

Esercitazione 1: Dimensionamento della travatura reticolare spaziale

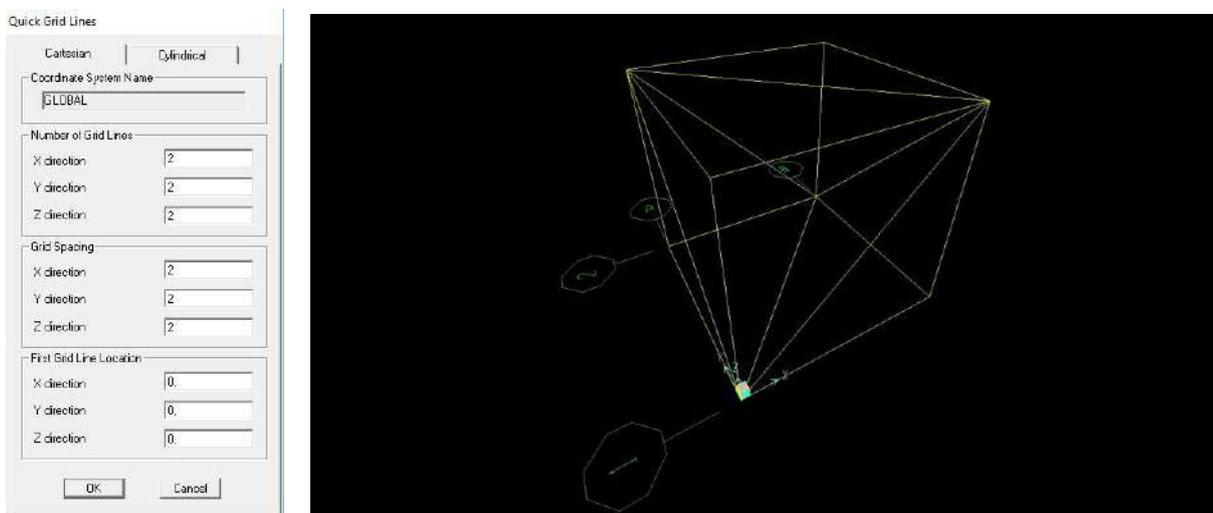
Lavoro di Francesca Pallotta, Roberta Scopetti, Francesco Petracca, Leonardo Ruggeri.

OBIETTIVO

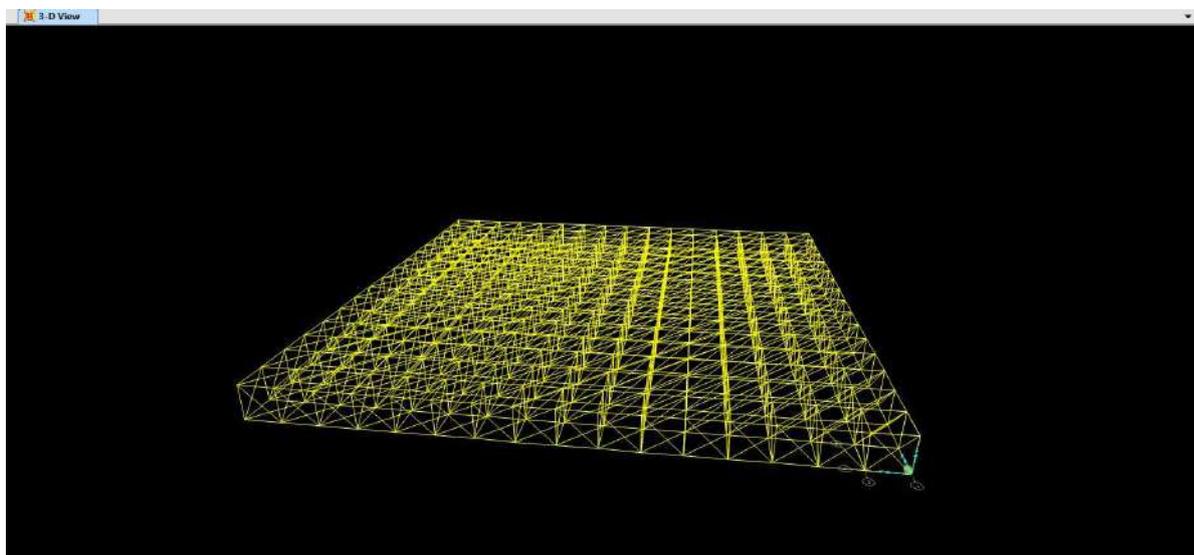
Progettare una struttura reticolare dimensionale con peso concentrato, analizzare la struttura e calcolare il dimensionamento.

MODELLAZIONE SU SAP2000

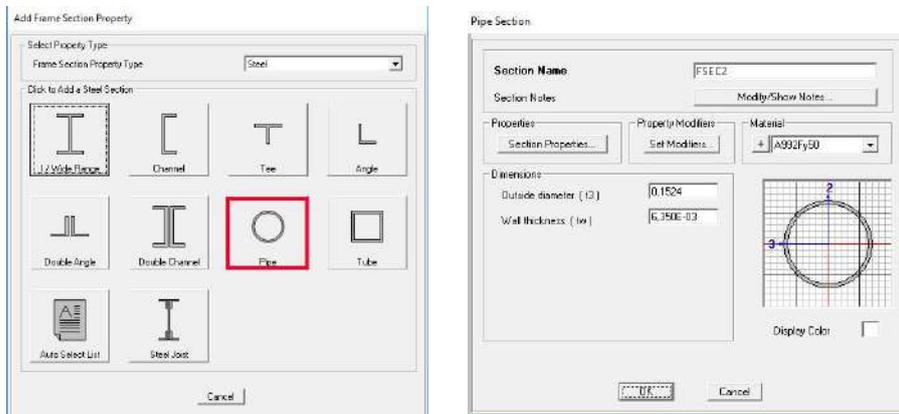
La travatura reticolare dimensionale che andremo a dimensionare avrà modulo 2x2x2 m



