

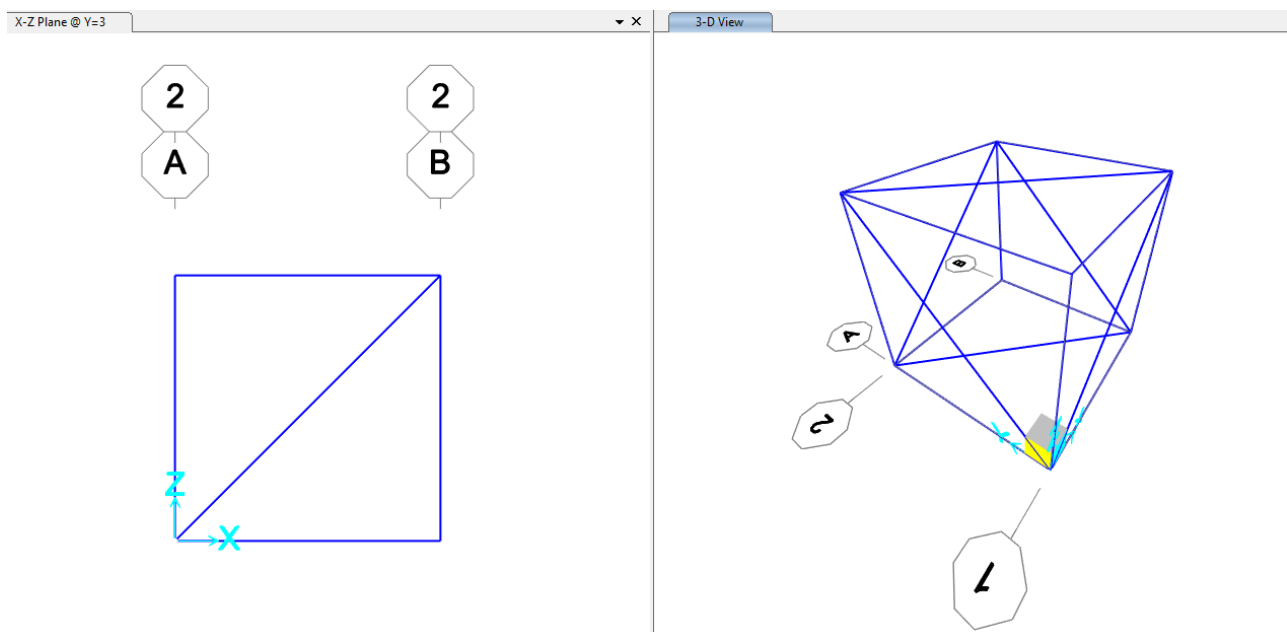
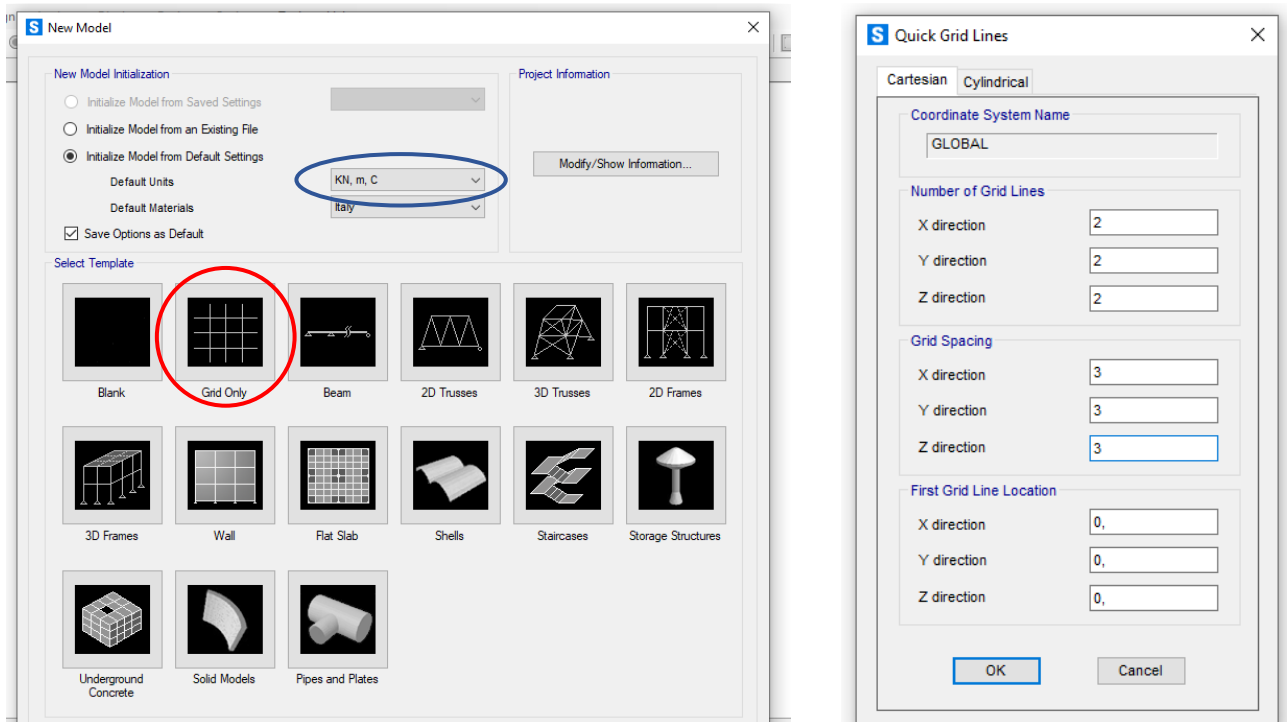
## ESERCITAZIONE 1

