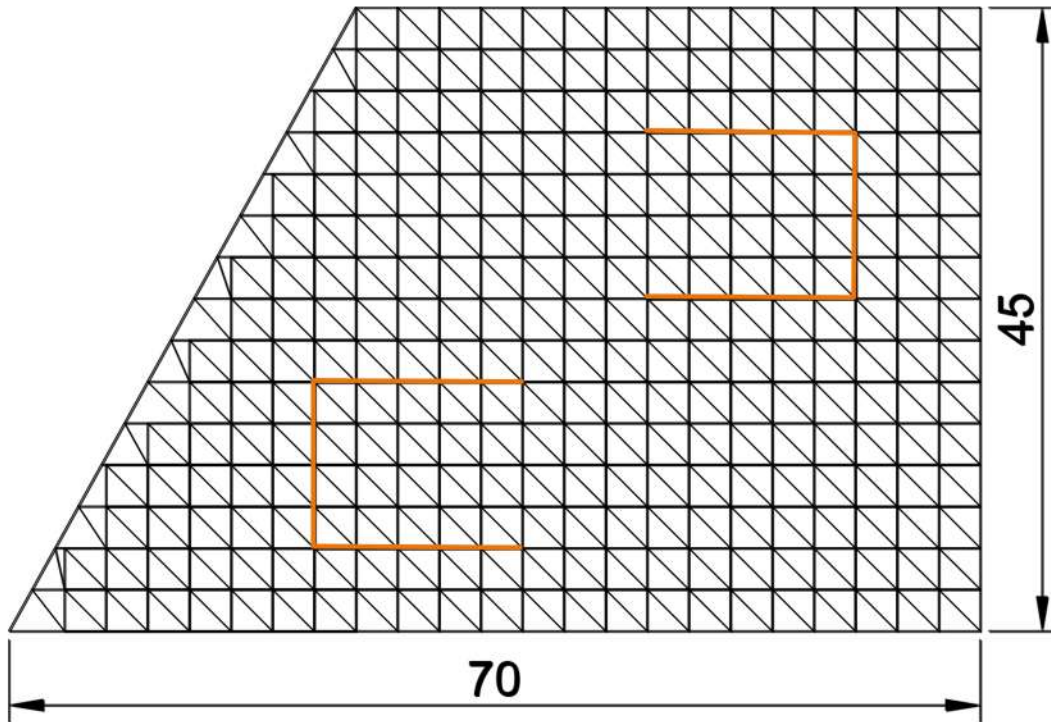


ESERCITAZIONE 2 - DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DI UNA TRAVATURA RETICOLARE

prof. Ginevra Salerno

studentessa: Cindy Iwuji



Oggetto di questa esercitazione è la progettazione di una travatura reticolare, struttura di sostegno di un edificio di 4 piani.

DATI

n piani: 4

modulo di base della maglia: 3x3 m

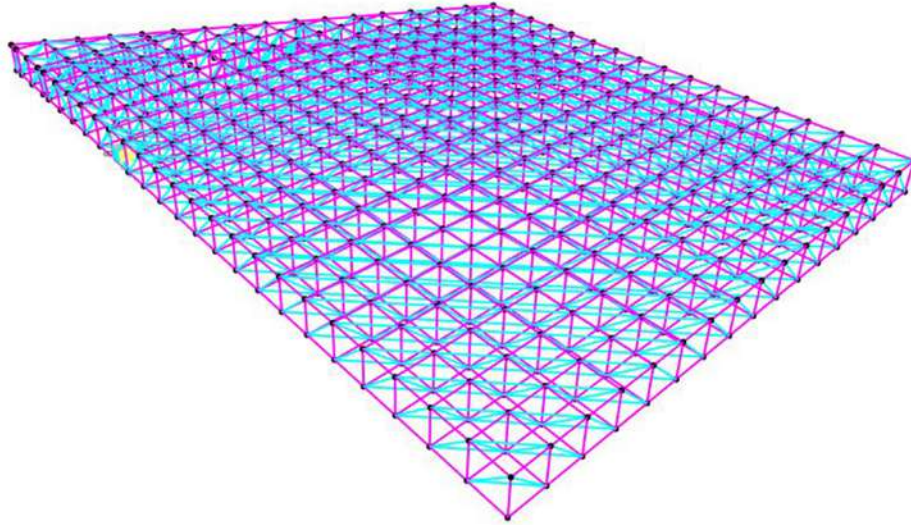
verifiche da effettuare: dimensionamento e deformabilità

l. aste verticali ed orizzontali: 3 m

l. aste diagonali: 4,24 m

Per quanto riguarda le aste verticali ed orizzontali è stato utilizzato un tubo metallico di diametro pari a 355mm, per le aste diagonali un tubo metallico di diametro pari a 406 mm

Una volta definiti i dati ed inseriti i setti che fungeranno da sostegno per la trave reticolare, si passa alla modellazione su SAP della trave in questione.



