

**PARTE 1: TELAIO SHEAR-TYPE:** si applica il metodo delle rigidezze per calcolare la ripartizione di una forza orizzontale sui diversi telai di tipo shear-type che compongono la struttura, ipotizzando che essi poggino su pilastri rettangolari in calcestruzzo di base 40x60 cm per un  $E=21.000\text{N/mm}^2$ .

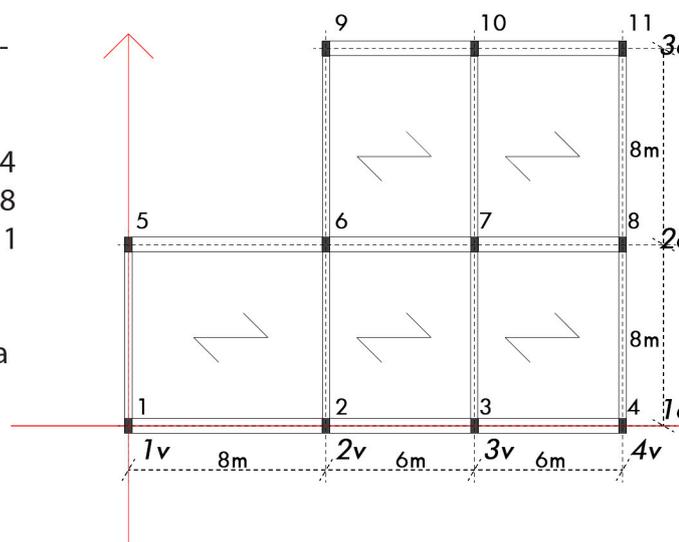
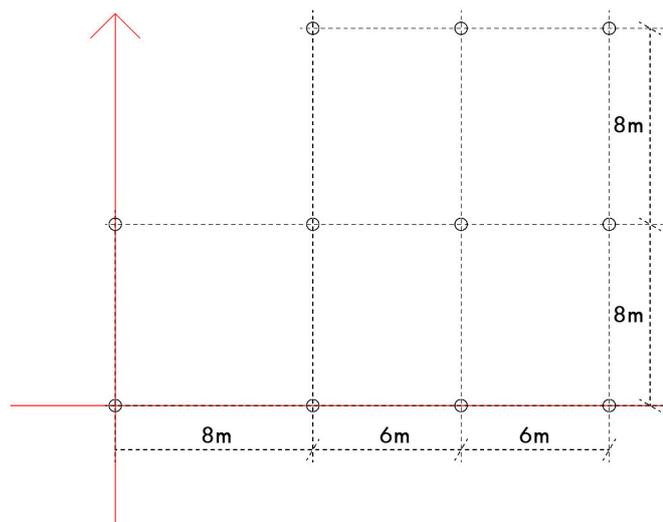
Si sceglie come origine degli assi l'angolo in basso a sinistra della struttura, in modo tale da non avere valori di calcolo negativi.

1) La struttura è costituita da 4 telai in verticale e 3 telai in orizzontale, costituita dai seguenti pilastri:

- Telaio 1v: pilastri 1, 5
- Telaio 2v: pilastri 2, 6, 9
- Telaio 3v: pilastri 3, 7, 10
- Telaio 4v: pilastri 4, 8, 11
- Telaio 1o: pilastri 1, 2, 3, 4
- Telaio 2o: pilastri 5, 6, 7, 8
- Telaio 3o: pilastri 9, 10, 11

Avendo modellato la struttura attraverso telai shear-type, la rigidezza associata ad ogni telaio è calcolabile come

$$k = \frac{12E}{h^3} \sum_{i=1}^n I_i$$



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

Telaio 1v	1-5	pilastri che individuano il telaio
E (N/mm <sup>2</sup> )	21000,00	modulo di Young
H (m)	4,00	altezza dei pilastri
I <sub>1</sub> (cm <sup>4</sup> )	720000,00	momento d'inerzia pilastro 1
I <sub>2</sub>	720000,00	momento d'inerzia pilastro 2
I <sub>3</sub>	0,00	momento d'inerzia pilastro 3
I <sub>4</sub>	0,00	momento d'inerzia pilastro 4
<b>K<sub>T</sub> (KN/m)</b>	<b>56700,00</b>	<b>rigidezza traslante telaio 1</b>

Telaio 2v	2-6-9	pilastri che individuano il telaio
E	21000,00	modulo di Young
H	4,00	altezza dei pilastri
I <sub>1</sub>	720000,00	momento d'inerzia pilastro 1
I <sub>2</sub>	720000,00	momento d'inerzia pilastro 2
I <sub>3</sub>	720000,00	momento d'inerzia pilastro 3
I <sub>4</sub>	0,00	momento d'inerzia pilastro 4
<b>K<sub>T</sub></b>	<b>85050,00</b>	<b>rigidezza traslante telaio 2</b>

Telaio 3v	3-7-10	pilastri che individuano il telaio
E	21000,00	modulo di Young
H	4,00	altezza dei pilastri
I <sub>1</sub>	720000,00	momento d'inerzia pilastro 1
I <sub>2</sub>	720000,00	momento d'inerzia pilastro 2
I <sub>3</sub>	720000,00	momento d'inerzia pilastro 3
I <sub>4</sub>	0,00	momento d'inerzia pilastro 4
<b>K<sub>T</sub></b>	<b>85050,00</b>	<b>rigidezza traslante telaio 3</b>

Telaio 4v	4-8-11	pilastri che individuano il telaio
E	21000,00	modulo di Young
H	4,00	altezza dei pilastri
I <sub>1</sub>	720000,00	momento d'inerzia pilastro 1
I <sub>2</sub>	720000,00	momento d'inerzia pilastro 2
I <sub>3</sub>	720000,00	momento d'inerzia pilastro 3
I <sub>4</sub>	0,00	momento d'inerzia pilastro 4
<b>K<sub>T</sub></b>	<b>85050,00</b>	<b>rigidezza traslante telaio 4</b>

Telaio 1o	1-2-3-4	pilastri che individuano il telaio
E	21000,00	modulo di Young
H	4,00	altezza dei pilastri
I <sub>1</sub>	320000,00	momento d'inerzia pilastro 1
I <sub>2</sub>	320000,00	momento d'inerzia pilastro 2
I <sub>3</sub>	320000,00	momento d'inerzia pilastro 3
I <sub>4</sub>	320000,00	momento d'inerzia pilastro 4
<b>K<sub>T</sub></b>	<b>50400,00</b>	<b>rigidezza traslante telaio 5</b>

Telaio 2o	5-6-7-8	pilastri che individuano il telaio
E	21000,00	modulo di Young
H	4,00	altezza dei pilastri
I <sub>1</sub>	320000,00	momento d'inerzia pilastro 1
I <sub>2</sub>	320000,00	momento d'inerzia pilastro 2
I <sub>3</sub>	320000,00	momento d'inerzia pilastro 3
I <sub>4</sub>	320000,00	momento d'inerzia pilastro 4
<b>K<sub>T</sub></b>	<b>50400,00</b>	<b>rigidezza traslante telaio 6</b>

Telaio 3o	9-10-11	pilastri che individuano il telaio
E	21000,00	modulo di Young
H	4,00	altezza dei pilastri
I <sub>1</sub>	0,00	momento d'inerzia pilastro 1
I <sub>2</sub>	320000,00	momento d'inerzia pilastro 2
I <sub>3</sub>	320000,00	momento d'inerzia pilastro 3
I <sub>4</sub>	320000,00	momento d'inerzia pilastro 4
<b>K<sub>T</sub></b>	<b>37800,00</b>	<b>rigidezza traslante telaio 7</b>

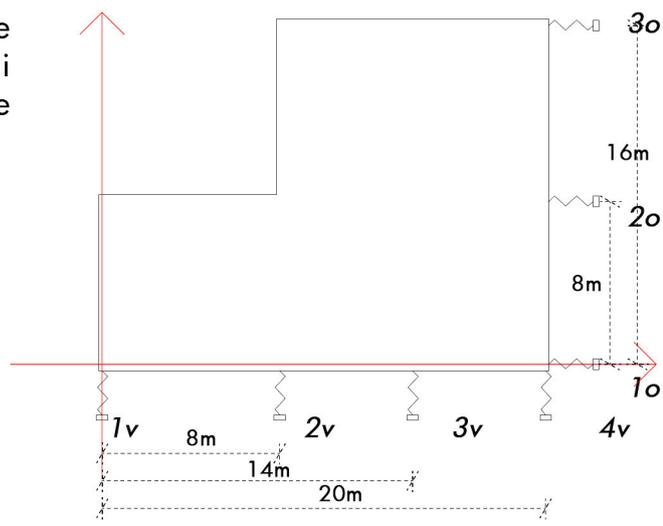
# Esercitazione n°3: Rigidezza e risposta alle forze orizzontali

2) I controventi rappresentati dai telai possono essere schematizzati come molle che reagiscono alle forze orizzontali secondo le rigidezze precedentemente calcolate e disposte secondo coordinate note.

Tali dati permettono di calcolare il centro delle rigidezze come:

$$x_C = \frac{\sum_{i=1}^n k_{vi} \cdot d_{vi}}{k_{v\_tot}}$$

$$y_C = \frac{\sum_{i=1}^n k_{oi} \cdot d_{oi}}{k_{o\_tot}}$$



**Step 2: tabella sinottica controventi e distanze**

Kv1(KN/m)	56700,00	rigidezza traslante contr.vert.1
Kv2	85050,00	rigidezza traslante contr.vert.2
Kv3	85050,00	rigidezza traslante contr.vert.3
Kv4	85050,00	rigidezza traslante contr.vert.4
dv2 (m)	8,00	distanza orizzontale controvento dal punto O
dv3	14,00	distanza orizzontale controvento dal punto O
dv4	20,00	distanza orizzontale controvento dal punto O
Ko1(KN/m)	50400,00	rigidezza traslante contr.orizz.1
Ko2	50400,00	rigidezza traslante contr.orizz.2
Ko3	37800,00	rigidezza traslante contr.orizz.3
do2	8,00	distanza verticale controvento punto O
do3	16,00	distanza verticale controvento punto O

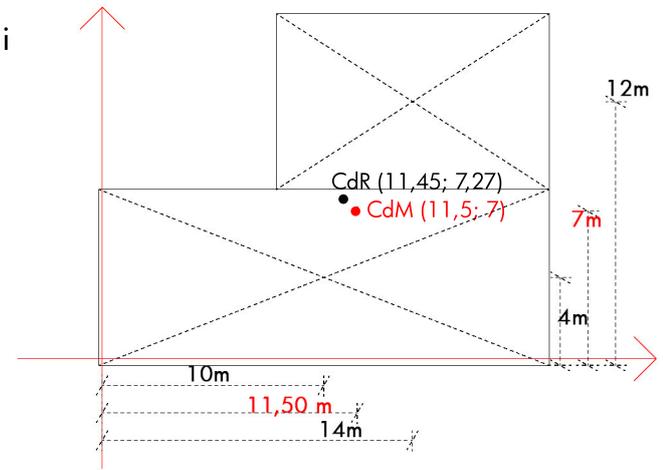
**Step 4: calcolo del centro di rigidezze e delle rigidezze globali**

Ko_tot	138600,00	rigidezza totale orizzontale
Kv_tot	233887,50	rigidezza totale verticale
X_C (m)	11,45	coordinata X centro rigidezze
Y_C	7,27	coordinata Y centro rigidezze
dd_v1	-11,45	distanze controvento dal centro rigidezze
dd_v2	-3,45	distanze controvento dal centro rigidezze
dd_v3	2,55	distanze controvento dal centro rigidezze
dd_v4	8,55	distanze controvento dal centro rigidezze
dd_o1	-7,27	distanze controvento dal centro rigidezze
dd_o2	0,73	distanze controvento dal centro rigidezze
dd_o3	8,73	distanze controvento dal centro rigidezze
K_φ (KN*m)	16983654,55	rigidezza torsionale totale

3) Ipotizzando un impalcato uniforme, definiamo il centro di massa come centro d'area, andando a calcolarlo come:

$$X_c = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot X_{Gi}}{A_{tot}}$$

$$Y_c = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot Y_{Gi}}{A_{tot}}$$



**Step 3: calcolo del centro di massa**

area_1 (mq)	160,00	misura dell'area superficie 1 area 1 (misura)
x_G1 (m)	10,00	coordinata X centro area 1
y_G1	4,00	coordinata Y centro area 1
area_2	96,00	misura dell'area superficie 2
x_G2	14,00	coordinata X centro area 2
y_G2	12,00	coordinata Y centro area 2
Area_tot (mq)	256,00	Area totale impalcato
X_G	11,50	coordinata X centro d'area impalcato (centro massa)
Y_G	7,00	coordinata Y centro d'area impalcato (centro massa)

# Esercitazione n°3: Rigidezza e risposta alle forze orizzontali

4) Ipotizzando un carico permanente strutturale di 4 kN/mq. e sovraccarichi permanenti e accidentali di 3 kN/mq, si calcola la ripartizione delle forze occidentali su ciascun controvento e l'effetto cinematico nelle due direzioni.

## Step 5: analisi dei carichi sismici

q <sub>s</sub> (KN/mq)	3,00	carico permanente di natura strutturale
q <sub>p</sub>	3,00	sovraccarico permanente
q <sub>a</sub>	3,00	sovraccarico accidentale
G (KN)	1536,00	carico totale permanente
Q (KN)	768,00	carico totale accidentale
ψ	0,80	coefficiente di contemporaneità
W (KN)	2150,40	Pesi sismici
c	0,10	coefficiente di intensità sismica
F (KN)	215,04	Forza sismica orizzontale

## Step 6: ripartizione forza sismica lungo X

M (KN*m)	58,65	momento torcente (positivo se antiorario)
u <sub>o</sub> (m)	0,002	traslazione orizzontale
φ	0,00000	rotazione impalcato (positiva se antioraria)
Fv1 (KN)	-1,68	Forza sul controvento verticale 1
Fv2	-0,76	Forza sul controvento verticale 2
Fv3	0,56	Forza sul controvento verticale 3
Fv4	1,88	Forza sul controvento verticale 4
Fo1	76,93	Forza sul controvento orizzontale 1
Fo2	78,32	Forza sul controvento orizzontale 2
Fo3	59,79	Forza sul controvento orizzontale 3

215,04

78,20
78,20
58,65

215,04

## Step 7: ripartizione forza sismica lungo Y

M (KN*M)	9,77	momento torcente
v <sub>o</sub> (KN)	0,001	traslazione verticale
φ	0,00000	rotazione impalcato
Fv1 (KN)	38,82	Forza sul controvento verticale 1
Fv2	58,52	Forza sul controvento verticale 2
Fv3	58,74	Forza sul controvento verticale 3
Fv4	58,96	Forza sul controvento verticale 4
Fo1	-0,21	Forza sul controvento orizzontale 1
Fo2	0,02	Forza sul controvento orizzontale 2
Fo3	0,19	Forza sul controvento orizzontale 3

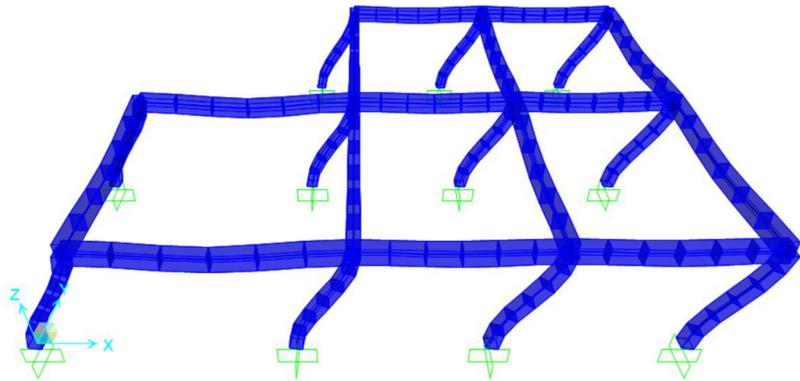
215,04

39,10
58,65
58,65
58,65

215,04

5) Dopo aver modellato la struttura su SAP2000 avendo avuto cura di simulare un comportamento shear-type attraverso la manipolazione dell'inerzia delle travi e l'imposizione di un comportamento unico, si applica la forza orizzontale calcolata al centro di massa per verificare i risultati:

Joint Text	OutputCase	CaseType Text	U1 m	U2 m	U3 m
2	DCON1	Combination	0,002497	-8,5E-05	-5,6
4	DCON1	Combination	0,002497	-2,6E-05	-7,9
10	DCON1	Combination	0,002497	1,8E-05	-7,7
12	DCON1	Combination	0,002497	6,1E-05	-7,1
25	DCON1	Combination	0,002446	-7,346E-07	
26	DCON1	Combination	0,002444	-1,101E-06	
6	DCON1	Combination	0,002439	-8,5E-05	-5,6
8	DCON1	Combination	0,002439	-2,6E-05	-8,7
13	DCON1	Combination	0,002439	6,1E-05	-8,6
16	DCON1	Combination	0,002439	1,8E-05	-9
18	DCON1	Combination	0,00238	-2,6E-05	-5,2
20	DCON1	Combination	0,00238	1,8E-05	-7,1
22	DCON1	Combination	0,00238	6,1E-05	-7,3
2	DEAD	LinStatic	0,001784	-6,1E-05	-4
4	DEAD	LinStatic	0,001784	-1,9E-05	-5,6
10	DEAD	LinStatic	0,001784	1,3E-05	-5,5



Joint Text	OutputCase	CaseType Text	U1 m	U2 m	U3 m	R1 Radi
12	DCON1	Combination	8,02E-06	0,002452	-5,4E-05	-5,1
13	DCON1	Combination	-8,527E-07	0,002452	-7,7E-05	-5,1
22	DCON1	Combination	-9,725E-06	0,002452	-7,7E-05	-5,1
10	DCON1	Combination	8,02E-06	0,002446	-6,6E-05	-5,1
16	DCON1	Combination	-8,527E-07	0,002446	-8,8E-05	-5,1
20	DCON1	Combination	-9,725E-06	0,002446	-8,8E-05	-5,1
25	DCON1	Combination	2,563E-07	0,002443	0	
26	DCON1	Combination	-4,312E-08	0,002443	0	
4	DCON1	Combination	8,02E-06	0,002439	-7,7E-05	-4,1
8	DCON1	Combination	-8,527E-07	0,002439	-9,1E-05	-4,1
18	DCON1	Combination	-9,725E-06	0,002439	-7,1E-05	-4,1
2	DCON1	Combination	8,02E-06	0,00243	-5,3E-05	-8,1
6	DCON1	Combination	-8,527E-07	0,00243	-7,6E-05	-8,1
12	DEAD	LinStatic	5,728E-06	0,001752	-3,8E-05	-3,1
13	DEAD	LinStatic	-6,091E-07	0,001752	-5,5E-05	-3,1

