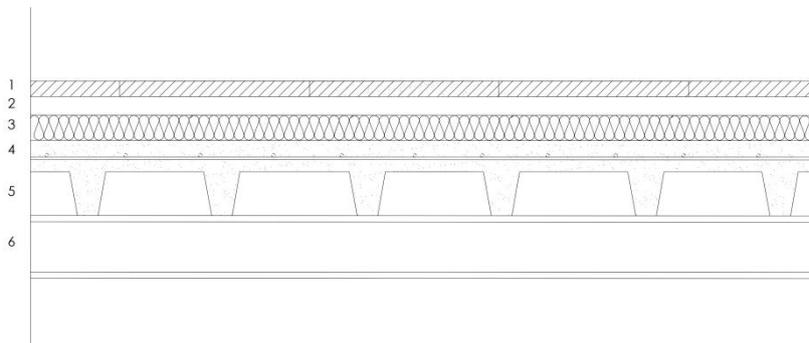


In questa esercitazione sono stati dimensionati la trave ed il pilastro maggiormente sollecitati all'interno di un telaio piano in tre diversi materiali: acciaio, legno e cemento armato. Ho scelto un unico telaio per tutte e tre le differenti tecnologie.

ACCIAIO

Partendo da un solaio costituito da:



- 1) Pavimento in parquet: Spessore \rightarrow 2,5 cm \rightarrow Peso Specifico 7 KN/mq
- 2) massetto: Spessore \rightarrow 3 cm \rightarrow Peso Specifico 24 KN/mq
- 3) isolante: Spessore \rightarrow 4 cm \rightarrow Peso Specifico 0,5 KN/mq
- 4) getto di CLS armato: Spessore \rightarrow 5 cm \rightarrow Peso Specifico 25 KN/mq
- 5) lamiera grecata: Spessore \rightarrow 7 mm \rightarrow Peso Specifico 0,08 KN/mq \rightarrow Altezza 6cm
- 6) travetto IPE 100 Peso Specifico 0,081 KN/mq

Per carico strutturale q_s si intende il carico dovuto al peso proprio di tutti quegli elementi che svolgono una funzione portante.

$$q_s = \text{getto CLS} + \text{lamiera grecata} + \text{IPE100} = (0,05 \cdot 25) + (0,06 \cdot 25/2) + (0,007 \cdot 0,08) + 0,081 = 1,956 \text{ KN/mq approssimato a } 1,96 \text{ KN/mq}$$

q_p invece rappresenta il 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 un ruolo strutturale.

$$q_p = \text{pavimento} + \text{massetto} + \text{isolante} + \text{impianti} + \text{tramezzi} = (0,025 \cdot 7) + (0,03 \cdot 24) + (0,04 \cdot 0,5) + 0,1 + 0,4 = 1,415 \text{ KN/mq approssimato a } 1,45 \text{ KN/mq}$$

$q_a = 2 \text{ KN/mq}$ perché l'uso è residenziale.

Il carico totale è una combinazione di carico, espressa dalla formula seguente:

$$q_{tot} [\text{kN} / \text{m}^2] = \gamma_{G1} q_s + \gamma_{G2} q_p + \gamma_{Q1} q_a$$

		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_{Q1}	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.					

$$q_{tot} = q_s \cdot g_1 + q_p \cdot g_2 + q_a \cdot g_a = 1,96 \cdot 1,3 + 1,45 \cdot 1,5 + 2 \cdot 1,5 = 7,723 \text{ KN/mq}$$

$$q_u = (1,96 \cdot 1,3 + 1,45 \cdot 1,5 + 2 \cdot 1,5) \cdot i$$

interasse = 5m

$$q_u \text{ trave} = 38,65 \text{ KN}$$

A questo punto bisogna determinare il momento massimo agente sulla trave.

$$M_{max} = \frac{q_u \cdot l^2}{8} = 204,12 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Adesso posso procedere con il predimensionamento della trave in acciaio conoscendo il M_{max} della trave e scegliendo il materiale.

