

Corsi di aggiornamento

Progettazione strutturale e Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni

3. Progetto di edifici antisismici in c.a. con struttura a telaio

09 - Valutazione più precisa delle masse

Spoletto

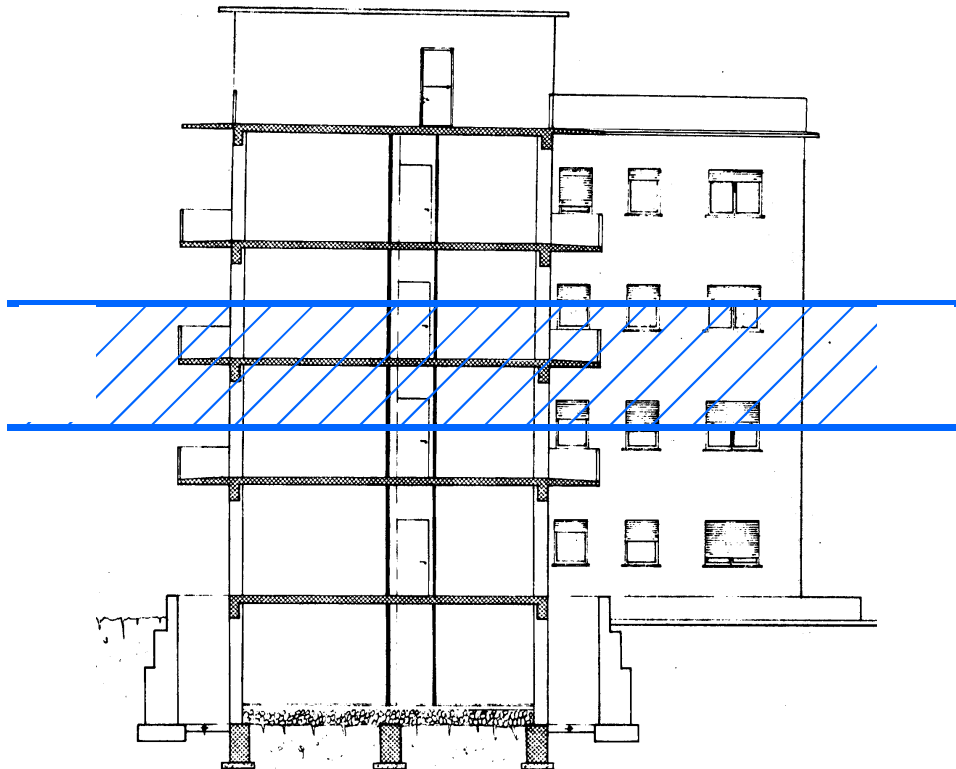
1-2 marzo 2018

Aurelio Ghersi

Determinazione delle masse di piano

Procedimento rigoroso:

- individuare gli elementi presenti ad ogni impalcato



le masse che si sviluppano lungo l'altezza (pilastri, tamponature, tramezzi) devono essere riportate agli impalcati inferiore e superiore

Determinazione delle masse di piano

Procedimento rigoroso:

- individuare gli elementi presenti ad ogni impalcato
- valutare la quantità di ogni elemento (area, lunghezza, numero) e moltiplicarla per i carichi unitari

Determinazione delle masse di piano

Procedimento automatico (programmi di calcolo):

- masse come risultante dei carichi sulle travi

Limiti del procedimento:

- i carichi vengono riportati tutti all'impalcato inferiore
- se cautelativamente si abbonda nei carichi sulle travi, si abbonda anche nelle masse

Determinazione delle masse di piano

Come procedere, quando si usano programmi di calcolo?

