

Corso

Progetto di strutture in zona sismica

Catania

ottobre 2017 - gennaio 2018

08 - Analisi preliminari

25 ottobre 2017

Aurelio Ghersi

Carichi verticali
da accoppiare all'azione sismica

Carichi verticali

valori caratteristici e valori di calcolo

La normativa definisce:

- Valori caratteristici
frattile 95% della distribuzione probabilistica
(nel caso dei carichi variabili, frattile 95% dei valori
massimi misurati in un periodo di riferimento V_N)
 g_k - carichi permanenti
 q_k - carichi variabili

Carichi verticali

valori caratteristici e valori di calcolo

La normativa definisce:

- Valori caratteristici
 g_k - carichi permanenti
 q_k - carichi variabili

Per verifiche allo SLU (in assenza di sisma):

- Valori di calcolo
 g_d - carichi permanenti
 q_d - carichi variabili

$$g_d = \gamma_g g_k \quad \gamma_g = 1.3$$
$$q_d = \gamma_q q_k \quad \gamma_q = 1.5$$

Carichi verticali

valori caratteristici e valori di calcolo

La normativa definisce:

- Valori caratteristici
 g_k - carichi permanenti
 q_k - carichi variabili

Per verifiche allo SLE (in assenza di sisma):

- Combinazione frequente
 $g_k + q_k$
- Combinazione rara
 $g_k + \psi_1 q_k$
- Combinazione quasi permanente
 $g_k + \psi_2 q_k$

Carichi verticali

carichi variabili

- Il valore dei carichi variabili è fornito dalla normativa

Tab. 3.1.II - Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale			
	Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	Uffici			
	Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	4,00	4,00	2,00

Carichi verticali

carichi variabili

- Il valore dei carichi variabili è fornito dalla normativa

C	Ambienti suscettibili di affollamento			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atri di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici.	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5. Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie.	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
		≥ 4,00	≥ 4,00	≥ 2,00

Bozza NTC, punto 3.1.4

Carichi verticali

carichi variabili

- Il valore dei carichi variabili è fornito dalla normativa

D	Ambienti ad uso commerciale			
	Cat. D1 Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini	5,00	5,00	2,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita		
H-I-K	Coperture			
	Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D	secondo categorie di appartenenza		
	Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti.	da valutarsi caso per caso		

Carichi verticali in presenza di sisma

Il sisma è un evento eccezionale:

- La probabilità di avere carichi particolarmente elevati contemporaneamente al sisma è molto bassa
- Per questo motivo si fa riferimento ai valori quasi permanenti $g_k + \psi_2 q_k$
- Questi valori sono utilizzati per valutare sia i carichi verticali agenti sulle travi (e la conseguente flessione) che lo sforzo normale nei pilastri
- Questi valori sono utilizzati anche per valutare le masse che vengono eccitate dall'azione sismica

Carichi verticali

NTC: valori di ψ_2

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

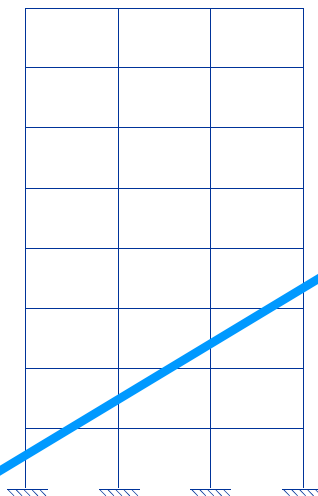
Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Valutazione delle masse per SLU

secondo OPCM 3274 ed Eurocodice 8

$$W = g_k + \varphi \psi_2 q_k$$

φ tiene conto della probabilità di avere i carichi quasi permanenti a tutti i piani



Uso non
correlato

1.0

0.5

...

...

...

...

...

0.5

Piani con uso
correlato

0.8

0.8

0.8

Archivi

1.0

Veniva introdotto un coefficiente φ , concettualmente corretto ma tale da complicare i calcoli senza variare sostanzialmente il risultato

Analisi preliminari

Dimensionamento solaio

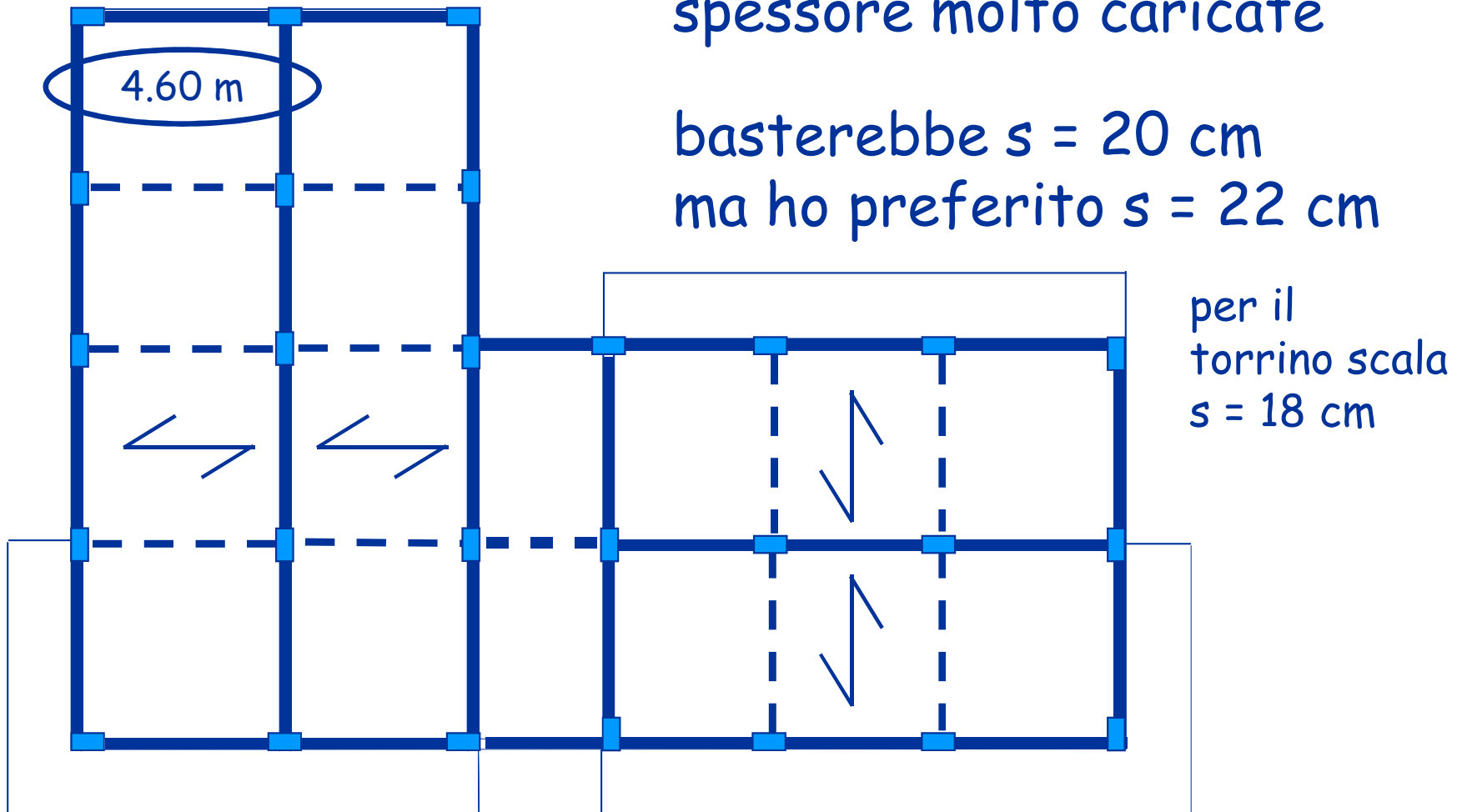
- In presenza di travi emergenti: dimensionare il solaio per gli usuali limiti di deformazione (un tempo $s \geq L_{\max} / 25$, ora limiti vari)
- Se vi sono alcune travi a spessore lunghe e molto caricate aumentare un po' lo spessore
- Se vi sono solo travi a spessore usare uno spessore del solaio sufficientemente alto (almeno 28 cm)
- L'impalcato (solaio più travi) deve trasmettere l'azione sismica agli elementi resistenti (telai)
Per questo basta una soletta di 4-5 cm con rete $\varnothing 8 / 25 \times 25$

