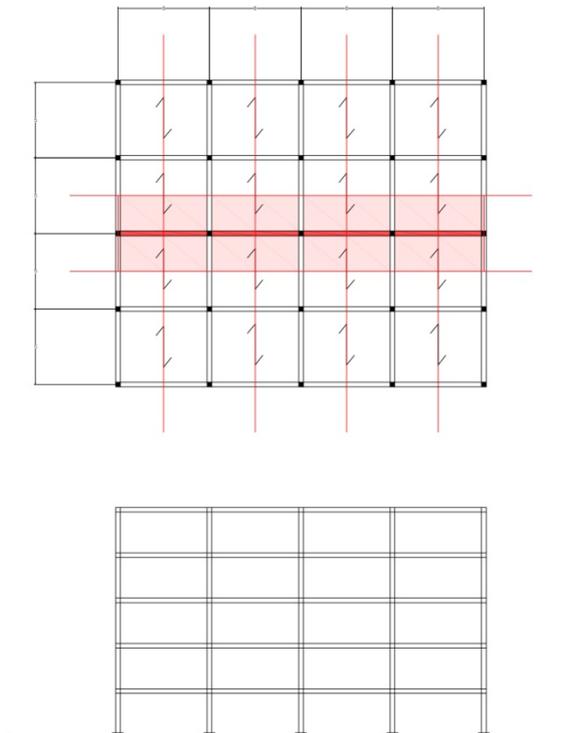


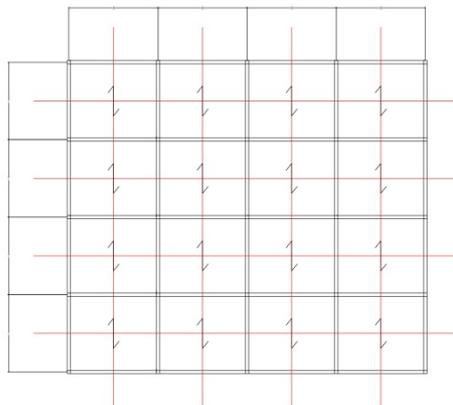
## DIMENSIONAMENTO DI UN TELAIO IN TRE TECNOLOGIE (CEMENTO ARMATO, ACCIAIO, LEGNO)

La struttura che andiamo ad analizzare è una struttura a telaio composta da un sistema di travi e pilastri, di cui prendiamo in esame gli elementi orizzontali e verticali più sollecitati per poi dimensionarli nelle tre tecnologie.

pianta c.a. e legno



pianta acciaio



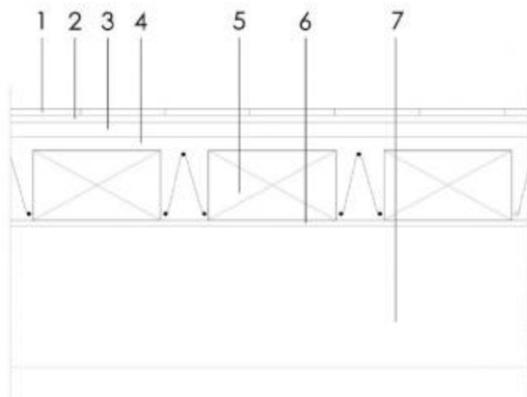
## ANALISI DEI CARICHI

Il primo passaggio da compiere è l'analisi dei carichi delle tre tipologie in esame (solaio in latero cemento, solaio in legno, solaio in acciaio con lamiera grecata), secondo quanto stabilito dalla normativa che prevede l'analisi delle combinazioni di carico  $q_s$  (carico strutturale)  $q_p$  (carico permanente),  $q_a$  (carico accidentale), combinate attraverso i coefficienti di sicurezza  $\gamma$  per ottenere il valore del carico ultimo  $q_u$ .

$$q_u = \gamma_1 \cdot q_s + \gamma_2 \cdot q_p + \gamma_3 \cdot q_a$$

dove  $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$  hanno rispettivamente valori 1,3, 1,5, 1,5.

## CEMENTO ARMATO



- 1- Pavimento in marmo (s. 2,0 cm)
- 2- Sottofondo (s. 2,0 cm)
- 3- Massetto in cls (s. 4,0 cm)
- 4- Soletta (s. 4,0 cm)
- 5- Pignatte 40x20x45 cm
- 6- Intonaco (s. 1,5 cm)
- 7- Trave in calcestruzzo

### COMBINAZIONE DI CARICO STRUTTURALE $q_s$ :

I carichi considerati sono la soletta, le pignatte ed il carico dei travetti.

