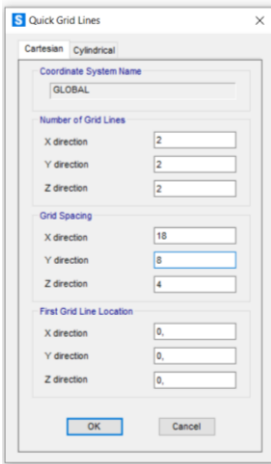
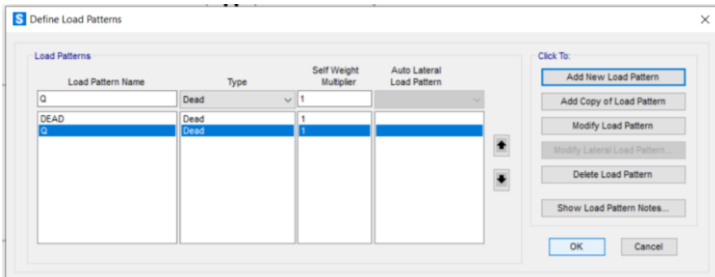


ES04 – Trave Vierendeel – Tanzariello, Tessitore

Ipotizziamo di dover utilizzare una Vierendeel per superare una luce di 18m, con altezza della trave pari a 4m e larghezza della struttura pari a 8m. *New model – Grid Only*

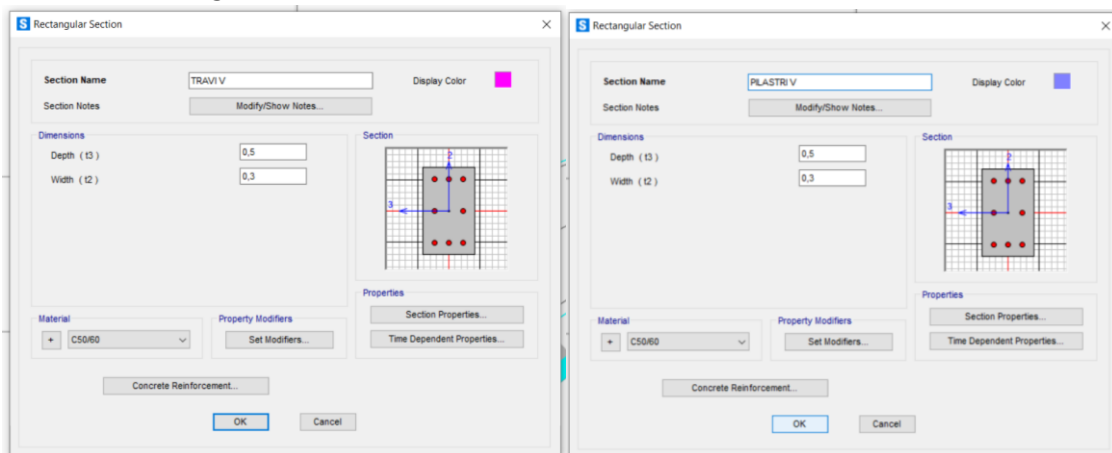


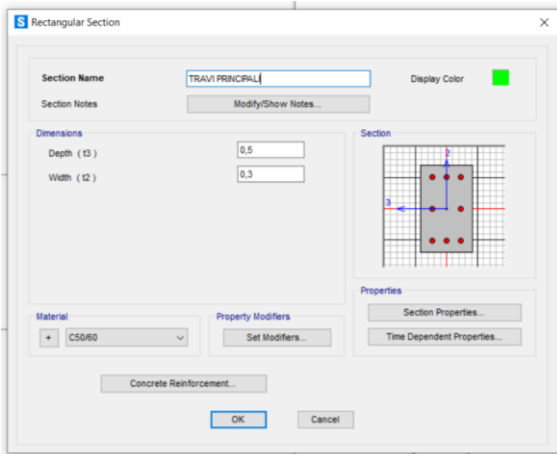
Definiamo i casi di carico, utilizziamo un carico unico Q che tenga conto del peso proprio: *Define – Load Pattern*



Definiamo il materiale: *Define - materials – add material – Italy – Concrete*

Per la scelta del Grade selezioniamo un calcestruzzo più forte rispetto a quello standard, ad esempio il C50/60. Definiamo le sezioni da utilizzare: *Define – section properties – frame sections – add new property – Concrete – rectangular*





Possiamo cominciare a modellare.

