

La progettazione secondo il D.M. 14.01.2008 <<Norme Tecniche per le Costruzioni>>

- Resistenza del calcestruzzo
- Durabilità e Copriferro
- Gerarchia delle resistenze in fase di esecuzione ai fini della dissipazione dell'energia sismica

Resistenza del calcestruzzo

Prof. Ing. **Francesco Di Maio** – Università degli Studi di Palermo

Collaboratori: **Ingegneri Fabrizio Marino, Vincenzo Lala, Antonella Runfola**

Resistenza del calcestruzzo

11.2.10 - Caratteristiche del calcestruzzo

$$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck}$$

Per previsioni progettuali, è possibile passare dal valore caratteristico al valor medio

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 \quad \left[N / mm^2 \right]$$

Ne deriva:

$$R_{cm} = R_{ck} + \frac{8}{0.83} = R_{ck} + 9.6 \quad \left[N / mm^2 \right]$$

Per:

$$R_{ck} = 30 \text{ Mpa} \quad k = 1.64 \quad (\text{frattile } 5\%)$$

$$R_{cm,(\text{atteso})} = 30 + 9.6 = 30 + 1.64 \cdot 5.85 \quad \Rightarrow \quad s = 5.85$$

Resistenza del calcestruzzo

C11.2.6 - Controlli della resistenza del calcestruzzo in opera

$$f_{cm,opera} \leq f_{cm,progetto}(provini)$$



RESIST. STRUTTURALE




RESIST. POTENZIALE

$$f_{cm,opera} \geq 0.85 f_{cm} \quad (1)$$

$$f_{ck,opera} \geq 0.85 f_{ck} \quad (2)$$

Ne deriva dalla (1)


$$R_{cm,opera} \geq 0.85 \cdot R_{cm,progetto}$$
$$R_{cm,opera} \geq 0.85 \cdot (R_{ck} + 9.6)$$

Resistenza del calcestruzzo

C11.2.6 - Controlli della resistenza del calcestruzzo in opera

Se si determina la resistenza tramite prelievi di almeno 15 carote:

Il valore caratteristico del calcestruzzo in opera, che possiamo chiamare $f_{k,opera}$ sarà dato dall'espressione seguente

$$f_{k,opera} = f_{m,opera} - sk$$

$$f_{ik,min} \geq f_{k,opera} - 4$$

Come previsto nel punto 10.3 delle L.G.C.S.

S = scarto quadratico medio

K = 1.48 (per 15 campioni – frattile 8%)

Resistenza del calcestruzzo

11.2.5 – Controllo di accettazione D.L.

CONTROLLO DI TIPO A	CONTROLLO DI TIPO B
$R_1 + 3.5 \geq R_{ck}$	
$R_m \geq R_{ck} + 3.5$	$R_m \geq R_{ck} + 1.48s$
(N° Prelievi = 3)	(N° Prelievi ≥ 15)
R_m = resistenza media dei provini (N/mm ²); R_1 = minore valore di resistenza (N/mm ²); S = scarto quadratico medio $K = 1.48$ (Frattile 8%)	

Resistenza del calcestruzzo

11.2.5 – Controllo di accettazione - TipoB

$$s = \sqrt{\frac{\sum(R_i - R_m)^2}{n-1}}$$

Deviazione standard

$$\frac{s}{R_m}$$

Coeff. di Variazione

$$\frac{s}{R_m} < 0.15$$

Controllo accertato

$$0.15 < \frac{s}{R_m} < 0.3$$

Controlli più accurati

$$\frac{s}{R_m} > 0.3$$

Non accettabile

Resistenza del calcestruzzo preconfezionato

11.2.8 – Prescrizioni relative al calcestruzzo confezionato con processo industriale

“Gli stabilimenti che producono calcestruzzo con processo industrializzato devono dotarsi di un sistema permanente di controllo interno della produzione allo scopo che il prodotto risponda ai requisiti previsti.....”

- Controllo di produzione e/o di cantiere -

$$R_{cm} \geq R_{ck} + ks = R_{ck} + \Delta$$

Margine
di sicurezza



Resistenza del calcestruzzo preconfezionato

“ Δ stabilisce il rischio che il produttore si assume”

Intervallo di variazione da
UNI EN 206 -1 : 2006

$$6 \leq \Delta \leq 12$$

All'aumentare di Δ , il Rischio sulla conformità dei provini diminuisce

In cantiere

$$R_{cm} = R_{ck} + \Delta$$

Δ tiene conto dello scarto quadratico medio, e di un coefficiente di sicurezza

Da Progetto

$$R_{cm} = R_{ck} + \frac{8}{0.83} = R_{ck} + 9.6$$

Da Controllo di accettazione tipo A

$$R_{cm} \geq R_{ck} + 3.5$$

Resistenza del calcestruzzo preconfezionato

Criteri di conformità per la resistenza a compressione

Produzione	Numero "n" di risultati del prelievo	Criterio 1 Media di "n" risultati (N/mmq)	Criterio 2 Ogni risultato singolo (N/mmq)
Iniziale	3	$> f_{ck} + 4$	$> f_{ck} - 4$
Continua	15	$> f_{ck} + 1.48s$	$> f_{ck} - 4$

$$s = \sqrt{\frac{\sum(R_i - R_m)^2}{n-1}}$$

Deviazione standard

$$0.05 < \frac{s}{R_m} < 0.15$$

Coeff. di Variazione

0.05 -> **"Ottimo"** (centrale di betonaggio attrezzato con laboratorio)

0.15 -> **"Medio"** (centrale di betonaggio sprovvista di laboratorio)

Resistenza del calcestruzzo preconfezionato

Esempio:

$$R_{ck} = 30 \text{ Mpa} \quad R_{cm} = 30 + 9.6 = 39.6 \quad \text{Di progetto}$$

$$R_{cm,opera} \geq 0.85 R_{cm,progetto} = 0.85(30 + 9.6) = 33.6$$

$$1) \Delta = 5; \quad R_{cm} = R_{ck} + \Delta = 30 + 5 = 35 \quad \text{Di produzione} \quad (29.76 < 33.6)$$

$$2) \Delta = 10; \quad R_{cm} = R_{ck} + \Delta = 30 + 10 = 40 \quad \text{"} \quad (34 < 33.6)$$

$$3) \Delta = 12; \quad R_{cm} = R_{ck} + \Delta = 30 + 12 = 42 \quad \text{"} \quad (35.7 < 33.6)$$

$$R_{cm,opera} \geq 0.85 R_{cm,produzione}$$

CONSEGNA DEL CALCESTRUZZO FRESCO

Informazioni preliminari:

- sul materiale
- sulla movimentazione
- sulla posa in opera
- sulle limitazioni per il veicolo di consegna

CONCORDANO:

- DATA consegna
- ORA
- FREQUENZA di consegna

PRODUTTORE

UTILIZZATORE

Il Produttore deve fornire:

- Il Documento di consegna che accompagna la fornitura
- Informazioni sulla qualità, controllo e sulla conformità

Il controllo della conformità è parte integrante del controllo del processo di produzione

L'informazione fornita deve essere conforme alle indicazioni della normativa di riferimento

Informazioni Preliminari al Produttore

CALCESTRUZZO	
Vita Utile	50 anni
Classe di Esposizione	XS1
Classe di Resistenza (Potenziale)	$C_{fck}/R_{ck} = 25/30$
Classe di Resistenza strutturale (in opera)	$f_{m,opera} \geq 0.85 f_{cm}$ $f_{k,opera} \geq 0.85 f_{ck} \quad (n \geq 15)$
Classe di consistenza	S4
Dimensione max aggregato	$d = 25 \text{ mm} < 32 \text{ mm}$
Copriferro nominale	$C_{nom} = 45 \text{ mm}$

Esempio dei parametri relativi al calcestruzzo da inserire nella tabella dei materiali nei disegni di progetto, da comunicare al produttore per la fornitura del calcestruzzo fresco a prestazione garantita

Documento di Consegna

La Ditta con sede in
 via
 dichiara di aver ricevuto nel cantiere di via a mezzo
 autobetoniera targata pilotata da quanto appresso indicato:

cemento tipo	cemento kg/mc	calcestruzzo mc.	acqua lt q.le di cemento (± 5%)	additivo		dim. max inerte grosso	RCK tipo	SLUMP
				%	tipo			
						cm. 3		

Si dichiara espressa-
 mente che la quantità è
 quella a fianco indicata.
 GETTO CON POMPA

Causale del trasporto **VENDITA** Aspetto esteriore dei beni **CALCESTRUZZO**
 Ora di partenza dall'impianto ora di arrivo al cantiere ora di inizio scarico
 ora di fine scaricososta autobetoniera ore chilometri percorsi

