

ESERCITAZIONE: PRE-DIMENSIONAMENTO DI UNA TRAVATURA RETICOLARE SPAZIALE

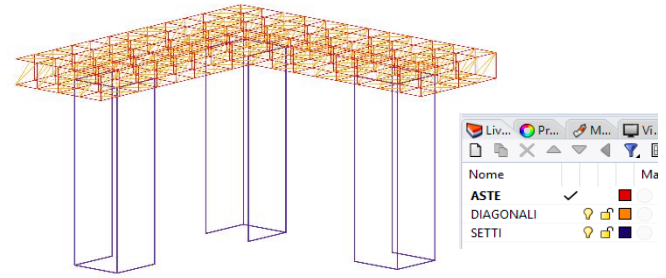
Inizio modellando su Rhinoceros la travatura reticolare, stando attenta a dividere per livelli

gli elementi che andrò ad importarmi su SAP

2000, in modo tale da avere già i gruppi definiti

(aste, diagonali e setti) e sveltire i passaggi.

Importo la mia struttura su SAP con i relativi gruppi precedentemente definiti su Rhino.

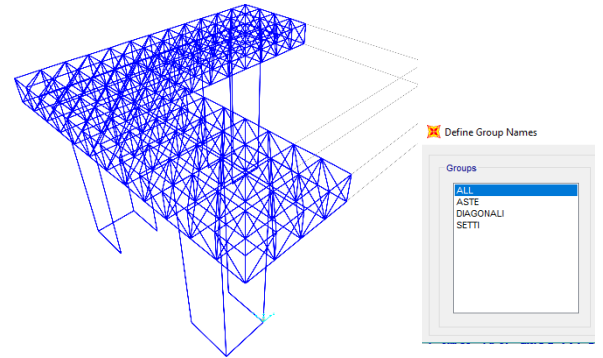


Modellazione su rhino della reticolare di modulo costante

Successivamente assegno i vincoli (interni ed esterni) alla struttura: discretizzo i setti, li incastro a terra e inserisco le cerniere interne nelle aste reticolari.

Ora assegno il carico ai nodi della reticolare rispetto ad una combinazione di carico allo SLU (incidenza di un solaio in acciaio 12kN/mq). Ripartisco dunque il carico sui nodi

considerando l'area della reticolare (500mq): $500 \text{ mq} \times 12 \text{ kN/mq} = 6000 \text{ kN}$ da moltiplicare per il numero di piani, per esempio 4. $6000 \text{ kN} \times 4 = 24000 \text{ kN}$.



Importazione del modello su SAP 2000 con relativi gruppi

Quindi ora posso sapere quanto è il carico singolo al nodo. Metto il modello in vista 2d sul piano xy (superiore) cliccando sulla parte sommitale della reticolare e seleziono l'intero modello. Sap selezionerà solo gli elementi presenti proprio su quel piano. In basso a sinistra comunica l'entità e il numero degli elementi presenti nella selezione.

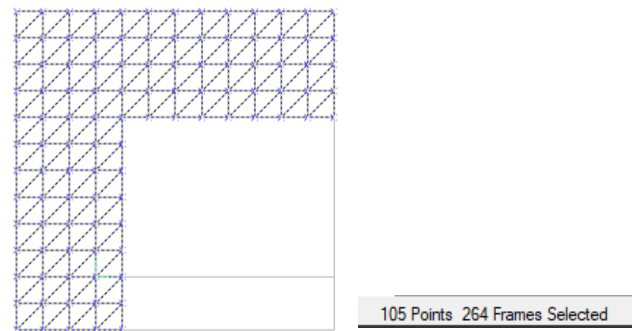
Pertanto ora posso distribuire il carico in maniera equa sui nodi:

$$2400 \text{ kN} : 105 = 228,5 \text{ kN}$$

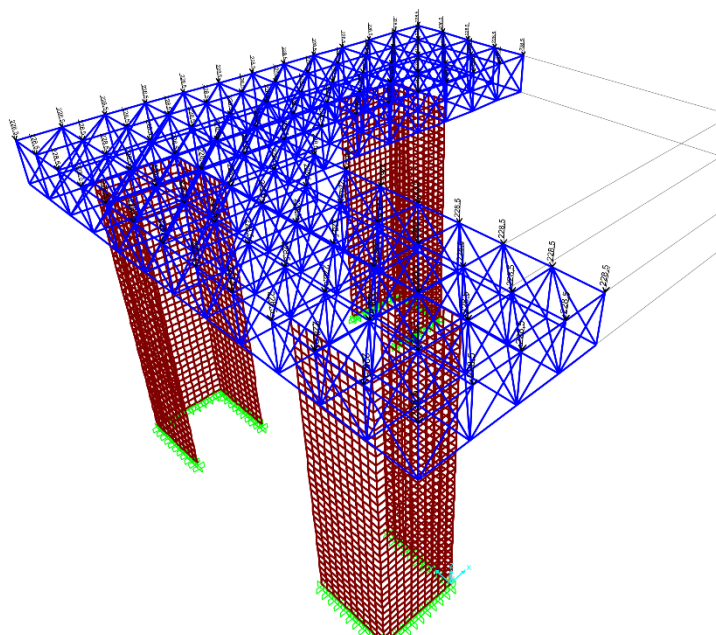
Così ho trovato il carico singolo su ogni nodo.

Ora vado a definire il carico, mantenendo per il momento il moltiplicatore di peso proprio pari a 0.

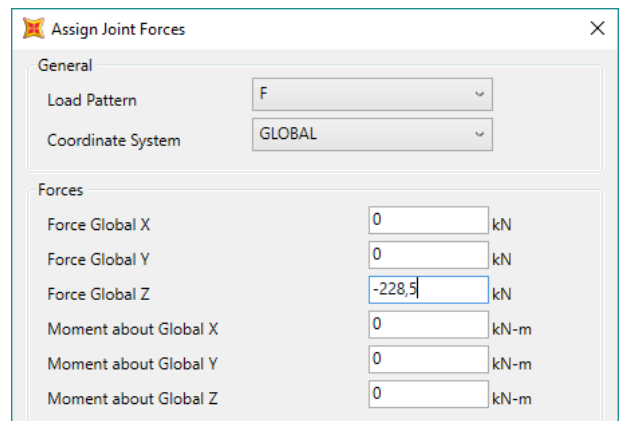
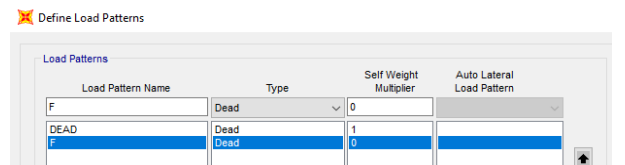
Successivamente lo assegno ai nodi della reticolare.



Individuazione dei punti selezionati



Visualizzazione del carico sui nodi

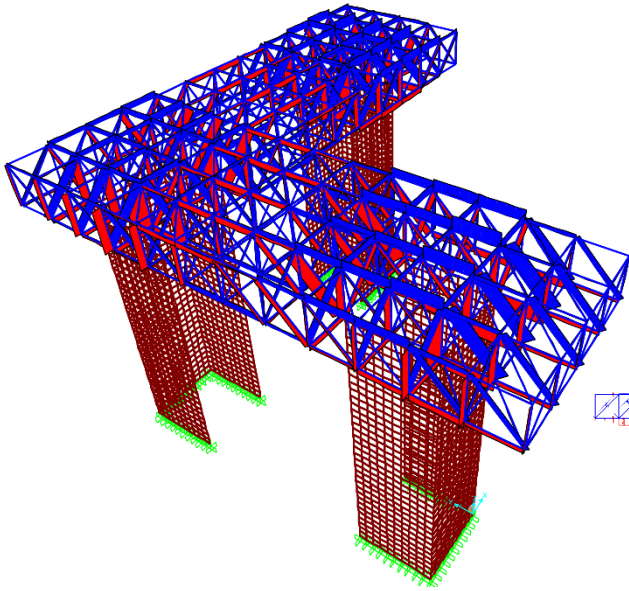
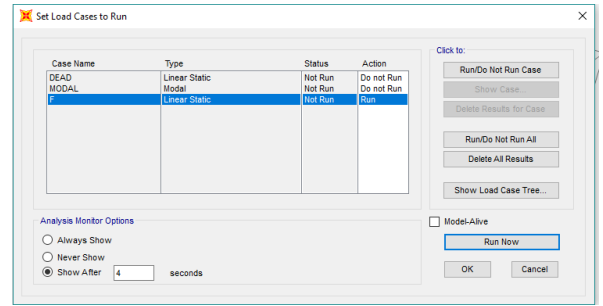