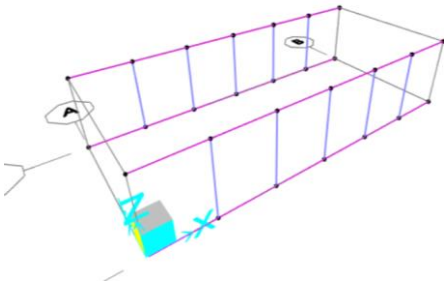
Ci posizioniamo sul piano verticale xz e con *Draw special joints* riportiamo punti ogni 3 metri.



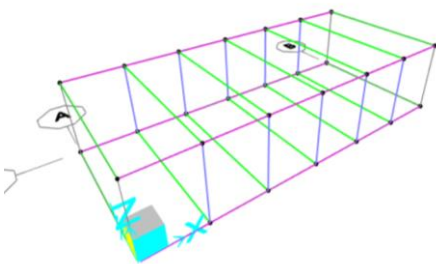
Con *Draw frame/cable* iniziamo a posizionare gli elementi della Vierendeel.

- Sezioni TRAVI V per gli elementi orizzontali
- Sezioni PILASTRI V per gli elementi verticali centrali

Passando in 3D riportiamo gli elementi selezionati anche sull'altra linea di griglia.

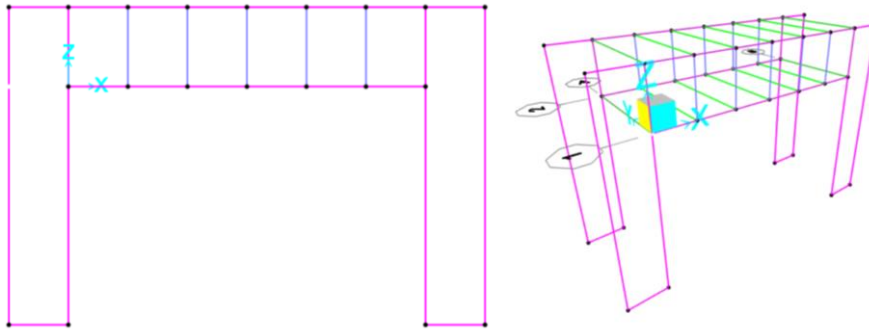


Adesso possiamo inserire gli elementi TRAVI PRINCIPALI

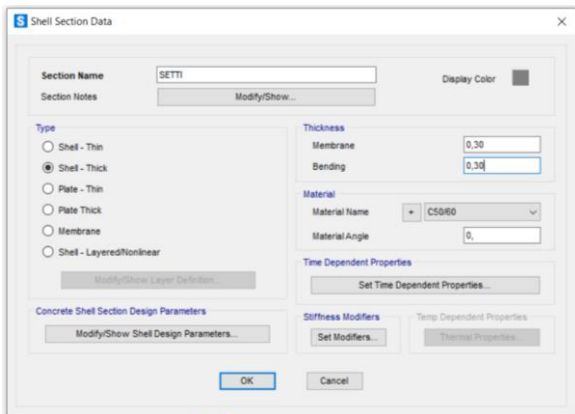


Per assegnare i vincoli esterni dobbiamo considerare che i sostegni della Vierendeel devono essere elementi significativi, come setti o pilastri di grandi dimensioni. Decidiamo di utilizzare un setto e tornando sul piano verticale xz lo realizziamo. Utilizziamo come altezza 16m, contando dalla quota più alta della trave, e larghezza di 3m; posizioniamo il punto con *Draw special joint*.

