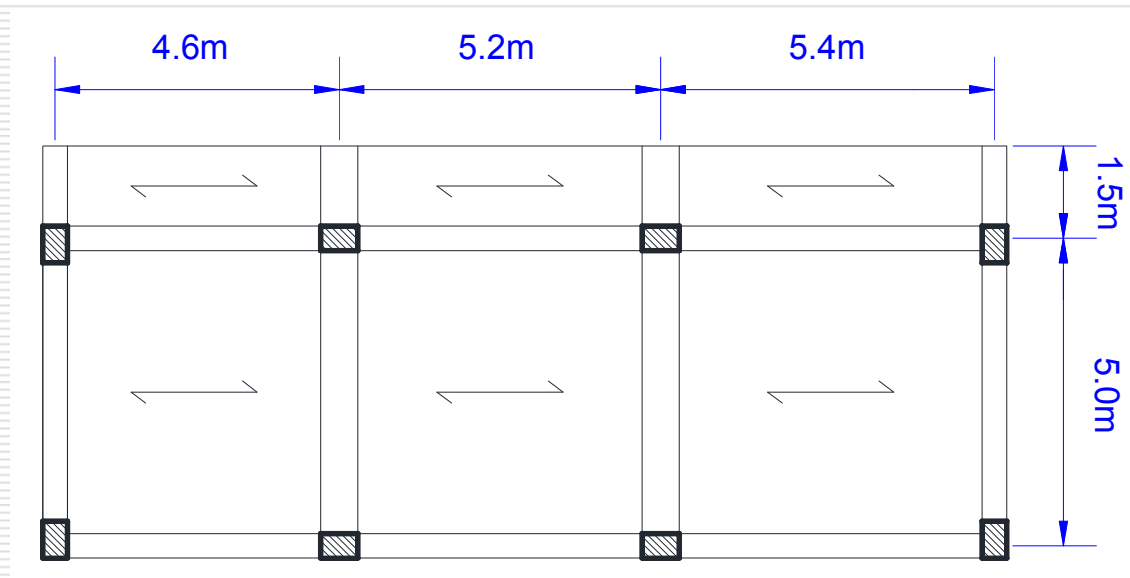

Analisi dei carichi NNT 2008



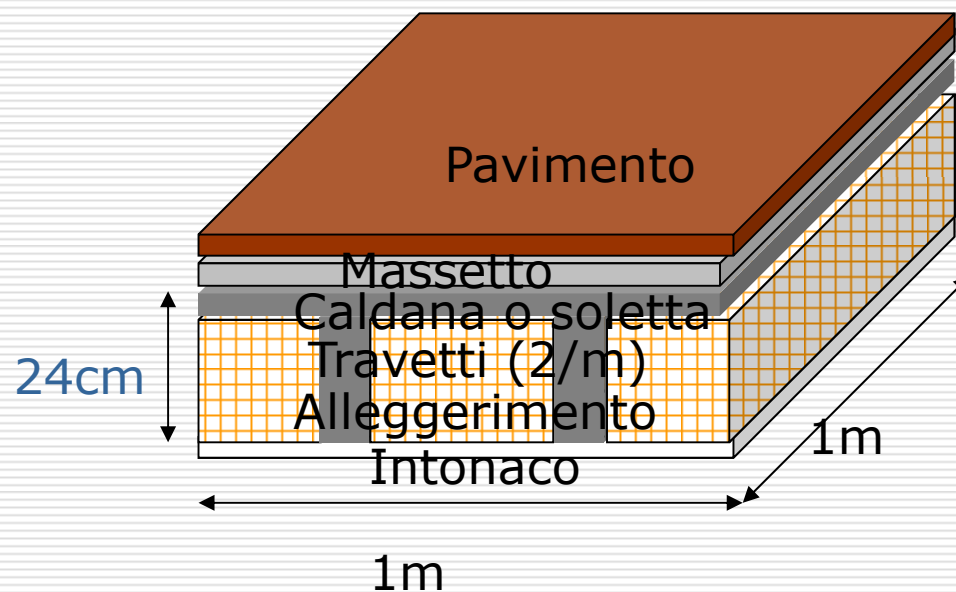
Caso di studio

- Il caso di studio è rappresentato da un edificio di 2 piani, con altezza di interpiano pari a 3m, destinato a civile abitazione.