Assegnazione del carico ai punti

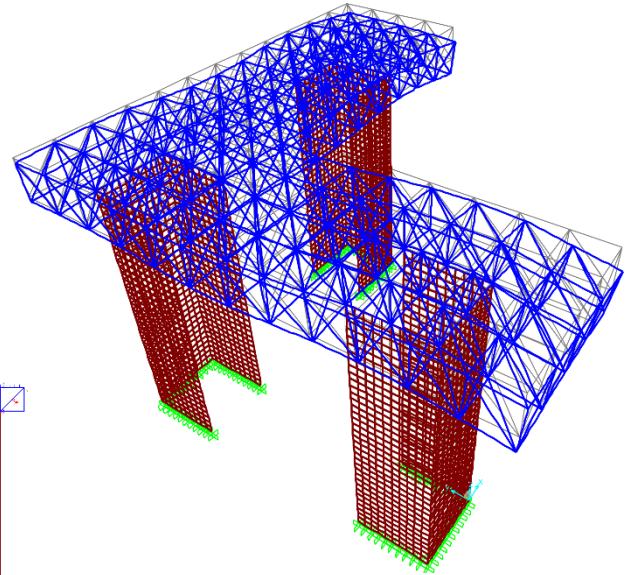
Dopo aver definito in questo modo il modello, lancio l'analisi.

Questa mi consente di visualizzare dopo qualche secondo la deformata della struttura e i valori delle sollecitazioni presenti.

Dato che si tratta di una struttura reticolare spaziale, verifico che vi sia solo sforzo normale sulle aste.



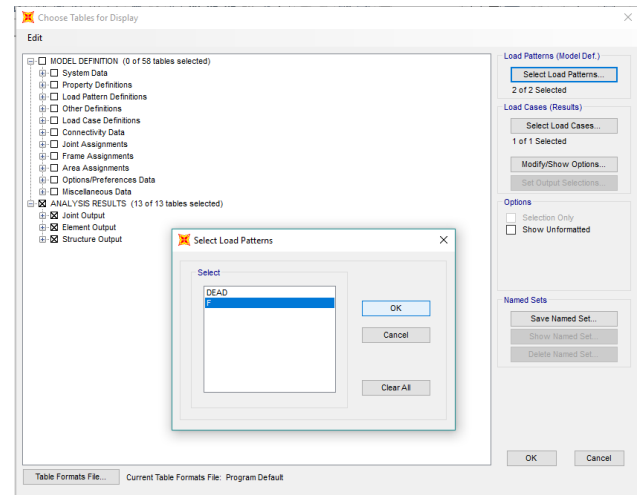
Visualizzazione dello sforzo normale



Visualizzazione della deformata

Per individuare il valore dello sforzo normale su ciascuna asta, e proseguire con il dimensionamento dei profili a sezione circolare cava, esporto da SAP la tabella (Ctrl+T>Analysis Results) seleziono solo il contributo del carico che ho assegnato precedentemente ai nodi. Seleziono la tabella che dovrò esportare in excel: elements forces – frame dove troverò indicate per tutte le aste i valori delle sollecitazioni.

Dando l'ok, si aprirà automaticamente il foglio excel con dentro il numero di ogni asta associato al suo valore di sforzo normale.



Prima di poter utilizzare il file per il dimensionamento occorre riordinare le tabelle perché sono presenti anche valori di cui non ci interessa il contributo.

Ordino i valori dello sforzo normale delle aste in ordine crescente in modo tale da poter successivamente separare le aste compresse da quelle tese.

All'interno del file excel pertanto si trovano diversi fogli.

Il primo "Element Forces - Frames" è quello riordinato

importato da SAP, il secondo "Comprese" contiene solo le aste compresse con i relativi sforzi normali di compressione, il terzo "Tese" contiene le aste tese con i relativi sforzi normali di trazione.

Una volta riordinato il file procedo con il calcolo per il dimensionamento dei profili circolari cavi in acciaio.

Iniziando dalle aste compresse, divido tutte le aste in 3 macro gruppi, per ogni gruppo mi calcolo l'area minima della sezione e il Momento d'inerzia minimo.

$$A_{min} = \frac{N}{f_{yd}}$$

$$I_{xmin} = \frac{NL^2}{\pi^2 E}$$

In base ai valori che hanno di A e Ix vado a vedere sul profilario quale profilo li soddisfa entrambi e lo assegno al gruppo. Alla fine del procedimento avrò individuato 3 profili per le aste compresse.

