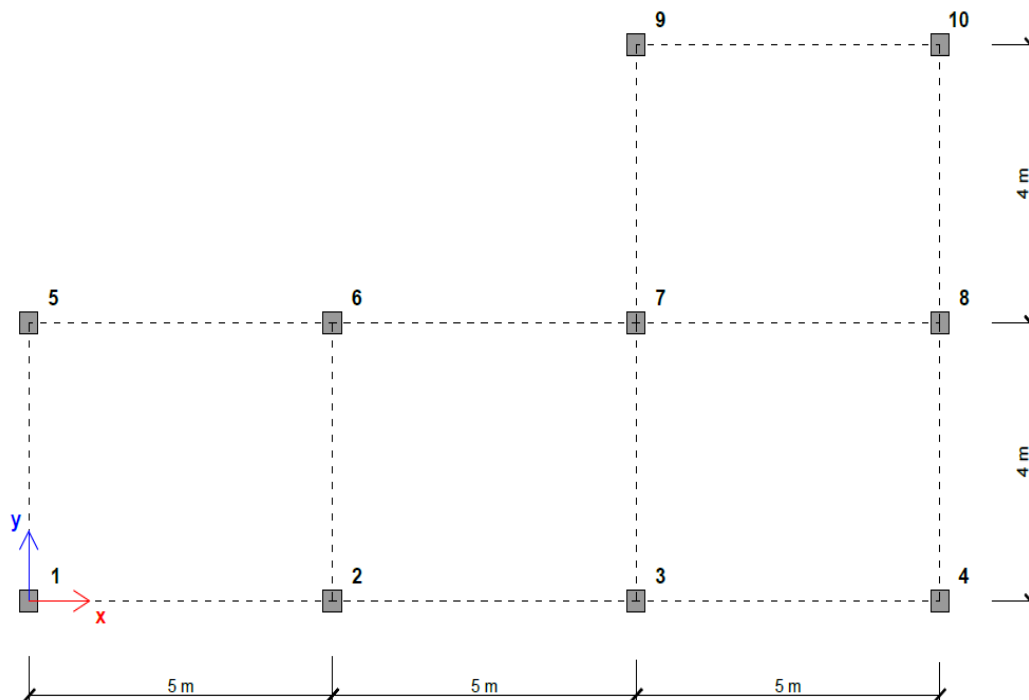


Esercitazione 2 | Centro delle rigidzze e ripartizione delle forze sismiche

Passo 1

Scelta la seguente struttura in calcestruzzo armato con pilastri da 30x30 cm e altezza H di 320 cm, si è calcolato il mo-



mento di inerzia I della sezione del ritto attraverso la seguente formula:

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

essendo simmetrica risulta avere lo stesso valore di 67.500 cm⁴ in entrambe le direzioni x e y.

Si è compilata la tabella per calcolare le rigidzze totali K di ogni telaio, sia verticale che orizzontale, attraverso la seguente formula:

$$K = \frac{12E}{h^3} \sum_i I_i$$

Passo 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)	3,20	altezza dei pilastri		H	3,20	altezza dei pilastri
I ₁ (cm ⁴)	67500,00	momento d'inerzia pilastro 1		I ₁	67500,00	momento d'inerzia pilastro 1
I ₂	67500,00	momento d'inerzia pilastro 2		I ₂	67500,00	momento d'inerzia pilastro 2
I ₃	0,00	momento d'inerzia pilastro 3		I ₃	67500,00	momento d'inerzia pilastro 3
I ₄	0,00	momento d'inerzia pilastro 4		I ₄	67500,00	momento d'inerzia pilastro 4
K _T (KN/m)	10382,08	rigidzza traslante telaio 1		K _T	20764,16	rigidzza 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	3,20	altezza dei pilastri		H	3,20	altezza dei pilastri
I ₁	67500,00	momento d'inerzia pilastro 1		I ₁	67500,00	momento d'inerzia pilastro 1
I ₂	67500,00	momento d'inerzia pilastro 2		I ₂	67500,00	momento d'inerzia pilastro 2
I ₃	0,00	momento d'inerzia pilastro 3		I ₃	67500,00	momento d'inerzia pilastro 3
I ₄	0,00	momento d'inerzia pilastro 4		I ₄	67500,00	momento d'inerzia pilastro 4
K _T	10382,08	rigidzza traslante telaio 2		K _T	20764,16	rigidzza 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	3,20	altezza dei pilastri		H	3,20	altezza dei pilastri
I ₁	67500,00	momento d'inerzia pilastro 1		I ₁	67500,00	momento d'inerzia pilastro 1
I ₂	67500,00	momento d'inerzia pilastro 2		I ₂	67500,00	momento d'inerzia pilastro 2
I ₃	67500,00	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	15573,12	rigidzza traslante telaio 3		K _T	10382,08	rigidzza traslante telaio 7
Telaio 4v	4-8-10	pilastri che individuano il telaio				
E	21000,00	modulo di Young				
H	3,20	altezza dei pilastri				
I ₁	67500,00	momento d'inerzia pilastro 1				
I ₂	67500,00	momento d'inerzia pilastro 2				
I ₃	67500,00	momento d'inerzia pilastro 3				
I ₄	0,00	momento d'inerzia pilastro 4				
K _T	15573,12	rigidzza traslante telaio 4				

