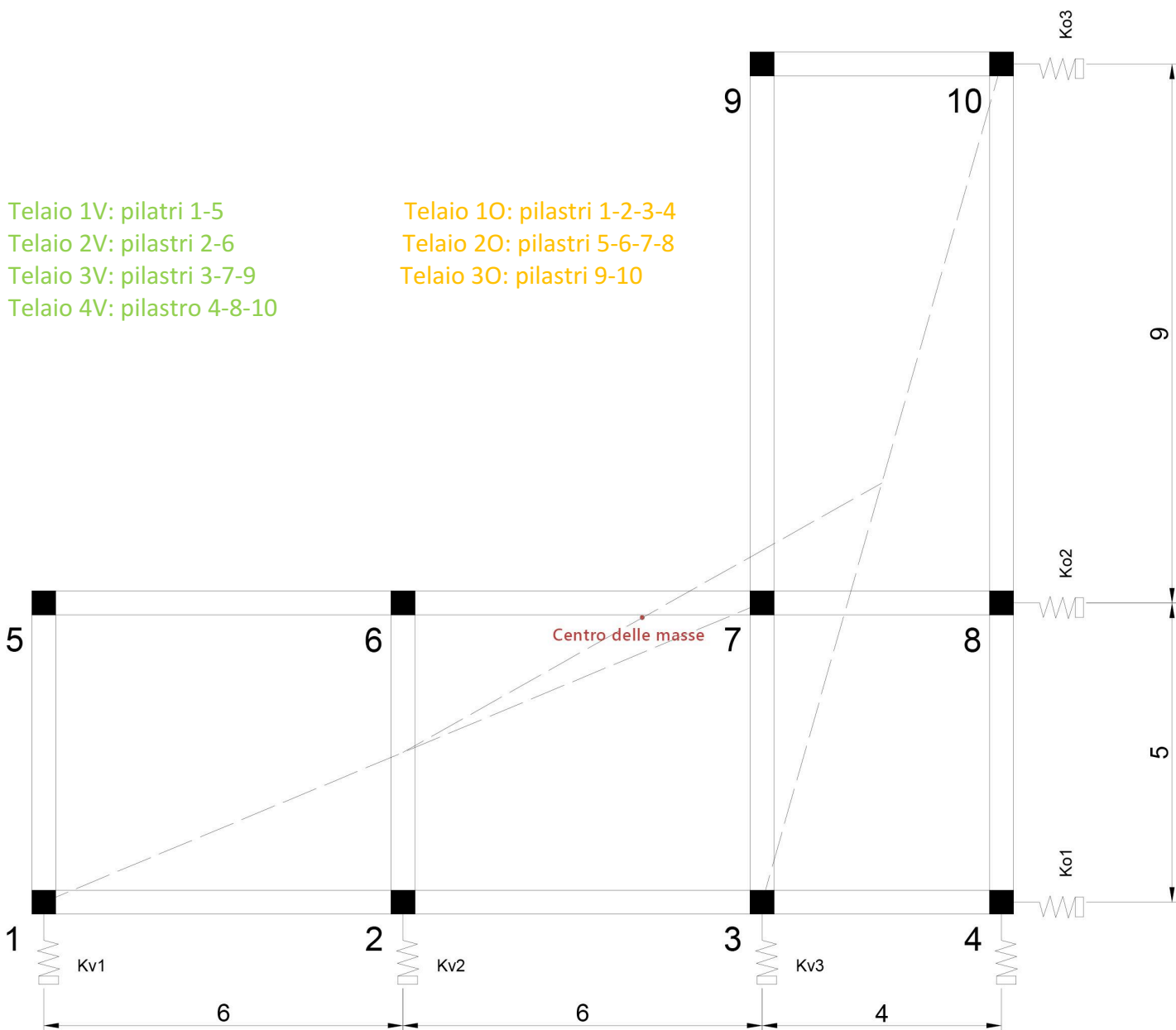


ESERCITAZIONE 2: Centro delle rigidzze e ripartizione delle forze sismiche

- **STEP 1:** il telaio è costituito da 4 telai (verticalmente) e 3 telai (orizzontalmente) disposti come segue:



Trattandosi di un telaio shear-type la rigidezza di ogni telaio equivale a:

$$K = \frac{12EI}{H^3}$$

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

Telaio 1v			Telaio 1o		
1-5	pilastri che individuano il telaio		1-2-3-4	pilastri che individuano il telaio	
E (N/mmq)	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)	213333,00	momento d'inerzia pilastro 1	I 1	213333,00	momento d'inerzia pilastro 1
I 2	213333,00	momento d'inerzia pilastro 2	I 2	213333,00	momento d'inerzia pilastro 2
I 3	0,00	momento d'inerzia pilastro 3	I 3	213333,00	momento d'inerzia pilastro 3
I 4	0,00	momento d'inerzia pilastro 4	I 4	213333,00	momento d'inerzia pilastro 4
K_T (KN/m)	16799,97	rigidezza traslante telaio 1	K_T	33599,95	rigidezza traslante telaio 5

Telaio 2v			Telaio 2o		
2-6	pilastri che individuano il telaio		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	213333,00	momento d'inerzia pilastro 1	I 1	213333,00	momento d'inerzia pilastro 1
I 2	213333,00	momento d'inerzia pilastro 2	I 2	213333,00	momento d'inerzia pilastro 2
I 3	0,00	momento d'inerzia pilastro 3	I 3	213333,00	momento d'inerzia pilastro 3
I 4	0,00	momento d'inerzia pilastro 4	I 4	213333,00	momento d'inerzia pilastro 4
K_T	16799,97	rigidezza traslante telaio 2	K_T	33599,95	rigidezza traslante telaio 6

Telaio 3v			Telaio 3o		
3-7-9	pilastri che individuano il telaio		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	213333,00	momento d'inerzia pilastro 1	I 1	213333,00	momento d'inerzia pilastro 1
I 2	213333,00	momento d'inerzia pilastro 2	I 2	213333,00	momento d'inerzia pilastro 2
I 3	213333,00	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	25199,96	rigidezza traslante telaio 3	K_T	16799,97	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	213333,00	momento d'inerzia pilastro 1
I 2	213333,00	momento d'inerzia pilastro 2
I 3	213333,00	momento d'inerzia pilastro 3
I 4	0,00	momento d'inerzia pilastro 4
K_T	25199,96	rigidezza traslante telaio 4

- **STEP 2:** la seguente tabella mostra i valori d_{vi} e d_{oi} che indicano la distanza di ogni telaio dal punto di origine del sistema (angolo in basso a sinistra).

Step 2: tabella sinottica controventi e distanze		
Kv1(KN/m)	16799,97	rigidezza traslante contr.vert.1
Kv2	16799,97	rigidezza traslante contr.vert.2
Kv3	25199,96	rigidezza traslante contr.vert.3
Kv4	25199,96	rigidezza traslante contr.vert.4
dv2 (m)	6,00	distanza orizzontale controvento dal punto O
dv3	12,00	distanza orizzontale controvento dal punto O
dv4	16,00	distanza orizzontale controvento dal punto O
Ko1(KN/m)	33599,95	rigidezza traslante contr.orizz.1
Ko2	33599,95	rigidezza traslante contr.orizz.2
Ko3	16799,97	rigidezza traslante contr.orizz.3
do2	4,00	distanza verticale controvento punto O
do3	8,00	distanza verticale controvento punto O

- **STEP 3:** è necessario individuare il Centro di massa per trovare il punto dove poi andranno applicate le forze sismiche. Ipotizzando un impalcato uniforme si possono calcolare le coordinate del CM tramite le formule:

$$x_c = \sum(k_{vi})(d_{vi})/k_{v_tot}$$

$$y_c = \sum(k_{oi})(d_{oi})/k_{o_tot}$$

Step 3: calcolo del centro di massa		
area_1 (mq)	60,00	misura dell'area superficie 1 area 1 (misura)
x_G1 (m)	6,00	coordinata X centro area 1
y_G1	2,50	coordinata Y centro area 1
area_2	56,00	misura dell'area superficie 2
x_G2	14,00	coordinata X centro area 2
y_G2	7,00	coordinata Y centro area 2
Area tot (mq)	116,00	Area totale impalcato
X_G	9,86	coordinata X centro d'area impalcato (centro massa)
Y_G	4,67	coordinata Y centro d'area impalcato (centro massa)

- **STEP 4:** poichè il centro delle rigidezze non coincide con quello di massa, se sottopongo l'impalcato ad un carico orizzontale, questo tenderà a ruotare a causa del braccio tra il punto di applicazione della forza (centro di massa) e il centro delle rigidezze, generando momento.