ACQUA AGGIUNTA SU RICHIESTA DEL CLIENTE O DEL SUO RAPPRESENTANTE LITRI
 Si intende che la richiesta è stata preventivamente autorizzata dalla competente direzione lavori. PER ACCETTAZIONE

1. La fornitrice non assume responsabilità per il calcestruzzo di sua produzione qualora il cliente direttamente o a mezzo di un suo responsabile richiedesse l'aggiunta di acqua o di altri materiali oltre le quantità stabilite dalla ditta fornitrice. I conducenti dei mezzi di trasporto hanno ordine tassativo di non aggiungere acqua né altri materiali al calcestruzzo contenuto nella macchina loro affidata senza speciale autorizzazione che deve risultare nel buono di consegna scritta dal cliente o da un suo rappresentante.
2. La fornitrice garantisce che il calcestruzzo consegnato rispetta le caratteristiche riportate nel presente buono di consegna e che quest'ultimo corrisponde agli ordini dati dal cliente, in particolare per quanto riguarda la quantità ed il tipo di cemento.
3. Eventuali prove dovranno essere fatte a regola d'arte durante lo scarico del materiale ed in contraddittorio con nostro personale responsabile secondo la legge n. 2229 del 16 novembre 1939 o altre norme legali in vigore al momento della consegna.
4. Verrà addebitato il tempo di scarico e di sosta delle autobetoniere eccedenti i 15 minuti per ogni consegna.
5. Ove non sia indicata la forma di pagamento questo si intende doversi effettuare a ricevimento della fattura. E' facoltà della sri di emettere tratta che il committente accetterà di ritirare.

FIRMA DEL CONDUCENTE

PER LA DITTA RICEVENTE

VEETTORE: DOMICILIO/RESIDENZA	TARGA	FIRMA VETTORE

COPIA PER IL MITTENTE



RINA

Organismo autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture

CERTIFICATO N. 017PA11/01

SI CERTIFICA CHE IL

SISTEMA DI CONTROLLO DEL PROCESSO PRODUTTIVO

APPLICATO DA

MANUFATTI IN CEMENTO S.N.C.

Partita I.V.A. [REDACTED]

[REDACTED]

94014 Nicosia (EN)

Relativo al prodotto

Descrizione	Calcestruzzo Preconfezionato
Fabbricante	MANUFATTI IN CEMENTO S.N.C. Contrada Albereto – 94014 Nicosia (EN)
Impianto di produzione	Contrada Albereto – 94014 Nicosia (EN)

E' CONFORME

AL DECRETO MINISTERIALE 14.01.2008

- NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI -

Prima emissione	26/04/2011
Emissione corrente	26/04/2011

Per informazioni sulla validità del certificato visitare il sito www.rina.org

L'uso e la validità del presente Certificato sono soggetti al rispetto del documento RINA: Regolamento per il rilascio della certificazione del Sistema di Controllo del Processo Produttivo di impianti per la produzione di calcestruzzo. La responsabilità per danni causati da difetti del prodotto è del produttore, come sancito dalla Direttiva della Comunità Europea n. 374 del 1985.



RINA Services S.p.A.
Infrastructures and Constructions Sector
IL DIRETTORE TECNICO

(Ing. Cesare MURGIA)

RINA Services S.p.A. Società controllata dal Socio unico RINA S.p.A.	C.F. / P. Iva / R.I. Genova N. 03467840104	Tel. +39 010 53651 – Fax +39 010 5351000
Via Corsica, 12 – 16128 Genova	Cep. Soc. € 35.000.000,00 I.v.	e-mail: Industrial.EC.Certification@rina.org

Form C-GLS

Valutazione della Conformità

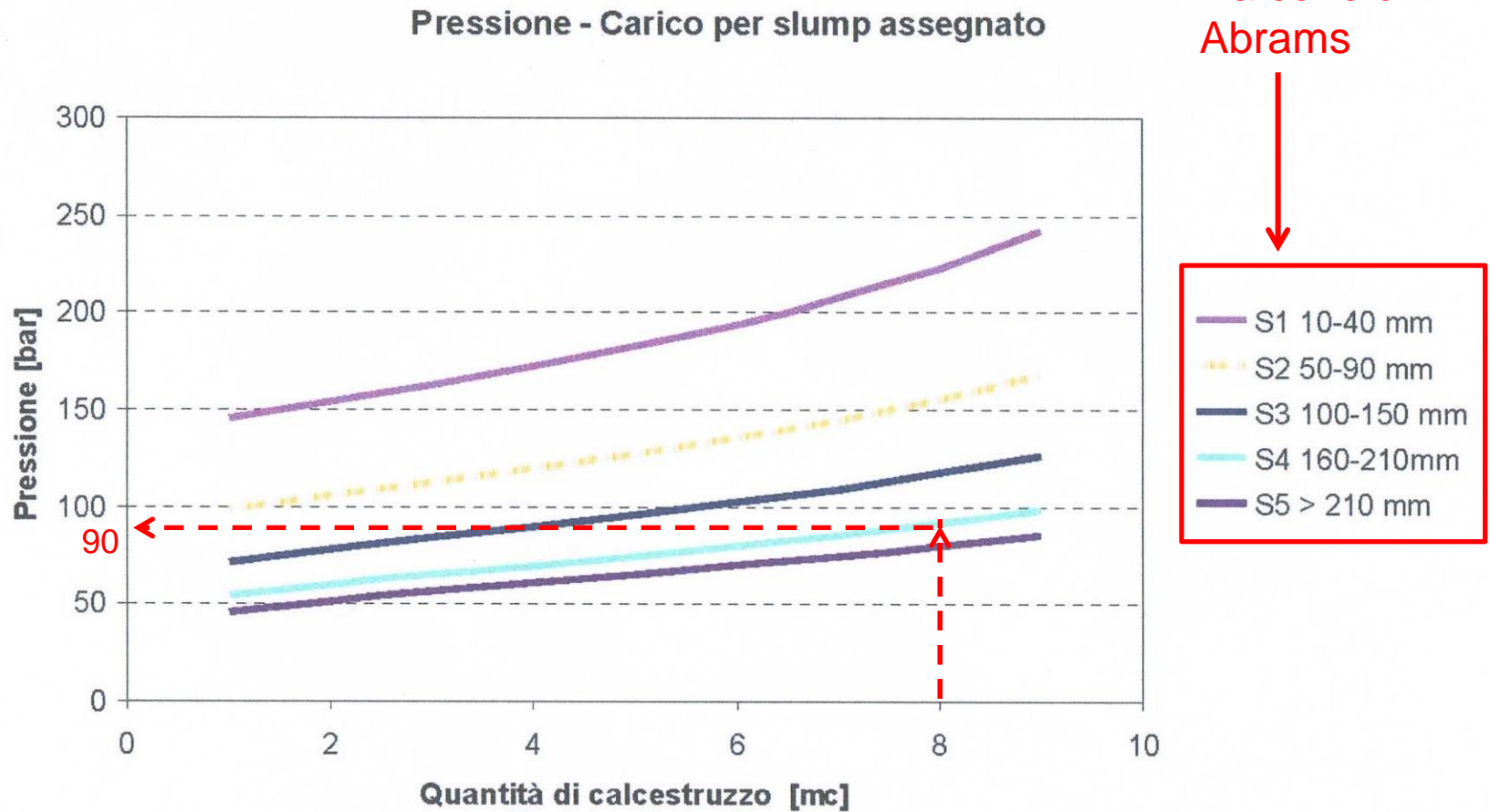
Qualità ed Autocontrollo

Prodotto conforme

Validità Certificato

Verifica del certificato on -line

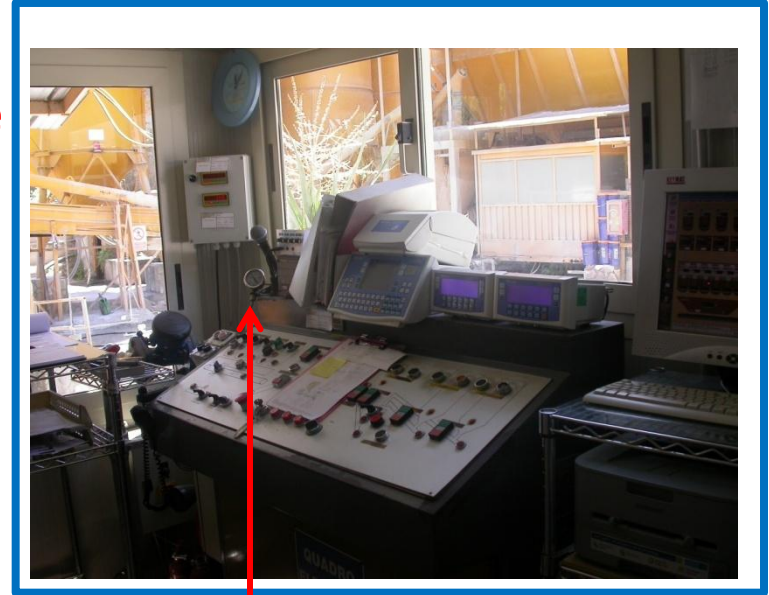
Criteri di conformità per la consistenza







