



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E MECCANICA
Corso di Laurea in Ingegneria Civile

RELAZIONE DI MECCANICA COMPUTAZIONALE DELLE STRUTTURE 1

Risoluzione di una struttura iperstatica tramite diversi metodi di calcolo
Risoluzione di una lastra soggetta ad una tensione assiale

DOCENTI

Massimo Penasa
Andrea Piccolroaz
Matteo Tommaselli

STUDENTI

Angelica Lenzi 173852
Nicola Meoli 186100

Indice

Elenco delle tabelle	3
Elenco delle figure	3
1 Relazione strutturale	4
2 Trave P13 - P18 - Vano scale – Piano primo	5
2.1 Analisi dei carichi trave	5
2.1.1 Peso proprio trave	5
2.1.2 Terrazzo	5
2.1.3 Interno	6
2.1.4 Pareti perimetrali	6
2.1.5 Totale carichi agenti sulla trave	6
2.2 Combinazioni di carico	7
2.3 Calcolo azioni sulla trave	8
2.4 Criteri adottati	8
2.5 Momento	8
3 Pilastro P27	9
4 Pilastro P36	10
A Codice risoluzione trave	11

Elenco delle tabelle

Elenco delle figure

Relazione strutturale

Trave P13 - P18 - Vano scale – Piano primo

2.1 Analisi dei carichi trave

2.1.1 Peso proprio trave

La trave è di sezione triangolare 30×50 cm in calcestruzzo armato. La normativa suggerisce di utilizzare un peso specifico γ_{CLS} pari a $25,0 \text{ kN m}^{-3}$. Pertanto il carico lineare risulta

$$G_1^{trave} = 0.3 \cdot 0.5 \cdot 25 = 3,75 \text{ kN}$$

2.1.2 Terrazzo

Carichi permanenti G1 Come da progetto il peso del solaio ultimato in travetti tralicciati in latero cemento è pari a $g_1^{ter.} 3,20 \text{ kN m}^{-1}$.

Carichi permanenti non strutturali G2 Il carico distribuito su superficie permanente non strutturale agente sul terrazzo è la somma dei singoli carichi degli strati che compongono la stratigrafia presente.

Strato	Peso specifico [kN m^{-3}]	Spessore [m]	$g_{2,k}$ [kN m^{-2}]
Isolante	0,5	0,15	0,075
Massetto calcestruzzo	24,0	0,06	1,44
Pavimento			0,50
Intonaco intradosso	20,0	0,01	0,20
Totale $g_2^{ter.} =$			2,215

Categoria B - balconi La normativa prevede un carico distribuito pari a

Neve L'edificio è ubicato in zona 1 ad una quota superiore a 200 m pertanto il valore di riferimento del carico della neve al suola risulta pari a

$$q_{sk} = 1.39 [1 + (a_s/728)^2] = 1,626 \text{ kN m}^{-2}$$

Si assume che l'edificio sia in zona normale di vento. Pertanto C_E risulta pari a 1. Si assume un coefficiente termico $C_t = 1$ in quanto è assente uno specifico studio riguardo la perdita di calore della costruzione.

Per il calcolo del coefficiente di forma μ_i la normativa prevede due possibili casi dovuti alla vicinanza della copertura a costruzioni più alte in quanto si genera un accumolo di neve. Il primo caso prevede $\mu_1 = 0.8$ ed è costante data la copertura piana. Nel secondo μ_2 è la somma tra il contributo μ_s dello scivolamento della neve dalla copertura al piano superiore e pertanto è nullo essendo piana anch'essa. E il contributo μ_w dovuto al vento che redistribuisce la neve. Questo vale

$$\mu_w = \frac{b_1 + b_2}{2h} = \frac{18 + 6}{2 \cdot 6.2} = 1.935$$

e nel quale si è considerata come b_2 fissa a favore di sicurezza.

Essendo $l_s = 2h > b_2$ il coefficiente μ deve essere valutato come interpolazione tra i due casi, risultando quindi pari a $(0.8 + 1.935)/2 = 1.368$

Il carico dovuto alla neve sul terrazzo risulta infine pari a

$$q_s = q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t \cdot \mu = 1,626 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.368 = 2,224 \text{ kN m}^{-2}$$

Vento

2.1.3 Interno

Carichi permanenti strutturali G1 È presente il medesimo solaio strutturale del terrazzo, pertanto $g_1^{sol.} 3,20 \text{ kN m}^{-1}$.

Carichi permanenti non strutturali G2 Sono costituiti dal pacchetto non strutturale della stratigrafia del solaio e dalle pareti divisorie interne. Per quanto riguarda le pareti divisorie interne il capitolo 3.1.3 delle NTC permette di spalmare il peso delle pareti interne in un carico distribuito su tutta la superficie.

Strato	Peso specifico [kN m ⁻³]	Spessore [m]	$g_{2,k}$ [kN m ⁻²]
Tramezze in laterizio	8,00	0,08	0,64
Intonaco interno	20,0	0,01	0,2
Intonaco esterno	20,0	0,01	0,2
Totale =			1,04

L'altezza delle pareti corrisponde all'altezza di interpiano meno lo spessore del solaio, il che risulta $3,10 - 0,25 = 2,85 \text{ m}$. Il carico lineare delle pareti interne diviene quindi $2,964 \text{ kN m}^{-1}$. Utilizzando la normativa si ottiene così un carico di $1,20 \text{ kN m}^{-2}$.

Unendo tutti i contributi si ha

Strato	Peso specifico [kN m ⁻³]	Spessore [m]	$g_{2,k}$ [kN m ⁻²]
Sottofondo CLS alleggerito	16,0	0,08	1,28
Massetto allettamento	24,0	0,06	1,44
Pavimento ceramica			0,50
Intonaco intradosso	20,0	0,01	0,20
Pareti interne distribuite			1,20
Totale $g_2^{sol.} =$			4,62

2.1.4 Pareti perimetrali

Sono agenti direttamente con un carico lineare al di sopra della trave e si estendono per una altezza pari a quella di interpiano meno la trave. Ovvero $3,10 - 0,5 = 2,60 \text{ m}$.

Strato	Peso specifico [kN m ⁻³]	Spessore [m]	$g_{2,k}$ [kN m ⁻²]
Muratura in laterizio	10	0,30	3
Intonaco interno	20,0	0,01	0,2
Cappotto esterno	0,20	0,12	0,024
Totale =			3,224

$$G_2^{pareti} = 3,224 \text{ kN m}^{-2} \cdot 2,60 \text{ m} = 8,382 \text{ kN m}^{-1}$$

2.1.5 Totale carichi agenti sulla trave

Vengono ora moltiplicati i risultati appena trovati per le relative lunghezze di influenza. Si divide il problema in due zone: A e B come mostrato in FIGURA DA METTERE. Si è considerato il carico uniformemente distribuito nelle due travi adiacenti, pertanto le lunghezze saranno pari alla metà della distanza tra gli interassi dei solai. Nella zona A è quindi pari a 3,00 m nel terrazzo e 2,50 m nel solaio interno. Nella zona B è rispettivamente pari a 1,75 m e 2,50 m.

I carichi a metro lineare sotto riportati tenendo conto di tali lunghezze e sono stati combinati con le relativi azioni agenti sulla trave.

Nel caso dei sovraccarichi variabili si è assunta l'ipotesi che essi agiscano sempre insieme. Ovvero quando è possibile che avvenga il valore caratteristico nel terrazzo, questo avverrà anche nel solaio interno.

Zona A

$$\begin{aligned}
G_1^A &= g_1^{ter.} \cdot L^{ter.} + g_1^{sol.} \cdot L^{sol.} + G_1^{trave} \\
&= 3,20 \text{ kN m}^{-2} \cdot 3,00 \text{ m} + 3,20 \text{ kN m}^{-2} \cdot 2,50 \text{ m} + 3,75 \text{ kN m}^{-1} \\
&= 21,35 \text{ kN m}^{-1} \\
G_2^A &= g_2^{ter.} \cdot L^{ter.} + g_2^{sol.} \cdot L^{sol.} + G_2^{pareti} \\
&= 2,215 \text{ kN m}^{-2} \cdot 3,00 \text{ m} + 4,62 \text{ kN m}^{-2} \cdot 2,50 \text{ m} + 8,382 \text{ kN m}^{-1} \\
&= 26,58 \text{ kN m}^{-1} \\
Q_{cat.B}^A &= q_{cat.B}^{ter.} \cdot L^{ter.} + q_{cat.B}^{sol.} \cdot L^{sol.} \\
&= 4,00 \text{ kN m}^{-2} \cdot 3,00 \text{ m} + 3,00 \text{ kN m}^{-2} \cdot 2,50 \text{ m} \\
&= 19,50 \text{ kN m}^{-1} \\
Q_{neve}^A &= q_s \cdot L^{ter.} = 2,224 \text{ kN m}^{-2} \cdot 3,00 \text{ m} = 6,672 \text{ kN m}^{-1}
\end{aligned}$$

Zona B I carichi su superficie sono gli stessi della zona A e cambiano solo le lunghezze di riferimento. Si ha perciò

$$\begin{aligned}
G_1^B &= 17,35 \text{ kN m}^{-1} \\
G_2^B &= 23,81 \text{ kN m}^{-1} \\
Q_{cat.B}^B &= 14,50 \text{ kN m}^{-1} \\
Q_{neve}^B &= 3,892 \text{ kN m}^{-1}
\end{aligned}$$

2.2 Combinazioni di carico

Al fine di trovare le azioni più incisive nel caso di carico massimo e di carico minimo, si sono valutate le azioni sfavorevoli e favorevoli con diverse disposizione nelle campate. Si elencheranno qui le diverse possibili combinazioni di carico agli stati limite ultimi e di esercizio.

Zona A

$$\begin{aligned}
SLU_{cat.B}^{sfav} &= \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{cat.B} \cdot Q_{cat.B} + \gamma_{neve} \cdot Q_{neve} \cdot \psi_{02} + \gamma_{vento} \cdot Q_{vento} \cdot \psi_{03} \\
&= 1.3 \cdot 21,35 + 1.5 \cdot 26,58 + 1.5 \cdot 19,50 + 1.5 \cdot 6,672 \cdot 0.5 + 1.5 \cdot 99,99 \cdot 0.6 \\
&= 99,99 \text{ kN m}^{-1}
\end{aligned} \tag{2.1}$$

$$\begin{aligned}
SLU_{neve}^{sfav} &= \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{neve} \cdot Q_{neve} + \gamma_{cat.B} \cdot Q_{cat.B} \cdot \psi_{02} + \gamma_{vento} \cdot Q_{vento} \cdot \psi_{03} \\
&= 1.3 \cdot 21,35 + 1.5 \cdot 26,58 + 1.5 \cdot 6,672 + 1.5 \cdot 19,50 \cdot 0.7 + 1.5 \cdot 99,99 \cdot 0.6 \\
&= 99,99 \text{ kN m}^{-1}
\end{aligned} \tag{2.2}$$

$$\begin{aligned}
SLU_{vento}^{sfav} &= \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{vento} \cdot Q_{vento} + \gamma_{cat.B} \cdot Q_{cat.B} \cdot \psi_{02} + \gamma_{neve} \cdot Q_{neve} \cdot \psi_{03} \\
&= 1.3 \cdot 21,35 + 1.5 \cdot 26,58 + 1.5 \cdot 99,99 + 1.5 \cdot 19,50 \cdot 0.7 + 1.5 \cdot 6,672 \cdot 0.5 \\
&= 99,99 \text{ kN m}^{-1}
\end{aligned} \tag{2.3}$$

$$\begin{aligned}
SLU^{fav} &= \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \varnothing \\
&= 1.0 \cdot 21,35 + 0.8 \cdot 26,58 \\
&= 42,61 \text{ kN m}^{-1}
\end{aligned} \tag{2.4}$$

$$\begin{aligned}
SLE_{cat. B}^{rara} &= G_1 + G_2 + Q_{cat.B} + \psi_{02} \cdot Q_{neve} + \psi_{03} \cdot Q_{vento} \\
&= 21,35 + 26,58 + 19,50 + 0.5 \cdot 6,672 + 0.6 \cdot 99,99 \\
&= 99,99 \text{ kN m}^{-1}
\end{aligned} \tag{2.5}$$

$$\begin{aligned}
SLE_{neve}^{rara} &= G_1 + G_2 + Q_{neve} + \psi_{02} \cdot Q_{cat.B} + \psi_{03} \cdot Q_{vento} \\
&= 21,35 + 26,58 + 6,672 + 0.7 \cdot 19,50 + 0.6 \cdot 99,99 \\
&= 99,99 \text{ kN m}^{-1}
\end{aligned} \tag{2.6}$$

$$\begin{aligned}
SLE_{vento}^{rara} &= G_1 + G_2 + Q_{vento} + \psi_{02} \cdot Q_{cat.B} + \psi_{03} \cdot Q_{neve} \\
&= 21,35 + 26,58 + 99,99 + 0.7 \cdot 19,50 + 0.6 \cdot 6,672 \\
&= 99,99 \text{ kN m}^{-1}
\end{aligned} \tag{2.7}$$

$$\begin{aligned}
SLE_{cat. B}^{frequente} &= G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{cat.B} + \psi_{22} \cdot Q_{neve} + \psi_{23} \cdot Q_{vento} \\
&= 21,35 + 26,58 + 0.5 \cdot 19,50 + \emptyset + \emptyset \\
&= 57,68 \text{ kN m}^{-1}
\end{aligned} \tag{2.8}$$

$$\begin{aligned}
SLE_{neve}^{frequente} &= G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{cat.B} + \psi_{22} \cdot Q_{neve} + \psi_{23} \cdot Q_{vento} \\
&= 21,35 + 26,58 + 0.2 \cdot 6,672 + 0.3 \cdot 19,50 + \emptyset \\
&= 55,11 \text{ kN m}^{-1}
\end{aligned} \tag{2.9}$$

$$\begin{aligned}
SLE_{vento}^{frequente} &= G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{vento} + \psi_{22} \cdot Q_{cat.B} + \psi_{23} \cdot Q_{neve} \\
&= 21,35 + 26,58 + 0.2 \cdot 99,99 + 0.3 \cdot 19,50 + \emptyset \\
&= 99,99 \text{ kN m}^{-1}
\end{aligned} \tag{2.10}$$

$$\begin{aligned}
SLE_{cat. B}^{quasi perm.} &= G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{cat.B} + \psi_{22} \cdot Q_{neve} + \psi_{23} \cdot Q_{vento} \\
&= 21,35 + 26,58 + 0.3 \cdot 19,50 + \emptyset + \emptyset \\
&= 53,78 \text{ kN m}^{-1}
\end{aligned} \tag{2.11}$$

$$\tag{2.12}$$

Zona B

2.3 Calcolo azioni sulla trave

2.4 Criteri adottati

2.5 Momento

Pilastro P27

Pilastro P36

Codice risoluzione trave