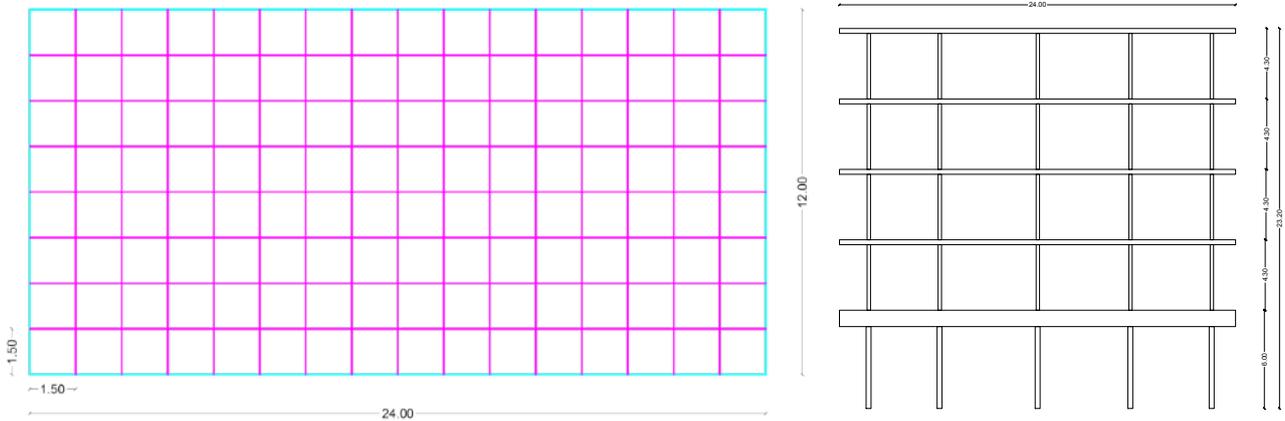


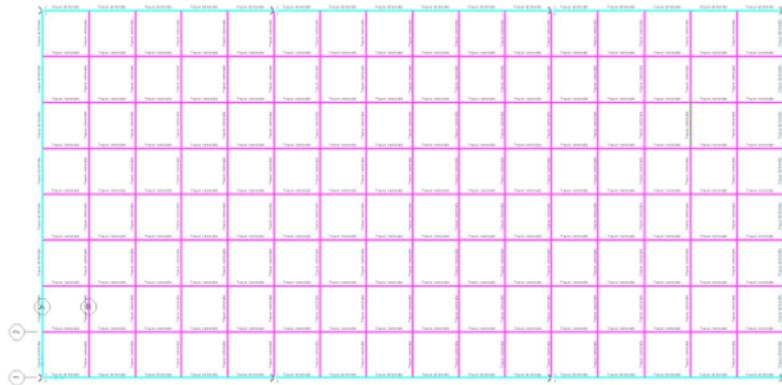
# PROGETTO E VERIFICA DI UN GRATICCI

## DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE

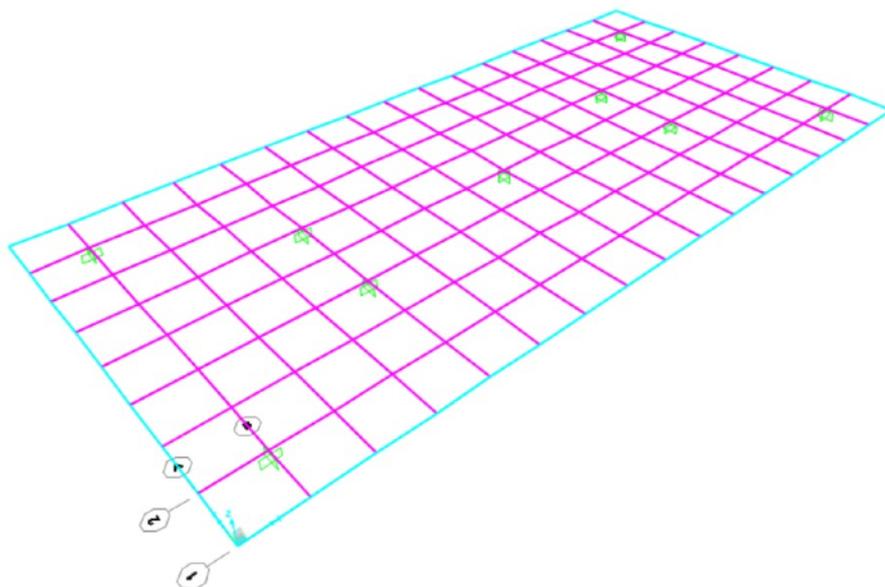
Il progetto prevede un graticcio di travi in calcestruzzo armato di forma rettangolare con dimensioni 24,00m x 12,00m, diviso in moduli regolari di 1,50m x 1,50m. Questo sostiene un edificio di 4 piani, ognuno con un interpiano di 4,00m più 30cm di solaio. A questo si aggiungono i 5,00m di altezza del sistema di pilastri che sorregge il tutto e lo spessore del graticcio stesso per un complessivo di 23,20m.