**Attacco per Manometro
oleodinamico in centrale
di betonaggio**



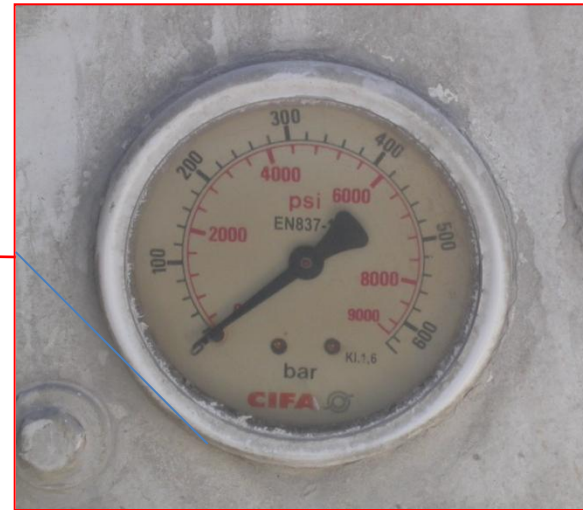
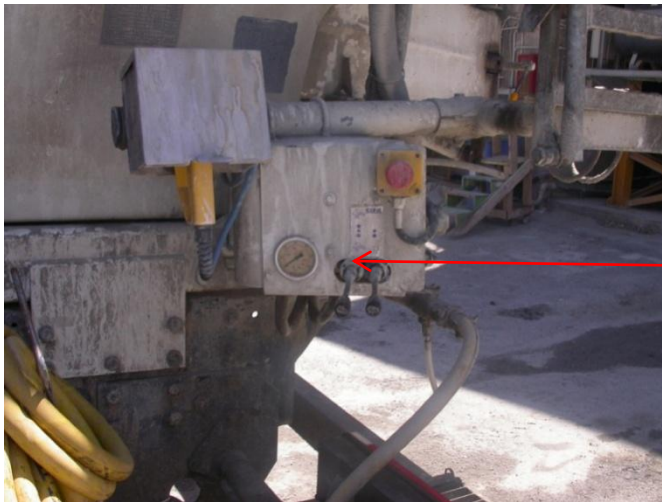
**Gestione SLUMP con manometro in
centrale di betonaggio**



**Manometro oleodinamico
all'entrata con scala in PSI
ed in bar**



Contatore Acqua



Manometro oleodinamico all'uscita con scala in PSI ed in bar

Per ottenere le proprietà dalla ricetta del Mix-Design in termini di fasi operative nell'autobetoniera:

- 1) Acqua pari all' 80% del Mix-Design
 - 2) Additivi (fluidificanti, ritardanti, ecc)
 - 3) Inerte (Sabbia , P01 – 10 mm , P02 – 25 mm)
 - 4) Cemento + sabbia di zucco
 - 5) Mescolazione in funzione del dosaggio (~ 1 min/mc) a velocità massima del tamburo (12 giri/min)
 - 6) Controllo in centrale su quadro di comando del manometro oleodinamico della betoniera tarato in funzione dello SLUMP
 - 7) Controllo del tempo di scarico del calcestruzzo (~5min/mc)
 - 8) Tempo massimo della messa in opera rispetto al confezionamento 90 min , nelle ipotesi normali di condizioni ambientali (30 °C)
-

Durabilità e Copriferro

Prof. Ing. **Francesco Di Maio** – Università degli Studi di Palermo

Collaboratori: **Ingegneri Fabrizio Marino, Vincenzo Lala, Antonella Runfola**

Condizioni Ambientali

Classi di esposizione

	Classe di esposizione									
	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3
Classe di resistenza indicativa	C20/25	C25/30	C30/37		C30/37	C35/45		C30/37	C35/45	

	Classe di esposizione						
	X0	XF1	XF2	XF3	XA1	XA2	XA3
Classe di resistenza indicativa	C12/15	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37		C35/45

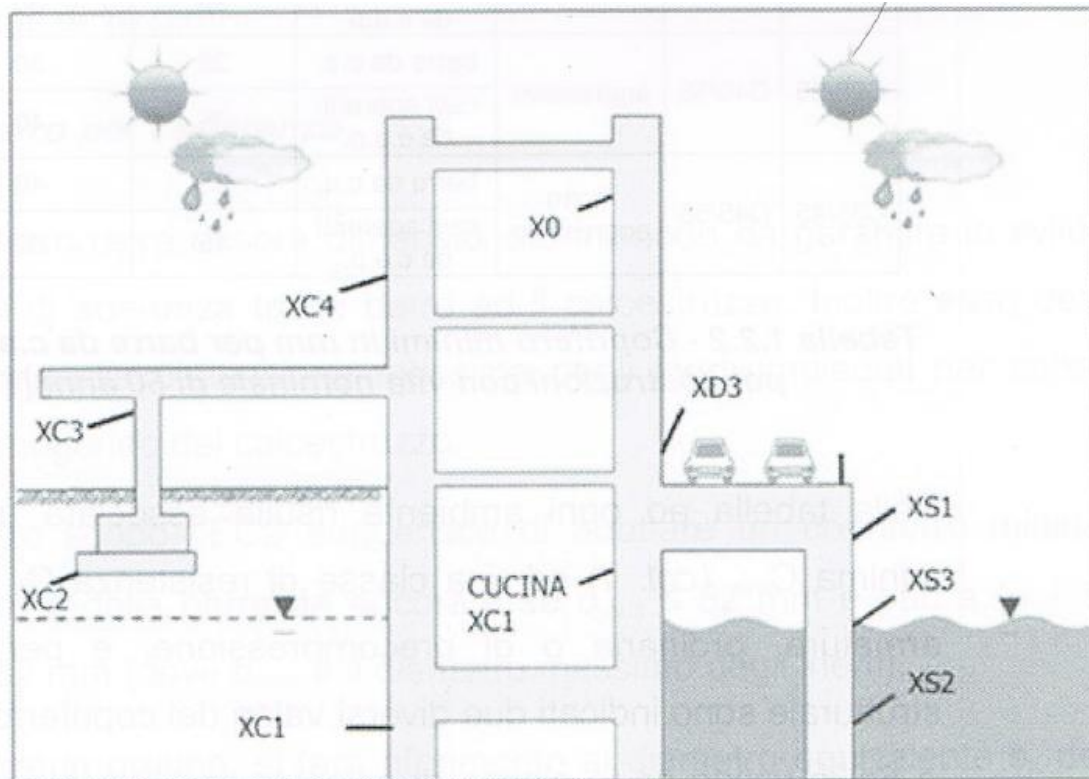
Condizioni Ambientali

Tab 4.1.III da NTC 2008

Condizioni Ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0 , XC1 , XC2 , XC3 , XF1
Aggressive	XC4 , XD1 , XS1 , XA1 , XA2 , XF2 , XF3
Molto Aggressive	XD2 , XD3 , XS2 , XS3 , XA3 , XF4

Condizioni Ambientali

Classi	Descrizione
X0	Nessun rischio di corrosione o attacco
XC	Corrosione indotta da Carbonatazione (C=carbonatazione)
XD	Corrosione indotta da Cloruri esclusi quelli di acqua di mare (D=De-icing)
XS	Corrosione indotta da cloruri presenti nell' acqua di mare (S=seawater)
XF	Attacco di cicli di gelo e disgelo e/o Sali disgelanti (F=freezing)
XA	Attacco Chimico da terreni e/o acque chimicamente aggressivi



