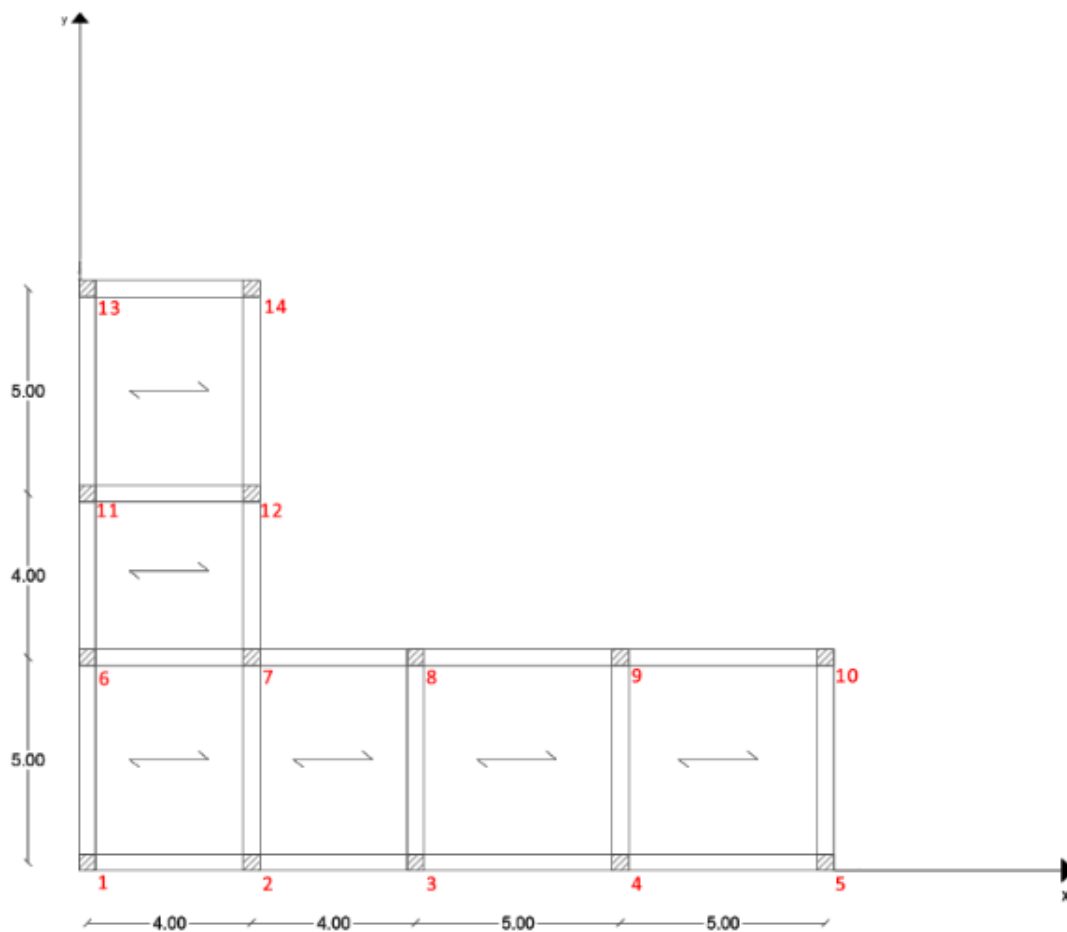


Esercitazione 2 – Ripartizione delle forze sismiche con il metodo delle rigidezze

In questa esercitazione andremo ad analizzare la ripartizione delle forze sismiche in una struttura di un edificio ad un piano.

