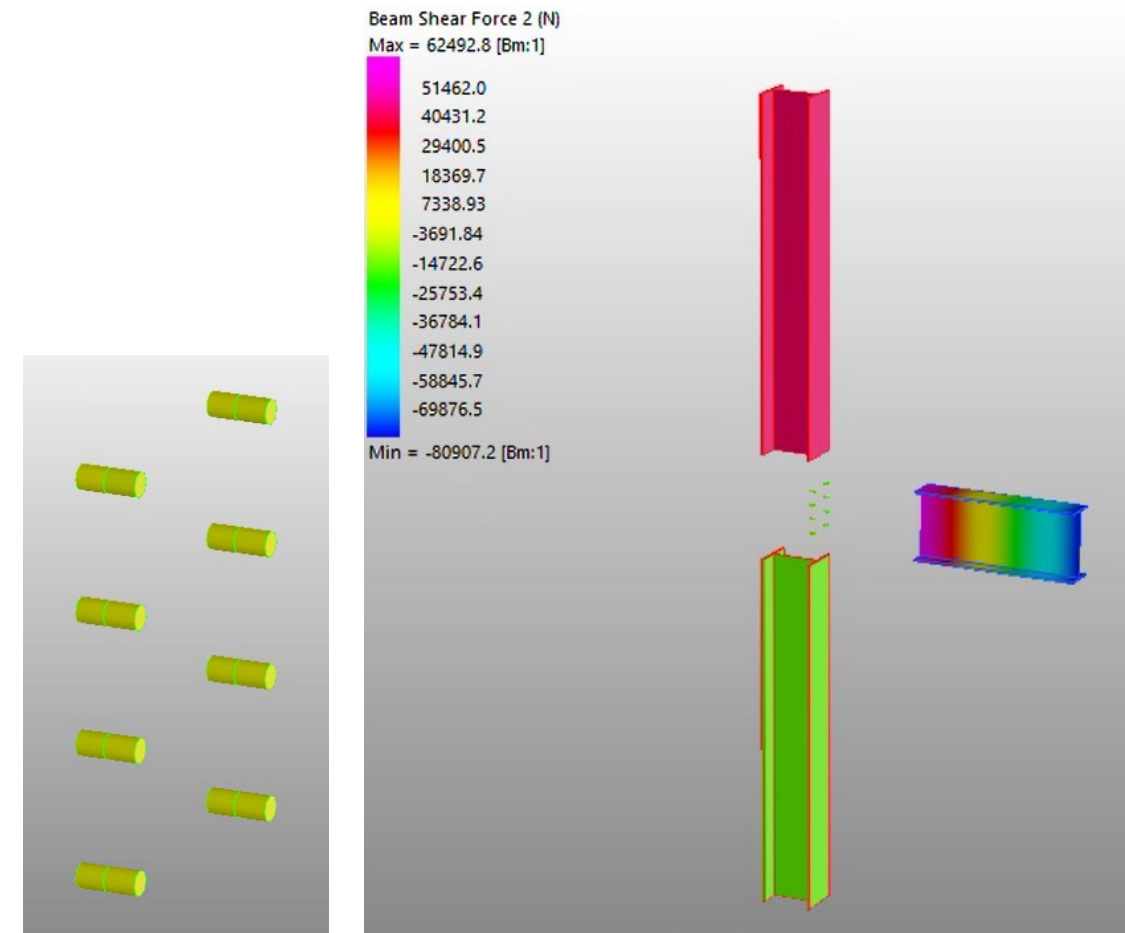


Valori degli sforzi assiali nel caso di carico distribuito di 40 kN/m

➤ Spostamenti lungo l'asse Y



➤ Sforzo di taglio lungo l'asse Y



Distribuzione degli spostamenti verticali per gli elementi brick, a sinistra, distribuzione degli sforzi di taglio lungo Y per gli elementi beam, a destra.

Tramite l'analisi FEM si è potuto verificare:

- I risultati ottenuti non dipendono dalla discretizzazione della mesh. Perciò per avere un giusto compromesso tra qualità dei risultati e costo computazionale è conveniente utilizzare una mesh intermedia.
- La deformata del modello locale è concorde con quanto atteso dal modello globale ed in linea con la fisica del problema reale.
- Il legame di proporzionalità lineare tra carichi applicati e risposta, in quanto la struttura lavora in campo lineare elastico.
- Le zone più sollecitate della struttura sono le superfici in corrispondenza dei fori della fila superiore. Si nota un picco di tensioni in corrispondenza dell'estradosso.