Dopo aver disegnato il graticcio sono state definite le dimensioni delle sezioni delle travi di cui esso è composta: sono state differenziate due tipologie di travi, quelle di bordo con una sezione di 70x100 cm e quelle centrali con una sezione di 50x100 cm.

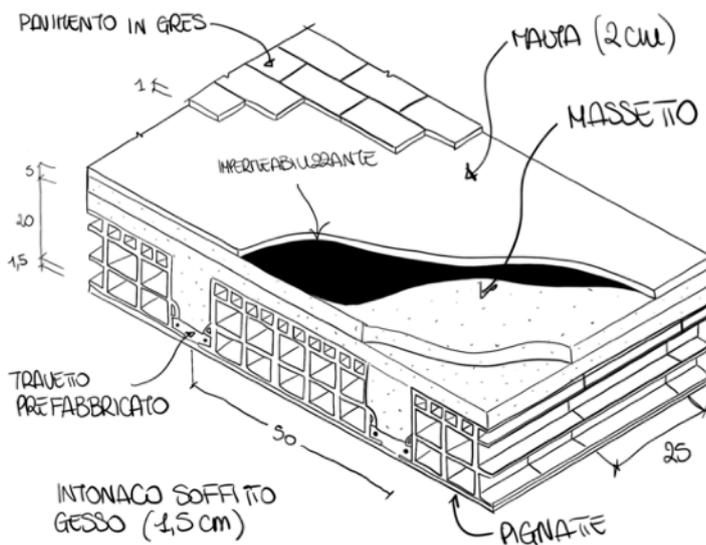


Successivamente sono stati inseriti i vincoli all'interno della struttura come riportato nella figura di seguito.



## ANALISI DEI CARICHI

Per analizzare i carichi agenti sull'intera struttura è stato scelto il solaio delle esercitazioni precedenti, quindi un solaio in latero cemento con elementi prefabbricati in calcestruzzo armato con un peso complessivo (calcolando il coefficiente  $q_a$  dalla NTC di abitazione civile) di  $10,22 \text{ kN/m}^2$ .



$$q_a = 2 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{da NTC - abitazione civile})$$

$$q_s = \begin{array}{l} \text{Pignone e travetti pref} \\ \text{Solaio} \end{array} \begin{array}{l} 1,2 \text{ kN/m}^2 \\ 0,96 \text{ kN/m}^2 \end{array}$$


---


$$\text{TOT} \quad 2,16 \text{ kN/m}^2$$

$$q_p = \begin{array}{l} \text{Intonaco} \\ \text{Impermeabilizzante} \\ \text{Massetto} \\ \text{Pavimentazione} \\ \text{Mauta} \\ \text{Guaina kassasi} \\ \text{(da Normativa)} \end{array} \begin{array}{l} 0,18 \text{ kN/m}^2 \\ 0,30 \text{ kN/m}^2 \\ 0,65 \text{ kN/m}^2 \\ 0,40 \text{ kN/m}^2 \\ 0,42 \text{ kN/m}^2 \\ 1 \text{ kN/m}^2 \end{array}$$