### Dimensionamento delle aste tese e compresse di una trave reticolare spaziale

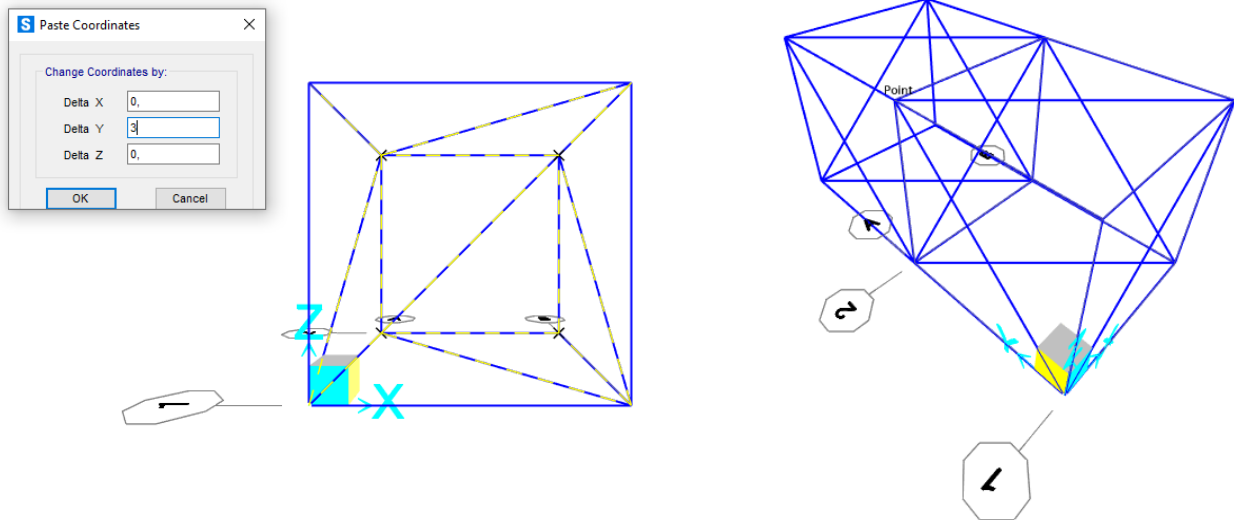
Rappresentiamo e studiamo una trave reticolare tramite SAP2000.

Per prima cosa dobbiamo disegnare un cubo controventato che rappresenta un modulo della nostra trave; per farlo possiamo sfruttare la griglia.

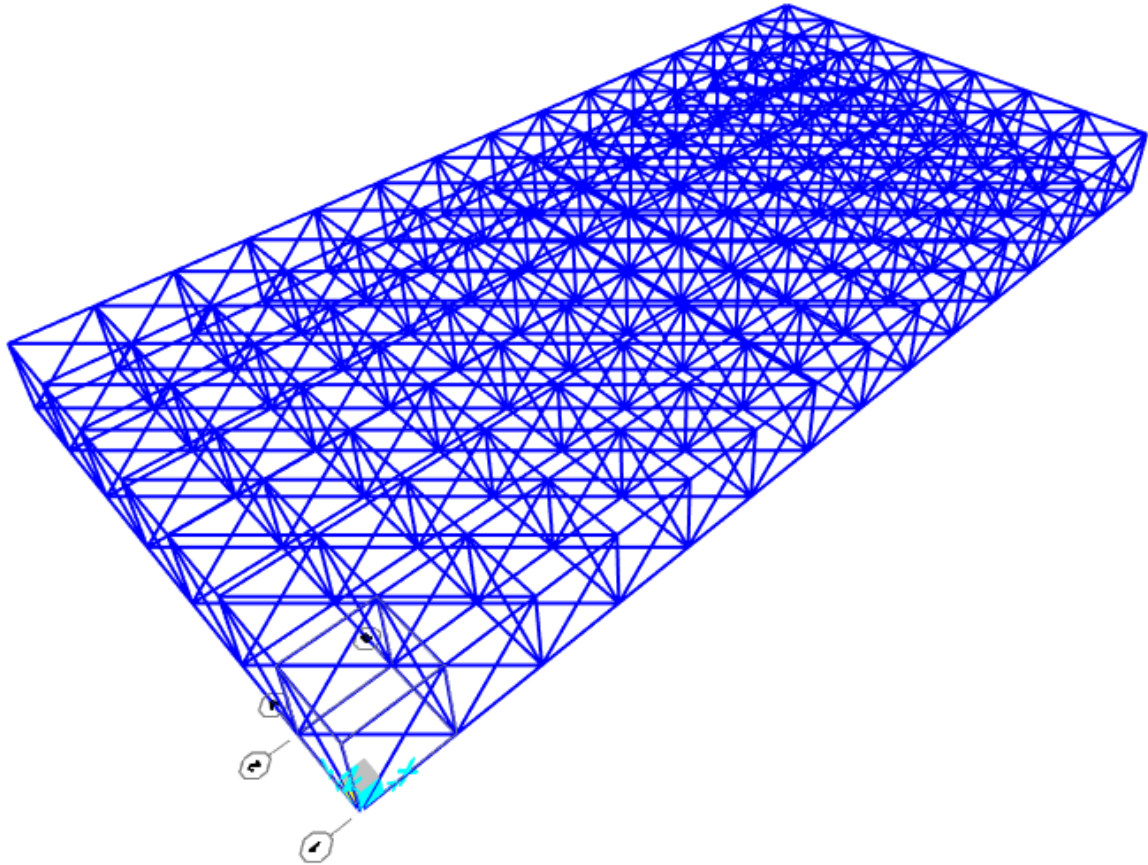
(NB: controllare che le unità di misura siano impostate su KN,m,C)