Analisi dei carichi – solaio intermedio

composizione del solaio

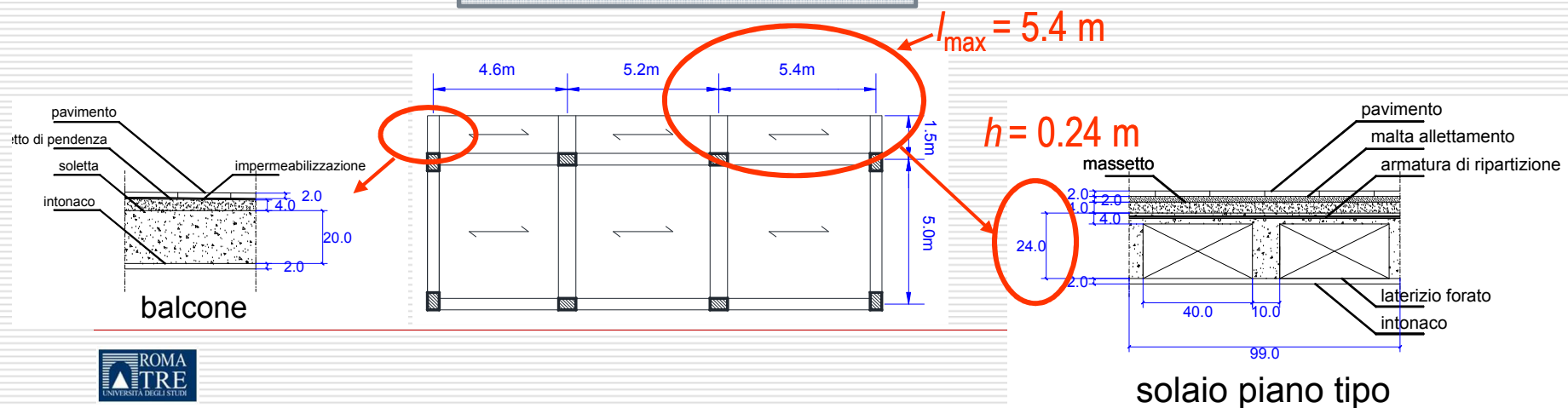


Analisi dei carichi – solaio intermedio

composizione del solaio

Prescrizioni normative

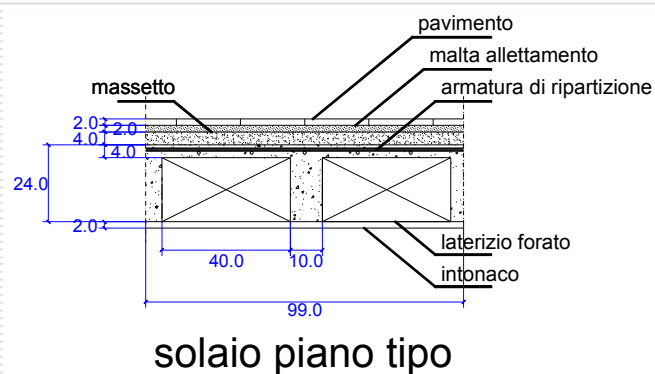
| | | |
|---------------------|---|---|
| Altezza solaio | $\geq 150\text{mm}$ | NTC 2005 § 5.1.9 |
| Altezza soletta | $\geq 40\text{mm}$ | |
| Interasse travetto | ≤ 15 volte lo spessore della soletta | D.M. 14/01/2008 § 4.1.9 Circ.617/09 § C4.1.9 |
| Larghezza travetto | $\geq 1/8$ interasse $\geq 80\text{ mm}$ | |
| Dimensioni pignatta | $\leq 520\text{mm}$ | |



Analisi dei carichi – solaio intermedio

carichi permanenti strutturali

- altezza strutturale dei solai in c.a.: 18+4 cm (pignatta + soletta).
- interasse tra i travetti: 50 cm.
- massetto di livellamento: 8 cm.
- intonaco inferiore: 2 cm.

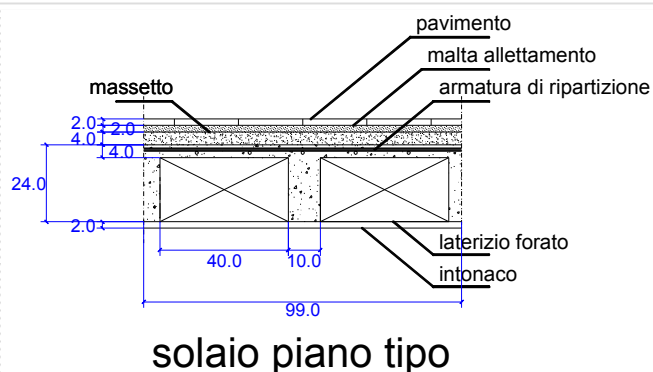


| Strato | Spessore (m) | Peso unitario (KN/m ³) | Peso (KN/m ²) |
|---------------|--------------------------|------------------------------------|--|
| soletta | 0.04 | 25 | $0.04 \times 25 = 1$ |
| travetto | 0.20 (interasse 0.5m) | 25 | $0.20 \times 0.1 \times 25 / 0.5 = 1.0$ |
| pignatta | 0.20 (interasse 0.5m) | 11 | $0.20 \times 0.4 \times 11 / 0.5 = 1.76$ |
| Totale | | | 3.76 |