---


$$\text{TOT} \quad 2,95 \text{ kN/m}^2$$

$$q_u = (q_a \cdot 1,5) + (q_s \cdot 1,3) + (q_p \cdot 1,5) =$$

$$= 3 \text{ kN/m}^2 + 2,8 \text{ kN/m}^2 + 4,42 \text{ kN/m}^2 =$$

$$= 10,22 \text{ kN/m}^2$$

Si prosegue quindi calcolando la forza  $F_{TOT}$  data dal prodotto del peso al mq del solaio, per l'area del solaio, per il numero di piani:

$$F_{TOT} = 10,22 \text{ kN/m}^2 \times 288 \text{ m}^2 \times 4 = 11.773,44 \text{ kN}$$

Come sappiamo le forze vengono calcolate concentrate e agenti sui nodi della struttura. Essendo però  $F_{TOT}$  una forza agente su tutta la superficie della struttura bisogna ridistribuirli affinché essa agisca solo sui nodi, vengono quindi calcolati i diversi nodi della struttura:

Nodi centrali: 105 su cui agisce una forza pari a  $F$  (la forza massima)

Nodi perimetrali: 44 su cui agisce una forza pari a  $F/2$  (poiché l'area di influenza è la metà della precedente)

Nodi angolari: 4 su cui agisce una forza pari a  $F/4$  (poiché l'area di influenza è un quarto di quella iniziale)

A questo punto bisogna calcolare quanto vale  $F$ :

$$F_{TOT} = 105 \times F + 44 \times F/2 + 4 \times F/4 = 11.773,44$$

Quindi

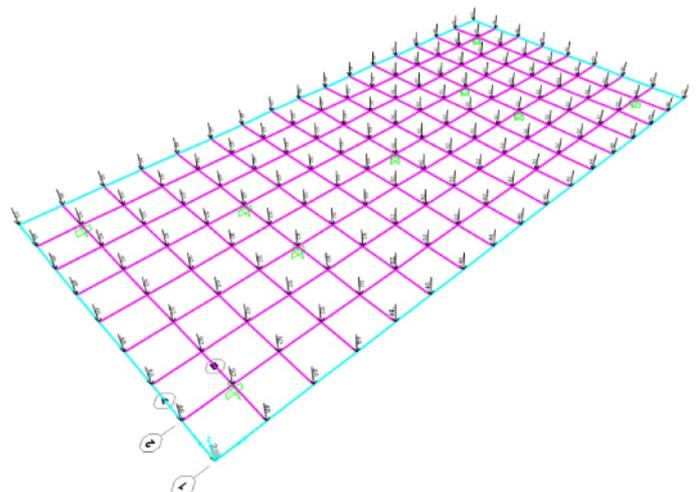
$$F = \frac{11.773,44}{128} = 91,98 \text{ kN} \approx 92 \text{ kN}$$

I valori delle forze agenti sui nodi sono di conseguenza:

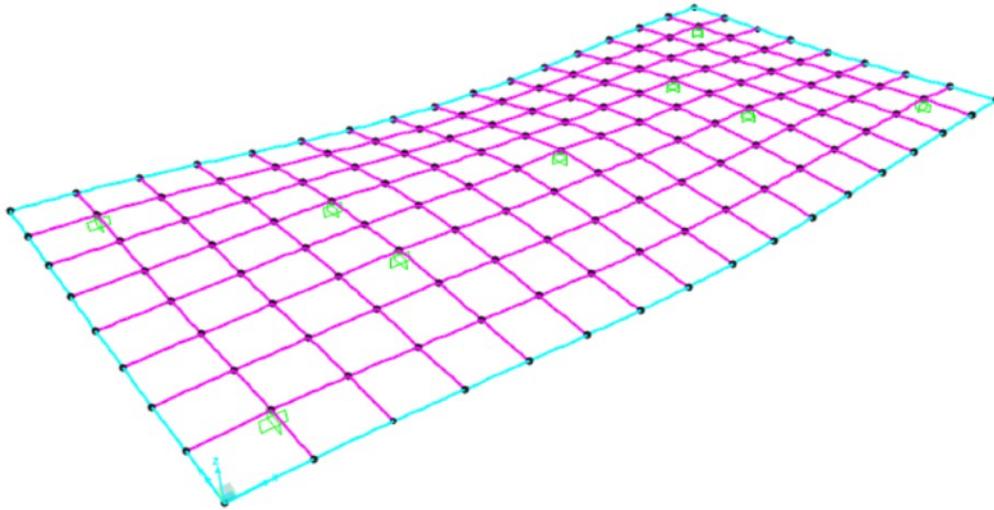
$$F_c = 92 \text{ kN}$$

$$F_p = 46 \text{ kN}$$

$$F_a = 23 \text{ kN}$$



## VERIFICHE



La prima verifica che si fa è quella all'abbassamento ed è necessario attuarla allo SLE. Vengono assegnati dei carichi, fatta partire l'analisi su SAP e, una volta esportati i dati relativi allo spostamento dei punti, si identifica il punto che subisce la maggiore deformazione come riportato di seguito.

	A	B	C	D	E	F
1	<b>TABLE: Joint Displacements</b>					
2	<b>Joint</b>	<b>OutputCase</b>	<b>CaseType</b>	<b>U1</b>	<b>U2</b>	<b>U3</b>
3	139	SLE	LinStatic	0	0	-0,006985
4	234	SLE	LinStatic	0	0	-0,006985
5	137	SLE	LinStatic	0	0	-0,006742
6	141	SLE	LinStatic	0	0	-0,006742
7	233	SLE	LinStatic	0	0	-0,006742
8	235	SLE	LinStatic	0	0	-0,006742
9	135	SLE	LinStatic	0	0	-0,006053

Si va a localizzare all'interno del modello di SAP il suddetto punto e se ne calcola la distanza dal vincolo più vicino che rappresenterà la luce utile ai fini del calcolo dell'abbassamento.

Si calcola quindi:

$$V_{max} = \frac{l}{200}$$

Dove

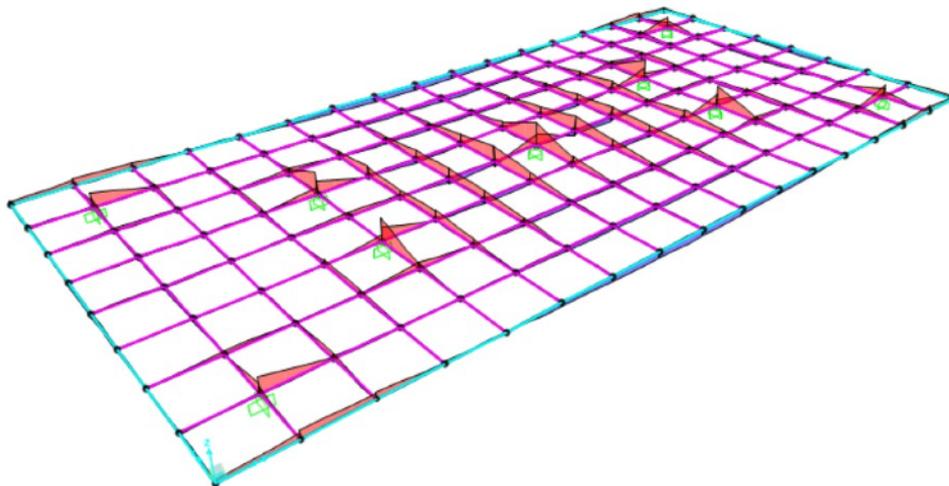
$$l = 6,00 \text{ m}$$

Quindi l'abbassamento massimo è

$$V_{max} = \frac{6}{200} = 0,03$$

**Risulta verificato.**

Il processo del dimensionamento effettivo delle travi ha inizio con l'analisi del momento agente sulla struttura. Vengono estrapolati i valori del  $M_{max}$  dalle tabelle excel e utilizzati per effettuare il suddetto dimensionamento.

