

**LE STRUTTURE
IN
CEMENTO ARMATO:**

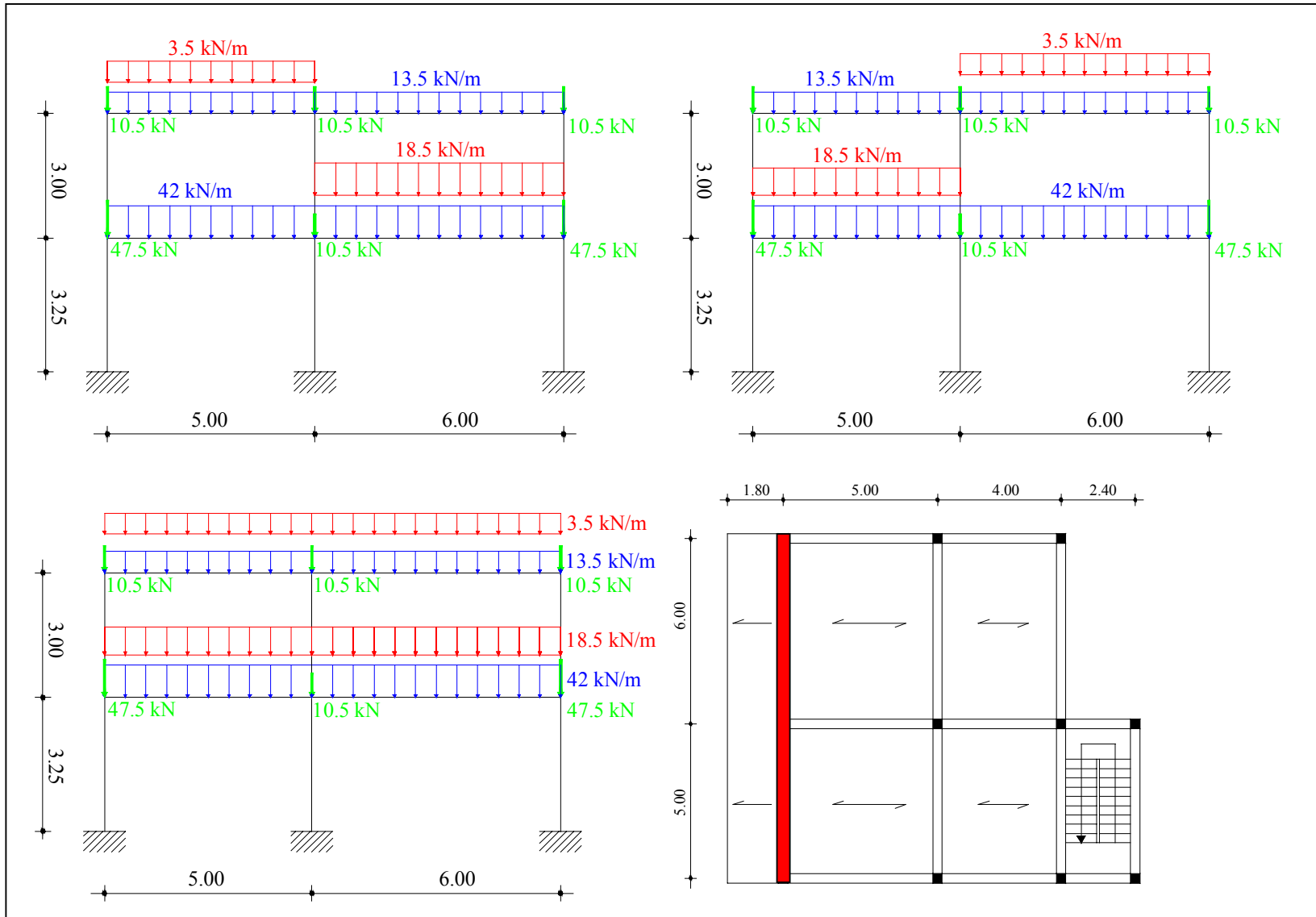
Progetto delle travi di telaio

(arch. Lorena Sguerri)

PROGETTO DELLE TRAVI DI TELAIO

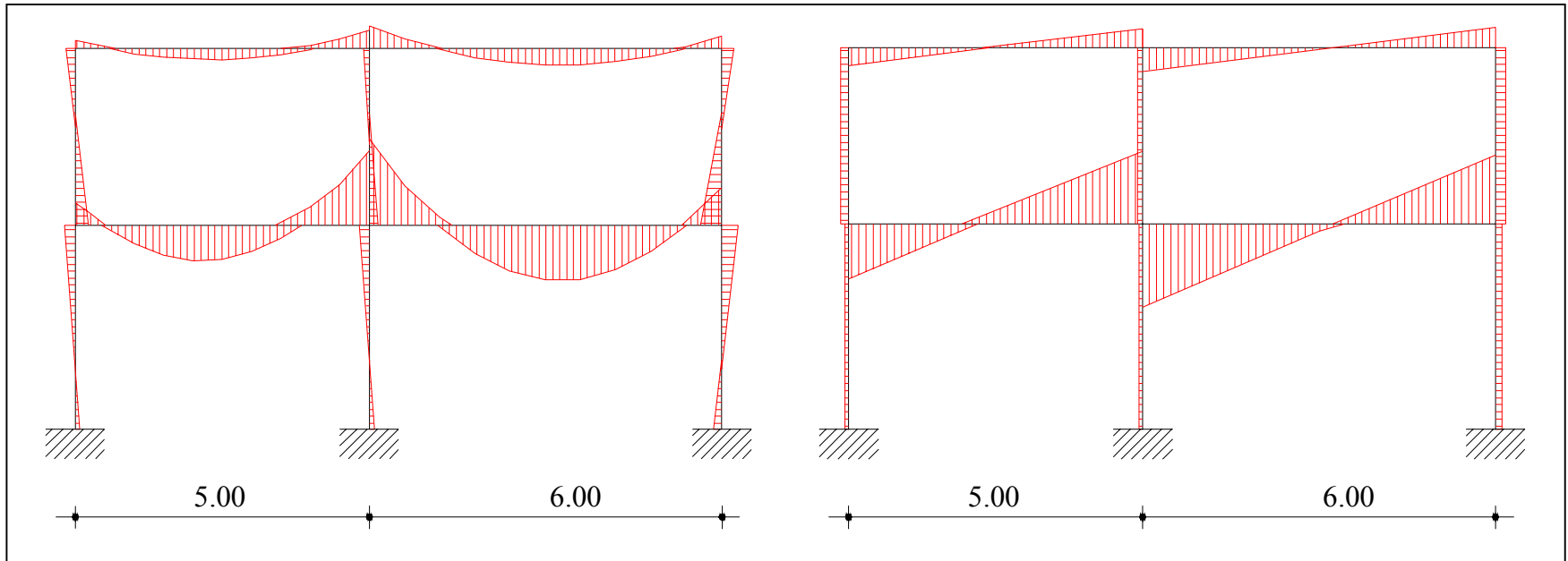
- Correzioni del diagramma di momento flettente
- Prescrizioni di normativa per le armature longitudinali
- Progetto delle armature longitudinali delle travi
- Diagramma dei momenti resistenti
- Lunghezze di ancoraggio
- Progetto delle staffe
- Esempi di esecutivi

Combinazioni di carico



Analisi delle sollecitazioni

Diagrammi di involucro di taglio e momento del telaio in esame



Correzioni sul diagramma di involuppo dei momenti

L'unica correzione da compiere sul diagramma d'involuppo dei momenti delle travi di telaio viene imposta dalla normativa (D.M. 09/01/96, p. 4.2.2.3.3.) ed è dovuta all'interazione tra il momento flettente e il taglio.