Condizioni Ambientali

Classe di esposizione	Ambiente	Esempi di strutture che si trovano nella classe di esposizione	Prestazioni		Spessore di copriferro (mm)	
			Max a/c	Min Rck (Mpa)	c.a.	c.a.p.
X0	Molto asciutto	• Interni di edifici con U.R. bassa	-	15	10	20
XC1	Asciutto	• Interni di edifici con U.R. bassa	0.60	30	15	25
XC2	Bagnato raramente asciutto	• Strutture idrauliche • Fondazioni e strutture interrato	0.60	30	25	35
XC3	Moderatamente umido	• Interni di edifici con U.R. Medio/alta • Strutture esterne esposte all'acqua piovana	0.55	35	25	35
XC4	Asciutto-Bagnato	• Strutture esterne esposte all'acqua piovana	0.50	40	30	40
XD1	Moderatamente umido	• Strutture raramente a diretto contatto superficiale di spruzzi di acqua (pavimenti esposti a spruzzi occasionali di salamoia)	0.55	35	35	45
XD2	Bagnato	• Piscine natatoie • Vasche di trattamento di acque industriali con cloruro	0.50	40	40	50
XD3	Asciutto-Bagnato	• Pavimenti esterni esposti occasionalmente ad acque salate • Pavimenti e solai di parcheggi coperti	0.45	45	45	55
XS1	Moderatamente umido	• Strutture in prossimità delle coste esposte al trascinarsi eoliche dell'acqua (aerosol)	0.50	40	35	45
XS2	Bagnato	• Strutture permanentemente e completamente sotto acqua di mare	0.45	45	40	50
XS3	Asciutto-Bagnato	• strutture esposte discontinuamente all'acqua marina (alta-bassa marea)	0.45	45	45	55

Classi di esposizione e prestazioni secondo la UNI 11104 in applicazione della UNI EN 206

Condizioni Ambientali

Classe di esposizione	Ambiente	Esempi di strutture che si trovano nella classe di esposizione	Prestazioni		Spessore di copriferro (mm)	
			Max a/c	Min Rck (Mpa)	c.a.	c.a.p.
XF1	Moderata saturazione con acqua in assenza di Sali disgelanti	• Superfici verticali esposte alla pioggia ed al gelo	0.50	40	30	40
XF2	Moderata saturazione con acqua in presenza di Sali disgelanti	• Superfici verticali di strutture stradali esposte a gelo e spruzzi contenenti Sali disgelanti (aria inglobata > 3% in volume)	0.50	30	40	50
XF3	Elevata saturazione con acqua in assenza di Sali disgelanti	• Superfici orizzontali di strutture stradali esposte a gelo e spruzzi contenenti Sali disgelanti (aria inglobata > 3% in volume)	0.50	30	30	40
XF4	Elevata saturazione con acqua in presenza di Sali disgelanti	• Superfici orizzontali di strutture stradali esposte a gelo e spruzzi contenenti Sali disgelanti (aria inglobata > 3% in volume)	0.45	35	45	55
XA1	Debolmente aggressivo	• Terreni o acque industriali inquinate da agenti aggressivi (solfati ecc.) in bassa concentrazione	0.55	35	25	35
XA2	Mediamente aggressivo	• Terreni o acque industriali inquinate da agenti aggressivi (solfati ecc.) in media concentrazione	0.50	40	25	35
XA3	Fortemente aggressivo	• Terreni o acque industriali inquinate da agenti aggressivi (solfati ecc.) in alta concentrazione	0.45	45	25	35

Classi di esposizione e prestazioni secondo la UNI 11104 in applicazione della UNI EN 206

Condizioni Ambientali

Requisiti di durabilità

- Scelta dei materiali
 - Particolari costruttivi
 - Esecuzione dei lavori
 - Controllo di qualità
 - Ispezionabilità della struttura
 - Disposizioni particolari
 - armature in acciaio inossidabile
 - utilizzo di rivestimenti
 - protezione catodica
-

Il copriferro

4.1.6.1.3 Copriferro ed interferro

L'armatura resistente deve essere protetta da un adeguato ricoprimento di calcestruzzo.....

Al fine della protezione delle armature dalla corrosione, lo strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve essere dimensionato in funzione dell'aggressività dell'ambiente e della sensibilità delle armature alla corrosione, tenendo anche conto delle tolleranze di posa delle armature.

Per consentire un omogeneo getto del calcestruzzo, il copriferro e l'interferro delle armature devono essere rapportati alla dimensione massima degli inerti impiegati.

Il copriferro e l'interferro delle armature devono essere dimensionati anche con riferimento al necessario sviluppo delle tensioni di aderenza con il calcestruzzo.

Il copriferro

Da **Circ. Esplicativa** con riferimento al paragrafo **C.4.1.6.1.3** delle **NTC 2008**

Tab. C4.1.IV - *Copriferri minimi in mm*

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
C_{min}	C_o	ambiente	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Tab 4.1.III da **NTC 2008**

Condizioni Ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0 , XC1 , XC2 , XC3 , XF1
Aggressive	XC4 , XD1 , XS1 , XA1 , XA2 , XF2 , XF3
Molto Aggressive	XD2 , XD3 , XS2 , XS3 , XA3 , XF4

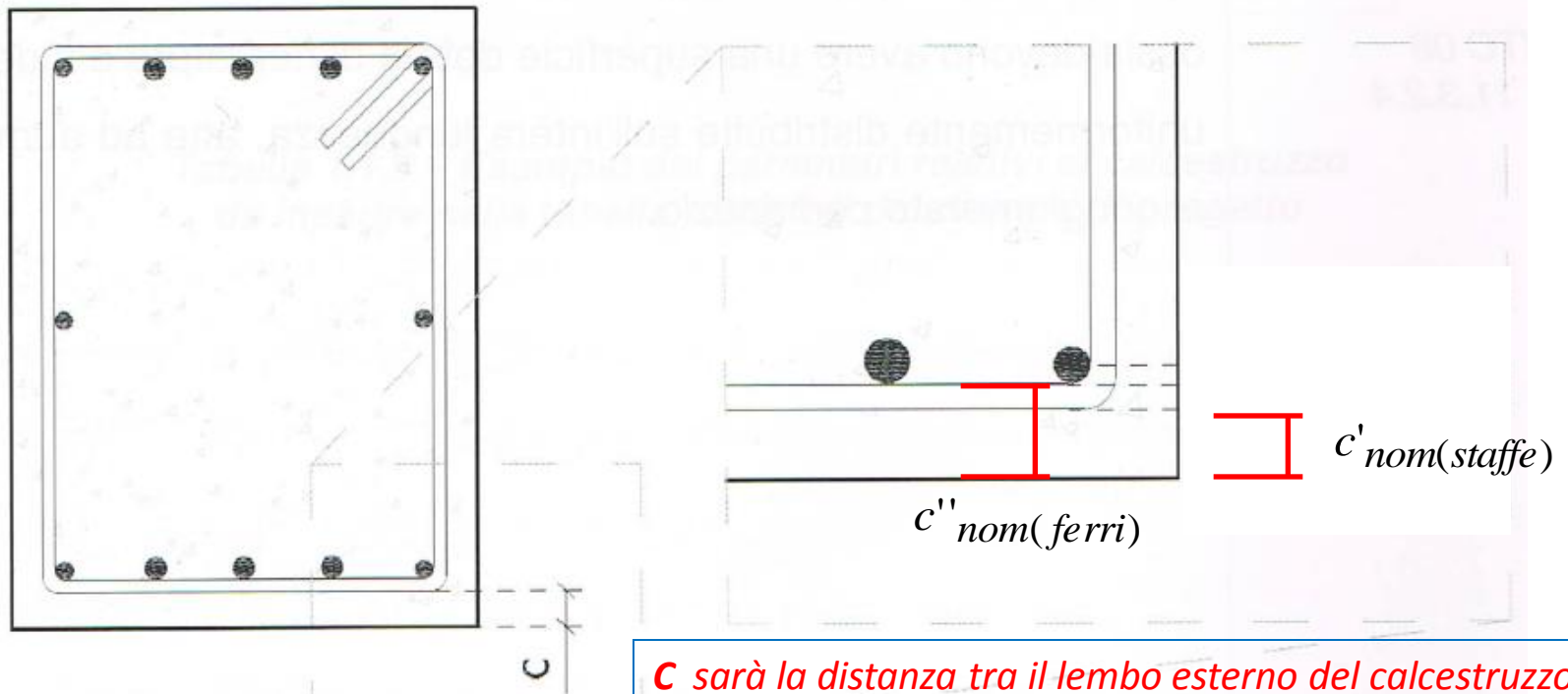
Il copriferro

Meglio descritto nella tabella seguente

<i>col. 1</i>	<i>col. 2</i>	<i>col. 3</i>	<i>col. 4</i>	<i>col. 5a</i>	<i>col. 5b</i>	<i>col. 6a</i>	<i>col. 6b</i>
C_{min}	C_0	ambiente	Tipo di armatura	elementi a piastra		altri elementi	
				$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$	$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$
C25/30	C35/45	ordinario	barre da c.a.	15	20	20	25
			cavi aderenti da c.a.p.	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	barre da c.a.	25	30	30	35
			cavi aderenti da c.a.p.	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto aggressivo	barre da c.a.	35	40	40	45
			cavi aderenti da c.a.p.	45	50	50	50