Per prima cosa disegno il modulo di base 3x3 m differenziando le aste diagonali da quelle orizzontali e verticali, disegno una diagonale per ogni lato del modulo di base che poi andrò a replicare in direzione y e x fino a comporre la travatura reticolare. Fatto cioè tramite il comando realises/partial fixity fisso la condizione alla base del giusto funzionamento della travatura reticolare, cioè fisso il momento pari a 0, difatti le travature reticolari sono soggette a soli sforzi normali. Fatto ciò assegno i vincoli in corrispondenza dei nodi che insistono sui setti di sostegno.

Successivamente dovrò assegnare i carichi concentrati agenti su ciascun nodo, ma prima di farlo distinguo i nodi in 3 categorie: nodi centrali, nodi perimetrali e nodi angolari, faccio ciò in quanto il carico agente sul singolo nodo varia a seconda della sua area di influenza.

CALCOLO DEI CARICHI AGENTI SUI NODI

Peso al mq del solaio: 12,6 mq*

$$F = 12,6 \times A \times n \text{ solai} = 12,6 \times 2587,5 \times 4 = 130410 \text{ KN}$$

* il peso del solaio utilizzato è quello calcolato per la prima esercitazione

Ora devo calcolare il peso proprio della trave reticolare ed avrò la forza totale che poi andrà a distribuirsi sui singoli nodi.

CALCOLO PESO PROPRIO DELLA TRAVE

TABLE: peso proprio travatura reticolare								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
9	DEAD	LinStatic	-3,505	-250,964	-227,894	0	0	0
21	DEAD	LinStatic	307,631	204,173	370,694	0	0	0
679	DEAD	LinStatic	12,843	-151,946	-218,342	0	0	0
688	DEAD	LinStatic	178,489	157,001	200,532	0	0	0
845	DEAD	LinStatic	27,882	-107,61	-67,753	0	0	0
847	DEAD	LinStatic	555,853	-266,023	370,694	0	0	0
871	DEAD	LinStatic	17,509	-106,722	-162,935	0	0	0
935	DEAD	LinStatic	46,189	94,219	51,254	0	0	0
937	DEAD	LinStatic	61,565	38,716	22,437	0	0	0
961	DEAD	LinStatic	104,962	127,748	114,628	0	0	0
1005	DEAD	LinStatic	-140,373	-350,677	-14,446	0	0	0
1007	DEAD	LinStatic	-158,01	-408,65	63,906	0	0	0
1009	DEAD	LinStatic	-186,502	-544,479	212,256	0	0	0
1011	DEAD	LinStatic	711,67	-857,692	1109,969	0	0	0
1022	DEAD	LinStatic	-279,475	-268,329	-40,127	0	0	0
1023	DEAD	LinStatic	-126,719	-311,14	-61,987	0	0	0
1041	DEAD	LinStatic	361,812	245,602	106,749	0	0	0
1071	DEAD	LinStatic	220,228	193,071	14,362	0	0	0
1095	DEAD	LinStatic	54,773	410,894	163,446	0	0	0
1097	DEAD	LinStatic	41,136	433,267	96,163	0	0	0
1099	DEAD	LinStatic	33,239	475,157	71,265	0	0	0
1101	DEAD	LinStatic	209,953	489,017	276,889	0	0	0
1112	DEAD	LinStatic	-442,347	415,586	1426,571	0	0	0
1113	DEAD	LinStatic	81,149	403,555	326,486	0	0	0
1374	DEAD	LinStatic	-333,718	-176,561	50,278	0	0	0
1376	DEAD	LinStatic	-421,92	-208,403	99,631	0	0	0
1378	DEAD	LinStatic	-286,865	-204,512	92,468	0	0	0
1380	DEAD	LinStatic	-647,449	525,7	1799,329	0	0	0
					6246,523			

Per calcolare il peso proprio della travatura reticolare devo avviare un'analisi su SAP che tenga conto del solo peso della trave, faccio ciò definendo il DEAD con il moltiplicatore di peso proprio pari ad 1. Fatto ciò faccio partire l'analisi con il solo DEAD e successivamente esporto su excel la tabella relative alle reazioni vincolari.