$f_{yk} = 275 \text{ MPa}$ resistenza caratteristica dell'acciaio a rottura

$$f_{yd} = f_{yk}/1,05 = 261,9 \text{ MPa}$$

Poi calcolo il modulo di resistenza:

$$W_x = M_{\max}/f_{yd}$$

$$\text{Trave} \rightarrow W_x = 204,12/261,9 = 779,37 \text{ cm}^3 \rightarrow \text{IPE 360 } W_x = 904 \text{ cm}^3$$

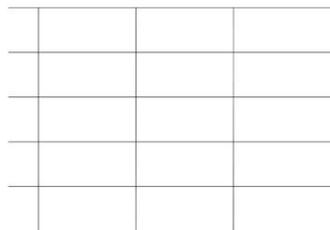
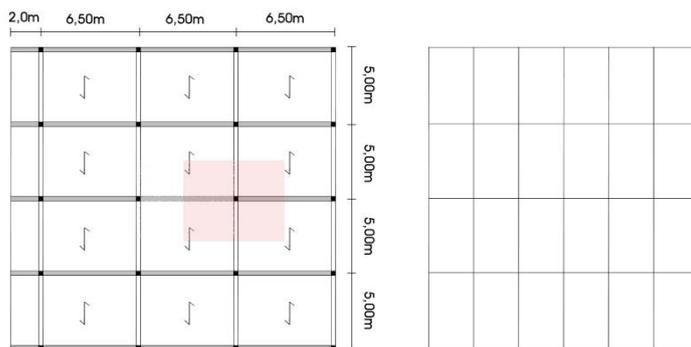
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	interasse (m)	q_s (KN/m ²)	q_p (KN/m ²)	q_a (KN/m ²)	q_u (KN/m)	luce (m)	M_{\max} (KN*m)	$f_{y,k}$ (N/mm ²)	f_d (N/mm ²)	$W_{x,\min}$ (cm ³)	W_x (cm ³)	
2												
3	5,00	1,96	1,45	2,00	38,65	6,50	204,12	275,00	261,90	779,37	904,00	IPE360
4												

Dopo aver dimensionato le travi procedo con il predimensionamento dello sbalzo. Dopo effettuati i calcoli per il dimensionamento verifico che il profilo scelto non subisca delle deformazioni eccessive, assicurandoci che il rapporto tra la luce e l'abbassamento sia maggiore, o al più uguale a 250.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
1	q_s	q_p	q_a	q	luce	M	$f_{y,k}$	f_d	W_x	W_x		I_x	peso	q	E	v_{\max}	I/v_{\max}		
2	kN/mq	kN/mq	kN/mq	kN/m	m	kN*m	N/mm ²	N/mm ²	cm ³	cm ³		cm ⁴	kN/m	kN/m	N/mm ²	cm			
3																			
4	1,96	1,45	2,00	38,65	2,5	120,78	275	261,90	461,16	557	IPE 300	8360	0,422	27,472	210000	0,7641	327,19	SI	
5																			
6																			
7																			
8																			

Scelto il profilo IPE300.

Procedo con il predimensionamento dei pilastri.



Peso del solaio

$$q_{\text{tot}} = q_s \cdot g_1 + q_p \cdot g_2 + q_a \cdot g_a = 1,96 \cdot 1,3 + 1,45 \cdot 1,5 + 2 \cdot 1,5 = 7,723 \text{ KN/mq} \cdot A_{\text{inf}}$$

$$\text{Peso travi} = 1,3 \cdot L_{\text{trave}} \cdot \text{Trave}$$

$$N = (\text{peso travi} + \text{peso solaio}) * \text{Num piani}$$

Dopo posso predimensionare il pilastro calcolando la sua area minima

$$A_{min} = N_{max} / f_{yd}$$

Pilastro – Area di influenza = 32,5 mq

Luce trave(A) = 6,50 m

Luce trave(B) = 5,00 m

N_{max} = 1557 kN

I dati da inserire sono: il valore del modulo di elasticità E , il valore di β , e l , che in questo caso è l'altezza del pilastro. Tutti questi dati sono necessari per determinare il massimo valore di snellezza (λ_{max}) che può avere l'elemento che stiamo dimensionando e il minimo valore del raggio di inerzia (ρ_{min}).

