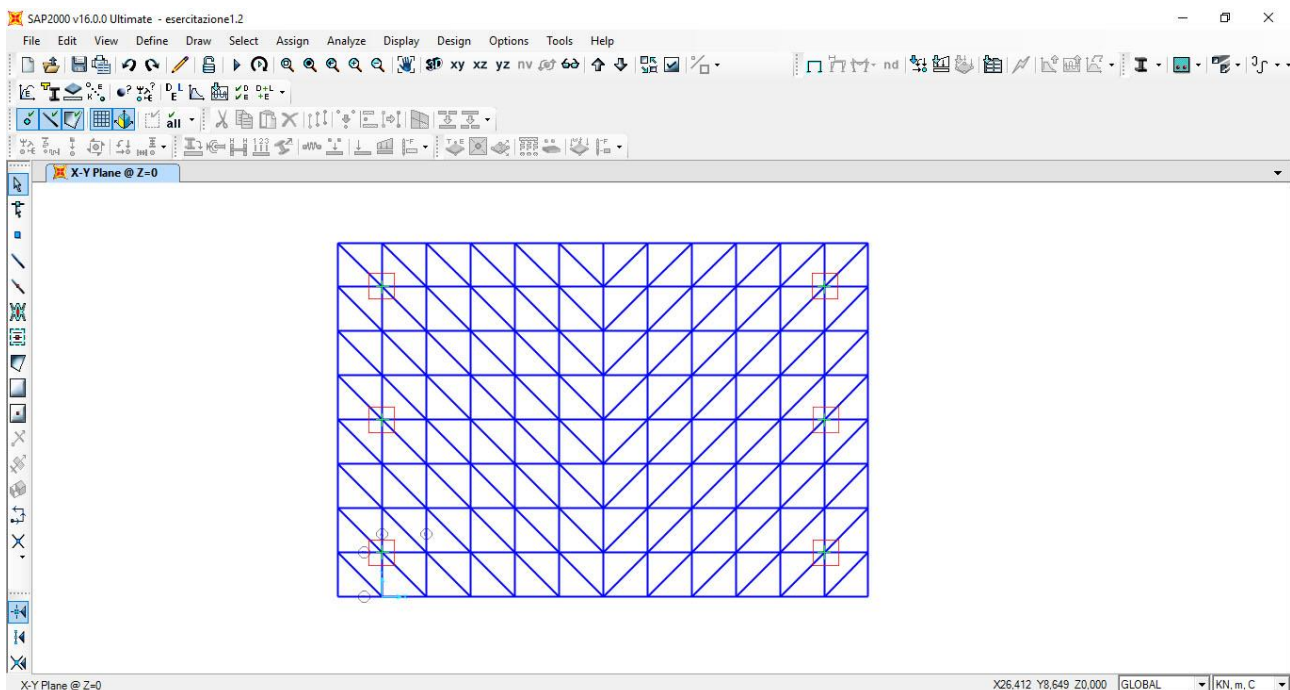


Esercitazione 1 _ Progetto di una travatura reticolare in acciaio_ Martina Moreno