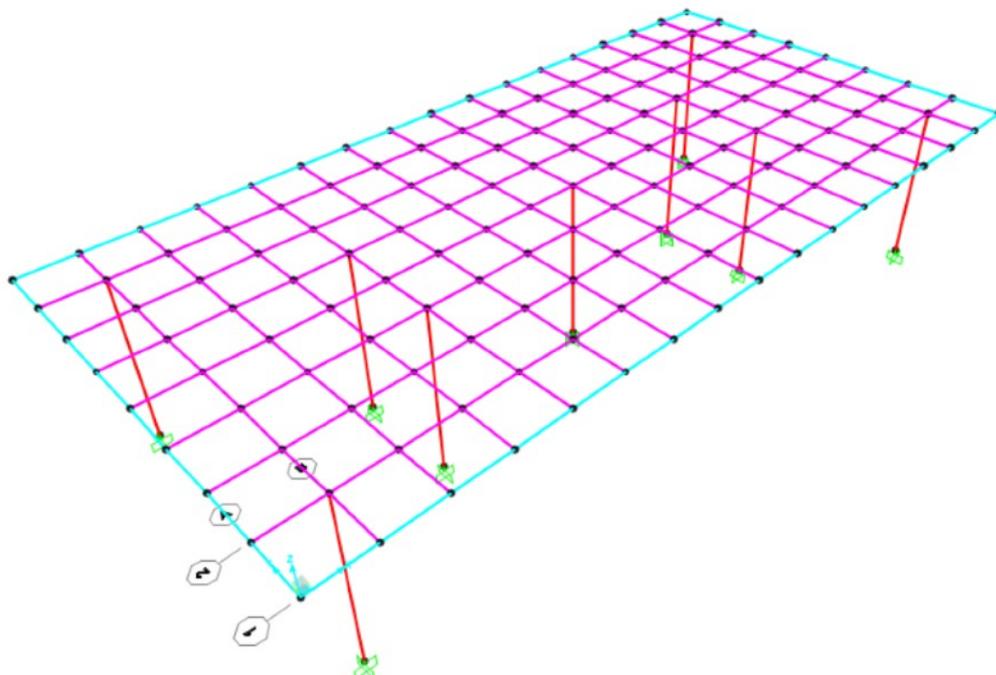


$M_{max}$ (KN*m)	$f_{yk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{yd}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{ck}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{cd}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta$	r	b (cm)	$h_u$ (cm)	$\delta$ (cm)	$H_{inf}$ (cm)	H	H/l	area (m <sup>2</sup> )	peso unitario (KN/m)
1576,9517	450,00	391,30	40,00	22,67	0,46	2,26	50,00	84,16	5,00	89,16	100,00	0,11	0,50	12,50

Le sezioni scelte nel pre-dimensionamento iniziale risultano essere verificate perciò non servono ulteriori modifiche delle stesse.

### DIMENSIONAMENTO PILASTRI

Per inserire i pilastri vanno tolti i vincoli esterni assegnati di traslazione e rotazione. A questo punto si definisce la sezione in maniera preliminare con dimensioni di 0,50m x 0,50m, viene assegnata loro un'altezza di 5 m, vengono inseriti nel modello di SAP e vengono assegnati i vincoli alla loro base come riportato nella figura di seguito.



## VERIFICA A PRESSO-FLESSIONE

Il passo successivo consiste nel verificare i nuovi elementi strutturali a presso-flessione:

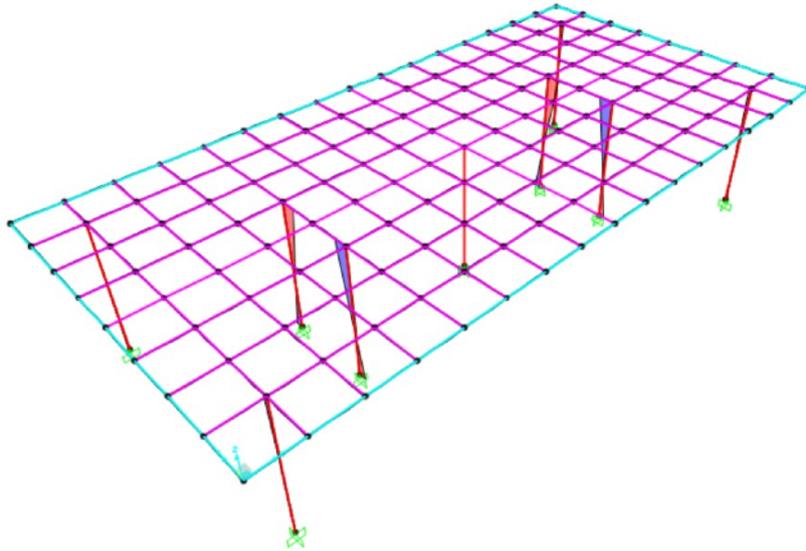


TABLE: Element Forces - Frames											
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
432	0	F	LinStatic	0,032	-855,961	6,775E-14	-2,148E-13	6,398E-14	-1739,3182	432-1	0
326	1,5	F	LinStatic	-10,989	-40,07	0,066	-42,3262	-0,1089	435,9426	326-1	1,5
576	1,5	F	LinStatic	-10,989	-40,07	0,066	-42,3262	-0,1089	435,9426	576-1	1,5
585	0	F	LinStatic	-10,989	40,07	-0,066	42,3262	-0,1089	435,9426	585-1	0
318	1	F	LinStatic	-11,14	27,447	-0,017	13,1203	-0,0008096	439,9908	318-1	1
322	0,5	F	LinStatic	-11,14	-27,447	0,017	-13,1203	-0,0008096	439,9908	322-1	0,5
579	0,5	F	LinStatic	-11,14	-27,447	0,017	-13,1203	-0,0008096	439,9908	579-1	0,5
582	1	F	LinStatic	-11,14	27,447	-0,017	13,1203	-0,0008096	439,9908	582-1	1
431	0	F	LinStatic	-7,656	773,028	-1,55E-14	1,661E-13	-1,525E-14	444,1372	431-1	0
434	1,5	F	LinStatic	-7,656	-773,028	8,435E-14	2,554E-13	-5,084E-14	444,1372	434-1	1,5
318	0,5	F	LinStatic	-11,14	18,699	-0,017	13,1203	-0,0092	451,5272	318-1	0,5
322	1	F	LinStatic	-11,14	-18,699	0,017	-13,1203	-0,0092	451,5272	322-1	1
579	1	F	LinStatic	-11,14	-18,699	0,017	-13,1203	-0,0092	451,5272	579-1	1
582	0,5	F	LinStatic	-11,14	18,699	-0,017	13,1203	-0,0092	451,5272	582-1	0,5
428	0	F	LinStatic	-7,361	70,813	-2,044E-14	-1,367E-12	-1,725E-14	456,652	428-1	0
437	1,5	F	LinStatic	-7,361	-70,813	5,607E-14	1,275E-12	-4,462E-14	456,652	437-1	1,5
318	0	F	LinStatic	-11,14	9,952	-0,017	13,1203	-0,0175	458,69	318-1	0
322	1,5	F	LinStatic	-11,14	-9,952	0,017	-13,1203	-0,0175	458,69	322-1	1,5
579	1,5	F	LinStatic	-11,14	-9,952	0,017	-13,1203	-0,0175	458,69	579-1	1,5
582	0	F	LinStatic	-11,14	9,952	-0,017	13,1203	-0,0175	458,69	582-1	0
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	Text	m

TABLE: Element Forces - Frames												
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	M2	FrameElem	e (M2/P)	h	b	h/6	h/2	
Text	m	Text	Text	KN	KN-m	Text	m	m	m	m	m	
9	0	SLU	LinStatic	-2146,235	-87,9011	9-1	0,040956	0,5	0,5	0,083333	0,041667	PICCOLA

Pressoflessione in casi di piccola eccentricità: $e=M/N \leq h/6$														
$f_{ck}$	$f_{cd}$	b	h	A	$I_x$	$W_x$	N	Mx	e	h/6	$\sigma_N$	$\sigma_M$	$\sigma_{max}$	
Mpa	Mpa	cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	KN	KNm	cm	cm	Mpa	Mpa	Mpa	
40,0	22,7	50	50	2500	520833	20833	2186,24	87,90	4,02	8,33	8,74	4,22	12,96	VERIFICATO

## VERIFICA A TORSIONE

La sollecitazione che riguarda la trave di bordo è la torsione perciò si prosegue andando a studiare il momento torcente sugli elementi interessati. Si fa partire quindi l'analisi su SAP a torsione di seguito riportata e si studia il frame con il valore T maggiore.