Il copriferro

Il copriferro è la distanza tra la superficie esterna dell'armatura, incluso staffe collegamenti e rinforzi se presenti, e la superficie esterna più vicina del cls



C sarà la distanza tra il lembo esterno del calcestruzzo rispetto alla staffa o ai ferri longitudinali

Il copriferro

In base all' EC 2 :

$$C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev}$$

Essendo:

C_{nom}	valore nominale del copriferro
C_{min}	valore minimo del copriferro
ΔC_{dev}	tolleranza di esecuzione relativa al copriferro

C_{min} deve garantire:

- trasmissione degli sforzi tra cls e acciaio
- protezione dagli agenti corrosivi
- resistenza al fuoco

Δc_{dev} di norma si assume pari a 10mm

Il copriferro

$$c_{\min} = \max \left\{ \begin{array}{l} c_{\min,b} \\ c_{\min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} \\ 10 \text{ mm} \end{array} \right\}$$

Essendo:

$c_{\min,b}$	copriferro minimo per l'aderenza
$c_{\min,dur}$	copriferro minimo per le condizioni ambientali
$\Delta c_{dur,\gamma}$	valore aggiuntivo legato alla sicurezza
$\Delta c_{dur,st}$	riduzione connesso all'acciaio inossidabile
$\Delta c_{dur,add}$	riduzione dovuta all'adozione di protezioni del cls

Il copriferro

I valori di c_{\min}

Il valore di $c_{\min,b}$ è pari a:

- per le armature ordinarie:
 - il diametro della barra, nel caso di barre singole;
 - il diametro equivalente, nel caso di barre raggruppate.

Nel caso in cui il massimo valore del diametro dell'aggregato utilizzato nel calcestruzzo sia maggiore di 32 mm, il valore di $c_{\min,b}$ prima indicato deve essere aumentato di 5 mm;

- per le armature da precompressione post-tese:
 - il diametro nel caso di guaine a sezione circolare;
 - la dimensione più piccola o la metà della dimensione più grande, se quest'ultima è superiore, nel caso di guaine a sezione rettangolare;
- per le armature da precompressione pre-tese:
 - 1,5 volte il diametro (equivalente) dei trefoli, o dei fili lisci;
 - 2,5 volte il diametro dei fili indentati.

Il copriferro

Di regola si assume: $\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$.

Nel caso in cui la realizzazione della struttura avvenga in presenza di un controllo di qualità nel quale è incluso il controllo delle misure dei copriferri, il valore di Δc_{dev} può essere compreso fra 5 e 10 mm.

Nel caso in cui sia operante un controllo di qualità molto efficiente, con severe procedure di fabbricazione che prevedono esplicitamente il rifiuto dei manufatti non conformi (ad esempio dei manufatti prefabbricati non conformi), il valore di Δc_{dev} può essere compreso fra 0 e 10 mm.

Maggiori valori del copriferro devono essere adottati nel caso di getti di calcestruzzo effettuati contro superfici scabre; l'aumento del valore del copriferro deve essere valutato in funzione delle irregolarità delle superfici.

Nel caso di getti di calcestruzzo contro terra devono comunque essere rispettati i seguenti valori del copriferro:

- getto contro terra con terreno “preparato”: $c_{nom} > 40 \text{ mm}$;
- getto diretto contro terra: $c_{nom} > 75 \text{ mm}$.

Di regola si suole assumere per i valori di :

$$\Delta c_{dur,\gamma} = 0$$

$$\Delta c_{dur,st} = 0$$

$$\Delta c_{dur,add} = 0$$

Il copriferro e la Durabilità

Requisito ambientale per $C_{min,dur}$ (mm)							
Classe strutturale	Classe di esposizione secondo il prospetto 4.1						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

Prospetto 4.4 da EN1992-1-1: Valori del copriferro minimo $C_{min,dur}$, requisiti con riferimento alla durabilità per acciai da armatura ordinaria, in accordo alla EN 10080

S4 – Corrispondente ad una vita utile di 50 anni

S6 – Corrispondente ad una vita utile di 100 anni

Esempio 1

DATI

- Classe di esposizione
- Calcestruzzo di classe di resistenza
- Barre longitudinali inferiori
- Staffe
- Dimensione massima degli aggregati
- Vita utile

XC1

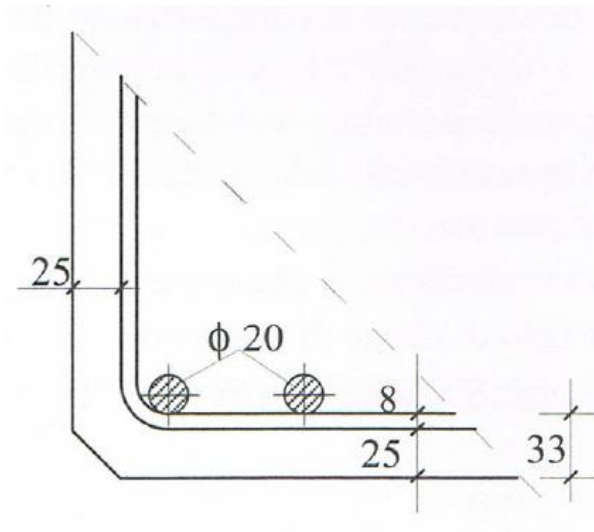
C25/30

5 ϕ 20

ϕ 8/100 mm

dg = 20 mm (<32 mm)

50 anni



Esempio 1

SVOLGIMENTO

V.U. = 50 ANNI => CLASSE STR. = **S4**

$c'_{\min,b} = 8 \text{ mm}$ -> copriferro relativo alle staffe

$c''_{\min,b} = 20 \text{ mm}$ -> copriferro relativo ai ferri longitudinali

$c_{\min,dur} = 15 \text{ mm}$ -> per relativa classe di esposizione **XC1** e classe strutturale **S4**

$\Delta c_{dur,y} = \Delta c_{dur,st} = \Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm}$ -> no accorgimenti innovativi

$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$

Per le staffe:

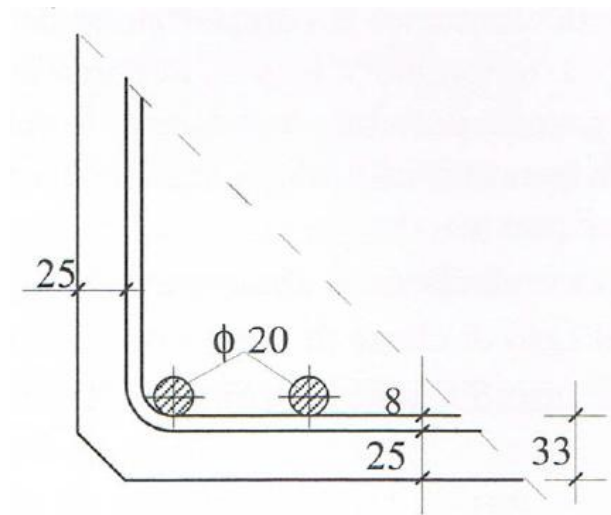
$$c'_{\min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 8\text{mm} \\ 15 + 0 - 0 - 0 \\ 10\text{mm} \end{array} \right\} = 15\text{mm}$$

$$c'_{nom} = c'_{\min} + \Delta c_{dev} = 25\text{mm}$$

Per i ferri longitudinali:

$$c''_{\min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 20\text{mm} \\ 15 + 0 - 0 - 0 \\ 10\text{mm} \end{array} \right\} = 20\text{mm}$$

$$c''_{nom} = c''_{\min} + \Delta c_{dev} = 30\text{mm}$$



Esempio 2

DATI

- Classe di esposizione
- Calcestruzzo di classe di resistenza
- Barre longitudinali inferiori
- Staffe
- Dimensione massima degli aggregati
- Vita utile