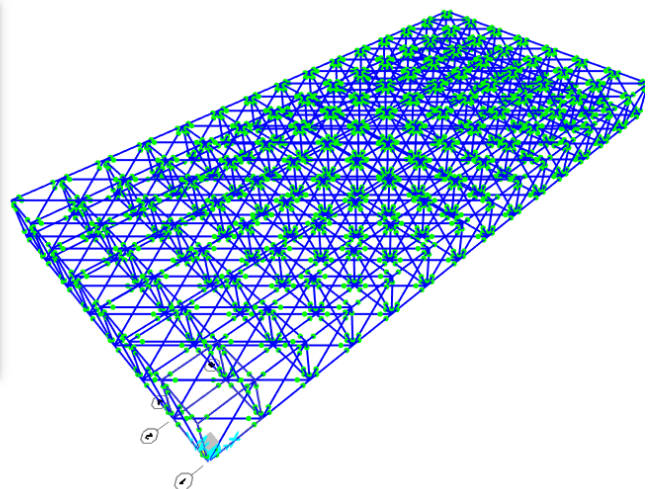
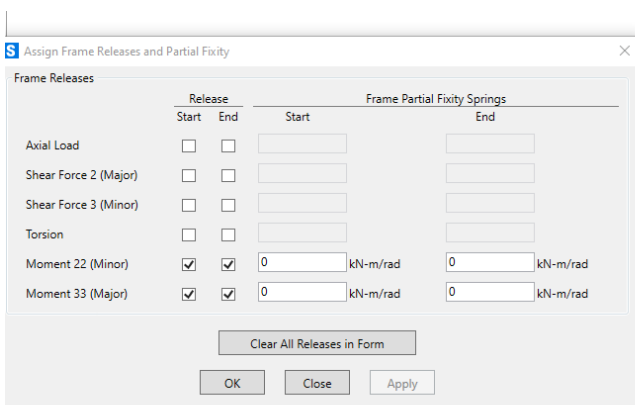
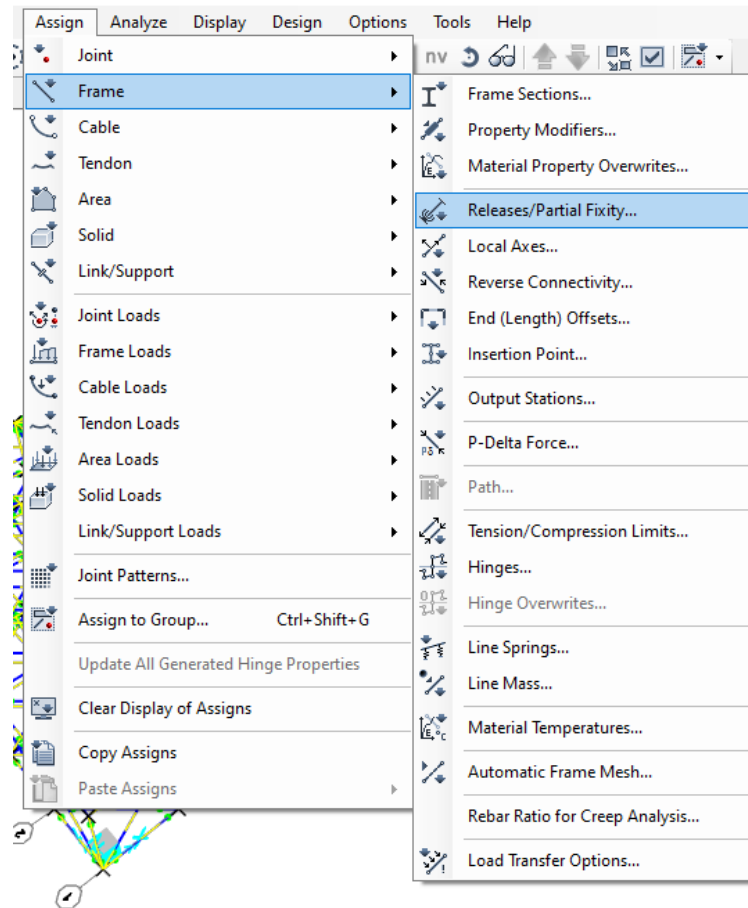
A partire da questo modulo possiamo copiare e incollare gli elementi lungo le direzioni X e Y fino ad ottenere la reticolare della forma e dimensioni desiderate: nel nostro caso avremo 14 moduli lungo l'asse X (per un totale di 42 m di lunghezza) e 7 moduli lungo Y (21 m).