$$q_{\text{soletta}} = s \cdot \gamma_{\text{cls}} = 0,04\text{m} \cdot 25\text{KN/m}^3 = 1\text{KN/m}^2$$

$$q_{\text{pignatta}} = \text{Volume/m}^2 \cdot \gamma_{\text{laterizio}} \cdot (1/i) = 0,08\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot 8\text{KN/m}^3 \cdot (1/0,5\text{m}) = 1,28 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{\text{travetti}} = \text{Volume/m}^2 \cdot \gamma_{\text{cls}} \cdot (1/i) = 0,02\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot 25\text{KN/m}^3 \cdot (1/0,5\text{m}) = 1 \text{ KN/m}^2$$

$$q_s = q_{\text{soletta}} + q_{\text{pignatta}} + q_{\text{travetti}} = 1\text{KN/m}^2 + 1\text{KN/m}^2 + 1,28\text{KN/m}^2 = \mathbf{3,28\text{KN/m}^2}$$

### COMBINAZIONE DI CARICO PERMANENTE $q_p$ :

I carichi considerati sono il massetto, il sottofondo, l'intonaco, il pavimento in marmo a cui si aggiungono l'incidenza dei tramezzi, degli impianti e dei controsoffitti.

$$q_{\text{massetto}} = s \cdot \gamma_{\text{cls}} = 0,04\text{m} \cdot 25\text{KN/m}^3 = 1\text{KN/m}^2$$

$$q_{\text{sottofondo}} = s \cdot \gamma_{\text{cls}} = 0,02\text{m} \cdot 25\text{KN/m}^3 = 1\text{KN/m}^2$$

$$q_{\text{intonaco}} = s \cdot \gamma_{\text{malta di calce}} = 0,015\text{m} \cdot 18\text{KN/m}^3 = 0,25\text{KN/m}^2$$

$$q_{\text{pavimento}} = s \cdot \gamma_{\text{marmo}} = 0,02\text{m} \cdot 28\text{KN/m}^3 = 0,56\text{KN/m}^2$$

Incidenza tramezzi= 1 KN/m<sup>2</sup>

Incidenza impianti= 0,5 KN/m<sup>2</sup>

Incidenza controsoffitti= 0,35 KN/m<sup>2</sup>

**qp= 4,12 KN/m<sup>2</sup>**

COMBINAZIONE DI CARICO ACCIDENTALE :

Dipende dalla destinazione d'uso ed è tabellata. Nel nostro caso si tratta di un edificio per uffici aperto al pubblico, quindi **qa= 3,00 KN/m<sup>2</sup>**.

CARICO UNITARIO:

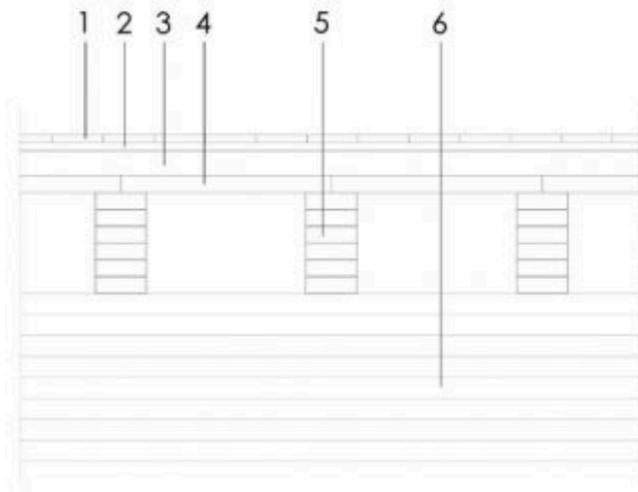
$$q_u = (\gamma_1 \cdot q_s + \gamma_2 \cdot q_p + \gamma_3 \cdot q_a) \cdot i = 74,72\text{KN/m}$$

Possiamo trovare adesso il valore di M<sub>max</sub>

$$M_{\text{max}} = (q_u \cdot l^2) / 8 =$$

## LEGNO

- 1- Pavimento in parquet (s. 1,8 cm)
- 2- Sottofondo (s. 2,0 cm)
- 3- Massetto (s. 6,0 cm)
- 4- Tavolato in abete (s. 4,0)
- 5- Travetti in legno lamellare 12x24 cm
- 6- Trave in legno lamellare



COMBINAZIONE DI CARICO STRUTTURALE  $q_s$ :

i carichi considerati sono i travetti e il tavolato.

$$q_{\text{tavolato}} = s * \gamma_{\text{abete}} = 0,04 \text{ m} * 4,5 \text{ kN/m}^3 = 0,18 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{travetti}} = \text{Volume/m}^2 * \gamma_{\text{abete}} * (1/i) = 0,288 \text{ m}^3/\text{m}^2 * 4,5 \text{ kN/m}^3 * 1/0,5 \text{ m} = 0,2592 \text{ kN/m}^2$$

$$q_s = q_{\text{tavolato}} + q_{\text{travetti}} = \mathbf{0,40 \text{ kN/m}^2}$$

COMBINAZIONE DI CARICO PERMANENTE  $q_p$ :

i carichi considerati sono il massetto, lo strato di sottofondo e il parquet in rovere.