Dopo aver determinato il raggio minimo di inerzia si ricava da questo il momento d'inerzia minimo:

$$I_{min} = A \rho_{min}^2$$

Quando otteniamo il modulo di inerzia, direttamente obbetiano il profilo dei pilastri → HEB 120

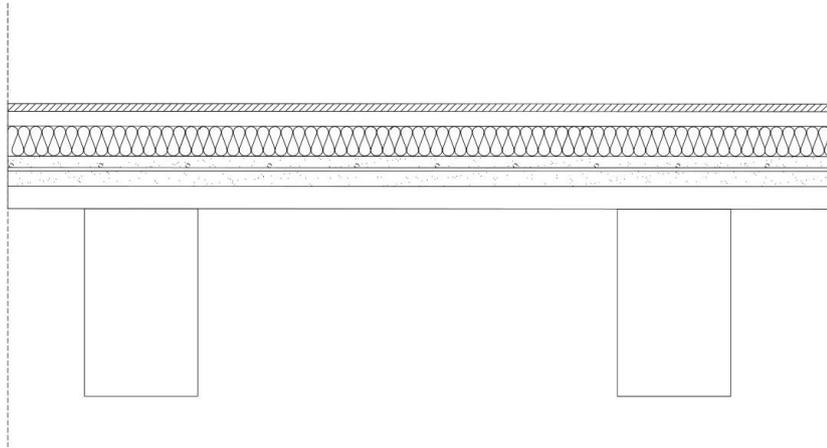
L ₁ m	L ₂ m	Area m ²	trave _p kN/m	trave _s kN/m	q _{trave} kN	q _s kN/mq	q _p kN/mq	q _a kN/mq	q _{solaio} kN	n _{piani}	N kN	f _{yk} Mpa	γ _m	f _{yd} Mpa	A _{min} cm ²	E Mpa	β	l m	λ* cm	ρ _{min} cm	I _{min} cm ⁴	A _{design} cm ²	I _{design} cm ⁴	ρ _{min} cm	λ	profilo
6,50	5,00	32,50	0,57	0,57	8,52	1,96	1,45	2,00	251,00	6	1557	275,00	1,05	261,90	59,5	210000	1,00	3,00	88,96	3,37	676	34,0	864	5,04	962,76	HEB120

Riassumendo l'esercitazione per quanto riguarda il acciaio avremo:

- TRAVE IPE 360
- MENSOLA IPE 300
- PILASTRO HEB 120

LEGNO

Partendo da un solaio costituito da:



1) pavimento in parquet: Spessore → 1 cm → Peso Specifico 7 KN/mc

2) massetto: Spessore → 2 cm → Peso Specifico 24 KN/mc

3) isolante: Spessore → 4 cm → Peso Specifico 0,5 KN/mc

4) soletta di CLS: Spessore → 4 cm → Peso Specifico 24 KN/mc

5) pannello in legno: Spessore → 3 cm → Peso Specifico 4,5 KN/mc

6) travetto in legno: Dimensioni 15*25cmq → Peso Specifico 3,8 KN/mc

$q_p = \text{pavimento} + \text{massetto} + \text{isolante} + \text{soletta in CLS} + \text{tramezzi} + \text{impianti} =$
 $(0,01*7) + (0,02*24) + (0,04*0,5) + (0,04*24) + 0,4 + 0,1 = 2,03 \text{ KN/mq}$
approssimato a 2,1 KN/mq

$q_s = \text{pannello in legno} + \text{travetti in legno} = (0,03*4,5) + (0,15*0,25)*3,8 = 0,2775$
KN/mq approssimato a 0,3KN/mq

$q_a = 2 \text{ KN/mq}$

$q_{tot} = q_s * g_1 + q_p * g_2 + q_a * g_a = 0,3*1,3 + 2,1*1,5 + 2*1,5 = 6,54 \text{ KN/mq}$

$q_u = (0,3*1,3 + 2,1*1,5 + 2*1,5) * i$

Considerando l'interasse e la luce del telaio piano posso ora calcolare il M_{max} .

$M_{max} = (q_u * l^2) / 8$

Dopo aver calcolato il M_{max} e dopo aver scelto il materiale, calcolo il modulo di resistenza plastico.