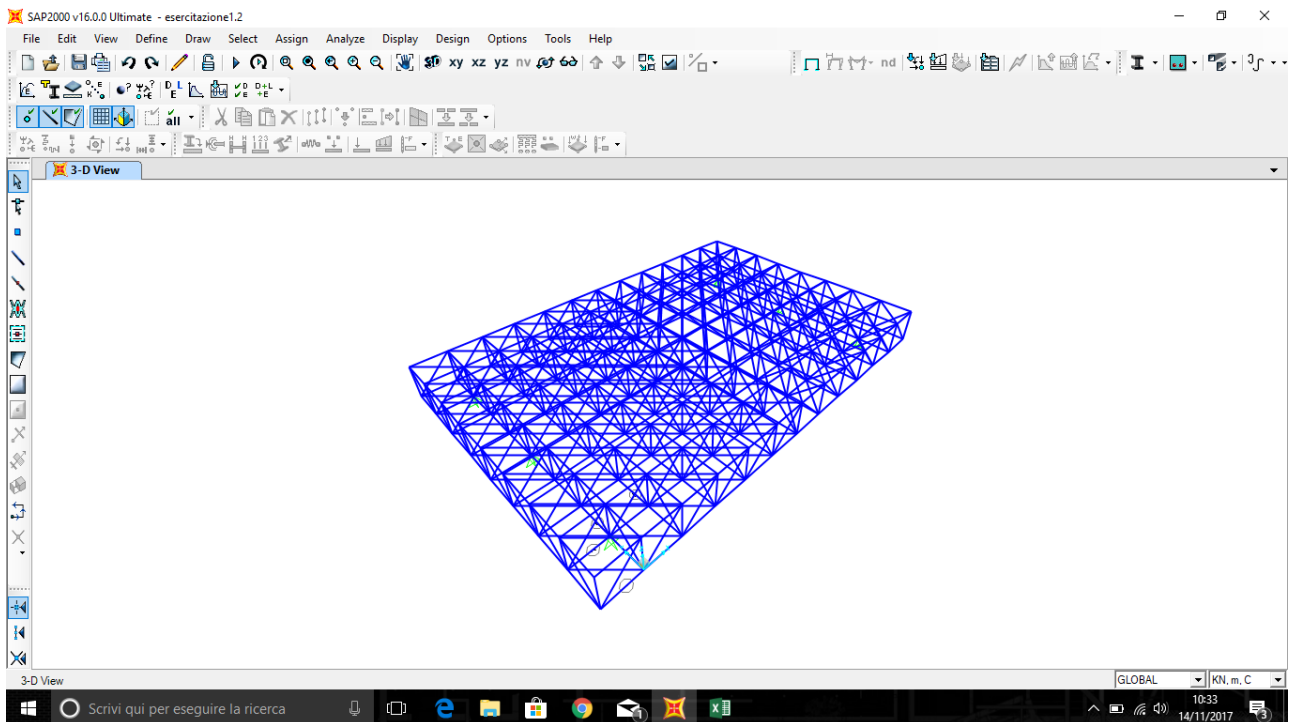
(In collaborazione con Luca Alessandri e Francesca Rossetti)

La travatura reticolare è stata progettata a partire da un modulo cubico di 2x2x2m per coprire una superficie di 16x24 m e portare 4 solai posti al di sopra.

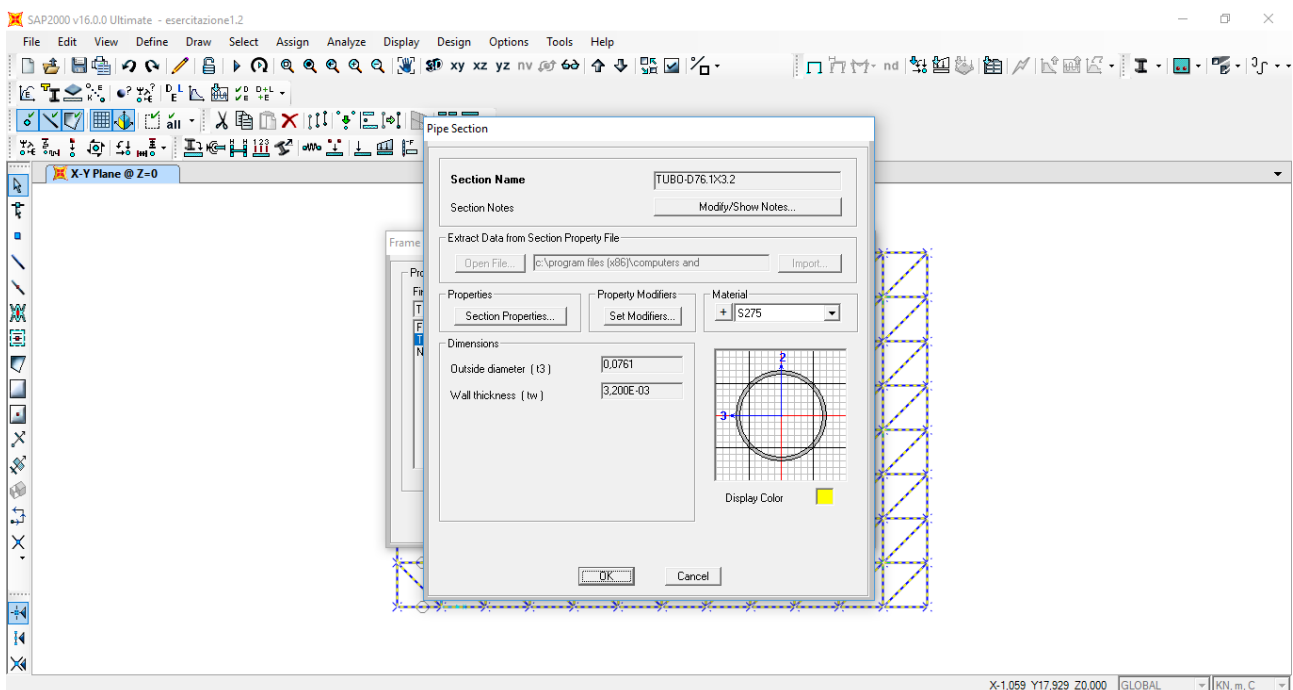
Sono stati previsti in totale sei appoggi e, con l'idea di generare uno spazio libero sui lati maggiori, si è deciso di posizionarne in tale direzione due su ciascun lato, che coprono una luce di 20 m. I lati minori, invece, hanno luci di 6 m. È stato inoltre previsto uno sbalzo di 2 m, cioè un modulo, lungo il perimetro.