$$q_{\text{massetto}} = s * \gamma_{\text{cls}} = 0,06 \text{ m} * 25 \text{ kN/m}^3 = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{sottofondo}} = s * \gamma_{\text{cls}} = 0,02 \text{ m} * 25 \text{ kN/m}^3 = 0,5 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{parquet}} = s * \gamma_{\text{rovere}} = 0,018 * 7,5 \text{ kN/m}^3 = 0,135 \text{ kN/m}^2$$

$$q_p = q_{\text{massetto}} + q_{\text{sottofondo}} + q_{\text{parquet}} = \mathbf{2,14 \text{ kN/m}^2}$$

COMBINAZIONE DI CARICO ACCIDENTALE  $q_a$ :

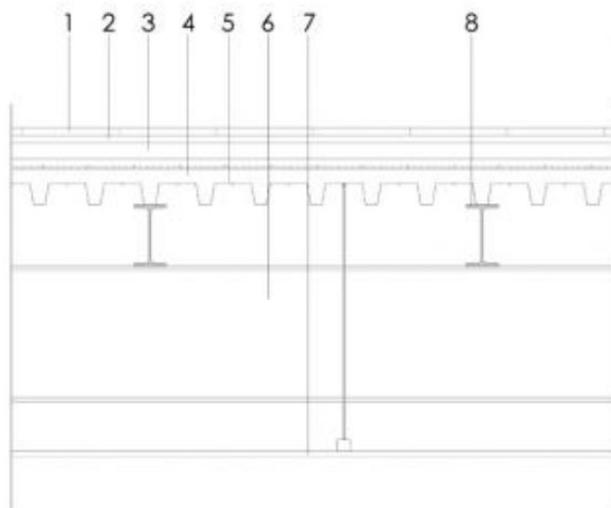
il carico accidentale dipende dalla destinazione d'uso dell'edificio ed è tabellato nella normativa. In questo caso è stato scelto un edificio ad uso di uffici con  $q_a = 3,00 \text{ kN/m}^2$ .

$$q_u = q_s * \gamma_{G1} + q_p * \gamma_{G2} + q_a * \gamma_{Q1} = \mathbf{41,14 \text{ kN/m}^2}$$

$$M_{\text{max}} = (q_u * L^2) / 8 = \mathbf{185,14 \text{ kN*m}}$$

## ACCIAIO

Consideriamo un solaio in lamiera grecata, come rappresentato in figura:



- 1- Pavimento in marmo (s. 2 cm)
- 2- Sottofondo (s. 20 cm)
- 3- Massetto in cls (s. 40 cm)
- 4- Soletta in cls (s. 6,5 - 12 cm)
- 5- Lamiera grecata Hi BOND A55 P600
- 6- Trave principale IPE300
- 7- Controsoffitto in cartongesso
- 8- Travetto IPE160

COMBINAZIONE DI CARICO STRUTTURALE  $q_s$ :

Nel calcolo dei carichi strutturali  $q_s$  mi calcolerò i carichi della lamiera, della soletta e dei travetti

$i = 0.8 \text{ m}$

$$q_{\text{soletta}} + q_{\text{lamiera}} + q_{\text{travetto}} = 2,61 \text{ KN/m}^2$$

COMBINAZIONE DI CARICO PERMANENTE  $q_p$ :

Nel calcolo dei carichi non strutturali  $q_p$  è di  $3,05 \text{ KN/m}^2$

COMBINAZIONE DI CARICO ACCIDENTALE  $q_a$ :

Nel calcolo dei carichi accidentali utilizzerò  $q_a$  di  $3,00 \text{ KN/m}^2$  perché uffici aperti al pubblico.

$Q_u$  è dato dalla somma dei carichi per i coefficienti. Quindi avrò  **$q_u = 59,32 \text{ KN/m}^2$**

Il valore di  $q_u$  mi da modo di calcolarmi il momento massimo agente sulle travi.

$$M_{\text{max}} = 474,55 \text{ KN/m}$$

## DIMENSIONAMENTO TELAI NELLE TRE TECNOLOGIE

Per iniziare inseriamo nei fogli di calcolo Excel i valori di  $M_{\text{max}}$  trovati ed i valori delle combinazioni di carico trovate.

### TELAIO IN CEMENTO ARMATO

Dati  $f_{yk}$  e  $f_{ck}$  dalla scelta del materiale, calcoliamo le resistenze di progetto dell'acciaio (B450) e del calcestruzzo (C40/45):

$$f_{yk} = 475 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{m1} = 450 \text{ Mpa} / 1,15 \quad \text{dove } \gamma_{m1} \text{ è un coefficiente parziale di sicurezza}$$

$$f_{cd} = (\alpha_{cc} * f_{ck}) / \gamma_c = (0,85 * 40) / 1,5 \quad \text{dove } \gamma_c \text{ è un coefficiente parziale di sicurezza e } \alpha_{cc} \text{ il coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata.}$$

Con i valori ottenuti si calcolano i coefficienti  $\beta$  e  $r$ , utilizzati per definire l'altezza utile  $h_u$  della sezione della trave.

$$\beta = f_{cd} / [f_{cd} + (f_{yd}/n)]$$

$$r = \sqrt{2 / f_{cd}(1 - \beta/3)} \beta$$

$$h_u = r \sqrt{M_{\text{max}}} / b$$

dove  $M_{\text{max}}$  è il momento calcolato in precedenza e  $b$  è il valore della base della sezione della trave che scegliamo in modo arbitrario.