Analisi dei carichi – solaio intermedio

carichi permanenti non strutturali

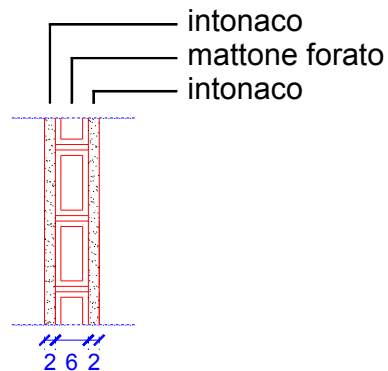
- altezza strutturale dei solai in c.a.: 18+4 cm (pignatta + soletta).
- interasse tra i travetti: 50 cm.
- massetto di livellamento: 4 cm.
- intonaco inferiore: 2 cm.



| Strato | Spessore (m) | Peso unitario (KN/m ³) | Peso (KN/m ²) |
|---------------|--------------|------------------------------------|---------------------------|
| pavimento | 0.02 | 20 | $0.02 \times 20 = 0.4$ |
| allettamento | 0.02 | 20 | $0.02 \times 20 = 0.4$ |
| massetto | 0.04 | 18 | $0.04 \times 18 = 0.72$ |
| intonaco | 0.02 | 20 | $0.02 \times 20 = 0.4$ |
| Totale | | | 1.92 |

Analisi dei carichi – solaio intermedio

elementi divisori interni



| Strato | Spessore (m) | Peso unitario (KN/m ³) | Peso (KN/m ²) |
|--------------------|--------------|------------------------------------|---------------------------|
| Intonaco civile | 0.02 | 20 | 0.4 |
| Muratura in forati | 0.06 | 11 | 0.66 |
| Intonaco civile | 0.02 | 20 | 0.4 |
| Totale | | | 1.46 |

3.1.3.1 Elementi divisori interni

Per gli orizzontamenti degli edifici per abitazioni e uffici, il peso proprio di elementi divisori interni potrà essere ragguagliato ad un carico permanente portato uniformemente distribuito g_{2k} , purché vengano adottate le misure costruttive atte ad assicurare una adeguata ripartizione del carico. Il carico uniformemente distribuito g_{2k} ora definito dipende dal peso proprio per unità di lunghezza G_{2k} delle partizioni nel modo seguente:

- per elementi divisori con $G_2 \leq 1,00 \text{ kN/m}$: $g_2 = 0,40 \text{ kN/m}^2$;
- per elementi divisori con $1,00 < G_2 \leq 2,00 \text{ kN/m}$: $g_2 = 0,80 \text{ kN/m}^2$;
- per elementi divisori con $2,00 < G_2 \leq 3,00 \text{ kN/m}$: $g_2 = 1,20 \text{ kN/m}^2$;
- per elementi divisori con $3,00 < G_2 \leq 4,00 \text{ kN/m}$: $g_2 = 1,60 \text{ kN/m}^2$;
- per elementi divisori con $4,00 < G_2 \leq 5,00 \text{ kN/m}$: $g_2 = 2,00 \text{ kN/m}^2$.

Elementi divisori interni con peso proprio maggiore devono essere considerati in fase di progettazione, tenendo conto del loro effettivo posizionamento sul solaio.

Interpiano netto:

$$3.0 - 0.24 = 2.76 \text{ m}$$

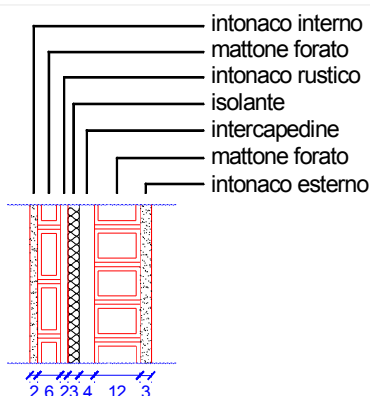
$$G_2 = 1.46 \cdot 2.76 = 4 \text{ kN/m}$$

Peso divisori ripartiti:

$$g_2 = 1.6 \text{ kN/m}^2$$

Analisi dei carichi – solaio intermedio

chiusure verticali



Interpiano netto: $3.0 - 0.24 = 2.76$ m

Incidenza forfetaria delle aperture: 20%

Peso totale per metro lineare di parete:
 $4.01 \times 2.76 \times 0.8 = 8.85$ kN/m

