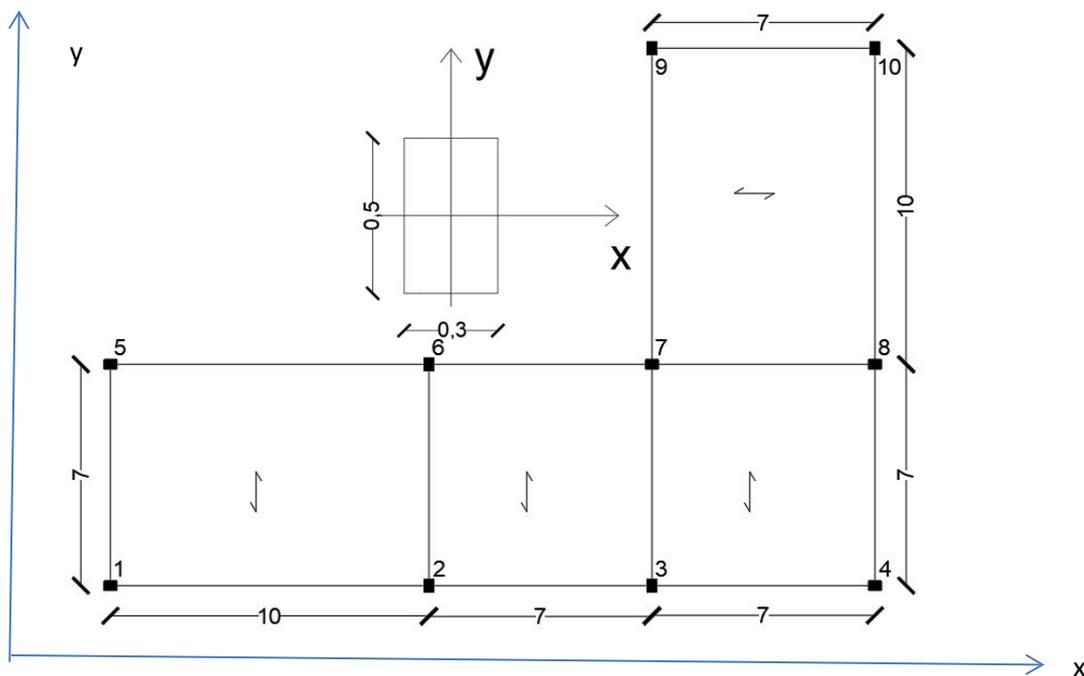


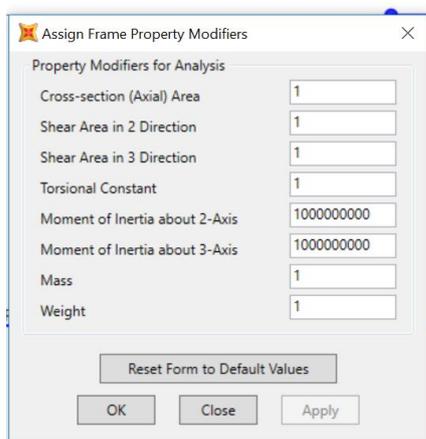
L'obiettivo di questa esercitazione è quello di calcolare come viene ripartita una forza orizzontale (come ad esempio la forza sismica) applicando il metodo delle rigidezze sui vari telai che compongono una struttura.

1. STRUTTURA: Telaio in cemento armato Shear Type

- Struttura di 1 piano.
- Pianta ad L: 24x 17x H 4 m
- Definisco la geometria di pilastri assegnando una sezione di 50x30 cm.
- Posiziono i pilastri a seconda dei diversi momenti di inerzia in modo da raggiungere un'adeguata rigidezza in entrambe le direzioni.



