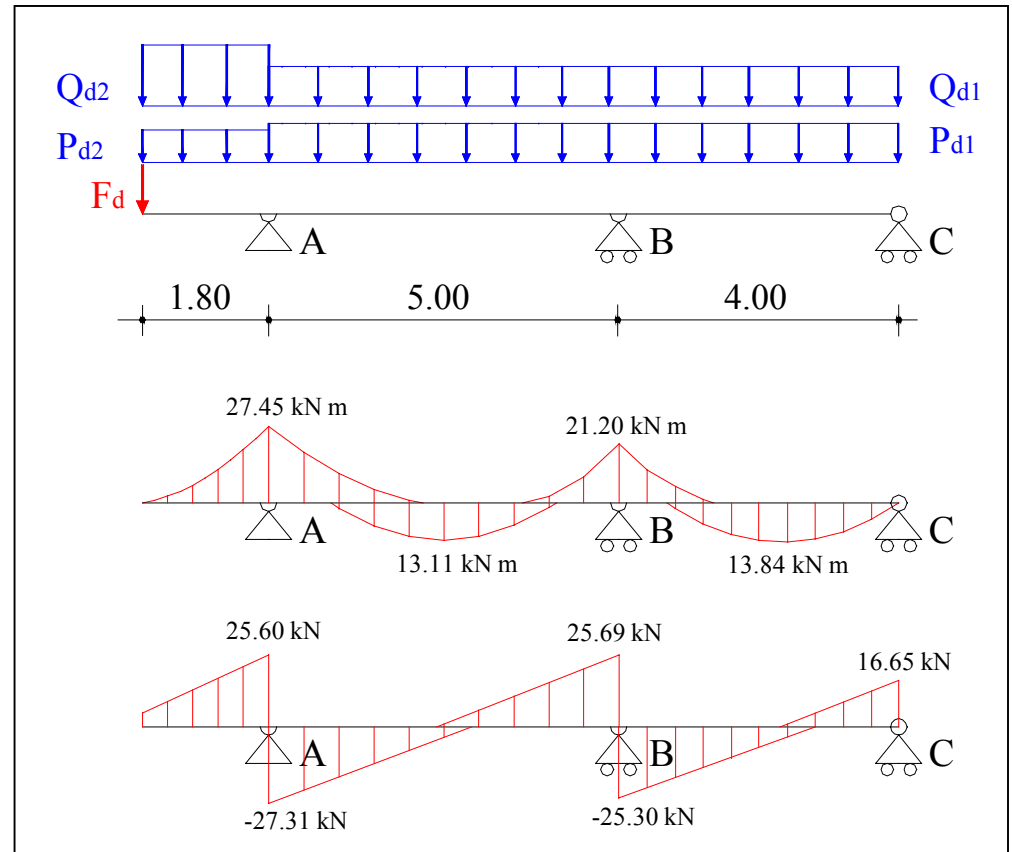
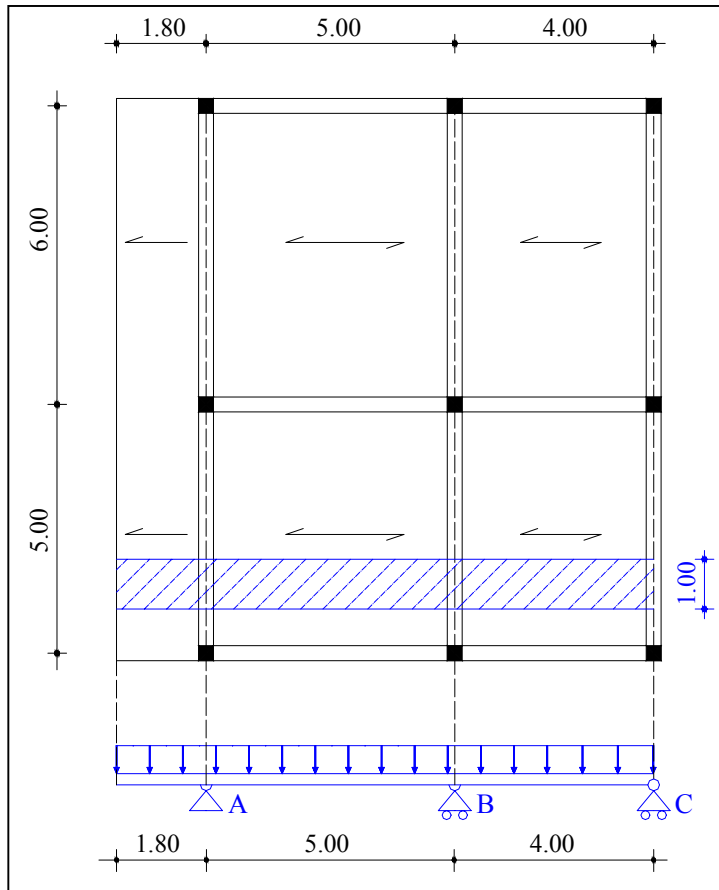


Progetto delle armature longitudinali del solaio

(arch. Lorena Sguerri)

- Correzioni del diagramma di momento flettente
- Prescrizioni di normativa specifiche per il solaio
- Progetto delle armature longitudinali di un travetto
- Diagramma dei momenti resistenti
- Lunghezze di ancoraggio
- Disegno dei ferri longitudinali di un travetto

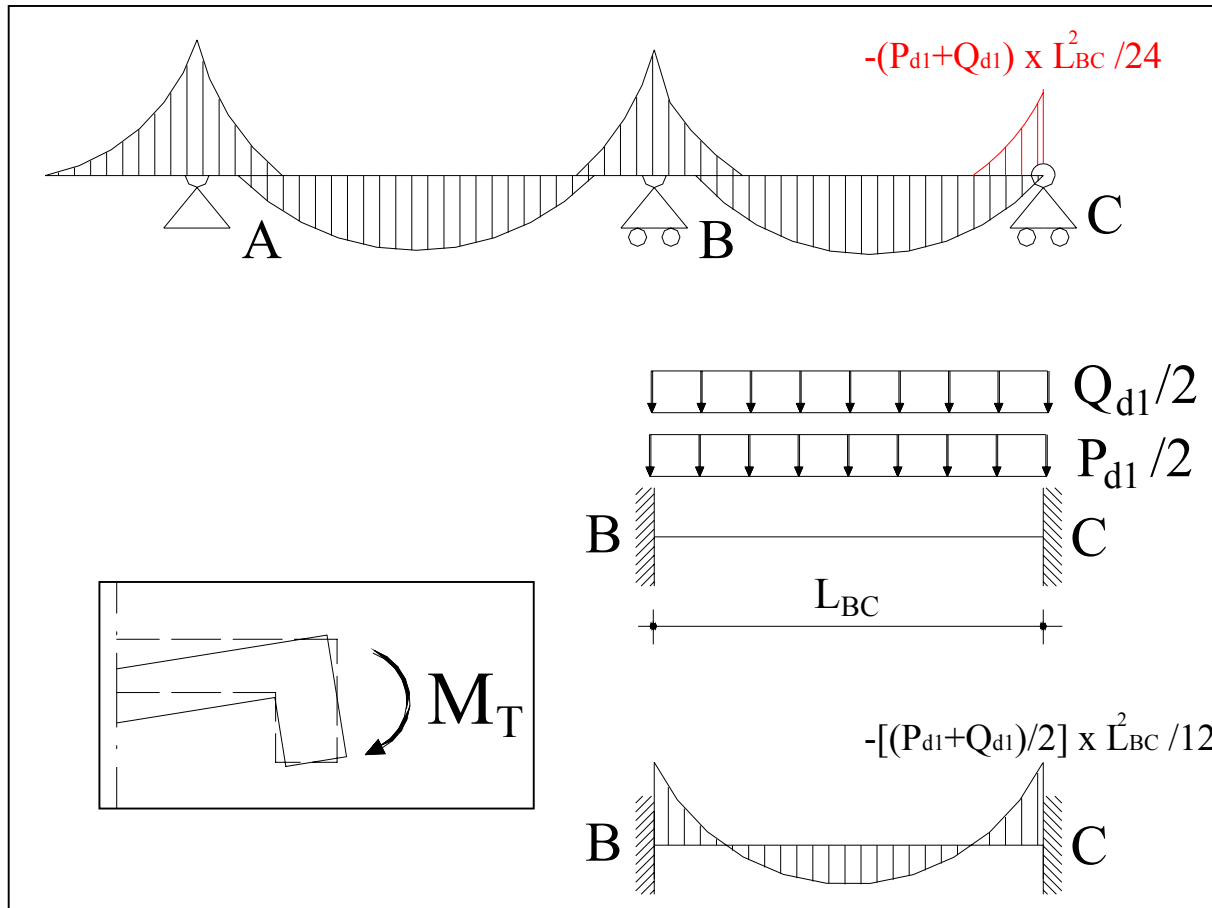
Diagrammi di taglio e momento del solaio