Il peso delle chiusure esterne grava solo e direttamente sulle travi di bordo e sui cordoli perimetrali e non va ripartito sui solai

| Strato | Spessore (m) | Peso unitario (KN/m ³) | Peso (KN/m ²) |
|------------------|--------------|------------------------------------|---------------------------|
| Intonaco esterno | 0.03 | 20 | 0.6 |
| Muratura esterna | 0.12 | 16 | 1.92 |
| Intonaco rustico | 0.02 | 20 | 0.4 |
| Isolante | 0.03 | 1 | 0.03 |
| Muratura interna | 0.06 | 11 | 0.66 |
| Intonaco interno | 0.02 | 20 | 0.4 |
| Totale | | | 4.01 |

Analisi dei carichi – solaio intermedio

carichi di esercizio

Tabella 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici

| Cat. | Ambienti | q_k [kN/m ²] | Q_k [kN] | H_k [kN/m] |
|------|---|-------------------------------|---------------|-----------------|
| A | Ambienti ad uso residenziale. Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi, (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento) | 2,00 | 2,00 | 1,00 |
| | Uffici. | | | |
| B | 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 |
| C | Ambienti suscettibili di affollamento | | | |
| | Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole | 3,00 | 2,00 | 1,00 |
| | Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi | 4,00 | 4,00 | 2,00 |
| | Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune | 5,00 | 5,00 | 3,00 |
| | Ambienti ad uso commerciale | | | |

Valore di progetto agli SLU del carico

$$S_{di} = \gamma_{G1} \cdot G_{k1} + \gamma_{G2} \times G_{k2} + \gamma_P \times P + \gamma_{Q1} \times Q_{k1} + \sum_{j>1} \gamma_{Qj} \times \psi_{0j} \times Q_{kj}$$

| | | Coefficiente γ_F | EQU | A1 STR | A2 GEO |
|---|-------------|----------------------------|-----|-----------|-----------|
| Carichi permanenti | favorevoli | γ_{G1} | 0.9 | 1.0 | 1.0 |
| | sfavorevoli | | 1.1 | 1.3 | 1.0 |
| Carichi permanenti non strutturali ⁽¹⁾ | favorevoli | γ_{G2} | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | sfavorevoli | | 1.5 | 1.5 | 1.3 |
| Carichi variabili | favorevoli | γ_{Qi} | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | sfavorevoli | | 1.5 | 1.5 | 1.5 |

⁽¹⁾Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tab. 10.5. Coefficienti di sicurezza per gli stati limite ultimi

Valore di progetto agli SLU del carico

$$S_{di} = \gamma_{G1} \cdot G_{k1} + \gamma_{G2} \times G_{k2} + \gamma_P \times P + \gamma_{Q1} \times Q_{k1} + \sum_{j>1} \gamma_{Qj} \times \psi_{0j} \times Q_{kj}$$

| Categoria/Azione variabile | ψ_{0i} | ψ_{1i} | ψ_{2i} |
|---|-------------|-------------|-------------|
| 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 | 0.6 | 0.5 |
| Categoria D Ambienti ad uso commerciale | 0.7 | 0.7 | 0.6 |
| Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale | 1.0 | 0.9 | 0.8 |
| Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso \leq 30 kN) | 0.7 | 0.7 | 0.6 |
| Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $>$ 30 kN) | 0.7 | 0.5 | 0.3 |
| Categoria H Coperture | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Vento | 0.6 | 0.2 | 0.0 |
| Neve (a quota \leq 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 |

Tab. 10.6. Coefficienti di combinazione

Valore di progetto agli SLU del carico solaio intermedio

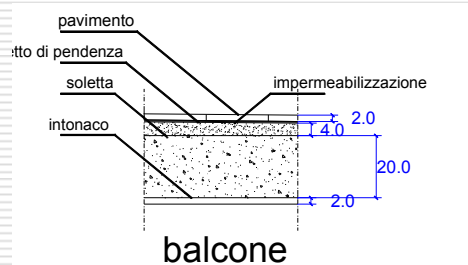
$$S_{di} = \gamma_{G1} \cdot G_{k1} + \gamma_{G2} \times G_{k2} + \gamma_P \times P + \gamma_{Q1} \times Q_{k1} + \sum_{j>1} \gamma_{Qj} \times \Psi_{0j} \times Q_{kj}$$

$$S_{d1} = 1.3 \cdot 3.76 + 1.5 \cdot 3.52 + 1.5 \cdot 2.0 = 13.17 \text{ kN/m}^2$$

| Carico | Permanente strutturale | Permanente non strutturale | Variabile |
|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------|
| G_k (kN/m ²) | 3.76 | 1.92+1.6=3.52 | 2.0 |
| γ | 1.3 | 1.5 | 1.5 |
| Ψ_0 | | | 0 |