Una volta disegnata la struttura su SAP 2000, sono stati assegnati i vincoli di cerniera interna a tutti i nodi - tramite il rilascio dei momenti - e le sei cerniere esterne che costituiscono gli appoggi.



È stata poi assegnata una sezione circolare cava di massima, per poter valutare il peso proprio della struttura. La sezione è stata scelta tra quelle di default di SAP, tenendo comunque in considerazione il rispetto della condizione $\lambda \geq 200 \rightarrow L_0 = \beta x L$; $\rho \text{ min} = L_0 / \lambda$



A questo punto è stata mandata una prima analisi del modello con il *Load Pattern* DEAD, che considera il peso proprio della struttura, e i risultati relativi alle reazioni vincolari (*Joint Reactions*) sono stati esportati su Excel.

TABLE: Joint Reactions			
Joint	OutputCase	CaseType	F3
Text	Text	Text	KN
12	DEAD	LinStatic	31,582
47	DEAD	LinStatic	31,169
174	DEAD	LinStatic	31,169
186	DEAD	LinStatic	31,582
			125,502

Sommando le reazioni vincolari in direzione verticale è stato ottenuto il peso proprio della struttura di 125,50 KN. La superficie della travatura è di 384 mq, quindi il suo peso proprio a mq è 0,32 KN/mq.

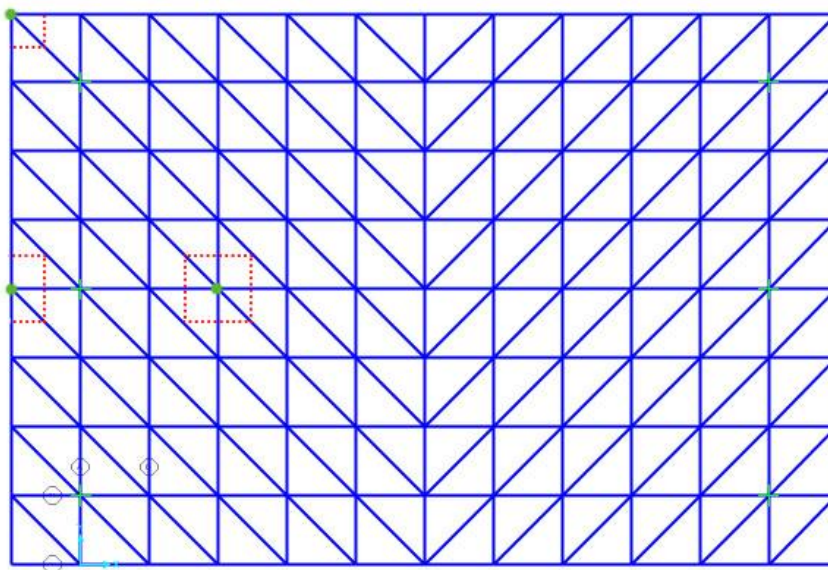
A questo punto sono stati assegnati i carichi agenti sulla travatura.

Considerando un carico di 10 KN/mq per ciascun solaio portato ed un totale di 4 solai, il carico complessivo è di 40 KN/mq, a cui va sommato il peso proprio appena calcolato.