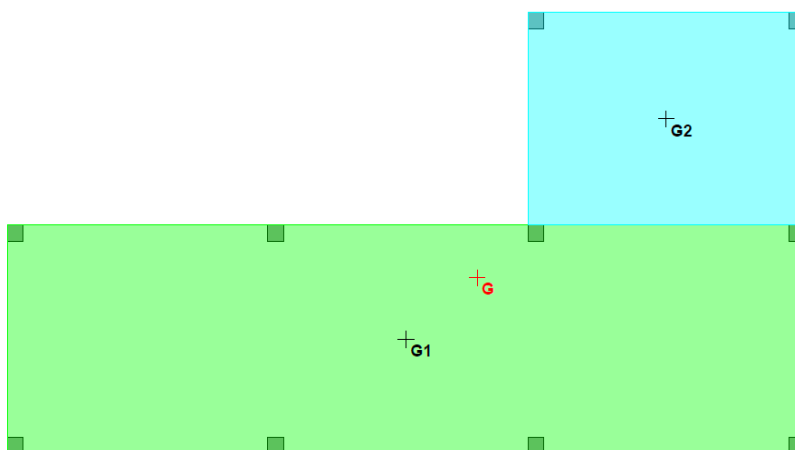
Passo 2

Si è compilata la tabella riassuntiva delle rigidzze di tutti i telai e la distanza che ognuno ha dall'origine degli assi x e y.

Passo 2: tabella sinottica controventi e distanze		
Kv1(KN/m)	10382,08	rigidezza traslante contr.vert.1
Kv2	10382,08	rigidezza traslante contr.vert.2
Kv3	15573,12	rigidezza traslante contr.vert.3
Kv4	15573,12	rigidezza traslante contr.vert.4
dv2 (m)	5,00	distanza orizzontale controvento dal punto O
dv3	10,00	distanza orizzontale controvento dal punto O
dv4	15,00	distanza orizzontale controvento dal punto O
Ko1(KN/m)	20764,16	rigidezza traslante contr.orizz.1
Ko2	20764,16	rigidezza traslante contr.orizz.2
Ko3	10382,08	rigidezza traslante contr.orizz.3
do2	4,00	distanza verticale controvento punto O
do3	8,00	distanza verticale controvento punto O

Passo 3

Si è suddivisa la superficie del solaio della struttura in due aree distinte, Area 1 e Area 2, e si sono trovate le coordinate dei relativi baricentri G1 e G2 rispetto all'origine.



Completando la tabella si sono potute calcolare le coordinate del centro di massa G dell'intera struttura con le seguenti formule:

$$x_G = \frac{A_1 x_1 + A_2 x_2}{A_{tot}} \quad y_G = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2}{A_{tot}}$$

Passo 3: calcolo del centro di massa		
area_1 (mq)	65,79	misura dell'area superficie 1
x_G1 (m)	7,65	coordinata X centro area 1
y_G1	2,15	coordinata Y centro area 1
area_2	21,20	misura dell'area superficie 2
x_G2	12,65	coordinata X centro area 2
y_G2	6,30	coordinata Y centro area 2
Area tot (mq)	86,99	Area totale impalcato
X_G	8,87	coordinata X centro d'area impalcato (centro massa)
Y_G	3,16	coordinata Y centro d'area impalcato (centro massa)

Passo 4

Avendo definito prima la somma delle rigidzze dei controventi verticali ed orizzontali, si sono calcolate poi le coordinate del centro delle rigidzze con le seguenti formule:

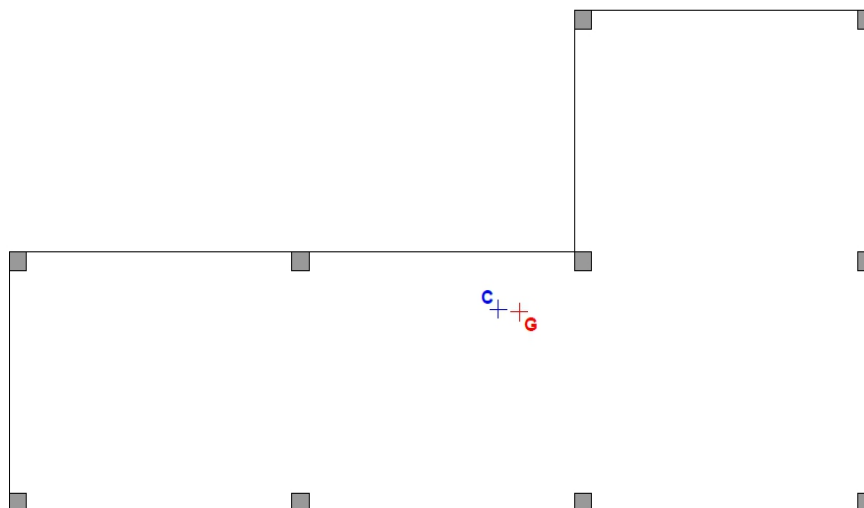
$$x_C = \frac{\sum_{i=1}^n k_{vi} \cdot d_{vi}}{k_{v \text{ tot}}} \quad y_C = \frac{\sum_{i=1}^n k_{oi} \cdot d_{oi}}{k_{o \text{ tot}}}$$

Passo 4: calcolo del centro di rigidezze e delle rigidezze globali		
K_{o_tot}	51910,40	rigidezze totale orizzontale
K_{v_tot}	51910,40	rigidezze totale verticale
X_C (m)	8,50	coordinata X centro rigidezze
Y_C	3,20	coordinata Y centro rigidezze
dd_v1	-8,50	distanze controvento dal centro rigidezze
dd_v2	-3,50	distanze controvento dal centro rigidezze
dd_v3	1,50	distanze controvento dal centro rigidezze
dd_v4	6,50	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)	2035406,80	rigidezze torsionale totale

Nella seconda parte della tabella si è calcolata la rigidezze torsionale della struttura attraverso la formula:

$$K_{\phi} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{K_{\phi i}} + \sum_{j=1}^m \frac{1}{K_{\phi j}} + \sum_{k=1}^p \frac{1}{K_{\phi k}} + \sum_{l=1}^q \frac{1}{K_{\phi l}} + \sum_{r=1}^s \frac{1}{K_{\phi r}} + \sum_{t=1}^u \frac{1}{K_{\phi t}} + \sum_{v=1}^w \frac{1}{K_{\phi v}} + \sum_{x=1}^z \frac{1}{K_{\phi x}}}$$

Trovati il centro di massa e il centro delle rigidezze, si nota che sono molto vicini e che quindi non ci dovrebbero essere rotazioni e traslazioni significative subendo l'azione di una forza esterna orizzontale.



Passo 5

Si passa ora alla verifica di quanto asserito precedentemente. Si calcola la forza orizzontale F data dai carichi strutturali, permanenti ed accidentali in condizioni sismiche secondo la normativa vigente.

Passo 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)	434,95	carico totale permanente
Q (KN)	434,95	carico totale accidentale
ψ	0,80	coefficiente di contemporaneità
W (KN)	782,91	Pesi sismici
c	0,10	coefficiente di intensità sismica
F (KN)	78,29	Forza sismica orizzontale

Passo 6 e 7

Si calcolano i momenti torcenti e gli spostamenti lungo i due assi, x e y, prodotti dalla forza sismica applicata al centro di

massa per verificare la loro entità.

Passo 6: ripartizione forza sismica lungo X		
M (KN*m)	3,02	momento torcente (positivo se antiorario)
u_o (m)	0,002	traslazione orizzontale
φ	0,00000	rotazione impalcato (positiva se antioraria)
Fv1 (KN)	-0,13	Forza sul controvento verticale 1
Fv2	-0,05	Forza sul controvento verticale 2
Fv3	0,03	Forza sul controvento verticale 3
Fv4	0,15	Forza sul controvento verticale 4
Fo1	31,22	Forza sul controvento orizzontale 1
Fo2	31,34	Forza sul controvento orizzontale 2
Fo3	15,73	Forza sul controvento orizzontale 3
	78,29	
		31,32
		31,32
		15,66
		78,29

Passo 7: ripartizione forza sismica lungo Y		
M (KN*M)	28,85	momento torcente
v_o (KN)	0,002	traslazione verticale
φ	0,00001	rotazione impalcato
Fv1 (KN)	14,41	Forza sul controvento verticale 1
Fv2	15,14	Forza sul controvento verticale 2
Fv3	23,82	Forza sul controvento verticale 3
Fv4	24,92	Forza sul controvento verticale 4
Fo1	-0,94	Forza sul controvento orizzontale 1
Fo2	0,24	Forza sul controvento orizzontale 2
Fo3	0,71	Forza sul controvento orizzontale 3
	78,29	
		15,66
		15,66
		23,49
		23,49
		78,29

Da come si evince dalle tabelle, le rotazioni e gli spostamenti sono molto piccoli ed essenzialmente trascurabili come si era ipotizzato precedentemente.