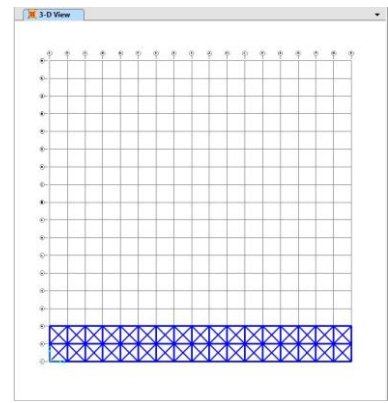
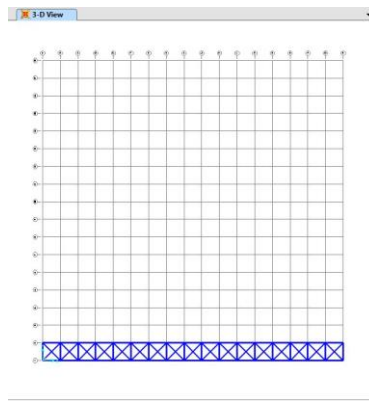
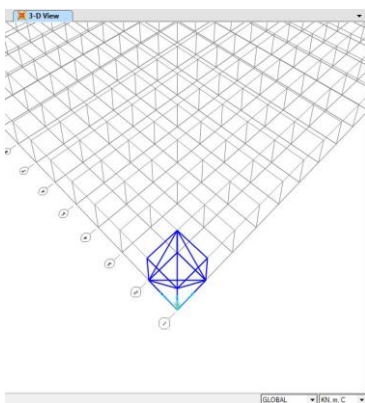
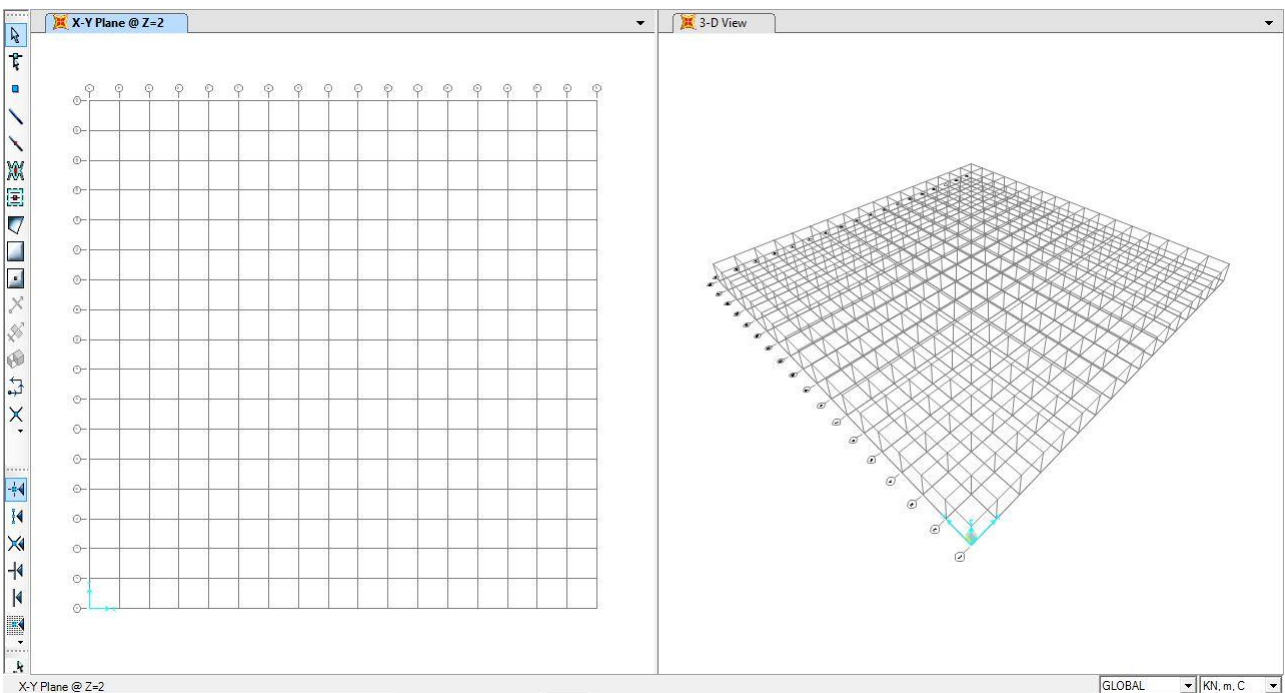