Analisi dei carichi – balcone

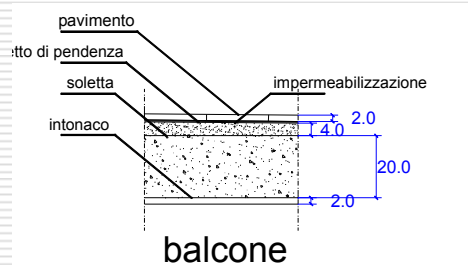
permanenti strutturali



| Strato | Spessore (m) | Peso unitario (KN/m ³) | Peso (KN/m ²) |
|---------------|--------------|------------------------------------|---------------------------|
| soletta | 0.2 | 25 | $0.2 \times 25 = 5$ |
| Totale | | | 5 |

Analisi dei carichi – balcone

permanenti strutturali



| Strato | Spessore (m) | Peso unitario (KN/m ³) | Peso (KN/m ²) |
|--------------------------|--------------|------------------------------------|---------------------------|
| Pavimento in piastrelle | 0.02 | 20 | 0.4 |
| Manto impermeabilizzante | 0.003 | | 0.1 |
| Massetto di pendenza | 0.04 | 18 | 0.72 |
| Intonaco civile | 0.02 | 20 | 0.4 |
| Totale | | | 1.62 |

Analisi dei carichi – balcone

carichi di esercizio

Tabella 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici

| Cat. | Ambienti | q_k [kN/m ²] | Q_k [kN] | H_k [kN/m] |
|------|---|-------------------------------|---------------|-----------------|
| A | Ambienti ad uso residenziale. Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi. (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento) | 2,00 | 2,00 | 1,00 |
| B | Uffici. | | | |
| | Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico Cat. B2 Uffici aperti al pubblico | 2,00 3,00 | 2,00 2,00 | 1,00 1,00 |
| | Ambienti suscettibili di affollamento | | | |
| | Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole | 3,00 | 2,00 | 1,00 |
| | Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi | 4,00 | 4,00 | 2,00 |
| C | Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune | 5,00 | 5,00 | 3,00 |
| | Ambienti ad uso commerciale | | | |

Analisi dei carichi – balcone

carico neve

- **L'edificio si ipotizza ubicato in provincia di Perugia (zona II) ad una quota $a_s = 500m$**

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

q_s = carico della neve sulla copertura

μ_i = coeff. di forma = 0.8 C_E = coeff. di esposizione = 1.0 C_t = coeff. termico = 1.0

q_{sk} = valore caratteristico del carico della neve al suolo ($T_r = 50$ anni) =

$$= 0.85[1 + (a_s/481)^2] = 1.77 \text{ kN/m}^2 \quad a_s > 200m$$

$$q_s(z) = 0.8 \cdot 1.77 \cdot 1 \cdot 1 = 1.416 \text{ kN/m}^2$$

Tabella 3.4.II – Valori del coefficiente di forma

| Coefficiente di forma | $0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ | $30^\circ < \alpha < 60^\circ$ | $\alpha \geq 60^\circ$ |
|-----------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| μ_1 | 0,8 | $0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$ | 0,0 |

Valore di progetto agli SLU del carico balcone

$$S_{di} = \gamma_{G1} \cdot G_{k1} + \gamma_{G2} \times G_{k2} + \gamma_P \times P + \gamma_{Q1} \times Q_{k1} + \sum_{j>1} \gamma_{Qj} \times \Psi_{0j} \times Q_{kj}$$

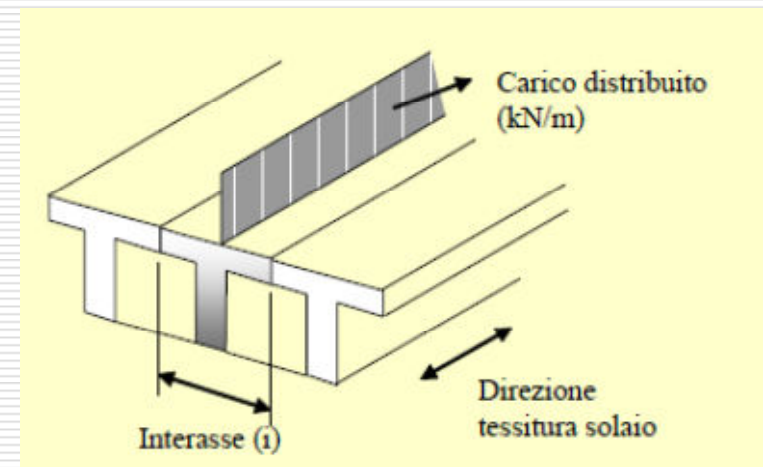
$$S_{d1} = 1.3 \cdot 5 + 1.5 \cdot 1.62 + 1.5 \cdot 4.0 + 1.5 \cdot 0.5 \cdot 1.416 = 16.0 \text{ kN/m}^2$$

$$S_{d2} = 1.3 \cdot 5 + 1.5 \cdot 1.62 + 1.5 \cdot 1.416 + 1.5 \cdot 0.7 \cdot 4.0 = 15.254 \text{ kN/m}^2$$

| Carico | Permanente strutturale | Permanente non strutturale | Variabile | Neve |
|-------------------------------|------------------------|----------------------------|-----------|-------|
| G_k (kN/m ²) | 3.76 | 3.52 | 2.0 | 1.416 |
| γ | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| Ψ_0 | | | 0.7 | 0.5 |

