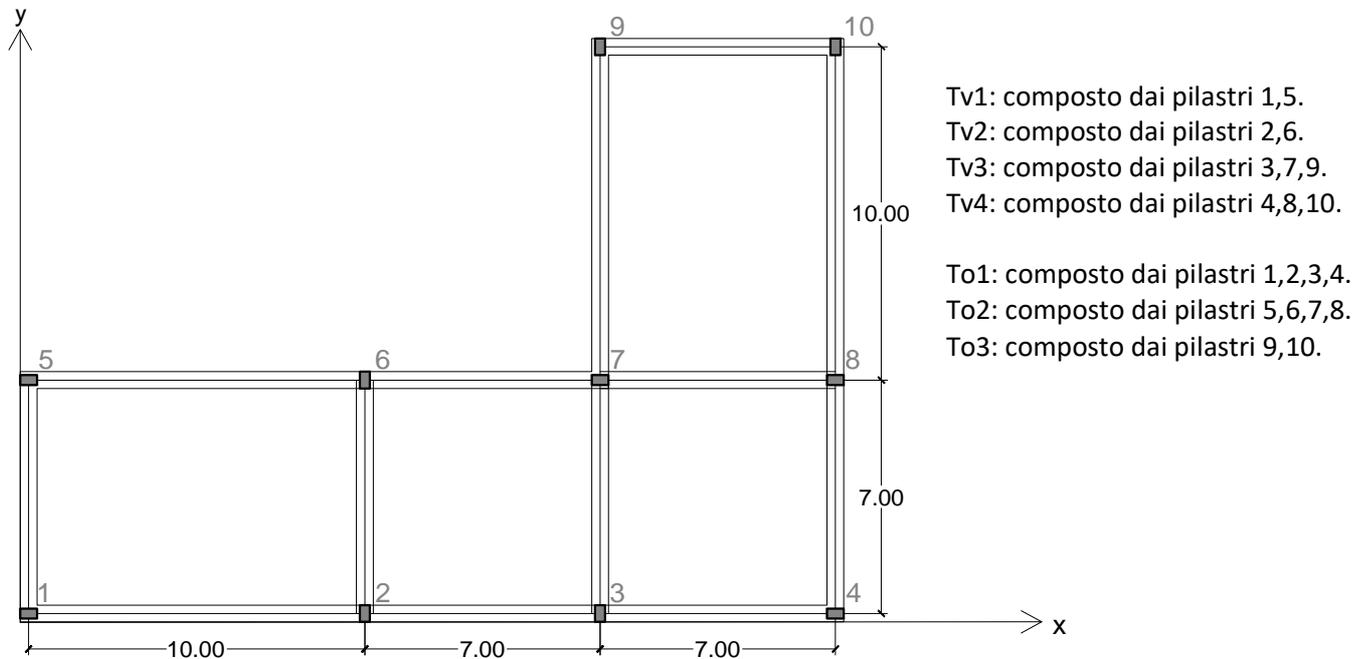


ESERCITAZIONE 2 – Ripartizione delle Forze sismiche

Valentina Santini

GEOMETRIA DELL'IMPALCATO: Si prende in analisi un impalcato in cls ad un solo piano, con pianta ad L, dove tutti i telai sono Shear-type (quindi dove i nodi sono ad incastro e la trave è considerata infinitamente rigida rispetto ai ritti). L'impalcato è costituito da 4 telai verticali e 3 telai orizzontali:

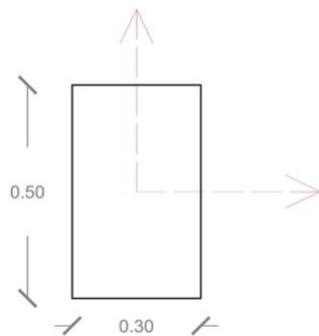


Definisco il tipo di pilastro in cls, di dimensioni 50x30 cm e li oriento in modo tale da avere adeguata rigidità in entrambe le direzioni.