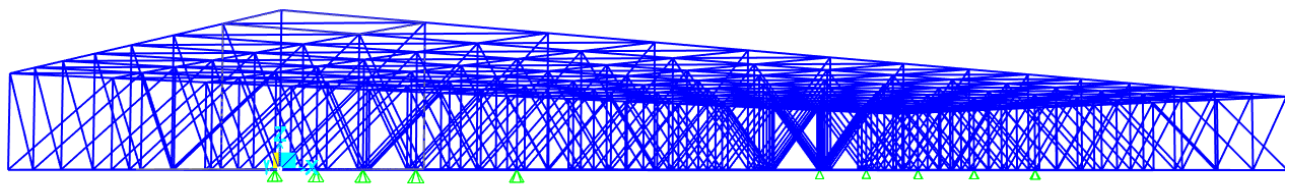
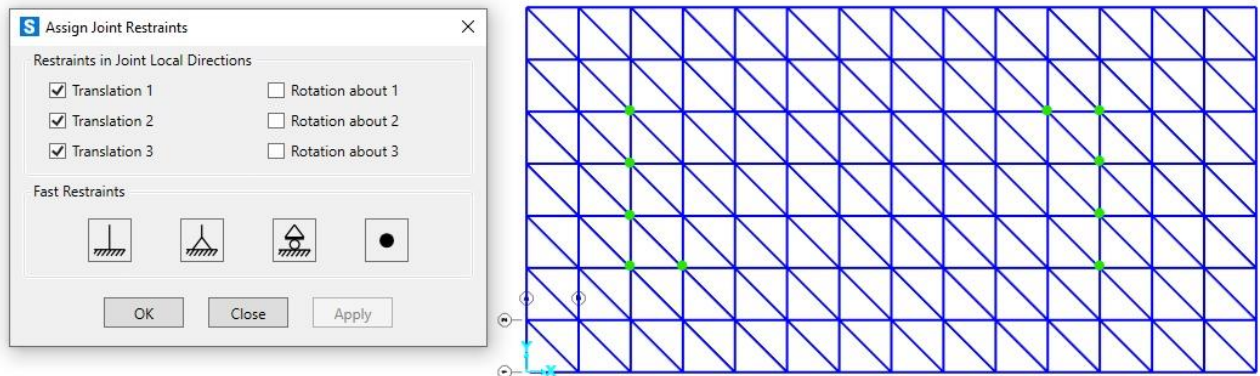
(NB: non ho selezionato le aste sul piano XZ altrimenti copiando lungo la direzione Y avrei creato delle sovrapposizioni di elementi)



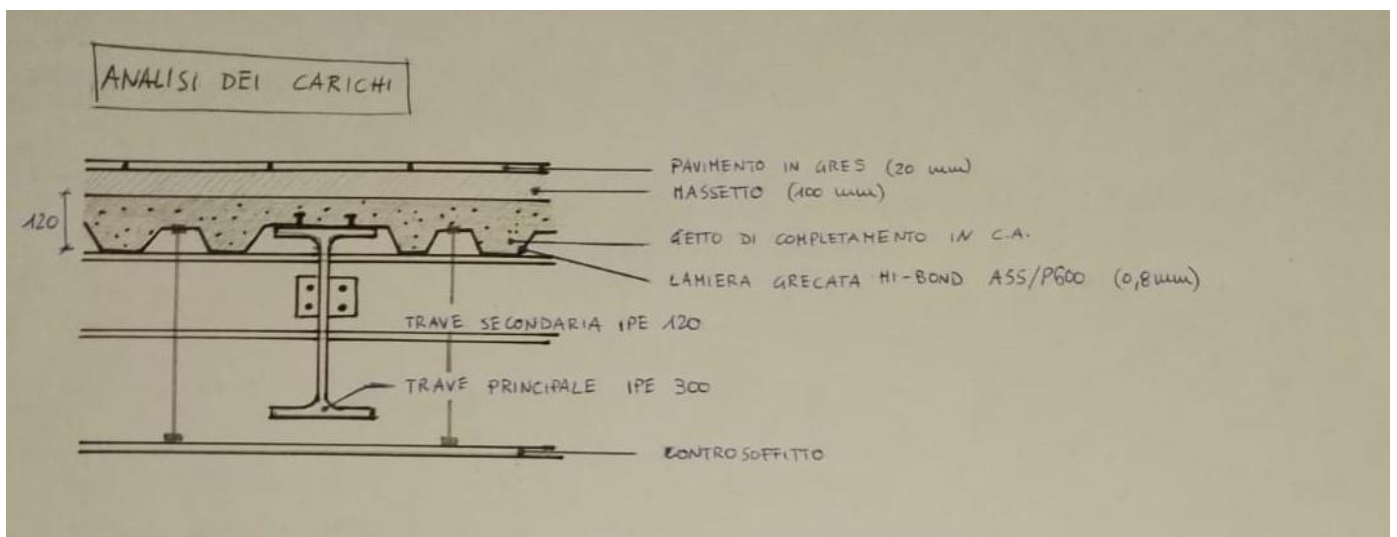
Dopo aver assegnato a tutti gli elementi un'ipotetica sezione (circolare cava "pipe") che andremo poi a cambiare dopo il dimensionamento, impostiamo i rilasci dei momenti in modo da creare delle cerniere interne sui nodi della trave affinché questi non trasmettano il momento, in quanto una trave reticolare è soggetta solamente a sforzo normale.