Nel caso specifico i diagrammi di taglio e momento costituiscono l'involuppo dei diagrammi relativi alle quattro combinazioni di carico

Correzioni sul diagramma di involucro dei Momenti

La cerniera di estremità della trave continua, a momento nullo, rappresenta nella realtà un vincolo di semi-incastro il cui momento è tutt'altro che nullo.



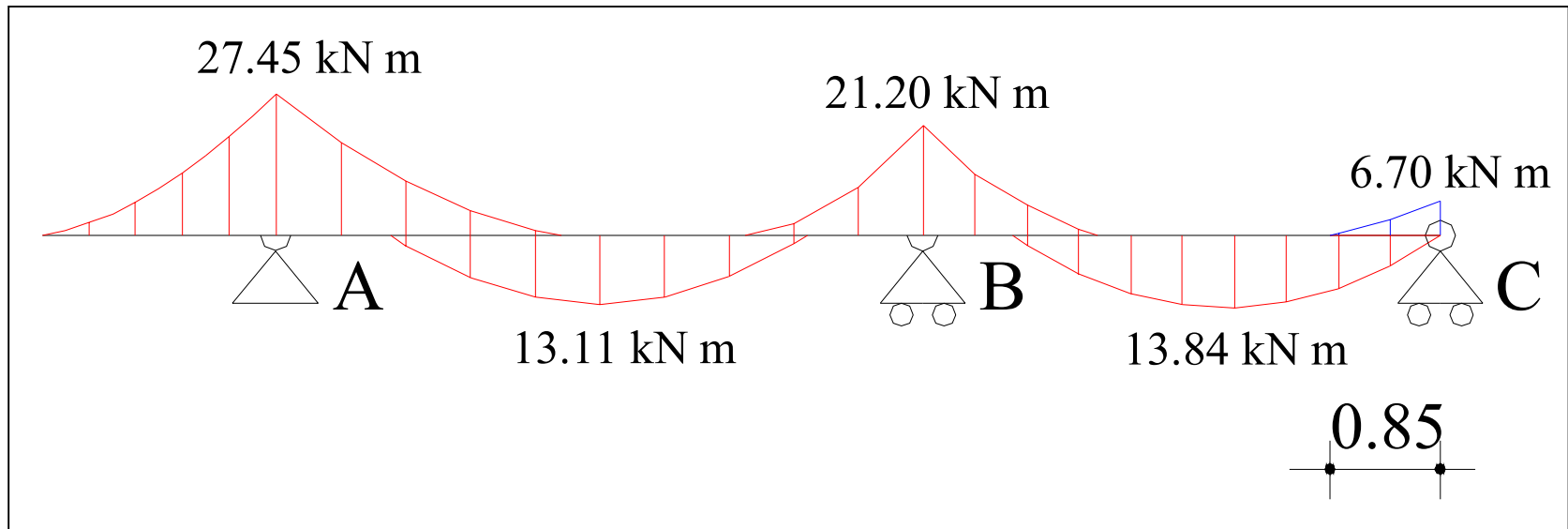
Per questo motivo, si aggiunge fuori calcolo un momento negativo che può essere calcolato considerando la campata come una trave incastrata e caricata con la metà del carico complessivo (permanente + variabile)

Correzioni sul diagramma di involucro dei Momenti

Per quanto riguarda l'esempio, il valore del momento negativo "aggiunto" in corrispondenza della cerniera C sarà:

$$M_C = -(P_{d1} + Q_{d1}) \cdot L_{BC}^2 / 24 = -(7.00 + 3) \cdot 4^2 / 24 = -6.70 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Per tracciare il tratto di diagramma che interessa si può ricorrere alla legge di variazione del momento per la trave incastrata con carico uniformemente distribuito pari a $(P_{d1} + Q_{d1})/2$



Correzioni sul diagramma di involucro dei Momenti

$$M(x) = M_C + [(P_{d1} + Q_{d1}) \cdot L_{BC} / 4] \cdot x - [(P_{d1} + Q_{d1}) / 2] \cdot x^2 / 2$$

Inserendo i valori noti e risolvendo l'equazione di 2° grado in x, si ottiene l'ascissa in corrispondenza della quale il momento flettente si annulla:

$$M(x) = -6.70 + [(7+3) \cdot 4 / 4] \cdot x - [(7+3)/2] \cdot x^2 / 2$$

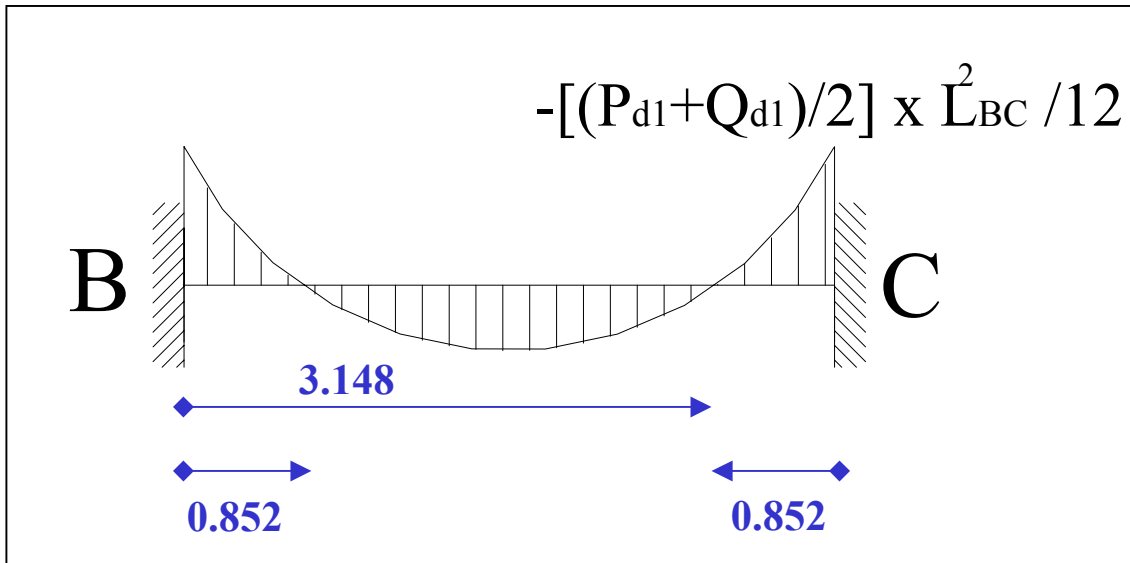
$$M(x) = -6.70 + 10 \cdot x - 2.5 \cdot x^2$$

⇒

x =

3.148 m

0.852 m



Prescrizioni di normativa per le armature longitudinali dei solai

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

● Si deve disporre agli appoggi dei solai (quindi in corrispondenza delle travi) un'armatura inferiore, convenientemente ancorata, in grado di assorbire, allo stato limite ultimo, uno sforzo di trazione pari al taglio di calcolo:

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

● L'armatura (inferiore) deve essere sempre superiore a:

$$A_{fmin} \geq 0.07 H \text{ cm}^2 \text{ al metro}$$

ove H è l'altezza del solaio espressa in centimetri

Regole pratiche per il progetto delle armature longitudinali dei solai

● La non perfetta coincidenza del modello “trave continua” con la realtà, richiede cautela nella progettazione dei ferri longitudinali del solaio: non si è tenuto conto, ad esempio, che la trave non è un appoggio fisso, ma un appoggio elastico. Possono verificarsi, quindi, dei cedimenti differenziali tra un vincolo e l'altro con conseguente variazione del diagramma dei momenti, rispetto a quello di calcolo, lungo l'asse principale del solaio. Per questo motivo è buona norma progettare le armature longitudinali inferiori in campata per un valore del momento non inferiore a $(P_d+Q_d) \cdot L^2/16$.