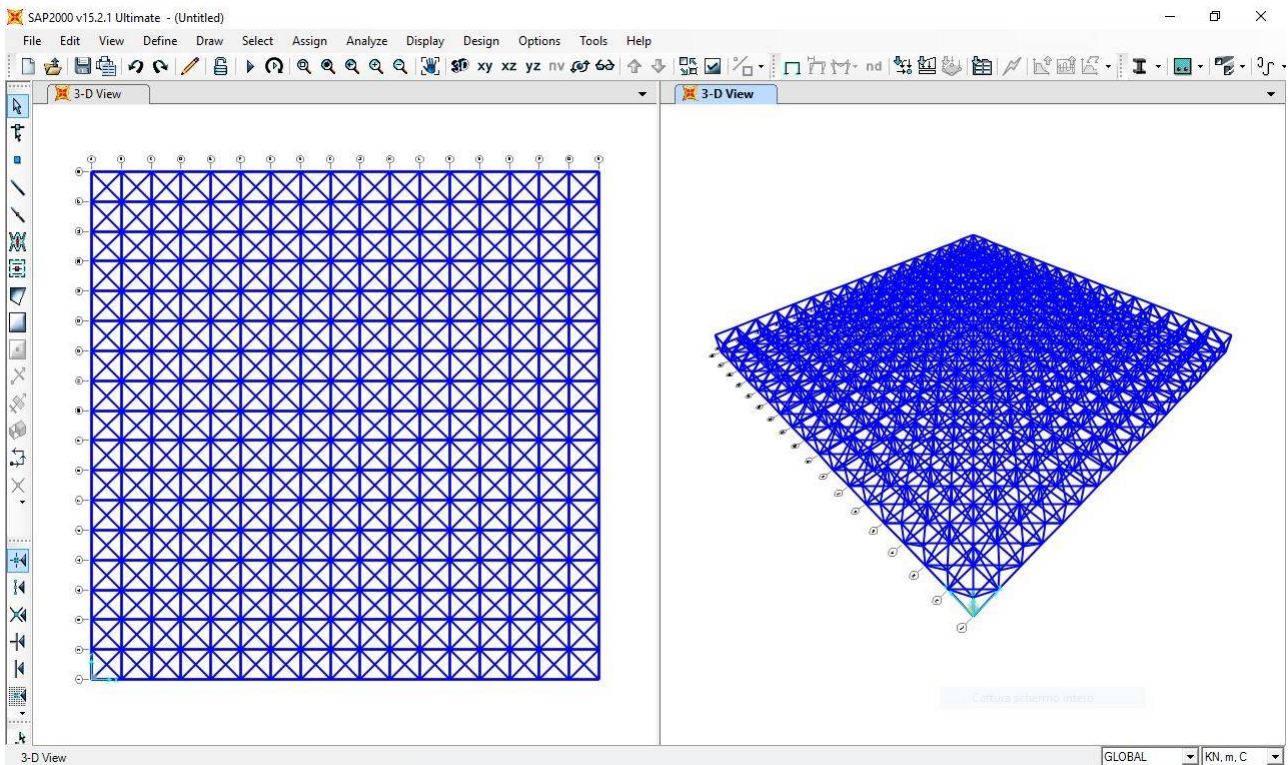
Esercitazione 1 | Progetto di una travatura reticolare 3D

L'obiettivo dell'esercitazione è il progetto di una travatura reticolare 3D. Questa particolare tecnologia ci permette di avere ampie aree libere, pertanto si è pensato di progettare una copertura semplice per un centro sportivo, con campo da basket e aree pertinenziali, quali spogliatoi e servizi.

Partendo dalle dimensioni minime del campo da basket 28x16 m, si è ipotizzata una copertura a base quadrata di 34m x 34m composta da moduli cubici con diagonali alternate con dimensioni 2m x 2m x2m.