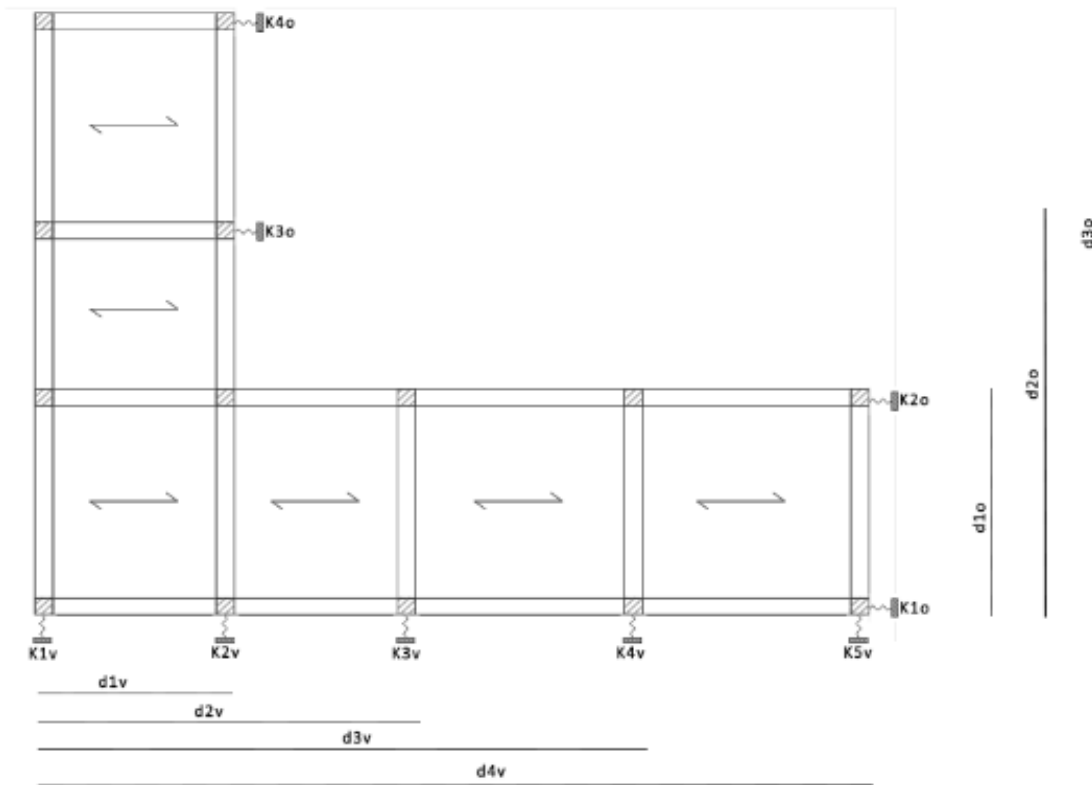
Per questo studio adotteremo un impalcato in Cemento armato costituito da telai shear type e ne calcoleremo il centro delle masse, il centro delle rigidezze e il suo comportamento quando sottoposto a forza sismica orizzontale.



Disegna la pianta del telaio e li numero:

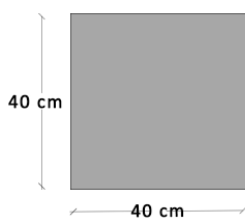
- Telaio 1 verticale: 1-6-11-13
- Telaio 2 verticale: 2-7-12-14
- Telaio 3 verticale: 3-8
- Telaio 4 verticale: 4-9
- Telaio 5 verticale: 5-10
- Telaio 1 orizzontale: 1-2-3-4-5
- Telaio 2 orizzontale: 6-7-8-9-10
- Telaio 3 orizzontale: 11-12
- Telaio 4 orizzontale: 13-14

Ora vado a disegnare le rigidezze dei controventi orizzontali e verticali (K_v e K_o) dei singoli telai e le loro distanze (d_v e d_o). Per essere rappresentate usiamo una molla, che raffigura la reazione alle spinte orizzontali di questi controventi.



Adesso passo a calcolare la rigidezza di ogni singolo telaio. Per fare ciò, ho bisogno del modulo di Young, del momento di inerzia di ogni pilastro, e l'altezza.

Per il momento d'inerzia, data la forma quadrata del pilastro, useremo la formula $b^4/12$ ($b \cdot h^3/12$ con h e b uguali).



Quindi ho:

Modulo di Young – 21000 N/mm^2

Altezza pilastri – 3,50 m

Momento d'inerzia– 213333 cm⁴ (sezione quadrata di lato 40 cm)

Sulle tabelle di excel trovo il valore della rigidezza traslante (K) che sarà calcolata come:

$$K=12*EI/h^3$$

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

Telaio 1v 1-6-11-13 pilastri che individuano il telaio			Telaio 1o 1-2-3-4-5 pilastri che individuano il telaio		
E (N/mm ²)	21000,00	modulo di Young	E	21000,00	modulo di Young
H (m)	3,50	altezza dei pilastri	H	3,50	altezza dei pilastri
L1 (cm ⁴)	213333,00	momento d'inerzia pilastro 1	L1	213333,00	momento d'inerzia pilastro 1
L2	213333,00	momento d'inerzia pilastro 2	L2	213333,00	momento d'inerzia pilastro 2
L3	213333,00	momento d'inerzia pilastro 3	L3	213333,00	momento d'inerzia pilastro 3
L4	213333,00	momento d'inerzia pilastro 4	L4	213333,00	momento d'inerzia pilastro 4
K_T (KN/m)	50155,02	rigidezza traslante telaio 1	L5	213333,00	momento d'inerzia pilastro 5
			K_T	62693,78	rigidezza traslante telaio 5
Telaio 2v 2-7-12-14 pilastri che individuano il telaio			Telaio 2o 5-7-8-9-10 pilastri che individuano il telaio		
E	21000,00	modulo di Young	E	21000,00	modulo di Young
H	3,50	altezza dei pilastri	H	3,50	altezza dei pilastri
L1	213333,00	momento d'inerzia pilastro 1	L1	213333,00	momento d'inerzia pilastro 1
L2	213333,00	momento d'inerzia pilastro 2	L2	213333,00	momento d'inerzia pilastro 2
L3	213333,00	momento d'inerzia pilastro 3	L3	213333,00	momento d'inerzia pilastro 3
L4	213333,00	momento d'inerzia pilastro 4	L4	213333,00	momento d'inerzia pilastro 4
K_T	50155,02	rigidezza traslante telaio 2	L5	213333,00	momento d'inerzia pilastro 5
			K_T	62693,78	rigidezza traslante telaio 6
Telaio 3v 3-8 pilastri che individuano il telaio			Telaio 3o 11-12 pilastri che individuano il telaio		
E	21000,00	modulo di Young	E	21000,00	modulo di Young
H	3,50	altezza dei pilastri	H	3,50	altezza dei pilastri
L1	213333,00	momento d'inerzia pilastro 1	L1	213333,00	momento d'inerzia pilastro 1
L2	213333,00	momento d'inerzia pilastro 2	L2	213333,00	momento d'inerzia pilastro 2
L3	0,00	momento d'inerzia pilastro 3	L3	0,00	momento d'inerzia pilastro 3
L4	0,00	momento d'inerzia pilastro 4	L4	0,00	momento d'inerzia pilastro 4
K_T	25077,51	rigidezza traslante telaio 3	K_T	25077,51	rigidezza traslante telaio 7
Telaio 4v 4-9 pilastri che individuano il telaio			Telaio 4o 13-14 pilastri che individuano il telaio		
E	21000,00	modulo di Young	E	21000,00	modulo di Young
H	3,50	altezza dei pilastri	H	3,50	altezza dei pilastri
L1	213333,00	momento d'inerzia pilastro 1	L1	213333,00	momento d'inerzia pilastro 1
L2	213333,00	momento d'inerzia pilastro 2	L2	213333,00	momento d'inerzia pilastro 2
L3	0,00	momento d'inerzia pilastro 3	L3	0,00	momento d'inerzia pilastro 3
L4	0,00	momento d'inerzia pilastro 4	L4	0,00	momento d'inerzia pilastro 4
K_T	25077,51	rigidezza traslante telaio 4	K_T	25077,51	rigidezza traslante telaio 7
Telaio 5v 5-10 pilastri che individuano il telaio					
E	21000,00	modulo di Young			
H	3,50	altezza dei pilastri			
L1	213333,00	momento d'inerzia pilastro 1			
L2	213333,00	momento d'inerzia pilastro 2			
L3	0,00	momento d'inerzia pilastro 3			
L4	0,00	momento d'inerzia pilastro 4			
K_T	25077,51	rigidezza traslante telaio 4			

Il passaggio successivo è quello di scrivere le distanze orizzontali e verticali dei singoli controventi rispetto all'origine.

49	Step 2: tabella sinottica controventi e distanze		
51			
52	Kv1(KN/m)	50155,02	rigidezza traslante contr.vert.1
53	Kv2	50155,02	rigidezza traslante contr.vert.2
54	Kv3	25077,51	rigidezza traslante contr.vert.3
55	Kv4	25077,51	rigidezza traslante contr.vert.4
56	Kv5	25077,51	rigidezza traslante contr.vert.5
57	dv2 (m)	4,00	distanza orizzontale controvento dal punto O
58	dv3	8,00	distanza orizzontale controvento dal punto O
59	dv4	13,00	distanza orizzontale controvento dal punto O
60	dv5	18,00	distanza orizzontale controvento dal punto O
61	Ko1(KN/m)	62693,78	rigidezza traslante contr.orizz.1
62	Ko2	62693,78	rigidezza traslante contr.orizz.2
63	Ko3	25077,51	rigidezza traslante contr.orizz.3
64	Ko4	25077,51	rigidezza traslante contr.orizz.4
65	do2	5,00	distanza verticale controvento punto O
66	do3	9,00	distanza verticale controvento punto O
67	do4	14,00	distanza verticale controvento punto O
68			

In seguito trovo il centro di massa come sommatoria delle distanze dei singoli centri di massa rispetto agli assi x o y, moltiplicate per le rispettive aree e dividendo il totale per l'area complessiva.