Frame Text	Station m	P KN	f_{yz}	V_m	f_{yd}	N	A	L	π	E	I_{min}	Profilato dxs
			Mpa		Mpa (N/mm ²)	kN	cm ²	m		N/mm ²	cm ⁴	mm
306	0	-1052,07	235	1,05	223,81	1052,07	47,01	2,5	3,14	210000	317,57	139,7x12
297	0	-1042,337			0,22	1042,337						
572	0	-1016,649			22,38	1016,649		cm		kN/cm ²		
190	0	-1000,488				1000,488		250		21000		
807	0	-992,406				992,406						
541	0	-942,829				942,829						
56	0	-922,652				922,652						
820	0	-899,652				899,652						
91	0	-884,407				884,407						
162	0	-862,072				862,072						
512	0	-839,907				839,907						
607	0	-835,324				835,324						
345	0	-793,914				793,914						
113	0	-789,877				789,877						
141	0	-748,357				748,357						
806	0	-703,561				703,561						

Diametro esterno	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	mt
139,7	12,0	37,8	48,1	990	4,53	142	196	1980	283	0,439	26,5

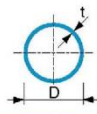


Tabella per il primo gruppo di aste compresse (individuazione del primo profilo)

Frame Text	Station m	P KN	f_{yz}	V_m	f_{yd}	N	A	L	π	E	I_{min}	Profilato dxs
			Mpa		Mpa (N/mm ²)	kN	cm ²	m		N/mm ²	cm ⁴	mm
814	0	-699,252				699,252		cm				
84	0	-683,271				683,271		31,24			211,07	139,7x8
818	0	-681,856				681,856						
49	0	-661,208				661,208						
638	0	-641,364				641,364						
645	0	-634,356				634,356						
311	0	-602,263				602,263						
302	0	-597,776				597,776						
74	0	-588,723				588,723						
788	0	-588,166				588,166						
516	0	-535,758				535,758						
576	0	-503,074				503,074						
822	0	-500,558				500,558						
310	0	-494,342				494,342						
328	0	-491,116				491,116						
522	0	-490,489				490,489						
289	0	-477,115				477,115						
656	0	-475,731				475,731						
800	0	-467,025				467,025						

Diametro esterno	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	mt
139,7	8,0	26,0	33,1	720	4,66	103	139	1441	206	0,439	38,5

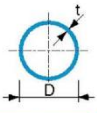


Tabella per il secondo gruppo di aste compresse (individuazione del secondo profilo)

Frame Text	Station m	P KN	f_{yz}	V_m	f_{yd}	N	A	L	π	E	I_{min}	Profilato dxs
			Mpa		Mpa (N/mm ²)	kN	cm ²	m		N/mm ²	cm ⁴	mm
774	0	-346,103				346,103		cm ²				
579	0	-340,053				340,053		15,46			104,47	114,3x5
525	0	-331,304				331,304						
450	0	-326,964				326,964						
340	0	-322,408				322,408						
515	0	-320,397				320,397						
473	0	-319,299				319,299						
586	0	-318,557				318,557						
563	0	-318,306				318,306						
440	0	-317,063				317,063						
615	0	-316,972				316,972						
435	0	-316,686				316,686						
762	0	-315,675				315,675						
606	0	-315,32				315,32						
395	0	-311,428				311,428						
60	0	-307,796				307,796						
336	0	-305,434				305,434						
239	0	-302,708				302,708						
842	0	-302,032				302,032						
648	0	-299,752				299,752						

Diametro esterno	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	mt
114,3	5,0	13,5	17,2	257	3,87	45,0	59,8	514	89,9	0,359	74,2

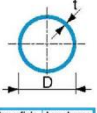
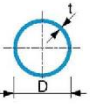


Tabella per il terzo gruppo di aste compresse (individuazione del terzo profilo)

Ora ripeto lo stesso identico procedimento per le aste tese.

Frame	Station	P
Text	m	KN
357	0	898,556
178	0	887,958
76	0	858,672
206	0	823,606
795	0	816,457
353	0	811,907
197	0	789,186
526	0	788,149
348	0	769,596
649	0	767,111
457	0	730,081
732	0	722,754
787	0	711,589
129	0	689,545
234	0	689,102
454	0	670,878
779	0	663,36
409	0	656,846
333	0	633,878
799	0	632,389
644	0	617,195
772	0	615,802
202	0	609,062

f_{yz}	γ_m	f_{yd}	N	A	L	Profilato dxs
			kN	cm ²	m	mm
235 Mpa	1,05	-	898,56	40,15	2,5	139,7x10
		223,81 Mpa (N/mm ²)				
		0,22 kN/mm ²				
		22,38 kN/cm ²			cm	
					250	