Esempio

La luce massima delle
campate di solaio è
inferiore a 5.00 m

Non ci sono travi a
spessore molto caricate

basterebbe $s = 20$ cm
ma ho preferito $s = 22$ cm



Carichi unitari

Una volta definito lo spessore del solaio, si possono calcolare i carichi unitari più rilevanti (kN/m^2), da utilizzare per le successive analisi

	g_k	q_k	SLU solo c.v.	SLU con F
Solaio del piano tipo	4.0 + 1.2	2.0	10.0	5.8
Solaio di copertura	4.0	2.0	8.2	4.6
Solaio torrino scala	3.4	0.5	5.2	3.4
Sbalzo piano tipo	4.0	4.0	11.2	6.4
Sbalzo copertura	3.9	0.5	5.8	3.9
Scala	5.0	4.0	12.5	7.4

Carichi unitari

Per consentirmi più facilmente un controllo, usate il foglio **Carichi unitari** del file Dimensionamento

- Riempite solo le caselle in giallo
- Se avete qualche voce che non ho previsto, aggiungetela mantenendo la stessa impostazione (io ho già aggiunto qualcosa)
- Se ci sono valori che non avete ancora stimato lasciate le caselle in bianco oppure mettete un valore che ritenete plausibile, da modificare in seguito

Solaio piano tipo				<i>valori caratteristici:</i>		
spessore	22	cm	g1k	peso proprio	2.50	kN/m ²
			g1k	pavimento, massetto, ecc.	1.50	kN/m ²
			g2k	incidenza tramezzi	1.20	kN/m ²
			qk	carico variabile	2.00	kN/m ²
Balconi e terrazzini				<i>valori caratteristici:</i>		
spessore	22	cm	g1k	peso proprio	2.50	kN/m ²
			g1k	pavimento, massetto, ecc.	1.50	kN/m ²
			qk	carico variabile	4.00	kN/m ²
Scala				<i>valori caratteristici:</i>		
in cemento armato			g1k	peso proprio	2.50	kN/m ²
			g1k	pavimento, massetto, ecc.	2.50	kN/m ²
per entrambe			qk	carico variabile	4.00	kN/m ²
Trave emergente				<i>valori caratteristici:</i>		
larghezza		cm	g1k	peso proprio	4.20	kN/m
altezza		cm				
Trave a spessore				<i>valori caratteristici:</i>		
larghezza		cm	g1k	peso proprio	1.80	kN/m
altezza		cm				
Pilastri				<i>valori caratteristici:</i>		
			g1k	peso proprio	14.00	kN
Tramezzi				<i>valori caratteristici:</i>		
			g1k	peso proprio	3.00	kN/m
Tamponature				<i>valori caratteristici:</i>		
			g1k	peso proprio	6.00	kN/m

Carichi unitari

- Nel foglio vengono automaticamente riepilogati i valori che servono

RIEPILOGO CARICHI UNITARI										
		g1k	g2k	qk	ψ_2	g1d	g2d	qd	gd+qd	gk+ ψ_2 qk
Solaio piano tipo		4.00	1.20	2.00	0.3	5.20	1.80	3.00	10.00	5.80
	senza tramezzi									4.60
Solaio terrazza		4.20	---	2.00	0.3	5.46	---	3.00	8.46	4.80
Solaio torino		3.40	---	0.50	0.0	4.42	---	0.75	5.17	3.40
Balconi e terrazzini		4.20	---	4.00	0.3	5.46	---	6.00	11.46	5.40
Cornicione		3.90	---	0.50	0.0	5.07	---	0.75	5.82	3.90
Scala	in c.a.	5.00	---	4.00	0.3	6.50	---	6.00	12.50	6.20
Trave emergente		4.20	---	---	---	5.46	---	---	5.46	4.20
Trave a spessore		1.80	---	---	---	2.34	---	---	2.34	1.80
Pilastri		14.00	---	---	---	18.20	---	---	18.20	14.00
Tramezzi		3.00	---	---	---	3.90	---	---	3.90	3.00
Tamponature		6.00	---	---	---	7.80	---	---	7.80	6.00

