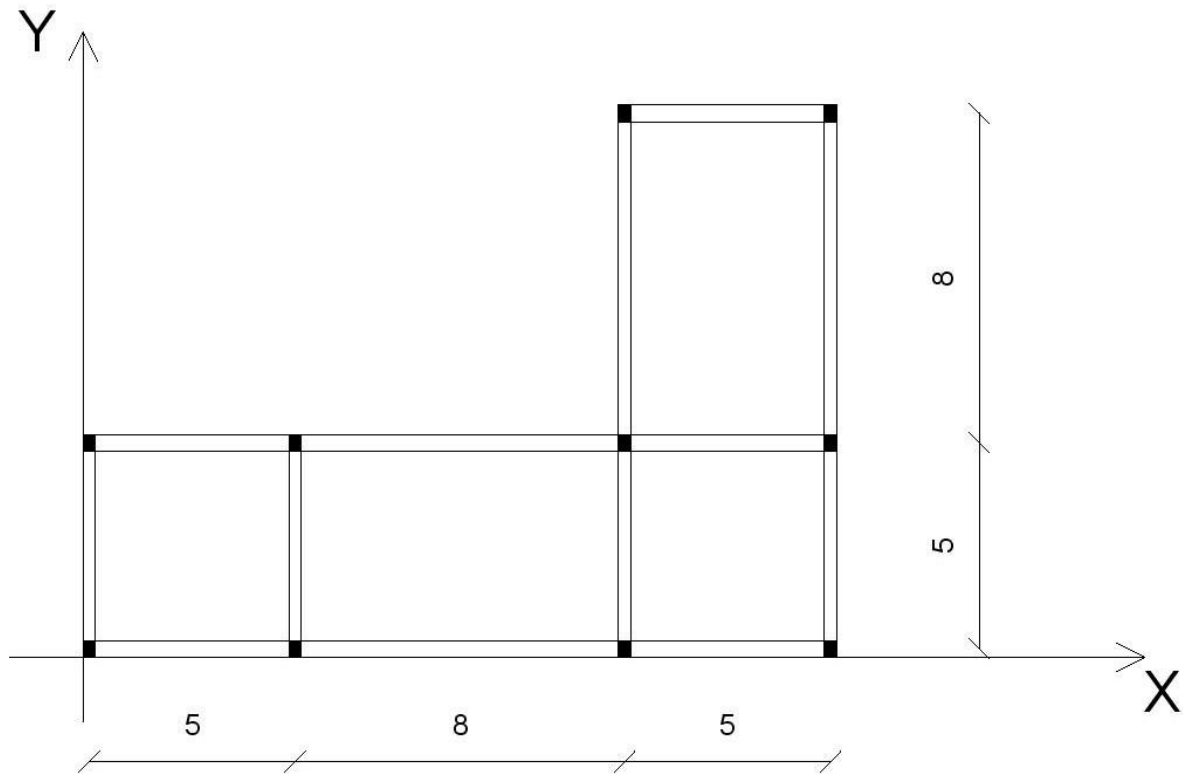


Esercitazione 2- Centro delle rigidezze e ripartizione delle forze sismiche

L'obiettivo di questa esercitazione è quello di calcolare come viene ripartita una forza orizzontale sui diversi telai che compongono una struttura, applicando il metodo delle rigidezze.

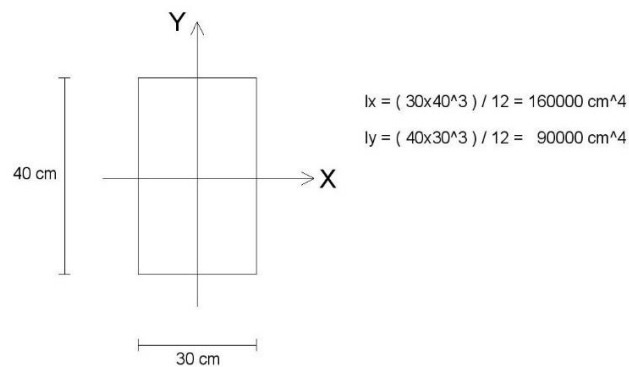
Si considera un edificio ad L in cemento armato ad un solo piano, con telai di tipo Shear-Type.