La colonna F3 della tabella è relativa alle reazioni vincolari verticali, in questo caso avendo il solo peso proprio della trave sommando i valori di questa colonna avrò come risultato il peso proprio della trave.

Peso proprio travatura reticolare = 6246,523 KN -> 6247 KN

Fatto ciò posso calcolare la $F_{tot} = 130410 + 6247 = 136657$ KN

Ora devo calcolare il valore della forza agente sul singolo nodo:

NUMERO NODI

4 nodi angolari

295 nodi centrali

365 nodi perimetrali

$F_{tot} = (295 + 365/2 + 1) F = 478,5 F$

F max agente sul singolo nodo = $136657/478,5 = 286$ KN

F nodi centrali = 286 KN

F nodi perimetrali = $286/2 = 143$ KN

F nodi angolari = $286/4 = 71,5$ KN

VERIFICA ABBASSAMENTO

TABLE: Joint Displacements	
Joint	U3
780	-1,367816
1219	0,007752
1228	0,007876
1227	0,008962
1222	0,010266
1221	0,011098
1226	0,012066
1224	0,01234
1250	0,013263
1225	0,013355
1223	0,01354
1249	0,01365
1280	0,017622
1279	0,018319
1252	0,020137
1251	0,02068
1254	0,025736
1253	0,026406
1282	0,028609
1281	0,029371
1256	0,029744
1260	0,030436
1255	0,030557
1259	0,031043
1258	0,031278
1257	0,032131
1284	0,038108
1283	0,038946
1286	0,046329
1285	0,047251
1288	0,052764
1287	0,05363
1290	0,056751
1289	0,057256
Text	m

La prima verifica da effettuare è quella relativa all'abbassamento massimo che dovrà essere: $v_{max} \leq l/250$. Per verificare l'abbassamento dovrò prima calcolare la combinazione di carichi allo SLE.

COMBINAZIONE DI CARICHI ALLO SLE

$$q_e = (\gamma_s)q_s + (\gamma_p)q_p + (\gamma_a)q_a$$

$$\gamma_s = 1$$

$$\gamma_p = \gamma_a = 0,7$$

$$q_s = 3,91 \text{ KN/mq}$$

$$q_p = 3,05 \text{ KN/mq}$$

$$q_a = 2,00 \text{ KN/mq}$$

$$q_e = 7,45 \text{ KN/mq}$$

Ora eseguo gli stessi passaggi eseguiti in precedenza al fine di ottenere il carico agente sul singolo nodo. Avrò:

$$F \text{ nodi centrali} = 161,44 \text{ KN}$$

$$F \text{ nodi perimetrali} = 80,6 \text{ KN}$$

$$F \text{ nodi angolari} = 40,3 \text{ KN}$$

Fatto ciò ed assegnati i carichi sui nodi faccio partire l'analisi su SAP al fine di verificare l'effettivo abbassamento, esporto la tabella "Joint displacements".

Tenendo in considerazione la colonna u3 relativa agli spostamenti verticali, ordino i valori in modo da mettere in evidenza lo spostamento massimo che risulta essere: $v_{max} = 1,37 \text{ m}$

A questo punto devo verificare che l'abbassamento non sia maggiore di quello indicato nella formula:

$$v_{max} = l/250 = 9,85 / 250 = 0,04 \text{ m}$$

l = distanza nodo 780 (nodo in cui si verifica l'abbassamento massimo) - sostegno

L'abbassamento massimo che si verifica è troppo grande dunque aggiungo dei sostegni ulteriori al fine di contenere il valore dell'abbassamento entro i limiti indicati dalla normativa.