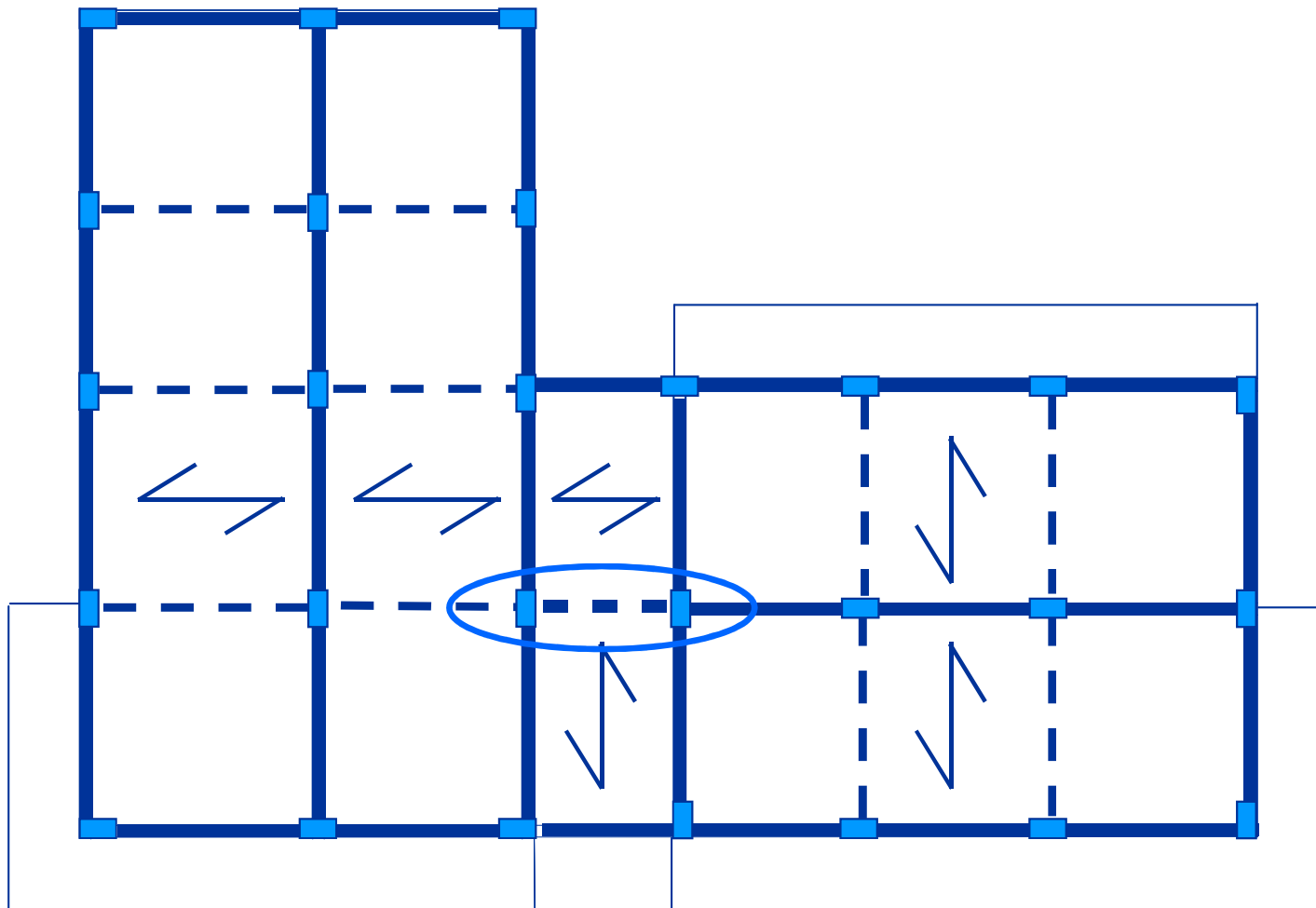
Carichi sulle travi

Determinare il carico sulle travi:

- Per ora con riferimento ad alcune campate che si ritengono significative
In seguito lo si dovrà fare per tutte
- Calcolare separatamente
il valore per SLU in assenza di sisma ($g_d + q_d$)
il valore in presenza di sisma ($g_k + \psi_2 q_k$)

Esempio

L'unica trave a spessore
che porta carichi verticali
ha luce modesta (3 m)

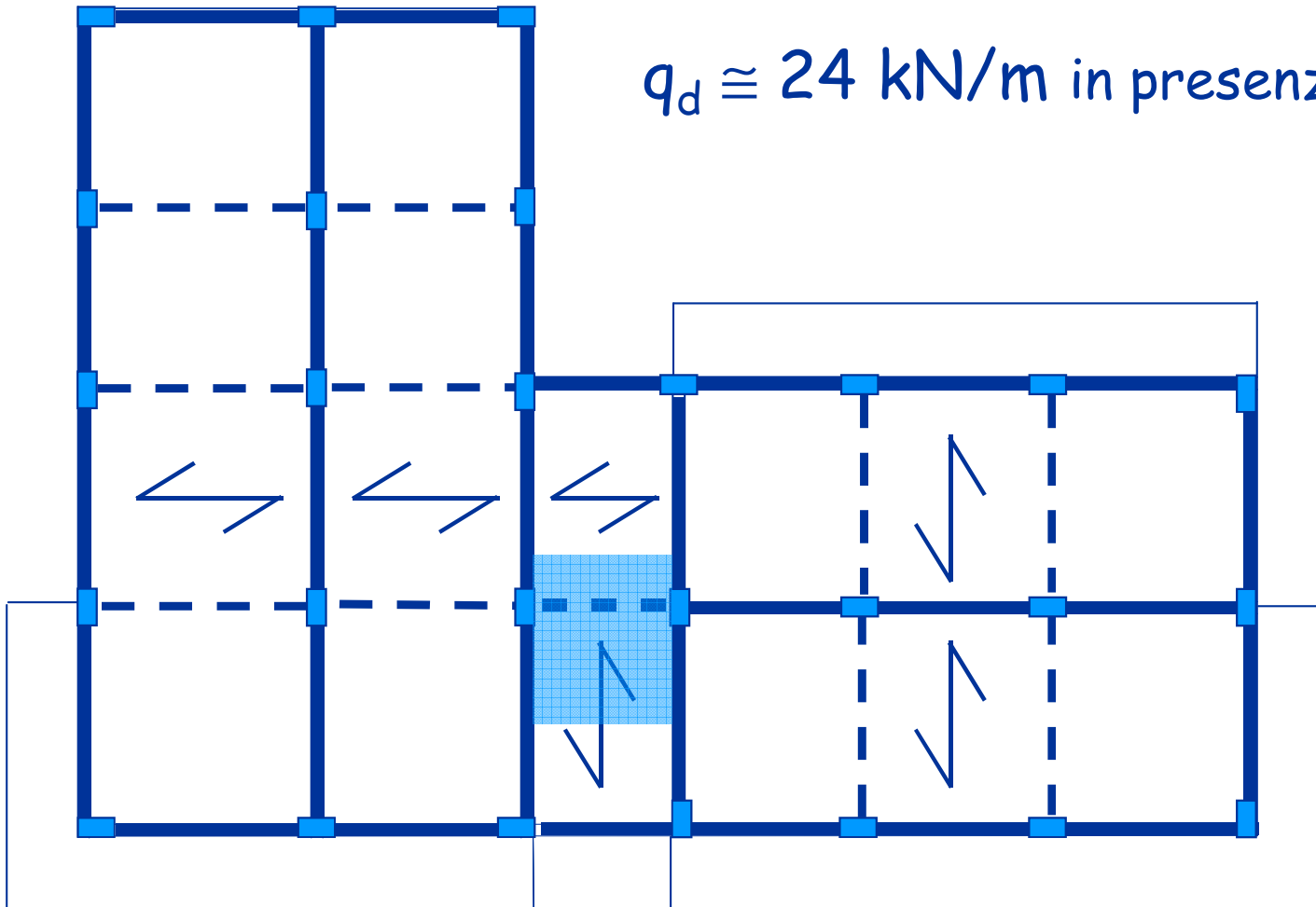


Esempio

La trave a spessore caricata
porta circa 3.0 m di scala
(incluso pianerottolo di arrivo)

