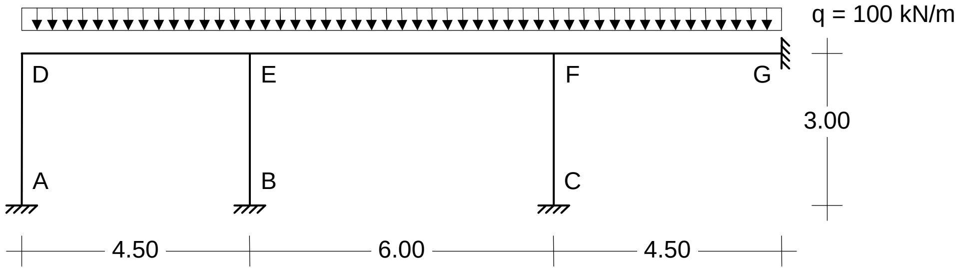
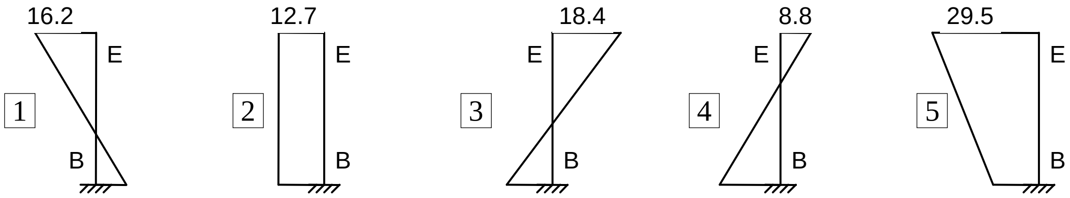
# Foglio 1




(1) Risolvendo lo schema di telaio sopra riportato, con trave 30×50 e pilastri 30×30, quale dei diagrammi del momento flettente è quello che si ha nel pilastro B-E? (punti -1/+7)




Il valore all'estremo E può essere stimato applicando il metodo di Cross, facendo una ripartizione nel nodo ma anche qualche considerazione sui possibili trasporti.

Bloccando alla rotazione i nodi D, E, F si ha come momento d'incastro

$\overline{M}_{ED} = 168.8$ kNm $\qquad \overline{M}_{ED} = 300.0$ kNm

e quindi un momento squilibrato pari a 131.2 kNm. Si noti che effettuando la ripartizione nel nodo D il valore di $M_{DE}$ si ridurrà e quindi aumenterà $M_{ED}$ e si ridurrà lo squilibrio. Invece effettuando la ripartizione nel nodo F il valore di $M_{FE}$ si ridurrà e quindi aumenterà $M_{EF}$ ed aumenterà lo squilibrio, ma sicuramente in misura minore. Il momento squilibrato deve essere quindi immaginato un po' inferiore a 131.2 kNm.

Il momento d'inerzia della trave e del pilastro valgono rispettivamente

$I_t = 312500 \text{ cm}^4 \qquad I_p = 67500 \text{ cm}^4$

e tenendo conto delle differenti lunghezze delle aste (e dell'uguaglianza del vincolo) i coefficienti di ripartizione nel nodo E valgono

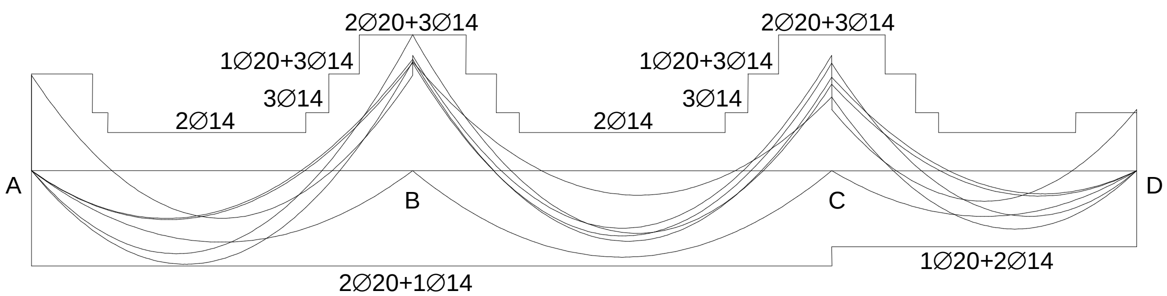
$\text{rip}_{ED} = 0.482 \qquad \text{rip}_{EF} = 0.362 \qquad \text{rip}_{EB} = 0.156$

All'estremo E dell'asta EB andrà quindi meno di $M_{EB} < 131.2 \times 0.156 = 20.5 \text{ kNm}$.

Si può quindi scartare sicuramente la risposta 5.

Occorre poi notare che, essendo maggiore il momento d'incastro $\overline{M}_{ED}$, il momento $M_{EB}$ deve tendere le fibre di sinistra. Si possono quindi scartare le risposte 3 e 4. Infine, si noti che applicando ad un'asta un qualsiasi momento $M$ ad un estremo impedito di spostarsi quando l'altro estremo è incastrato il momento flettente deve essere intrecciato con valore all'altro estremo pari alla metà di $M$ (questa osservazione, unita a quella relativa al segno, già consentiva di individuare la risposta esatta). Pertanto l'unica risposta possibile è la 1.

..........................................................................................................................................



(2) Il diagramma dei momenti sollecitanti e resistenti sopra riportato è relativo ad una trave emergente, progettata seguendo tutti i criteri da noi suggeriti. In fase di realizzazione, però, ci si è dimenticati di aggiungere uno dei due monconi ∅20 sull'appoggio B. Si può accettare la struttura così realizzata? (punti -1/+7)

1 si, perché il rapporto δ è compatibile con il valore di *x*/*d* usato

2 no, perché il valore del rapporto δ non è compatibile con il valore di *x*/*d* usato

3 non si può dire, perché occorrerebbe conoscere il valore di *x*/*d*

4 no, perché il rapporto δ è accettabile ma l'armatura inferiore non è compatibile con l'incremento di momento conseguente alla ridistribuzione

5 si, perché il rapporto δ è accettabile e l'armatura inferiore è compatibile con l'incremento di momento conseguente alla ridistribuzione

Il rapporto δ tra la resistenza che si ha con 1∅20+3∅14 (cioè un ∅20 in meno del previsto) ed il momento sollecitante è pari a circa 0.71 e tale valore è accettabile, se si tiene conto che la trave è progettata con *x*/*d* = 0.25. La riduzione di momento resistente sull'appoggio comporta però un aumento del momento flettente positivo nelle campate adiacenti. Nella prima campata, però, il momento resistente è proprio al limite e, anche se a variare è solo lo schema che dà il massimo in B, il valore in campata supererebbe la resistenza. La risposta giusta è quindi la 4. La risposta 1 è solo parziale (e per questo non corretta) ed è stata valutata 2 punti.

Nota: in un'altra serie di domande si chiede se sia accettabile aver dimenticato di aggiungere uno dei due monconi ∅20 sull'appoggio C. In questo caso la ridistribuzione è minore, ma soprattutto l'incremento di momento positivo è compatibile con la resistenza dell'armatura inferiore, che è un po' abbondante. La risposta giusta è quindi la 5. La risposta 1 è solo parziale ed è stata valutata 3 punti.

.........................................................................................................................................

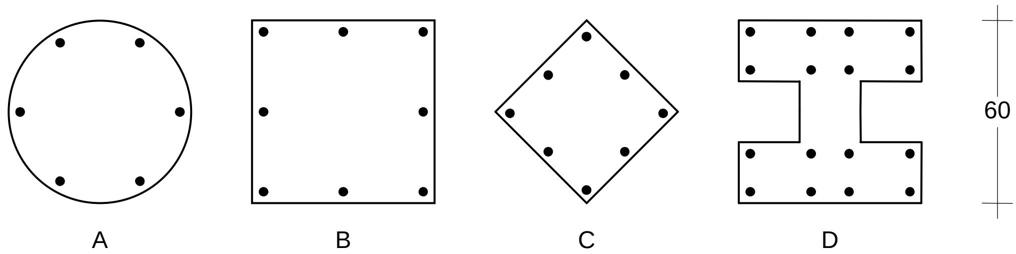
$e_1$=$e_2$

12.8 cm

10.3 cm

7.7 cm

5.2 cm




(3) In figura sono mostrate quattro sezioni della stessa altezza, armate con ∅14. A fianco sono riportate, non nello stesso ordine, le distanze degli estremi di nocciolo della sezione compressa (calcestruzzo più armature). Ordina le sezioni dal maggiore al minore $e_1$. (punti -1/+5)

1 D C B A  2 B A C D  3 B A D C  4 D B A C  5 A D C B

La valutazione può essere fatta senza calcoli, se si ricorda che le dimensioni del nocciolo d'inerzia dipendono da quanto sono centrifugate le aree. Per la sezione compressa conta principalmente la sezione di calcestruzzo. La sezione che ha aree più centrifugate è la D. Segue poi la B. A questa segue la A mentre l'ultima è la C (che ha larghezza massima in corrispondenza del baricentro e nulla agli estremi superiore e inferiore). La risposta esatta è quindi la 4.

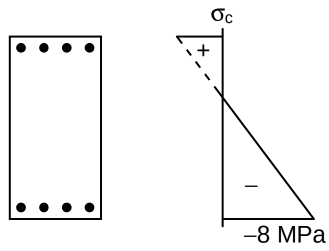
Per chi vuol fare il calcolo, si riportano sinteticamente alcuni valori (i valori relativi all'acciaio andranno poi moltiplicati per *n*=15):

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| sezione A | $A_c = 2827\ \text{cm}^2$ | $A_s = 9.2\ \text{cm}^2$ | $I_c = 636173\ \text{cm}^4$ | $I_s = 3123\ \text{cm}^4$ |
| sezione B | $A_c = 3600\ \text{cm}^2$ | $A_s = 12.3\ \text{cm}^2$ | $I_c = 1080000\ \text{cm}^4$ | $I_s = 6246\ \text{cm}^4$ |
| sezione C | $A_c = 1800\ \text{cm}^2$ | $A_s = 12.3\ \text{cm}^2$ | $I_c = 270000\ \text{cm}^4$ | $I_s = 2738\ \text{cm}^4$ |
| sezione D | $A_c = 2800\ \text{cm}^2$ | $A_s = 24.6\ \text{cm}^2$ | $I_c = 1053333\ \text{cm}^4$ | $I_s = 10743\ \text{cm}^4$ |

Nota: in un'altra serie di domande si faceva riferimento alla sezione tesa e quindi alle sole armature, che hanno valori del nocciolo 16.9, 14.5, 11.3 e 7.4 cm. In questo caso, guardando solo le armature, si nota che quelle della B (6 su 8 sono agli estremi). Seguono poi quelle della D, perché ci sono gli strati intermedi. Viene poi la A e infine la C. I valori si ricavano dai risultati intermedi sopra riportati, prendendo in considerazione solo l'acciaio.

## Foglio 2

(4) La sezione a fianco disegnata, di dimensioni 30×60 ed armata con 4+4∅14, analizzata con il secondo modello di comportamento, è soggetta al diagramma di tensioni a fianco indicato. Sapendo che $M$ vale –105 kNm ed utilizzando le consuete convenzioni di segno, a quale valore dello sforzo normale $N$ è soggetta la sezione? (punti -1/+5)

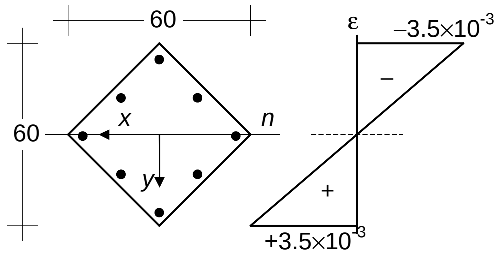



$\boxed{1}$ $N$= +600 kN $\boxed{2}$ $N$= +350 kN $\boxed{3}$ $N$= 0 kN $\boxed{4}$ $N$= –520 kN $\boxed{5}$ $N$= –1200 kN

La posizione dell'asse neutro non è quotata ma è evidente che la parte compressa (inferiore perché $M$ è negativo) è circa i due terzi della sezione e quindi $x \cong 40$ cm. Lo sforzo normale è sicuramente di compressione, con risultante esterna al nocciolo. Il contributo $N_c$ si può ricavare immediatamente ed è pari a $40\times30\times(-8)/2\times10^{-1}$ ovvero –480 kN. L'armatura compressa fornisce un $N'_s$ negativo, maggiore in valore assoluto di quello dell'armatura tesa $N_s$, ma comunque modesto rispetto a $N_c$. In alternativa, poiché il nocciolo ha dimensione pari a poco più di $h$/6 (10 cm) il rapporto $M/N$ deve essere superiore a tale valore e quindi $N$ non può essere –1200 kN. Di conseguenza la risposta esatta deve essere la 4.

.......................................................................................................................................

(5) La sezione in calcestruzzo C25/30 disegnata a fianco, analizzata con il terzo modello di comportamento, è soggetta al diagramma di deformazioni a fianco disegnato. Quanto vale la risultante delle tensioni di compressione del calcestruzzo $N_c$? (punti -1/+5)



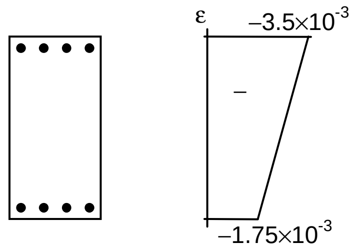

$\boxed{1}$ $N_c$= –661kN $\boxed{2}$ $N_c$= –816 kN $\boxed{3}$ $N_c$= –1033 kN $\boxed{4}$ $N_c$= –1275 kN $\boxed{5}$ $N_c$= –2066 kN

Poiché la sezione non ha larghezza costante si può usare il modello semplificato che considera una tensione costante e pari a $f_{cd}$ applicata al di sopra di una retta che dista 0.8 $x$ dal bordo compresso. In questo caso 0.8 $x$ = 24 cm e la parte uniformemente compressa è un triangolo di base 48 cm e altezza 24 cm, con area 576 cm$^2$. La risultante è

$$N_c = 576\times(-14.17)\times10^{-1} = -816 \text{ kN}$$

La risposta esatta è quindi la 2.

(6) La stessa sezione della domanda 4, realizzata in calcestruzzo C25/30, analizzata con il terzo modello di comportamento, è soggetta al diagramma di deformazioni a fianco disegnato. Quanto vale il coefficiente di riempimento β?




$\boxed{1}$ 0.750 $\boxed{2}$ 0.810 $\boxed{3}$ 0.907 $\boxed{4}$ 0.952

$\boxed{5}$ non ha senso calcolarlo perché questo non è un diagramma limite

Un diagramma di deformazione è limite se la sezione è parzializzata e la deformazione al bordo compresso vale $-\varepsilon_{cu} = -3.5 \times 10^{-3}$ oppure se è tutta compressa (come in questo caso) e la deformazione in un punto posto a 3/7 *h* vale $-\varepsilon_{c2} = -2.0 \times 10^{-3}$. Se la sezione è tutta compressa (con diagramma trapezio) la deformazione massima non può raggiungere il valore $-\varepsilon_{cu}$. Pertanto il diagramma qui indicato non è un diagramma limite. La risposta esatta è la 5.

........................................................................................................................................................

(7) Ancora per la stessa sezione, se per valutarne la resistenza si vuole utilizzare la formulazione semplificata quale valore bisogna utilizzare per l'esponente *m*? (punti -1/+5)

1 1.00 | 2 1.52 | 3 1.73 | 4 1.85 | 5 2.00

Per calcolare l'esponente occorre valutare innanzi tutto $N_{c,max}$ e $N_{s,max}$

$$N_{c,\max} = b\ h\ f_{cd} = 30 \times 60 \times 14.17 \times 10^{-1} = 2551 \text{ kN}$$

$$N_{s,\max} = A_{s,tot}\ f_{yd} = 2 \times 6.16 \times 391.3 \times 10^{-1} = 482 \text{ kN}$$

Si ha poi

$$m = 1 + \frac{1}{1 + 2\ N_{s,\max} / N_{c,\max}} = 1 + \frac{1}{1 + 2 \times 482 / 2551} = 1.73$$

........................................................................................................................................................

(8) Per una sezione 70×40, armata con 4∅20 e 1∅14 su lato lungo, si sono calcolati i parametri che servono per la verifica mediante la formulazione semplificata:
$N_{c,max} = 3968$ kN, $M_{c,max} = 190.4$ kNm, $N_{s,max} = 1103$ kN, $M_{s,max} = 176.6$ kNm, $m = 1.643$.
Quanto vale il massimo momento che può portare la sezione quando $N_{Ed} = -3968$ kN? (punti -1/+5)

1 niente | 2 80.1 kNm | 3 109.3 kNm | 4 145.2 kNm | 5 169.4 kNm

Si utilizza l'espressione

$$M_{Rd} = (M_{c,\max} + M_{s,\max}) \left[ 1 - \left| \frac{N + \nu_M N_{c,\max}}{\nu_M N_{c,\max} + N_{s,\max}} \right|^m \right]$$

Si ha così

$$M_{Rd} = (190.4 + 176.6) \left[ 1 - \left| \frac{-3968 + 0.48 \times 3968}{0.48 \times 3968 + 1103} \right|^{1.643} \right] = 169.4 \text{ kNm}$$

La risposta esatta è quindi la 5.

Nota: nella serie 3 e 4 usando 0.5 anziché 0.48 si ottengono valori che porterebbero approssimativamente ad un'altra delle risposte. In questi casi ho assegnato 3 punti alla risposta valutata con 0.5.

(9) La stessa sezione 70×40 della domanda precedente, per la quale è $N_{c,max} = 3968$ kN, $M_{c,max} = 190.4$ kNm, è soggetta alle caratteristiche di sollecitazione $N_{Ed} = -1250$ kN e $M_{Ed} = 340$ kNm. Che armatura $A_s = A'_s$ occorre disporre? (punti -1/+5)

1 7.7 cm$^2$ | 2 10.4 cm$^2$ | 3 13.7 cm$^2$ | 4 19.5 cm$^2$ | 5 26.2 cm$^2$

Si determina innanzitutto l'aliquota di momento che è portata dal calcestruzzo

$$M_{c(N)} = M_{c,\max} \left[ 1 - \left| \frac{N + \nu_M N_{c,\max}}{\nu_M N_{c,\max}} \right|^2 \right] = 190.4 \left[ 1 - \left| \frac{-1250 + 0.48 \times 3968}{0.48 \times 3968} \right|^2 \right] = 168 \text{ kNm}$$

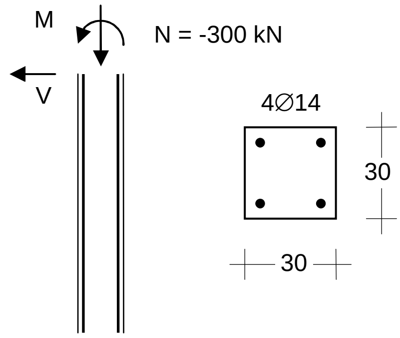
La restante parte è portata dall'armatura. Si ha quindi

$$A_s = A'_s = \frac{A_{s,tot}}{2} = \frac{M_{Ed} - M_{c(N)}}{(h-2\,c)\;f_{yd}} = \frac{340-168}{(40-2\times 4)\times 391.3}\times 10^3 = 13.7\text{ cm}^2$$

La risposta esatta è quindi la 3.

# Foglio 3

Per le prossime tre domande fai riferimento a un pilastro di sezione 30×30, realizzato in calcestruzzo con $f_{ck} = 25$ MPa e armato con 4∅14 (posti uno per spigolo con copriferro di calcolo $c = 4$ cm), soggetto a flessione e taglio ma anche ad uno sforzo normale di compressione $N_{Ed} = -300$ kN.




Per i quesiti (10) e (11) immagina che per un errore costruttivo una parte del pilastro sia rimasta priva di staffe e che tu debba valutare qual è il massimo taglio che può sopportare.

(10) Nella valutazione di questo taglio interviene una percentuale geometrica di armatura. Quanto vale? (punti -1/+5)

[1] 0.00395 [2] 0.0079 [3] 0.0105 [4] 0.02 [5] 0.038

L'armatura da considerare è quella tesa per flessione (2∅14). La percentuale geometrica di armatura $\rho_l$ vale

$$\rho_l = \frac{A_s}{b\,d} = \frac{3.08}{30\times 26} = 0.00395$$

La risposta esatta è quindi la 1.

(11) Nella valutazione di questo taglio fornisce un buon contributo anche lo sforzo normale. Quanto vale questo contributo? (punti -1/+5)

[1] 12.3 kN [2] 26.0 kN [3] 39.0 kN [4] 84.5 kN [5] 142kN

Il contributo dello sforzo normale dipende dalla tensione media $\sigma_{cp}$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = \frac{300}{30\times 30}\times 10^1 = 3.33\text{ MPa}$$

e vale

$$0.15\,\sigma_{cp}\,b\,d = 0.15\times 3.33\times 30\times 26\times 10^{-1} = 39.0\text{ kN}$$

La risposta esatta è quindi la 3.

(12) Immaginando, invece, che la stessa sezione sia adeguatamente staffata, la resistenza massima a taglio della sezione in calcestruzzo dipende anche dallo sforzo normale applicato (mi sono accorto di non aver evidenziato questo contributo a lezione, ma da bravo studente sarai in grado di rispondere ugualmente). Di quanto aumenta, rispetto al caso in cui $N$=0, se lo sforzo normale ha il valore indicato sopra ($N_{Ed} = -300$ kN)? (punti 0/+4)

[1] meno del 10% [2] tra 10 e 20% [3] tra 20 e 25% [4] tra 25 e 30%

Il contributo dello sforzo normale dipende dalla tensione media $\sigma_{cp}$, calcolata al quesito precedente, e se ne tiene conto moltiplicando la resistenza per il coefficiente

$$1 + \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}} = 1 + \frac{3.33}{14.17} = 1.235 \qquad \text{per} \qquad 0 \le \sigma_{cp} \le 0.25\,f_{cd}$$

Nel caso in esame l'incremento è del 23.5% e la risposta esatta è quindi la 3.

.......................................................................................................................................................

(13) Per una trave a spessore di sezione 60×28 armata a taglio con staffe, con copriferro di calcolo $c = 4$ cm, si sono calcolati i valori assunti da $V_{Rd,\max}$ e $V_{Rd,s}$ quando il puntone compresso è inclinato di 45°: $V_{Rd,\max} = 459$ kN, $V_{Rd,s} = 169$ kN. Qual è il massimo taglio che questa trave può portare? (punti -1/+5)

1 169 kN    2 230 kN    3 314 kN    4 356 kN    5 459 kN

Si potrebbe rispondere anche senza un calcolo rigoroso. I valori indicati corrispondono a cot θ = 1. La resistenza massima si ha quando le due resistenze diventano uguali (o quando cot θ = 2.5). Se si passa a cot θ = 2 $V_{Rd,s}$ si raddoppia (diventando 338 kN) mentre $V_{Rd,\max}$ si riduce del 20% (diventando 367 kN). Quindi cot θ può crescere ancora un poco e la resistenza sarà compresa tra questi due valori. L'unico valore possibile tra quelli elencati è il quarto. Se si vuol fare il calcolo esatto, occorre determinare cot θ dalla condizione

$$\cot\theta = \sqrt{\frac{\nu\ f_{cd}\ b}{A_s / s\ f_{yd}} - 1}$$

Il rapporto che compare sotto radice è legato, a meno di $z$ che si semplifica ed a cot θ al rapporto tra le due resistenze. In particolare, usando i valori riferiti a cot θ = 1, è

$$\cot\theta = \sqrt{\frac{2\,V_{Rd,\max}}{V_{Rd,s}} - 1} = \sqrt{\frac{2\times 459}{169} - 1} = 2.10$$

ed a questo corrisponde la resistenza 356 kN. La risposta esatta è quindi la 4.

(14) Quali staffe sono disposte nella trave citata al quesito precedente, per avere la resistenza a taglio lì indicata?
Nota: 2 br. = a due bracci, 4 br. = a quattro bracci (punti -1/+5)

1 ∅8/10, 2 br.    2 ∅8/15, 2 br.    3 ∅8/20, 2 br.    4 ∅8/10, 4 br.    5 ∅8/15, 4 br.

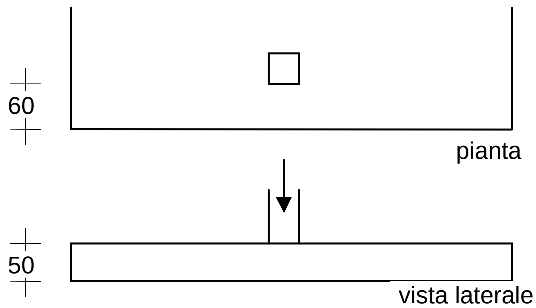
La formula che fornisce la resistenza delle armature può essere invertita, fornendo

$$\frac{A_s}{s} = \frac{V_{Rd,s}}{z\ f_{yd}\ \cot\theta} = \frac{169}{0.9\times 24\times 391.3\times 1}\times 10^3 = 20.0\ \text{cm}^2/\text{m}$$

Per avere queste staffe occorrono 40 bracci ∅8 in un metro e quindi ∅8/10 con 4 bracci. La risposta esatta è quindi la 4.

---

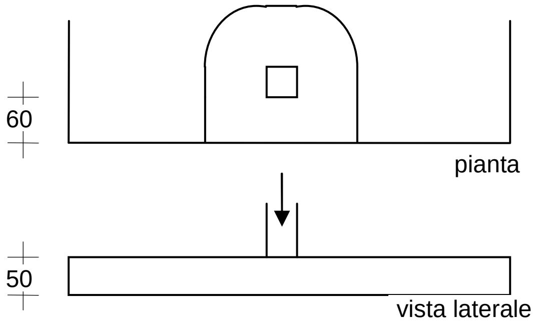
Un pilastro di dimensioni 40×40 poggia su una platea di fondazione che ha spessore 50 cm e copriferro di calcolo 5 cm. Il lato esterno del pilastro dista solo 60 cm dal bordo della platea.




(15) Quanto misura il perimetro critico $u_1$ che si deve usare nella verifica a punzonamento?

1 408 cm    2 523 cm    3 600 cm    4 691 cm    5 725 cm

Il perimetro critico si ottiene traslando i lati dell'area di impronta del carico (cioè del pilastro) di una quantità pari a 2 $d$ e raccordandoli con archi di circonferenza. In questo caso, però, essendo il pilastro vicino al bordo occorre raccordare il perimetro con linee perpendicolari al bordo. Quindi il perimetro può essere calcolato (indicando con $L$ il lato e $D$ la distanza dal bordo) come

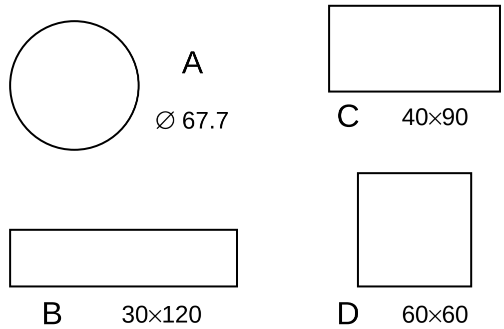



$$u_1 = 3\,L + 2\,\pi\,d + 2\,D = 523\ \text{cm}$$

La risposta esatta è quindi la 2.

# Foglio 4

(16) Qui a fianco sono disegnate quattro sezioni in cemento armato, che hanno tutte la stessa area (e lo stesso copriferro di calcolo $c = 5$ cm). Quale sezione ha il valore più alto dello spessore $t$, da usare nelle verifiche a torsione? (punti -1/+4)




[1] A [2] B [3] C [4] D

Lo spessore $t$ è calcolato come rapporto area/perimetro (purché non inferiore a 2 $c$). Poiché tutte le sezioni hanno la stessa area, il $t$ è più alto per l'area che ha il perimetro minore. Tra le sezioni, questo si ha per la sezione circolare (A). La risposta esatta è quindi la 1.

(17) Quanto vale l'area $A_k$, da usare nelle verifiche a torsione, per una sezione 40×80, con copriferro di calcolo $c = 5$ cm? (punti -1/+4)

[1] 1364 cm$^2$ [2] 1562 cm$^2$ [3] 1778 cm$^2$ [4] 2100 cm$^2$

Occorre innanzitutto calcolare lo spessore $t$ che in questo caso vale 13.33 cm. I lati del rettangolo che costituisce la linea media valgono $b_k$ = 26.67 cm e $b_k$ = 66.67 cm. L'area che si ottiene è 1778 cm$^2$. La risposta esatta è quindi la 3.

..........................................................................................................................................

(18) Per una sezione in cemento armato 40×60, armata a torsione con staffe ∅8/10 e barre longitudinali 14∅10 = 10.9 cm$^2$, si sono calcolati i valori assunti dalla resistenza del calcestruzzo $T_{Rd,\max}$ e da quella delle staffe $T_{Rd,st}$ e della'armatura longitudinale $T_{Rd,s,lon}$ quando il puntone compresso è inclinato di 45°: $T_{Rd,\max} = 114.3$ kNm, $T_{Rd,st} = 52.6$ kNm, $T_{Rd,s,lon} = 75.6$ kNm. Qual è il massimo momento torcente che questa trave può portare? (punti -1/+5)

[1] 52.6 kNm [2] 63.0 kNm [3] 74.3 kNm [4] 83.4 kNm [5] 96.2 kNm

Si potrebbe rispondere anche senza un calcolo rigoroso. I valori indicati corrispondono a cot θ = 1. La resistenza massima si ha quando due delle tre resistenze diventano uguali (o quando cot θ = 2.5). Si nota che aumentando un po' cot θ $T_{Rd,st}$ cresce e contemporaneamente $T_{Rd,s,lon}$ si riduce. Il valore 74.3 è da scartare perché troppo vicino a 75.6m pertanto l'unico valore possibile tra quelli elencati è il secondo. Se si vuol fare il calcolo esatto, occorre determinare cot θ dalla condizione

$$\cot\theta = \sqrt{\frac{A_{s,lon} / u_k}{A_s t / s}}$$

Il rapporto che compare sotto radice è legato, a meno di $A_k$ *e* $f_{yd}$ che si semplificano ed a cot θ al rapporto tra le due resistenze. In particolare, usando i valori riferiti a cot θ = 1, è

$$\cot\theta = \sqrt{\frac{T_{Rd,lon}}{T_{Rd,s}}} = \sqrt{\frac{75.6}{52.6}} = 1.20$$

ed a questo corrisponde la resistenza 63.0 kN. La risposta esatta è quindi la 2.

(19) Per la stessa sezione del quesito precedente, se si vuole aumentare del 10% la resistenza a torsione cosa occorre aumentare? (punti -1/+4)

[1] le staffe, del 21% [2] indifferentemente staffe o armatura longitudinale, del 21%

[3] l'armatura longitudinale, del 21% [4] non si riesce a farlo variando l'armatura

Aumentando l'armatura longitudinale del 21% cot θ (calcolata con l'espressione di sopra) aumenta del 10% (radice quadrata di 1.21=1.1) e la sua resistenza cresce di 1.21/1.1 cioè 1.1. Analogamente aumentando le staffe del 21% cot θ si riduce di 1.1 e la resistenza delle staffe cresce di 1.21/1.1 cioè 1.1. La risposta corretta è quindi la 2. Le risposte 1 e 3 sono comunque parzialmente esatte ed ho attribuito 3 punti.

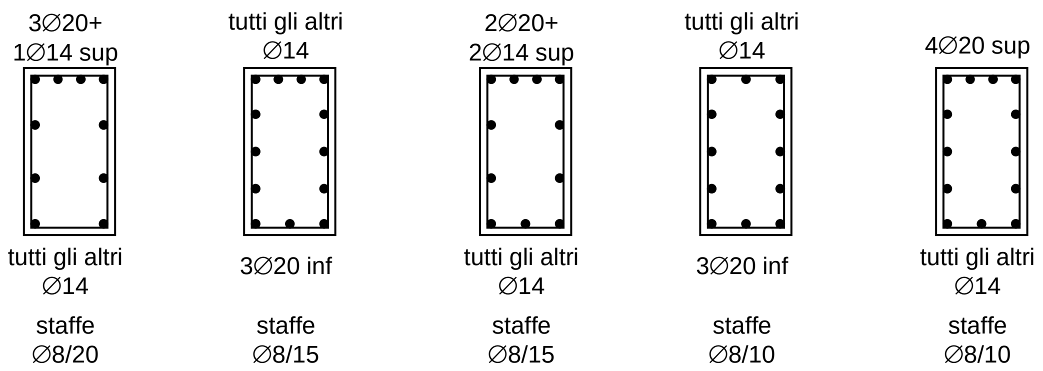
(20) Per una sezione 30×70 (per la quale è $t$ = 10.5 cm) soggetta a flessione, taglio e torsione si sono calcolate le seguenti armature necessarie:

per il momento flettente, che è negativo: $A_s = 8.1\ \text{cm}^2$
(incluso traslazione diagramma momenti)

per il taglio $A_{st} = 4.2\ \text{cm}^2/\text{m}$
(da dividere per il numero di bracci)

per la torsione $A_{st} = 2.4\ \text{cm}^2/\text{m}$ $A_{s,lon} = 12.1\ \text{cm}^2$

Quale delle armature sotto indicate è adeguata per soddisfare tutti i requisiti sopra elencati? (punti -1/+5)




[1] [2] [3] [4] [5]

L'armatura a flessione deve essere disposta superiormente. L'armatura longitudinale a torsione deve essere ripartita tra i lati in proporzione (come rapporto riferito alla linea media, cioè $b_k/u_k$ o $h_k/u_k$). In questo caso è $t$=10.5 e l'armatura a torsione và ai lati superiore e inferiore per 1.49 cm² e a quelli verticali per 4.56 cm². Sul lato superiore si ottiene 9.6 cm². Per le staffe, occorre sommare la quantità relativa al taglio divisa per 2 (bracci) a quella necessaria a torsione (non divisa) ottenendo 4.5 cm²/m ovvero ∅8/10. L'unica distribuzione che rispetta questi requisiti è la 5.