- esaminare con attenzione i valori calcolati dal programma
- controllare l'incidenza a metro quadro (massa diviso superficie dell'impalcato)
- nel dubbio, effettuare anche un calcolo a mano

Masse di piano - esempio

Tipo carico	Impalcato tipo	
	Q.ta	Peso (kN)
Solaio del piano tipo	239.2	1100.3
Solaio di copertura		
Solaio torrino scala		
Sbalzo piano tipo		
Sbalzo copertura		
Cornicione		
Scala		
Travi 30 x 60		
Travi 30 x 50		
Travi 60 x 22		
Tamponature		
Tramezzi		
Pilastri 30 x 70 p. t.		
Pilastri 30 x 70 altri piani		
Pilastri 30 x 40 torrino		

Peso a m², in presenza di sisma (escluso incidenza tramezzi)

$$239.2 \times 4.60 = 1100.3 \text{ kN}$$

superficie complessiva del solaio (incluso lo spazio occupato da travi, ecc.) in m²

Masse di piano - esempio

Tipo carico	Impalcato tipo	
	Q.ta	Peso (kN)
Solaio del piano tipo	239.2	1100.3
Solaio di copertura	--	--
Solaio torrino scala	--	--
Sbalzo piano tipo	60.3	398.0
Sbalzo copertura		
Cornicione		
Scala		
Travi 30 x 60		
Travi 30 x 50		
Travi 60 x 22		
Tamponature		
Tramezzi		
Pilastri 30 x 70 p. t.		
Pilastri 30 x 70 altri piani		
Pilastri 30 x 40 torrino		

Peso a m², in presenza di sisma

$$60.3 \times 6.60 = 398.0 \text{ kN}$$

superficie complessiva degli sbalzi, in m²

Masse di piano - esempio

Tipo carico	Impalcato tipo	
	Q.ta	Peso (kN)
Solaio del piano tipo	239.2	1100.3
Solaio di copertura	--	--
Solaio torrino scala	--	--
Sbalzo piano tipo	60.3	398.0
Sbalzo copertura	--	--
Cornicione	--	--
Scala	24.0	177.6
Travi 30 x 60	121.0	508.2
Travi 30 x 50	--	--
Travi 60 x 22	50.0	81.0
Tamponature	77.4	464.4
Tramezzi		
Pilastri 30 x 70 p. t.		
Pilastri 30 x 70 altri piani		
Pilastri 30 x 40 torrino		

Lunghezza totale
delle tamponature
sup. e inf. (in m)
diviso 2

$$\frac{86 + 86}{2} \times 0.9$$

Riduzione
per tener
conto
delle
aperture

Peso a m

$$77.4 \times 6.00 = 464.4 \text{ kN}$$

Masse di piano - esempio

Tipo carico	Impalcato tipo	
	Q.ta	Peso (kN)
Solaio del piano tipo	239.2	1100.3
Solaio di copertura	--	--
Solaio torrino scala	--	--
Sbalzo piano tipo	60.3	398.0
Sbalzo copertura	--	--
Cornicione	--	--
Scala	24.0	177.6
Travi 30 x 60	121.0	508.2
Travi 30 x 50	--	--
Travi 60 x 22	50.0	81.0
Tamponature	77.4	464.4
Tramezzi	62.4	187.2
Pilastri 30 x 70 p. t.		
Pilastri 30 x 70 altri piani		
Pilastri 30 x 40 torrino		

Lunghezza totale
dei tramezzi
sup. e inf. (in m)
diviso 2

con riduzione per
tener conto delle
aperture

Masse di piano - esempio

Tipo carico	Impalcato tipo	
	Q.ta	Peso (kN)
Solaio del piano tipo	239.2	1100.3
Solaio di copertura	--	--
Solaio torrino scala	--	--
Sbalzo piano tipo	60.3	398.0
Sbalzo copertura	--	--
Cornicione	--	--
Scala	24.0	177.6
Travi 30 x 60	121.0	508.2
Travi 30 x 50	--	--
Travi 60 x 22	50.0	81.0
Tamponature	77.4	464.4
Tramezzi	62.4	187.2
Pilastri 30 x 70 p. t.	--	--
Pilastri 30 x 70 altri piani	27.0	368.6
Pilastri 30 x 40 torrino	--	--