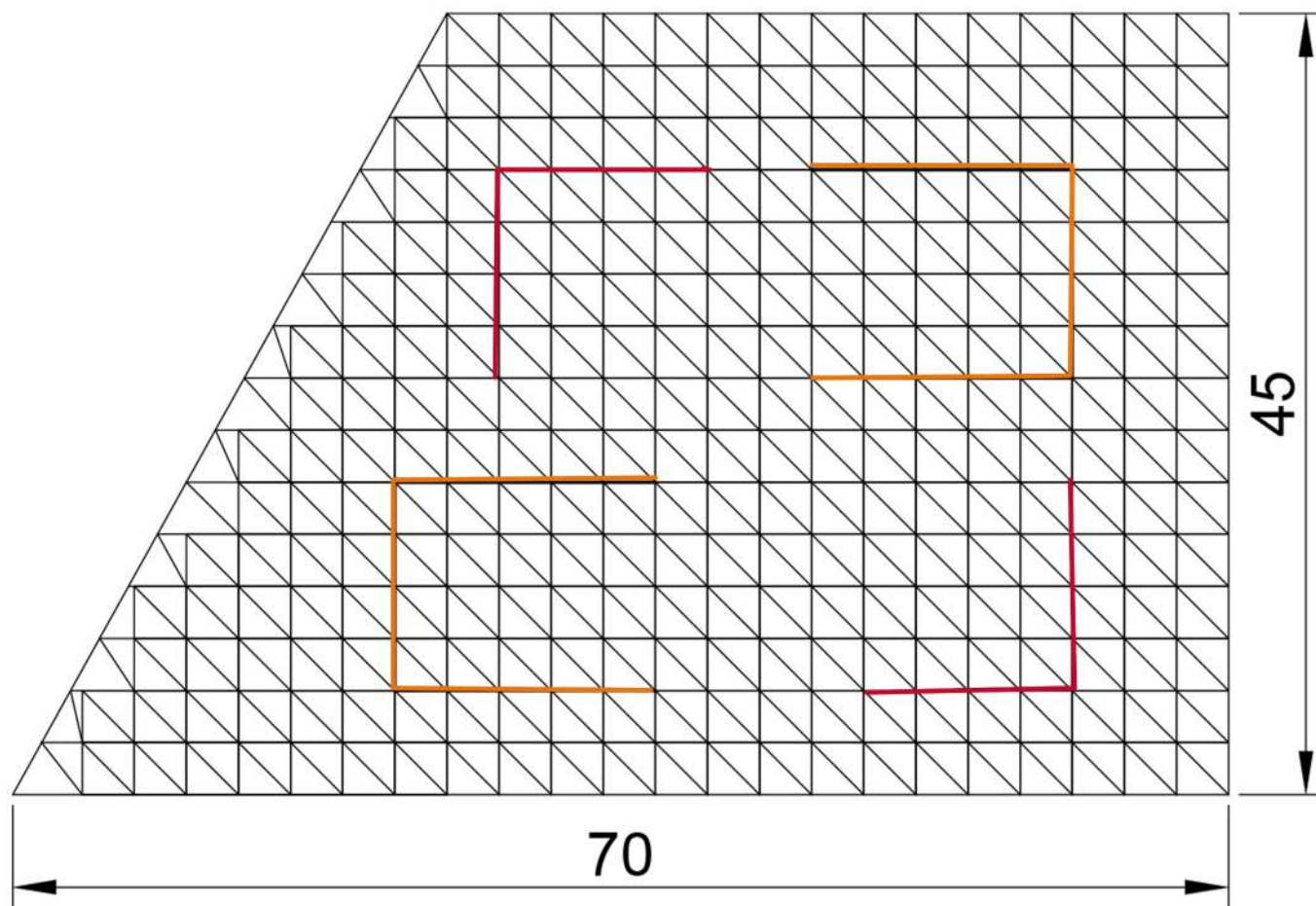
VERIFICA ABBASSAMENTO

TABLE: Joint Displacements	
Joint	U3
736	-0,05688
738	-0,056789
740	-0,055622
742	-0,055229
734	-0,054178
732	-0,053983
743	-0,050956
741	-0,050675
744	-0,050225
739	-0,050081
737	-0,050037
746	-0,049538
747	-0,047935
730	-0,047817
745	-0,047392
728	-0,047353
1289	-0,046387
1290	-0,046365
733	-0,045844
735	-0,045693
852	-0,045272
851	-0,04524
853	-0,044696
872	-0,044375
1260	-0,044364
1259	-0,044341
849	-0,042495
1230	-0,042398

Aggiungo 2 setti ad L per ridurre l'abbassamento massimo, poi eseguo nuovamente l'analisi e verifico di nuovo l'abbassamento.