Determinazione dei carichi sul solaio

- I carichi calcolati sono riferiti ad un metro di solaio in direzione trasversale.
 - il carico distribuito è esattamente il carico a mq del solaio.
- In alternativa si può considerare una larghezza pari all'interasse dei travetti:
 - in tal caso il carico lineare è pari al carico a mq moltiplicato per l'interasse dei travetti

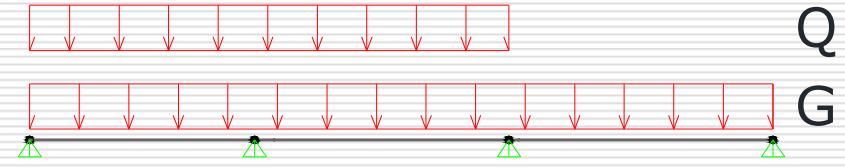
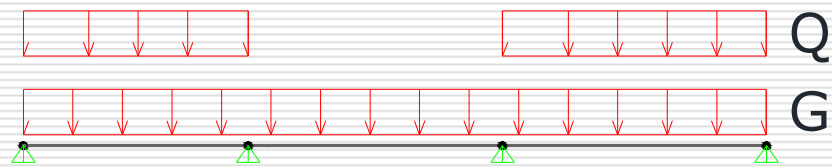
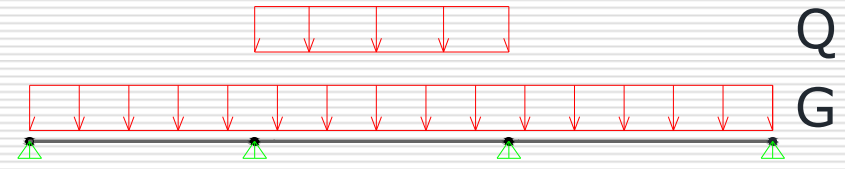
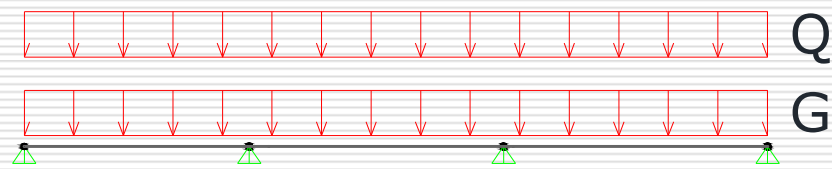


$$P_{d0} = (13 \cdot 3,5 + 1,5 \cdot 2,24 + 1,5 \cdot 2,0) \cdot 0,5 = 5,62 \text{ kN/m}$$

Carichi del solaio per unità di superficie

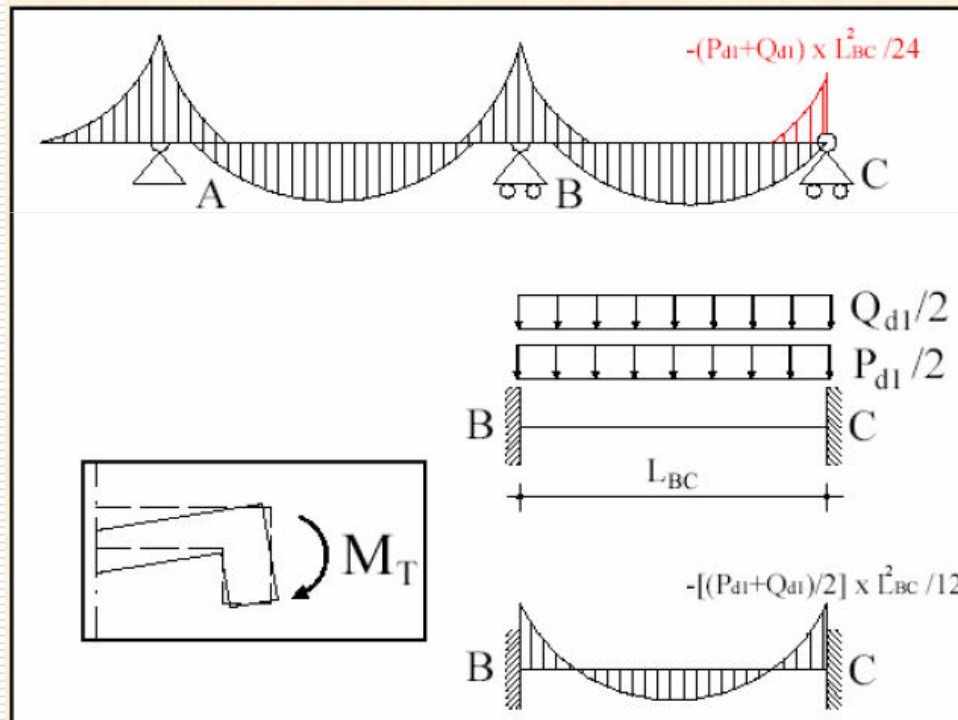
| Destinazione d'uso | Permanenti caratteristici | Permanenti di calcolo | Variabili caratteristici | Variabili di calcolo |
|---------------------------|----------------------------------|---|---------------------------------|--|
| Solaio intermedio | 3.76 + 3.52 kN/m ² | 10.17 kN/m ² o 7.28 kN/m ² | 2.0 kN/m ² | 3.0 kN/m ² o 2.0 kN/m ² |
| balcone | 5.0 + 1.62 kN/m ² | 8.93 kN/m ² o 6.62 kN/m ² | 4.0 kN/m ² | 6.0 kN/m ² o 4.0 kN/m ² |