$q_d \cong 40 \text{ kN/m}$ in assenza di sisma

$q_d \cong 24 \text{ kN/m}$ in presenza di sisma



Carico sulla trave a spessore campata 16-17

Per consentirmi più facilmente un controllo, usate il foglio **Carichi travi** del file Dimensionamento

Campata	16-17					
carico		sviluppo	g1k	g2k+qk	gd+qd	gk+ψ2 qk
Solaio		2.7				
Solaio terrazza						
Solaio torrino						
Balconi e terrazzini						
Cornicione						
Scala	in c.a.	2.7	13.50	10.80	33.75	16.74
Trave emergente		1				
Trave a spessore			1.80		2.34	1.80
Tramezzi						
Tamponature						
	TOTALE		15.30	10.80	36.09	18.54

Momento flettente prodotto dai carichi verticali

Momento per carichi verticali (in assenza di sisma)

$$M_{Ed} = \frac{q L^2}{10} = \frac{40 \times 3.0^2}{10} \cong 36 \text{ kNm}$$

Il momento totale in presenza di sisma certamente non è più grande

Momento per carichi verticali (con sisma)

$$M_{Ed} = \frac{q L^2}{10} = \frac{24 \times 3.0^2}{10} \cong 22 \text{ kNm}$$

Momento per azione sismica

è certamente molto piccolo

Dimensione trave a spessore

Può essere valutata in assenza di sisma

Dati:

Sezione rettangolare

b = da determinare

$h = 22 \text{ cm}$

$c = 4 \text{ cm}$

$M_{Ed} = 36 \text{ kNm}$

Calcestruzzo C25/30

$R_{ck} = 30 \text{ MPa}$

$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$

Calcolo della larghezza:

$$b = \frac{r^2 M}{d^2} = \frac{0.020^2 \times 36}{0.18^2} = 0.44 \text{ m}$$

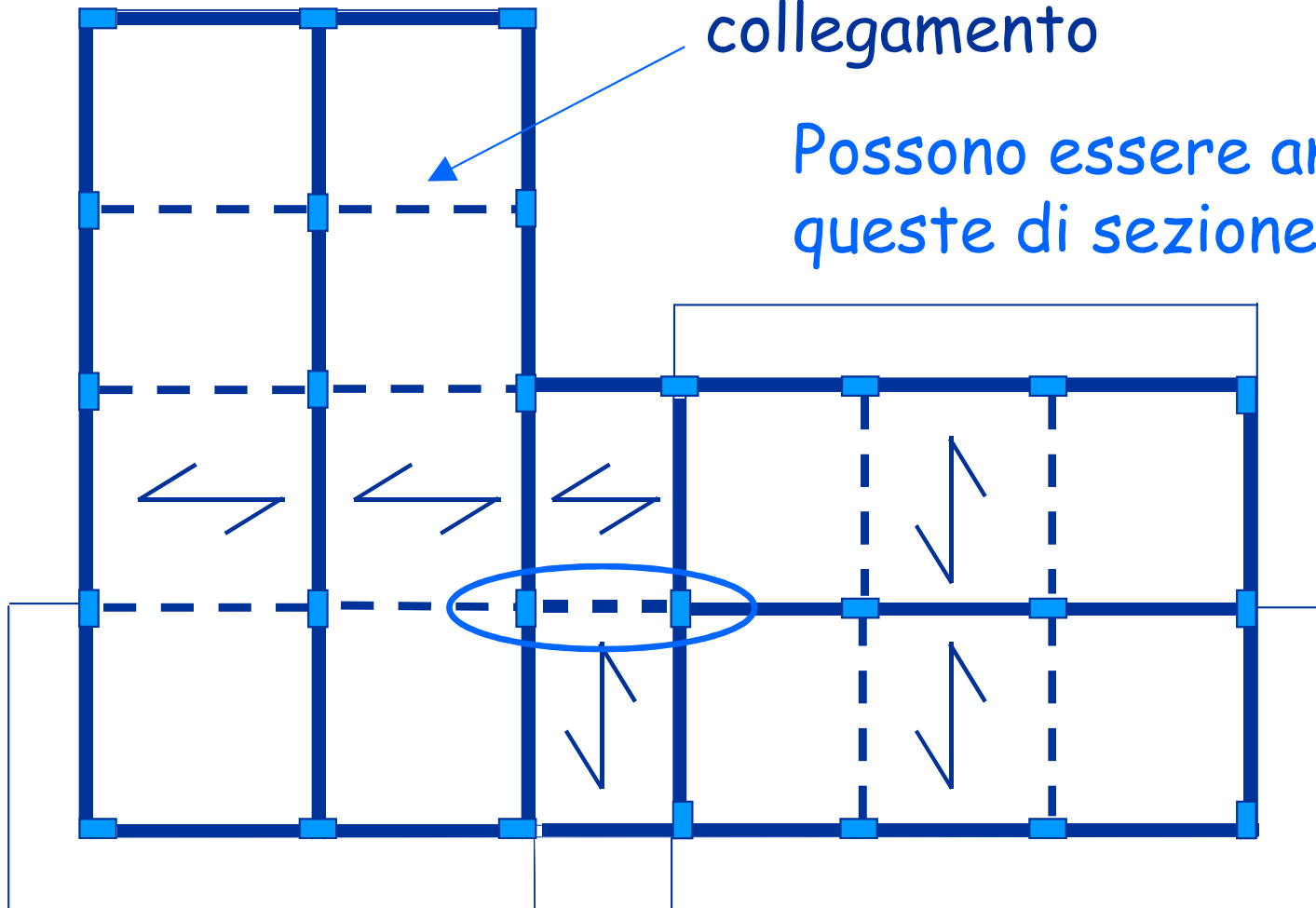
Si sceglie la
sezione 60x22

Esempio

L'unica trave a spessore
che porta carichi verticali
ha luce modesta (3 m)