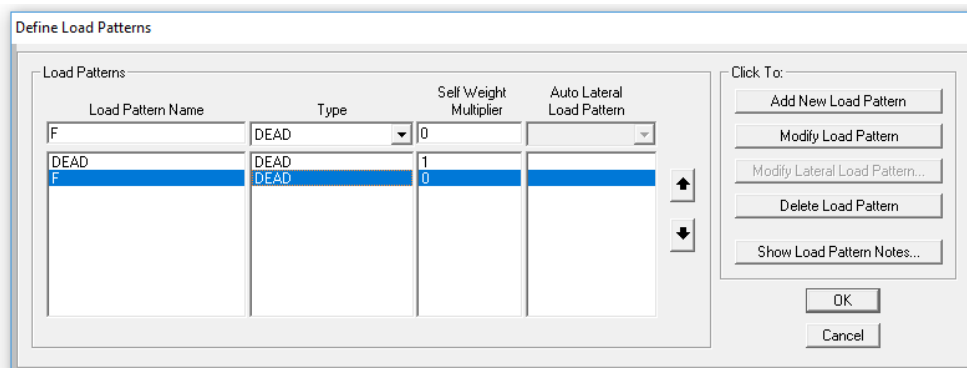
Pertanto il carico totale agente è di 40,32 KN/mq.

Il carico totale è stato poi assegnato ai nodi sotto forma di carico puntuale, in base all'area di influenza:

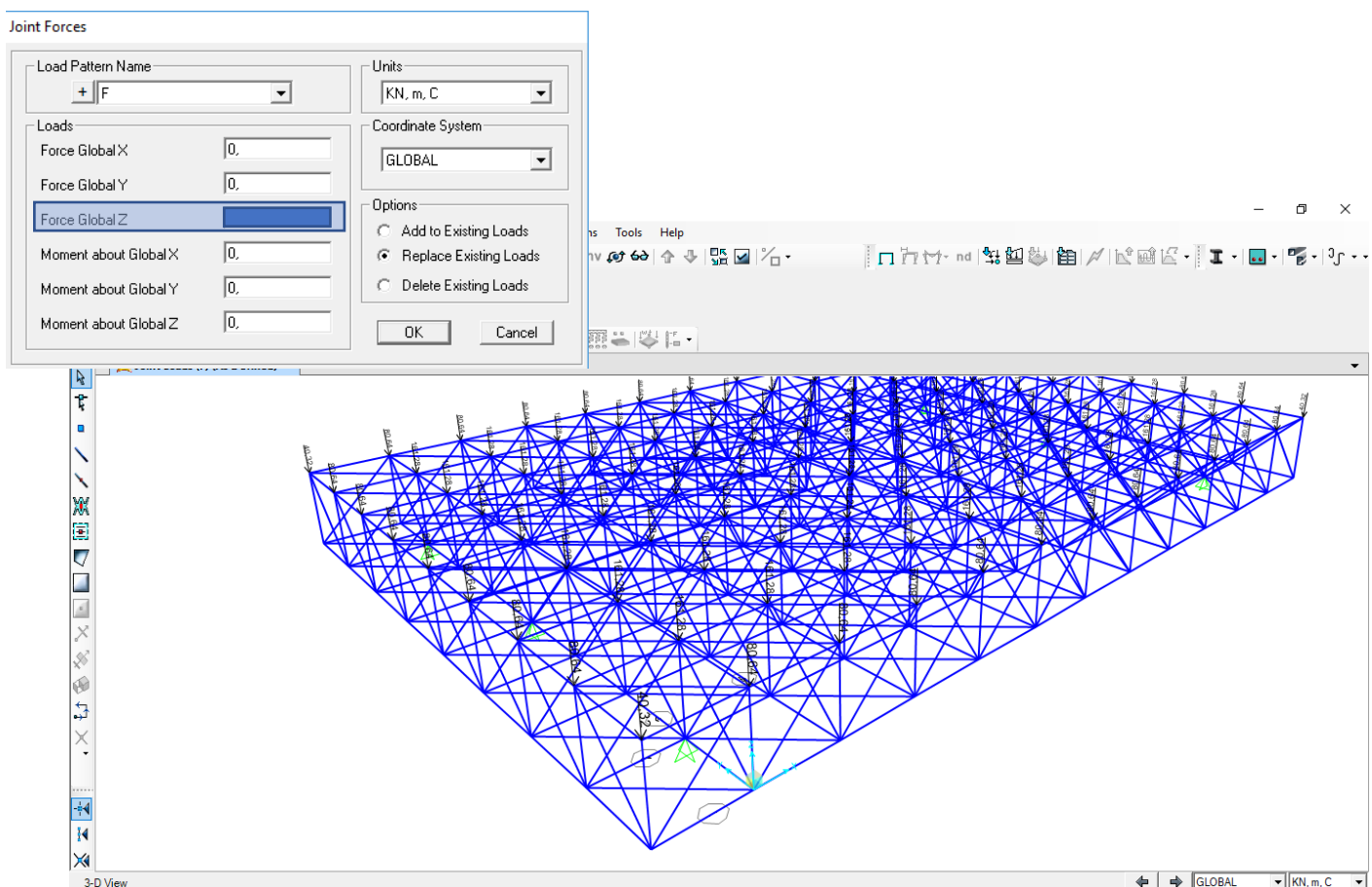
- I nodi centrali, con un'area di influenza di 4 mq, hanno un carico di $40,32 \text{ KN/mq} \times 4 \text{ mq} = \underline{161,28 \text{ KN}}$
- I nodi laterali hanno la metà di area di influenza rispetto a quelli centrali e quindi anche un carico dimezzato di 80,64 KN
- I nodi di angolo, infine, hanno un'area di influenza che è un quarto rispetto a quella dei nodi centrali e pertanto un carico di 40,32 KN