Combinazioni di carico – solaio intermedio



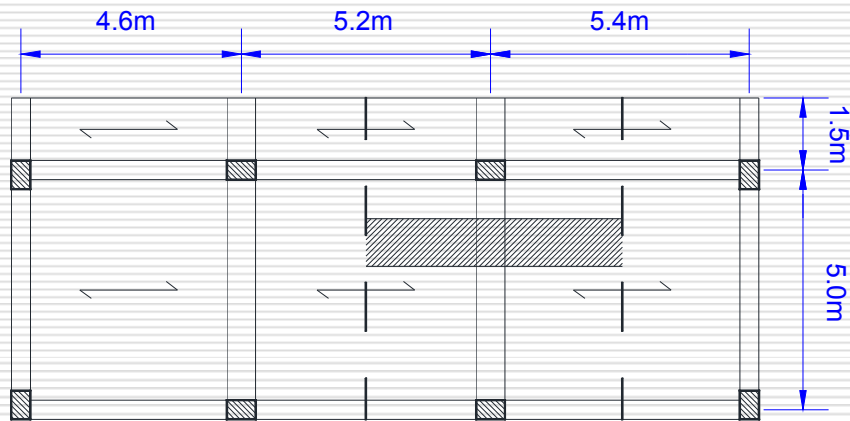
Correzione del modello di trave continua

La cerniera di estremità della trave continua, a momento nullo, rappresenta nella realtà un vincolo di semi-incastro il cui momento è tutt'altro che nullo.



Per questo motivo, si aggiunge fuori calcolo un momento negativo che può essere calcolato considerando la campata come una trave incastrata e caricata con la metà del carico complessivo (permanente + variabile)

Determinazione dei carichi sulla trave

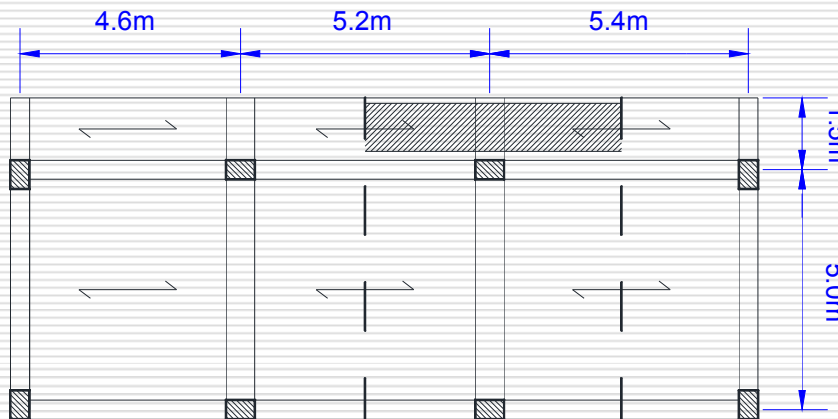


Interasse:
 $(5.2+5.4) \cdot 0.5 = 5.3\text{m}$

| | Permanente strutturale | Permanente non strutturale | Variabile |
|-----------------------------|------------------------|----------------------------|-------------|
| Carico (kN/m ²) | 3.76 | 1.92+1.6=3.52 | 2.0 |
| interasse | 5.3 | 5.3 | 5.3 |
| Carico (kN/m) | 25.9 | 18.656 | 10.6 |

$$S_{d1} = 1.3 \cdot 25.9 + 1.5 \cdot 18.656 + 1.5 \cdot 10.6 = 77.56 \text{ kN/m}$$