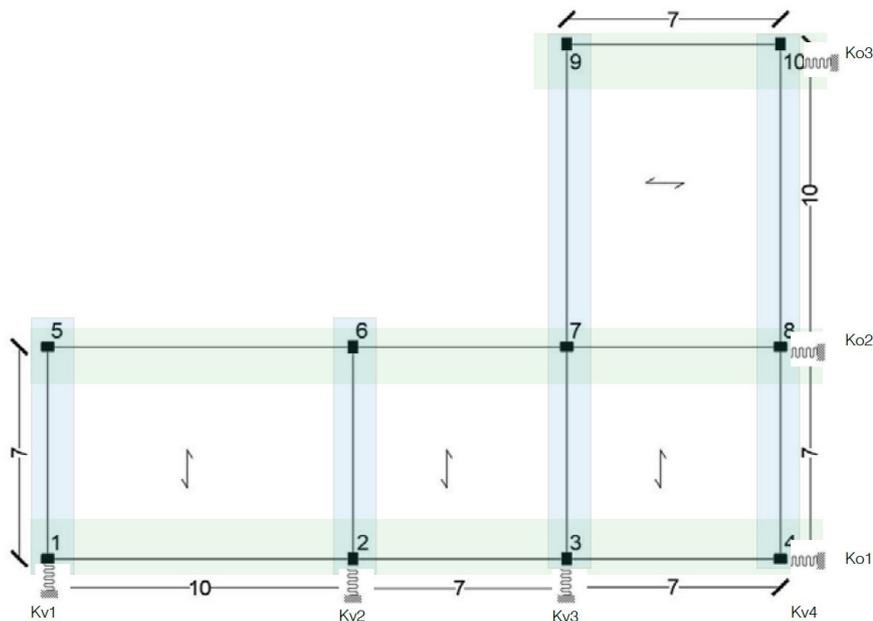
- Dal momento che la tipologia del telaio è Shear Type, avrò tutti nodi rigidi e le travi saranno infinitamente rigide flessionalmente (imposto quindi in SAP il valore dei momenti molto elevato).



- I pilastri svolgono anche il ruolo di controventi reagendo alle forze orizzontali e rappresentano vincoli cedevoli elasticamente. Possono quindi essere rappresentati da una molla.

2. CALCOLO DELLE RIGIDEZZE

- Individuo nella struttura 4 telai verticali (Kv1, Kv2, Kv3, Kv4) e 3 orizzontali (Ko1, Ko2, Ko3)



- Calcolo i momenti di inerzia (I_x e I_y) del pilastro rettangolare $\rightarrow I = (b \times h^3)/12$
- Nel file excel, step 1, inserisco i dati necessari a calcolare le rigidezze di dei controventi di ogni telaio individuato.
 - E modulo di young del materiale (calcestruzzo)
 - H: altezza telaio, in questo caso 4 metri
 - $I_{1-2-3-4}$: momenti di inerzia dei singoli pilastri. A seconda di come ho deciso di orientarli, prenderò I_x o I_y .
- Per calcolare la rigidezza dei controventi relativi ad ogni telaio, si applica la formula:

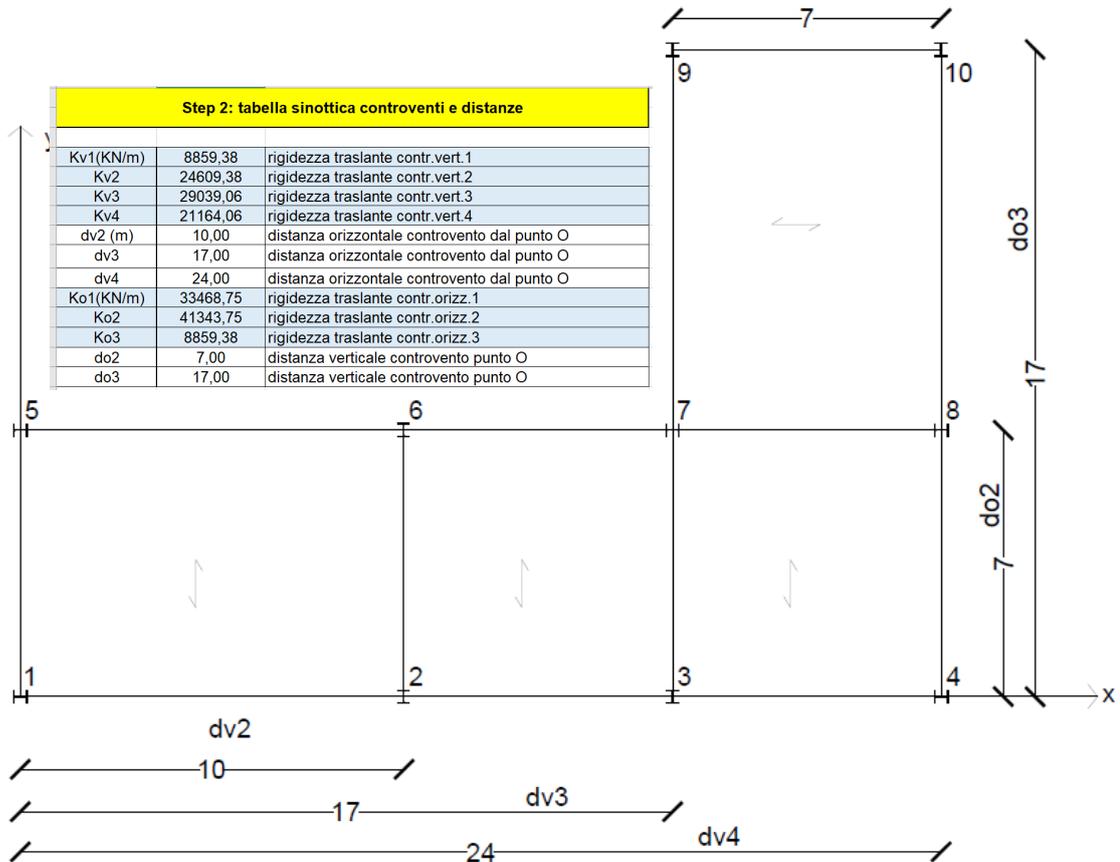
$$K \text{ (rigidezza)} = (12 EI)/h^3 \sum I \text{ [KN/m]}$$