$f_{mk} = 24 \text{ MPa}$ resistenza caratteristica del legno

$$f_{md} = f_{mk} \cdot 0,8 / 1,45 = 13,24 \text{ Mpa}$$

Dopo scegliamo la base delle travi $b=10\text{cm}$ e $b=30\text{cm}$ e otteniamo l'altezza minima h_{min} tramite la formula:

$$h_{min} = \sqrt[3]{6 \cdot M_{max} / f_{md} \cdot b}. \text{ E cos\`i otteniamo la sezione della trave.}$$

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
interasse (m)	q_s (KN/m ²)	q_p (KN/m ²)	q_a (KN/m ²)	q_u (KN/m)	luce (m)	M_{max} (KN*m)	$f_{m,k}$ (N/mm ²)	k_{mod}	γ_m	f_d (N/mm ²)	b (cm)	h_{min} (cm)	H (cm)
5,00	0,30	2,10	2,00	32,70	6,50	172,70	24,00	0,80	1,45	13,24	35,00	47,28	50,00

Nel caso specifico della mensola dovremo fare, alla fine dei calcoli, un'analisi della deformazione. Per questo utilizziamo, un'analisi allo SLE, che determiner\`a un carico distribuito minore rispetto alla SLU. Una volta trovato v_{max} , l'abbassamento massimo possiamo verificare se il rapporto tra la luce e l'abbassamento sia maggiore, o al pi\`u uguale, a 250 come stabilito dalla normativa.

interax m	q_s kN/mq	q_p kN/mq	q_a kN/mq	q KN/m	luce m	M kN*m	$f_{m,k}$ N/mmq	sig_d N/mmq	b cm	h cm	hd cm	E N/mmq	I_x cm ⁴	v_{max} cm	l/v_{max}	
5	0,3	2,1	2,00	30,6	2	61,2	24	13,24	30	30,40	35	8000	107188	0,71	280,23	si

Ora procedo con il calcolo dello sforzo Normale dei pilastri.

$$N = [q_{trave} + q_{solaio}] \times n_{piani}$$

Conoscendo il valore di N_{max} e di f_{md} , cio\`e la resistenza di progetto del materiale, posso calcolare l'area minima della sezione.

Dopo sapendo che:

$$\rho_{min} = \sqrt[3]{(1/12) \cdot b}$$

Si pu\`o trovare una delle dimensioni della sezione:

$$b = 2 \sqrt[3]{\rho_{min}}$$

L'altra dimensione della sezione, h , si ottiene dividendo l'area, precedentemente trovata dal dimensionamento a resistenza, per b :

$$h_{min} = A_{min} / b$$

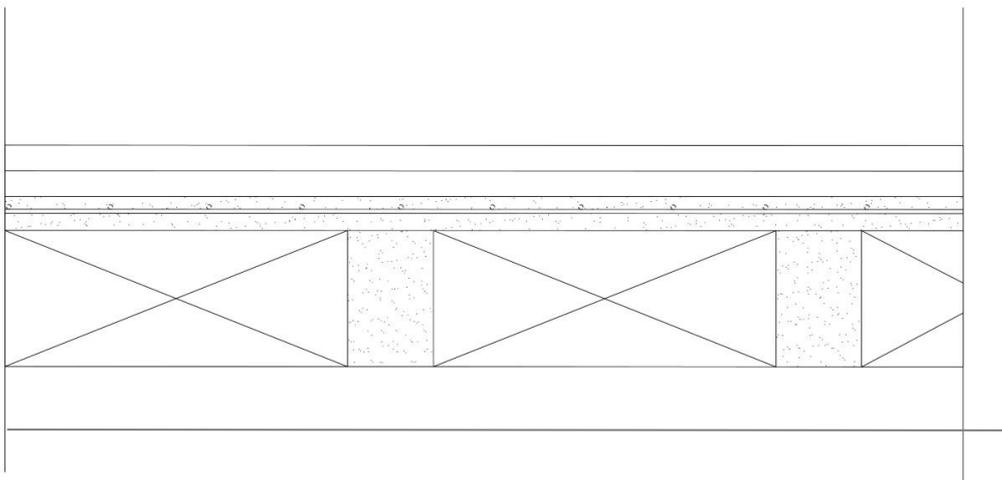
L_1	L_2	Area	trave _s	trave _a	q_{trave}	q_s	q_p	q_a	q_{solaio}	n_{piani}	N	$f_{c0,k}$	k_{mod}	γ_m	$f_{c0,d}$	A_{min}	E,005	β	I	λ_{max}	ρ_{min}	D_{min}	b	h_{min}	h	A_{design}	I_{design}
m	m	m ²	kN/m	kN/m	kN	kN/mq	kN/mq	kN/mq	kN		kN	Mpa			Mpa	cm ²	Mpa		m		cm	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm ⁴
6,50	5,00	32,50	0,65	0,65	9,72	0,30	2,10	2,00	212,55	6	1334	24,00	0,80	1,45	13,24	1007,1	8800	1,0	3,00	80,95	3,71	12,84	35,00	28,78	30,00	1050	107188