Vincoliamo la struttura assegnando dei vincoli cerniera.



A questo punto dobbiamo definire i carichi che graveranno sulla nostra struttura:



• Carico permanente strutturale ( $G_{k1}$ ):

- lamiera grecata :  $0,11 \frac{KN}{m^2}$  (da catalogo)
  - soletta :  $25 \frac{KN}{m^3} \cdot (0,065 + \frac{4055}{2}) m = 2,32 \frac{KN}{m^2}$
- }  $\rightarrow G_{k1} = (2,32 + 0,11) \frac{KN}{m^2} = 2,43 \frac{KN}{m^2}$

• Carico permanente non strutturale ( $G_{k2}$ ):

- pavimento ( $q_{ps}$ ) :  $0,40 \frac{KN}{m^2}$
  - massetto :  $20 \frac{KN}{m^3} \cdot 0,1 m = 2 \frac{KN}{m^2}$
  - incidenza impianti :  $0,1 \frac{KN}{m^2}$
  - controsoffitto :  $0,06 \frac{KN}{m^2}$
  - incidenza tramezzi :  $1,60 \frac{KN}{m^2}$
- }  $\rightarrow G_{k2} = (0,4 + 2 + 0,1 + 0,06 + 1,60) \frac{KN}{m^2} = 4,16 \frac{KN}{m^2}$

• Carico variabile ( $Q_k$ ):

NTC 2018 : Cat. B - Uffici  $3 \frac{KN}{m^2}$

$$q_{SLU} = (1,3 \cdot 2,43 + 1,5 + 4,16 + 1,5 \cdot 3) \frac{KN}{m^2} \approx 14 \frac{KN}{m^2}$$

Dato il carico  $q_{SLU} = 14 \text{ KN/m}^2$ , moltiplicandolo per l'area di influenza del nodo e per il numero di piani del nostro edificio, stimiamo che sui nodi centrali agirà una forza pari a 500 KN, su quelli laterali sarà circa la metà, 250 KN, e sugli spigoli 125 KN.

|   | A                | B              | C              | D              | E              | F              | G              | H                   | I                  | J   |
|---|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------|--------------------|-----|
| 1 |                  | L <sub>1</sub> | L <sub>2</sub> | Area           | q <sub>s</sub> | q <sub>p</sub> | q <sub>a</sub> | q <sub>solaio</sub> | n <sub>piani</sub> | N   |
| 2 |                  | m              | m              | m <sup>2</sup> | kN/mq          | kN/mq          | kN/mq          | kN                  |                    | kN  |
| 3 | nodi centrali    | 3,00           | 3,00           | 9,00           | 2,43           | 4,16           | 3,00           | 125,09              | 4                  | 500 |
| 4 | nodi perimetrali | 1,50           | 3,00           | 4,50           | 2,43           | 4,16           | 3,00           | 62,55               | 4                  | 250 |
| 5 | nodi angolari    | 1,50           | 1,50           | 2,25           | 2,43           | 4,16           | 3,00           | 31,27               | 4                  | 125 |

Applichiamo i carichi al modello di SAP.

### Define Load Patterns

| Load Pattern Name | Type | Self Weight Multiplier | Auto Lateral Load Pattern |
|-------------------|------|------------------------|---------------------------|
| q                 | Dead | 0                      |                           |
| DEAD              | Dead | 1                      |                           |
| q                 | Dead | 0                      |                           |

Click To:

- Add New Load Pattern
- Add Copy of Load Pattern
- Modify Load Pattern
- Modify Lateral Load Pattern...
- Delete Load Pattern
- Show Load Pattern Notes...