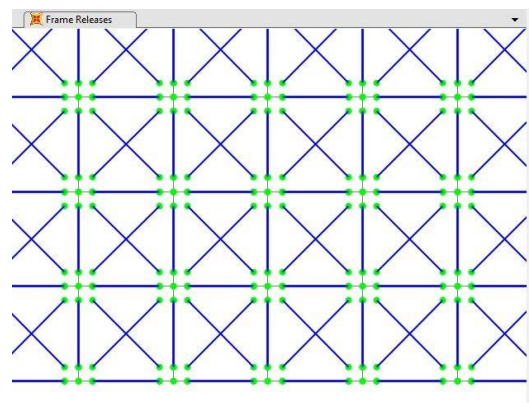
Sul programma di modellazione SAP2000 è stata realizzata una maglia (GRID), sulla quale grazie agli snap è stato possibile creare il primo modulo, che con il comando copia ha permesso di comporre l'intera struttura.





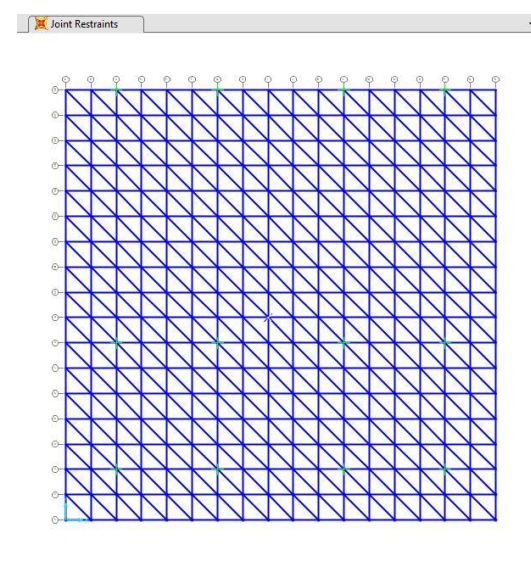
Si è proceduto a definire i vincoli. La natura reticolare della struttura fa sì che le aste siano tra loro incernierate, pertanto si è proceduto a definire il vincolo di cerniera tra tutte le aste

[si è selezionata l'intera struttura ASSIGN > FRAME > RELEASE/PARTIAL FIXITIES].

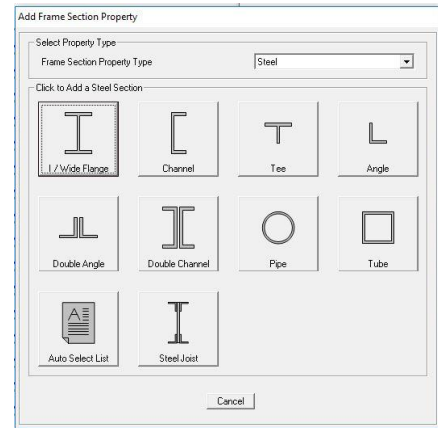


Dall'articolazione della pianta sono stati definiti gli appoggi e, conseguentemente, nel programma di modellazione sono state inserite le cerniere esterne in corrispondenza degli appoggi scelti.

[selezionati i nodi di contatto con gli appoggi, ASSIGN > JOINT RESTRAINT > VINCOLO DI CERNIERA].



Si assegna una sezione ipotetica dal sagomario del software.
 [ASSIGN > FRAME > FRAME SECTIONS > Import new property > Steel > Pipe].



Si procede definendo i carichi. Poichè è una copertura semplice si ipotizza un carico uniformemente distribuito di 5 kN/m².

Con le opportune considerazioni di spettanza si identificano 3 tipologie di carico per i vari nodi della struttura.

1. Nodi interni
 $5 \text{ kN/m}^2 \times 4 \text{ m}^2 = 20 \text{ kN/m}^2$
2. Nodi perimetrali
 $5 \text{ kN/m}^2 \times 2 \text{ m}^2 = 10 \text{ kN/m}^2$
3. Nodi d'angolo
 $5 \text{ kN/m}^2 \times 1 \text{ m}^2 = 5 \text{ kN/m}^2$

Si procede all'analisi dei carichi sui nodi per individuare l'incidenza del peso proprio sulla struttura da sommare al carico del solaio.