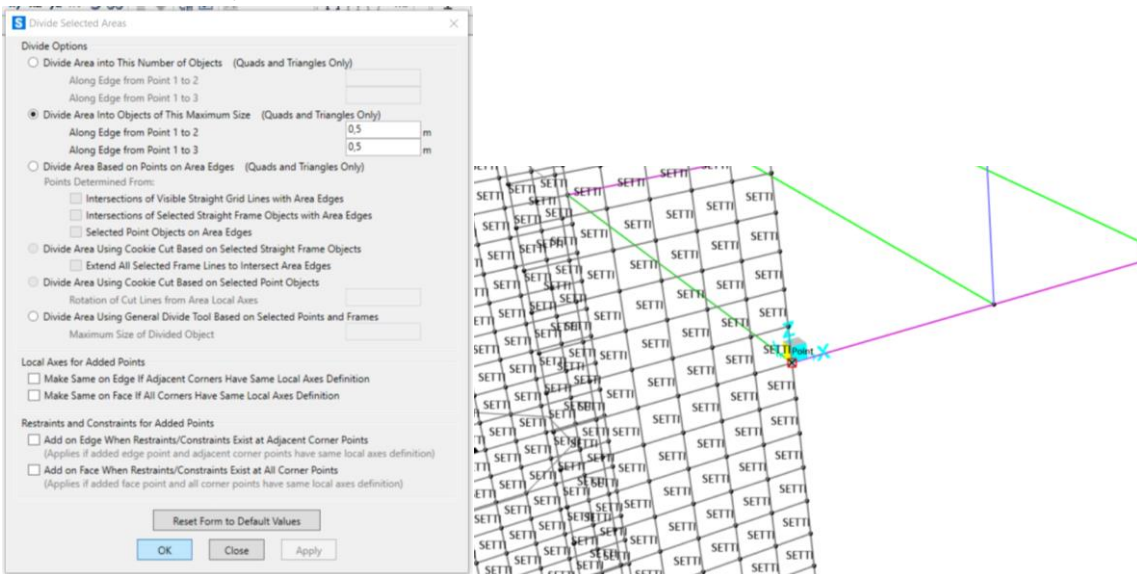
Siccome siamo sul piano verticale, possiamo disegnare il setto con *Draw Rectangular Area* e copiarlo dall'altro lato della trave.



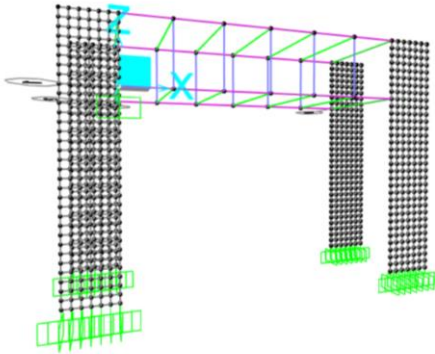
Ritorniamo in 3D e riportiamo i setti anche lungo l'altra linea di griglia.
 Definiamo i setti utilizzando lo spessore delle travi, cioè 30cm
Define – section properties – area sections – shell – add new section



Assegniamo la sezione. Selezioniamo I setti, *Assign – area – sections – SETTI*
 Bisogna discretizzare i setti per aumentare i punti di dialogo con la trave e fare in modo che ci sia un nodo del setto in corrispondenza del nodo inferiore estremo della Vierendeel.
 Selezioniamo i setti, *Edit – edit areas – divide areas*



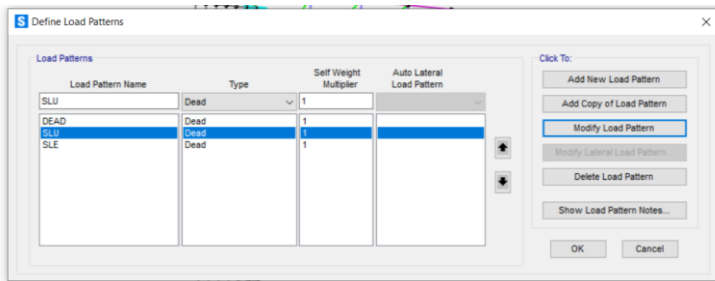
Selezioniamo tutti i nodi dei setti che arrivano a terra e assegniamo i vincoli esterni di incastro.
Assign – joint – restrains.