L'impalcato è composto da 7 telai piani:

- Telaio 1v – pilastri 1,5
- Telaio 2v – pilastri 2,6
- Telaio 3v – pilastri 3,7,9
- Telaio 4v – pilastri 4,8,10
- Telaio 1o – pilastri 1,2,3,4
- Telaio 2o – pilastri 5,6,7,8
- Telaio 3o – pilastri 9,10

I pilastri hanno un'altezza di $h=3,40$ m, e sezione rettangolare di 40×30 cm:



Step1 : Inserendo i dati nel foglio di calcolo Excel otteniamo il valore delle rigidezze traslante associata a tutti i controventi:

Telaio 1v	1-5	pilastri che individuano il telaio
E (N/mm ²)	25000.00	modulo di Young
H (m)	3.40	altezza dei pilastri
I ₁ (cm ⁴)	90000.00	momento d'inerzia pilastro 1
I ₂	90000.00	momento d'inerzia pilastro 2
I ₃	0.00	momento d'inerzia pilastro 3
I ₄	0.00	momento d'inerzia pilastro 4
K_T (KN/m)	13739.06	rigidezza traslante telaio 1

Telaio 2v	2-6	pilastri che individuano il telaio
E	25000.00	modulo di Young
H	3.40	altezza dei pilastri
I ₁	90000.00	momento d'inerzia pilastro 1
I ₂	90000.00	momento d'inerzia pilastro 2
I ₃	0.00	momento d'inerzia pilastro 3
I ₄	0.00	momento d'inerzia pilastro 4
K_T	13739.06	rigidezza traslante telaio 2

Telaio 3v	3-7-9	pilastri che individuano il telaio
E	25000.00	modulo di Young
H	3.40	altezza dei pilastri
I ₁	90000.00	momento d'inerzia pilastro 1
I ₂	90000.00	momento d'inerzia pilastro 2
I ₃	90000.00	momento d'inerzia pilastro 3
I ₄	0.00	momento d'inerzia pilastro 4
K_T	20608.59	rigidezza traslante telaio 3

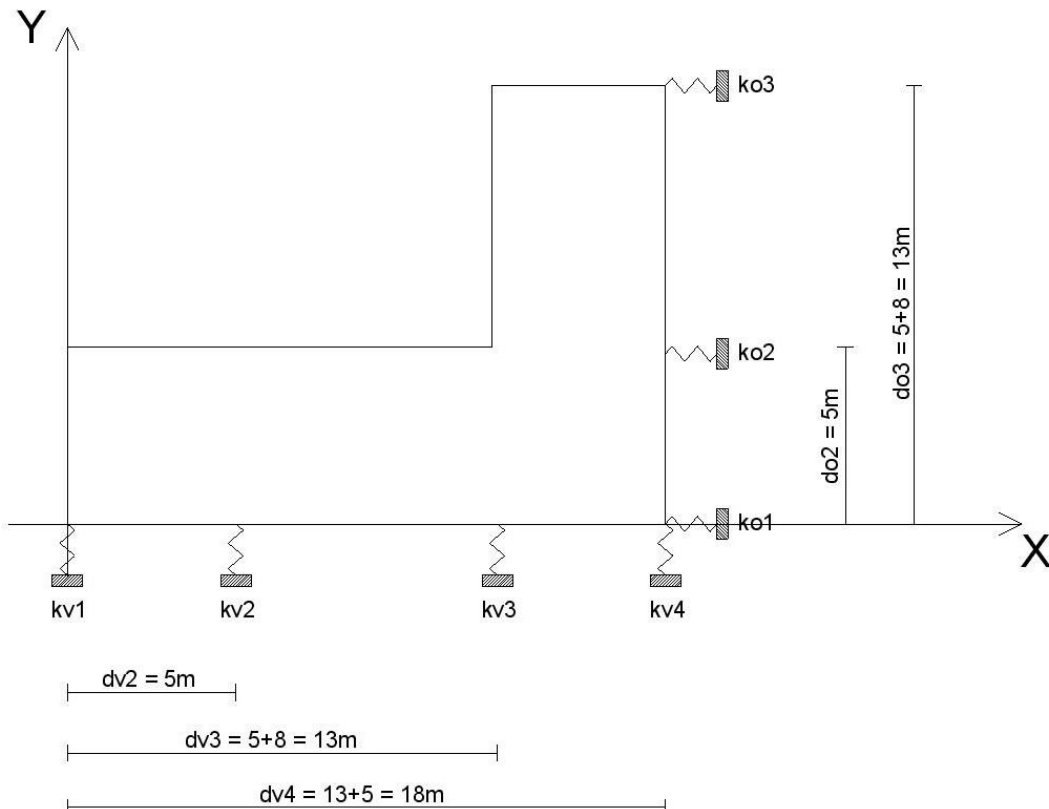
Telaio 4v	4-8-10	pilastri che individuano il telaio
E	25000.00	modulo di Young
H	3.40	altezza dei pilastri
I ₁	90000.00	momento d'inerzia pilastro 1
I ₂	90000.00	momento d'inerzia pilastro 2
I ₃	90000.00	momento d'inerzia pilastro 3
I ₄	0.00	momento d'inerzia pilastro 4
K_T	20608.59	rigidezza traslante telaio 4

Telaio 1o	1-2-3-4	pilastri che individuano il telaio
E	25000.00	modulo di Young
H	3.40	altezza dei pilastri
I ₁	160000.00	momento d'inerzia pilastro 1
I ₂	160000.00	momento d'inerzia pilastro 2
I ₃	160000.00	momento d'inerzia pilastro 3
I ₄	160000.00	momento d'inerzia pilastro 4
K_T	48849.99	rigidezza traslante telaio 5

Telaio 2o	5-6-7-8	pilastri che individuano il telaio
E	25000.00	modulo di Young
H	3.40	altezza dei pilastri
I ₁	160000.00	momento d'inerzia pilastro 1
I ₂	160000.00	momento d'inerzia pilastro 2
I ₃	160000.00	momento d'inerzia pilastro 3
I ₄	160000.00	momento d'inerzia pilastro 4
K_T	48849.99	rigidezza traslante telaio 6

Telaio 3o	9-10	pilastri che individuano il telaio
E	25000.00	modulo di Young
H	3.40	altezza dei pilastri
I ₁	160000.00	momento d'inerzia pilastro 1
I ₂	16000.00	momento d'inerzia pilastro 2
I ₃	0.00	momento d'inerzia pilastro 3
I ₄	0.00	momento d'inerzia pilastro 4
K_T	13433.75	rigidezza traslante telaio 7

I controvent, che per il solaio rappresentano vincoli cedevoli elasticamente, possono essere schematizzati nel piano dell'impalcato come molle:

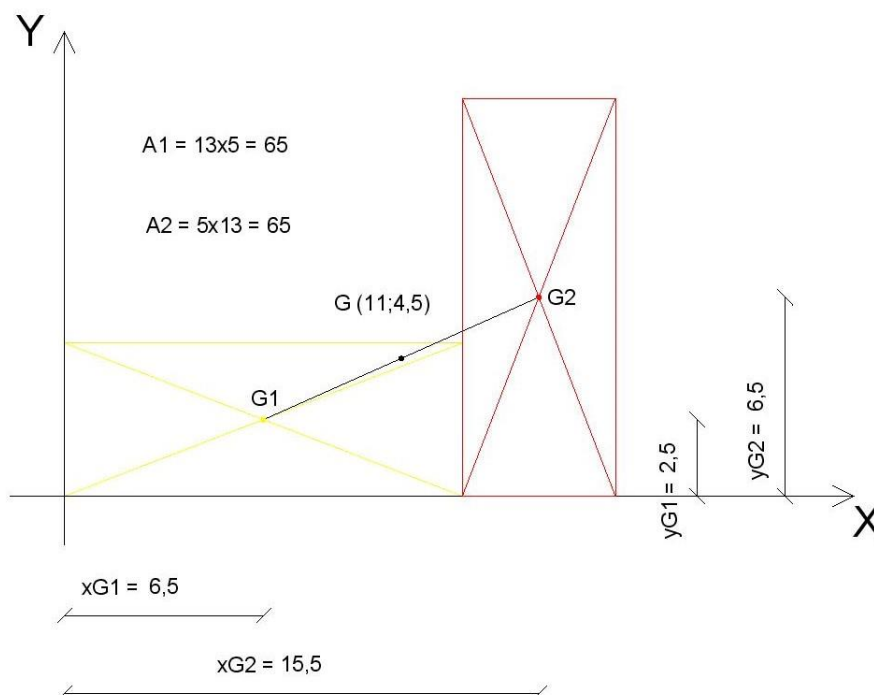


Step 2 : tabella riassuntiva, in cui vengono riportare le rigidezze di tutti i controventi, orizzontali e verticali, calcolate nel primo step. Vengono riportate anche le distanze dei diversi controventi dal punto Origine del sistema di riferimento:

Kv1(KN/m)	13739.06	rigidezza traslante contr.vert.1
Kv2	13739.06	rigidezza traslante contr.vert.2
Kv3	20608.59	rigidezza traslante contr.vert.3
Kv4	20608.59	rigidezza traslante contr.vert.4
dv2 (m)	5.00	distanza orizzontale controvento dal punto O
dv3	13.00	distanza orizzontale controvento dal punto O
dv4	18.00	distanza orizzontale controvento dal punto O
Ko1(KN/m)	48849.99	rigidezza traslante contr.orizz.1
Ko2	48849.99	rigidezza traslante contr.orizz.2
Ko3	13433.75	rigidezza traslante contr.orizz.3
do2	5.00	distanza verticale controvento punto O
do3	13.00	distanza verticale controvento punto O

Step 3 : Calcolo delle coordinate del centro di massa dell'impalcato :

area_1 (mq)	65.00	misura dell'area superficie 1area 1 (misura)
x_G1 (m)	6.50	coordinata X centro area 1
y_G1	2.50	coordinata Y centro area 1
area_2	65.00	misura dell'area superficie 2
x_G2	15.50	coordinata X centro area 2
y_G2	6.50	coordinata Y centro area 2
Area tot (mq)	130.00	Area totale impalcato
X_G	11.00	coordinata X centro d'area impalcato (centro massa)
Y_G	4.50	coordinata Y centro d'area impalcato (centro massa)

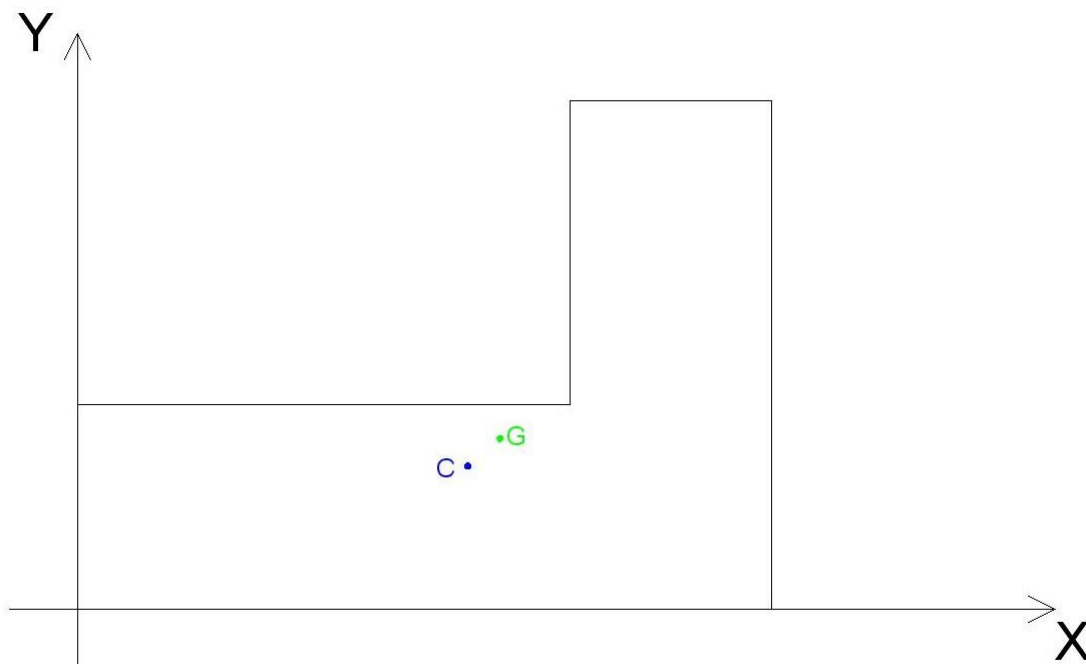


Step 4 : Calcolo della rigidezza totale orizzontale, somma delle rigidezze dei singoli controventi orizzontali, la rigidezza totale verticale, somma delle rigidezze dei singoli controventi verticali, le coordinate del centro delle rigidezze dell'impalcato e la rigidezza torsionale totale:

Ko_tot	111133.73	rigidezza totale orizzontale
Kv_tot	68695.30	rigidezza totale verticale
X_C (m)	10.30	coordinata X centro rigidezze
Y_C	3.77	coordinata Y centro rigidezze

dd_v1	-10.30	distanze controvento dal centro rigidezze
dd_v2	-5.30	distanze controvento dal centro rigidezze
dd_v3	2.70	distanze controvento dal centro rigidezze
dd_v4	7.70	distanze controvento dal centro rigidezze
dd_o1	-3.77	distanze controvento dal centro rigidezze
dd_o2	1.23	distanze controvento dal centro rigidezze
dd_o3	9.23	distanze controvento dal centro rigidezze
K_φ (KN*m)	5128291.89	rigidezza torsionale totale

Possiamo posizionare il centro di massa ed il centro delle rigidezze all'interno del sistema di riferimento in cui abbiamo disegnato l'impalcato:



L'obiettivo progettuale è che l'impalcato sia soggetto a sola traslazione e quindi che il centro di massa e il centro delle rigidezze siano il più vicino possibile tra loro. In caso fossero troppo distanti fra loro le forze orizzontali (come quelle sismiche o l'azione del vento) ipotizzate agenti in G (centro di massa) provocherebbero una rotazione dell'impalcato.

Step 5 : Analisi dei carichi sismici per ricavare la forza sismica che agisce nel centro di massa:

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)	650.00	carico totale permanente
Q (KN)	650.00	carico totale accidentale
y	0.80	coefficiente di contemporaneità
W (KN)	1170.00	Pesi sismici
c	0.10	coefficiente di intensità sismica
F (KN)	117.00	Forza sismica orizzontale

Step 6 e 7 : Determiniamo la ripartizione della forza sismica sui controventi e gli effetti cinematici sull'impalcato, in termini di traslazione e di rotazione rigida.

Step 6: ripartizione forza sismica lungo X

M (KN*m)	-85.50	momento torcente (positivo se antiorario)
u _o (m)	0.001	traslazione orizzontale
φ	-0.00002	rotazione impalcato (positiva se antioraria)
Fv1 (KN)	2.36	Forza sul controvento verticale 1
Fv2	1.21	Forza sul controvento verticale 2
Fv3	-0.93	Forza sul controvento verticale 3
Fv4	-2.65	Forza sul controvento verticale 4
Fo1	54.50	Forza sul controvento orizzontale 1
Fo2	50.43	Forza sul controvento orizzontale 2
Fo3	12.08	Forza sul controvento orizzontale 3

117.00

51.43
51.43
14.14

117.00

Step 7: ripartizione forza sismica lungo Y

M (KN*M)	81.90	momento torcente
v _o (KN)	0.002	traslazione verticale
φ	0.00002	rotazione impalcato
Fv1 (KN)	21.14	Forza sul controvento verticale 1
Fv2	22.24	Forza sul controvento verticale 2
Fv3	35.99	Forza sul controvento verticale 3
Fv4	37.63	Forza sul controvento verticale 4
Fo1	-2.94	Forza sul controvento orizzontale 1
Fo2	0.96	Forza sul controvento orizzontale 2
Fo3	1.98	Forza sul controvento orizzontale 3

117.00

23.40
23.40
35.10
35.10

117.00