La differenza fondamentale tra il progetto del solaio e il progetto del telaio, è che il primo non viene armato a taglio, mentre il secondo sì.

La norma dice che, per gli elementi armati a taglio, le armature longitudinali devono essere progettate su un diagramma dei momenti traslato di una certa quantità a_1 nella direzione che dà luogo ad un aumento del valore assoluto del momento flettente:

$$a_1 = 0.9 d (1 - \cotg \alpha)$$

dove α è l'angolo d'inclinazione delle armature di taglio.

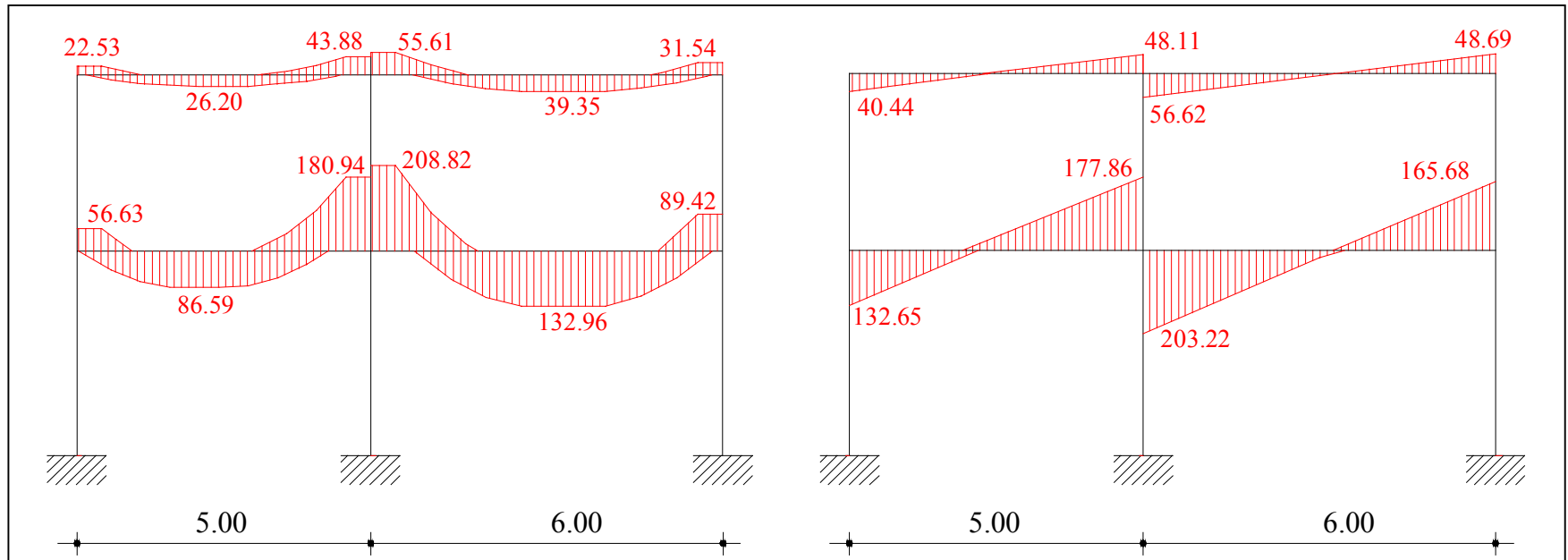
Correzioni sul diagramma di involuppo dei momenti

Nel caso specifico verranno usate, come armature di taglio, solo staffe, quindi:

$$\alpha = 90^\circ \Rightarrow \cotg \alpha = 0 \Rightarrow a_1 = 0.9 d$$

Per quanto riguarda il copriferro si assuma uno spessore $d' = 3 \text{ cm}$ (ambiente poco aggressivo)

Quindi, considerando che la trave è alta 50 cm , si avrà: $a_1 = 0.9 \cdot 47 \approx 43 \text{ cm}$



Prescrizioni di normativa per le armature longitudinali delle travi

La normativa (D.M. 09/01/96, par.7) fornisce alcune indicazioni sul pre-dimensionamento minimo delle armature longitudinali di un solaio:

● Alle estremità delle travi deve essere disposta un'armatura inferiore, convenientemente ancorata, in grado di assorbire allo stato limite ultimo uno sforzo di trazione pari al taglio.

$$A_{fmin} = T_d / f_{yd} \quad (\text{cm}^2)$$

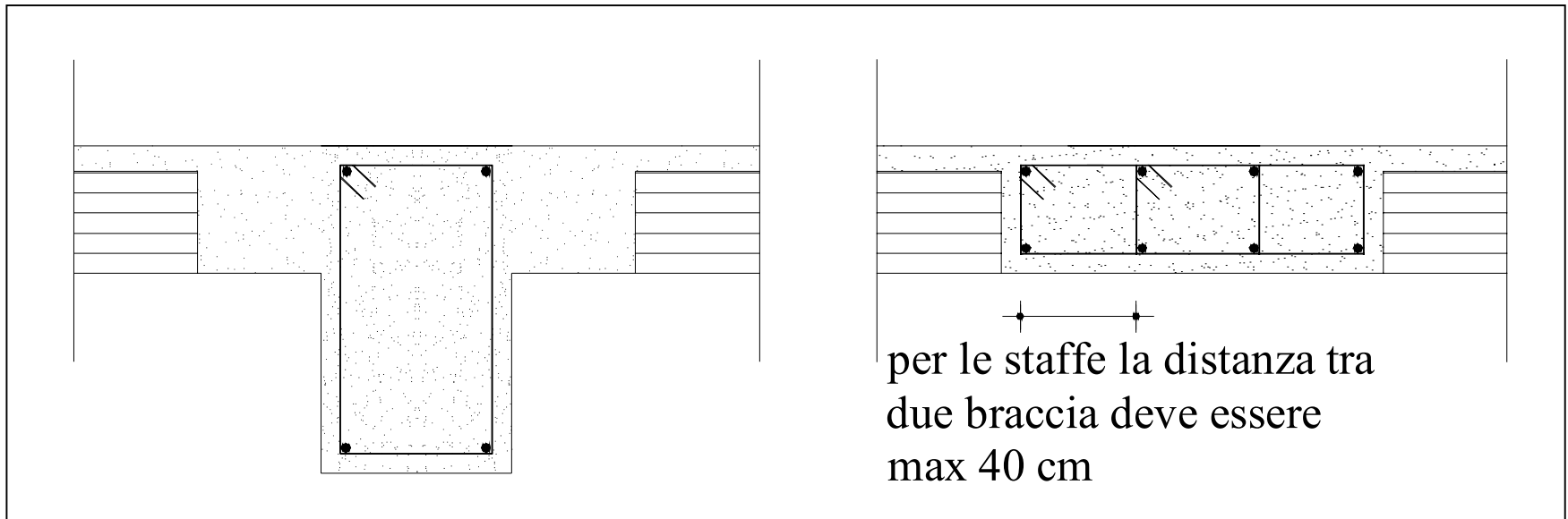
● La percentuale di armatura, in zona tesa deve rispettare il seguente minimo per barre ad aderenza migliorata:

$$A_{fmin} \geq 0.15\% A_b \quad (\text{cm}^2)$$

ove A_b è l'area della sezione in calcestruzzo

Regole pratiche per il progetto delle armature longitudinali delle travi

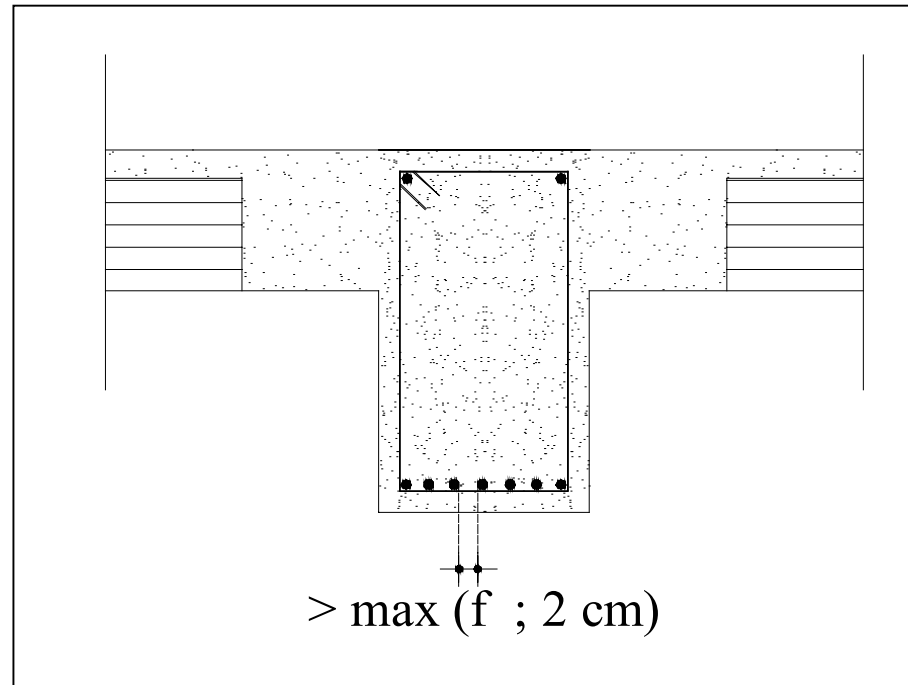
● In linea di massima e contrariamente a quanto fatto per il solaio, in una trave sono sempre presenti sia superiormente che inferiormente un numero di correnti (anche detti reggi-staffe) pari a quello delle braccia delle staffe che si impiegano.



Regole pratiche per il progetto delle armature longitudinali delle travi

- La distanza tra due tondini accostati non deve essere superiore al diametro del tondino stesso o a 2 cm.

ϕ	$A_f \text{ cm}^2$
1 ϕ 8	0.5
1 ϕ 10	0.79
1 ϕ 12	1.13
1 ϕ 14	1.54
1 ϕ 16	2.01
1 ϕ 18	2.54
1 ϕ 20	3.14



Progetto delle armature longitudinali delle travi: esempio

● I dati delle travi riportate nell'esempio sono:

$$H = 50 \text{ cm} \quad b = 30 \text{ cm} \quad d' = 3 \text{ cm} \quad d = 47 \text{ cm}$$

$$A_b = 1500 \text{ cm}^2$$

● La trave ha staffe a due braccia, quindi si avranno, come minimo, 2 correnti superiori e 2 correnti inferiori.

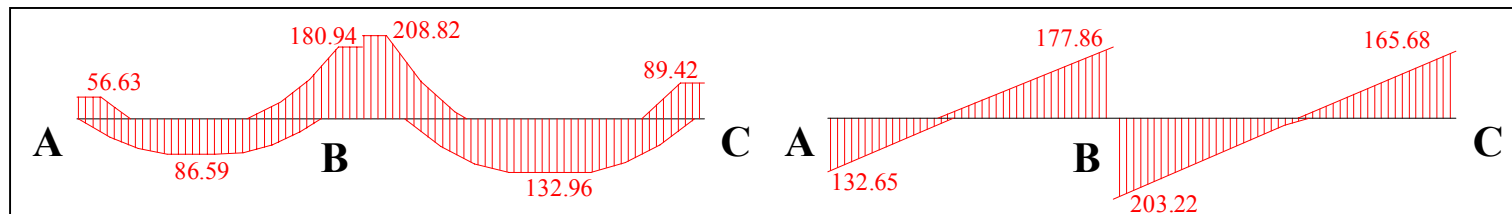
● L'area minima di armatura nelle zone tese deve essere:

$$A_{fmin} \geq 0.15\% \text{ di } 1500 = 0.0015 \cdot 1500 = 2.25 \text{ cm}^2$$

● I dati dell'acciaio sono:

$$\text{FeB44k} \quad \Rightarrow \quad f_{yk} = 430 \text{ Mpa} \quad \Rightarrow \quad f_{yd} = 37.4 \text{ kN/ cm}^2$$

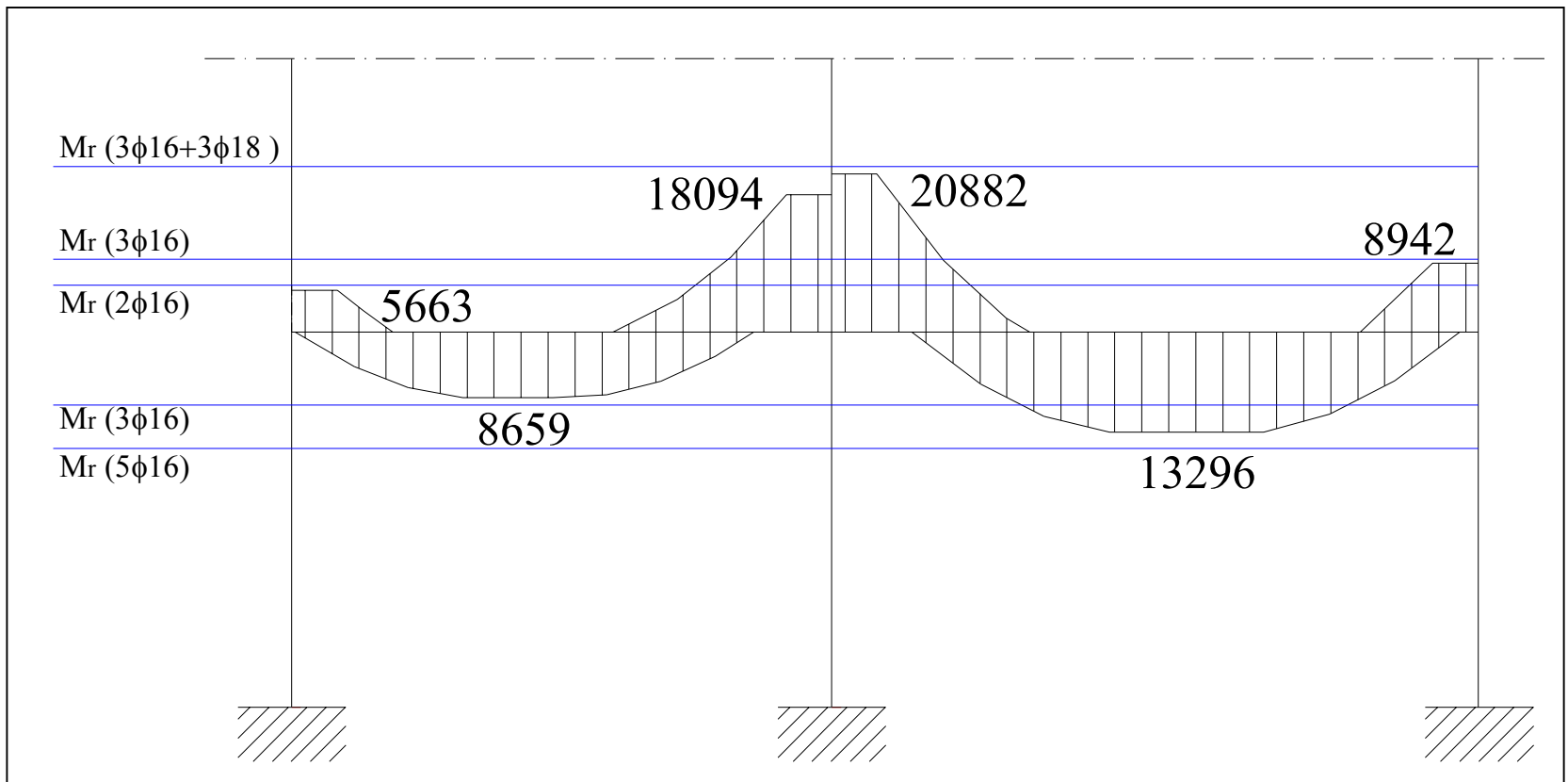
Progetto delle armature longitudinali delle travi



