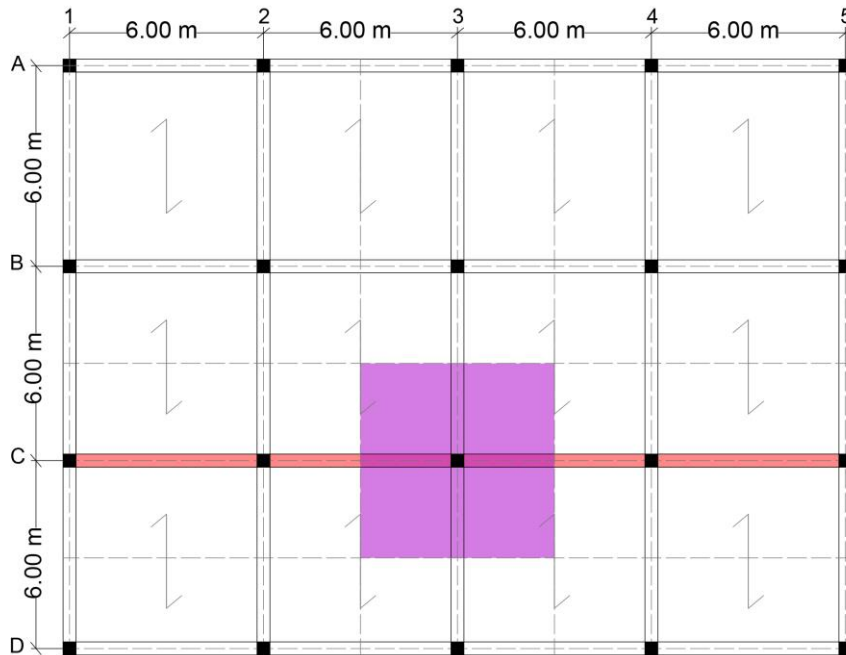


Essercitazione 2 _ Dimensionamento travi e pilatri nelle tre tecnologie: acciaio, legno e calcestruzzo armato

Gruppo di lavoro: Francesca Pallotta, Francesco Petracca, Leonardo Ruggeri, Roberta Scopetti.

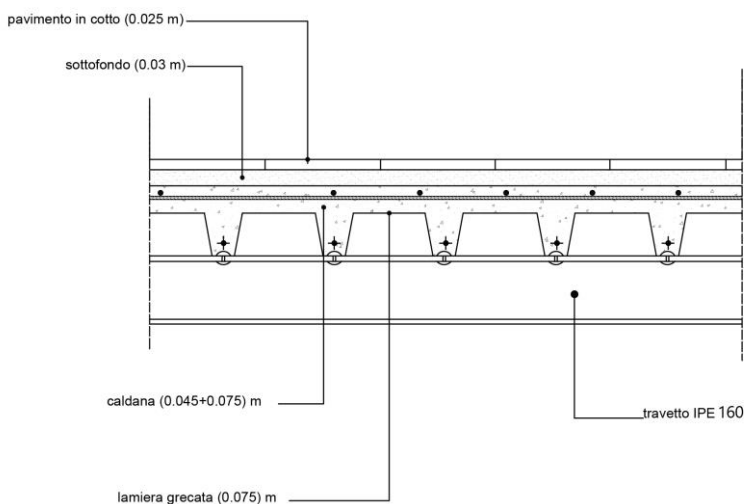
Nella figura sottostante è raffigurata una struttura a telaio (composta da elementi orizzontali, travi, ed elementi verticali, pilatri). Consideriamo tale struttura in tre diverse tecnologie: acciaio, legno e cls armato e procediamo con l'analisi del dimensionamento.

Consideriamo un'area di influenza 6x6 del piano terra poiché più sollecitata.



Si analizzano i diversi carichi agenti sul solaio, al fine di determinare il carico di progetto sulla trave messa in evidenza. I carichi sono **carico strutturale q_s** , carico dovuto al peso proprio di tutti quegli elementi che svolgono una funzione portante, quello **permanente 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. A differenza dei carichi strutturali e permanenti i **carichi accidentali q_a** hanno una natura fortemente aleatoria; possono anzitutto essere variabili nel tempo, possono anche non verificarsi per l'intera vita di una costruzione (ad esempio, il sisma) e, tra questi, ci sono anche i carichi di esercizio, poiché sono legati alla funzione che svolgerà l'edificio.

ACCIAIO



TRAVI

CARICHI STRUTTURALI q_s

- Lamiera grecata + soletta

- IPE 160

$q_s = 0,32$

CARICHI PERMANENTI q_p

- Massetto

- Rivestimento Parquet

- Tramezzi

$q_s = 3,07$

CARICHI ACCIDENTALI q_a

Tutti i carichi accidentali sono regolati dalla normativa: la normativa attualmente vigente sono le **NTC2008- Norme tecniche per le costruzioni- D. M. 14 Gennaio 2008**. Ipotizziamo per il nostro progetto una destinazione d'uso di uffici.

$q_s = 3,00$

DIMENSIONAMENTO TRAVI

Si inseriscono tutti i dati ricavati nel foglio Excel predisposto e ci ricaviamo attraverso le formule i seguenti dati per la verifica.

Con la seguente formula otteniamo il carico totale a metro lineare sulla trave (i coefficienti sono dati dalla normativa).

$$q_{tot} [kNm2] = \gamma G1 q_s + \gamma G2 q_p + \gamma Q1 q_a \qquad q_{tot} = 71,36 [kN/m2]$$

Si continua, inserendo il valore della luce, necessario per il calcolo del momento massimo agente sulla trave

$$M_{max} = q_{tot} l^2 / 8 \qquad M_{max} = 322,35 [kN*m2]$$

Dunque, scegliamo il tipo di acciaio che si vuole utilizzare e di conseguenza avremo, tramite tabella, i valori che lo caratterizzano.

Consideriamo l'acciaio di classe Fe 430/S275 e otteniamo $f_{y,k}$ e f_d tramite la seguente formula:

$$f_d = f_{y,k} / \gamma_s$$

Il valore di W_x è il valore minimo che la sezione deve avere affinché nessuna fibra del materiale superi la tensione di progetto. Succede sempre che questo valore vada ingegnerizzato, ossia che vada scelto (tramite tabella) un valore del modulo di resistenza a flessione superiore al valore minimo e compatibile con i profili esistenti sul mercato.

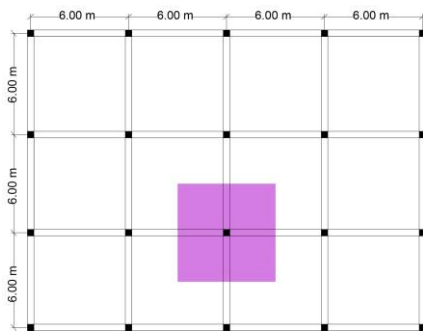
$$W_{x,min} = M_{max} / f_d$$

Per avere, dunque, un valore superiore al minimo consideriamo una IPE 180.

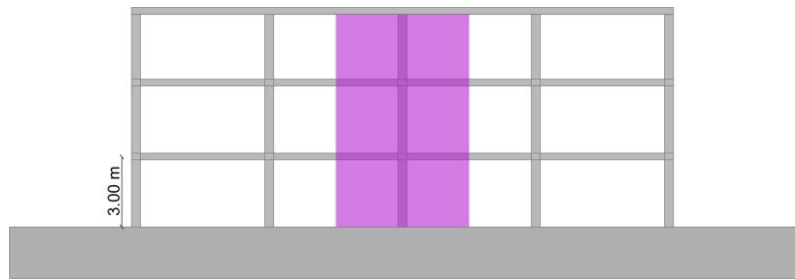
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	interasse (m)	q_s (KN/m ²)	q_p (KN/m ²)	q_a (KN/m ²)	q_u (KN/m)	luce (m)	M_{max} (KN*m)	$f_{y,k}$ (N/mm ²)	f_d (N/mm ²)	$W_{x,min}$ (cm ³)	W_x (cm ³)	
2												
3	6,00	2,18	3,07	3,00	71,63	6,00	322,35	275,00	261,90	1230,80	146,00	IPE 180

DIMENSIONAMENTO PILASTRI

Consideriamo un edificio generico avente più livelli (3), la cui struttura è composta da telai piani, ossia da travi che collaborano con i pilastri. Il pilastro più sollecitato sicuramente è uno di quelli al piano terra, poiché su di questi vengono trasmessi tutti i carichi dei piani superiori. Perciò si può individuare il pilastro più sollecitato, ossia quello avente l'area di influenza maggiore, guardando la pianta di carpenteria del piano terra.



(Pianta piano terra)



Nel primo gruppo della tabella si inseriscono i dati per calcolare l'area di influenza, poi nel secondo si inseriscono una serie di dati necessari per determinare lo sforzo normale di compressione N , il quale dipende dal carico dovuto al peso proprio delle travi che si poggiano in testa al pilastro, dal carico dovuto al solaio e dal numero di piani dell'edificio analizzato.

Dopo aver inserito queste informazioni è possibile calcolare la forza di compressione N , che risulta pari a:

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

Così si può procedere con il calcolo del dimensionamento della sezione, partendo dalla resistenza e l'area minima.

Si continua con il calcolo del **raggio di inerzia minimo**. Questo parametro risulta fondamentale perché: nel caso di elementi in acciaio, che per questa esercitazione immaginiamo con profilo HE 200, permette di ricavare il momento di inerzia minimo.

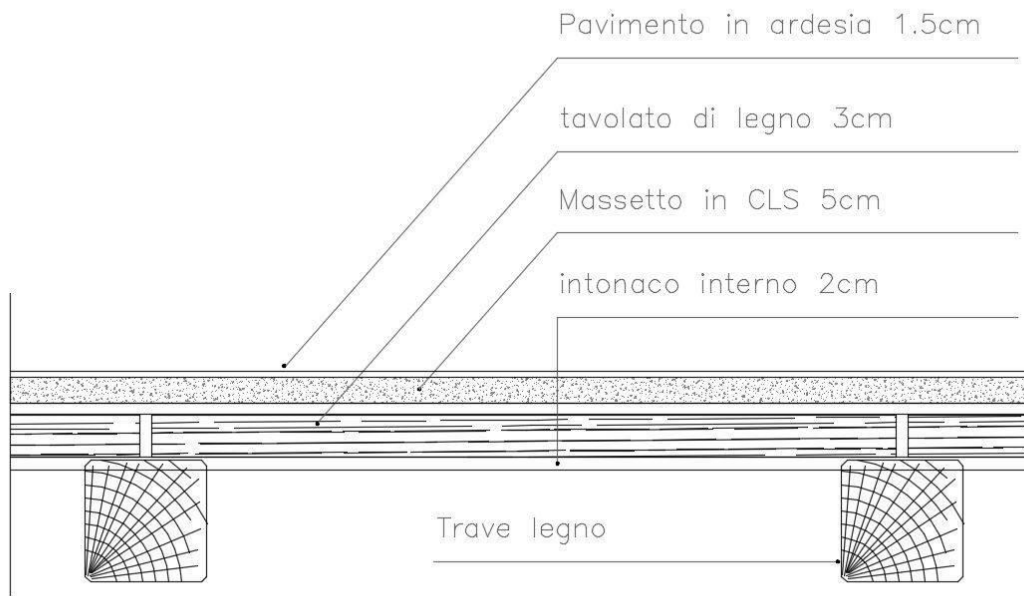
I dati da inserire sono: il valore del modulo di elasticità E , il valore di β (che ricordiamo essere legato ai vincoli a cui è soggetto il pilastro analizzato), e l , che in questo caso è l'altezza del pilastro. Tutti questi dati sono necessari per determinare il massimo valore di snellezza (λ_{max})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

Infine con i valori trovati si deve scegliere dal formulario una sezione di progetto, facendo attenzione che l' A_{design} e I_{design} siano maggiori di quelli calcolati.

La sezione è verificata.

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
2	L ₁	L ₂	Area	trave _p	trave _s	q _{trave}	q _s	q _p	q _a	q _{solaio}	n _{piani}	N	f _{yk}	Y _m	f _{yd}	A _{min}	E	β	I	λ*	ρ _{min}	I _{min}	A _{design}	I _{design}	ρ _{min}	λ	profilo
3	m	m	m ²	kN/m	kN/m	kN	kN/mg	kN/mg	kN/mg	kN		kN	Mpa		Mpa	cm ²	Mpa		m		cm	cm ⁴	cm ²	cm ⁴	cm		
4	6,00	6,00	36,00	3,08	3,08	48,05	2,18	3,07	3,00	429,80	3	1434	275,00	1,05	261,90	54,7	210000	1,00	3,00	88,96	3,37	622	65,3	1	4,98	60,24	HE 180

LEGNO



TRAVI

CARICHI STRUTTURALI q_s

- Tavolato di base
- Travicello
- Caldana Cls
- Rete Elettrosaldata

q_s= 1,40

CARICHI PERMANENTI q_p

- Pavimento in ardesia

-Massetto sabbia e cemento

- incidenza Tramezzi

-incidenza impianti

$$q_s = 3,07$$

CARICHI ACCIDENTALI q_a

Tutti i carichi accidentali sono regolati dalla normativa: la normativa attualmente vigente sono le **NTC2008- Norme tecniche per le costruzioni- D. M. 14 Gennaio 2008**. Ipotizziamo per il nostro progetto una destinazione d'uso di uffici.

$$q_s = 3,00$$

DIMENSIONAMENTO TRAVI

Si inseriscono tutti i dati ricavati nel foglio Excel predisposto e ci ricaviamo attraverso le formule i seguenti dati per la verifica.

Con la seguente formula otteniamo il carico totale a metro lineare sulla trave (i coefficienti sono dati dalla normativa).

$$q_{tot} [kNm2] = \gamma G1 q_s + \gamma G2 q_p + \gamma Q1 q_a \quad q_{tot} = 71,36 [kN/m2]$$

Si continua, inserendo il valore della luce, necessario per il calcolo del momento massimo agente sulla trave

$$M_{max} = q_{ul} * l^2 / 8 \quad M_{max} = 322,35 [kN*m2]$$

Dunque, scegliamo il tipo di acciaio che si vuole utilizzare e di conseguenza avremo, tramite tabella, i valori che lo caratterizzano.

Consideriamo l'acciaio di classe Fe 430/S275 e otteniamo $f_{y,k}$ e f_d tramite la seguente formula:

$$f_d = f_{y,k} / \gamma_s$$

E' possibile dimensionare la sezione rettangolare scegliendo arbitrariamente una Base di progetto calcolando l' H_{min} , valore che andrà poi ingegnerizzato, valore subito superiore compatibile con i profili esistenti sul mercato.

$$H_{min} = \frac{M_{max}}{b} \cdot \frac{6}{f_d}$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	interasse (m)	q_s (kN/m ²)	q_p (kN/m ²)	q_a (kN/m ²)	q_w (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)		area (m ²)	peso unitario (kN/m)
2																	
3	6,00	1,40	3,07	3,00	65,55	5,60	256,96	24,00	0,80	1,50	12,80	40,00	54,87	55,00		0,22	5,50

DIMENSIONAMENTO PILASTRI

Consideriamo un edificio generico avente più livelli (3), la cui struttura è composta da telai piani, ossia da travi che collaborano con i pilastri. Il pilastro più sollecitato sicuramente è uno di quelli al piano terra, poiché su di questi vengono trasmessi tutti i carichi dei piani superiori. Perciò si può individuare il pilastro più sollecitato, ossia quello avente l'area di influenza maggiore, guardando la pianta di carpenteria del piano terra.



(Pianta piano terra)

Nel primo gruppo della tabella si inseriscono i dati per calcolare l'area di influenza, poi nel secondo si inseriscono una serie di dati necessari per determinare lo sforzo normale di compressione N , il quale dipende dal carico dovuto al peso proprio delle travi che si poggiano in testa al pilastro, dal carico dovuto al solaio e dal numero di piani dell'edificio analizzato.

Dopo aver inserito queste informazioni è possibile calcolare la forza di compressione N , che risulta pari a:

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

Così si può procedere con il calcolo del dimensionamento della sezione, partendo dalla resistenza e l'area minima.

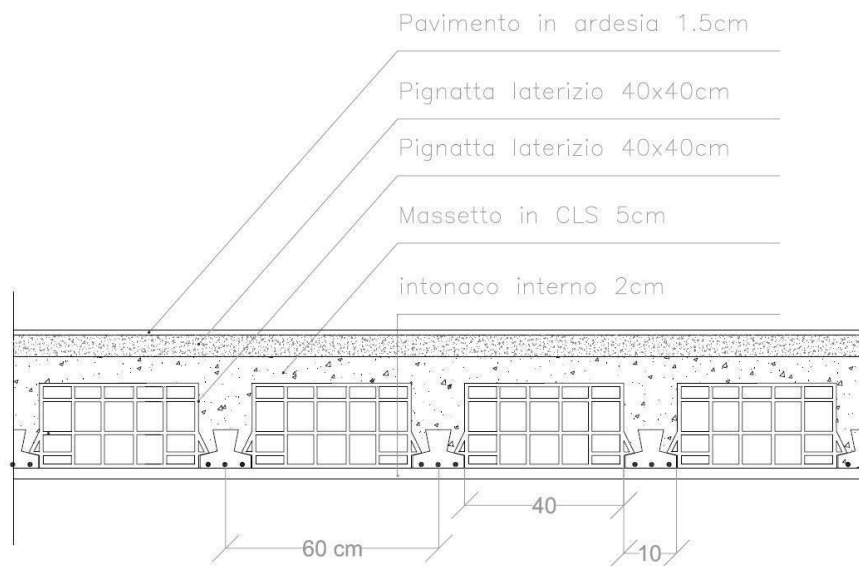
Si continua con il calcolo del **raggio di inerzia minimo**. Questo parametro risulta fondamentale perché: nel caso di elementi nel caso di elementi strutturali in legno, caratterizzati da sezioni rettangolari piene, permette di ricavare la base minima che deve avere la sezione.

I dati da inserire sono: il valore del modulo di elasticità E , il valore di β (che ricordiamo essere legato ai vincoli a cui è soggetto il pilastro analizzato), 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}).

Infine con i valori trovati si deve scegliere dal formulario una sezione di progetto, facendo attenzione che l' A_{design} e I_{design} siano maggiori di quelli calcolati.

	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
1	L_1	L_2	Area	trave _p	trave _s	q _{trave}	q _s	q _p	q _a	q _{solaio}	n _{piani}	N	f _{c0,k}	k _{mod}	Y _m	f _{c0d}	A _{min}	E ₀₀₅	β	l	λ _{max}	ρ _{min}	b _{min}	b	h _{min}	h	A _{design}	I _{design}
2	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
3																												
4	6,00	6,00	36,00	5,50	5,50	85,80	1,32	3,07	3,00	389,56	3	1426	24,00	0,80	1,50	12,80	1114,1	9400	1,0	3,00	85,09	3,53	12,21	40,00	27,85	40,00	1600	213333
5																												

CALCESTRUZZO ARMATO



TRAVI

CARICHI STRUTTURALI q_s

- Travetto
- Soletta
- Pignatta

$q_s = 4,01$

CARICHI PERMANENTI q_p

- Pavimento
- Impianti
- Tramezzi
- Massetto allettamento

$q_s = 3,07$

CARICHI ACCIDENTALI q_a

Tutti i carichi accidentali sono regolati dalla normativa: la normativa attualmente vigente sono le **NTC2008- Norme tecniche per le costruzioni- D. M. 14 Gennaio 2008**. Ipotizziamo per il nostro progetto una destinazione d'uso di uffici.

$q_s = 3,00$

DIMENSIONAMENTO TRAVI

Si inseriscono tutti i dati ricavati nel foglio Excel predisposto e ci ricaviamo attraverso le formule i seguenti dati per la verifica.

Con la seguente formula otteniamo il carico totale a metro lineare sulla trave (i coefficienti sono dati dalla normativa).

$$Q_{tot} [kNm^2] = \gamma G_1 q_s + \gamma G_2 q_p + \gamma Q_1 q_a \quad Q_{tot} = 71,36 [kN/m^2]$$

Si continua, inserendo il valore della luce, necessario per il calcolo del momento massimo agente sulla trave

$$M_{max} = q_{ul} \cdot l^2 / 8 \quad M_{max} = 322,35 [kN \cdot m^2]$$

Si definiscono le tensioni di progetto del calcestruzzo (f_{cd}) e dell'acciaio di armatura (f_{yd})

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$$

α_{cc} coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata = 0,85

γ_c coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo = 1,5

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

γ_s coefficiente riduttivo dell'acciaio d'armatura = 1,15

Una volta calcolate le tensioni di progetto si calcolano α e r , tramite i quali sarà possibile calcolare l' H_u . Si sceglie poi una base di design per la trave e si determina l'altezza utile della sezione della trave. L'altezza minima della sezione sarà data dalla somma (regolarizzata) di H_u con lo spessore del copriferro δ (distanza tra il baricentro del tondino di armatura e il filo del calcestruzzo teso)

Si determina poi il peso Unitario della trave calcolando l'Area della trave per il peso specifico del cls.

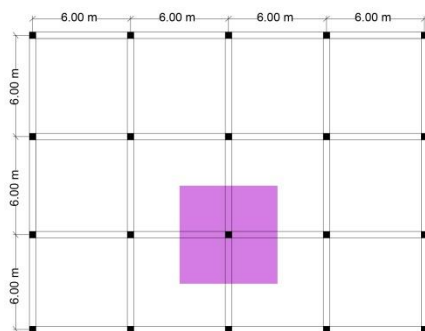
La trave, ora dimensionata e con un proprio peso, incide direttamente sul Q_{tot} (il peso unitario _considerevole per le travi in CA_ è moltiplicato per un coefficiente)

Per questo è necessario verificare se la sezione calcolata riesce a sostenere i carichi o se sarà opportuno ridimensionarla.

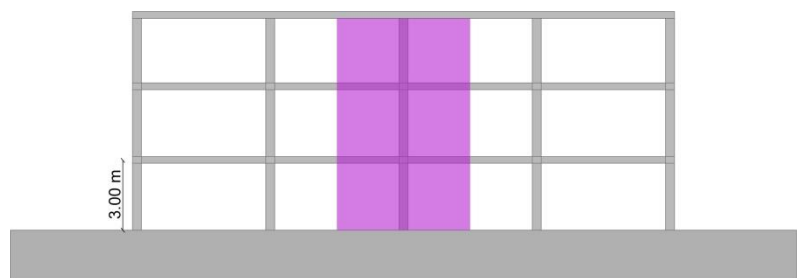
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
1	interasse (m)	q_{G1} (kN/m ²)	q_{G2} (kN/m ²)	q_{Q1} (kN/m ²)	q_{Q2} (kN/m ²)	luce (m)	M_{max} (kN·m)	f_{yk} (N/mm ²)	f_{yk} (N/mm ²)	f_{yk} (N/mm ²)	f_{ck} (N/mm ²)	β	r	b (cm)	h_c (cm)	δ (cm)	H_{min} (cm)	H	H/I	area (m ²)	peso unitario (kN/m)	
2																						
3	6,00	4,01	3,07	3,00	85,91	5,60	336,76	450,00	391,30	60,00	34,00	0,57	2,09	40,00	32,84	5,00	37,84	40,00	0,07	0,16	4,00	
4					91,11	5,60	357,14	450,00	391,30	60,00	34,00	0,57	2,09	40,00	33,82	5,00	38,82	verificata				

DIMENSIONAMENTO PILASTRI

Consideriamo un edificio generico avente più livelli (3), la cui struttura è composta da telai piani, ossia da travi che collaborano con i pilastri. Il pilastro più sollecitato sicuramente è uno di quelli al piano terra, poiché su di questi vengono trasmessi tutti i carichi dei piani superiori. Perciò si può individuare il pilastro più sollecitato, ossia quello avente l'area di influenza maggiore, guardando la pianta di carpenteria del piano terra.



(Pianta piano terra)



Nel primo gruppo della tabella si inseriscono i dati per calcolare l'area di influenza, poi nel secondo si inseriscono una serie di dati necessari per determinare lo sforzo normale di compressione N , il quale dipende dal carico dovuto al peso proprio delle travi che si poggiano in testa al pilastro, dal carico dovuto al solaio e dal numero di piani dell'edificio analizzato.

Dopo aver inserito queste informazioni è possibile calcolare la forza di compressione N , che risulta pari a:

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

Così si può procedere con il calcolo del dimensionamento della sezione, partendo dalla resistenza e l'area minima.

Si continua con il calcolo del **raggio di inerzia minimo**. Questo parametro risulta fondamentale perché: nel caso di elementi nel caso di elementi strutturali in cls armato, caratterizzati da sezioni rettangolari piene, permette di ricavare la base minima che deve avere la sezione.

I dati da inserire sono: il valore del modulo di elasticità E , il valore di β (che ricordiamo essere legato ai vincoli a cui è soggetto il pilastro analizzato), 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}).

Infine con i valori trovati si deve scegliere dal formulario una sezione di progetto, facendo attenzione che l' A_{design} e I_{design} siano maggiori di quelli calcolati.

#	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	
1	L_p	L_s	Area	$trave_1$	$trave_2$	q_{trave}	q_s	q_p	q_a	q_{solaio}	n_{piani}	N	f_{ck}	f_{cd}	A_{min}	b_{min}	E	β	l	λ^*	ρ_{min}	b_{min}	b	h_{min}	h	A_{design}	I_{design}	I_{max}	W_{max}	q_t	M_t	σ_{max}	
2	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 ² /m	Mpa	
3																																	
4	6.00	6.00	36.00	4.00	4.00	62.40	4.01	3.07	3.00	515.45	3	1734	60.0	34.0	509.9	22.6	21000	1.00	3.00	78.08	3.84	13.31	40.00	12.75	40.00	1600	213333	213333	10666.67	85.91	257.72	35.00	