OK Cancel

### Assign Joint Forces

General

Load Pattern: q

Coordinate System: GLOBAL

Forces

Force Global X: 0 kN

Force Global Y: 0 kN

Force Global Z: -125 kN

Moment about Global X: 0 kN-m

Moment about Global Y: 0 kN-m

Moment about Global Z: 0 kN-m

Options

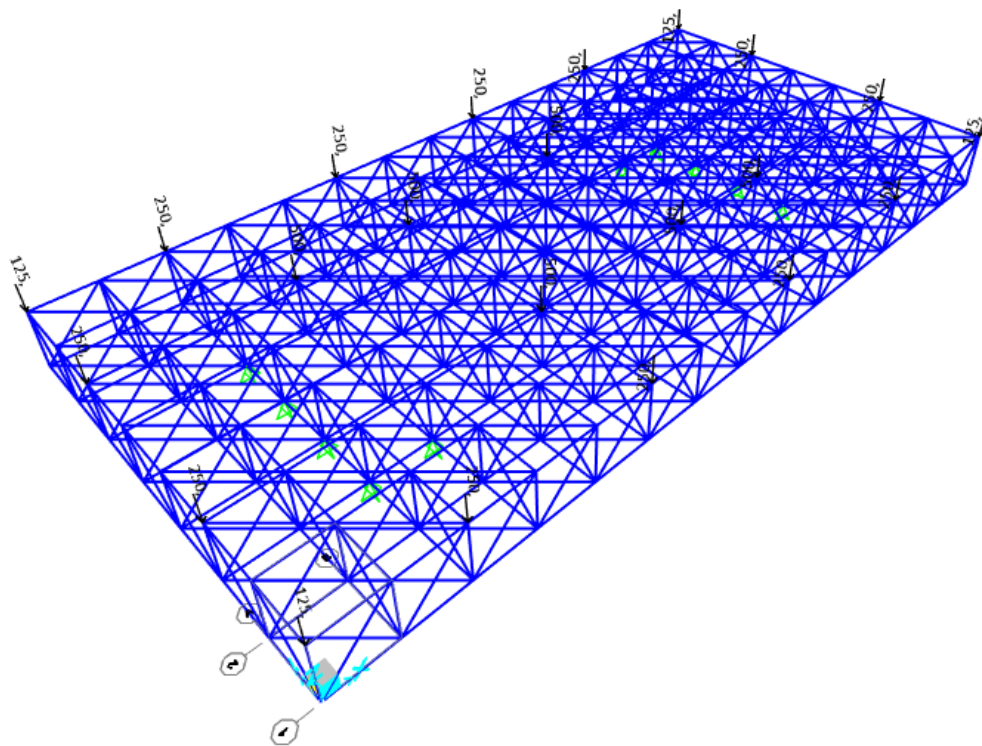
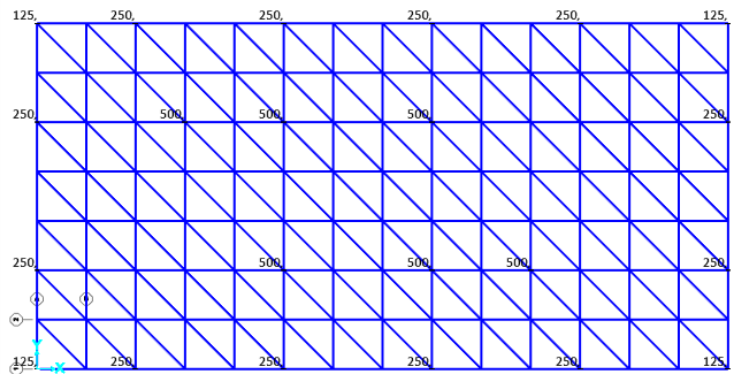
Add to Existing Loads