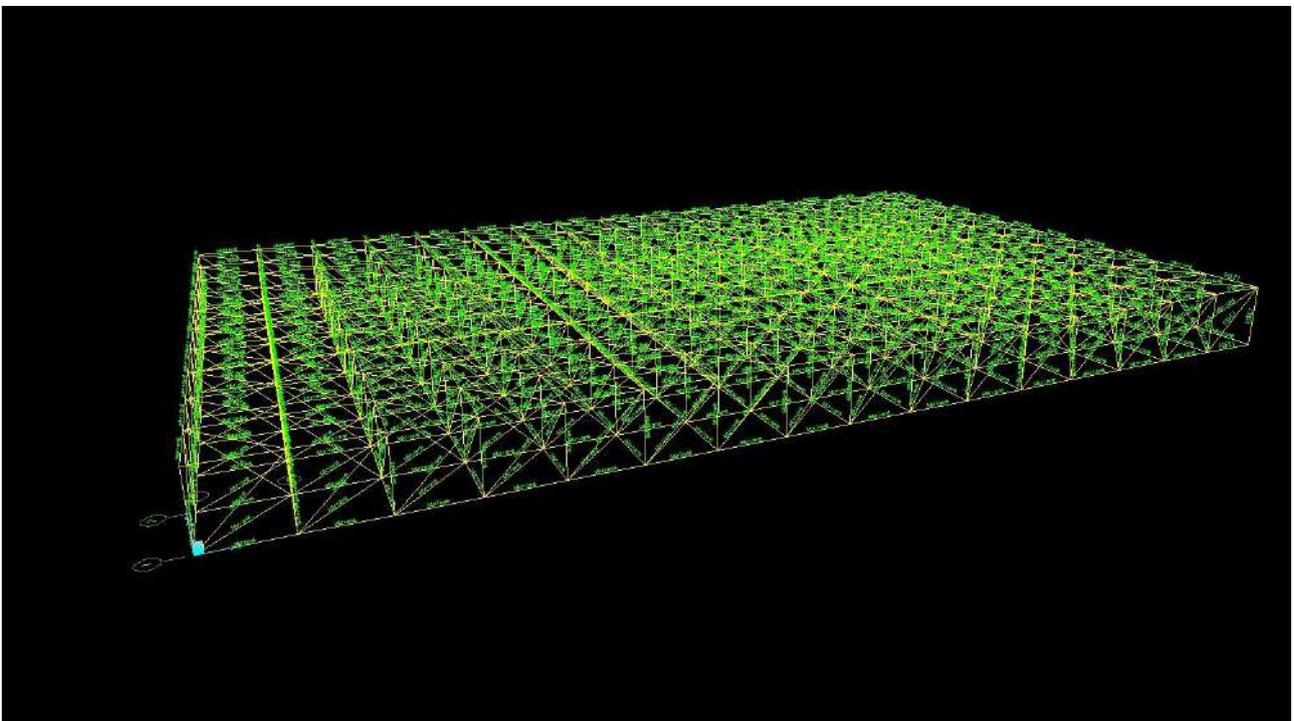
Scandendo i moduli su una griglia in pianta 32x32 m.



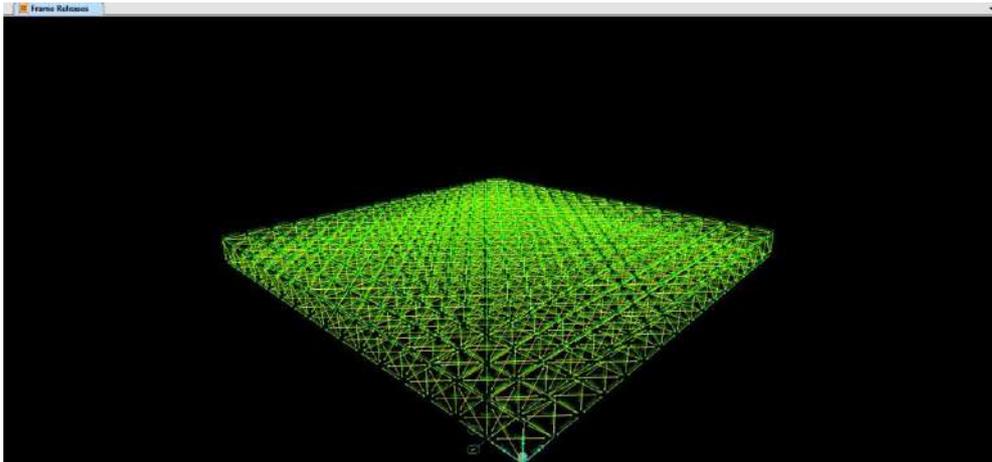
Si determina una sezione circolare cave, selezioniamo l'intera struttura e clicchiamo su Define/Section Properties/Frame Section e creiamo una sezione .