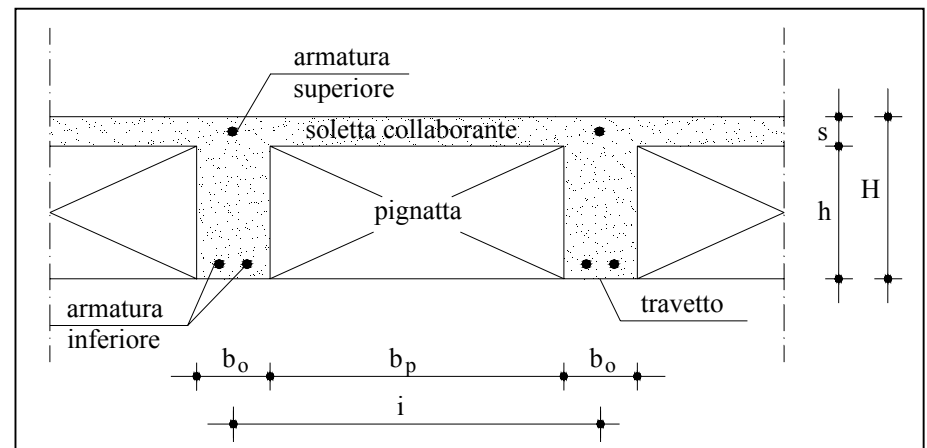
L'area di armatura minima quindi sarà calcolata seguendo il seguente criterio:

$$A_{fmin(in\ campata)} \text{ funzione di: } \max [M_d ; (P_d+Q_d) \cdot L^2/16]$$

con M_d = momento di calcolo

Regole pratiche per il progetto delle armature longitudinali dei solai

- La prescrizione di normativa $A_{fmin} \geq 0.07 H \text{ cm}^2$ al metro obbliga a disporre almeno un ferro corrente inferiore lungo tutto il travetto. In campata, se serve, viene disposto anche un ferro aggiuntivo.
- Il numero dei ferri inferiori non deve essere superiore a 2.
- I ferri superiori, in corrispondenza degli appoggi, vengono disposti solo dove servono: in campata, dove il momento è positivo, i ferri superiori possono anche non esserci.
- I valori di calcolo dei diagrammi di taglio e momento sono stati ricavati per una striscia di solaio larga 1 metro, quindi i valori delle sollecitazioni sono relativi a due travetti



Progetto delle armature longitudinali del travetto

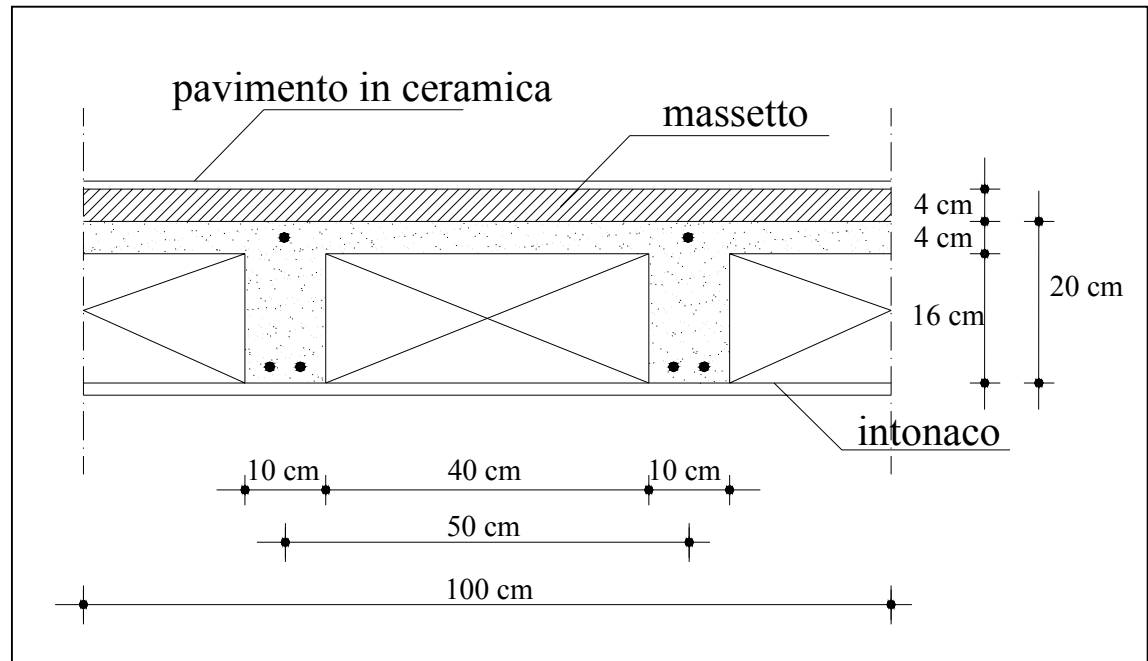
● I dati del solaio riportato nell'esempio sono:

$$H = 20/16 \text{ cm} ; \quad d' = 2 \text{ cm} \quad ; \quad d = 18/14 \text{ cm (app.A)}$$

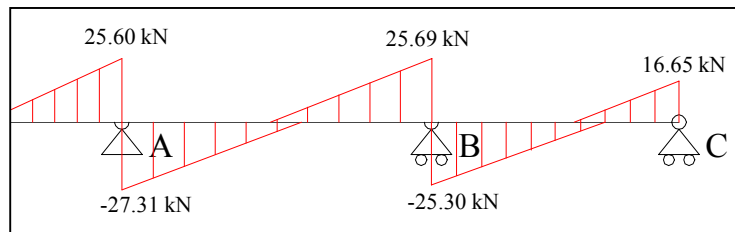
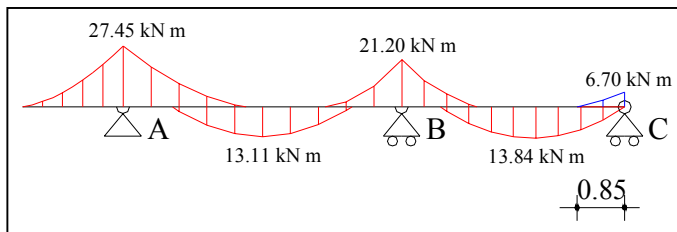
● I dati dell'acciaio e le aree dei tondini sono:

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

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 del travetto



Sez	M_d kN cm	$\frac{PL^2}{16}$	T_d kN	$\frac{M_d}{0.9 d f_{yd}}$	$\frac{T_d}{f_{yd}}$	0.07 H	A_{fmin} x 0.5	ϕ	$A_{f,eff}$ cm ²
AB _{inf}	1311	1563		2.57 cm ²		1.4 cm ²	1.29 cm ²	2 ϕ 10	1.58
BC _{inf}	1384	1000		2.28 cm ²		1.4 cm ²	1.14 cm ²	2 ϕ 10	1.58
A _{sup}	2745	d = 14 cm		5.82 cm ²			2.91 cm ²	3 ϕ 12	3.39
B _{sup}	2120			3.49 cm ²			1.75 cm ²	1 ϕ 12 1 ϕ 10	1.92
C _{sup}	670			1.11 cm ²			0.56 cm ²	1 ϕ 10	0.79
A _{inf}			27.31		0.73 cm ²	1.4 cm ²	0.7 cm ²	1 ϕ 10	0.79
B _{inf}			25.69		0.69 cm ²	1.4 cm ²	0.7 cm ²	1 ϕ 10	0.79
C _{inf}			16.65		0.45 cm ²	1.4 cm ²	0.7 cm ²	1 ϕ 10	0.79