Replace Existing Loads

Delete Existing Loads

Reset Form to Default Values

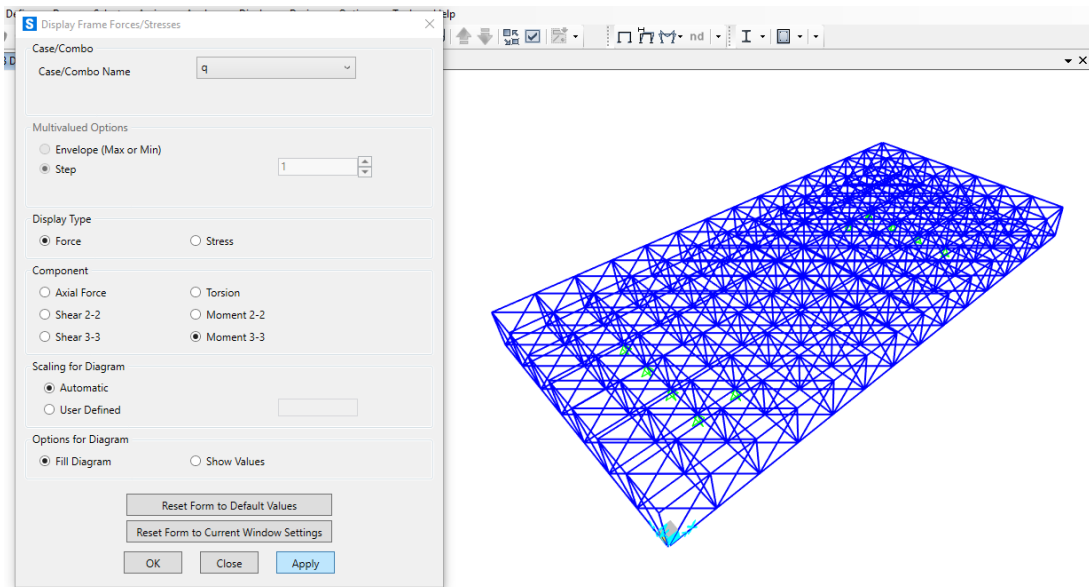
OK Close Apply



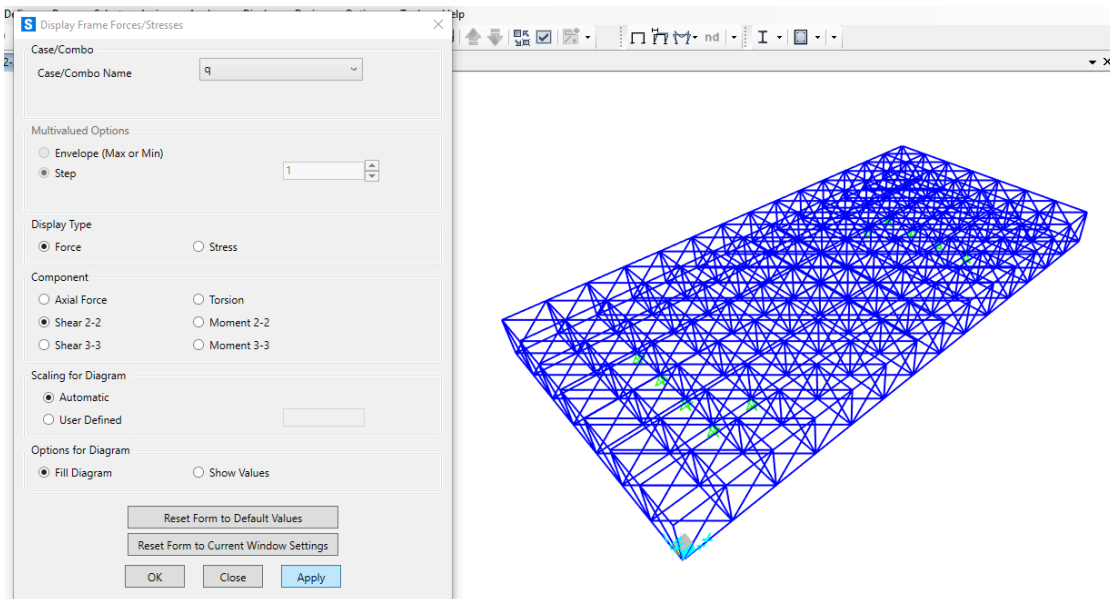


A questo punto possiamo lanciare l'analisi e verificare che:

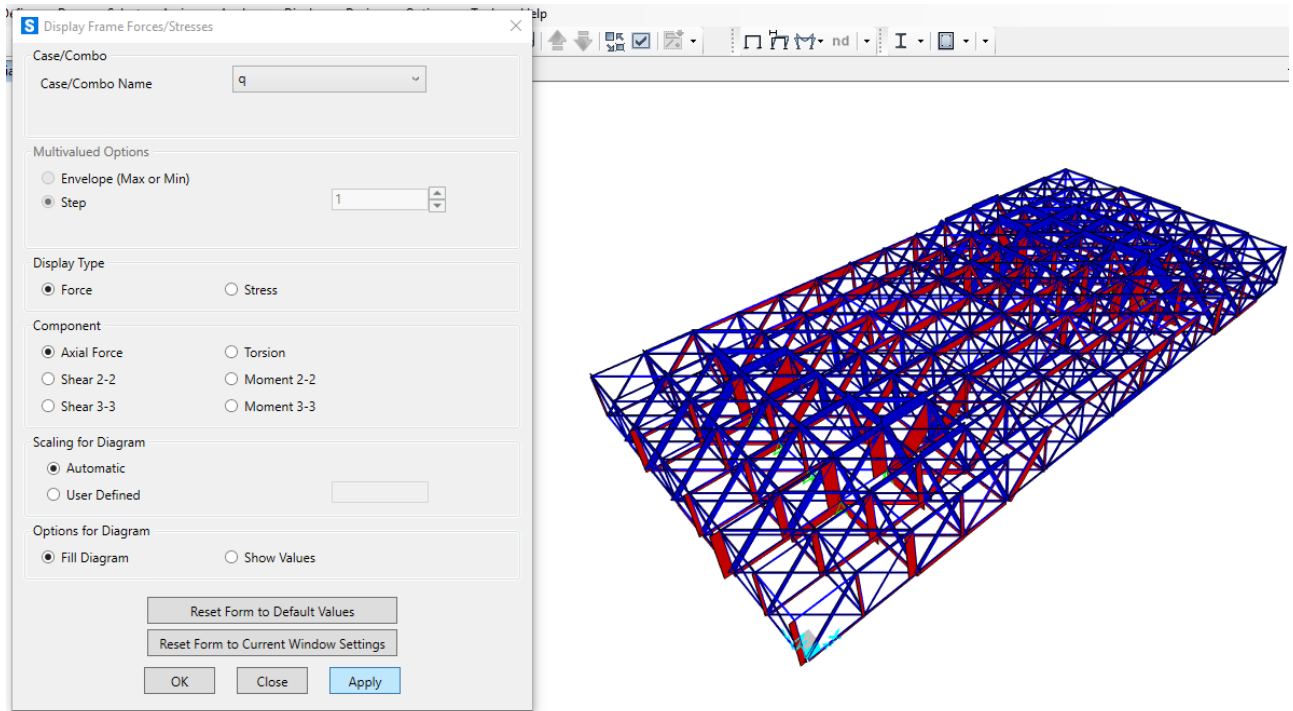
il momento sulle aste sia nullo



e di conseguenza anche il taglio.



L'unico contributo che avremo sarà lo sforzo assiale.



Passiamo al pre-dimensionamento.

Una volta effettuata l'analisi possiamo esportare la tabella "Element forces – frames" su Excel. I dati ottenuti dovranno essere filtrati in modo da eliminare le informazioni superflue.

La tabella verrà poi ordinata in due grandi gruppi per le aste in trazione e quelle in compressione.

Per ogni gruppo vengono individuate 4 categorie a seconda dello sforzo normale (circa ogni 200 KN), in modo da ottenere 8 valori (4 per la compressione e 4 per la trazione) per dimensionare le aste.

Procediamo con i calcoli, dai quali otterremo l'area minima (+ l'inerzia minima nel caso delle aste compresse) con la quale possiamo andare a scegliere da sagomario la sezione con area maggiore a quella trovata.