XS1

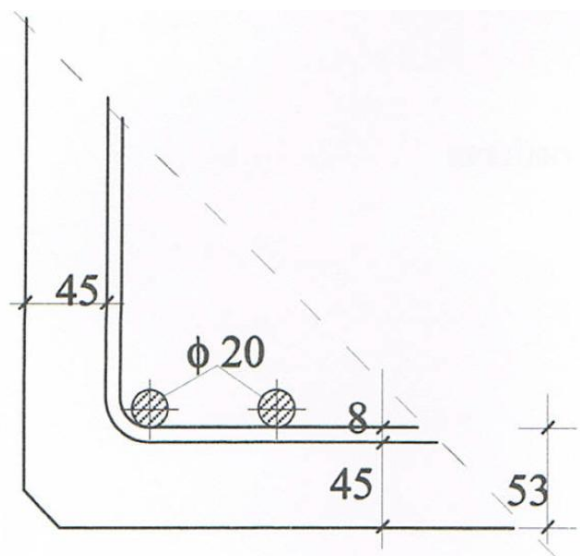
C25/30

5 ϕ 20

ϕ 8/100 mm

$d_g = 20$ mm (<32 mm)

50 anni



Esempio 2

SVOLGIMENTO

V.U. = 50 ANNI => CLASSE STR. = **S4**

$c'_{\min,b} = 8 \text{ mm}$ -> copriferro relativo alle staffe

$c''_{\min,b} = 20 \text{ mm}$ -> copriferro relativo ai ferri longitudinali

$c_{\min,dur} = 35 \text{ mm}$ -> per relativa classe di sposizione **XS1** e classe strutturale **S4**

$\Delta c_{dur,y} = \Delta c_{dur,st} = \Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm}$ -> no accorgimenti innovativi

$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$

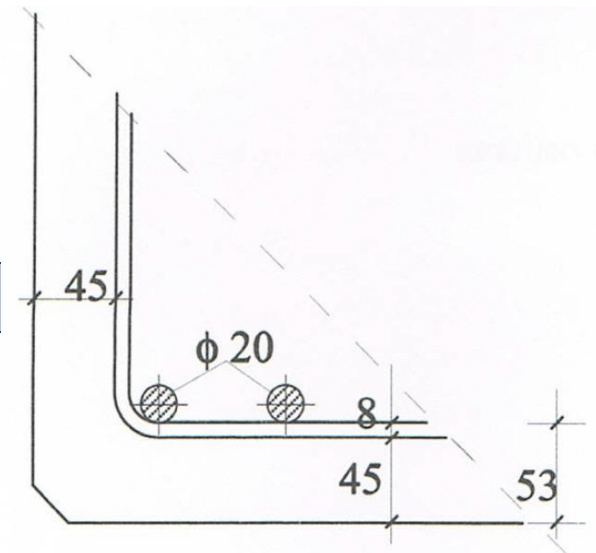
Per le staffe:

$$c'_{\min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 8mm \\ 35+0-0-0 \\ 10mm \end{array} \right\} = 35mm$$

Per i ferri longitudinali:

$$c''_{\min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 20mm \\ 35+0-0-0 \\ 10mm \end{array} \right\} = 35mm$$

$$c'_{nom} = c''_{nom} = 35 + 10 = 45mm$$



Esempio 2

Uso di Additivi

PENETRON ADMIX

Migliora sensibilmente la resistenza superficiale del copriferro all'azione dell'acqua e dell'anidride carbonica, aumentando la durabilità dell'opera sia nella parte corticale che in profondità per tutto lo spessore strutturale Si avrà una riduzione del copriferro indicato dalla normativa perché si aumenta sensibilmente le caratteristiche di impermeabilità e capacità di autocicatizzazione delle fessurazioni fino a 0,4 mm

$$\Delta c_{dur,\gamma} = \Delta c_{dur,st} = 0 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dur,add} = 20 \text{ mm}$$

Certificata da Azienda produttrice

Per le staffe:

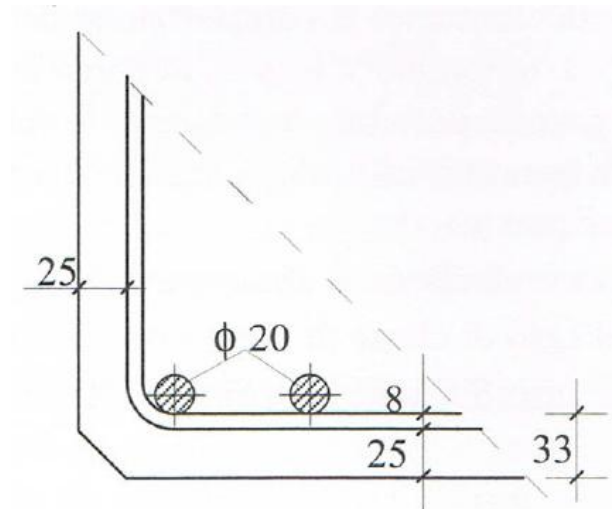
$$c'_{min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 8mm \\ 35 + 0 - 20 - 0 \\ 10mm \end{array} \right\} = 15mm$$

$$c'_{nom} = 15 + 10 = 25mm$$

Per i ferri longitudinali:

$$c''_{min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 20mm \\ 35 + 0 - 20 - 0 \\ 10mm \end{array} \right\} = 20mm$$

$$c''_{nom} = 20 + 10 = 30mm$$



Gerarchia delle resistenze in fase di esecuzione ai fini della dissipazione dell'energia sismica

Prof. Ing. **Francesco Di Maio** – Università degli Studi di Palermo

Collaboratori: **Ingegneri Fabrizio Marino, Vincenzo Lala, Antonella Runfola**

Gerarchia delle resistenze

Qualora sussista la possibilità di rotture alternative, deve avvenire prima quella con meccanismo duttile

Il progettista deve innalzare opportunatamente la soglia di resistenza delle possibili rotture caratterizzate da meccanismi fragili

Nelle strutture la gerarchia delle resistenze deve essere garantita a tutti i livelli strutturali: materiali, sezioni, elementi ed intera struttura

Duttilità

Materiali:

Il materiale che fornisce duttilità alla struttura è l'acciaio

Sezioni: gerarchia acciaio/cls

Nelle sezioni inflesse o pressoinflesse è necessario progettare sezioni "debolmente armate" affinché vada in crisi con il calcestruzzo poco sollecitato e armatura largamente plasticizzata

Elementi inflessi: gerarchia flessione/taglio

Se le armature sono ben progettate, la rottura per flessione è duttile, mentre quella per taglio è sempre di tipo fragile

Strutture intelaiate: gerarchia travi/pilastri

Il comportamento globale del telaio in c.a. può condurre meccanismi molto diversi fra loro

Duttilità

Strutture intelaiate: gerarchia travi/pilastri

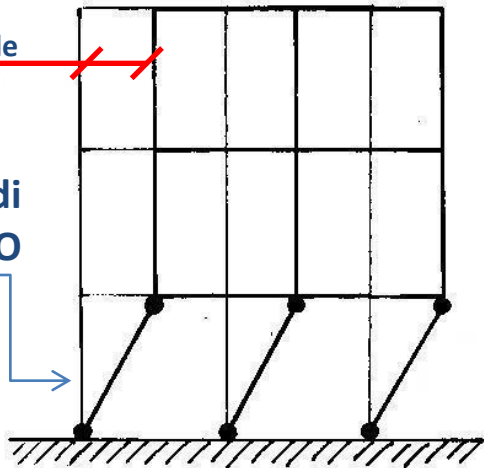
$$\delta_{\text{fragile}} < \delta_{\text{duttile}}$$

Meccanismo fragile



δ_{fragile}

Meccanismo di
collasso di PIANO



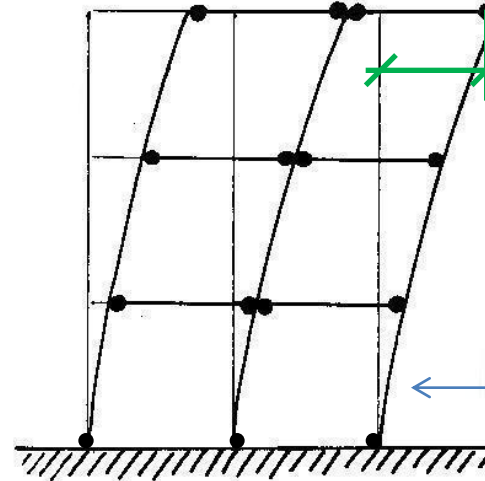
Travi in campo elastico,
pilastri plasticizzati