Momento resistente di una sezione

- Una volta aver trasformato le aree di ferro minimo in tondini, è necessario stabilire la disposizione dei ferri, dove interromperli, dove aggiungerli ecc...
- Questa operazione può essere svolta graficamente attraverso il diagramma dei momenti resistenti:

Il momento resistente $M_r(\phi)$ relativo ad una sezione armata con un certo quantitativo A_{eff} di armatura, può essere calcolato, in via approssimativa, invertendo la formula semplificata con cui vengono calcolati i quantitativi minimi di armatura:

$$A_{\text{fmin}} = M_d / (0.9 \cdot d \cdot f_{yd})$$



$$M_r(\phi) = A_{\text{eff}} \cdot 0.9 \cdot d \cdot f_{yd}$$

Diagramma dei momenti resistenti di una sezione

$$M_r(1\phi 10) = 0.79 \cdot 0.9 \cdot 18 \cdot 37.4 = 478.64 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

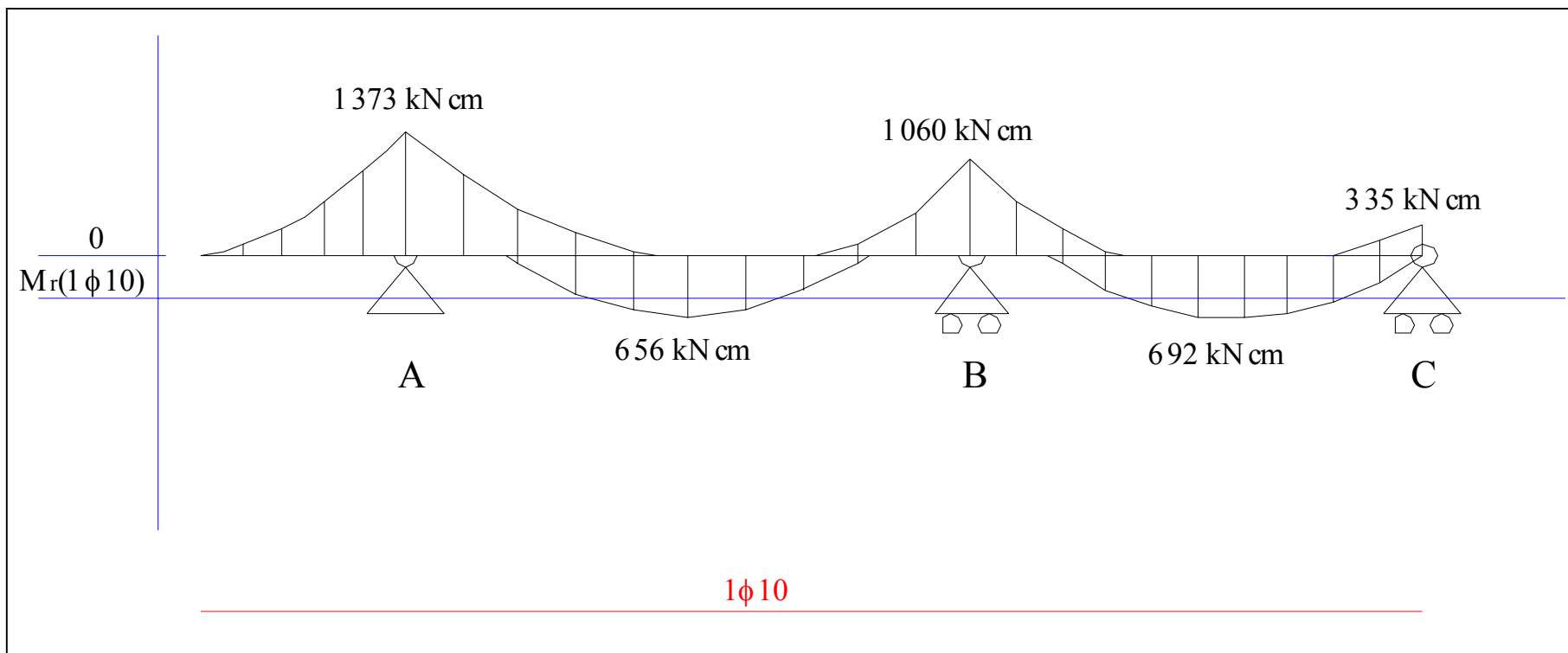


Diagramma dei momenti resistenti di una sezione

$$M_r(2\phi 10) = 1.58 \cdot 0.9 \cdot 18 \cdot 37.4 = 957.28 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