Riassumendo l'esercitazione per quanto riguarda il legno avremo:

- TRAVE di 35cm x 50cm
- MENSOLA 30cm x 35cm
- PILASTRO 35cm x 30cm

CLS ARMATO

Partendo da un solaio costituito da :



1) pavimento ceramico: Spessore → 3 cm → Peso Specifico 18 KN/mc

2) massetto: Spessore → 3 cm → Peso Specifico 20 KN/mc

3) soletta di CLS: Spessore → 4 cm → Peso Specifico 25 KN/mc

4) Pignate: Spessore → 4 cm → Peso Specifico 5,5 KN/mc

5) Travetti: Dimensioni → 10*16 cm → Peso Specifico 25 KN/mc

6) Intocano yeso: 1,5 cm → Peso Specifico 12 KN/mc

$$q_p = \text{pavimento} + \text{massetto} + \text{intocano} + \text{tramezzi} + \text{impianti} = (0,03*18) + (0,03*20) + (0,015*12) + 1 + 0,2 = 2,52 \text{ KN/mq}$$

$$q_s = \text{travetti} + \text{soletta di CLS} + \text{pignate} = 0,8 + 1 + 0,704 = 2,50 \text{ KN/mq}$$

$$q_a = 2 \text{ KN/mq}$$

Procedo con la combinazione di carico utilizzando i coefficienti di sicurezza

$$q = q_s * 1,3 + q_p * 1,5 + q_a * 1,5 = 2,5 * 1,3 + 2,52 * 1,5 + 2 * 1,5 = 10,03 \text{ KN/mq}$$

$$q_u = (0,3 * 1,3 + 2,1 * 1,5 + 2 * 1,5) * i$$

Dopo calcolo il momento max delle travi: $M_{max} = q \cdot l^2 / 8$

Dopo aver calcolato il M_{max} , scelgo il materiale e procedo con il predimensionamento delle travi.

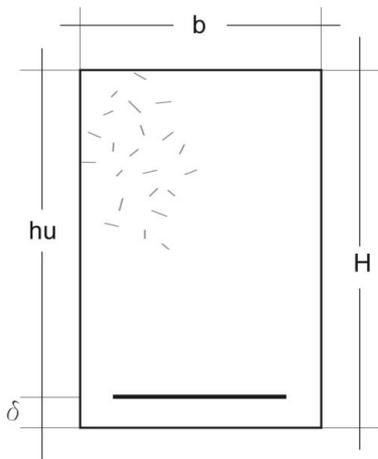
$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$ resistenza caratteristica delle barre d'acciaio

$f_{yd} = f_{yk} / 1,15 = 391,3 \text{ MPa}$

$f_{ck} = 50 \text{ MPa}$ resistenza caratteristica del CLS a compressione

$f_{cd} = R_{ck} \cdot 0,85 / 1,5 = 28,33 \text{ MPa}$

Per effettuare il predimensionamento delle travi devo imporre una dimensione della base e del copriferro necessari al calcolo dell'altezza utile minima della sezione.



base ipotesi = 30cm copriferro = $\delta = 5 \text{ cm}$

$$h_u = (M_{max} / (b \cdot f_{cd}))^{0,5} \cdot r$$

Con $r = (1 / (0,5 \cdot (1 - a/3) \cdot a))^{0,5}$ e $a = f_{cd} / (f_{cd} + f_{yd}/n)$ dove $n = 15$ è il coefficiente di omogeneizzazione.

interasse (m)	qs (kN/m²)	qp (kN/m²)	qa (kN/m²)	q (kN/m)	luce (m)	Mmax (kN·m)	fy (N/mm²)	fd f (N/mm²)	fck (N/mm²)	fd c (N/mm²)	alfa	r	b (cm)	hu (cm)	delta (cm)	Hmin (cm)	H (cm)	area (m²)	peso unitario (kN/m)	
5,00	2,50	2,52	2,00	50,15	6,50	264,85	450,00	391,30	50,00	28,33	0,52	2,16	30,00	38,06	5,00	43,06	45,00	0,07	0,14	3,38
				54,54	6,50	288,03	450,00	391,30	50,00	28,33	0,52	2,16	30,00	39,69	5,00	44,69	44,69	verificata		