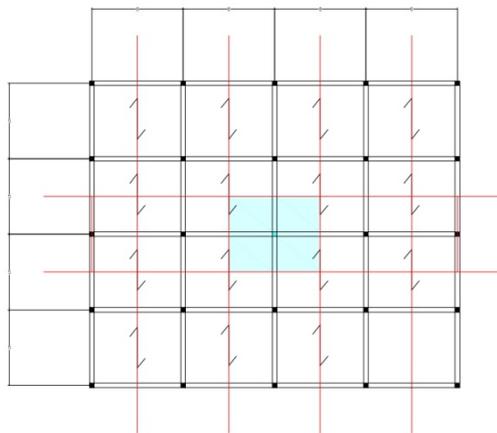
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	interasse (m)	$q_a$ (KN/m <sup>2</sup> )	$q_p$ (KN/m <sup>2</sup> )	$q_b$ (KN/m <sup>2</sup> )	$q_u$ (KN/m)	luce (m)	$M_{max}$ (KN*m)	$f_{yk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{yd}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{ck}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{cd}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta$	r	b (cm)	$h_u$ (cm)	$\delta$ (cm)	$H_{min}$ (cm)
3	5,00	3,28	4,12	3,00	74,72	6,00	336,24	450,00	391,30	30,00	17,00	0,39	2,42	40,00	53,72	5,00	58,72

L'altezza della sezione è data dalla somma dell'altezza del copriferro  $\delta$  all'altezza utile  $h_u$ .

In funzione della base, trovata l'altezza della trave, possiamo calcolare l'area della sezione ed il Peso unitario della trave ( $A_{trave} * \gamma_{cls}$ ).

	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	luce (m)	$M_{max}$ (KN*m)	$f_{yk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{yd}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{ck}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{cd}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta$	r	b (cm)	$h_u$ (cm)	$\delta$ (cm)	$H_{min}$ (cm)	H	H/I	area (m <sup>2</sup> )	peso unitario (KN/m)
3	6,00	336,24	450,00	391,30	30,00	17,00	0,39	2,42	40,00	53,72	5,00	58,72	70,00	0,10	0,28	7,00

Grazie al predimensionamento della trave, possiamo dimensionare il pilastro del telaio aprendo un nuovo foglio di calcolo Excel.



Conoscendo le dimensioni geometriche della sezione della trave, il peso e le combinazioni di carico possiamo calcolare la forza concentrata sul pilastro di ogni singolo piano (somma dei due carichi \*  $A_{inf}$ ):

$$N_1 = (q_u + \text{Peso trave}) * A_{inf}$$

Moltiplichiamo il valore ottenuto per il numero di piani  $n$  e otteniamo la forza normale  $N$  agente sul pilastro:  $N_{max} = N_1 * n$

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB				
2	L <sub>p</sub>	L <sub>s</sub>	Area	trave <sub>p</sub>	trave <sub>s</sub>	trave <sub>e</sub>	q <sub>s</sub>	q <sub>p</sub>	q <sub>s</sub>	q <sub>eolaio</sub>	ρ <sub>piani</sub>	N	f <sub>ck</sub>	f <sub>cd</sub>	A <sub>min</sub>	b <sub>min</sub>	E	β	I	λ*	ρ <sub>min</sub>	b <sub>min</sub>	b	h <sub>min</sub>	h	A <sub>design</sub>	I <sub>design</sub>	I <sub>max</sub>	W <sub>max</sub>	q <sub>t</sub>	M <sub>t</sub>	σ <sub>max</sub>
3	m	m	m <sup>2</sup>	kN/m	kN/m	kN	kN/mq	kN/mq	kN/mq	kN		kN	Mpa	Mpa	cm <sup>2</sup>	cm	Mpa		m		cm	cm	cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	kN/m	kN*m	Mpa
4	5,00	6,00	30,00	7,00	5,50	88,40	3,28	4,12	3,00	448,32	4	2147	40,0	22,7	947,2	30,8	21000	1,00	3,00	95,62	3,14	10,87	35,00	27,06	35,00	1225	125052	125052	7145,83	89,66	186,80	43,67