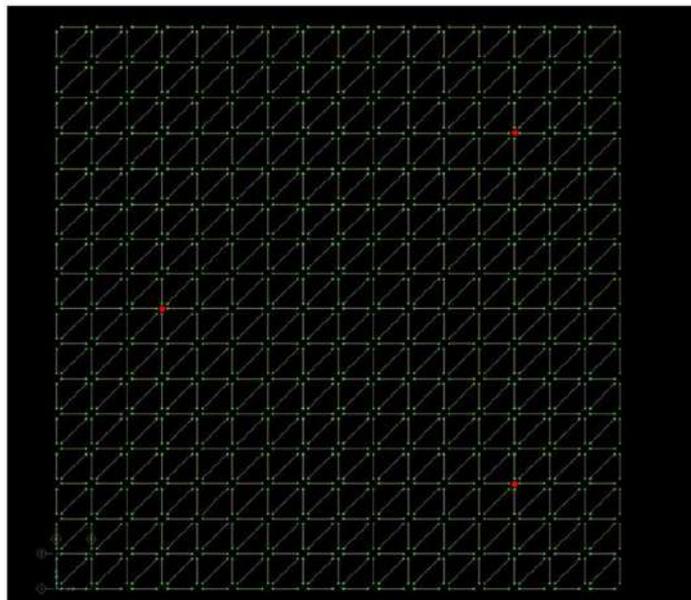
Assegniamo la sezione creata a tutte le travi della struttura, selezioniamo e clicchiamo Assign /Frame/Frame section e diamo ok.



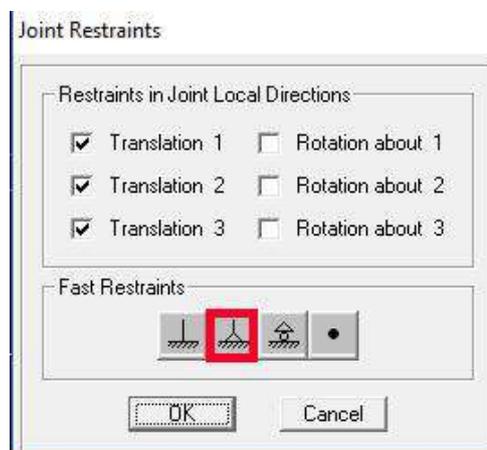
Per inserire i vincoli interni (cerniere) eseguiamo il rilascio dei momenti, evidenziamo la struttura e clicchiamo Assign/Frame/Releases/Partial/ Fixity



Decidiamo ora dove posizionare i nodi cercando di creare un sistema bilanciato, ovvero con luci non troppo aggettanti ne troppo piccole.



E applichiamo poi le cerniere esterne con Assign/Joint/Restraints e scegliamo la cerniera esterna come vincolo, affinché le aste non trasmettano momento, assicurandoci che la travatura sia reticolare, ovvero che funzioni solo a sforzo normale.



Trovandoci in una struttura reticolare spaziale assegniamo il carico concentrato sui nodi e non distribuito. Consideriamo la nostra struttura come un solaio su cui si poggiano 4 piani