Il modello è completo, dobbiamo inserire i carichi.

Definiamo due casi di carico perché è necessaria un'analisi all'abbassamento massimo, che su una luce di 18m, considerando 1/200L, non deve superare i 9cm. Per fare ciò dobbiamo utilizzare i carichi allo SLE, cioè quelli necessari alla verifica deformazione.

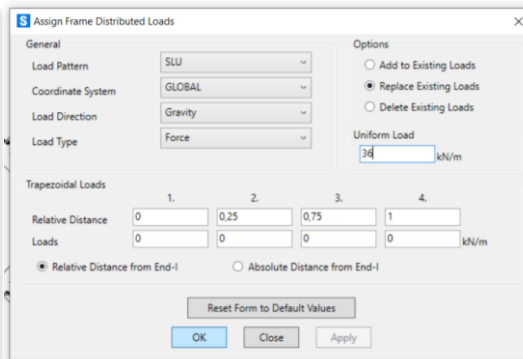
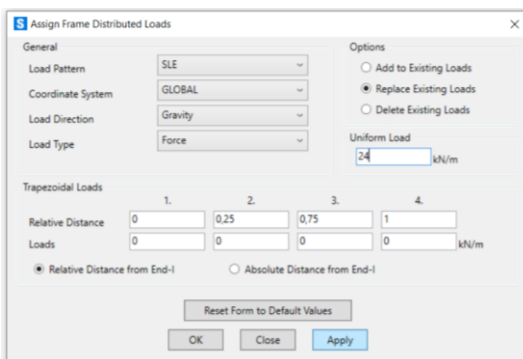
Rinominiamo Q in SLU.



Ipotizziamo che allo SLU ci siano 10kn/mq che con i coefficienti di sicurezza diventano 12kn7mq, e che allo SLE ci siano 8kn/mq. Selezioniamo le travi principali, *Assign – frame loads – distributed*.

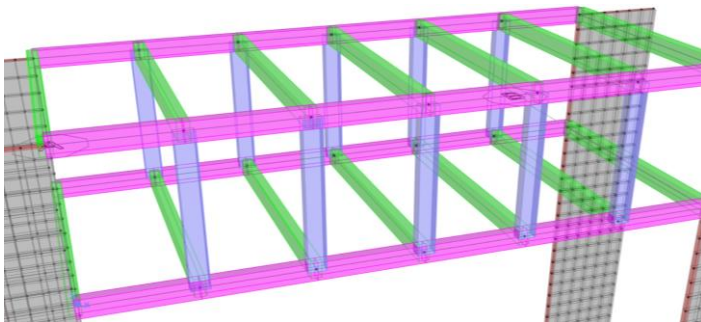
SLE: Assegniamo 8kn/mq. $8\text{kn/mq} \times 3\text{m (interasse)} = 24\text{kn/m}$

SLU: Assegniamo 12kn/mq. $12\text{kn7mq} \times 3\text{m (interasse)} = 36\text{kn/m}$



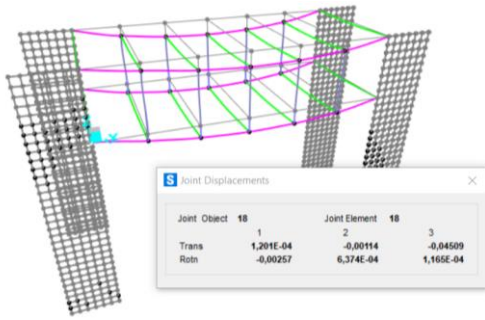
Prima di procedere con l'analisi controlliamo che l'orientamento dei pilastri sia quello giusto.

Impostiamo la visualizzazione estrusa da *display options*.



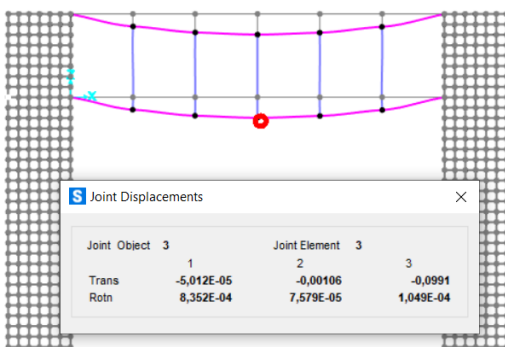
Avviamo un'analisi con Q (in questa finestra non lo cambia) ed SLE.