Calcolo l'inerzia:

$$I_x = \frac{bh^3}{12} = 312\,500 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{hb^3}{12} = 112\,500 \text{ cm}^4$$



CALCOLO RIGIDEZZA TELAI: Per calcolare la rigidità dei telai Shear-type uso la formula:

$$K = \frac{12 E I}{h^3} \text{ [KN/m]}$$

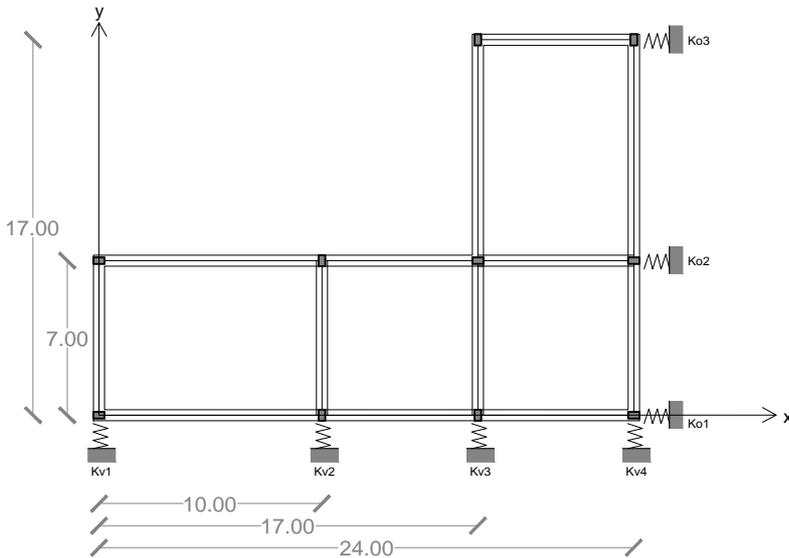
come si può vedere dalla formula essa dipende in modo proporzionale dal materiale (E , nel caso del cls = 21000 N/mm^2) e dalla somma dei momenti di inerzia dei pilastri ed è inversamente proporzionale al cubo dell'altezza dell'impalcato (nel nostro caso $H=4\text{m}$).

Inserisco i valori dell'inerzia, in base a come sono orientati i pilastri, nella tabella di excel (Step1) per calcolarmi la rigidità di ogni telaio (K_T).

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

Telaio 1v	1-5	pilastri che individuano il telaio		Telaio 1o	1-2-3-4	pilastri che individuano il telaio
E (N/mm ²)	21000,00	modulo di Young		E	21000,00	modulo di Young
H (m)	4,00	altezza dei pilastri		H	4,00	altezza dei pilastri
I 1 (cm ⁴)	112500,00	momento d'inerzia pilastro 1		I 1	312500,00	momento d'inerzia pilastro 1
I 2	112500,00	momento d'inerzia pilastro 2		I 2	112500,00	momento d'inerzia pilastro 2
I 3	0,00	momento d'inerzia pilastro 3		I 3	112500,00	momento d'inerzia pilastro 3
I 4	0,00	momento d'inerzia pilastro 4		I 4	312500,00	momento d'inerzia pilastro 4
K T (KN/m)	8859,38	rigidezza traslante telaio 1		K T	33468,75	rigidezza traslante telaio 5
Telaio 2v	2-6	pilastri che individuano il telaio		Telaio 2o	5-6-7-8	pilastri che individuano il telaio
E	21000,00	modulo di Young		E	21000,00	modulo di Young
H	4,00	altezza dei pilastri		H	4,00	altezza dei pilastri
I 1	312500,00	momento d'inerzia pilastro 1		I 1	312500,00	momento d'inerzia pilastro 1
I 2	312500,00	momento d'inerzia pilastro 2		I 2	112500,00	momento d'inerzia pilastro 2
I 3	0,00	momento d'inerzia pilastro 3		I 3	312500,00	momento d'inerzia pilastro 3
I 4	0,00	momento d'inerzia pilastro 4		I 4	312500,00	momento d'inerzia pilastro 4
K T	24609,38	rigidezza traslante telaio 2		K T	41343,75	rigidezza traslante telaio 6
Telaio 3v	3-7-9	pilastri che individuano il telaio		Telaio 3o	9-10	pilastri che individuano il telaio
E	21000,00	modulo di Young		E	21000,00	modulo di Young
H	4,00	altezza dei pilastri		H	4,00	altezza dei pilastri
I 1	312500,00	momento d'inerzia pilastro 1		I 1	112500,00	momento d'inerzia pilastro 1
I 2	112500,00	momento d'inerzia pilastro 2		I 2	112500,00	momento d'inerzia pilastro 2
I 3	312500,00	momento d'inerzia pilastro 3		I 3	0,00	momento d'inerzia pilastro 3
I 4	0,00	momento d'inerzia pilastro 4		I 4	0,00	momento d'inerzia pilastro 4
K T	29039,06	rigidezza traslante telaio 3		K T	8859,38	rigidezza traslante telaio 7
Telaio 4v	4-8-10	pilastri che individuano il telaio				
E	21000,00	modulo di Young				
H	4,00	altezza dei pilastri				
I 1	112500,00	momento d'inerzia pilastro 1				
I 2	112500,00	momento d'inerzia pilastro 2				
I 3	312500,00	momento d'inerzia pilastro 3				
I 4	0,00	momento d'inerzia pilastro 4				
K T	21164,06	rigidezza traslante telaio 4				