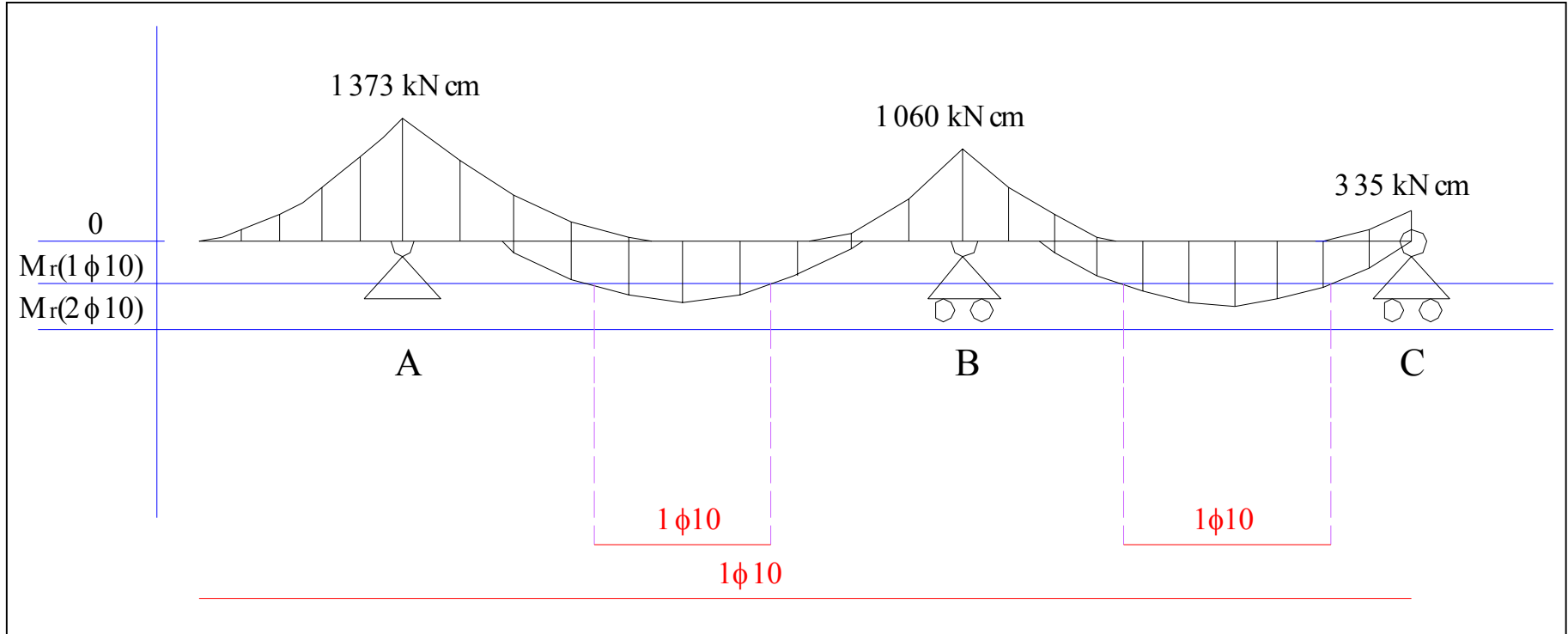


Diagramma dei momenti resistenti di una sezione

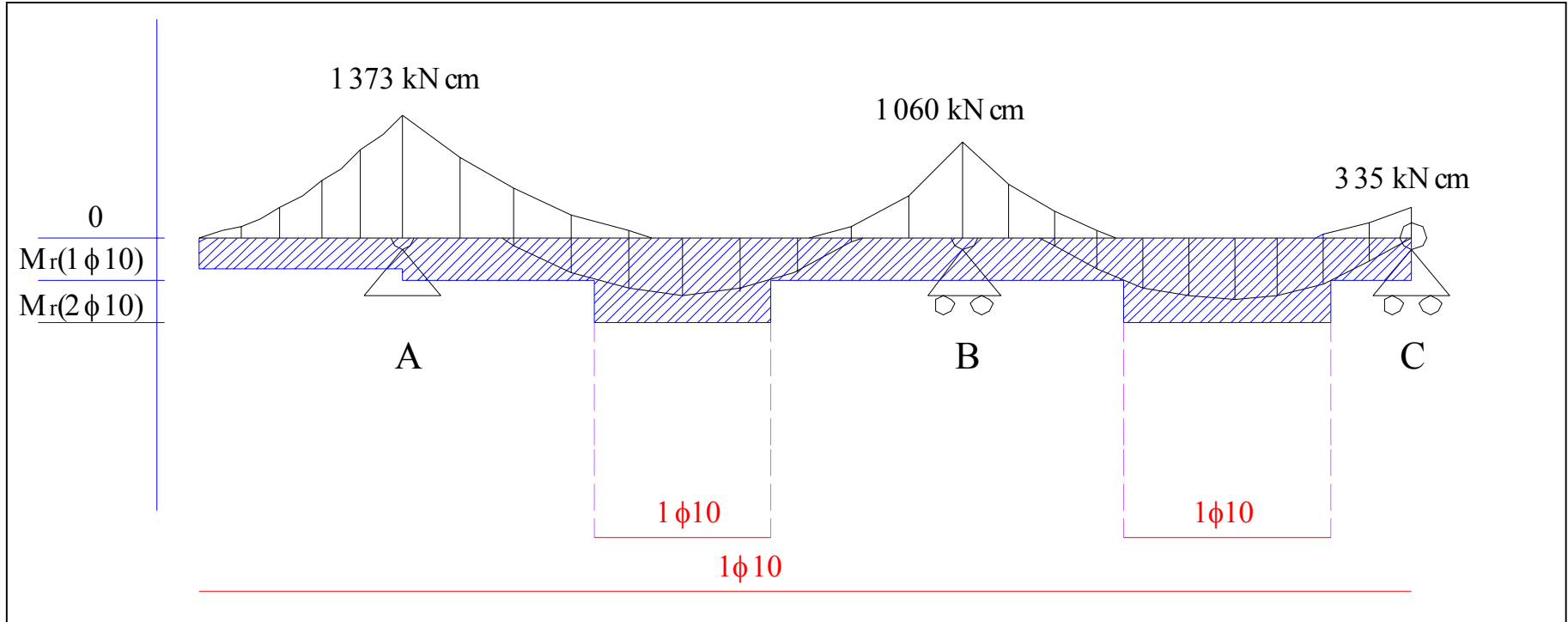


Diagramma dei momenti resistenti di una sezione

$$M_r(1\phi 10) = 0.79 \cdot 0.9 \cdot 18 \cdot 37.4 = 478.64 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

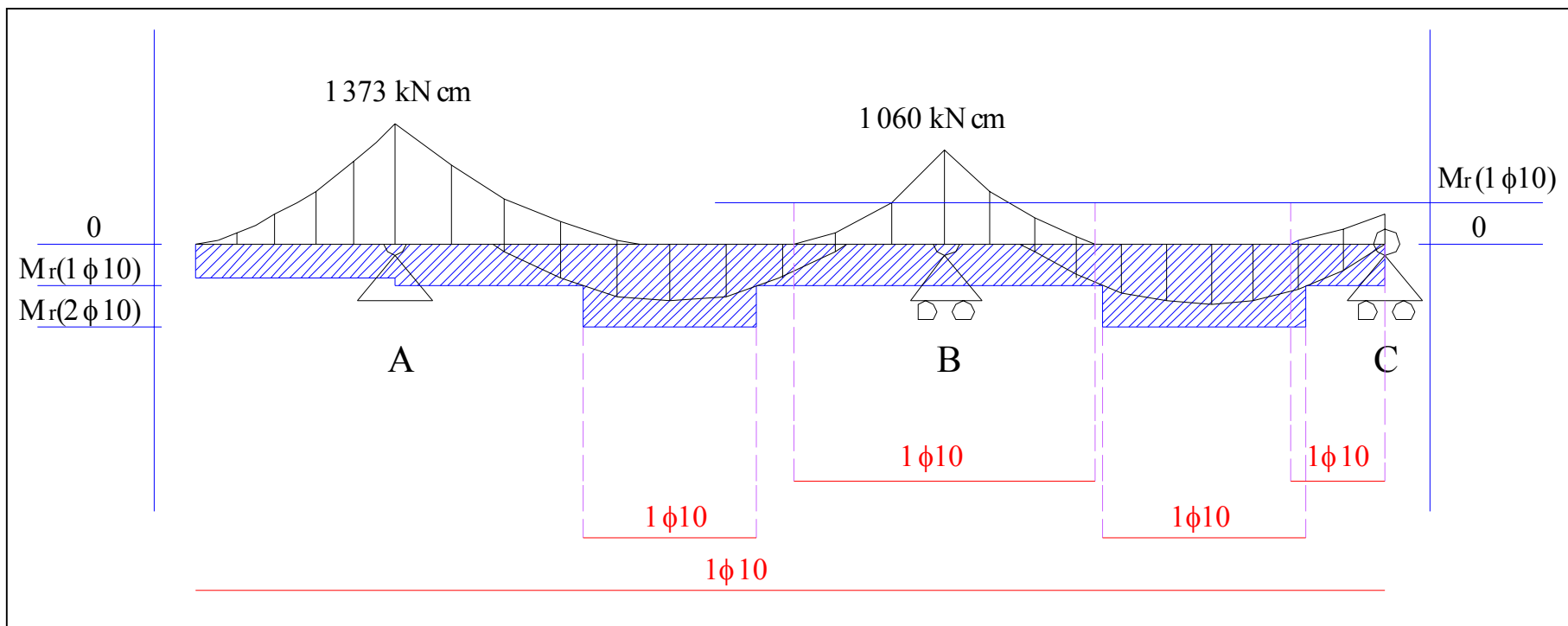


Diagramma dei momenti resistenti di una sezione

$$M_r(1\phi 12 + 1\phi 10) = 1.92 \cdot 0.9 \cdot 18 \cdot 37.4 = 1163.29 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