$$Gmx = \sum xG \cdot Ai / Atot$$

$$Gmy = \sum yG \cdot Ai / Atot$$

70	Step 3: calcolo del centro di massa		
71			
72			
73	area_1 (mq)	90,00	misura dell'area superficie 1 area 1 (misura)
74	x_G1 (m)	9,00	coordinata X centro area 1
75	y_G1	2,50	coordinata Y centro area 1
76	area_2	36,00	misura dell'area superficie 2
77	x_G2	4,50	coordinata X centro area 2
78	y_G2	2,00	coordinata Y centro area 2
79	Area tot (mq)	126,00	Area totale impalcato
80	X_G	7,71	coordinata X centro d'area impalcato (centro massa)
81	Y_G	2,36	coordinata Y centro d'area impalcato (centro massa)
82			

Calcolo ora le coordinate del centro di rigidezza, e le distanze di ogni singolo controvento da queste. Per trovare le coordinate calcolo la sommatoria del prodotto tra le rigidezze di ogni controvento per le rispettive distanze (verticali o orizzontali) e il totale diviso la rigidezza verticale o orizzontale totale.

$$G_{rx} = \sum K_{vi} \cdot d_{vi} / K_{vtot}$$

$$G_{ry} = \sum K_{oi} \cdot d_{oi} / K_{otot}$$

Trovo così la rigidezza torsionale totale della struttura.

$$K_{\gamma} = \sum K_i \cdot d_i^2$$

Step 4: calcolo del centro di rigidezze e delle rigidezze globali			
87	Ko_tot	175542,58	rigidezza totale orizzontale
88	Kv_tot	175542,58	rigidezza totale verticale
89	X_C (m)	6,71	coordinata X centro rigidezze
90	Y_C	5,07	coordinata Y centro rigidezze
91	dd_v1	-6,71	distanze controvento dal centro rigidezze
92	dd_v2	-2,71	distanze controvento dal centro rigidezze
93	dd_v3	1,29	distanze controvento dal centro rigidezze
94	dd_v4	6,29	distanze controvento dal centro rigidezze
95	dd_v5	11,29	distanze controvento dal centro rigidezze
96	dd_o1	-5,07	distanze controvento dal centro rigidezze
97	dd_o2	-0,07	distanze controvento dal centro rigidezze
98	dd_o3	3,93	distanze controvento dal centro rigidezze
99	dd_o4	8,93	distanze controvento dal centro rigidezze
100	K _γ (kN*m)	10855878,95	rigidezza torsionale totale

Adesso passo a definire i carichi strutturali, permanenti ed accidentali che agiscono sul solaio. Dalla somma dei carichi strutturali, permanenti e accidentali della struttura (**qs, qp e qa**), calcolo i carichi sismici che verranno ripartiti lungo gli assi X e Y per ogni controvento.

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)	630,00	carico totale permanente
Q (KN)	630,00	carico totale accidentale
γ	0,80	coefficiente di contemporaneità
W (KN)	1134,00	Pesi sismici
c	0,10	coefficiente di intensità sismica
F (KN)	113,40	Forza sismica orizzontale

Step 6: ripartizione forza sismica lungo X

M (KN*m)	307,64	momento torcente (positivo se antiorario)
u_o (m)	0,001	traslazione orizzontale
φ	0,00003	rotazione impalcato (positiva se antioraria)
Fv1 (KN)	-9,54	Forza sul controvento verticale 1
Fv2	-3,85	Forza sul controvento verticale 2
Fv3	0,92	Forza sul controvento verticale 3
Fv4	4,47	Forza sul controvento verticale 4
Fv5	8,02	Forza sul controvento verticale 5
Fo1	31,49	Forza sul controvento orizzontale 1
Fo2	40,38	Forza sul controvento orizzontale 2
Fo3	18,99	Forza sul controvento orizzontale 3
Fo4	22,55	Forza sul controvento orizzontale 4
	113,40	
		40,50
		40,50
		16,20
		16,20
		113,40

Step 7: ripartizione forza sismica lungo Y

M (KN*M)	113,89	momento torcente
v_o (KN)	0,001	traslazione verticale
φ	0,00001	rotazione impalcato
Fv1 (KN)	28,87	Forza sul controvento verticale 1
Fv2	30,97	Forza sul controvento verticale 2
Fv3	16,54	Forza sul controvento verticale 3
Fv4	17,85	Forza sul controvento verticale 4
Fv5	19,17	Forza sul controvento verticale 5
Fo1	-3,33	Forza sul controvento orizzontale 1
Fo2	-0,05	Forza sul controvento orizzontale 2
Fo3	1,03	Forza sul controvento orizzontale 3
Fo4	2,35	Forza sul controvento orizzontale 4
	113,41	
		32,40
		32,40
		16,20
		16,20
		16,20
		113,40