Step 4: calcolo del centro di rigidezze e delle rigidezze globali		
Ko_tot	83999,87	rigidezze totale orizzontale
Kv_tot	83999,87	rigidezze totale verticale
X_C (m)	9,60	coordinata X centro rigidezze
Y_C	3,20	coordinata Y centro rigidezze
dd_v1	-9,60	distanze controvento dal centro rigidezze
dd_v2	-3,60	distanze controvento dal centro rigidezze
dd_v3	2,40	distanze controvento dal centro rigidezze
dd_v4	6,40	distanze controvento dal centro rigidezze
dd_o1	-3,20	distanze controvento dal centro rigidezze
dd_o2	0,80	distanze controvento dal centro rigidezze
dd_o3	4,80	distanze controvento dal centro rigidezze
K_φ (KN*m)	3695994,23	rigidezze torsionale totale

- **STEP 5:** per avere una stima approssimata della forza sismica che potrebbe agire sull'impalcato ho ipotizzato un carico strutturale, un carico permanente e un sovraccarico accidentale di 4 kN/mq ciascuno. Dopo averli considerati per tutta la superficie dell'edificio, sommati e ridotti per un coefficiente di intensità sismica, si ottiene il calore della forza sismica orizzontale.

Step 5: analisi dei carichi sismici		
q_s (KN/mq)	4,00	carico permanente di natura strutturale
q_p	4,00	sovraccarico permanente
q_a	4,00	sovraccarico accidentale
G (KN)	928,00	carico totale permanente
Q (KN)	464,00	carico totale accidentale
y	0,80	coefficiente di contemporaneità
W (KN)	1299,20	Pesi sismici
c	0,10	coefficiente di intensità sismica
F (KN)	129,92	Forza sismica orizzontale

- **STEP 6/7:** le seguenti tabelle mostrano la ripartizione di forza sismica lungo le due direzioni principali, su ogni telaio, mostrando i dati relativi alle traslazioni e alle torsioni.

Step 6: ripartizione forza sismica lungo X		
M (KN*m)	-191,30	momento torcente (positivo se antiorario)
u_o (m)	0,002	traslazione orizzontale
φ	-0,00005	rotazione impalcato (positiva se antioraria)
Fv1 (KN)	8,35	Forza sul controvento verticale 1
Fv2	3,13	Forza sul controvento verticale 2
Fv3	-3,13	Forza sul controvento verticale 3
Fv4	-8,35	Forza sul controvento verticale 4
Fo1	57,53	Forza sul controvento orizzontale 1
Fo2	50,58	Forza sul controvento orizzontale 2
Fo3	21,81	Forza sul controvento orizzontale 3
	129,92	
		51,97
		51,97
		25,98
		129,92

Step 7: ripartizione forza sismica lungo Y		
M (KN*M)	34,05	momento torcente
v_o (KN)	0,002	traslazione verticale
ϕ	0,00001	rotazione impalcato
Fv1 (KN)	24,50	Forza sul controvento verticale 1
Fv2	25,43	Forza sul controvento verticale 2
Fv3	39,53	Forza sul controvento verticale 3
Fv4	40,46	Forza sul controvento verticale 4
Fo1	-0,99	Forza sul controvento orizzontale 1
Fo2	0,25	Forza sul controvento orizzontale 2
Fo3	0,74	Forza sul controvento orizzontale 3
	129,92	
		25,98
		25,98
		38,98
		38,98
		129,92

Per osservare le deformazioni dell'impalcato ho scelto di modellare su SAP un telaio shear-type, con pilastri 40x40 in CA e travi con momento di inerzia tendente all'infinito (per imitarne il comportamento molto rigido). Successivamente ho inserito 2 punti con le coordinate del Centro di Massa e del Centro delle rigidezze ai quali ho assegnato un vincolo interno (DIAPRHAM) per imporre una rotazione uguale intorno ad un asse. Dopo aver fatto l'analisi dei carichi sismici (ipotizzando il carico permanente strutturale, il sovraccarico permanente e il sovraccarico accidentale), la ripartizione della forza sismica lungo x e lungo y, posso assegnare al centro di massa il carico che ho ottenuto e osservare le deformazioni.