I	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG
N	f <sub>ck</sub>	f <sub>cd</sub>	A <sub>min</sub>	b <sub>min</sub>	E	β	I	λ*	ρ <sub>min</sub>	b <sub>min</sub>	b	h <sub>min</sub>	h	A <sub>design</sub>	I <sub>design</sub>	I <sub>max</sub>	W <sub>max</sub>	q <sub>t</sub>	M <sub>t</sub>	σ <sub>max</sub>	
kN	Mpa	Mpa	cm <sup>2</sup>	cm	Mpa		m		cm	cm	cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	kN/m	kN*m	Mpa	
2147	40,0	22,7	947,2	30,8	21000	1,00	3,00	95,62	3,14	10,87	35,00	27,06	35,00	1225	125052	125052	7145,83	89,66	186,80	43,67	No

I valori q<sub>t</sub>, M<sub>t</sub> e σ<sub>max</sub> servono per la verifica a pressoflessione del pilastro progettato, ed hanno bisogno del valore M<sub>max</sub> per la trave e N<sub>max</sub> per il pilastro.

Un pilastro è verificato a pressoflessione se la tensione σ<sub>max</sub> provocata dai carichi è < della resistenza di progetto f<sub>cd</sub>. σ<sub>max</sub> < f<sub>cd</sub>

La σ<sub>max</sub> = (N<sub>max</sub>/A) + (M<sub>t</sub>/W<sub>x</sub>) dove W<sub>x</sub>= modulo di resistenza a flessione

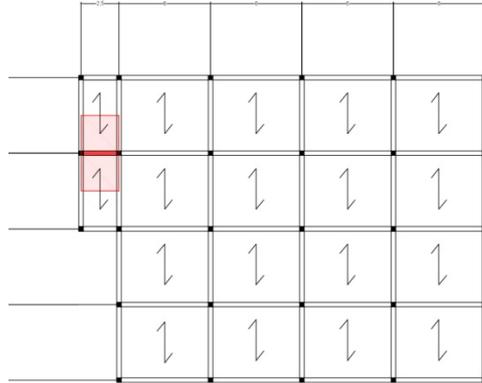
$$M_t = \text{momento trasferito sul pilastro dalla trave} = q_t * (l/12)$$

$$q_t = q_u * l$$

L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG
N	f <sub>ck</sub>	f <sub>cd</sub>	A <sub>min</sub>	b <sub>min</sub>	E	β	I	λ*	ρ <sub>min</sub>	b <sub>min</sub>	b	h <sub>min</sub>	h	A <sub>design</sub>	I <sub>design</sub>	I <sub>max</sub>	W <sub>max</sub>	q <sub>t</sub>	M <sub>t</sub>	σ <sub>max</sub>	
kN	Mpa	Mpa	cm <sup>2</sup>	cm	Mpa		m		cm	cm	cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	kN/m	kN*m	Mpa	
2147	40,0	22,7	947,2	30,8	21000	1,00	3,00	95,62	3,14	10,87	35,00	27,06	35,00	1225	125052	125052	7145,83	89,66	186,80	43,67	No
1622	40,0	22,7	715,5	26,7	21000	1,00	3,00	95,62	3,14	10,87	50,00	14,31	50,00	2500	520833	520833	20833,33	89,66	186,80	15,45	Si

Verificata.

## DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DI UNA MENSOLA IN CEMENTO ARMATO



La mensola è una struttura isostatica che rappresenta l'incastro di una parete o sbalzo ad una struttura portante.

Prendiamo come riferimento la stessa struttura utilizzata per il telaio in cemento armato, aggiungendo un aggetto di  $i=2,5m$  e lunghezza due campate (12m).

Le combinazioni di carico sono state riprese dall'esercizio precedente, per cui:

$$q_s = 3,28 \text{ KN/m}^2$$

$$q_p = 4,12 \text{ KN/m}^2$$

$$q_a = 3,00 \text{ KN/m}^2$$

$$q_u = 74,72 \text{ KN/m}^2$$

Dalla tabella di calcolo Excel otteniamo il  **$M_{max} = 233,50 \text{ KNm}$** .

$$M_{max} = (q_u * l)^2 / 2 \text{ per il modello della mensola.}$$

Passiamo adesso al progetto della mensola, scegliendo le resistenze caratteristiche dell'acciaio (B450) e del cls (C40/50), per calcolare le tensioni di progetto:

$$f_{yd} = f_{yk} / 1,5 = 391,30$$

$$f_{cd} = (\alpha_{cc} * f_{ck}) / \gamma_c = 22,67$$

Calcoliamo i valori di  $\beta$  ed  $r$ , che sono rispettivamente 0,46 e 2,26.

Passiamo adesso al progetto della sezione, ipotizzando una base  $b = 40 \text{ cm}$ , da cui calcolo l'altezza utile  $h_u$  e conosco anche il valore del copriferro trovo l'altezza  $H_{min} = 41,21 \text{ cm}$ , da cui scelgo un  $H$  di progetto sovradimensionata. Scelgo  $H = 60 \text{ cm}$ .

Sezione  $40 \times 60 \text{ cm}$ .