Meccanismo duttile



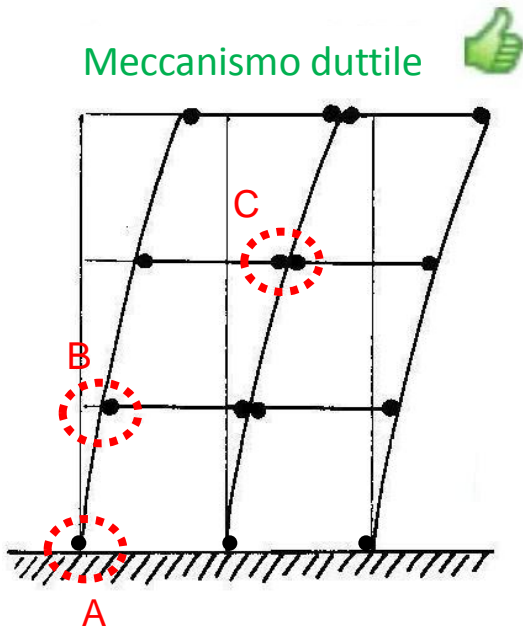
δ_{duttile}

Meccanismo di
collasso GLOBALE



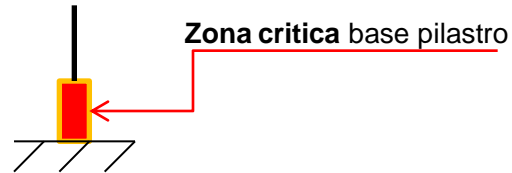
Travi plasticizzati,
pilastri in campo elastico

Duttività

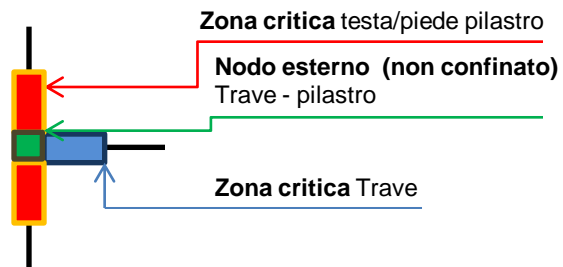


Meccanismo di
collasso GLOBALE

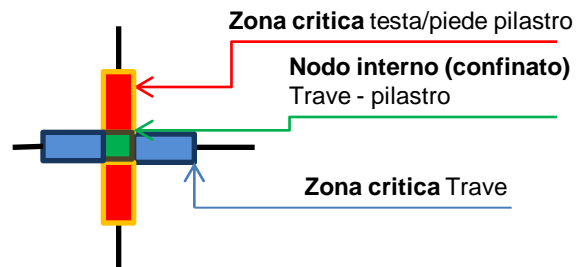
A – Nodo alla base



B – Nodo di bordo



C – Nodo interno



Dettagli costruttivi per strutture in c.a.

TABELLA I - TRAVI				
	NTC - 2008		EC8	
	CD "A"	CD "B"	DCH	DCM
Dimensioni Geometriche				
Larghezza (bw)	≥ 20 cm		≥ 20 cm	
	≤ bc + dc (per travi a spessore)		≤ min {bc + hw ; 2bc}	
bw/hw	≥ 0.25		-	-
Lunghezza zona critica (lcr)	1.5hw	hw	1.5hw	hw
	2hw per ogni lato nel caso di un pilastro poggiato in falso sulla trave		2hw per ogni lato nel caso di un pilastro poggiato in falso sulla trave	
Armature longitudinali				
Percentuale geometrica di armatura tesa (ρ)	$\frac{1.4}{f_{yk}} \leq \rho \leq \rho' + \frac{3.5}{f_{yk}}$		$0.5 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \leq \rho \leq \rho' + \frac{0.0018}{\mu \phi \epsilon_{syd}} \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$	
Armatura superiore	Almeno un quarto dell'armatura superiore necessaria all'estremità deve essere mantenuta per tutto il bordo superiore della trave			

Dettagli costruttivi per strutture in c.a.

TABELLA I - TRAVI				
	NTC - 2008		EC8	
	CD "A"	CD "B"	DCH	DCM
Armature longitudinali				
Armatura superiore	Almeno 75% armatura compressa all'estremità posta all'interno di una fascia b pari a: $\min \left\{ \begin{array}{l} b_w \\ b_c \\ b_c + 4h_f \end{array} \right\}$ (senza trave ortogonale) (con trave ortogonale)			
Percentuale geometrica di armatura compressa (ρ')	All'interno delle zone critiche deve essere rispettata la limitazione $\rho' > 0.5\rho$ e comunque $\rho' > 0.25\rho$ per le altre zone		All'interno delle zone critiche deve essere posta in zona compressa un armatura aggiuntiva $\rho' > 0.5\rho$ rispetto a quella eventualmente prevista dal calcolo secondo le combinazioni sismiche	
Diametro barre (dbl)	Almeno 2 ϕ 14 sup. e inf. Per tutta la lunghezza della trave		Almeno 2 ϕ 14 sup. e inf. Per tutta la lunghezza della trave	
Armature trasversali				
Diametro barre (dbw)	≥ 6 mm		≥ 6 mm	
Passo staffe (s) all'interno della zona critica lcr	$\min \left\{ \begin{array}{l} d/4 \\ 17.5 \text{ cm} \\ 6d_{bl,\min} \\ 24d_{bw,\min} \end{array} \right\}$	$\min \left\{ \begin{array}{l} d/4 \\ 22.5 \text{ cm} \\ 8d_{bl,\min} \\ 24d_{bw,\min} \end{array} \right\}$	$\min \left\{ \begin{array}{l} h_w/4 \\ 17.5 \text{ cm} \\ 6d_{bl,\min} \\ 24d_{bw,\min} \end{array} \right\}$	$\min \left\{ \begin{array}{l} h_w/4 \\ 22.5 \text{ cm} \\ 8d_{bl,\min} \\ 24d_{bw,\min} \end{array} \right\}$

Dettagli costruttivi per strutture in c.a.

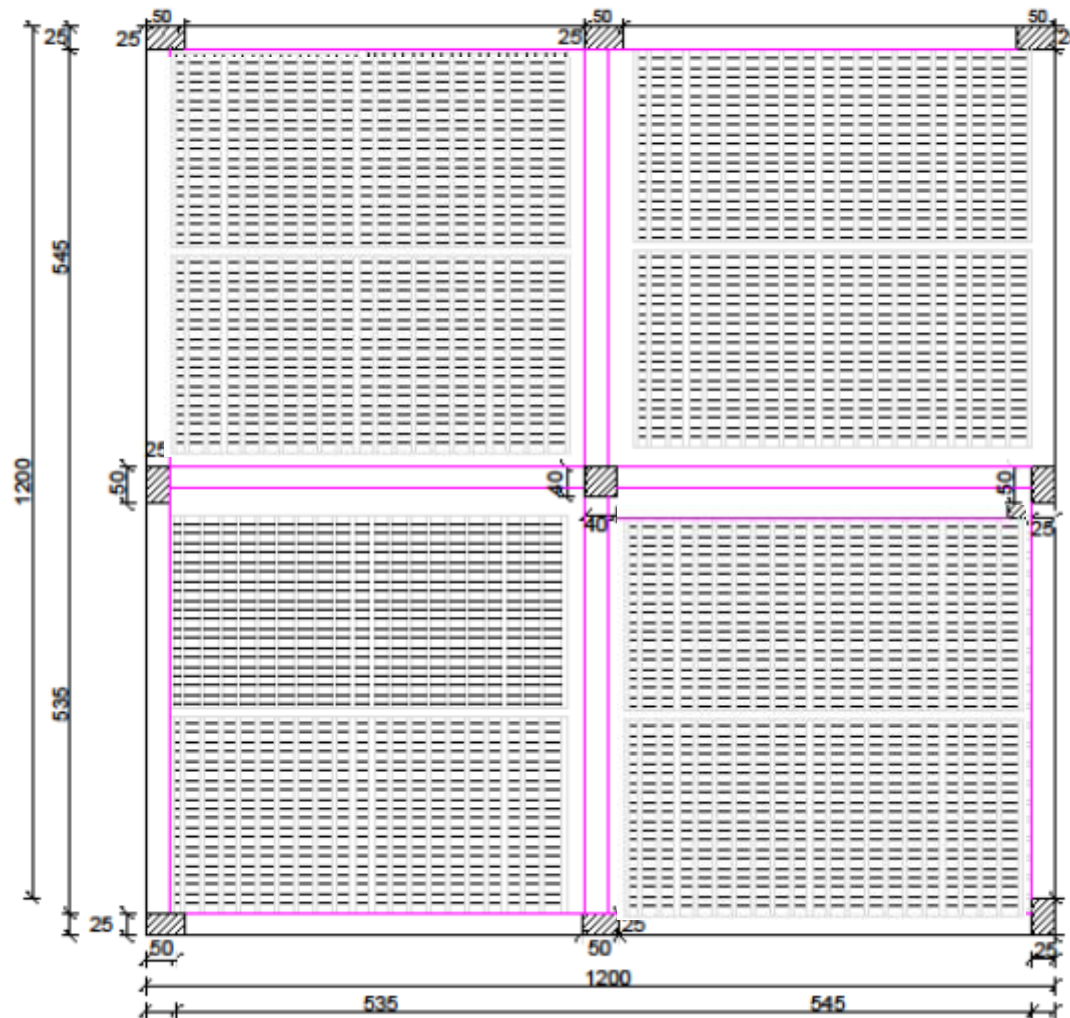
TABELLA II- PILASTRI				
	NTC - 2008		EC8	
	CD "A"	CD "B"	DCH	DCM
Dimensioni Geometriche				
Dimensione minima (b_c) (d_c)	$b_c \geq 25 \text{ cm}$		$\geq \max(0.1h_0; 25 \text{ cm})$	$\geq 0.1h_0$
	$d_c \geq 0.1h_0$ se $\theta > 0.1$ con $\theta = \frac{P_{tot} d_r}{V_{tot} h}$		La prescrizione $b_c \geq 0.1 h_0$ non è da applicarsi nel caso in cui $\theta \leq 0.1$ con $\theta = \frac{P_{tot} d_r}{V_{tot} h}$	
Lunghezza della zona critica (l_{cr})	$= \max \left\{ \begin{array}{l} d_c \\ l_{cl} / 6 \\ 45 \text{ cm} \end{array} \right\}$		$= \max \left\{ \begin{array}{l} 1.5 d_c \\ l_{cl} / 6 \\ 60 \text{ cm} \end{array} \right\}$	$= \max \left\{ \begin{array}{l} d_c \\ l_{cl} / 6 \\ 45 \text{ cm} \end{array} \right\}$
	Se $l_{cl}/d_c \leq 3$ allora $l_{cr} = l_{cl}$		Se $l_{cl}/d_c \leq 3$ allora $l_{cr} = l_{cl}$	
Armature longitudinali				
Armatura longitudinale	$1\% \leq \rho \leq 4\%$		$1\% \leq \rho \leq 4\%$	
Interasse massimo barre longitudinali	25 cm		Almeno una barra intermedia tra 2 barre d'angolo	