Per il dimensionamento dello sbalzo seguiamo i passaggi già visti nel legno.

interax	qs	qp	qa	q	luce	Mmax	fy	fd f	fck	fd c	alfa	r	b	hu	delta	Hmin	H	area	peso	qe	E	lx	vmax	lvmax	
m	kN/mq	kN/mq	kN/mq	kN/m	m	kN·m	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²			cm	cm	cm	cm	cm	mq	kN/m	N/mm²	cm⁴	cm	cm		
5	2,5	2,52	2,00	47,63	2	95,26	235	204,35	50	28,57	0,68	1,95	25	22,56	5	27,56	30	0,08	1,88	36,98	21000	56250	0,63	319,47	SI

Ara devo calcolare i pilastri.

$$N = q_u \cdot A_{inf} + l(A) \cdot A_{trave} \cdot g + l(b) \cdot A_{trave} \cdot g$$

Conoscendo N_{max} e il materiale, devo calcolare il p_{min} per poter arrivare al valore della base minima e dimensionare la sezione.

$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$ resistenza caratteristica delle barre d'acciaio

$f_{yd} = f_{yk}/1,15 = 391,3 \text{ MPa}$

$f_{ck} = 50 \text{ MPa}$ resistenza caratteristica del CLS a compressione

$f_{cd} = R_{ck} * 0,85 / 1,5 = 28,33 \text{ MPa}$

→ $A_{min} = N_{max} / f_{cd}$

→ $\rho_{min} = I * \beta / \lambda$ con $\lambda = \sqrt{(\pi^2 * E / f_{cd})}$

→ $b_{min} = \sqrt{\rho_{min} * (12)}$

→ $h_{min} = A_{min} / b_{min}$

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	AC	AD	AE	AF	AG
L_p	L_s	Area	trave _s	trave _s	trave _s	q_s	q_s	q_s	q_{solco}	P_{piani}	N	f_{ck}	f_{cd}	A_{min}	b_{min}	E	β	i	λ^*	ρ_{min}	b_{min}	b	h_{min}	h	A_{assise}	I_{assise}	I_{max}	W_{max}	q_i	M_i	σ_{max}	
m	m	m ²	kN/m	kN/m	kN	kN/mq	kN/mq	kN/mq	kN		kN	Mpa	Mpa	cm ²	cm	Mpa		m		cm	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	kN/m	kN*m	Mpa	
6,50	5,00	32,50	3,38	3,38	50,53	2,50	2,52	2,00	325,98	6	2259	50,0	28,3	797,3	28,2	21000	1,00	3,00	85,53	3,51	12,15	30,00	26,58	30,00	900	67500	67500	4500,00	50,15	176,57	64,34	No

Come, la f_{cd} critica e superiore a la f_{md} , devviamo scegliere altri dimensioni del pilastro.

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	AC	AD	AE	AF	AG
L_p	L_s	Area	trave _s	trave _s	trave _s	q_s	q_s	q_s	q_{solco}	P_{piani}	N	f_{ck}	f_{cd}	A_{min}	b_{min}	E	β	i	λ^*	ρ_{min}	b_{min}	b	h_{min}	h	A_{assise}	I_{assise}	I_{max}	W_{max}	q_i	M_i	σ_{max}	
m	m	m ²	kN/m	kN/m	kN	kN/mq	kN/mq	kN/mq	kN		kN	Mpa	Mpa	cm ²	cm	Mpa		m		cm	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	kN/m	kN*m	Mpa	
6,50	5,00	32,50	3,38	3,38	50,53	2,50	2,52	2,00	325,98	6	2259	50,0	28,3	797,3	28,2	21000	1,00	3,00	85,53	3,51	12,15	40,00	19,93	45,00	1800	240000	303750	13500,00	50,15	176,57	25,63	Si

Riassumendo l'esercitazione per quanto riguarda il calcestruzzo avremo:

- TRAVE di 30cm x 45cm
- MENSOLA 25cm x 30cm
- PILASTRO 40cm x 45cm