Sez	M_d kN cm	T_d kN	$\frac{M_d}{0.9 d f_{yd}}$	$\frac{T_d}{f_{yd}}$	0.15% A_b	ϕ	$A_{f,eff}$ cm ²
AB_{inf}	8659		5.48 cm ²		2.25 cm ²	3 ϕ 16	6.03
BC_{inf}	13296		8.40 cm ²		2.25 cm ²	5 ϕ 16	10.05
A_{sup}	5663		3.58 cm ²		2.25 cm ²	2 ϕ 16	4.02
B_{sup}	20882		13.20 cm ²		2.25 cm ²	3 ϕ 16 3 ϕ 18	13.62
C_{sup}	8942		5.66 cm ²		2.25 cm ²	3 ϕ 16	6.03
A_{inf}		132.65		3.55 cm ²		3 ϕ 16	4.02
B_{inf}		203.22		5.43 cm ²		3 ϕ 16	6.03
C_{inf}		165.68		4.43 cm ²		3 ϕ 16	6.03

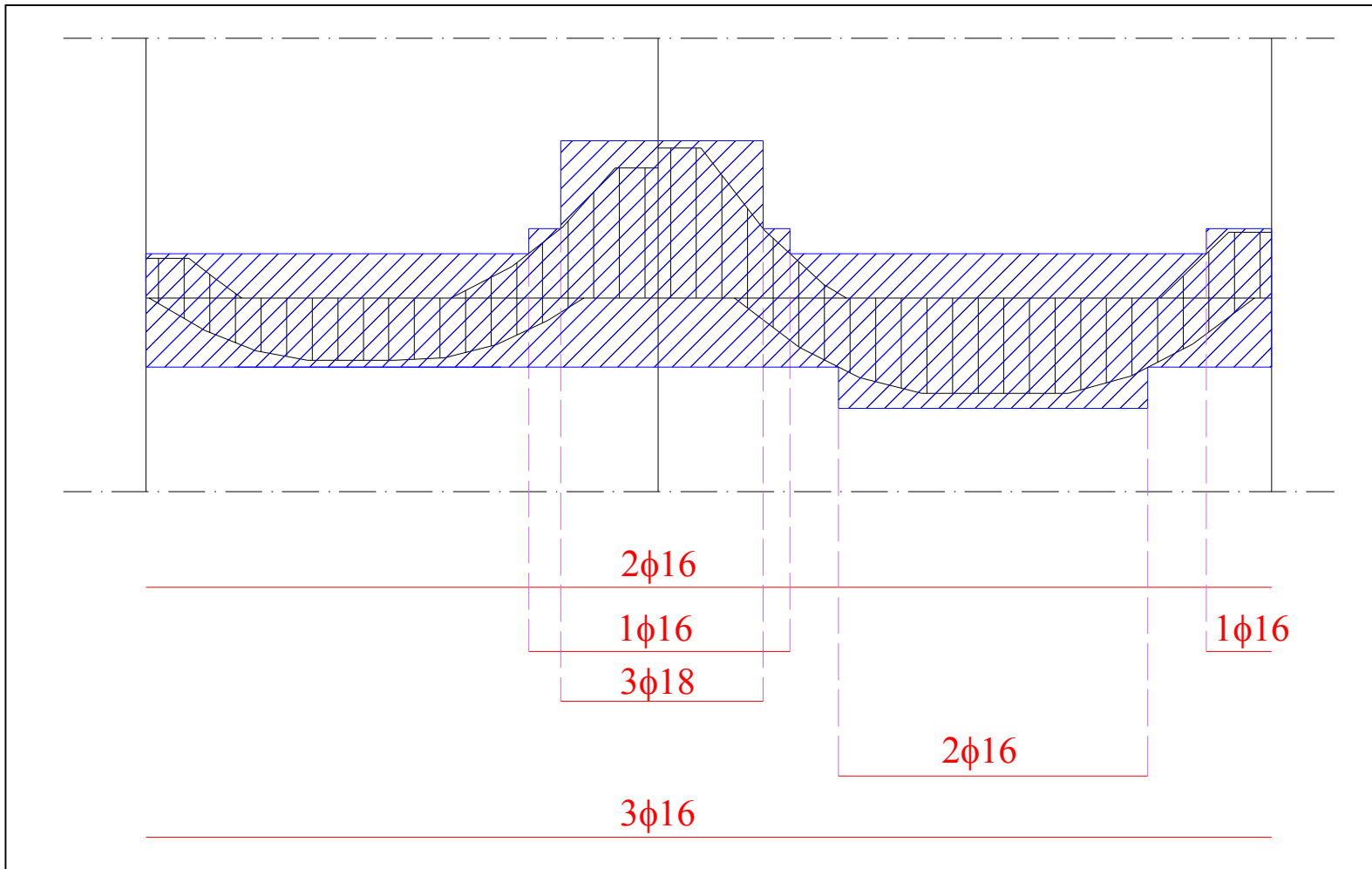
Progetto delle armature longitudinali delle travi

● Una volta aver trasformato le aree di ferro minimo in tondini, è necessario stabilire la disposizione dei ferri, dove interromperli, dove aggiungerli attraverso il diagramma del momento resistente.