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	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 <sup>2</sup> )	$f_{yk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{ck}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{cd}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta$	$r$	$b$ (cm)
3	5	3,28	4,12	3,00	74,72	2,5	233,50	450	391,30	40	22,67	0,46	2,26	40

La trave risulta dimensionata, ma per la Norma bisogna verificare che l'abbassamento sia inferiore di un 250 della luce:

$$V_{max}/Luce < 250$$

$q_e$  = valore di carico allo SLE = 50,50

E= modulo elastico = 21000

$I_x$  = momento d'inerzia = 720000cm<sup>4</sup>

$$V_{max} \text{ (abbassamento)} = q_e * l^4 / 8EI_x = 0,16\text{cm}$$

N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
b (cm)	$h_u$ (cm)	$\delta$ (cm)	$H_{min}$ (cm)	H (cm)	area (m <sup>2</sup> )	peso (kN/m)	$q_e$	E (N/mm <sup>2</sup> )	$I_x$ (cm <sup>4</sup> )	$v_{max}$ (cm)	$l/v_{max}$	
40	36,21	5	41,21	60	0,24	6,00	50,50	21000	720000	0,16	1532,96	Sì
40,00	38,05	5,00	43,05	verificata								

$l/v_{max} = 1532,96$ , quindi è verificato!

## TELAIO IN LEGNO

Scelta la classe del legno (GL28H), quindi la resistenza  $f_{m,k}$ , il coefficiente diminutivo del valore di resistenza del materiale, e il coefficiente di sicurezza del legno lamellare  $\gamma_m$ , è possibile calcolare la sezione della trave, fissando una dimensione arbitraria della base b.

Si ricava quindi l'altezza minima, conoscendo  $M_{max}$ ,  $b$ ,  $f_{md}$ .

Una volta ingegnerizzata l'altezza della trave, si ricava l'area della sezione.

$M_{max}$ (KN*m)	$f_{m,k}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$k_{mod}$	$\gamma_m$	$f_d$ (N/mm <sup>2</sup> )	$b$ (cm)	$h_{min}$ (cm)	$H$ (cm)
185,14	28,00	0,80	1,45	15,45	30,00	48,96	60,00

Definite le caratteristiche geometriche della trave, quindi il peso, è possibile calcolare lo sforzo normale massimo agente sul pilastro più sollecitato.

$L_1$	$L_2$	Area	trave <sub>p</sub>	trave <sub>s</sub>	$q_{trave}$	$q_s$	$q_p$	$q_a$	$q_{solaio}$	$n_{piani}$	$N$
m	m	m <sup>2</sup>	kN/m	kN/m	kN	kN/mq	kN/mq	kN/mq	kN		kN
5,00	6,00	30,00	0,36	0,36	5,15	0,40	2,14	3,00	246,90	5	1260

L'area minima del pilastro, come nel cemento armato e nell'acciaio, è data dalla formula inversa di Navier.

Con il modulo elastico, il coefficiente  $\beta$  e l'altezza del pilastro, viene definita la snellezza massima, il raggio d'inerzia minimo e il momento d'inerzia minimo, necessario per determinare la base minima necessaria alla sezione.

Una volta ingegnerizzata la sezione, si ricavano area e momento d'inerzia di design.

$N$	$f_{c0,k}$	$k_{mod}$	$\gamma_m$	$f_{c0d}$	$A_{min}$	$E_{,005}$	$\beta$	$l$	$\lambda_{max}$	$\rho_{min}$	$b_{min}$	$b$	$h_{min}$	$h$	$A_{design}$	$I_{design}$
kN	Mpa			Mpa	cm <sup>2</sup>	Mpa		m		cm	cm	cm	cm	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>
1260	21,00	0,80	1,45	11,59	1087,7	10200	1,0	3,00	93,17	3,22	11,15	30,00	36,26	30,00	900	67500

## DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DI UNA MENSOLA IN LEGNO

Scelta la tipologia di solaio e studiata la stratigrafia con l'analisi dei carichi si ottiene un  $M_{max}$ .

interasse (m)	q <sub>s</sub> (kN/mq)	q <sub>p</sub> (kN/mq)	q <sub>a</sub> (kN/mq)	q <sub>u</sub> (kN/m)	luce (m)	M <sub>max</sub> (kN*m)
5	0,4	2,14	3,00	41,15	2,5	128,59375

In seguito scegliendo una tipologia di legno (lamellare GL28h), tenendo conto di alcuni coefficienti di sicurezza e impostando una base predefinita trovare l'altezza minima della trave. Si cerca su un formulario l'altezza di progetto prendendo un'altezza che superi l'altezza minima; in questo caso si otterrà una trave 30x60.

M <sub>max</sub> (kN*m)	f <sub>m,k</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	k <sub>mod</sub>	γ <sub>m</sub>	f <sub>d</sub> c	b (cm)	h <sub>min</sub> (cm)	H (cm)
128,59375	28	0,6	1,50	11,20	30	47,92	60

### Calcolo e verifica abbassamenti mensola

Si inserisce il modulo di elasticità E del legno per ottenere il momento d'inerzia I<sub>x</sub>.