Step 1: calcolo delle rigidezze traslanti dei controventi dell'edificio

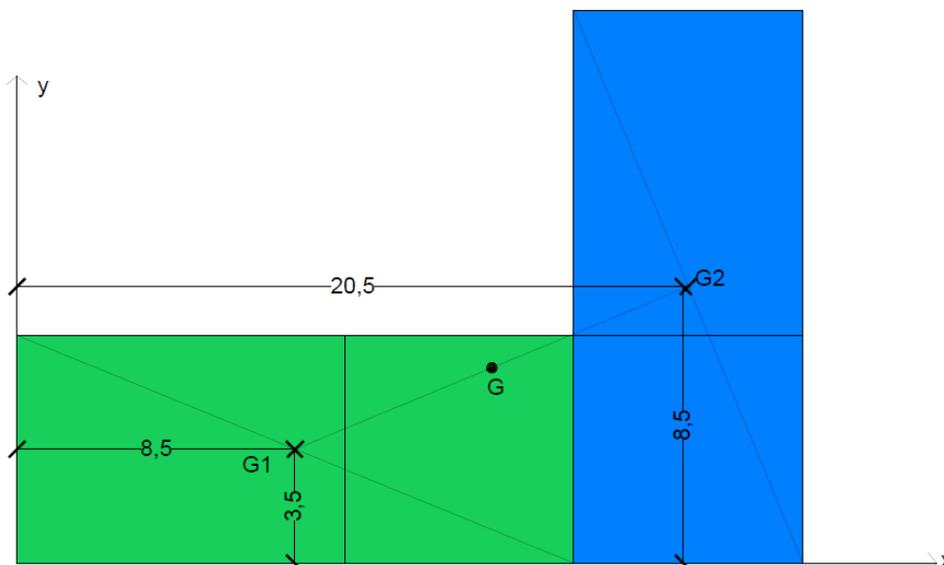
Telaio 1v			Telaio 1o		
E (N/mm ²)	21000,00	pilastri che individuano il telaio	E	21000,00	pilastri che individuano il telaio
H (m)	4,00	modulo di Young	H	4,00	modulo di Young
I_1 (cm ⁴)	112500,00	altezza dei pilastri	I_1	312500,00	altezza dei pilastri
I_2	112500,00	momento d'inerzia pilastro 1	I_2	112500,00	momento d'inerzia pilastro 1
I_3	0,00	momento d'inerzia pilastro 5	I_3	112500,00	momento d'inerzia pilastro 2
I_4	0,00		I_4	312500,00	momento d'inerzia pilastro 3
K_T (KN/m)	8859,38	rigidezza traslante telaio 1	K_T	33468,75	momento d'inerzia pilastro 4
					rigidezza traslante telaio 5
Telaio 2v			Telaio 2o		
E	21000,00	pilastri che individuano il telaio	E	21000,00	pilastri che individuano il telaio
H	4,00	modulo di Young	H	4,00	modulo di Young
I_1	312500,00	altezza dei pilastri	I_1	312500,00	altezza dei pilastri
I_2	312500,00	momento d'inerzia pilastro 2	I_2	112500,00	momento d'inerzia pilastro 5
I_3	0,00	momento d'inerzia pilastro 6	I_3	112500,00	momento d'inerzia pilastro 6
I_4	0,00		I_4	312500,00	momento d'inerzia pilastro 7
K_T	24609,38	rigidezza traslante telaio 2	K_T	41343,75	momento d'inerzia pilastro 8
					rigidezza traslante telaio 6
Telaio 3v			Telaio 3o		
E	21000,00	pilastri che individuano il telaio	E	21000,00	pilastri che individuano il telaio
H	4,00	modulo di Young	H	4,00	modulo di Young
I_1	312500,00	altezza dei pilastri	I_1	112500,00	altezza dei pilastri
I_2	112500,00	momento d'inerzia pilastro 3	I_2	112500,00	momento d'inerzia pilastro 9
I_3	312500,00	momento d'inerzia pilastro 7	I_3	0,00	momento d'inerzia pilastro 10
I_4	0,00	momento d'inerzia pilastro 9	I_4	0,00	
K_T	29039,06	rigidezza traslante telaio 3	K_T	8859,38	rigidezza traslante telaio 7
Telaio 4v					
E	21000,00	pilastri che individuano il telaio			
H	4,00	modulo di Young			
I_1	112500,00	altezza dei pilastri			
I_2	112500,00	momento d'inerzia pilastro 4			
I_3	312500,00	momento d'inerzia pilastro 8			
I_4	0,00	momento d'inerzia pilastro 10			
K_T	21164,06	rigidezza traslante telaio 4			