[RUN ANALISYS > MODAL > Do Not Run > RUN NOW]

Estraggo dall'analisi i pesi propri degli elementi e mi ricavo la somma del peso proprio totale, sommando i valori su Excel della colonna F3

[DISPLAY > SHOW TABLES > ANALYSIS RESULTS > DISPLAY TABLES > JOINT OUTPUT > JOINT REACTION > EXPORT RESULTS TO Excel]

Calcolato il proprio si ripartisce per il numero di nodi. 1946,7 KN

Poi si considera il carico totale tenendo sugli appoggi tenendo conto del peso proprio su ogni nodo.

Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
110	DEAD	LinStatic	-30,024	-19,202	110,296	0	0	0
118	DEAD	LinStatic	-9,759	-18,445	110,643	0	0	0
128	DEAD	LinStatic	-29,085	-29,739	109,252	0	0	0
136	DEAD	LinStatic	-3,497	-27,651	110,108	0	0	0
290	DEAD	LinStatic	16,507	134,04	257,039	0	0	0
298	DEAD	LinStatic	56,425	128,204	246,095	0	0	0
308	DEAD	LinStatic	25,614	105,423	245,815	0	0	0
316	DEAD	LinStatic	56,175	108,648	245,295	0	0	0
650	DEAD	LinStatic	-34,564	-85,246	122,655	0	0	0
658	DEAD	LinStatic	-11,82	-90,948	128,668	0	0	0
668	DEAD	LinStatic	-46,842	-98,739	123,683	0	0	0
676	DEAD	LinStatic	10,868	-106,344	137,147	0	0	0
					1946,696			

Peso proprio / numero di nodi

$$1946,7 \text{ kN} / 324 \text{ nodi} = 6 \text{ kN}$$

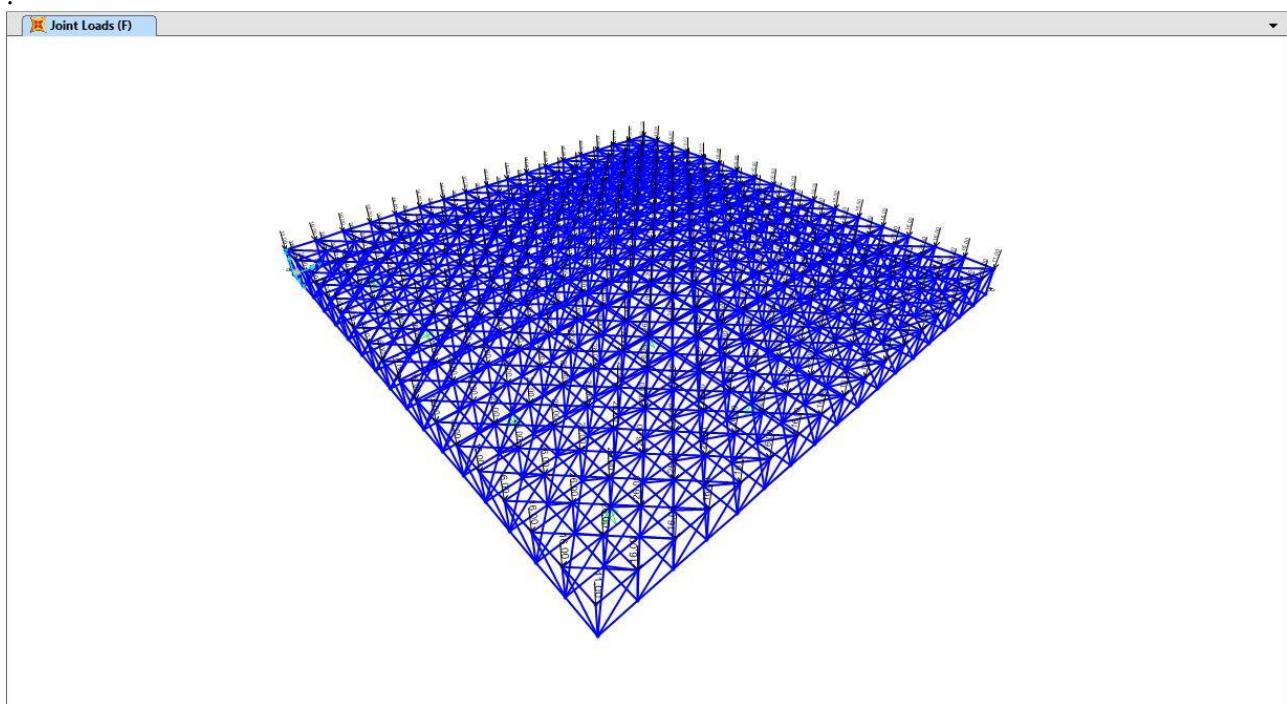
Per ogni tipo di nodo combino il peso proprio con il peso del solaio:

1. Nodi interni
 $20 \text{ kN} + 6 \text{ kN} = 26 \text{ kN}$
2. Nodi perimetrali
 $10 \text{ kN} + 6 \text{ kN} = 16 \text{ kN}$
3. Nodi d'angolo
 $5 \text{ kN} + 6 \text{ kN} = 11 \text{ kN}$

In SAP2000 inserisco i carichi sulla struttura.

Definisco il Load Pattern [DEFINE > LOAD PATTERN] e lo assegno ai nodi dandogli il valore opportuno per ogni posizione [Selezione i nodi e ASSIGN > JOINT LOAD > JOINT FORCES e assegno il valore].

Per facilità di gestione creo dei gruppi per tipologia di nodo e gli assegno il proprio carico



Si fa partire l'analisi escludendo il peso proprio, già incluso nei carichi puntuali calcolati, e si ricavano i dati.

[DISPLAY > SHOW TABLES > ANALYSIS RESULTS > DISPLAY TABLES > ELEMENT OUTPUT > ELEMENT FORCES FRAMES > EXPORT RESULTS TO Excel]

Dalle tabelle esportate mi prendo i valori delle sollecitazioni assiali P e li ordino in maniera crescente così da individuare le aste tese e quelle compresse.

Dalle tabelle sono stati individuati i valori massimi e minimi e da essi sono state ricavate 4 categorie per le aste compresse e altrettante per le aste tese.

Tali valori sono stati inserite all'interno dei fogli di calcolo di excel che chi permettono di individuare l'area minima della sezione.

Tramite il foglio excel ordino i dati in ordine crescente rispetto alle forze interne, individuo due valori sia per le aste verticali e orizzontali, e altrettanti 2 per quelle oblique, che siano il valore massimo e un valore intermedio. Questo sarà fatto sia per le aste compresse che quelle tese.

Elemento	Forza (F)	Tipo	Valore
1993	2 F	LinStatic	-497,2
1283	2,82843 F	LinStatic	-472,505
2748	2 F	LinStatic	-253,021
355	2,82843 F	LinStatic	-230,924

Elemento	Forza (F)	Tipo	Valore
1220	2 F	LinStatic	156,218
1333	2,82843 F	LinStatic	167,181
1334	2 F	LinStatic	285,76
1997	2,82843 F	LinStatic	349,733

N	f _{yk}	γ _m	f _d	A _{min}	A _{design}
kN	Mpa		Mpa	cm ²	cm ²
156,218	235	1,05	223,81	6,98	13,9
285,76	235	1,05	223,81	12,77	17,1
167,181	235	1,05	223,81	7,47	25,7
349,733	235	1,05	223,81	15,63	25,7

Nel caso della compressione ci soffermiamo a verificare che la snellezza sia inferiore alla snellezza critica, necessario per escludere l'insorgere dei fenomeni di instabilità causati da carichi sull'asse.

n	Calcolo dell'area minima da sforzo di compressione (resistenza materiale)					Calcolo dell'inerzia minima per sforzo di compressione (instabilità euleriana)					Ingegnerrizzazione 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	
5	-497,20	235,00	1,05	223,81	22,22	#####	1,00	2,00	96,23	2,08	96	38,8	616	3,98	50,25
6	-253,02	235,00	1,05	223,81	11,31	#####	1,00	2,00	96,23	2,08	49	53,8	1340	4,98	40,16
7	-472,505	235	1,05	223,81	21,11	#####	1,00	2,83	96,23	2,94	182	76,8	2770	6,00	47,14
8	-230,924	235	1,05	223,81	10,32	#####	1,00	2,83	96,23	2,94	89	76,8	2770	6,00	47,14