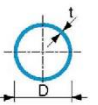


Diametro esterno	Spessore	Massa a ml	Area della sezione	Momento d'inerzia	Raggio d'inerzia	Modulo di resistenza elastico	Modulo di resistenza plastico	Momento d'inerzia di torsione	Costante di torsione	Superficie esterna a ml	Lunghezza per ton
D mm	t mm	M kg/m	A cm ²	I cm ⁴	i cm	W _{el} cm ³	W _{pl} cm ³	I _t cm ⁴	C _t cm ³	m ² /m	m/t
138,7	10,0	32,0	40,7	862	4,60	123	169	1724	247	0,438	31,3

Tabella per il primo gruppo di aste tese (individuazione del primo profilo)

773	0	597,646
754	0	578,053
646	0	553,508
456	0	550,06
226	0	549,801
523	0	548,535
299	0	547,926
752	0	544,436
150	0	544,176
528	0	540,947
230	0	539,567
577	0	520,846
400	0	517,052
650	0	516,987
751	0	516,772
316	0	510,861
731	0	506,435
227	0	506,318
654	0	499,851
101	0	497,128
743	0	496,599
768	0	496,176

kN	cm ²	mm
597,65	26,70	114,3x8

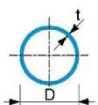


Diametro esterno	Spessore	Massa a ml	Area della sezione	Momento d'inerzia	Raggio d'inerzia	Modulo di resistenza elastico	Modulo di resistenza plastico	Momento d'inerzia di torsione	Costante di torsione	Superficie esterna a ml	Lunghezza per ton
D mm	t mm	M kg/m	A cm ²	I cm ⁴	i cm	W _{el} cm ³	W _{pl} cm ³	I _t cm ⁴	C _t cm ³	m ² /m	m/t
114,3	8,0	21,0	26,7	379	3,77	66,4	90,6	759	133	0,359	47,7

Tabella per il secondo gruppo di aste tese (individuazione del secondo profilo)

706	0	299,093
728	0	297,239
617	0	291,467
422	0	290,476
497	0	290,099
251	0	289,501
466	0	288,116
720	0	287,105
394	0	284,326
610	0	282,76
109	0	282,656
390	0	281,994
247	0	281,122
709	0	280,425
475	0	279,707
231	0	279,665
719	0	279,527
402	0	278,007
627	0	276,222
591	0	275,817
453	0	272,83
690	0	272,68
415	0	271,571
437	0	271,114
238	0	269,358
414	0	267,853
786	0	266,637

kN	cm ²	mm
299,09	13,36	88,9x6

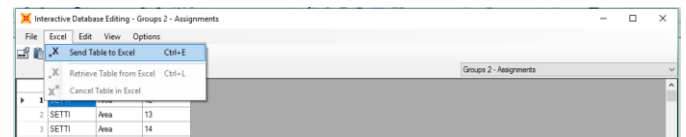
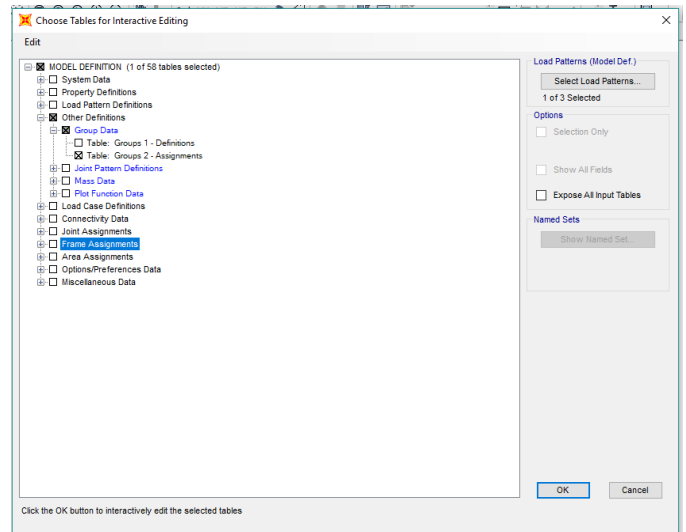


Diametro esterno	Spessore	Massa a ml	Area della sezione	Momento d'inerzia	Raggio d'inerzia	Modulo di resistenza elastico	Modulo di resistenza plastico	Momento d'inerzia di torsione	Costante di torsione	Superficie esterna a ml	Lunghezza per ton
D mm	t mm	M kg/m	A cm ²	I cm ⁴	i cm	W _{el} cm ³	W _{pl} cm ³	I _t cm ⁴	C _t cm ³	m ² /m	m/t
88,9	6,0	12,3	15,6	135	2,94	30,4	41,3	270	60,7	0,279	81,5

Tabella per il terzo gruppo di aste tese (individuazione del terzo profilo)

Dopo aver individuato i 6 profili torno su SAP ed esporto la tabella dove sono segnati i gruppi presenti nel modello:

Ctrl+E >Group Data > Table: Group 2- Assignments.