Vediamo la deformazione allo SLE nel punto centrale della trave.

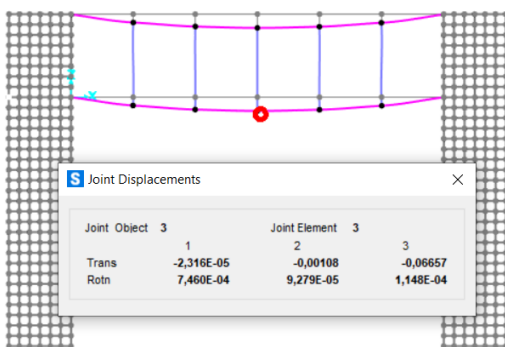


Non vediamo la deformata del modello *shear type* negli elementi orizzontali della Vierendeel poiché non c'è differenza flessionale tra questi e gli elementi verticali.

Dato che l'abbassamento è abbondantemente inferiore al valore da normativa, a questo punto si possono diminuire le dimensioni della sezione, o abbassare la classe del cls (quest'ultimo cambiamento produce variazioni di poco conto). Modifichiamo solamente la sezione delle TRAVI V in 30x30cm, cioè il minimo da normativa per una sezione in cls.



Osserviamo che adesso la deformazione è appena superiore al valore di 9cm individuato in precedenza; quindi, si aumenta la sezione a 30x40cm.



Comincia a leggersi un accenno alla deformata *shear type*.

Passiamo a verificare la resistenza, vediamo i risultati del momento per la combinazione di carico SLU (Q). La pendenza delle farfalle al centro della trave è molto bassa perché il taglio lì è piccolissimo ed aumenta andando verso gli appoggi, dove aumenta anche la pendenza delle farfalle relative al momento.

Vediamo quali sono i momenti massimi:

TRAVI V: -1230,91kNm PILASTRI V: -1203,45kNm

Possiamo inserire questi valori nel foglio di calcolo excel per il dimensionamento a flessione delle travi.

Inserendo il momento maggiore nelle travi, l' f_{ck} relativo al cls scelto, e la base uguale a 30cm, otteniamo che l'altezza minima è maggiore di quella utilizzata.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	interasse (m)	q_k (KN/m ²)	q_k (KN/m ²)	q_k (KN/m ²)	q_k (KN/m ²)	luogo (m)	M_{max} (KN*m)	f_{yk} (N/mm ²)	f_{td} (N/mm ²)	f_{td} (N/mm ²)	f_{td} (N/mm ²)	β	r	b (cm)	h_c (cm)	δ (cm)	H_{min} (cm)	H	H/I	area (m ²)	peso unitario (k
2																					
3	4,00	3,42	2,56	2,00	45,14	8,00	1231,00	450,00	391,30	50,00	28,33	0,52	2,16	30,00	82,05	5,00	87,05	55,00	0,11	0,17	4,13

Lavorando con una Vierendeel, non possiamo pensare di aumentare semplicemente le dimensioni delle sezioni perché si rischia di finire in un loop di aumento dei carichi ed aumento di sezioni necessarie senza considerare anche gli abbassamenti. Fin quando è possibile si può considerare l'idea di utilizzare cls di classi

più performanti. Proviamo a vedere quale sarebbe l'altezza minima necessaria considerando una base larga 40cm.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
1	interasse (m)	q_a (kN/m ²)	q_b (kN/m ²)	q_c (kN/m ²)	q_d (kN/m)	luce (m)	M_{max} (kN*m)	f_{td} (N/mm ²)	f_{td} (N/mm ²)	f_{td} (N/mm ²)	f_{td} (N/mm ²)	β	r	b (cm)	h_c (cm)	δ (cm)	H_{req} (cm)	H	H/I	area (m ²)	peso unitario (k	
2																						
3	4,00	3,42	2,56	2,00	45,14	8,00	1231,00	450,00	391,30	50,00	28,33	0,52	2,16	40,00	71,05	5,00	76,05	55,00	0,10	0,22	5,50	
4	10,00	3,42	2,56	2,00	119,98	8,00	1079,99	450,00	391,30	50,00	28,33	0,52	2,16	40,00	70,97	5,00	75,97	59,00	0,07	0,18	5,50	

Modifichiamo la sezione PILASTRI V alle dimensioni 40x80cm. Avviamo una nuova analisi.