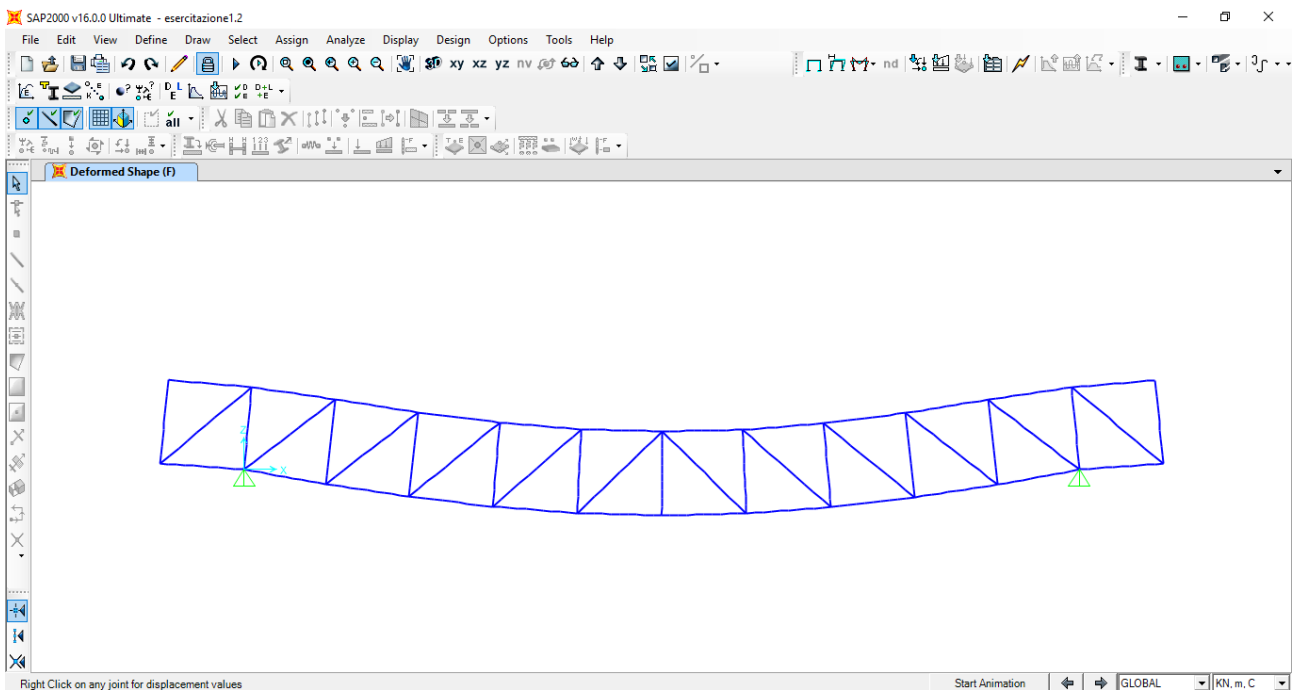
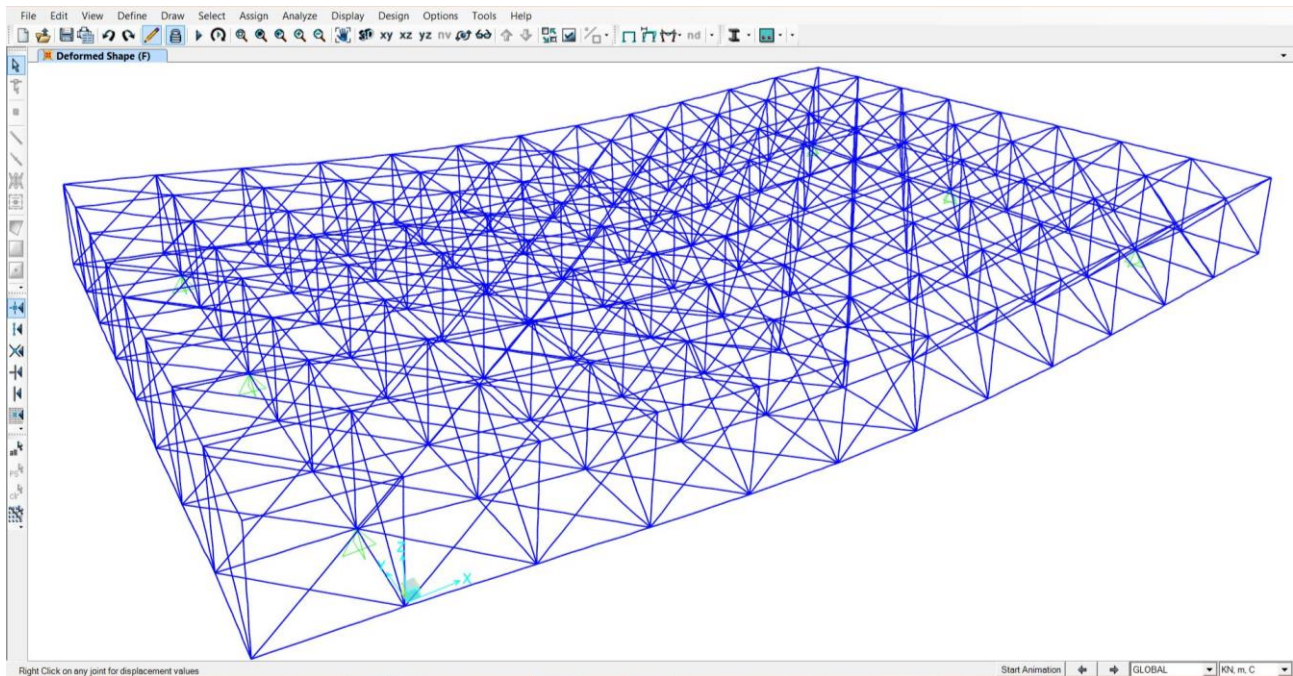
Prima di assegnare tali carichi ai nodi è stato definito un *Load Pattern* - chiamato "F" - che non consideri nuovamente il peso proprio della struttura.