Le altre travi sono solo di
collegamento

Possono essere anche
queste di sezione 60x22

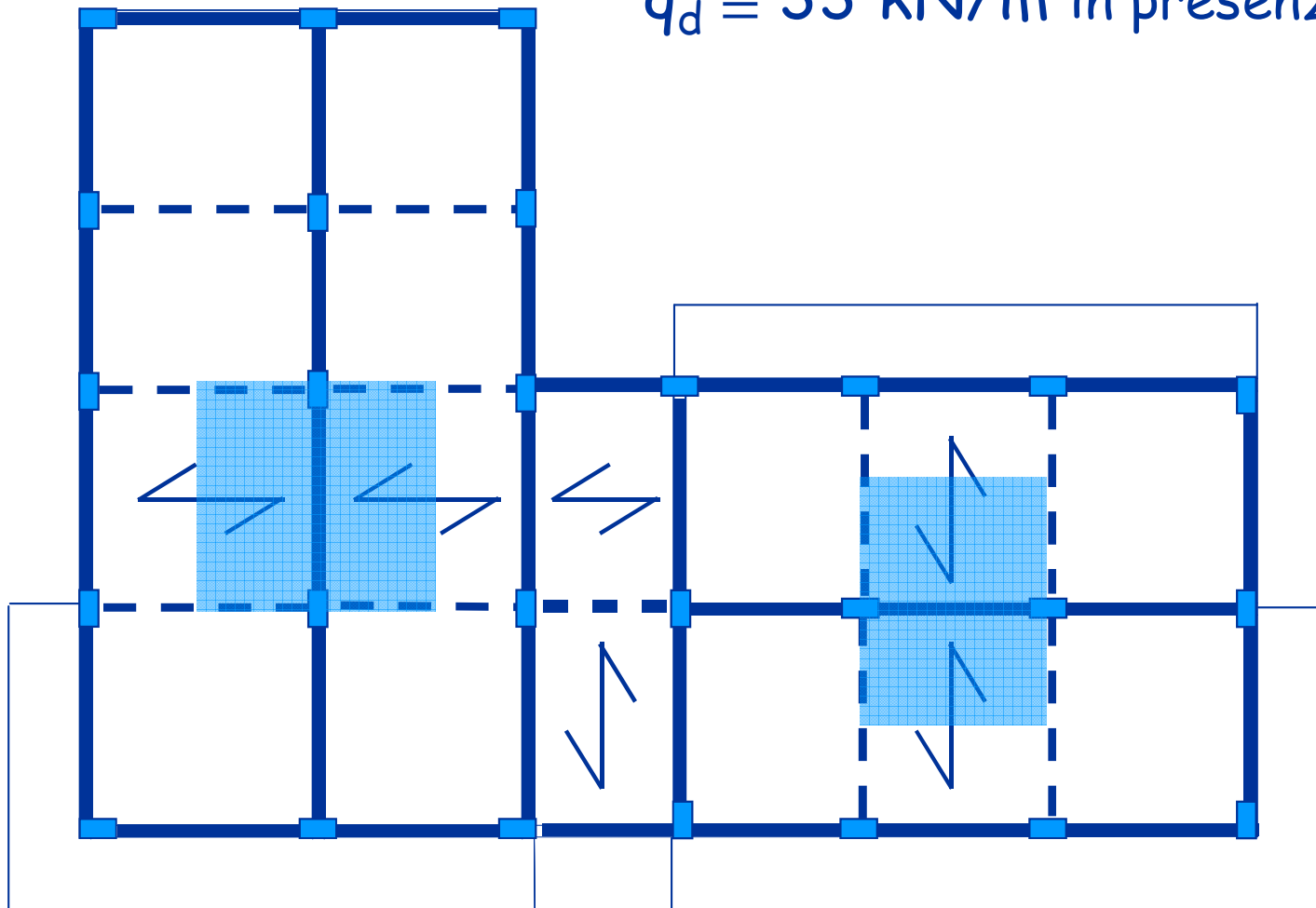


Esempio: travi

Le travi di spina portano
circa 5 m di solaio

$q_d \cong 55 \text{ kN/m}$ in assenza di sisma

$q_d \cong 33 \text{ kN/m}$ in presenza di sisma



Carico sulla trave emergente

campata 17-18

Per consentirmi più facilmente un controllo, usate il foglio **Carichi travi** del file Dimensionamento

Campata	17-18, 18-19, 19-20					
carico		sviluppo	g1k	g2k+qk	gd+qd	gk+ψ2 qk
Solaio		4.73	18.92	15.14	47.30	27.43
Solaio terrazza						
Solaio torrino						
Balconi e terrazzini						
Cornicione						
Scala	in c.a.					
Trave emergente		1	4.20		5.46	4.20
Trave a spessore						
Tramezzi						
Tamponature						
	TOTALE		23.12	15.14	52.76	31.63

Carico sulla trave emergente campata 8-5

Per consentirmi più facilmente un controllo, usate il foglio **Carichi travi** del file Dimensionamento

Campata	8-5 e 5-2					
carico		sviluppo	g1k	g2k+qk	gd+qd	gk+ψ2 qk
Solaio		5.1	20.40	16.32	51.00	29.58
Solaio terrazza						
Solaio torrino						
Balconi e terrazzini						
Cornicione						
Scala	in c.a.					
Trave emergente		1	4.20		5.46	4.20
Trave a spessore						
Tramezzi						
Tamponature						
	TOTALE		24.60	16.32	56.46	33.78