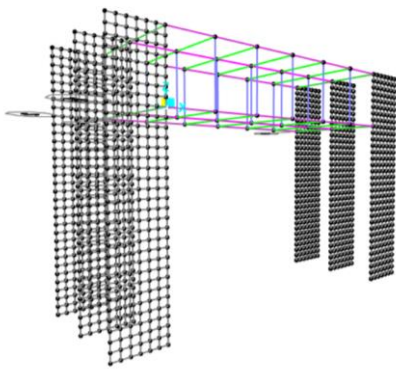
Considerando che in seguito all'aumento delle sezioni c'è un aumento non indifferente nei momenti (il momento nei pilastri della Vierendeel raggiunge i 1500kNm circa), sappiamo già che la nuova struttura non sarà verificata.

Una soluzione consiste nel diminuire la dimensione della campitura, in modo da poter utilizzare sezioni più piccole che verifichino all'abbassamento ed alla flessione senza aumentare troppo onerosamente il momento con il loro peso proprio.

Un'altra soluzione è dimezzare la luce, quindi aggiungere una nuova fila di travi e pilastri, con una nuova coppia di setti alle estremità, collegata alle altre due tramite le travi principali. In questo modo i carichi non vengono divisi su due appoggi ma su tre.

Ultima alternativa, probabilmente poco applicabile, è di diminuire la lunghezza complessiva della struttura, quindi accorciando la distanza che questa deve coprire.

Procediamo con il dimezzare la luce: con Replicate, selezionata tutta una delle due facce, la si ripete in corrispondenza della metà della larghezza della trave.



A questo punto bisogna ricordare di spezzare le travi principali, in modo che ogni trave della Vierendeel sia collegata a queste tramite nodi. *Edit – edit lines – divide frames – Break at intersections (...)*

Procediamo nuovamente con un'analisi, dove osserviamo che adesso la Vierendeel sollecitata è quella centrale.

Ora il momento massimo nelle TRAVI V è 930kNm e nei PILASTRI V è 1159kNm.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
1	interasse (m)	q_a (kN/m ²)	q_b (kN/m ²)	q_c (kN/m ²)	q_d (kN/m)	luce (m)	M_{max} (kN*m)	f_{td} (N/mm ²)	f_{td} (N/mm ²)	f_{td} (N/mm ²)	f_{td} (N/mm ²)	β	r	b (cm)	h_c (cm)	δ (cm)	H_{req} (cm)	H	H/I	area (m ²)	peso unitario (k	
2																						
3	4,00	3,42	2,56	2,00	45,14	8,00	1159,00	450,00	391,30	50,00	28,33	0,52	2,16	40,00	68,94	5,00	73,94	55,00	0,09	0,22	5,50	

In questo caso le sezioni dei pilastri restano verificate.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
1	interasse (m)	q_a (kN/m ²)	q_b (kN/m ²)	q_c (kN/m ²)	q_d (kN/m)	luce (m)	M_{max} (kN*m)	f_{td} (N/mm ²)	f_{td} (N/mm ²)	f_{td} (N/mm ²)	f_{td} (N/mm ²)	β	r	b (cm)	h_c (cm)	δ (cm)	H_{req} (cm)	H	H/I	area (m ²)	peso unitario (k	
2																						
3	4,00	3,42	2,56	2,00	45,14	8,00	930,00	450,00	391,30	50,00	28,33	0,52	2,16	40,00	61,76	5,00	66,76	55,00	0,08	0,22	5,50	

Le sezioni delle travi invece non sono verificate.

In questo caso potrebbe bastare modificare solamente la classe del cls.