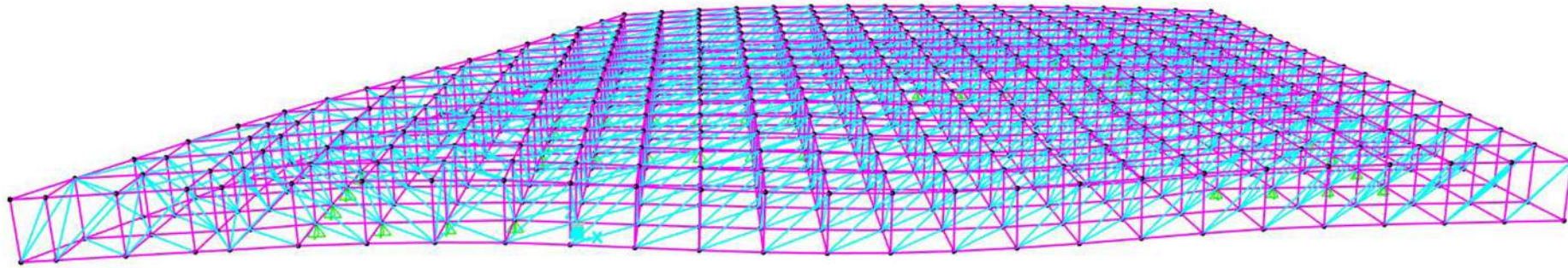
$$v_{max} = 0,05$$

$$v_{max} = l/250 = 18,24/250 = 0,07 \text{ VERIFICATA!}$$



MODELLO SAP

Una volta verificato l'abbassamento mi occupo della verifica delle aste verticali, orizzontali e diagonali. Esporto le tabelle relative ai valori dello sforzo normale, taglio e momento (quest'ultimi risulteranno pari a 0).



conformazione deformata

Una volta esportate le tabelle relative alle aste verticali e orizzontali e quelle relative alle aste diagonali ordino i valori dello sforzo normale dal più piccolo al più grande in modo da ottenere i valori di compressione e trazione sulle aste, questi valori verranno poi suddivisi in gruppi in modo da considerare per il dimensionamento successivo i soli valori massimi di ogni gruppo :

GRUPPI ASTE VERTICALI E ORIZZONTALI - COMPRESSIONE E TRAZIONE

GRUPPO 1: - 4079,807 KN	GRUPPO 1: 100,025 KN
GRUPPO 2: - 2966,395 KN	GRUPPO 2: 201,61KN
GRUPPO 3: - 1861,304 KN	GRUPPO 3: 300,846 KN
GRUPPO 4: - 997,441 KN	GRUPPO 4: 450,765 KN
GRUPPO 5: - 796,69 KN	GRUPPO 5: 600,371 KN
GRUPPO 6: - 599,5 KN	GRUPPO 6: 751,632 KN
GRUPPO 7: - 398,674 KN	GRUPPO 7: 901,541 KN
GRUPPO 8: - 199,581 KN	GRUPPO 8: 1598,937 KN
GRUPPO 9: - 99,852 KN	GRUPPO 9: 3016,257 KN

GRUPPI ASTE DIAGONALI - COMPRESSIONE E TRAZIONE

GRUPPO 1: - 4079,807 KN	GRUPPO 1: 93,26 KN
GRUPPO 2: - 1710,076 KN	GRUPPO 2: 196,165 KN
GRUPPO 3: - 987,817 KN	GRUPPO 3: 363,797 KN
GRUPPO 4: - 805,692 KN	GRUPPO 4: 555,408 KN
GRUPPO 5: - 644,233 KN	GRUPPO 5: 872,755 KN
GRUPPO 6: - 484,912 KN	GRUPPO 6: 1512,026 KN
GRUPPO 7: - 337,739 KN	GRUPPO 7: 3016,257 KN
GRUPPO 8: - 245,141 KN	
GRUPPO 9: - 149,344 KN	
GRUPPO 10: - 49,572 KN	

MODELLO SAP

I valori trovati relativi allo sforzo normale verranno poi inseriti nelle tabelle di excel relative al dimensionamento delle aste verticali, orizzontali e diagonali, tenendo conto dei valori di: Area_min, rho_min e l_min verranno scelti i profilati relativi alle aste soggette a compressione. I profilati relativi alle aste soggette a trazione verranno invece dimensionate in base ai valori dell'Area minima. Infine si esporteranno le tabelle excel sul modello di SAP in modo da modificare le sezioni alla luce dei nuovi dimensionamenti e si verificheranno con i medesimi procedimenti l'abbassamento e le sezioni.