3. CALCOLO DEL CENTRO DI MASSA

- Nella tabella step 2 indico la distanza di tutti i controventi dall'origine



- Per trovare il centro di massa (G), individuo i due rettangoli che formano la struttura scelta e i loro rispettivi centri (G1 e G2).
- Trovo il centro di massa a metà del segmento che collega i due centri.



- nella tabella step 3 inserisco l'area dei 2 rettangoli e le coordinate x,y rispetto all'origine dei centri G1 e G2.
- Trovo le coordinate del centro di massa con le formule:

$$x_G = \frac{A_1 \cdot x_{G1} + A_2 \cdot x_{G2}}{A_{tot}}$$

$$y_G = \frac{A_1 \cdot y_{G1} + A_2 \cdot y_{G2}}{A_{tot}}$$

Step 3: calcolo del centro di massa		
area_1 (mq)	119,00	misura dell'area superficie 1 area 1 (misura)
x_G1 (m)	8,50	coordinata X centro area 1
y_G1	3,50	coordinata Y centro area 1
area_2	119,00	misura dell'area superficie 2
x_G2	20,50	coordinata X centro area 2
y_G2	8,50	coordinata Y centro area 2
Area tot (mq)	238,00	Area totale impalcato
X_G	14,50	coordinata X centro d'area impalcato (centro massa)
Y_G	6,00	coordinata Y centro d'area impalcato (centro massa)

4. CALCOLO IL CENTRO DELLE RIGIDEZZE

- Per trovare il centro delle rigidezze riprendo dalla tabella 2 le distanze dei controventi dall'origine per applicare le seguenti formule:

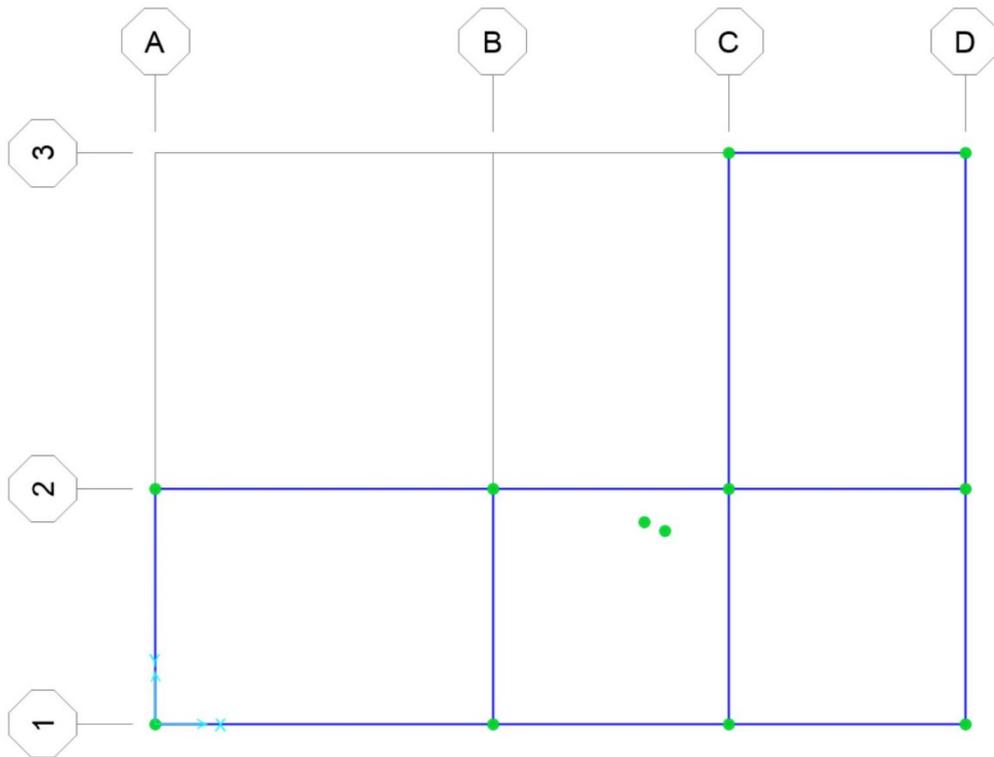
$$x_C = \frac{k_{v1} \cdot d_{v1} + k_{v2} \cdot d_{v2} + k_{v3} \cdot d_{v3} + k_{v4} \cdot d_{v4}}{k_{v,tot}}$$

$$y_C = \frac{k_{o1} \cdot d_{o1} + k_{o2} \cdot d_{o2} + k_{o3} \cdot d_{o3}}{k_{o,tot}}$$

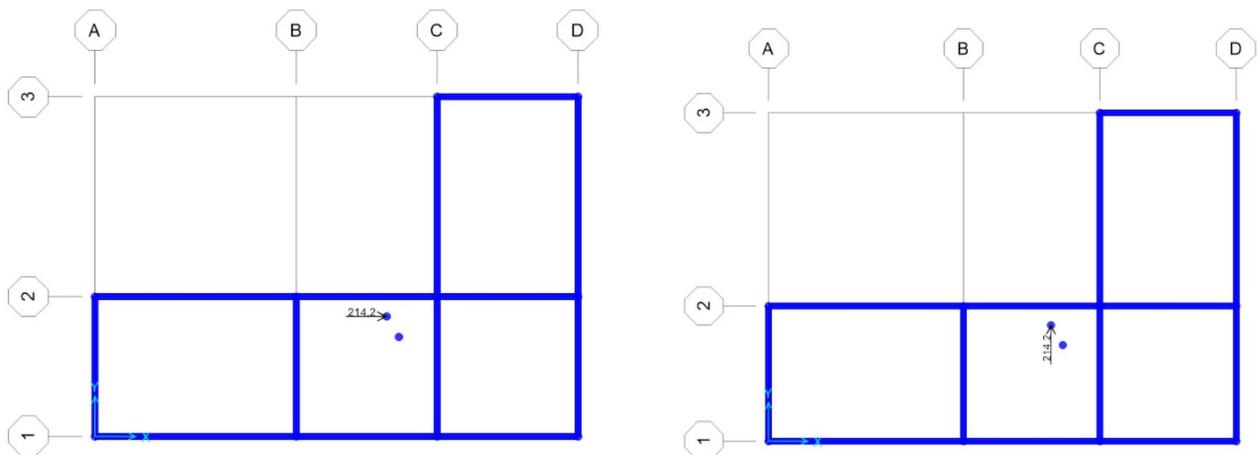
Step 4: calcolo del centro di rigidezze e delle rigidezze globali		
Ko_tot	83671,88	rigidezze totale orizzontale
Kv_tot	83671,88	rigidezze totale verticale
X_C (m)	14,91	coordinata X centro rigidezze
Y_C	5,26	coordinata Y centro rigidezze
dd_v1	-14,91	distanze controvento dal centro rigidezze
dd_v2	-4,91	distanze controvento dal centro rigidezze
dd_v3	2,09	distanze controvento dal centro rigidezze
dd_v4	9,09	distanze controvento dal centro rigidezze
dd_o1	-5,26	distanze controvento dal centro rigidezze
dd_o2	1,74	distanze controvento dal centro rigidezze
dd_o3	11,74	distanze controvento dal centro rigidezze
K_φ (KN*m)	6710626,24	rigidezze torsionale totale

5. DISEGNO LA STRUTTURA SU SAP

- Disegno la struttura su SAP assegnando le sezioni ai pilastri e alle travi.
- Assegno il vincolo dell'incastro a tutti gli attacchi a terra.
- Disegno il centro di massa (G) e il centro delle rigidezze (C) trovati in precedenza
- Selezione tutti gli elementi e assegno il diaphragmin modo da considerare il centro di massa e il centro delle rigidezze un unico corpo insieme alla struttura. (assign> joint> constraints > define > diaphragm)



- Definisco 2 nuovi load patterns con moltiplicatore di peso proprio=0 e assegno il valore della forza sismica al centro di massa, prima in direzione X e poi Y



- Corro l'analisi prima con il carico sismico applicato in direzione X e poi in Y
- Come previsto, la struttura subisce sia una traslazione che una leggera rotazione, dal momento che G e C non coincidono perfettamente