Superficie per piano 1024 mq

$q=10 \text{ KN/mq}$

$1024*10= 102400 \text{ KN}$

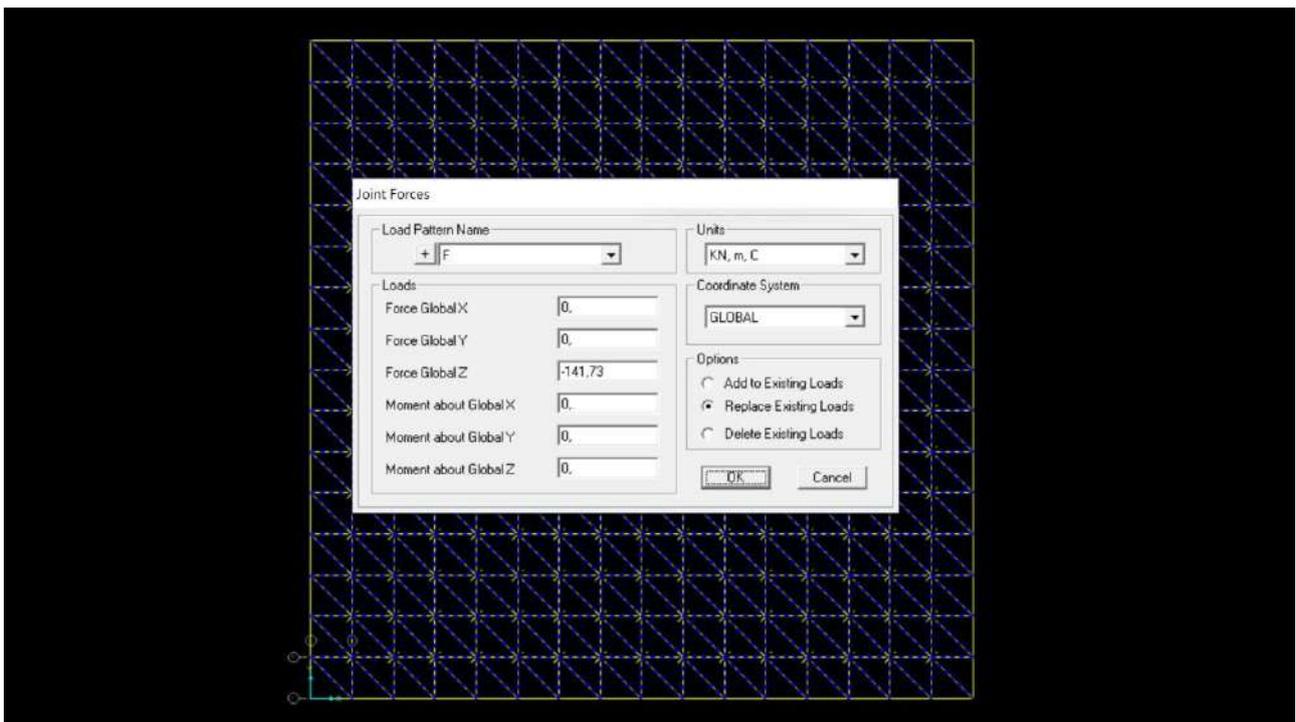
$10240*4= 40960 \text{ KN}$

FORZA SU NODI INTERNI $\rightarrow 40960/289= 141,73$

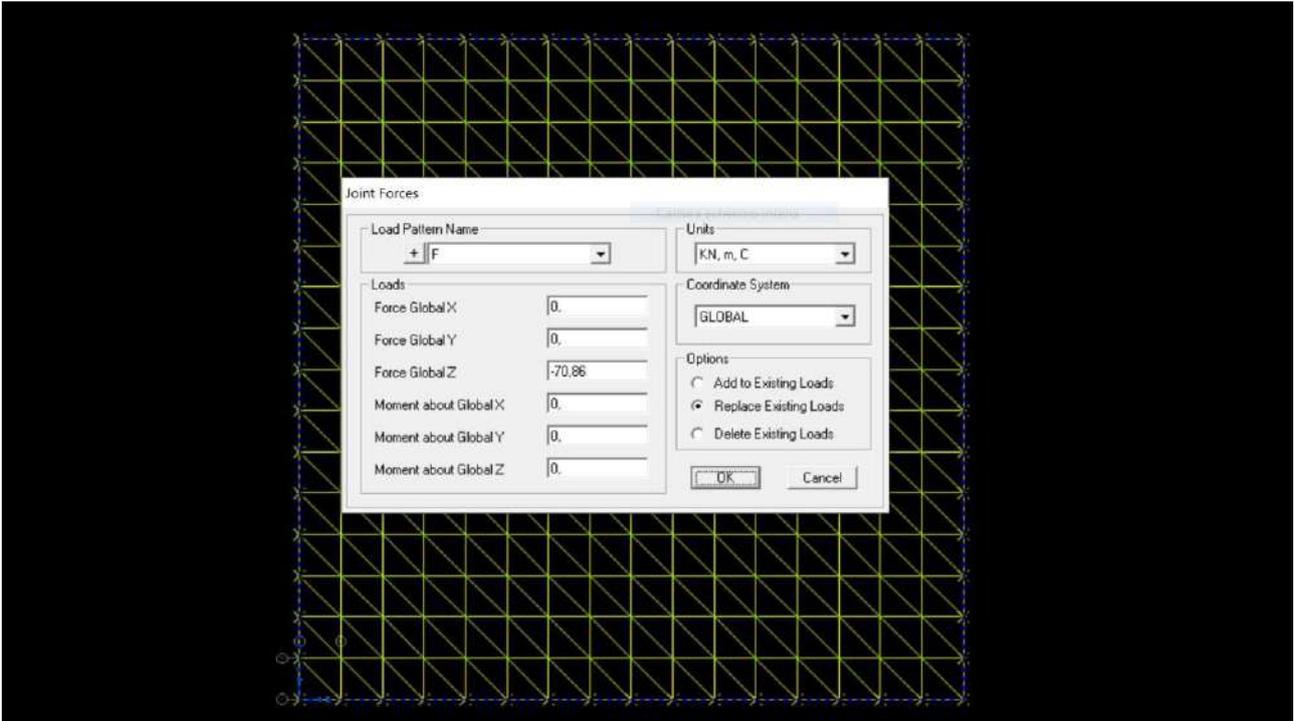
Per calcolare la forza esterna dobbiamo considerare la metà dell'area rispetto ai nodi interni, quindi

$141.73/2 =70,86$

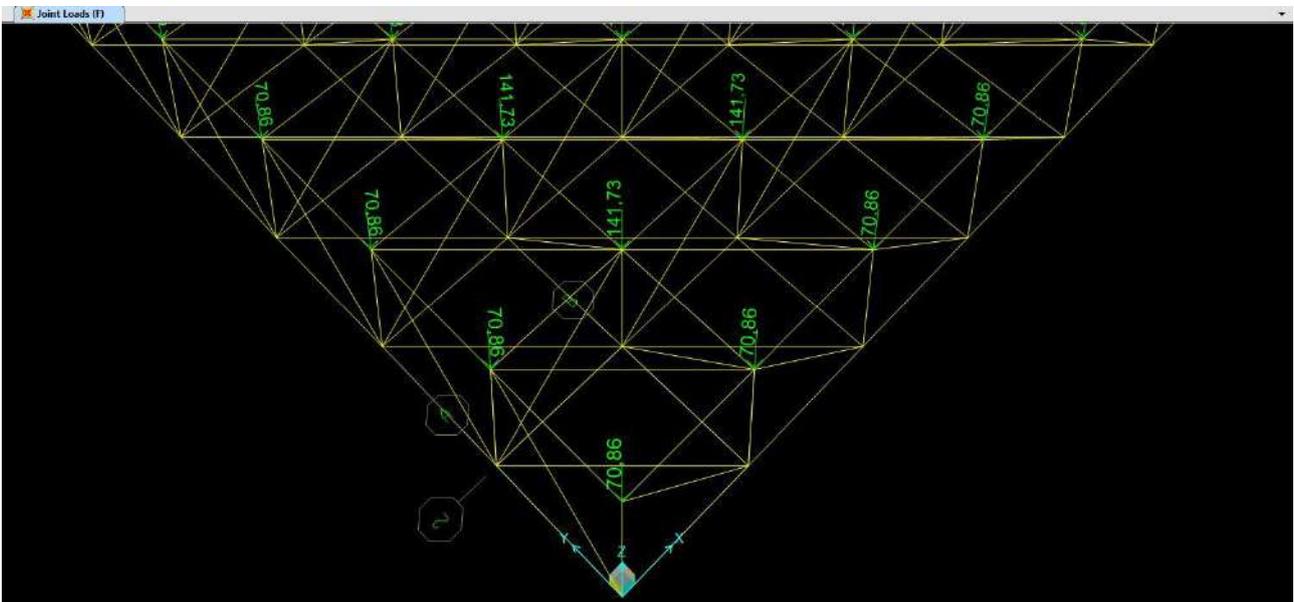
Ora esportiamo i calcoli su SAP. Prima ci poniamo nella vista 2D nella vista XY con $z=2$ e inseriamo il carico intero con segno negativo poiché la forza agisce verso il basso.