H (cm)	E (N/mm <sup>2</sup> )	I <sub>x</sub> (cm <sup>4</sup> )	q <sub>e</sub> (kN/m)	v <sub>max</sub> (cm)	I/v <sub>max</sub>	
60	10200	540000	20	0,18	1396,09	Sì

$$q_e = (q_s + q_p + \Psi 1j) \times i = 20 \text{ KN / m}$$

$$I_x = (b \times h^3) / 12 = 540000 \text{ cm}^4$$

Quindi si calcola l'abbassamento massimo con la formula:

$$V_{max} = (q_e \times l^4) / (8EI_x) = 0,18 \text{ cm}$$

$$(I/V_{max}) > 250$$

l'asta è dimensionata e verificata.

### TELAIO IN ACCIAIO

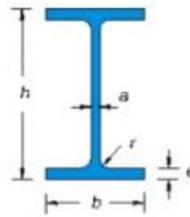
Ora posso scegliere il tipo di acciaio che mi indicherà le caratteristiche di snervamento.

S355JR  $f_{yk} = 355$  e  $\gamma_d = 1,05$

Con questi valori posso calcolarmi la tensione di progetto  $f_{yd} = 338,09$

Calcolo il valore minimo affinché nessuna fibra del materiale superi la tensione di progetto  $W_{min} = 1228$

Grazie a ciò la mia scelta sarà su un profilo con un  $W_x$  di 1500 scegliendo un IPE 450



Download (dwg+pdf)

h mm	b mm	a mm	e mm	r mm	Peso kg/m	Sezione cm <sup>2</sup>	Momenti di inerzia		Moduli di resistenza		Raggi di inerzia	
							Jx cm <sup>4</sup>	Jy cm <sup>4</sup>	Wx cm <sup>3</sup>	Wy cm <sup>3</sup>	ix cm	iy cm
80	46	3,8	5,2	5	6,0	7,64	80,14	8,49	20,03	3,69	3,24	1,05
100	55	4,1	5,7	7	8,1	10,32	171,0	15,92	34,20	5,79	4,07	1,24
120	64	4,4	6,3	7	10,4	13,21	317,8	27,67	52,96	8,65	4,90	1,45
140	73	4,7	6,9	7	12,9	16,43	541,2	44,92	77,32	12,31	5,74	1,65
160	82	5,0	7,4	9	15,8	20,09	869,3	68,31	108,7	16,66	6,58	1,84
180	91	5,3	8,0	9	18,8	23,95	1.317	100,9	146,3	22,16	7,42	2,05
200	100	5,6	8,5	12	22,4	28,48	1.943	142,4	194,3	28,47	8,26	2,24
220	110	5,9	9,2	12	26,2	33,37	2.772	204,9	252,0	37,25	9,11	2,48
240	120	6,2	9,8	15	30,7	39,12	3.892	283,6	324,3	47,27	9,97	2,69
270	135	6,6	10,2	15	36,1	45,95	5.790	419,9	428,9	62,20	11,23	3,02
300	150	7,1	10,7	15	42,2	53,81	8.356	603,8	557,1	80,50	12,46	3,35
330	160	7,5	11,5	18	49,1	62,61	11.770	788,1	713,1	98,52	13,71	3,55
360	170	8,0	12,7	18	57,1	72,73	16.270	1.043	903,6	122,8	14,95	3,79
400	180	8,6	13,5	21	66,3	84,46	23.130	1.318	1.156	146,4	16,55	3,95
450	190	9,4	14,6	21	77,6	98,82	33.740	1.676	1.500	176,4	18,48	4,12

interasse (m)	q <sub>s</sub> (KN/m <sup>2</sup> )	q <sub>p</sub> (KN/m <sup>2</sup> )	q <sub>a</sub> (KN/m <sup>2</sup> )	q <sub>u</sub> (KN/m)	luce (m)	M <sub>max</sub> (KN*m)	f <sub>y,k</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	f <sub>d</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	W <sub>x,min</sub> (cm <sup>3</sup> )	W <sub>x</sub> (cm <sup>3</sup> )
5,00	2,61	3,05	3,00	59,32	8,00	474,55	355,00	338,09	1228,80	1500,00

## PILASTRI

Per stabilire la dimensione dei pilastri prendo in considerazione il pilastro più sollecitato, quindi il pilastro a piano terra con l'area d'influenza maggiore.

La mia area d'influenza è di 30 m<sup>2</sup> ovvero 6 x 5

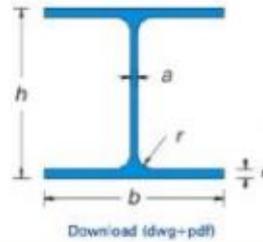
Il carico dovuto al solaio (q<sub>solaio</sub>) si ricava dalla combinazione allo stato limite ultimo del carico strutturale, di quello permanente e di quello accidentale, il tutto moltiplicato per l'area di influenza.