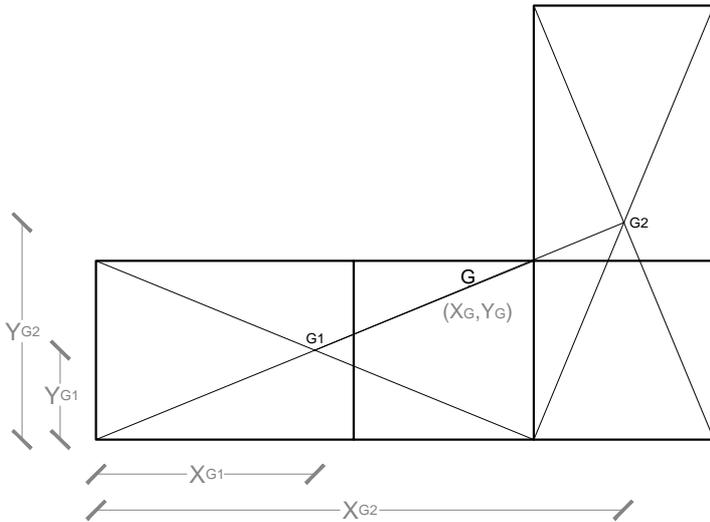
CALCOLO DISTANZE: Nella seconda tabella (Step 2) vengono raccolte le rigidzze (K) e le rispettive distanze (d) dall'origine. Rappresentiamo le rigidzze come vincoli cedevoli elasticamente



Step 2: tabella sinottica controventi e distanze

Kv1(KN/m)	8859,38	rigidezza traslante contr.vert. 1
Kv2	24609,38	rigidezza traslante contr.vert.2
Kv3	29039,06	rigidezza traslante contr.vert.3
Kv4	21164,06	rigidezza traslante contr.vert.4
dv2 (m)	10,00	distanza orizzontale controvento dal punto O
dv3	17,00	distanza orizzontale controvento dal punto O
dv4	24,00	distanza orizzontale controvento dal punto O
Ko1(KN/m)	33468,75	rigidezza traslante contr.orizz.1
Ko2	41343,75	rigidezza traslante contr.orizz.2
Ko3	8859,38	rigidezza traslante contr.orizz.3
do2	7,00	distanza verticale controvento punto O
do3	17,00	distanza verticale controvento punto O

CENTRO DI MASSA: calcoliamo il centro di massa (G), dividendo in due aree uguali il nostro impalcato in due aree uguali, troviamo i due rispettivi centri e facendo il punto medio troviamo il centro geometrico dell'intero impalcato.



$$X_G = \frac{(A1 * X_{G1}) + (A2 * X_{G2})}{A_{tot}}$$

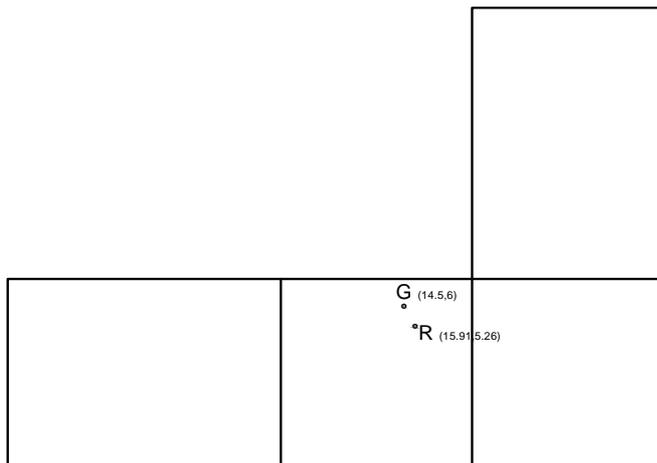
$$Y_G = \frac{(A1 * Y_{G1}) + (A2 * Y_{G2})}{A_{tot}}$$

$$G = (14.5, 6)$$

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)