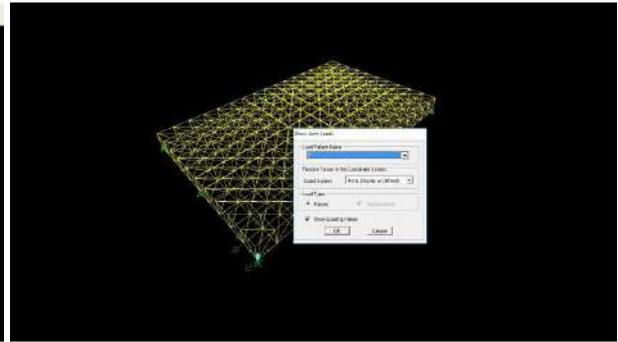
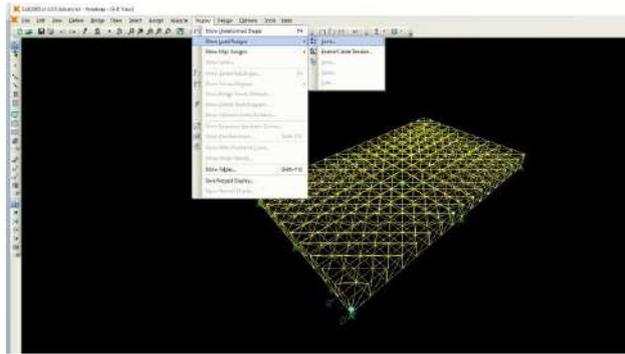
Rieseguiamo lo stesso procedimento per applicare la forza ai nodi esterni dimezzando il carico.



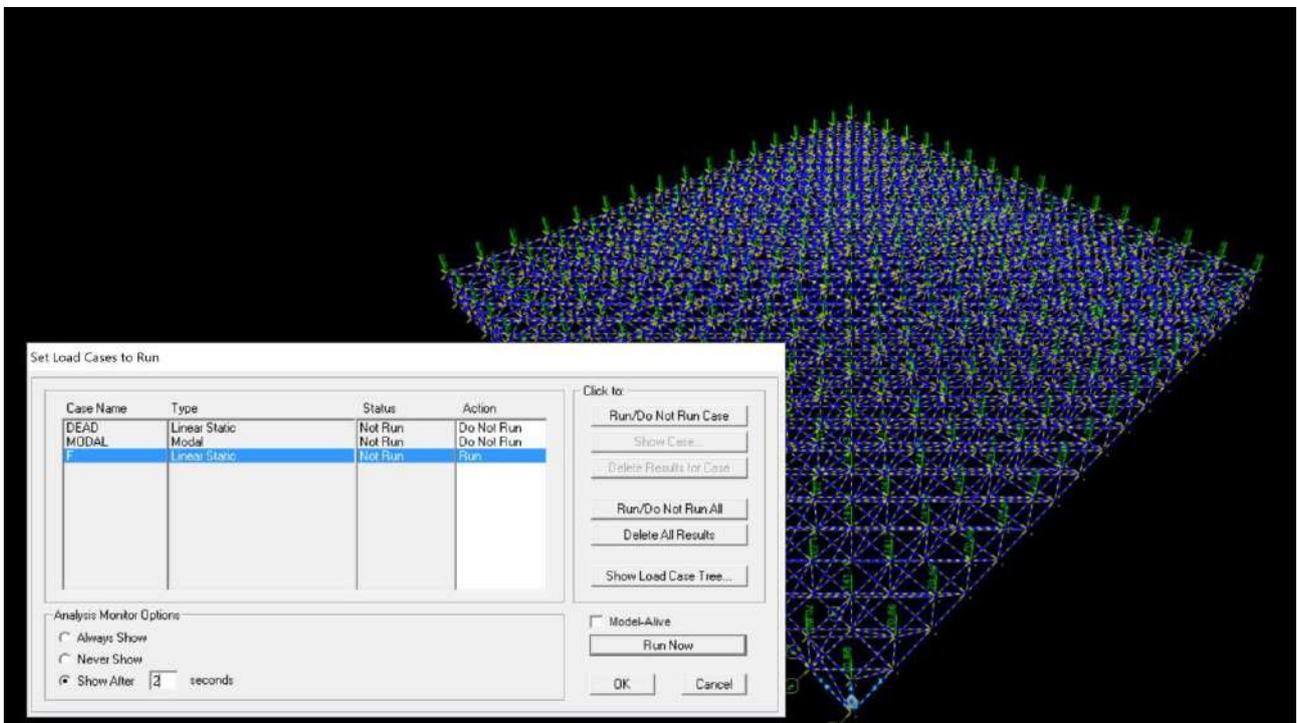
Otteniamo la struttura con le forze applicate.