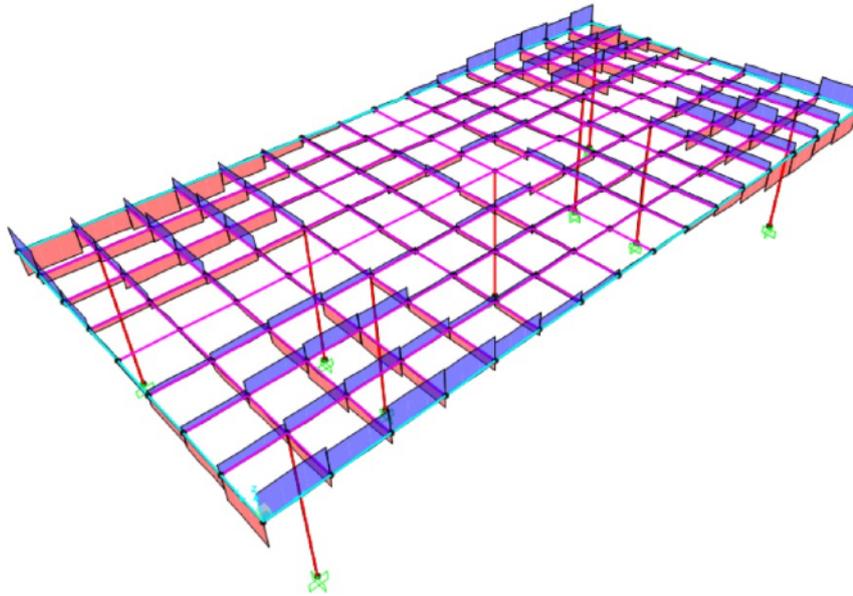


TABLE: Element Forces - Frames											
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
558	0	F	LinStatic	-3,159	33,184	1,455	-203,2461	1,6507	-189,1051	558-1	0
558	0,5	F	LinStatic	-3,159	41,931	1,455	-203,2461	0,923	-207,8839	558-1	0,5
558	1	F	LinStatic	-3,159	50,679	1,455	-203,2461	0,1953	-231,0364	558-1	1
558	1,5	F	LinStatic	-3,159	59,426	1,455	-203,2461	-0,5324	-258,5626	558-1	1,5
672	0	F	LinStatic	-3,159	33,184	1,455	-203,2461	1,6507	-189,1051	672-1	0

Passiamo quindi ora a calcolare il valore della tensione torcente massima  $\tau_{\max}$

$$\tau_{\max} = \alpha \frac{Mt}{ab^2}$$

Dove:

$$Mt = 203,25 \text{ kNm} \quad a = 100 \text{ cm} = 1\text{m} \quad b = 70 \text{ cm} = 0,7\text{m} \quad \frac{a}{b} = 1,42$$

Dalla tabella riportata di seguito è possibile definire il valore di  $\alpha$  scelto per arrotondamento per difetto del rapporto tra le dimensioni dei lati della trave (a lato lungo, b lato corto).

Tabella 1									
b/a	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
$\alpha$	4,804	4,67	4,57	4,48	4,40	4,33	4,27	4,21	4,16
b/a	2	2,5	3	4	5	6	8	10	20
$\alpha$	4,07	3,88	3,74	3,55	3,43	3,35	3,26	3,20	3,10

Quindi:

$$\tau_{\max} = 4,8 \times 414,8 \text{ kN/m}^2 = 1.991 \text{ kN/m}^2 \approx 2 \text{ N/mm}^2$$

Sapendo che

$$\tau_{c1} = 1,4 + \frac{Rck - 3,5}{14} = 4,72 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Essendo  $\tau_{\max} \leq \tau_{c1}$ , la sezione risulta VERIFICATA.