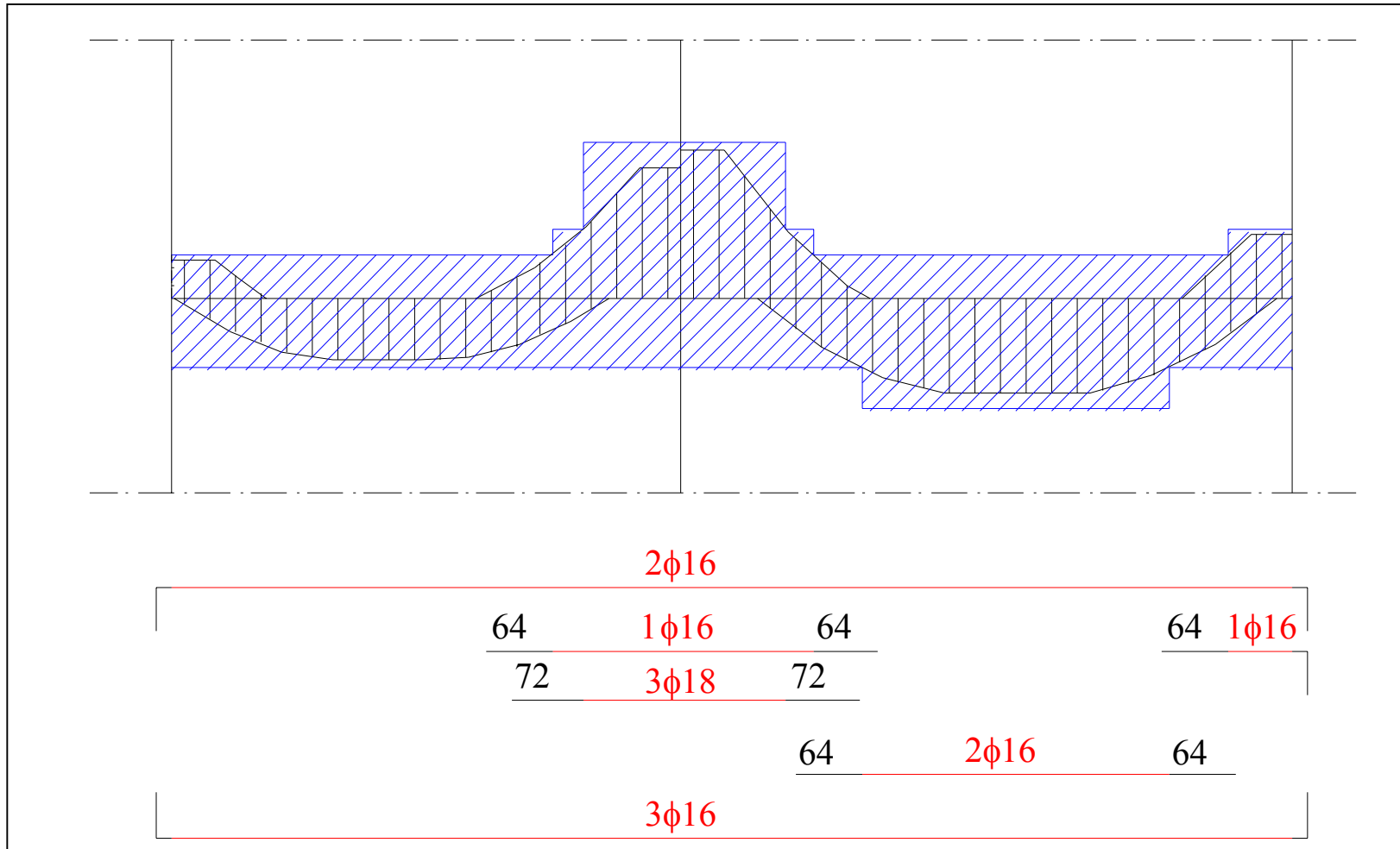
Progetto delle armature longitudinali delle travi

Disposizione dei ferri



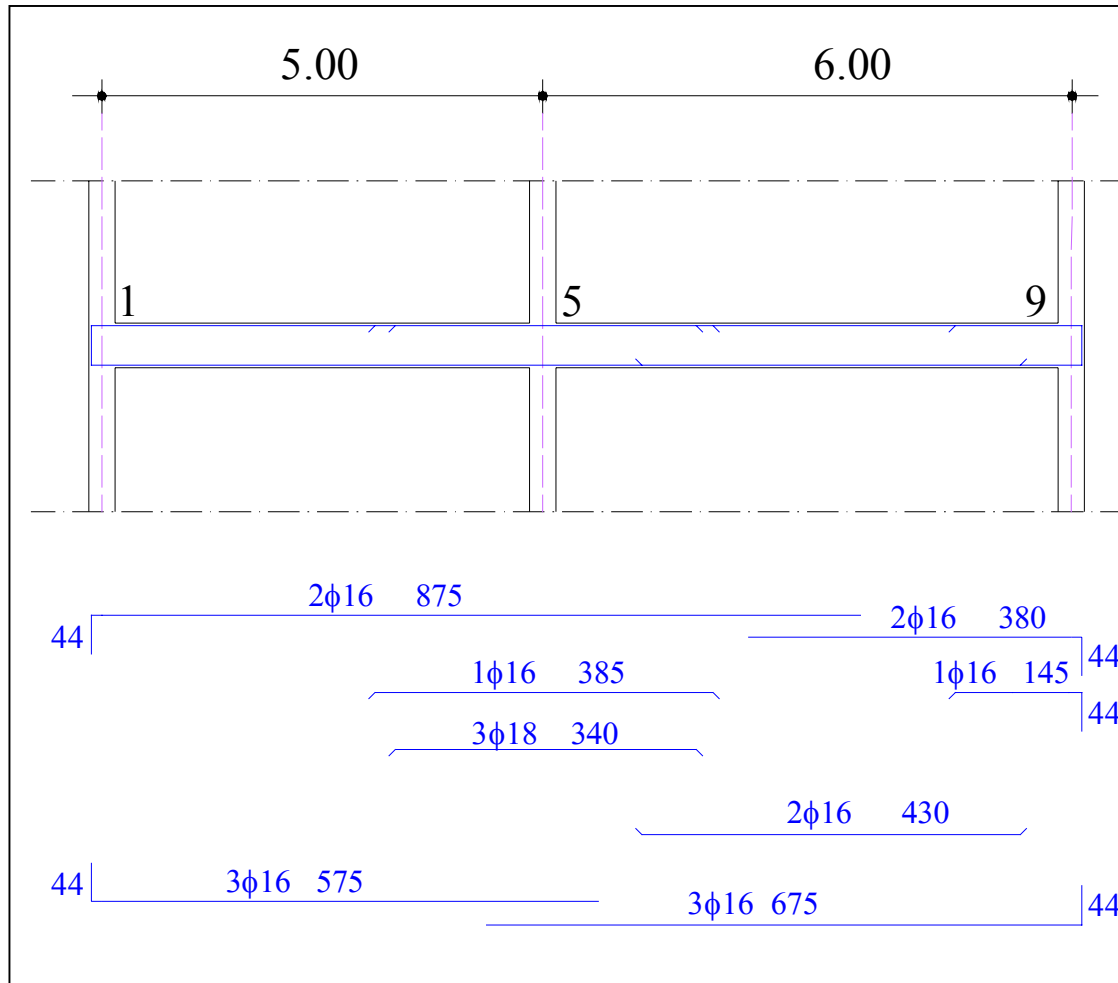
Progetto delle armature longitudinali delle travi