Determinazione dei carichi sulla trave

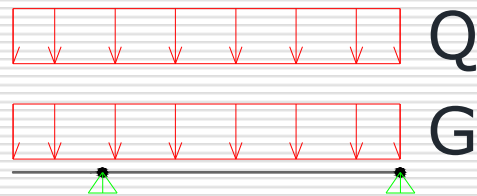


Interasse:
 $(5.2+5.4) \cdot 0.5 = 5.3\text{m}$

| | Permanente strutturale | Permanente non strutturale | Variabile | Neve |
|-----------------------------|------------------------|----------------------------|-------------|------------|
| Carico (kN/m ²) | 5.0 | 1.62 | 4.0 | 1.416 |
| interasse | 5.3 | 5.3 | 5.3 | 5.3 |
| Carico (kN/m) | 26.5 | 8.58 | 21.2 | 7.5 |

$$S_{d1} = 1.3 \cdot 26.5 + 1.5 \cdot 8.58 + 1.5 \cdot 21.2 + 1.5 \cdot 0.5 \cdot 7.5 = 84.75 \text{ kN/m}$$

Combinazioni di carico – trave



$$Y_B := \frac{1}{1} \left[(G_{bd} + Q_{bd}) \cdot a \cdot \left(1 + \frac{a}{2} \right) + (G_{sd} + Q_{sd}) \cdot \frac{l^2}{2} \right] \quad Y_B = 340.085 \text{ kN}$$

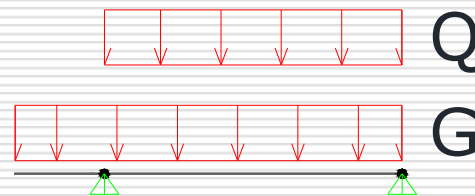
$$Y_C := (G_{bd} + Q_{bd}) \cdot a + (G_{sd} + Q_{sd}) \cdot l - Y_B \quad Y_C = 174.832 \text{ kN}$$

$$M_B := -(G_{bd} + Q_{bd}) \cdot \frac{a^2}{2} \quad M_B = -95.338 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{BC}(x) := Y_C \cdot x - (G_{sd} + Q_{sd}) \cdot \frac{x^2}{2}$$

$$x_{mx} := \frac{Y_C}{(G_{sd} + Q_{sd})} \quad x_{mx} = 2.254 \text{ m}$$

$$M_{max} := M_{BC}(x_{mx}) \quad M_{max} = 197.05 \text{ kN}\cdot\text{m}$$



$$Y_B := \frac{1}{1} \left[G_{bd} \cdot a \cdot \left(1 + \frac{a}{2} \right) + (G_{sd} + Q_{sd}) \cdot \frac{l^2}{2} \right] \quad Y_B = 275.527 \text{ kN}$$

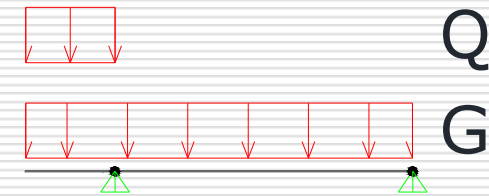
$$Y_C := G_{bd} \cdot a + (G_{sd} + Q_{sd}) \cdot l - Y_B \quad Y_C = 183.253 \text{ kN}$$

$$M_B := -G_{bd} \cdot \frac{a^2}{2} \quad M_B = -53.235 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{BC}(x) := Y_C \cdot x - (G_{sd} + Q_{sd}) \cdot \frac{x^2}{2}$$

$$x_{mx} := \frac{Y_C}{(G_{sd} + Q_{sd})} \quad x_{mx} = 2.363 \text{ m}$$

$$M_{max} := M_{BC}(x_{mx}) \quad M_{max} = 216.488 \text{ kN}\cdot\text{m}$$



$$Y_B := \frac{1}{1} \left[(G_{bd} + Q_{bd}) \cdot a \cdot \left(1 + \frac{a}{2} \right) + G_{sd} \cdot \frac{l^2}{2} \right] \quad Y_B = 300.335 \text{ kN}$$

$$Y_C := (G_{bd} + Q_{bd}) \cdot a + G_{sd} \cdot l - Y_B \quad Y_C = 135.082 \text{ kN}$$

$$M_B := -(G_{bd} + Q_{bd}) \cdot \frac{a^2}{2} \quad M_B = -95.338 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{BC}(x) := Y_C \cdot x - G_{sd} \cdot \frac{x^2}{2}$$

$$x_{mx} := \frac{Y_C}{G_{sd}} \quad x_{mx} = 2.191 \text{ m}$$

$$M_{max} := M_{BC}(x_{mx}) \quad M_{max} = 147.967 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Combinazioni di carico per gli stati limite di esercizio

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$