Si ottiene
così il peso
totale
dell'impalcato

$$W = 3285.3 \text{ kN}$$

Massa = peso
diviso
accelerazione
di gravità

$$M = \frac{3285.3}{9.81} = 334.89 \text{ t}$$

E così per tutti gli impalcati

	Torrino		V impalcato	
Tipo carico	Q.ta	Peso (kN)	Q.ta	Peso (kN)
Solaio del piano tipo	--	--	--	--
Solaio di copertura	--	--	239.2	1148.2
Solaio torrino scala	36.0	122.4	--	--
Sbalzo piano tipo	--	--	--	--
Sbalzo copertura	--	--	60.3	235.1
Cornicione	12.0	46.8	13.3	51.9
Scala	--	--	19.1	141.3
Travi 30 x 60	--	--	--	--
Travi 30 x 50	24.0	82.8	121.0	417.5
Travi 60 x 22	3.0	4.9	50.0	81.0
Tamponature	13.5	81.0	52.2	313.2
Tramezzi	--	--	31.2	93.6
Pilastri 30 x 70 p. t.	--	--	--	--
Pilastri 30 x 70 altri piani	--	--	13.5	191.4
Pilastri 30 x 50 torrino	3.0	30.4	3.0	30.4

E così per tutti gli impalcati

	Impalcato tipo (IV-II)		I impalcato	
Tipo carico	Q.ta	Peso (kN)	Q.ta	Peso (kN)
Solaio del piano tipo	239.2	1100.3	239.2	1100.3
Solaio di copertura	--	--	--	--
Solaio torrino scala	--	--	--	--
Sbalzo piano tipo	60.3	398.0	--	--
Sbalzo copertura	--	--	--	--
Cornicione	--	--	--	--
Scala	24.0	177.6	24.0	177.6
Travi 30 x 60	121.0	508.2	121.0	508.2
Travi 30 x 50	--	--	--	--
Travi 60 x 22	50.0	81.0	50.0	81.0
Tamponature	77.4	464.4	77.4	464.4
Tramezzi	62.4	187.2	62.4	187.2
Pilastri 30 x 70 p. t.	--	--	13.5	212.6
Pilastri 30 x 70 altri piani	27.0	368.6	13.5	184.3
Pilastri 30 x 40 torrino	--	--	--	--

Masse di piano - esempio

Impalcato	torrino scale			
carico		sviluppo	un.mis.	gk+ ψ 2 qk
Solaio piano tipo	senza tramezzi			
Solaio terrazza				
Solaio torrino		36.0	m2	122.4
Balconi e terrazzini				
Cornicione		12.0	m2	46.8
Scala	in c.a.			
Scala	in acciaio			
Trave 1, 30x60				
Trave 2, 30x50		24.0	m	82.8
Trave a spessore 60x22		3.0	m	4.9
Pilastro 1, 30x70				
Pilastro 2, 30x70				
Pilastro 3, 30x50		3.0	--	30.4
Tramezzi				
Tamponature		13.5	m	81.0
	TOTALE [kN]			368.3
	area totale [m2]	48.0		
	peso/area [kN/m2]	7.67		

Impalcato	copertura (V)			
carico		sviluppo	un.mis.	gk+ ψ 2 qk
Solaio piano tipo	senza tramezzi			
Solaio terrazza		239.2	m2	1148.2
Solaio torrino				
Balconi e terrazzini				
Cornicione		73.6	m2	287.0
Scala	in c.a.	19.1	m2	118.4
Scala	in acciaio			
Trave 1, 30x60				
Trave 2, 30x50		121.0	m	417.5
Trave a spessore 60x22		50.0	m	81.0
Pilastro 1, 30x70		13.5	--	184.3
Pilastro 2, 30x70				
Pilastro 3, 30x50		3.0	--	30.4
Tramezzi		31.2	m	93.6
Tamponature		52.2	m	313.2
	TOTALE [kN]			2673.5
	area totale [m2]	331.9		
	peso/area [kN/m2]	8.06		

Nota: minime differenze a causa del cambio di ψ_0

Masse di piano - esempio

Impalcato	piano tipo (II, III, IV)			
carico		sviluppo	un.mis.	gk+ ψ_2 qk
Solaio piano tipo	senza tramezzi	239.2	m2	1100.3
Solaio terrazza				
Solaio torrino				
Balconi e terrazzini		60.3	m2	325.6
Cornicione				
Scala	in c.a.	24.0	m2	148.8
Scala	in acciaio			
Trave 1, 30x60		121.0	m	508.2
Trave 2, 30x50				
Trave a spessore 60x22		50.0	m	81.0
Pilastro 1, 30x70		27.0	--	368.6
Pilastro 2, 30x70				
Pilastro 3, 30x50				
Tramezzi		62.4	m	187.2
Tamponature		77.4	m	464.4
	TOTALE [kN]			3184.1
	area totale [m2]	323.5		
	peso/area [kN/m2]	9.84		

Impalcato	piano primo (I)			
carico		sviluppo	un.mis.	gk+ ψ_2 qk
Solaio piano tipo	senza tramezzi	239.2	m2	1100.3
Solaio terrazza				
Solaio torrino				
Balconi e terrazzini				
Cornicione				
Scala	in c.a.	24.0	m2	148.8
Scala	in acciaio			
Trave 1, 30x60		121.0	m	508.2
Trave 2, 30x50				
Trave a spessore 60x22		50.0	m	81.0
Pilastro 1, 30x70		13.5	--	184.3
Pilastro 2, 30x70		13.5	--	212.6
Pilastro 3, 30x50				
Tramezzi		62.4	m	187.2
Tamponature		77.4	m	464.4
	TOTALE [kN]			2886.8
	area totale [m2]	263.2		
	peso/area [kN/m2]	10.97		

Nota: minime differenze a causa del cambio di ψ_0

Riepilogo dei valori calcolati

impalcato	peso W kN	massa M t	area m^2	peso medio
Torrino	368.3	37.54	48.0	7.67
V	2703.6	275.60	331.9	8.15
IV, III, II	3285.3	334.89	323.5	10.16
I	2915.6	297.21	263.2	11.08
TOTALE	15843.4			

Confronto con i valori stimati

impalcato	peso W kN	peso medio	peso stimato	peso medio stimato
Torrino + V	3071.9	8.09	3419	9.0
IV, III, II	3285.3	10.16	3235	10.0
I	2915.6	11.08	2632	10.0
TOTALE	15843.4		15756	

differenza di meno del 2% sul totale

Baricentro e raggio d'inerzia delle masse

Procedimento rigoroso:

- individuare gli elementi presenti ad ogni impalcato
- di ciascun elemento, calcolare peso, coordinate del baricentro, momento d'inerzia baricentrico
- calcolare il baricentro complessivo
- calcolare il momento d'inerzia complessivo ($I_x + I_y$) e quindi il raggio d'inerzia r_m

$$r_m = \sqrt{\frac{I}{W}}$$

serve solo per
analisi modale

molto faticoso

Baricentro e raggio d'inerzia delle masse

Procedimento alternativo:

- ipotizzare le masse uniformemente distribuite nell'impalcato (incluso sbalzi)
- determinare il baricentro dell'impalcato
- calcolare il momento d'inerzia dell'impalcato e quindi il raggio d'inerzia

si può fare
anche con Autocad

Ordine di grandezza:

per pianta quadrata $r_m \cong 0.41 L$

per pianta rettangolare rapporto 2:1 $r_m \cong 0.32 L$

per pianta rettangolare molto allungata $r_m \cong 0.29 L$

Baricentro e raggio d'inerzia delle masse

Procedimento automatico (programmi di calcolo):

- masse come risultante dei carichi sulle travi
- il programma calcola il baricentro di ciascuna trave
- il programma calcola quindi il baricentro complessivo e il relativo raggio d'inerzia

Nota: spesso il programma considera le masse concentrate nel baricentro della trave, senza tener conto del loro momento d'inerzia rispetto a tale baricentro

non rigoroso,
ma sostanzialmente accettabile

Nell'esempio

Ipotizzando masse uniformemente distribuite nell'impalcato

impalcato	peso W kN	x m	y m	r_m m
Torrino	368.3	9.75	4.86	3.24
V	2703.6	10.20	5.89	8.51
Torrino + V	3071.9	10.14	5.76	8.05
IV, III, II	3285.3	10.35	5.64	8.38
I	2915.6	9.75	6.33	7.81