Compressione:

| TABLE: Element Forces - Frames |         |            |   | Calcolo dell'area minima da sforzo di |                   |                 |                   |                  |           |      | Calcolo dell'inerzia minima per sforzo di compressione (instabilità euleriana) |       |         |                  |                     | Ingegnierizzazione sezione e verifica |         |        |           |
|--------------------------------|---------|------------|---|---------------------------------------|-------------------|-----------------|-------------------|------------------|-----------|------|--|-------|---------|------------------|---------------------|---------------------------------------|---------|--------|-----------|
| Frame                          | Station | OutputCase | N | N                                     | f <sub>yk</sub>   | γ <sub>m0</sub> | f <sub>yd</sub>   | A <sub>min</sub> | E         | beta | I  | Lam*  | rho_min | I <sub>min</sub> | A <sub>design</sub> | I <sub>design</sub>                   | rho_min | Iam    | Profilo   |
|                                |         |            |   | kN                                    | N/mm <sup>2</sup> |                 | N/mm <sup>2</sup> | cm <sup>2</sup>  | Mpa       |      | m  |       | cm      | cm <sup>4</sup>  | cm <sup>2</sup>     | cm <sup>4</sup>                       | cm      |        | mm        |
| C1                             | 717     | 0          | q | -852,824                              | 235,00            | 1,05            | 223,81            | 38,10            | 210000,00 | 1,00 | 3,00   | 96,23 | 3,12    | 370              | 39,5                | 2247                                  | 7,54    | 39,79  | 219,1*5,9 |
| C2                             | 650     | 0          | q | -591,64                               | 235,00            | 1,05            | 223,81            | 26,43            | 210000,00 | 1,00 | 3,00   | 96,23 | 3,12    | 257              | 27,0                | 1564                                  | 7,61    | 39,42  | 219,1*4,0 |
| C3                             | 408     | 0          | q | -395,31                               | 235,00            | 1,05            | 223,81            | 17,66            | 210000,00 | 1,00 | 3,00   | 96,23 | 3,12    | 172              | 19,1                | 437                                   | 4,78    | 62,76  | 139,7*4,5 |
| C4                             | 854     | 0          | q | -199,92                               | 235,00            | 1,05            | 223,81            | 8,93             | 210000,00 | 1,00 | 4,24   | 96,23 | 4,41    | 174              | 12,5                | 192                                   | 3,92    | 108,23 | 114,3*4,0 |

Trazione:

| Calcolo dell'area minima da sforzo normale di trazione |         |            |   |         |                 |                |                |                  |                     |               |
|--|---------|------------|---|---------|-----------------|----------------|----------------|------------------|---------------------|---------------|
| TABLE: Element Forces - Frames                         |         |            |   | N       | f <sub>yk</sub> | γ <sub>m</sub> | f <sub>d</sub> | A <sub>min</sub> | A <sub>design</sub> | Profilo (d*s) |
| Frame  | Station | OutputCase | N | kN      | Mpa             |                | Mpa            | cm <sup>2</sup>  | cm <sup>2</sup>     | mm            |
| T1   | 809     | 0          | q | 199,963 | 235,00          | 1,05           | 223,81         | 8,93             | 9,65                | 88,9*3,2      |
| T2   | 783     | 0          | q | 390,685 | 235,00          | 1,05           | 223,81         | 17,46            | 19,10               | 139,7*4,5     |
| T3   | 680     | 0          | q | 573,82  | 235,00          | 1,05           | 223,81         | 25,64            | 25,70               | 168,3*5,0     |
| T4   | 720     | 0          | q | 700,197 | 235,00          | 1,05           | 223,81         | 31,29            | 33,60               | 219,1*5,0     |



Per verificare la scelta dei profili dobbiamo andare a cambiare sul modello in SAP la sezione assegnata inizialmente in modo arbitrario con quella dei profili scelti e riavviare di nuovo l'analisi aggiungendo al carico già definito ( $Q_{SLU}$ ) anche il peso proprio (PP).

Infine effettuiamo la verifica di abbassamento.

In questo caso la combinazione da utilizzare per la definizione del carico sarà:

$$q_{SLE} = (1 \times 2.43 + 0.7 \times 4.16 + 0.7 \times 3) \text{ KN/m}^2 = 7.4 \text{ KN/m}^2$$

Come prima andiamo a definire le forze che agiscono sui nodi caricati (moltiplicando il  $q_{SLE}$  per il numero dei piani e l'area di influenza del nodo interessato), ottenendo dunque: 266.4 KN per i nodi centrali, 133.2 KN per i nodi perimetrali e 66.6 KN per quelli angolari.

Una volta assegnati tali valori al modello di SAP, andiamo a creare una nuova combinazione (PP +  $Q_{SLE}$ ) e facciamo partire nuovamente l'analisi.

Dobbiamo verificare che l'abbassamento del nodo che ha subito lo spostamento massimo sia inferiore a  $L/200$ .

|   | A                                 | B                 | C               | D         | E         | F         |
|---|-----------------------------------|-------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | <b>TABLE: Joint Displacements</b> |                   |                 |           |           |           |
| 2 | <b>Joint</b>                      | <b>OutputCase</b> | <b>CaseType</b> | <b>U1</b> | <b>U2</b> | <b>U3</b> |
| 3 | 131                               | COMB2             | Combination     | 0,002637  | -0,000307 | -0,035675 |

Nel mio caso  $L = 27 \text{ m}$ , quindi  $27/200 = 0.135 \text{ m}$ . La verifica è quindi soddisfatta.