CENTRO DELLE RIGIDENZE: con le rigidzze e le distanze che troviamo nella seconda tabella calcoliamo le coordinate del centro delle rigidzze con le formule:



$$X_R = \frac{(K_{1v} * d_{1v}) + (K_{2v} * d_{2v}) + (K_{3v} * d_{3v}) + (K_{4v} * d_{4v})}{K_{tot v}}$$

$$Y_R = \frac{(K_{1o} * d_{1o}) + (K_{2o} * d_{2o}) + (K_{3o} * d_{3o})}{K_{tot o}}$$

$$R = (15.91, 5.26)$$

Step 4: calcolo del centro di rigidzze e delle rigidzze globali

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

Possiamo notare che il centro di rigidzze è molto vicino al centro di massa. Nel caso in cui fosse stato più lontano avremmo potuto inserire dei setti per avvicinarlo, irrigidendo la parte superiore dell'impalcato, per alzarlo e irrigidendo la parte di sinistra.

Non essendo coincidenti l'impalcato subirà una piccola rotazione.

CARICHI SISMICI: Nello step 5 inseriamo i carichi permanenti, dovuti dal tipo di solaio, e i carichi accidentali per trovare la forza sismica orizzontale che andremo ad applicare al centro di massa (214,20 KN)

Step 5: analisi dei carichi sismici		
q _s (KN/mq)	2,50	carico permanente di natura strutturale
q _p	2,50	sovraccarico permanente
q _a	5,00	sovraccarico accidentale
G (KN)	1190,00	carico totale permanente
Q (KN)	1190,00	carico totale accidentale
γ	0,80	coefficiente di contemporaneità
W (KN)	2142,00	Pesi sismici
c	0,10	coefficiente di intensità sismica
F (KN)	214,20	Forza sismica orizzontale

Nei due step finali determiniamo la ripartizione della forza sismica lungo le due direzioni e gli effetti in termini di rotazione e traslazione sull'impalcato.

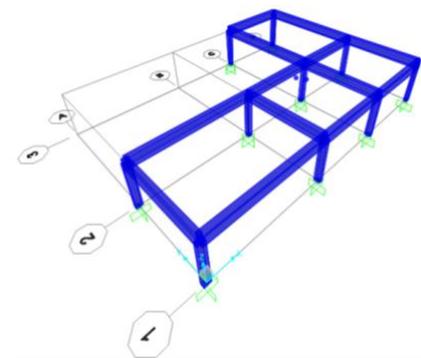
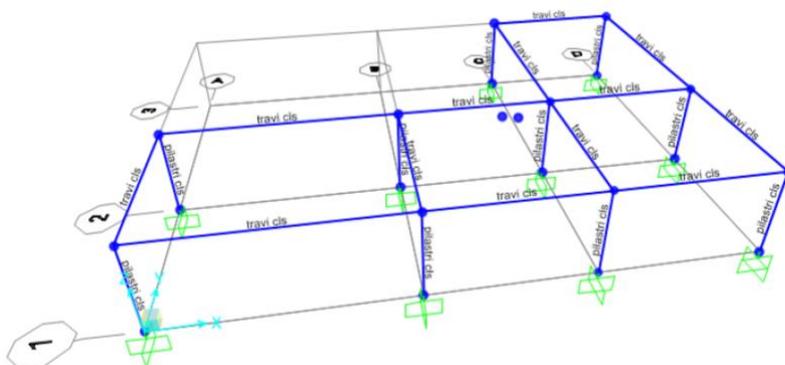
Nello step 6 ipotizziamo che la forza sismica agisca lungo la direzione x e quindi l'impalcato sarà soggetto a una traslazione orizzontale e ad una piccola rotazione, al contrario nello step 7 si vede come l'impalcato, per effetto della forza sismica lungo y, subirà una traslazione verticale e una piccola rotazione.

