

Seconda esercitazione progettuale Progetto di un telaio piano in c.a.

Esempio numerico di analisi dei carichi e
predimensionamento delle travi di
impalcato

Premessa

Il progetto di una struttura intelaiata in c.a. passa attraverso le fasi tipiche di qualsiasi progettazione strutturale:

1. Analisi dei carichi;
2. Analisi delle sollecitazioni;
3. Progettazione delle sezioni (essenzialmente dell'armatura a flessione e taglio);
4. Verifica.

Poichè la struttura in oggetto ha schema più volte iperstatico, le sollecitazioni che competono alle varie membrature non possono essere determinate utilizzando soltanto condizioni di equilibrio, ma, coinvolgendo anche condizioni di congruenza, dipendono dai rapporti di rigidezza tra i vari elementi e, in definitiva, dalle dimensioni delle loro sezioni. Pertanto, la scelta delle sezioni degli elementi strutturali (il cosiddetto predimensionamento della struttura) rappresenta un passaggio preliminare rispetto alla sequenza di fasi elencate sopra. Tale fase serve pure a definire compiutamente quella parte di azioni che competono alla struttura in quanto derivanti dal peso proprio degli elementi strutturali. Siccome il predimensionamento è preliminare all'analisi completa della struttura, esso può essere condotto facendo riferimento a schemi semplificati ottenuti estraendo le membrature dalla struttura nel suo insieme ed assegnando ad esse le azioni principali. Ad esempio, il predimensionamento delle travi può essere condotto estraendo le varie travi dalla struttura intelaiata ed assumendo per esse schemi strutturali semplificati (tipicamente di trave appoggiata o continua su più appoggi). L'analisi dei carichi trasmessi dal solaio sulle travi (analisi condotta per "luci di influenza") consente di definire i carichi da assegnare a tali schemi semplificati. Formule parimenti semplificate possono quindi, utilizzarsi per la valutazione delle massime sollecitazioni (ad esempio dei massimi momenti flettenti) in base alle quali progettare le dimensioni da assegnare alle varie sezioni. Quello che segue è un esempio di predimensionamento di travi e pilastri della struttura intelaiata condotto sulla base dei carichi determinati per il solaio progettato nella EP1. Detti carichi, come le loro combinazioni considerate nel progetto

Valutazione dei carichi sulle travi.

La valutazione dei carichi agenti sulle travi può essere condotta a partire dai carichi per unità di superficie presenti sul solaio. Si riportano nel seguito i valori numerici di quei carichi:

- impalcato tipo:

$g_{sol,k} = 5.80 \text{ kN/m}^2$	$q_{sol,k} = 2.00 \text{ kN/m}^2$
$g_{sb,k} = 4.30 \text{ kN/m}^2$	$q_{sb,k} = 4.00 \text{ kN/m}^2$
$F_{sb,k} = 1.50 \text{ kN/m}$	

- impalcato di copertura (per il carico da neve si veda il D.M. 14/01/08 capitolo 3.4):

$g_{sol,k} = 4.80 \text{ kN/m}^2$	$q_{s,k} = 1.50 \text{ kN/m}^2$
-----------------------------------	---------------------------------

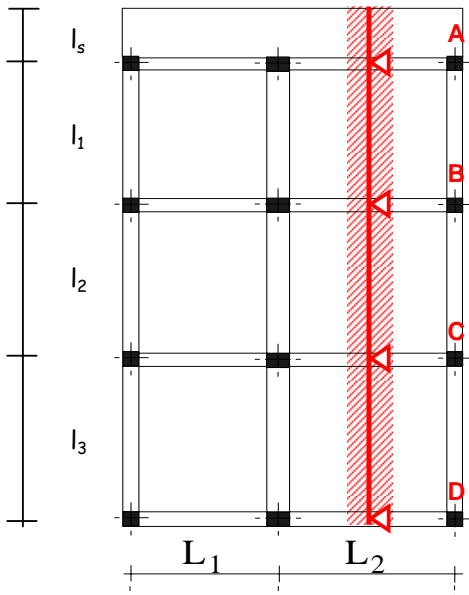
I valori di progetto del carico si ottengono moltiplicando le azioni permanenti G per un fattore parziale $\gamma_G = 1.0$ (se riduce la sollecitazione di progetto) e quelle variabili Q per un fattore $\gamma_Q = 1.50$ (se riduce la sollecitazione).

Si ricorda che le luci del solaio sono le seguenti:

$l_3 = 1.15 \text{ m}$ $l_1 = 5.25 \text{ m}$ $l_2 = 6.10 \text{ m}$
 $l_3 = 4.40 \text{ m}$

Le larghezze dell'impalcato sono:

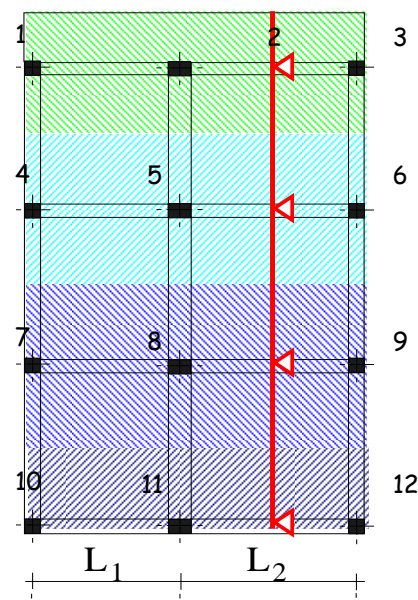
$L_1 = 4.40 \text{ m}$
 $L_2 = 5.10 \text{ m}$



Con riferimento ai dati riepilogati sopra è possibile valutare il carico per unità di lunghezza sulle travi riconoscendo che tale carico corrisponde alle reazioni vincolari valutabili sullo schema di solaio riportato nella figura ed analizzato nel primo elaborato progettuale. Avendo già analizzato tale schema è possibile trarne i valori delle reazioni vincolari a partire dalla soluzione "esatta" della trave continua.

Tuttavia, dovendo distinguere i carichi sulle travi tra azioni permanenti e variabili e potendo accettare qualche approssimazione nei valori numerici a vantaggio di una maggiore facilità e chiarezza nel calcolo, si procede alla valutazione dei carichi sulle travi ragionando per aree di influenza come evidenziato nella figura seguente. Si ipotizza, cioè, che su ogni appoggio scarichino per metà le due campate adiacenti.

Procedendo in questo modo, non si terrebbe conto della continuità che contraddistingue il solaio in corrispondenza degli appoggi; questo fatto comporterebbe una sottostima del carico che compete alle travi centrali. Per tener conto della continuità dello schema del solaio si può ricorrere all'utilizzo dei cosiddetti coefficienti di continuità per aumentare il carico che compete alle travi intermedie. Per lo schema di trave continua su 4 appoggi tale coefficiente si può porre con buona approssimazione uguale a 1.10 (tale valore sarebbe proprio quello esatto se le luci fossero uguali e non ci fosse lo sbalzo). Sulla base di queste considerazioni è possibile valutare come segue i carichi che agiscono sulle travi:



- **impalcato tipo (1° e 2° piano):**

Trave 1-2-3

$g_k = 20.17 \text{ kN/m}$ $q_k = 9.85 \text{ kN/m}$

Trave 4-5-6

$g_k = 36.21 \text{ kN/m}$ $q_k = 12.49 \text{ kN/m}$

Trave 7-8-9

$$g_k = 33.50 \text{ kN/m} \quad q_k = 11.55 \text{ kN/m}$$

Trave 10-11-12

$$g_k = 12.76 \text{ kN/m} \quad q_k = 4.40 \text{ kN/m}$$

- impalcati di copertura (3° piano):

Trave 1-2-3

$$g_k = 17.545 \text{ kN/m} \quad q_k = 5.66 \text{ kN/m}$$

Trave 4-5-6

$$g_k = 29.96 \text{ kN/m} \quad q_k = 9.36 \text{ kN/m}$$

Trave 7-8-9

$$g_k = 27.72 \text{ kN/m} \quad q_k = 8.66 \text{ kN/m}$$

Trave 10-11-12

$$g_k = 10.56 \text{ kN/m} \quad q_k = 3.30 \text{ kN/m}$$

La valutazione dei carichi che competono alle travi longitudinali può essere condotta come segue:

Travi 1-4-7-10 e 3-6-9-12

	<u>permanenti</u>	<u>variabili</u>
- fascia di solaio di larghezza 50 cm	2.90	1.00
- tompagnatura esterna (0.30x3.50x8.0)	8.40	0.00
- peso proprio (ipotizzando sez. 30x50)	3.75	0.00
	-----	-----
Totali	$g_k = 15.05 \text{ kN/m}$	$q_k = 1.00 \text{ kN/m}$

Trave 2-5-8-11

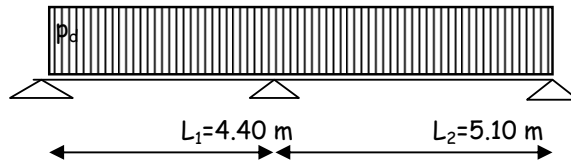
	<u>permanenti</u>	<u>variabili</u>
- fascia di solaio di larghezza 100 cm	5.80	2.00
- peso proprio (ipotizzando sez. 30x50)	3.75	0.00
	-----	-----
Totali	$g_k = 9.55 \text{ kN/m}$	$q_k = 2.00 \text{ kN/m}$

Predimensionamento delle travi

Avendo valutato i carichi che competono alle travi è ora possibile procedere al loro predimensionamento. Il calcolo sarà condotto come esempio soltanto per la trave 4-5-6 (alla

Trave 4-5-6

Per la trave in oggetto (rappresentata nella figura) si deve valutare il momento massimo - in valore assoluto - risolvendo lo schema magari servendosi di un prontuario di calcolo che fornisce la seguente relazione:



schema 1

$$M_{Sd} = |M_B| = \frac{p_d \cdot L_2^2}{8} \cdot \frac{1 + (L_1/L_2)^3}{1 + (L_1/L_2)} = 198.97 \text{ kNm}$$

avendo assunto come valore di progetto del carico

$$p_d = 65.80 \text{ kN/m}$$

ed assumendo una base

$$b = 30 \text{ cm}$$

si può progettare l'altezza della sezione in maniera tabellare; imponendo un valore \$\xi=0.25\$ per l'asse neutro adimensionalizzato ed adottando l'ipotesi (preliminare) di doppia armatura \$\rho=0.50\$ la tabella di progetto (pag. 432 libro prof. Faella, vol. 1b) fornisce il seguente valore per \$r_u\$

$$r_u = 0.1602$$

si ottiene

$$h = r_u \cdot \sqrt{\frac{M_{Sd}}{b}} = 41.26 \text{ cm}$$

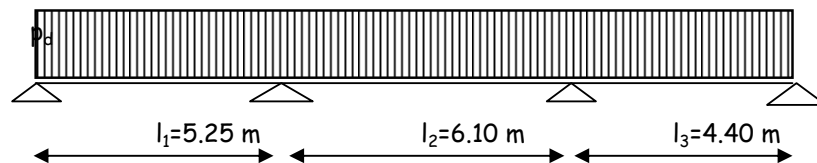
si adotta allora un valore dell'altezza

$$h = 50 \text{ cm}$$

Per inciso si osserva che la formula per il calcolo di \$h\$ va applicata avendo cura di esprimere in kg il termine in radice ed ottenendo un valore di \$h\$ in cm.

Trave 2-5-8-11

Per la trave in oggetto si adotta lo schema in figura e si deve valutare il momento massimo che in maniera semplificata può essere



schema 2

semplificata può essere stimato con la seguente

$$M_{Sd,max} = \frac{p_d \cdot L_{max}^2}{10} = 60.91 \quad \text{kNm}$$

avendo assunto come valore di progetto del carico

$$p_d = 16.37 \quad \text{kN/m}$$

Il livello di sollecitazione non risulta elevato e, quindi, è possibile ricorrere ad una trave a spessore di solaio per la quale

$$h = 26 \quad \text{cm}$$

si può progettare la base della sezione in maniera tabellare; imponendo un valore $\xi=0.25$ per l'asse neutro adimensionalizzato ed adottando l'ipotesi (preliminare) di doppia armatura $\rho=0$ la tabella di progetto (pag. 433 libro prof. Faella, vol. 1b) fornisce il seguente valore per r_u

$$r_u = 0.2373$$

si ottiene

$$b = r_u^2 \cdot \frac{M_{Sd}}{h^2} = 50.74 \quad \text{cm}$$

si adotta, comunque, il seguente valore della base

$$b = 60 \quad \text{cm}$$

Nel presente documento viene proposto soltanto il progetto delle due travi menzionate sopra. Nello svolgimento dell'esercitazione progettuale il predimensionamento deve essere effettuato per tutte le travi dell'impalcato.