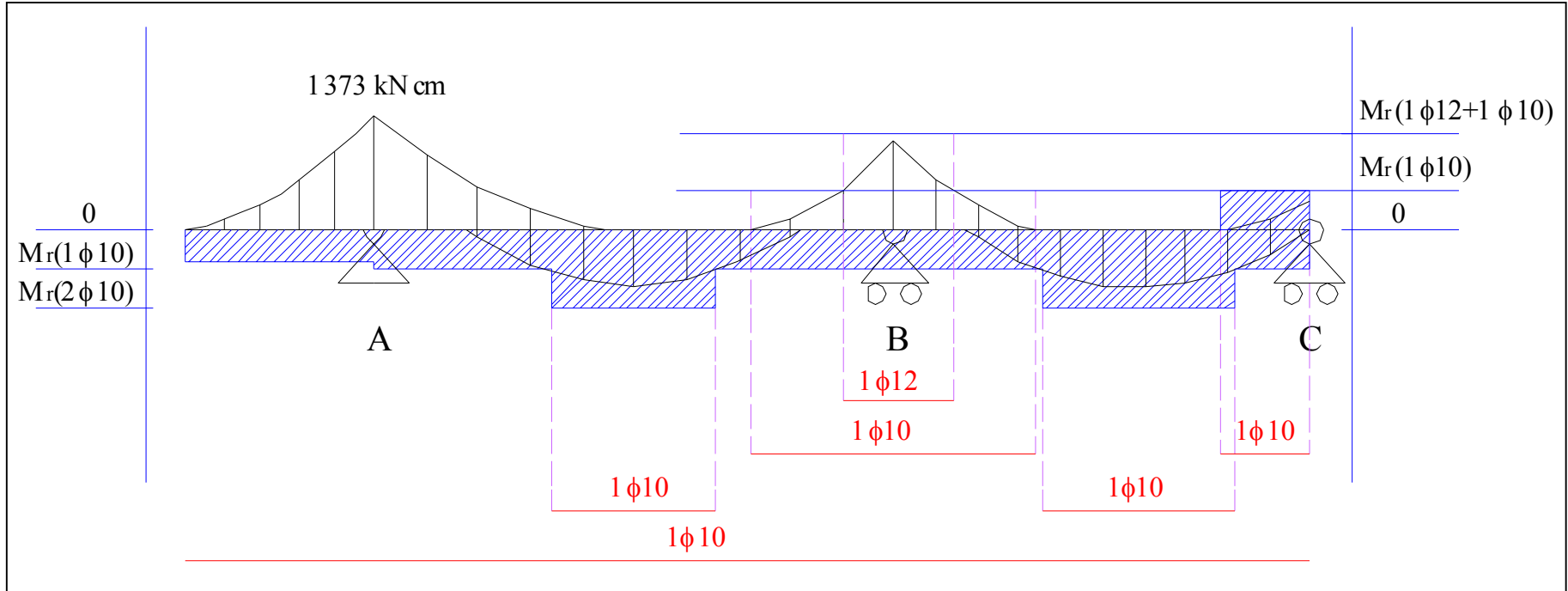


Diagramma dei momenti resistenti di una sezione

$$M_r(1\phi 12) = 1.13 \cdot 0.9 \cdot 14 \cdot 37.4 = 532.5 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$M_r(2\phi 12) = 2.26 \cdot 0.9 \cdot 14 \cdot 37.4 = 1065 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

$$M_r(3\phi 12) = 3.39 \cdot 0.9 \cdot 14 \cdot 37.4 = 1597.5 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

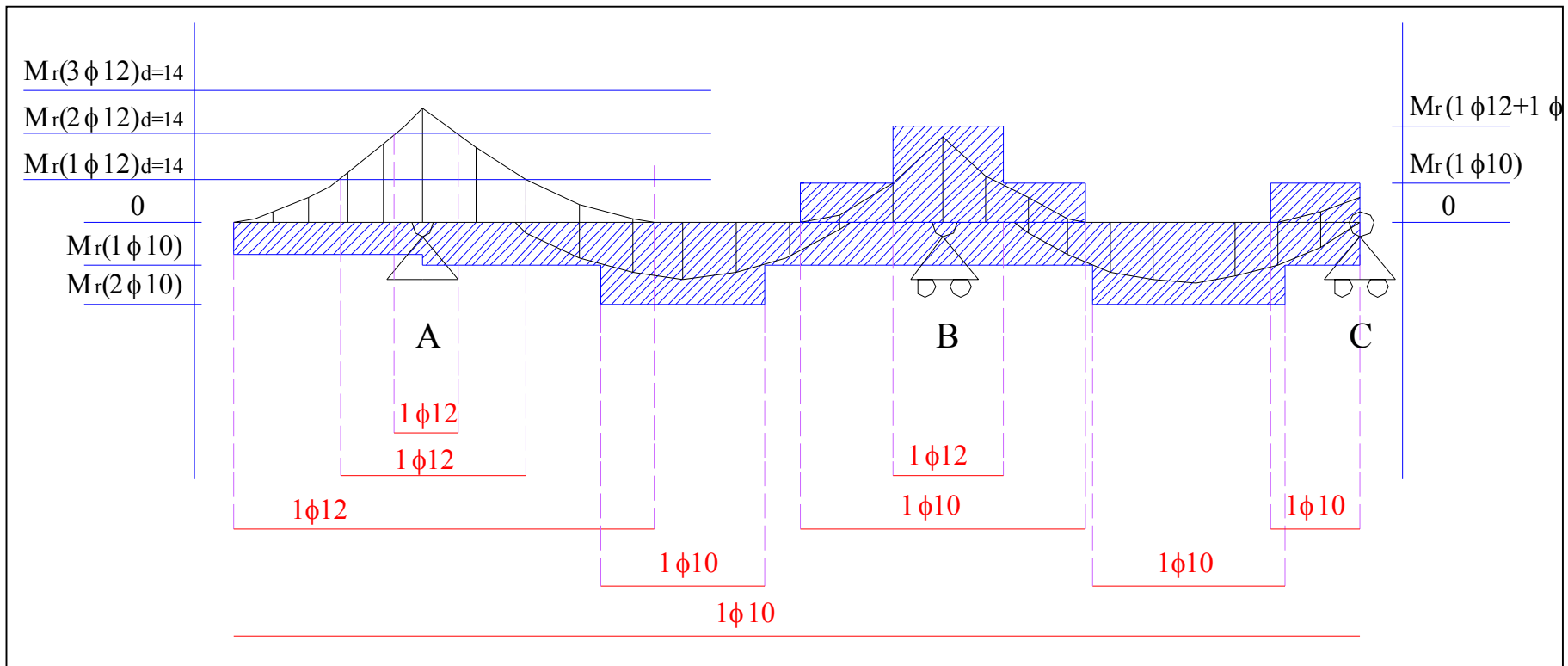
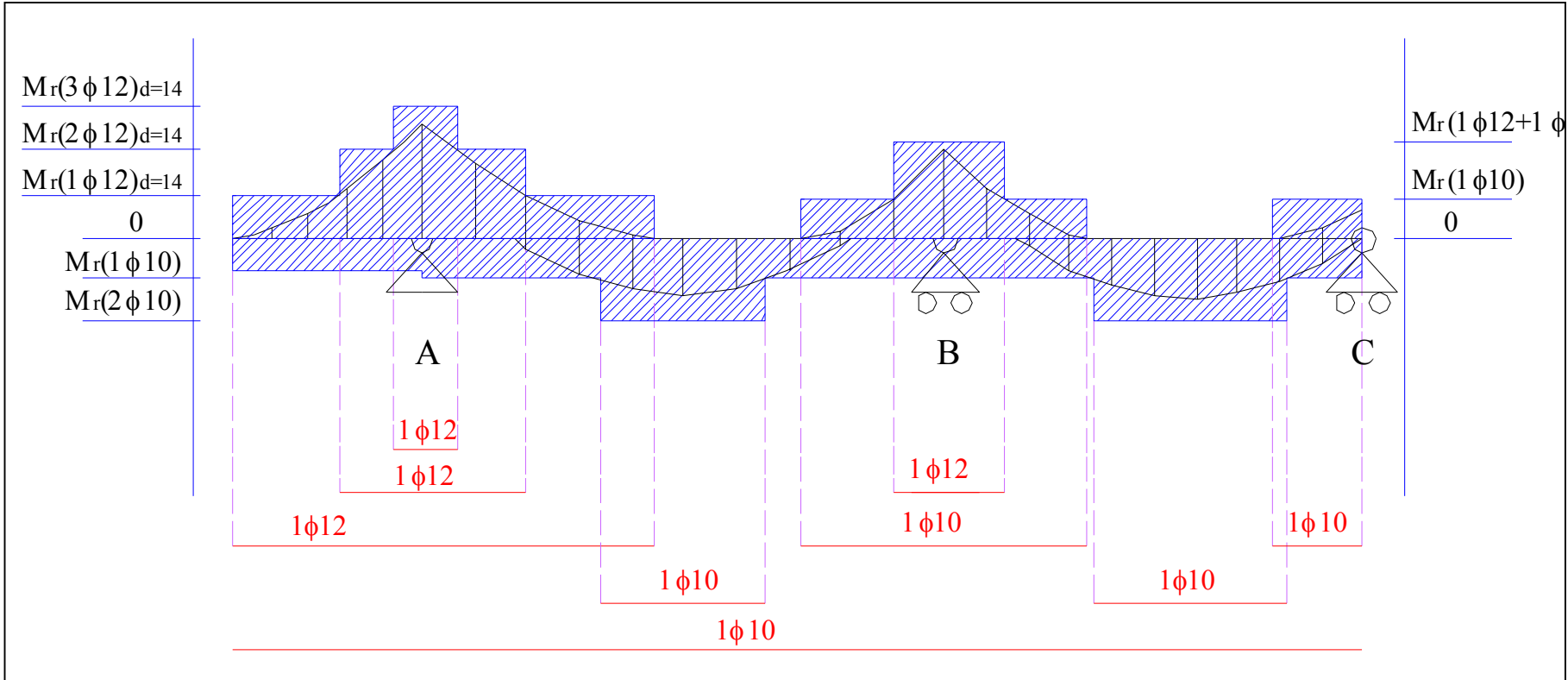
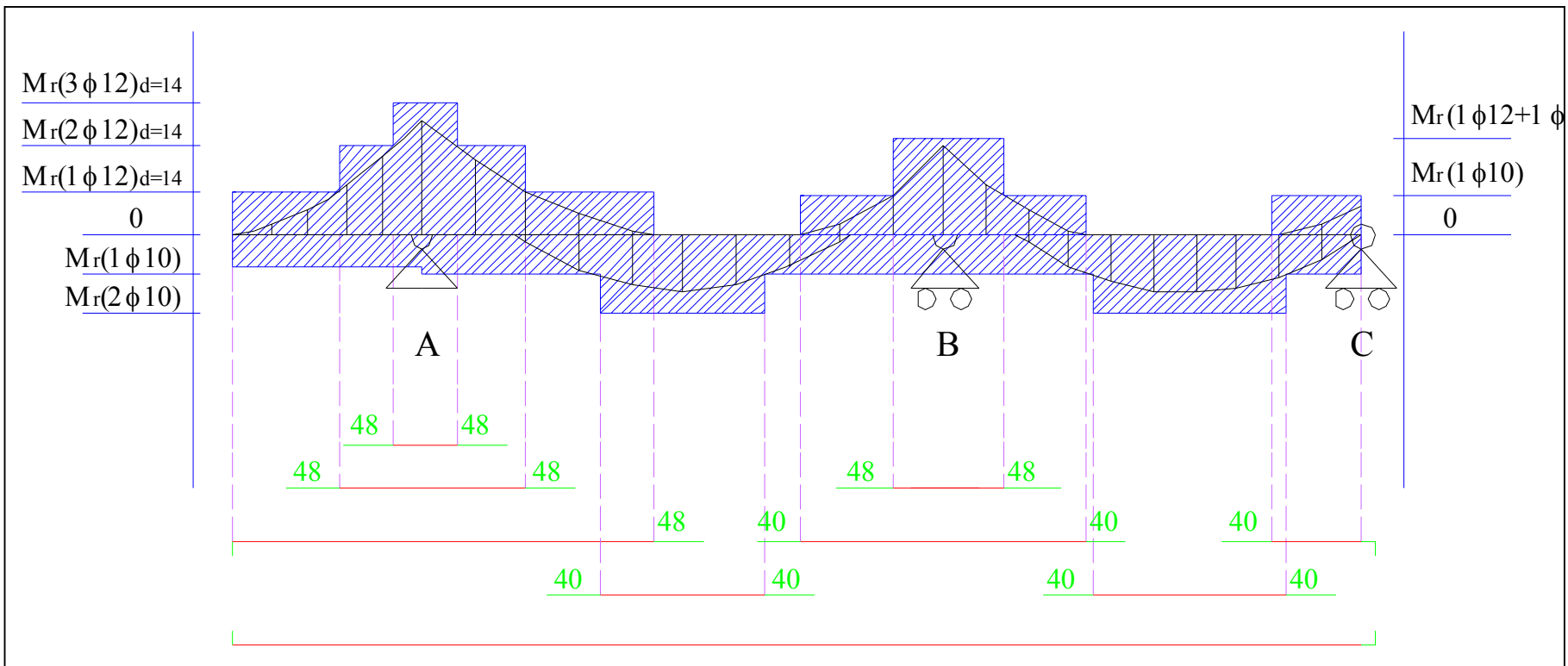