ASTE VERTICALI E ORIZZONTALI - 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}	Y _{m0}	f _{yd}	A _{min}	E	beta	I	Lam*	rho_min	I_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	
-350,00	235,00	1,05	223,81	15,64	210000,00	1,00	3,00	96,23	3,12	152	38,8	616	3,98	75,38
-400,00	235,00	1,05	223,81	17,87	210000,00	1,00	4,00	96,23	4,16	309	53,8	1340	4,98	80,32
-530,00	235,00	1,05	223,81	23,68	210000,00	1,00	5,00	96,23	5,20	639	76,8	2770	6,00	83,33
-4079,81	355,00	1,05	338,10	120,67	210000,00	1,00	3,00	78,30	3,83	1772	123,7	37425	17,39	17,25
-2966,40	355,00	1,05	338,10	87,74	210000,00	1,00	3,00	78,30	3,83	1288	89,1	17756	14,10	21,28
-1861,30	355,00	1,05	338,10	55,05	210000,00	1,00	3,00	78,30	3,83	808	58,9	7453	11,20	26,79
-997,44	355,00	1,05	338,10	29,50	210000,00	1,00	3,00	78,30	3,83	433	33,6	1928	7,57	39,63
-796,69	355,00	1,05	338,10	23,56	210000,00	1,00	3,00	78,30	3,83	346	25,7	856	5,78	51,90
-599,50	355,00	1,05	338,10	17,73	210000,00	1,00	3,00	78,30	3,83	260	19,1	437	4,78	62,76
-398,67	355,00	1,05	338,10	11,79	210000,00	1,00	3,00	78,30	3,83	173	12,5	192	3,92	76,53
-199,58	355,00	1,05	338,10	5,90	210000,00	1,00	3,00	78,30	3,83	87	12,5	192	3,92	76,53
-99,85	355,00	1,05	338,10	2,95	210000,00	1,00	3,00	78,30	3,83	43	12,5	192	3,92	76,53

GRUPPO 1 SEZ. : 500 x 8,0 mm

GRUPPO 7 SEZ. : 139,7 x 2,9 mm

GRUPPO 2 SEZ. : 406,4 x 7,1 mm

GRUPPO 8 SEZ. : 139,7 x 2,9 mm

GRUPPO 3 SEZ. : 323,9 x 5,9 mm

GRUPPO 9 SEZ. : 139,7 x 2,9 mm

GRUPPO 4 SEZ. : 219,1 x 5,9 mm

GRUPPO 5 SEZ. : 168,3 x 5,0 mm

GRUPPO 6 SEZ. : 139,7 x 4,5 mm

ASTE VERTICALI E ORIZZONTALI - TRAZIONE

Calcolo dell'area minima da sforzo normale di trazione					
N	f _{yk}	γ _m	f _d	A _{min}	A _{design}
kN	Mpa		Mpa	cm ²	cm ²
100,03	355,00	1,05	338,10	2,96	3,07
201,61	355,00	1,05	338,10	5,96	6,00
300,85	355,00	1,05	338,10	8,90	9,65
450,77	355,00	1,05	338,10	13,33	13,90
600,37	355,00	1,05	338,10	17,76	19,10
751,63	355,00	1,05	338,10	22,23	23,20
901,54	355,00	1,05	338,10	26,67	27,00
1598,94	355,00	1,05	338,10	47,29	52,80
3016,257	355,00	1,05	338,10	89,21	89,20

GRUPPO 1
GRUPPO 2
GRUPPO 3
GRUPPO 4
GRUPPO 5
GRUPPO 6
GRUPPO 7
GRUPPO 8
GRUPPO 9

GRUPPO 1 SEZ: 33,7 x 3,2 mm
GRUPPO 2 SEZ. : 76,1 x 2,6 mm
GRUPPO 3 SEZ. : 88,9 x 3,6 mm
GRUPPO 4 SEZ. : 114,3 x 4,0 mm
GRUPPO 5 SEZ. : 139,7 x 4,5 mm
GRUPPO 6 SEZ. : 168,3 x 4,5 mm
GRUPPO 7 SEZ. : 219,1 x 4 mm
GRUPPO 8 SEZ. : 273,0 x 6,3 mm
GRUPPO 9 SEZ. : 457,2 x 6,3 mm