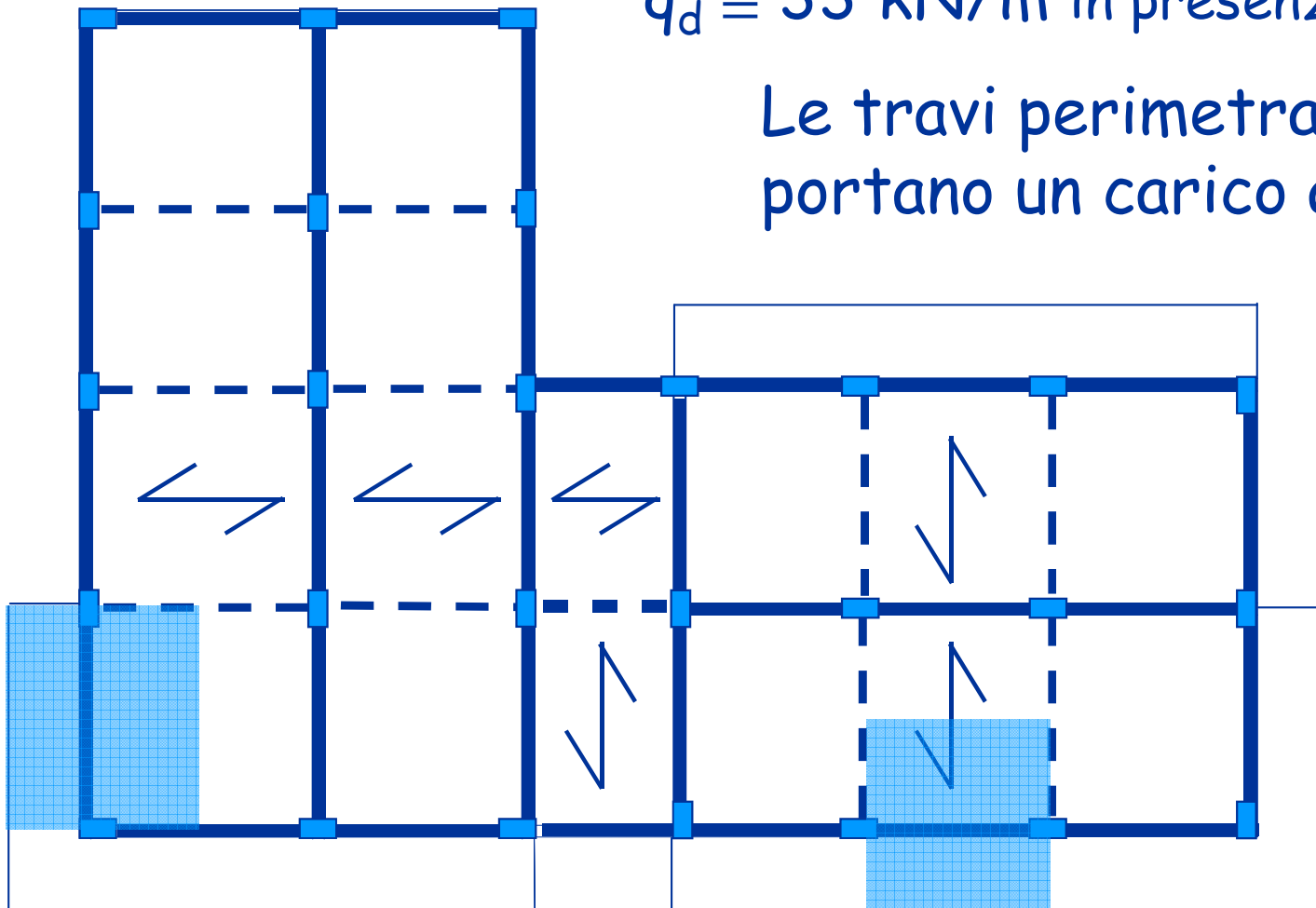
Esempio: travi

Le travi di spina portano
circa 5 m di solaio

$q_d \cong 55 \text{ kN/m}$ in assenza di sisma

$q_d \cong 33 \text{ kN/m}$ in presenza di sisma

Le travi perimetrali
portano un carico analogo



Carico sulla trave emergente campata 21-14

Per consentirmi più facilmente un controllo, usate il foglio **Carichi travi** del file Dimensionamento

Campata	21-14					
carico		sviluppo	g1k	g2k+qk	gd+qd	gk+ ψ 2 qk
Solaio		2.35	9.40	7.52	23.50	13.63
Solaio terrazza						
Solaio torrino						
Balconi e terrazzini		1.55	6.51	6.20	17.76	8.37
Cornicione						
Scala	in c.a.					
Trave emergente		1	4.20		5.46	4.20
Trave a spessore						
Tramezzi						
Tamponature		0.85	5.10		6.63	5.10
	TOTALE		25.21	13.72	53.35	31.30

Momento flettente prodotto dai carichi verticali

Momento per carichi verticali (con sisma)

$$M = \frac{q L^2}{10} = \frac{33 \times 4.20^2}{10} \cong 60 \text{ kNm}$$

Andrà sommato all'effetto del sisma

Momento per carichi verticali (senza sisma)

$$M = \frac{q L^2}{10} = \frac{55 \times 4.20^2}{10} \cong 100 \text{ kNm}$$

Può essere condizionante solo per travi molto lunghe
(non è il nostro caso)

Carichi sui pilastri e corrispondente sforzo normale

Determinare il carico sui pilastri:

- Per ora con riferimento ad alcuni pilastri che si ritengono significativi

In seguito lo si dovrebbe fare per tutti, ma si potrà usare direttamente il valore fornito dalla risoluzione dello schema per carichi verticali

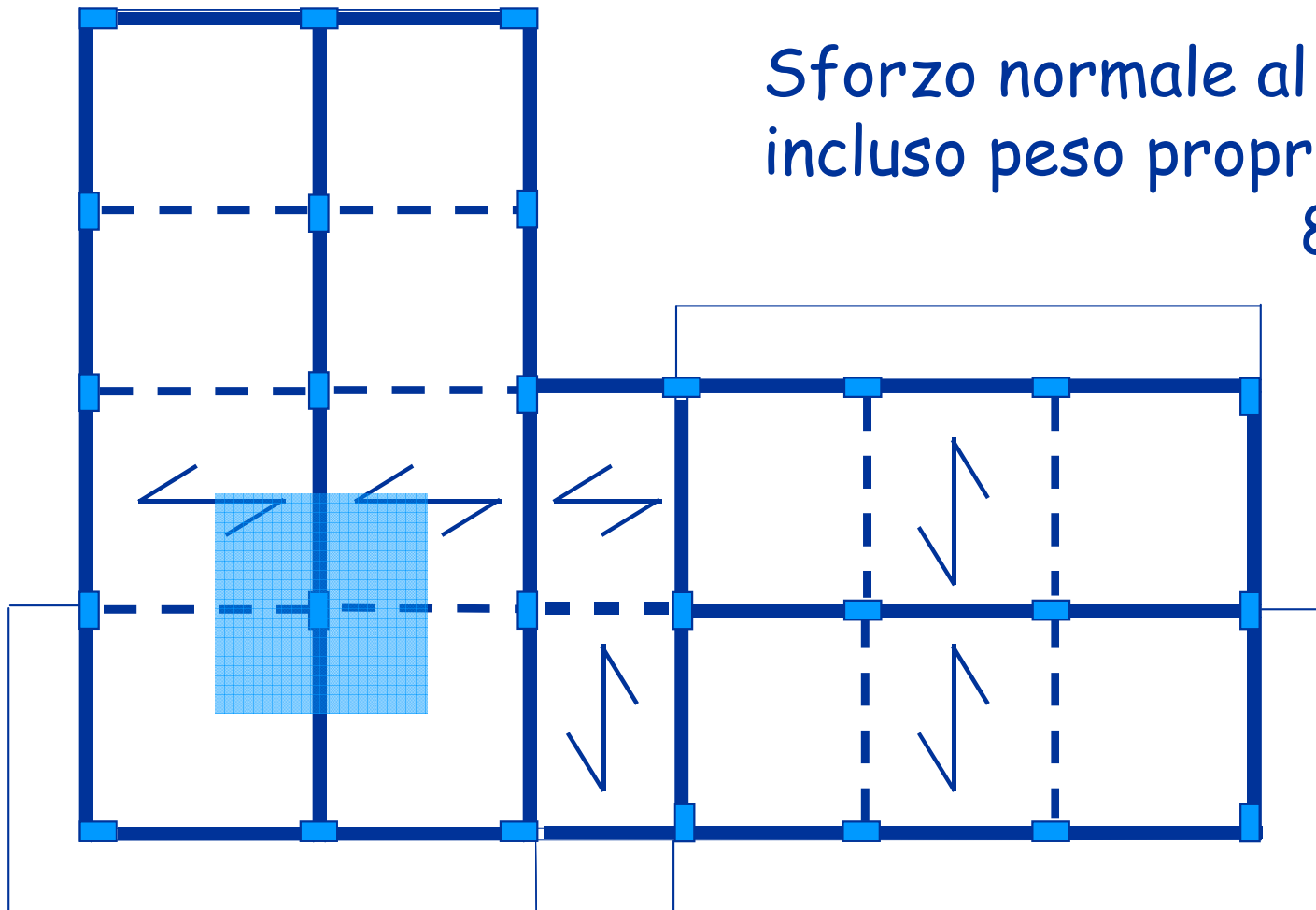
- Calcolare separatamente
il valore per SLU in assenza di sisma ($g_d + q_d$)
il valore in presenza di sisma ($g_k + \psi_2 q_k$)