Esportazione della tabella da SAP per l'applicazione dei profili

Su excel si apre la tabella, si modifica inserendo per macro gruppi (c1,c2,c3,t1,t2,t3) le aste (al posto di quelle generate da SAP). Ogni asta sarà così associata al gruppo a cui appartiene il profilo corrispondente.

Dopodichè si riporta la medesima tabella su SAP. In questo modo SAP memorizzerà i macro gruppi a cui applicheremo i materiali appositamente dimensionati con le misure reali.

Definiti e applicati tutti e 6 i profili alle aste corrispondenti, rimando l'analisi tenendo in considerazione anche il loro peso nel calcolo delle sollecitazioni e riesporto la tabella con il valore degli sforzi normali per ciascuna asta.

In questo modo posso verificare se i profili dimensionati precedentemente siano ancora validi.

TABLE: Element Forces - Frames			f_{yz}	Y_m	f_{yd}	N	A	L	π	E	I_{min}	Profilato dxs
Frame	Station	P	Mpa	-	Mpa (N/mm ²)	kN	cm ²	m		N/mm ²	cm ⁴	mm
Text	m	KN	235	1,05	223,81	1215,134	54,29	2,5	3,14	210000	366,80	139,7x12 KO
306	0	-1215,134			0,22							168,3 x 12 OK
297	0	-1177,184			22,38			cm				
572	0	-1146,093						250		21000		
807	0	-1106,592										
190	0	-1060,587										
541	0	-1057,958										
56	0	-1002,318										

Il primo profilo dimensionato per le aste a compressione non soddisfa più i valori Amin e Imin

814	0	-657,793				657,793	29,39				198,56	139,7x8 OK
84	0	-653,082										
645	0	-637,192										
597	0	-612,453										
311	0	-580,477										
74	0	-564,937										
289	0	-561,604										
614	0	-551,725										
788	0	-542,381										

Il secondo profilo dimensionato per le aste a compressione soddisfa i valori Amin e Imin

774	0	-319,851				319,851	14,29				96,55	114,3x5 OK
635	0	-317,763										
701	0	-317,446										
683	0	-316,376										
598	0	-313,618										
586	0	-313,377										
395	0	-312,263										
480	0	-308,517										
842	0	-306,015										
634	0	-304,169										

Il terzo profilo dimensionato per le aste a compressione soddisfa i valori Amin e Imin

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	P
Text	m	KN
178	0	1035,078
76	0	967,209
197	0	913,607
357	0	909,12
649	0	902,989
206	0	869,107
348	0	859,718
795	0	840,262
457	0	801,918
732	0	800,41
644	0	778,449

f_{yz}	γ_m	f_{yd}	N	A	L	Profilato dxx
			kN	cm ²	m	mm
235 Mpa	1,05	-	1035,078	46,25	2,5	139,7x10 KO
		223,81 Mpa (N/mm ²)				139,7 x 12 OK
		0,22 kN/mm ²			cm	
		22,38 kN/cm ²			250	

Il primo profilo dimensionato per le aste a trazione non soddisfa più i valori Amin e Imin

773	0	648,683
799	0	630,19
772	0	585,226
226	0	581,998
150	0	578,95
767	0	569,142
650	0	556,966
202	0	543,59
754	0	542,929
737	0	541,701
299	0	533,393

kN	cm ²	mm
648,68	28,98	114,3x8
		114,3 x 10

Il secondo profilo dimensionato per le aste trazione non soddisfa più i valori Amin e Imin

706	0	249,28
696	0	245,921
390	0	244,013
488	0	241,543
459	0	236,624
482	0	235,442
709	0	235,302
133	0	235,122
593	0	234,277
307	0	233,085
402	0	231,517
475	0	230,831

kN	cm ²	mm
249,28	11,14	88,9x6

Il terzo profilo dimensionato per le aste a compressione soddisfa i valori Amin e Imin