Diagramma dei momenti resistenti di una sezione



Lunghezze di ancoraggio

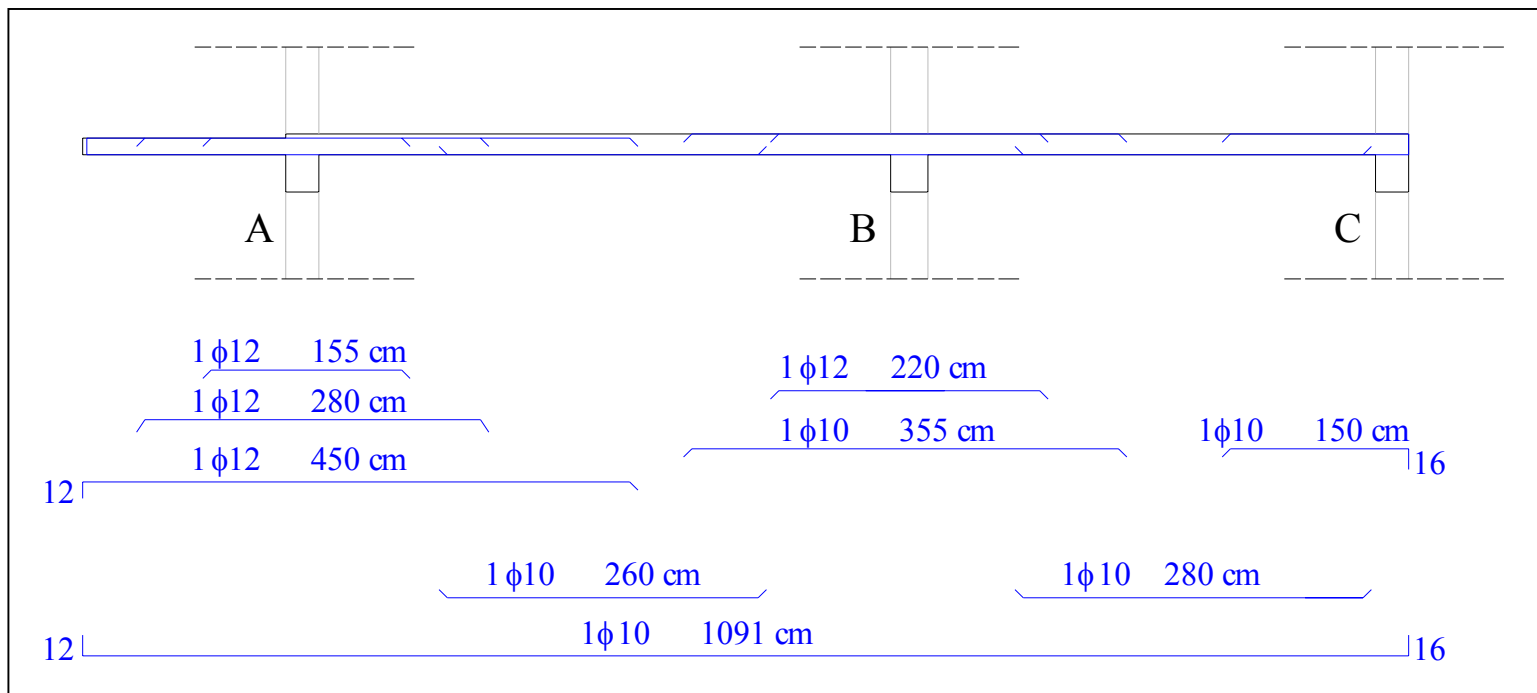
I ferri devono essere convenientemente ancorati. Senza ricorrere, per il momento, alla normativa che fornisce una formula precisa per calcolare la lunghezza di ancoraggio in funzione del diametro del tondino, si assuma forfettariamente $L_b = 40 \cdot \phi$



Disegno dei ferri: soluzione 1

I ferri devono essere disegnati sotto ad una sezione longitudinale, in scala 1:50, del travetto specificando il diametro dei tondini e le lunghezze dei ferri.

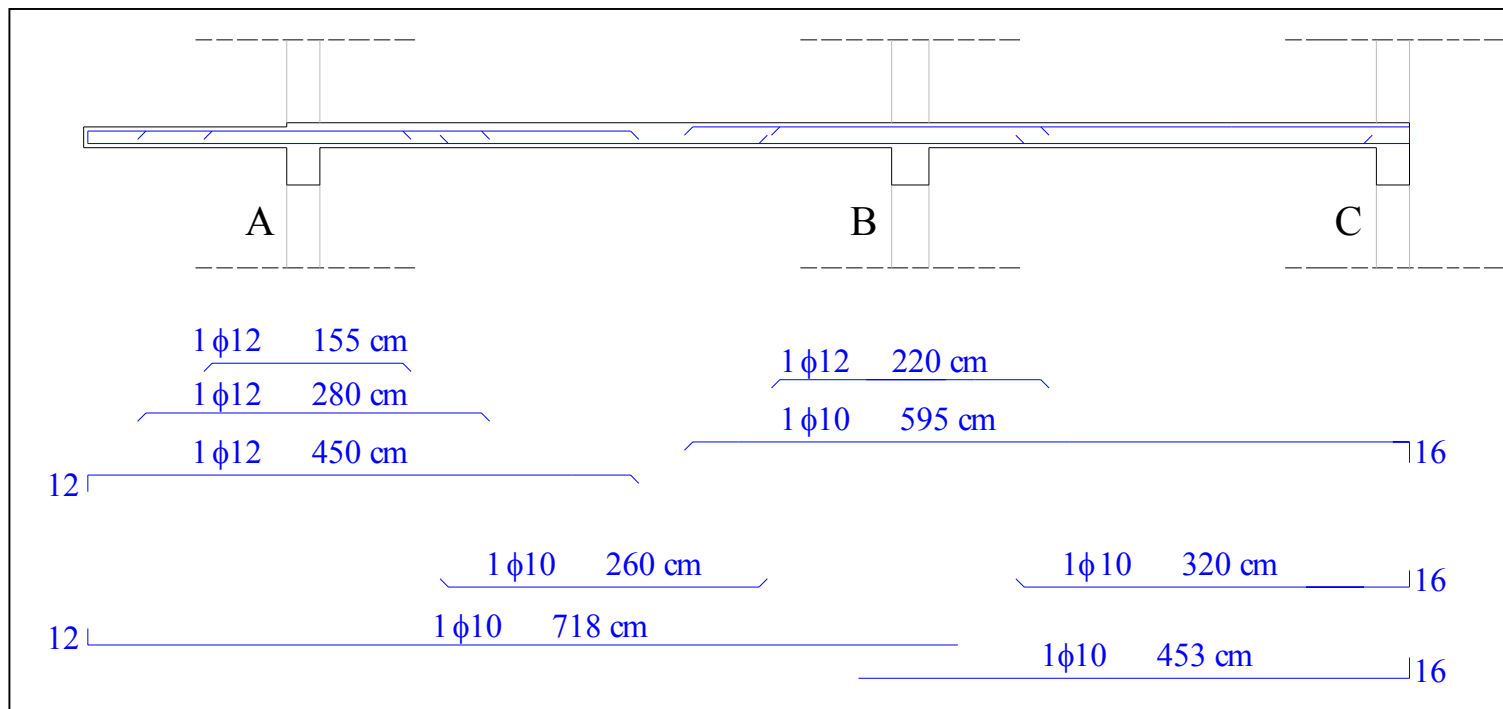
I ferri non possono avere lunghezza superiore ai 12 metri



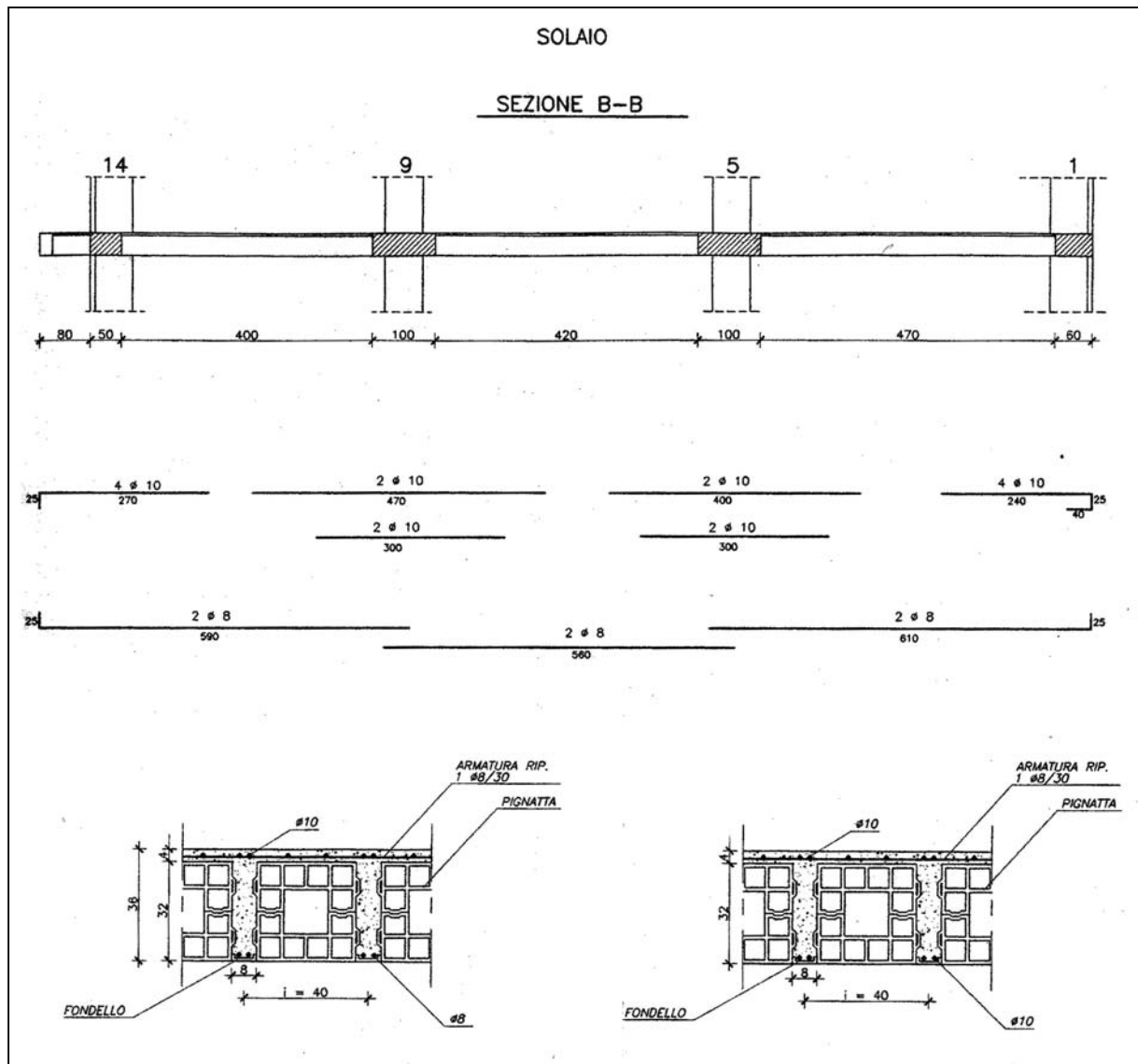
Disegno dei ferri: soluzione 2

Un ferro continuo può essere spezzato in più tratti ricorrendo ad un'adeguata sovrapposizione ($80\phi = 40\phi + 40\phi$):

- I ferri inferiori possono essere spezzati in corrispondenza degli appoggi (momento positivo nullo)
- I ferri superiori possono essere spezzati in campata (momento negativo nullo)



Esecutivo del solaio



L'esecutivo comprende:

- una sezione longitudinale in scala 1:50, quotata.
- Il disegno dei ferri, del loro quantitativo, del diametro e delle lunghezze
- alcune sezioni trasversali significative in scala 1:10 con indicate le dimensioni e i relativi ferri.