Allo stesso modo trovo quella della trave e mi calcolo la forza di compressione N = 1989,28 KN

Da qui mi ricalcolo W<sub>min</sub> e scelgo un profilato. Dopo di che mi calcolo il valore massimo di snellezza e il raggio d'inerzia minimo

$$\lambda_{max} = \pi \sqrt{E / f_{cd}} \quad e \quad \rho_{min} = l / \lambda_{max}$$

Grazie a questi valori mi calcolo il raggio d'inerzia minimo e scelgo il mio profilato



sigla HEA	b mm	h mm	a mm	e mm	r mm	Peso kg/m	Sezione cm <sup>2</sup>	Momenti di inerzia		Moduli di resistenza		Raggi di inerzia	
								Jx cm <sup>4</sup>	Jy cm <sup>4</sup>	Wx cm <sup>3</sup>	Wy cm <sup>3</sup>	ix cm	iy cm
100	100	96	5,0	8,0	12	16,7	21,24	349,2	133,8	72,76	26,76	4,06	2,51
120	120	114	5,0	8,0	12	19,9	25,34	606,2	230,9	106,3	38,48	4,89	3,02
140	140	133	5,5	8,5	12	24,7	31,42	1.033	389,3	155,4	55,62	5,73	3,52
160	160	152	6,0	9,0	15	30,4	38,77	1.673	615,6	220,1	76,95	6,57	3,98
180	180	171	6,0	9,5	15	35,5	45,25	2.510	924,6	293,6	102,7	7,45	4,52
200	200	190	6,5	10,0	18	42,3	53,83	3.692	1.326	388,6	133,6	8,28	4,98
220	220	210	7,0	11,0	18	50,5	64,34	5.410	1.955	515,2	177,7	9,17	5,51
240	240	230	7,5	12,0	21	60,3	76,84	7.783	2.769	675,1	230,7	10,05	6,00
700	300	690	14,5	27,0	27	204,0	260,5	215.300	12.180	6.241	811,9	28,87	6,84

L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	Area	trave <sub>p</sub>	trave <sub>s</sub>	q <sub>trave</sub>	q <sub>s</sub>	q <sub>p</sub>	q <sub>a</sub>	q <sub>solajo</sub>	n <sub>piani</sub>	N	f <sub>yk</sub>	γ <sub>m</sub>	f <sub>yd</sub>	A <sub>min</sub>	E	β	I	λ°	ρ <sub>min</sub>	I <sub>min</sub>	A <sub>design</sub>	I <sub>design</sub>	ρ <sub>min</sub>	λ	profilo
m	m	m <sup>2</sup>	kN/m	kN/m	kN	kN/mq	kN/mq	kN/mq	kN		kN	Mpa		Mpa	cm <sup>2</sup>	Mpa		m		cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm		
6,00	5,00	30,00	0,20	0,20	23,80	2,61	3,05	3,00	374,04	5	1989	355,00	1,05	338,09	260,5	210000	1,00	3,00	78,25	3,83	440	260,5	12188	6,50	46,15	HEA700

## MENSOLA

La prima parte è uguale al dimensionamento di una trave. La cosa che varia è il momento massimo che non sarà più quello utilizzato prima della trave doppiamente appoggiata.

Quindi avremo  $M_{max} = (qu \times l^2) / 2 = 1898,24 \text{ KN/m}$

i carichi incidenti sulla struttura vengono ricombinati seguendo la combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio reversibili:  $qe = (G1 + G2 + \psi11 \times Q1) \times i$

Dopo aver trovato il modulo di resistenza a flessione minimo  $W_{min}$  prenderò un profilo con  $W_x$  maggiore, prendo il peso e il  $I_x$

Trovati  $qe$  e il momento d'inerzia massimo calcolo l'abbassamento massimo  $v_{max}$  che è dato dal rapporto dei prodotti del carico totale  $qe$  e della luce alla quarta;fratto il prodotto del momento d'inerzia  $I_x$ , Il modulo di young  $E$  per 8.

Infine devo fare la verifica per cui, essendo la luce da superare di 800 cm ed essendo  $800/2 = 400$

Il dimensionamento può dirsi VERIFICATO.

interasse (m)	$q_d$ (kN/mq)	$q_p$ (kN/mq)	$q_s$ (kN/mq)	$q_u$ (kN/m)	luce (m)	$M_{max}$ (kN*m)	$f_{y,k}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	$W_{x,min}$ (cm <sup>3</sup> )	$I_x$ (cm <sup>4</sup> )	peso (kN/m)	$q_e$ (kN/m)	E (N/mm <sup>2</sup> )	$v_{max}$ (cm)	$I_{w,max}$	VERIFICATA
5	2,61	3,05	3	59,32	8	1898,4	355	338,09	1228,8	67120	1,06	36,86	210000	0,130	516,307	SI