A questo punto a ciascun nodo è stato assegnato il relativo carico.



E' stata dunque rimandata l'analisi del modello con il *Load Pattern* "F" e i risultati relativi allo sforzo normale (*Element Forces - Frame*, colonna P) sono stati esportati su Excel.



Su Excel sono stati ordinati i valori dello sforzo normale in modo tale da distinguere quelli di trazione e di compressione per effettuare il dimensionamento. I risultati dell'analisi comprendono valutazioni effettuate su ciascuna asta in più punti diversi (*Stations*), pertanto sono stati filtrati per avere un solo risultato ad asta.

In particolare, per le aste compresse sono stati distinti i valori relativi alle *Stations* 2 e 2,8.

In questo modo è stato possibile avere un'ulteriore divisione tra le aste lunghe 2,00 m e quelle oblique -lunghe 2,83 m - che hanno una lunghezza libera di inflessione diversa, da valutare in fase di dimensionamento.

ASTE COMPRESSE

Le aste compresse sono state raggruppate in categorie in base all'area minima associata ai rispettivi valori di sforzo normale, tenendo in considerazione anche il raggio di inerzia minimo e il momento di inerzia minimo. Per prima cosa sono stati selezionati due profilati minimi – sia per l'asta lunga 2 m sia per quella lunga 2,83m – che rispettavano il valore del rho min. A partire da tali sezioni, sono stati assegnati i successivi profilati a tutte le aste considerando intervalli di A min.

Dopo una prima divisione in categorie - che comportava un numero troppo elevato di profilati diversi - si è deciso di ampliare gli intervalli di area minima per ottimizzare la progettazione.