Step 6: ripartizione forza sismica lungo X		
M (KN*m)	-158,76	momento torcente (positivo se antiorario)
u _o (m)	0,003	traslazione orizzontale
φ	-0,00002	rotazione impalcato (positiva se antioraria)
Fv1 (KN)	3,13	Forza sul controvento verticale 1
Fv2	2,86	Forza sul controvento verticale 2
Fv3	-1,43	Forza sul controvento verticale 3
Fv4	-4,55	Forza sul controvento verticale 4
Fo1	89,84	Forza sul controvento orizzontale 1
Fo2	104,14	Forza sul controvento orizzontale 2
Fo3	20,22	Forza sul controvento orizzontale 3
	214,20	
		85,68
		105,84
		22,68
		214,20

Step 7: ripartizione forza sismica lungo Y		
M (KN*M)	-88,20	momento torcente
v _o (KN)	0,003	traslazione verticale
φ	-0,00001	rotazione impalcato
Fv1 (KN)	24,42	Forza sul controvento verticale 1
Fv2	64,59	Forza sul controvento verticale 2
Fv3	73,54	Forza sul controvento verticale 3
Fv4	51,65	Forza sul controvento verticale 4
Fo1	2,31	Forza sul controvento orizzontale 1
Fo2	-0,95	Forza sul controvento orizzontale 2
Fo3	-1,37	Forza sul controvento orizzontale 3
	214,20	
		22,68
		63,00
		74,34
		54,18
		214,20

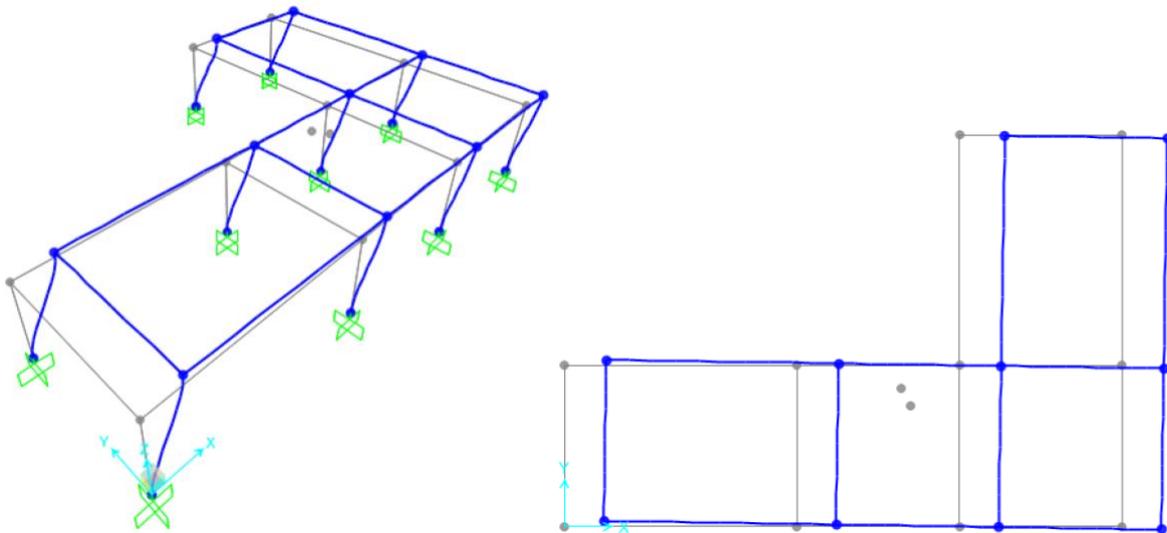
SAP: Per osservare le deformazioni delle forme sismiche sull'impalcato, lo modello su Sap2000

- disegno l'impalcato, definisco il materiale e la dimensione dei pilastri e delle travi
- oriento i pilastri in base a come avevo impostato precedentemente, coerentemente con lo Step 1
- imposto gli incastri alla base
- inserisco il centro di massa



- imposto il telaio Shear-type aumentando il momento d'inerzia intorno all'asse 2 e 3, al fine di simulare una rigidezza flessionale infinita
- assegno a tutti i punti dell'impalcato il Diaphragm
- applico al centro di massa la forza sismica calcolata nelle tabelle precedenti (214,2 KN) prima in direzione x e poi in direzione y come previsto nello step 6 e 7 in entrambi i casi che l'impalcato trasla e ruota leggermente.

- F. sismica applica lungo x:



- F. sismica applicata lungo y:

