

DIMENSIONAMENTO TRAVE

Per il dimensionamento di una trave, partiamo dall'analisi dei diversi carichi. La struttura è composta da telai piani, travi e pilastri. Dallo studio della pianta si evince che la trave più sollecitata, quella su cui ci andremo a concentrare, si trova in mezzera, dal momento in cui ha un'area di influenza maggiore, dunque porta più solaio.

Area di influenza = interasse x luce trave

Interasse = 6m

In questa esercitazione analizzeremo il comportamento del: calcestruzzo armato.

CALCESTRUZZO ARMATO

ANALISI DEI CARICHI

1. CARICO STRUTTURALE (qs)

Carico dovuto al peso proprio di tutti quegli elementi che svolgono una funzione portante.

SOLETTA (qs1):

peso specifico del cemento = 25KN/mc

spessore soletta = 0.04 m

$25\text{KN/mc} \times 0.04\text{m} = \underline{1\text{KN/mq}}$

TRAVETTI (qs2):

peso specifico del cemento = 25KN/mc

area travetti = base x altezza = 0.1m x 0.2m

interasse = 0.5m

$(25\text{KN/mc} \times 0.1\text{m} \times 0.2\text{m}) / 0.5\text{m} = \underline{1\text{KN/mq}}$

PIGNATTE (qs3):

peso specifico mattoni forati = 5KN/mc

area pignatte = base x altezza = 0.2m x 0.4 m = 0.08mq

interasse = 0.5m

$(4\text{KN/mc} \times 0.08\text{mq}) / 0.5\text{m} = \underline{0.8\text{KN/mq}}$

TRAVE (qs4):

peso specifico del cemento = 25KN/mc

area trave = base x altezza = 0.2m x 0.55 m = 0.11mq

interasse = 6m

$(25\text{KN/mc} \times 0.11\text{mq}) / 6\text{m} = \underline{0.41\text{KN/mq}}$

$qs = qs1 + qs2 + qs3 + qs4 = 3.21\text{KN/mq}$

2. CARICO PERMANENTE (qp)

Carico dovuto al peso proprio di tutti quegli elementi che gravano sulla struttura portante per il suo intero periodo di vita e che non svolgono una funzione strutturale.

PARQUET:

peso specifico = 7.5KN/mc
 spessore pavimento in gres = 0.02m
 $7.5\text{KN/mc} \times 0.02\text{m} = \underline{0.15\text{KN/mq}}$

MASSETTO:

peso specifico calcestruzzo alleggerato = 5KN/mc
 spessore massetto = 0.04m
 $5\text{KN/mc} \times 0.04\text{m} = \underline{0.2\text{KN/mq}}$

INTONACO IN GESSO:

peso specifico intonaco in gesso = 20KN/mc
 spessore intonaco = 0.015m
 $20\text{KN/mc} \times 0.015\text{m} = \underline{0.315\text{KN/mq}}$

INCIDENZA TRAMEZZI = 1KN/mq

qp = (0.15 + 0.2 + 0.315 + 1 + 0.4)KN/mq = 2KN/mq

3. CARICO ACCIDENTALE (qa)

Carico dovuto a una serie di pesi che possono variare nel tempo come non verificarsi mai nell'intera vita dell'edificio. In questa esercitazione prendiamo in considerazione esclusivamente i carichi di esercizio regolati dalla normativa. Progettando un edificio per uffici con acceso pubblico

qa = 3KN/mq.

Una volta calcolati i carichi qs, qp e qa, andiamo a ricavarci il carico totale (qu) al metro lineare sulla trave. I passaggi che dovremmo eseguire sono i seguenti:

_moltiplicare ogni singolo carico per un proprio fattore di sicurezza datoci dalla normativa in funzione dello stato limite che si vuole considerare, che in questo caso equivale con lo stato limite ultimo.

_moltiplicare tale sommatoria di carichi per l'interasse della trave, in modo tale da riuscire ad ottenere la densità di carico lineare agente sulla trave in KN/m.

qu = ((1.3 x qs) + (1.5 x qp) + (1.5 x qa)) x interasse

interasse (m)	qs (KN/m ²)	qp (KN/m ²)	qa (KN/m ²)	qu (KN/m)	luce (m)
6,00	3,22	2,00	3,00	70,12	6,00
				75,97	6,00
6,00	3,22	2,00	3,00	73,56	5,00
				76,49	5,00

A questo punto bisogna andare a determinare il momento massimo.

Ricordiamo che il calcestruzzo armato **non è un materiale omogeneo**, dobbiamo dunque considerare i suoi componenti in maniera diversa

La scelta dell'acciaio è condizionata dalla normativa, in questo caso andiamo a considerare un **acciaio di tipo B450C**.

Resistenza caratteristica dell'acciaio **$f_{yk} = 450\text{MPa}$** .

Da questo possiamo ottenere la tensione di progetto dell'acciaio f_{yd} , dividendo f_{yk} per il coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio ($=1.15$) per gli acciai da armatura.

In seguito andiamo a definire il tipo di calcestruzzo che vogliamo utilizzare: scegliamo il calcestruzzo C50/60 con resistenza caratteristica a compressione pari a 60MPa.

Resistenza caratteristica del calcestruzzo **$f_{ck} = 40\text{MPa}$** .

Da questo possiamo ottenere la tensione di progetto del calcestruzzo f_{cd} dividendo f_{ck} per il coefficiente parziale di sicurezza ($=1.5$) relativo al calcestruzzo e moltiplicando il tutto per il coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata ($=0.85$).

f_{yk} (N/mm ²)	f_{yd} (N/mm ²)	f_{ck} (N/mm ²)	f_{cd} (N/mm ²)
450,00	391,30	40,00	22,67
450,00	391,30	40,00	22,67

Una volta ottenuti i valori delle tensioni di progetto passiamo al dimensionamento della trave attraverso la definizione dell'altezza minima della sua sezione.

$$H_{min} = h_u + \delta$$

Come visibile dalla formula va prima definita l'altezza utile della sezione: in tale passaggio risulta necessario ipotizzare una dimensione per la base e per il copriferro:

$$\text{base} = 20\text{cm} \quad \text{copriferro} = 5\text{cm}$$

Posso ora andare a definire h_u (altezza utile della sezione)

$$H_u = r \times (M_{max} / (b \times f_{cd}))^{0.5}$$

$$\text{Dove } r = (1 / (0.5 \times (1 - \beta/3) \times \beta))^{0.5}$$

$$\text{Dove } \beta = f_{cd} / (f_{cd} + f_{yd}/n)$$

Dove $n = 15$ (coefficiente di omogeneizzazione)

$$h_u = 48.60\text{cm}.$$

Possiamo ora determinare l'altezza minima della sezione data dalla somma fra δ (distanza tra il baricentro dell'armatura e il filo del calcestruzzo teso) e h_u (altezza utile della sezione):

$$H_{min} = 53.60\text{cm}.$$

Procediamo considerando la sezione che avrà base 30cm e altezza 60cm.

In ultima istanza andiamo a verificare la sezione appena scelta aggiungendo il suo peso al carico strutturale ultimo q_u .

Calcoliamo dunque il peso unitario della trave attraverso la sua area e il suo peso specifico del calcestruzzo armato pari a 25KN/mc.

Peso unitario trave = 4.50KN/m. Essendo un carico strutturale q_s , prima di sommarlo al carico totale q_u , andrà moltiplicato questo valore per il coefficiente di sicurezza pari a 1.3.

$$q_s \text{ trave} = .4.505\text{KN/m} \times 1.3 = 5.85\text{KN/m}$$

$$q_u^* = q_u + q_s \text{ trave} = (70.12 + 5.85)\text{KN/m} = 75.97\text{KN/m}$$

Osserviamo come $H_{min} < H_{design}$. La sezione è verificata.

β	r	b (cm)	h_u (cm)	δ (cm)	H_{min} (cm)	H	H/l	area (m ²)	peso unitario (KN/m)
0,46	2,26	30,00	48,60	5,00	53,60	60,00	0,09	0,18	4,50
0,46	2,26	30,00	50,59	5,00	55,59	verificata			
0,57	2,09	20,00	38,37	5,00	43,37	45,00	0,09	0,09	2,25
0,57	2,09	20,00	39,13	5,00	44,13	verificata			

DIMENSIONAMENTO PILASTRO

Una volta progettata la sezione della trave e calcolato il carico del solaio dei tre materiali in analisi, si va ad individuare, all'interno del telaio, il pilastro maggiormente sollecitato, che risulterà essere quello avente l'area d'influenza maggiore. Occorre inoltre dire che il pilastro preso in analisi si troverà al piano terra, poiché è qui che tutti i carichi dei piani soprastanti vengono trasmessi.

Inseriamo nella tabella Excel i due valori:

$L_p = 6\text{m}$; $L_s = 5\text{m}$ che corrispondono ai due lati dell'area di influenza della trave così da poterne calcolare l'area:

$$\text{Area} = L_p \times L_s = 30\text{mq}$$

CALCESTRUZZO ARMATO

- si definiscono i pesi propri delle travi che appoggiano in testata al pilastro moltiplicando il loro peso unitario per la loro lunghezza contenuta nell'area di influenza del pilastro.
 trave principale = peso specifico trave x sezione trave = $25\text{KN/mc} \times 0.18\text{mq} = 4.50\text{KN/m}$
 trave secondaria = peso specifico trave secondaria x sezione trave secondaria = $25\text{KN/mc} \times 0.09\text{mq} = 2.25\text{KN/m}$

$$q_{trave} = (\text{trave principale} \times L_p \times 1.3) + (\text{trave secondaria} \times L_s \times 1.3)$$

L_p	L_s	Area	trave _p	trave _s	q_{trave}
m	m	m ²	kN/m	kN/m	kN
6,00	5,00	30,00	4,50	2,25	49,73

- si definisce il carico del solaio attraverso la combinazione allo stato limite ultimo del carico strutturale.

$$q_{solaio} = (1.3 \times q_s + 1.5 \times q_p + 1.5 \times q_a) \times \text{Area influenza pilastro}$$

q_s	q_p	q_a	q_{solaio}
kN/mq	kN/mq	kN/mq	kN
3,22	2,00	3,00	350,58

3. Determinare lo sforzo di compressione N totale agente sul pilastro:

$$N = (q_{\text{solaio}} \times q_{\text{trave}}) \times n \text{ piani}$$

Una volta ricavata la forza agente sul pilastro andiamo a dimensionare la sezione a partire dalla resistenza al materiale arrivando alla prima incognita del problema: **l'Area minima**

$$\text{Area minima} = (N \times 10) / f_{cd}$$

n_{piani}	N	f_{ck}	f_{cd}	A_{min}
	kN	Mpa	Mpa	cm ²
5	2002	40,0	22,7	883,0

4. Aggiungiamo il valore del modulo di elasticità E, il valore di β e l, che in questo caso è l'altezza del pilastro (4m). Otteniamo il massimo valore di snellezza (λ^*) che può avere l'elemento che stiamo dimensionando e il minimo valore del raggio di inerzia (ρ_{min}). Una volta ottenuta la base minima della sezione, andiamo a definirla.

$$\text{Base minima} = (12^{\wedge}2) \times \rho_{\text{min}}$$

L'altezza la si ricava con: $h_{\text{min}} = \text{Area minima} / \text{base}$

Andiamo a definirla.

A_{min}	b_{min}	E	β	l	λ^*	ρ_{min}	b_{min}	b	h_{min}	h	A_{design}	I_{design}
cm ²	cm	Mpa		m		cm	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm ⁴
883,0	29,7	21000	0,70	4,00	95,62	2,93	10,14	40,00	22,08	50,00	2000	266667

5. È infine necessaria una verifica della presso-flessione. Per verificare il pilastro a presso-flessione si deve imporre che la tensione massima sia minore della resistenza di progetto: **$\sigma_{\text{max}} \leq f_{cd}$** .

b_{min}	b	h_{min}	h	A_{design}	I_{design}	I_{max}	W_{max}	q_t	M_t	σ_{max}	
cm	cm	cm	cm	cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	kN/m	kN*m	Mpa	
10,14	40,00	22,08	50,00	2000	266667	416667	16666,67	58,43	175,29	20,53	Sì

DIMENSIONAMENTO MENSOLA

Per il dimensionamento delle travi che devono sorreggere uno sbalzo, prendo in analisi una delle travi con la maggior area d'influenza.

Lo sbalzo che deve coprire è pari a 1.5m

CALCESTRUZZO ARMATO

Inseriti i valori, precedentemente trovati con il dimensionamento della trave, di q_s , q_p e q_a , inseriamo la luce dello sbalzo per poter ricavare il momento massimo.

interasse (m)	q_s (kN/mq)	q_p (kN/mq)	q_a (kN/mq)	q_u (kN/m)	luce (m)	M_{max} (kN*m)
5	3,22	0,70	3,00	48,68	1,5	54,77
				51,61	1,50	58,06

Mediante il momento massimo agente e la resistenza del materiale, già precedentemente definita, si può determinare l'altezza utile, dalla quale, aggiungendo il copriferro, si ottiene l'altezza minima della sezione.

Per verificare la mensola occorre definire due diversi procedimenti:

_la prima verifica : l'**abbassamento**, poiché esso non deve essere maggiore di 1/250 della luce.

_la seconda verifica prevede l'aggiunta del peso proprio della trave al carico strutturale precedentemente ottenuto, così da poter definire una nuova altezza minima che dovrà risultare minore dell'altezza precedentemente scelta.

interasse (m)	q_s (kN/mq)	q_p (kN/mq)	q_a (kN/mq)	q_u (kN/m)	luce (m)	M_{max} (kN*m)	f_{yk} (N/mm ²)	f_{yd} (N/mm ²)	f_{ck} (N/mm ²)	f_{cd} (N/mm ²)	β	r	b (cm)	h_u (cm)
5	3,22	0,70	3,00	48,68	1,5	54,77	450	391,30	40	22,67	0,46	2,26	30	20,25
				51,61	1,50	58,06	450,00	391,30	40,00	22,67	0,46	2,26	30,00	20,85

δ (cm)	H_{min} (cm)	H (cm)	area (m ²)	peso (kN/m)	q_e	E (N/mm ²)	I_x (cm ⁴)	v_{max} (cm)	l/v_{max}	
5	25,25	30	0,09	2,25	29,35	21000	67500	0,13	1144,80	Si
5,00	25,85	verificata								

La mensola è appropriata