Esempio: pilastri

Pilastro interno, porta
8 m di trave
21 m² di solaio

Carico al piano: 150 kN

Sforzo normale al piede,
incluso peso proprio:
830 kN



In assenza
di sisma:
1330 kN

Esempio: pilastri

Pilastro laterale con sbalzo
pilastro d'angolo con sbalzi

Più o meno lo stesso

Sforzo normale al piede,
incluso peso proprio:
830 kN

In assenza
di sisma:
1330 kN



Carico e sforzo normale nei pilastri

pilastro 15

Per consentirmi più facilmente un controllo, usate il foglio **Carichi pilastri** del file Dimensionamento

PILASTRO	15 (centrale)					
carico		sviluppo	g1k	g2k+qk	gd+qd	gk+ψ2 qk
Solaio		20.83	83.31	66.65	208.27	120.80
Solaio terrazza						
Solaio torrino						
Balconi e terrazzini						
Cornicione						
Scala	in c.a.					
Trave emergente		4.46	18.71		24.32	18.71
Trave a spessore		4.68	8.42		10.94	8.42
Pilastri		1.00	14.00		18.20	14.00
Tramezzi						
Tamponature						
	TOTALE		124.43	66.65	261.74	161.92

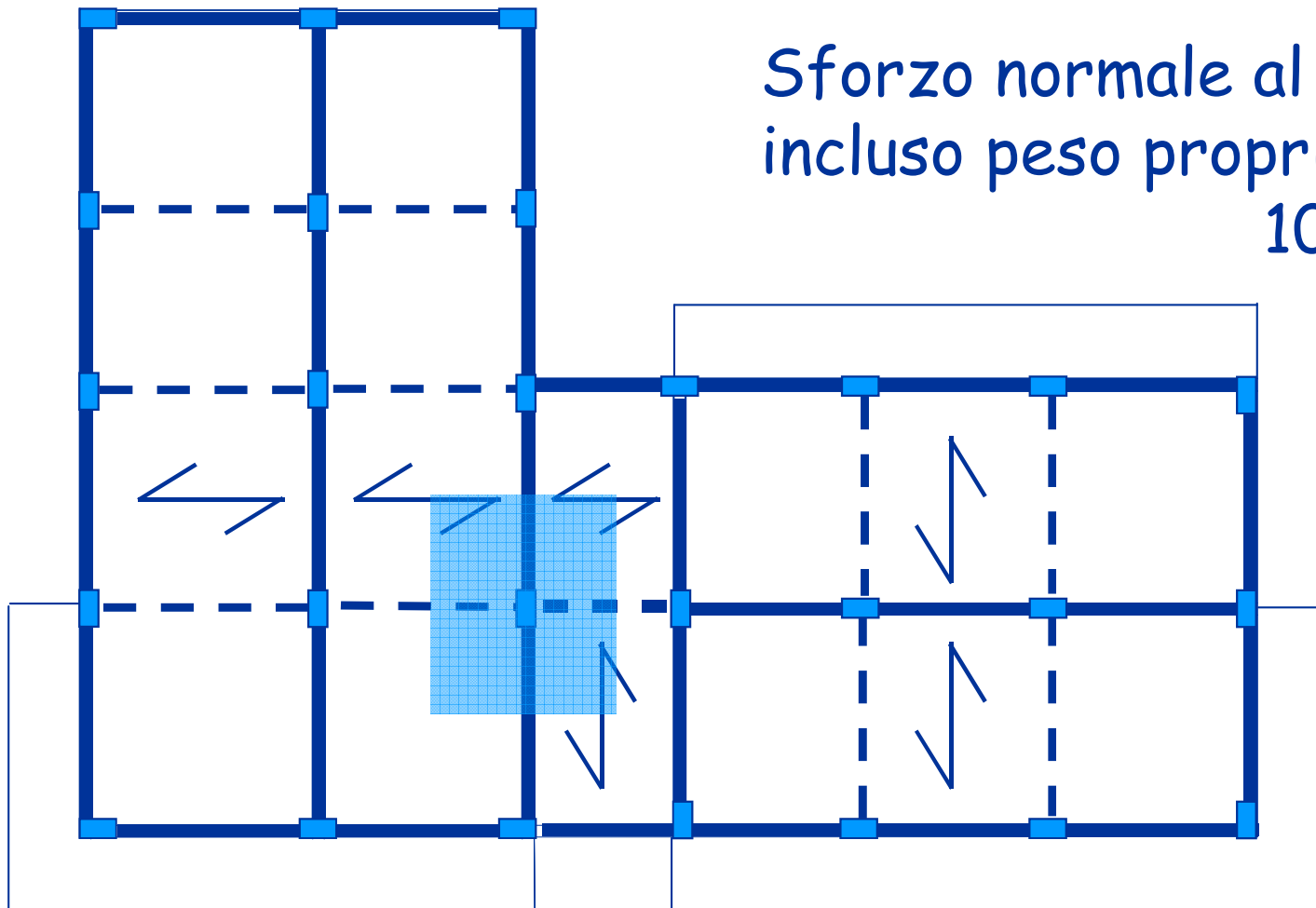
ordine	N
5	160
4	320
3	480
2	640
1	800

Esempio: pilastri

Pilastro interno in
corrispondenza della scala
Di più, a causa del torrino

Sforzo normale al piede,
incluso peso proprio:
1050 kN

In assenza
di sisma:
1570 kN



Carico e sforzo normale nei pilastri

pilastro 15

Per consentirmi più facilmente un controllo, usate il foglio **Carichi pilastri** del file Dimensionamento