Calcolo dell'area minima da sforzi di compressione (resistenza materiale)

N	f _{yk}	γ _{m0}	f _{yd}	A _{min}	E	beta	I	Lam*	rho_min	I_min	A_design	I_design	rho_min	lam	d x s
kN	N/mm2		N/mm2	cm2	Mpa		m		cm	cm4	cm2	cm4	cm		mm

Calcolo dell'inerzia minima per sforzi di compressione (instabilità euleriana)

Ingegnere sezione e verifica snellezza per una membratura principale (< 200)

N	f _{yk}	γ _{m0}	f _{yd}	A _{min}	E	beta	I	Lam*	rho_min	I_min	A_design	I_design	rho_min	lam	d x s
---	-----------------	-----------------	-----------------	------------------	---	------	---	------	---------	-------	----------	----------	---------	-----	-------

acciaio trazione acciaio compressione

N	f _{yk}	γ _{m0}	f _{yd}	A _{min}	E	beta	I	Lam*	rho_min	I_min	A_design	I_design	rho_min	lam	d x s
-1875,974	275,00	1,05	261,90	71,63	210000,00	1,00	2	88,96	2,25	362	79,2	15849	14,10	14,18	406,4 x 6,3
-1820,168	275,00	1,05	261,90	61,86	210000,00	1,00	2,82843	88,96	3,18	625	63,1	12704	14,20	19,92	406,4 x 5,0
-1380,105	275,00	1,05	261,90	52,69	210000,00	1,00	2	88,96	2,25	266	52,8	4 696	9,43	21,21	273,0 x 6,3
-996,333	275,00	1,05	261,90	38,04	210000,00	1,00	2,82843	88,96	3,18	385	39,5	2 247	7,54	37,51	219,1 x 5,9
-672,661	275,00	1,05	261,90	25,68	210000,00	1,00	2,82843	88,96	3,18	260	25,7	856	5,78	48,93	168,3 x 5,0
-496	275,00	1,05	261,90	18,94	210000,00	1,00	2	88,96	2,25	96	19,1	437	4,78	41,84	139,7 x 4,5
-325,827	275,00	1,05	261,90	12,44	210000,00	1,00	2	88,96	2,25	63	12,5	192	3,92	51,02	114,3 x 3,6
-249,76	275,00	1,05	261,90	9,54	210000,00	1,00	2	88,96	2,25	48	9,65	87,9	3,02	66,23	88,9 x 3,6
-156,723	275,00	1,05	261,90	5,98	210000,00	1,00	2	88,96	2,25	30	6	40,6	2,6	76,92	76,1 x 2,6

acciaio trazione acciaio compressione

Di seguito è riportata una tabella riassuntiva dove compaiono le aste più sollecitate per ciascuna categoria e i relativi profili assegnati.

1	Calcolo dell'area minima da sforzi di compressione (resistenza materiale)					Calcolo dell'inerzia minima per sforzi di compressione (instabilità euleriana)					Ingegnere sezione e verifica snellezza per una membratura principale (< 200)					
2	N	f _{yk}	γ _{m0}	f _{yd}	A _{min}	E	beta	I	Lam*	rho_min	I_min	A_design	I_design	rho_min	lam	d x s
3	kN	N/mm2		N/mm2	cm2	Mpa		m		cm	cm4	cm2	cm4	cm		mm
4																
5	-1875,974	275,00	1,05	261,90	71,63	210000,00	1,00	2	88,96	2,25	362	79,2	15849	14,10	14,18	406,4 x 6,3
6	-1820,168	275,00	1,05	261,90	61,86	210000,00	1,00	2,82843	88,96	3,18	625	63,1	12704	14,20	19,92	406,4 x 5,0
7	-1380,105	275,00	1,05	261,90	52,69	210000,00	1,00	2	88,96	2,25	266	52,8	4 696	9,43	21,21	273,0 x 6,3
8	-996,333	275,00	1,05	261,90	38,04	210000,00	1,00	2,82843	88,96	3,18	385	39,5	2 247	7,54	37,51	219,1 x 5,9
9	-672,661	275,00	1,05	261,90	25,68	210000,00	1,00	2,82843	88,96	3,18	260	25,7	856	5,78	48,93	168,3 x 5,0
10	-496	275,00	1,05	261,90	18,94	210000,00	1,00	2	88,96	2,25	96	19,1	437	4,78	41,84	139,7 x 4,5
11	-325,827	275,00	1,05	261,90	12,44	210000,00	1,00	2	88,96	2,25	63	12,5	192	3,92	51,02	114,3 x 3,6
12	-249,76	275,00	1,05	261,90	9,54	210000,00	1,00	2	88,96	2,25	48	9,65	87,9	3,02	66,23	88,9 x 3,6
13	-156,723	275,00	1,05	261,90	5,98	210000,00	1,00	2	88,96	2,25	30	6	40,6	2,6	76,92	76,1 x 2,6
14																