Lunghezze di ancoraggio ($L_b = 40 \phi$)



Progetto delle armature longitudinali delle travi

Esecutivo



Progetto delle staffe

La procedura per il progetto delle armature a taglio può essere sintetizzata nei seguenti passi

- Verifica delle biella compressa
- Calcolo del taglio portato dal calcestruzzo V_{cu}
- Calcolo del quantitativo minimo di armatura a taglio previsto dalla normativa $(A_{sw}/s)_{(min)}$
- Calcolo del taglio resistente $V_{ru(min)}$ della sezione armata con $(A_{sw}/s)_{(min)}$
- Confronto tra il taglio resistente $V_{ru(min)}$ con il taglio di calcolo
- Infittimento delle staffe in corrispondenza degli appoggi secondo quanto previsto dalla normativa ($s = 12 \phi$) o secondo quanto imposto dal taglio di calcolo

Progetto delle staffe

- Verifica delle biella compressa

$$V_u = 0.3 \cdot 1.556 \text{ kN/cm}^2 \cdot 30 \text{ cm} \cdot 47 \text{ cm} = 658.2 \text{ kN}$$

- Calcolo del taglio portato dal calcestruzzo V_{cu}

$$V_{cu} = 0.6 \cdot 0.114 \text{ kN/cm}^2 \cdot 30 \text{ cm} \cdot 47 \text{ cm} = 96.44 \text{ kN}$$

- Calcolo del quantitativo minimo di armatura a taglio previsto dalla normativa $(A_{sw}/s)_{(min)}$

$$(A_{sw}/s)_{(min)} = 0.10 \cdot (1 + 0.15 \cdot 47/30) \cdot 30 \text{ cm} = 3.705 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Usando staffe $\phi 8$ a due braccia con area pari a $0.5 \text{ cm}^2 \cdot 2 = 1 \text{ cm}^2$, il passo è:

$$s = 1/3.705 = 0.27 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad s = 25 \text{ cm}$$

$s = 25 \text{ cm} < \min(33 \text{ cm} ; 0.8 d = 37.6 \text{ cm})$, quindi va bene

$$(A_{sw}/s)_{(min)} = 1/0.25 = 4 \text{ cm}^2/\text{m}$$

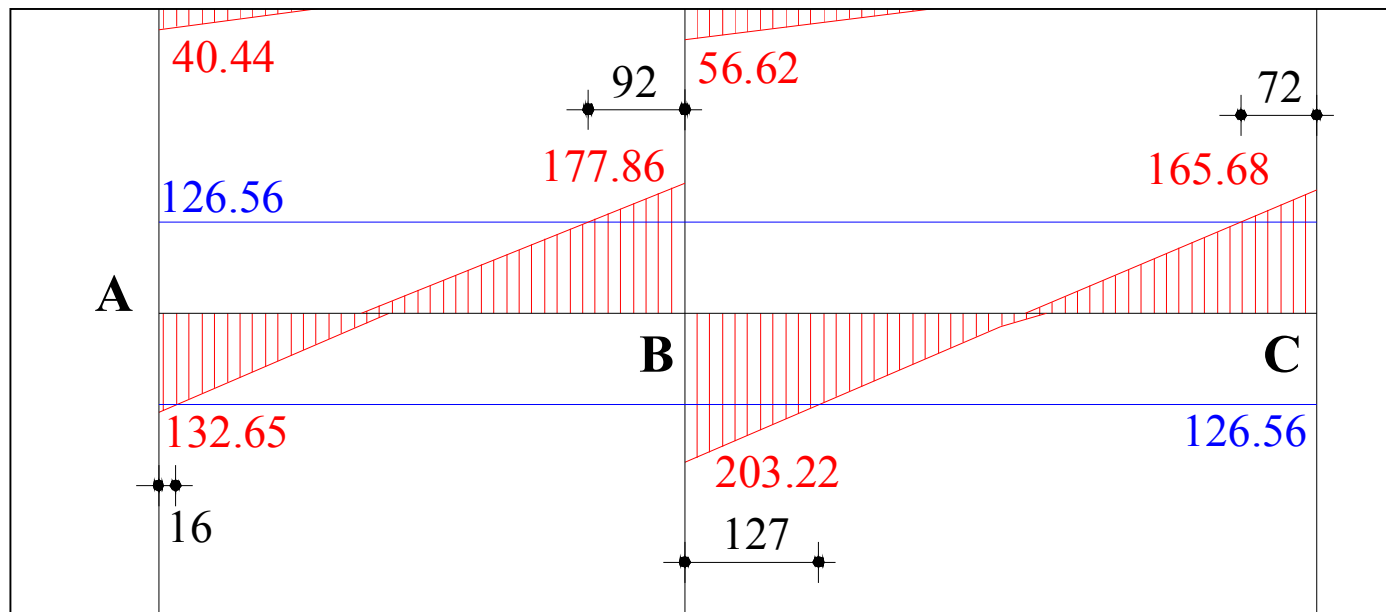
Progetto delle staffe

- Calcolo del taglio resistente $V_{su(min)}$ della sezione armata con $(A_{sw}/s)_{(min)}$

$$V_{su(min)} = 4 \text{ cm}^2/100 \text{ cm} \cdot 37.4 \text{ kN/cm}^2 \cdot 0.9 \text{ cm} \cdot 47 \text{ cm} = 63.28 \text{ kN}$$

$$V_{ru(min)} = \min (2 \cdot 63.28 \text{ kN} ; 63.28 \text{ kN} + 96.44) = 126.56 \text{ kN}$$

- Confronto tra il taglio resistente $V_{ru(min)}$ con il taglio di calcolo



Progetto delle staffe

● Infittimento delle staffe in corrispondenza degli appoggi secondo quanto previsto dalla normativa ($s = 12 \phi$) o secondo quanto imposto dal taglio di calcolo:

$$\begin{aligned} \text{Nodo } B_{sx} \quad V_{su} &= \max (177.86 - 96.44 ; 177.86/2) = 88.93 \text{ kN} \\ (A_{sw}/s) &= 88.93 \text{ kN} / (0.90 \cdot 47 \text{ cm} \cdot 37.4 \text{ kN/cm}^2) = \\ &= 0.056 \text{ cm}^2/\text{cm} = 5.6 \text{ cm}^2/\text{m} \\ s &= 1 / 5.6 = 0.178 \text{ m} \Rightarrow \quad s = 15 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nodo } B_{dx} \quad V_{su} &= \max (203.22 - 96.44 ; 203.22/2) = 106.78 \text{ kN} \\ (A_{sw}/s) &= 106.78 \text{ kN} / (0.90 \cdot 47 \text{ cm} \cdot 37.4 \text{ kN/cm}^2) \\ &= 0.068 \text{ cm}^2/\text{cm} = 6.8 \text{ cm}^2/\text{m} \\ s &= 1 / 6.8 = 0.147 \text{ m} \Rightarrow \quad s = 10 \text{ cm} \end{aligned}$$