ASTE DIAGONALI - TRAZIONE

Calcolo dell'area minima da sforzo normale di trazione					
N	f _{yk}	γ _m	f _d	A _{min}	A _{design}
kN	Mpa		Mpa	cm ²	cm ²
93,26	355,00	1,05	338,10	2,76	3,07
196,17	355,00	1,05	338,10	5,80	6,00
363,80	355,00	1,05	338,10	10,76	12,50
555,41	355,00	1,05	338,10	16,43	16,60
872,76	355,00	1,05	338,10	25,81	27,00
1512,03	355,00	1,05	338,10	44,72	47,00
3016,26	355,00	1,05	338,10	89,21	89,20

GRUPPO 1
GRUPPO 2
GRUPPO 3
GRUPPO 4
GRUPPO 5
GRUPPO 6
GRUPPO 7

GRUPPO 1 SEZ: 33,7 x 3,2 mm
GRUPPO 2 SEZ. : 76,1 x 2,6 mm
GRUPPO 3 SEZ. : 114,3 x 3,6 mm
GRUPPO 4 SEZ. : 168,3 x 3,2 mm
GRUPPO 5 SEZ. : 219,1 x 4,0 mm
GRUPPO 6 SEZ. : 273,0 x 5,6 mm
GRUPPO 7 SEZ. : 457,2 x 6,3 mm

ASTE DIAGONALI 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	fyk	Y _{m0}	fyd	A _{min}	E	beta	I	Lam*	rho_min	I_min	A_design	I_design	rho_min	lam	
kN	N/mm2		N/mm2	cm2	Mpa		m		cm	cm4	cm2	cm4	cm		
-350,00	235,00	1,05	223,81	15,64	210000,00	1,00	3,00	96,23	3,12	152	38,8	616	3,98	75,38	
-400,00	235,00	1,05	223,81	17,87	210000,00	1,00	4,00	96,23	4,16	309	53,8	1340	4,98	80,32	
-530,00	235,00	1,05	223,81	23,68	210000,00	1,00	5,00	96,23	5,20	639	76,8	2770	6,00	83,33	
-4079,81	355,00	1,05	338,10	120,67	210000,00	1,00	4,24	78,30	5,42	3539	123,7	37425	17,39	24,38	GRUPPO 1
-1710,08	355,00	1,05	338,10	50,58	210000,00	1,00	4,24	78,30	5,42	1483	52,8	4696	9,43	44,96	GRUPPO 2
987,82	355,00	1,05	338,10	29,22	210000,00	1,00	4,24	78,30	5,42	857	33,6	1928	7,57	56,01	GRUPPO 3
805,69	355,00	1,05	338,10	23,83	210000,00	1,00	4,24	78,30	5,42	699	25,7	856	5,78	73,36	GRUPPO 4
644,23	355,00	1,05	338,10	19,05	210000,00	1,00	4,24	78,30	5,42	559	20,6	697	5,81	72,98	GRUPPO 5
484,91	355,00	1,05	338,10	14,34	210000,00	1,00	4,24	78,30	5,42	421	16,6	566	5,84	72,60	GRUPPO 6
337,74	355,00	1,05	338,10	9,99	210000,00	1,00	4,24	78,30	5,42	293	16,6	566	5,84	72,60	GRUPPO 7
245,14	355,00	1,05	338,10	7,25	210000,00	1,00	4,24	78,30	5,42	213	16,6	566	5,84	72,60	GRUPPO 8
149,34	355,00	1,05	338,10	4,42	210000,00	1,00	4,24	78,30	5,42	130	16,6	566	5,84	72,60	GRUPPO 9
49,57	355,00	1,05	338,10	1,47	210000,00	1,00	4,24	78,30	5,42	43	16,6	566	5,84	72,60	GRUPPO 10

GRUPPO 1 SEZ. : 500 X 8 mm

GRUPPO 9 SEZ. : 168,3 x 3,2 mm

GRUPPO 2 SEZ. : 273,0 x 6,3 mm

GRUPPO 10 SEZ. : 168,3 x 3,2 mm

GRUPPO 3 SEZ. : 219,1 x 5 mm

GRUPPO 4 SEZ. : 168,3 x 5 mm

GRUPPO 5 SEZ. : 168,3 x 4 mm

GRUPPO 6 SEZ. : 168,3 x 3,2 mm

GRUPPO 7 SEZ. : 168,3 x 3,2 mm

GRUPPO 8 SEZ. : 168,3 x 3,2 mm