ASTE TESE

Anche le aste tese sono state raggruppate in base alle aree minime, associate agli sforzi di trazione. In questo caso si è cercato di utilizzare - dove possibile - gli stessi profilati scelti per le aste compresse.

Calcolo dell'area minima da sforzo normale di trazione						
N	f _{yk} Mpa	γ _m	f _d Mpa	A _{min} cm ²	A _{design} cm ²	d x s
912,62	275,00	1,05	261,90	34,85	39,5	219,1 x 5,9
885,397	275,00	1,05	261,90	34,34	39,5	
875,855	275,00	1,05	261,90	33,44	39,5	
728,541	275,00	1,05	261,90	27,82	39,5	
724,054	275,00	1,05	261,90	27,65	39,5	
707,54	275,00	1,05	261,90	27,02	39,5	
701,933	275,00	1,05	261,90	26,80	39,5	
691,448	275,00	1,05	261,90	26,40	39,5	
679,53	275,00	1,05	261,90	25,95	39,5	
679,53	275,00	1,05	261,90	25,95	39,5	
665,771	275,00	1,05	261,90	25,42	25,7	168,3 x 5,0
645,549	275,00	1,05	261,90	24,65	25,7	
640,563	275,00	1,05	261,90	24,53	25,7	
632,533	275,00	1,05	261,90	24,15	25,7	
632,533	275,00	1,05	261,90	24,15	25,7	
603,035	275,00	1,05	261,90	23,02	25,7	
579,525	275,00	1,05	261,90	22,13	25,7	
577,495	275,00	1,05	261,90	22,05	25,7	
570,952	275,00	1,05	261,90	21,87	25,7	
571,314	275,00	1,05	261,90	21,81	25,7	
553,414	275,00	1,05	261,90	21,51	25,7	
550,327	275,00	1,05	261,90	21,24	25,7	
544,974	275,00	1,05	261,90	20,81	25,7	
543,029	275,00	1,05	261,90	20,73	25,7	
543,029	275,00	1,05	261,90	20,73	25,7	
536,484	275,00	1,05	261,90	20,48	25,7	
531,414	275,00	1,05	261,90	20,29	25,7	
531,414	275,00	1,05	261,90	20,29	25,7	
525,423	275,00	1,05	261,90	20,06	25,7	
520,95	275,00	1,05	261,90	19,89	25,7	
500,078	275,00	1,05	261,90	19,09	25,7	
497,142	275,00	1,05	261,90	18,88	25,7	
496,886	275,00	1,05	261,90	18,86	25,7	
493,885	275,00	1,05	261,90	18,86	19,1	139,7 x 4,5
492,39	275,00	1,05	261,90	18,80	19,1	
484,988	275,00	1,05	261,90	18,52	19,1	
480,884	275,00	1,05	261,90	18,33	19,1	
479,563	275,00	1,05	261,90	18,31	19,1	

Il foglio riassuntivo di Excel che segue, mostra le aste più sollecitate per ciascuna categoria e i relativi profili assegnati.

Calcolo dell'area minima da sforzo normale di trazione						
N	f _{yk}	γ _m	f _d	A _{min}	A _{design}	d x s
kN	Mpa		Mpa	cm ²	cm ²	mm
912,62	275,00	1,05	261,90	34,85	39,5	219,1 x 5,9
665,771	275,00	1,05	261,90	25,42	25,7	168,3 x 5,0
493,885	275,00	1,05	261,90	18,86	19,1	139,7 x 4,5
325,146	275,00	1,05	261,90	12,41	12,5	114,3 x 3,6
251,312	275,00	1,05	261,90	9,60	9,65	88,9 x 3,6
155,251	275,00	1,05	261,90	5,93	6	76,1 x 2,6
78,682	275,00	1,05	261,90	3,00	3,07	33,7 x 3,2