PILASTRO 16 (scala)						
carico		sviluppo	g1k	g2k+qk	gd+qd	gk+ψ2 qk
Solaio		8.99	35.95	28.76	89.87	52.12
Solaio terrazza						
Solaio torrino						
Balconi e terrazzini						
Cornicione						
Scala	in c.a.	7.10	35.48	28.38	88.69	43.99
Trave emergente		4.73	19.87		25.83	19.87
Trave a spessore		3.40	6.12		7.96	6.12
Pilastri		1.00	14.00		18.20	14.00
Tramezzi						
Tamponature		4.73	28.38		36.89	28.38
	TOTALE		139.79	57.14	267.43	164.48

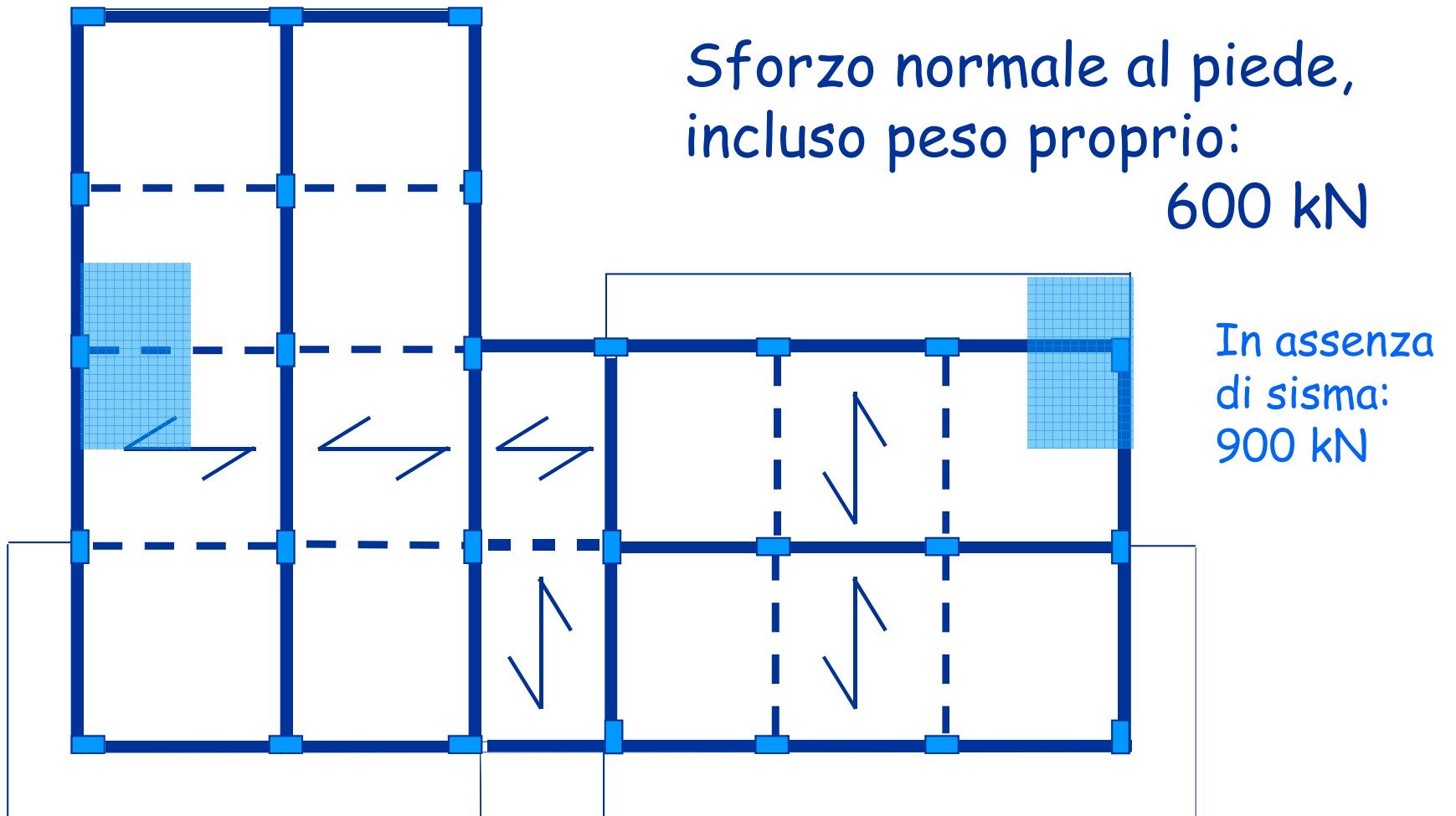
ordine	N
6	115
5	290
4	465
3	640
2	815
1	990

Esempio: pilastri

Pilastro laterale privo di
sbalzo o d'angolo con uno
sbalzo

Carico al piano minore

Sforzo normale al piede,
incluso peso proprio:
600 kN



Carico e sforzo normale nei pilastri

pilastro 7

Per consentirmi più facilmente un controllo, usate il foglio **Carichi pilastri** del file Dimensionamento

PILASTRO	7 (laterale)					
carico		sviluppo	g1k	g2k+qk	gd+qd	gk+ψ2 qk
Solaio		9.17	36.66	29.33	91.65	53.16
Solaio terrazza						
Solaio torrino						
Balconi e terrazzini						
Cornicione						
Scala	in c.a.					
Trave emergente		3.90	16.38		21.29	16.38
Trave a spessore		2.35	4.23		5.50	4.23
Pilastri		1.00	14.00		18.20	14.00
Tramezzi						
Tamponature		3.90	23.40		30.42	23.40
	TOTALE		94.67	29.33	167.06	111.17

ordine	N
5	110
4	220
3	330
2	440
1	550

Esempio: pilastri

Pilastro d'angolo
privo di sbalzo

Carico al piano ancora
minore

Sforzo normale al piede,
incluso peso proprio:
380 kN



In assenza
di sisma:
560 kN

Carico e sforzo normale nei pilastri

pilastro 1

Per consentirmi più facilmente un controllo, usate il foglio **Carichi pilastri** del file Dimensionamento

PILASTRO 1 (angolo)						
carico		sviluppo	g1k	g2k+qk	gd+qd	gk+ψ2 qk
Solaio		4.23	16.92	13.54	42.30	24.53
Solaio terrazza						
Solaio torrino						
Balconi e terrazzini						
Cornicione						
Scala	in c.a.					
Trave emergente		4.15	17.43		22.66	17.43
Trave a spessore						
Pilastri		1.00	14.00		18.20	14.00
Tramezzi						
Tamponature		4.15	24.90		32.37	24.90
	TOTALE		73.25	13.54	115.53	80.86

ordine	N
5	80
4	160
3	240
2	320
1	400