Progetto delle staffe

● Infittimento delle staffe in corrispondenza degli appoggi secondo quanto previsto dalla normativa ($s = 12 \phi$) o secondo quanto imposto dal taglio di calcolo:

$$\begin{aligned} \text{Nodo C} \quad V_{su} &= \max (165.68 - 96.44 ; 165.68/2) = 82.84 \text{ kN} \\ (A_{sw}/s) &= 82.84 \text{ kN} / (0.90 \cdot 47 \text{ cm} \cdot 37.4 \text{ kN/cm}^2) = \\ &0.053 \text{ cm}^2/\text{cm} = 5.3 \text{ cm}^2/\text{m} \\ s &= 1 / 5.6 = 0.188 \text{ m} \Rightarrow s = 15 \text{ cm} \end{aligned}$$

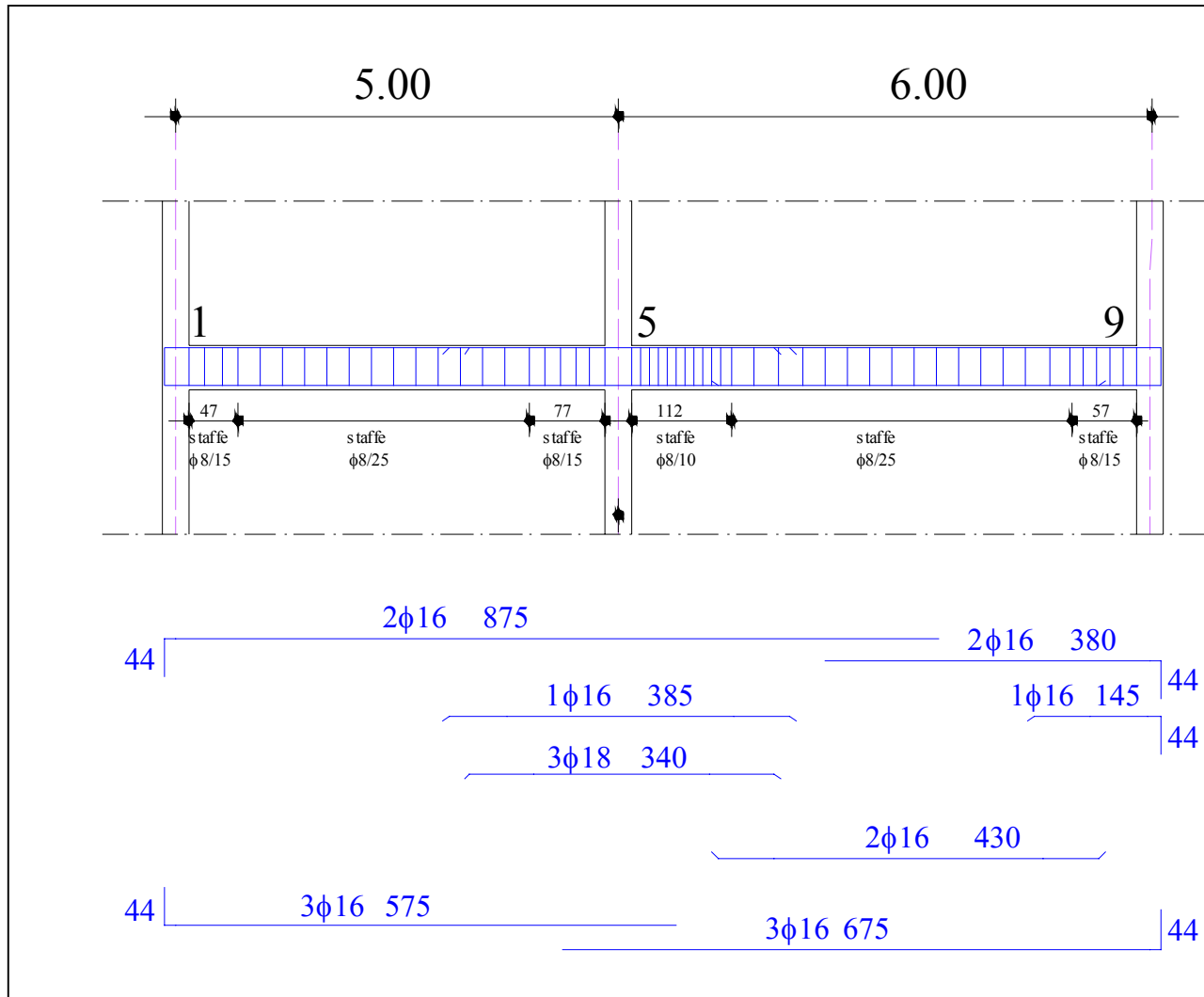
Definiti tutti i passi dovuti al taglio di calcolo bisogna confrontarli con quanto prescritto dalla normativa.

Progetto delle staffe

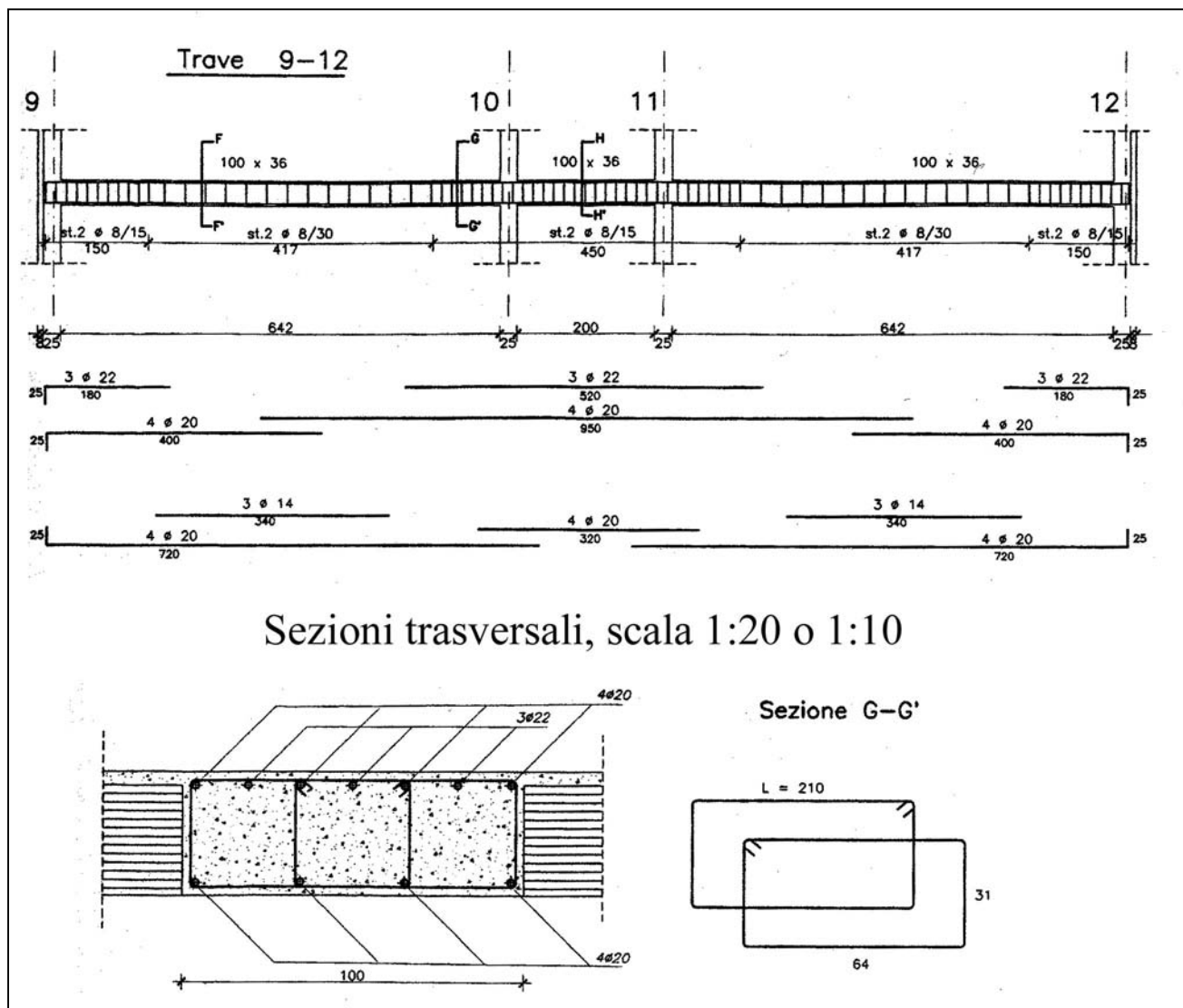
Per compiere questa operazione può convenire fare una tabella:

Sez	s (V_d)	L (V_d)	L – dist. asse pil.	s = 12 ϕ	L = d
A	---	---	---	19 cm	47
B _{sx}	15 cm	92 cm	77 cm	19 cm	47
B _{dx}	10 cm	127 cm	112 cm	19 cm	47
C	15 cm	72 cm	57 cm	19 cm	47

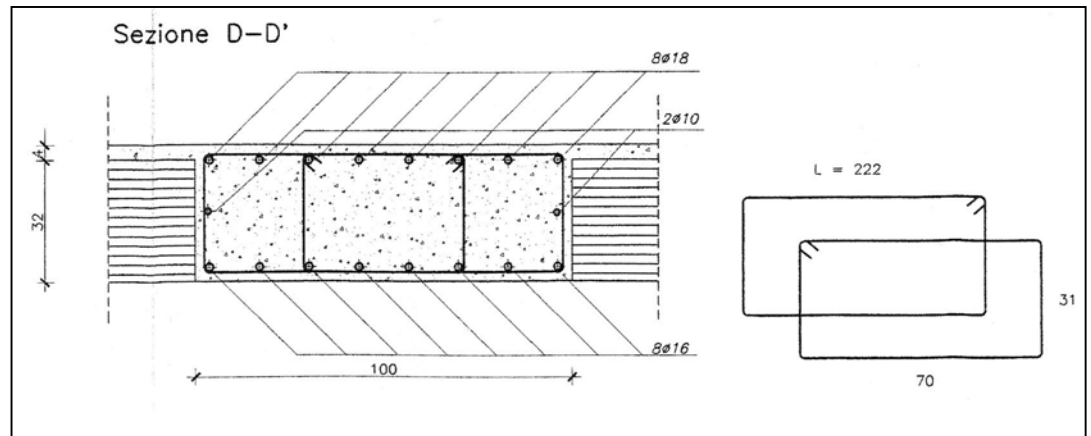
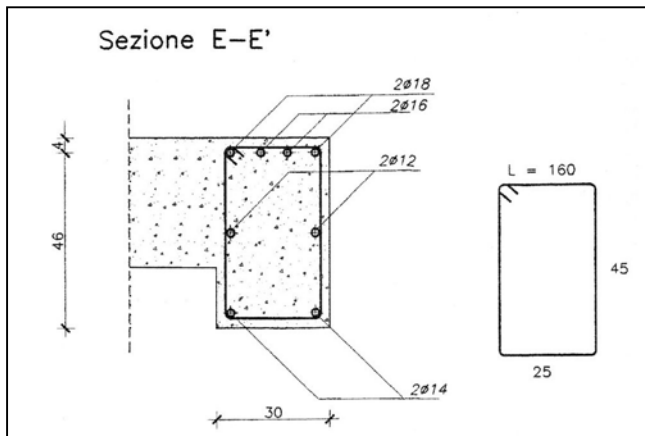
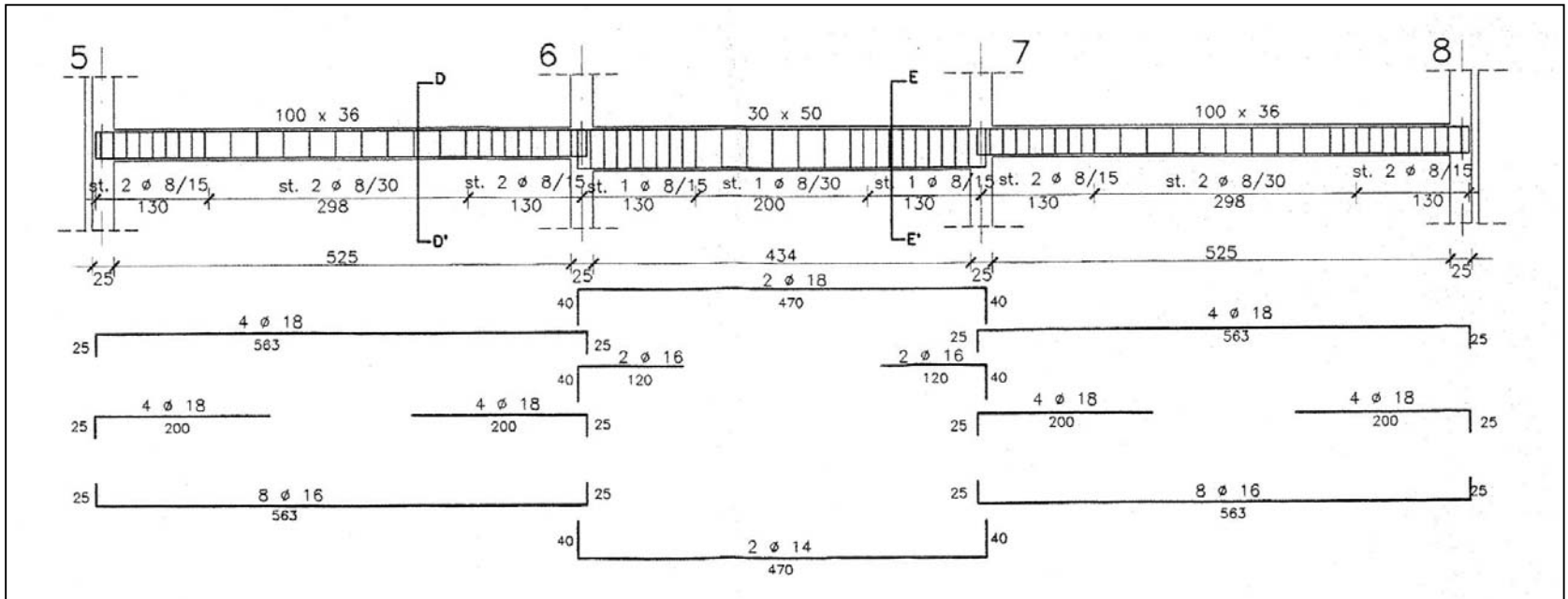
Progetto delle staffe



Esempi di esecutivi



Esempi di esecutivi



Esempi di esecutivi