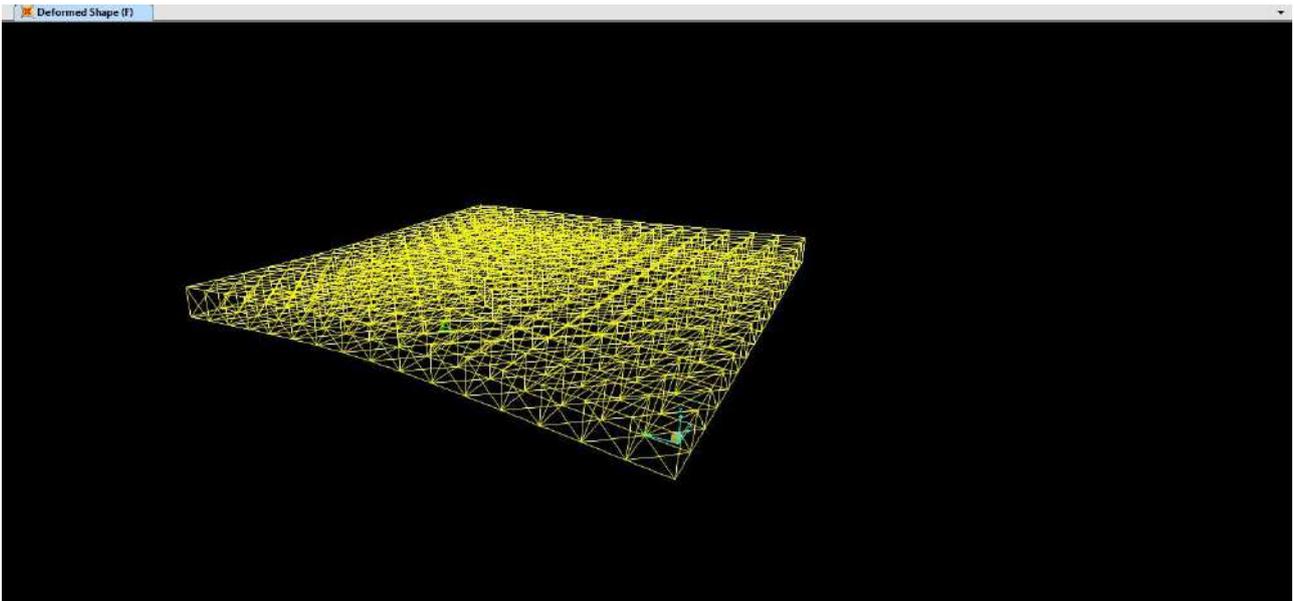
Verifichiamo che i carichi siano ben posti



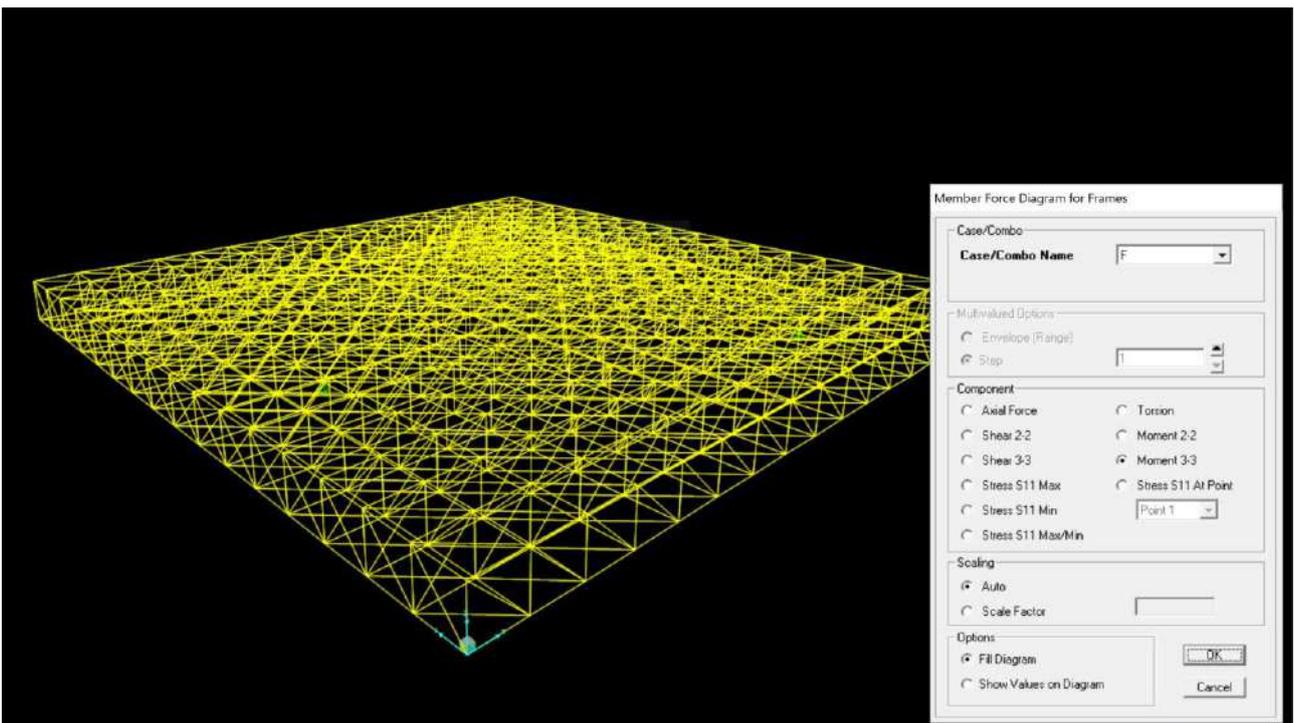
Infine prima di lanciare l'analisi bisogna bloccare le forze non appartenenti alla nostra struttura, lasciando libero solo il carico F.



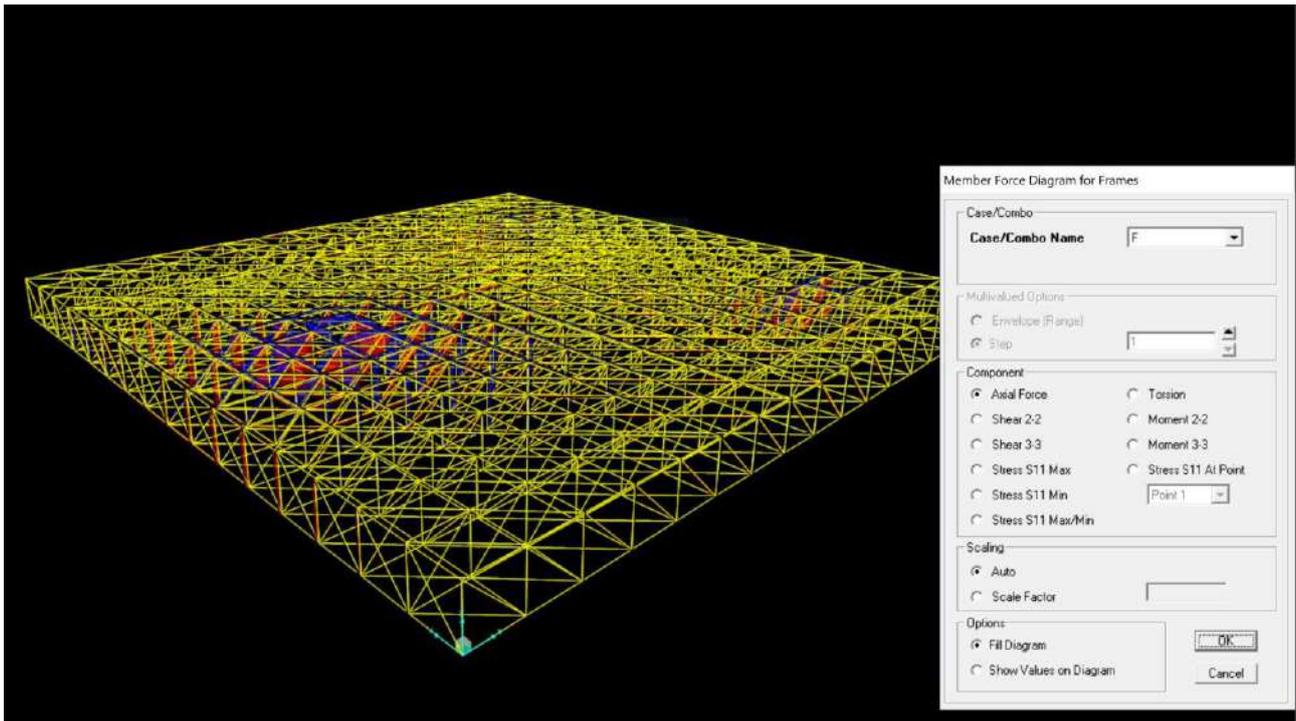
Otteniamo la deformazione della struttura reticolare.



Quindi verifichiamo che il grafico del momento risulti nullo.



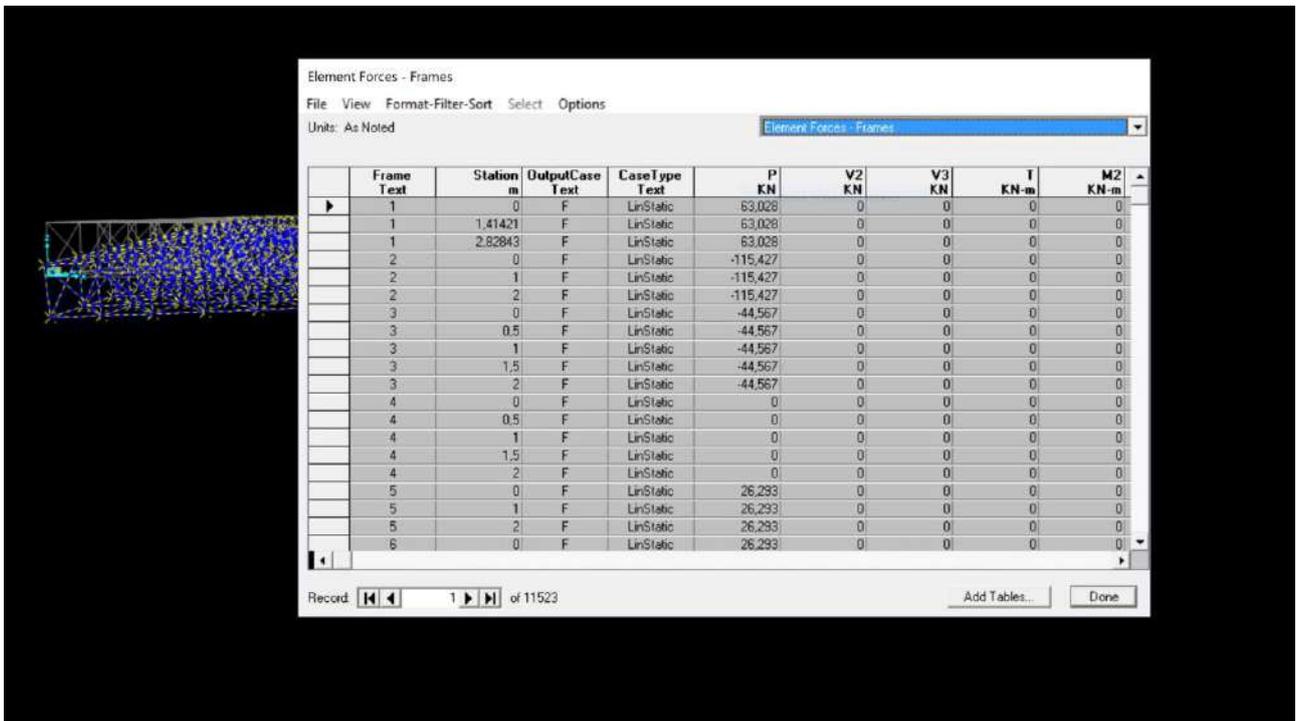
Mentre nel grafico delle forze assiali devono risultare forze di trazione e di compressione.



La verifica è esatta, per poter analizzare la struttura dal punto di vista analitico esportiamo le tabelle della struttura da SAP2000 a Excell.

TABELLE EXCELL

Dal programma estraiamo una tabella con i valori della struttura che esportiamo su Excell.



Riportandoci i dati su Excell abbiamo innanzitutto alleggerito la tabella eliminando i valori uguali, inseguito ordiniamo i valori in ordine crescente, dividendoli in due tabelle distinte: compressione e trazione.

Abbiamo poi calcolato la tensione di design $f_d = f_{yk} / \gamma_m$

Tablelle di Trazione

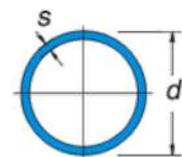
TABLE: Element Forces - Frames						
Frame	P	f _{yk}	γ _m	F _d	A _{min}	A _{design}
Text	KN	Mpa		Mpa	cm ²	cm ²
1852	336,476	235	1,05	223,8095	15,03403	15,4
2131	650,451	235	1,05	223,8095	29,0627	33,6
2330	1233,549	235	1,05	223,8095	55,11602	58,9
2381	1763,307	235	1,05	223,8095	78,78606	79,2
2397	2238,338	235	1,05	223,8095	100,0108	113

Per le aste tirate abbiamo usato f_d per calcolare l'area minima data da: $A_{min} = N/f_d$. Sono così stati scelti profilati di area appena maggiore di quella trovata tramite il sagomario, così da non sovradimensionare troppo le aste.



Tubi in Acciaio a sezione circolare

Profilati metallici



0102

Tabella di riferimento per i profilati di acciaio

d x s mm	Peso kg/m	Sezione di passaggio cm ²	Sezione metallica cm ²	Momento di inerzia J = cm ⁴	Modulo di resistenza W = cm ³	Raggio di inerzia i = cm
139,7 x 3,6	12,20	138,0	15,40	357,0	51,10	4,810
219,1 x 5,0	26,40	343,0	33,60	1.928	176,0	7,570
323,9 x 5,9	46,20	765,0	58,90	7.453	460,0	11,20
406,4 x 6,3	62,40	1.218	79,20	15.849	780,0	14,10
457,2 x 8,0	88,20	1.529	113,0	28.484	1.246	15,90

Tabella di Compressione

Calcolo dell'area minima da sforzo di compressione (resistenza materiale)					Calcolo dell'inerzia minima per sforzo di compressione (instabilità euleriana)					Ingegnerizzazione sezione e verifica snellezza per una membratura principale (< 200)				
N	f _{yk}	γ _{m0}	f _{yd}	A _{min}	E	beta	l	Lam*	rho_min	l_min	A _{design}	I _{design}	rho_min	lam
kN	N/mm ²		N/mm ²	cm ²	Mpa		m		cm	cm ⁴	cm ²	cm ⁴	cm	
-3218,75	235,00	1,05	223,81	143,82	210000,00	1,00	2,00	96,23	2,08	621	149,0	28937	14,00	14,29
-2169,38	235,00	1,05	223,81	96,93	210000,00	1,00	2,00	96,23	2,08	419	98,4	8396	9,24	21,65
-1534,78	235,00	1,05	223,81	68,58	210000,00	1,00	2,00	96,23	2,08	296	69,1	10547	12,40	16,13
-910,95	235	1,05	223,81	40,70	210000,00	1,00	2,00	96,23	2,078	176	42,1	3781	9,48	21,10
-413,38	235	1,05	223,81	18,47	210000,00	1,00	2,00	96,23	2,078	80	20,6	697	5,81	34,42

Le aste compresse invece sono state dimensionate non solo a rottura ($A > A_{min}$) ma anche tenendo conto dell'instabilità euleriana con $\rho > \rho_{min}$. ρ è dato da l_0/λ , con $\lambda = (\pi E/f_{cd})^{1/2}$ e $l_0 = l \cdot \beta$. Abbiamo verificato che il valore λ non superasse λ^* .

PROFILI CAVI PER LA COSTRUZIONE FORMATI A FREDDO EN 10219

Dimensioni e caratteristiche dei profili cavi a sezione circolare

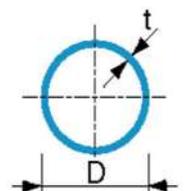


Tabella di riferimento per i profilati di acciaio

Diametro interno	Spessore	Massa a ml	Area della sezione	Momento d'inerzia	Raggio d'inerzia	Modulo di resistenza elastico	Modulo di resistenza plastico	Momento d'inerzia di torsione	Costante di torsione	Superficie esterna a ml	Lunghezza per ton
D mm	t mm	M kg/m	A cm ²	I cm ⁴	i cm	W _{el} cm ³	W _{pl} cm ³	I _t cm ⁴	C _t cm ³	m ² /m	m/t
168.3	4.0	16.2	20.6	697	5.81	82.8	108	1394	166	0.529	61.7
273.0	5.0	33.0	42.1	3781	9.48	277	359	7562	554	0.858	30.3
355,6	6,3	54,3	69,1	10547	12,4	593	769	21094	1186	1,12	18,4
273.0	12.0	77.2	98.4	8396	9.24	615	818	16792	1230	0.858	12.9
406,4	12,0	117	149	28937	14,0	1424	1867	57874	2848	1,28	8,57