Dettagli costruttivi per strutture in c.a.

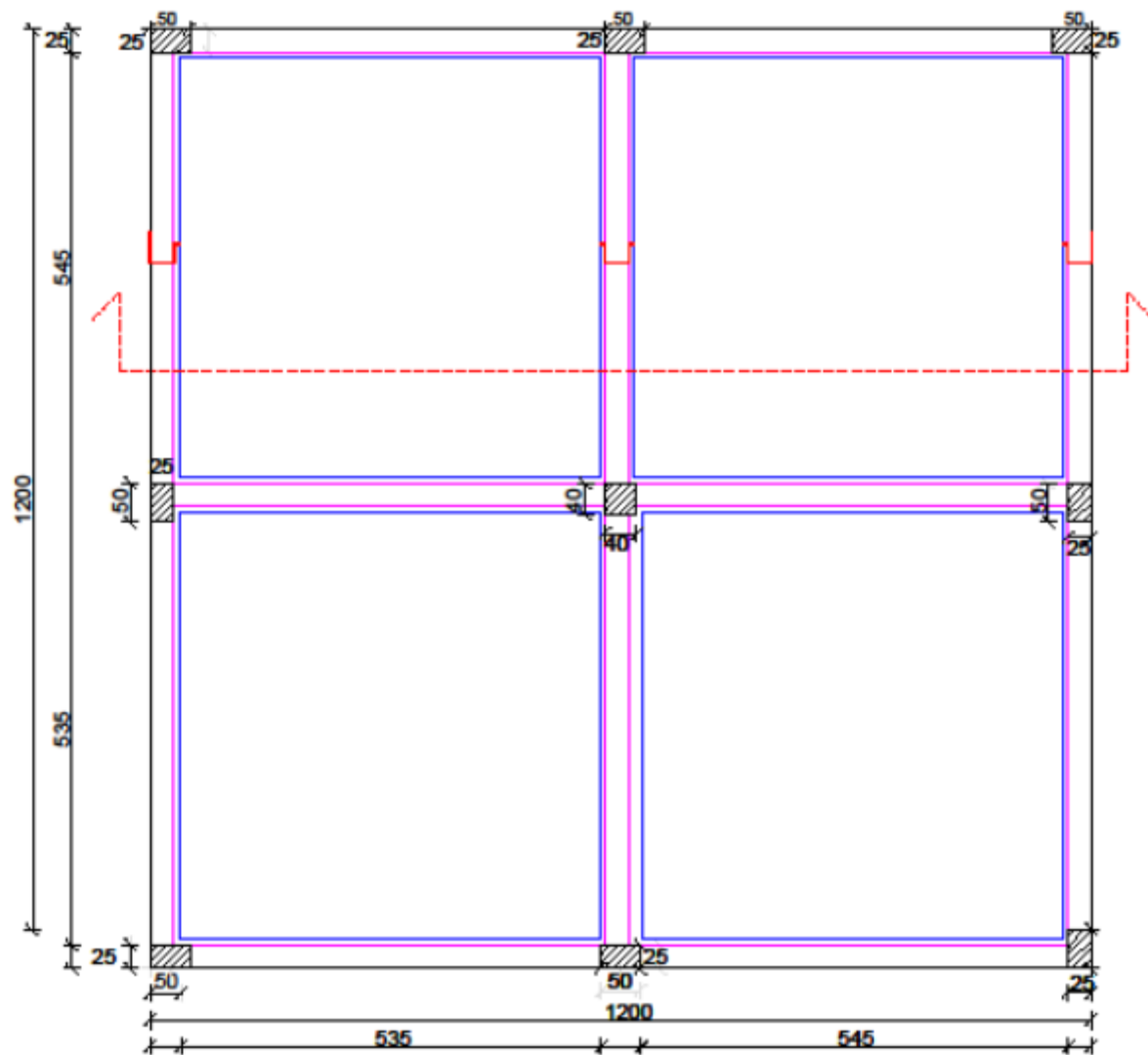
TABELLA II- PILASTRI				
	NTC - 2008		EC8	
	CD "A"	CD "B"	DCH	DCM
Armature Trasversali				
Diametro minimo staffe (d_{bw})	6 mm		$\left\{ \begin{array}{l} 6 \text{ mm} \\ 0.4d_{bL,max} \sqrt{\frac{f_{ydL}}{f_{ydw}}} \end{array} \right\}$	6 mm
Passo staffe (s)	$\leq \min \left\{ \begin{array}{l} b_c / 3 \\ 12.5 \text{ cm} \\ 6d_{bL,min} \end{array} \right\}$	$\leq \min \left\{ \begin{array}{l} b_c / 2 \\ 17.5 \text{ cm} \\ 8d_{bL,min} \end{array} \right\}$	$\leq \min \left\{ \begin{array}{l} b_c / 3 \\ 12.5 \text{ cm} \\ 6d_{bL,min} \end{array} \right\}$	$\leq \min \left\{ \begin{array}{l} b_c / 2 \\ 17.5 \text{ cm} \\ 8d_{bL,min} \end{array} \right\}$
Percentuale in volume di armatura trasversale (ω_{wd})	$\frac{A_{st}}{s} \geq 0.12 \frac{f_{cd}}{f_{yd}} b_{st}$	$\frac{A_{st}}{s} \geq 0.08 \frac{f_{cd}}{f_{yd}} b_{st}$ E per CD "A" al di fuori della zona critica	≥ 0.12 (alla base del pilastro) ≥ 0.08 (altre zone critiche)	≥ 0.08 (alla base del pilastro)
Staffe nel nodo	<p>Quantità almeno pari a quella prevista nelle zone del pilastro inferiore e superiore adiacenti al nodo Si può omettere nel caso di nodi interamente confinati</p> <p>Per i nodi non confinati le staffe orizzontali presenti lungo l'altezza del nodo devono verificare la seguente condizione:</p> $\frac{n_{st} A_{st}}{i \cdot b_j} \geq 0.05 \frac{f_{ck}}{f_{yk}}$		<p>-Per assicurare adeguato confinamento:</p> $\frac{A_{sh} f_{ywd}}{b_j h_j w} \geq \frac{\left(\frac{V_j h_d}{b_j h_j c} \right)^2}{f_{ctd} + v_d f_{cd}} - f_{ctd}$ <p>-Per assicurare integrità del giunto diagonale: Per nodi interni : $A_{sh} f_{yd} \geq \gamma_{Rd} (A_{sup} + A_{inf}) f_{yd} (1-0.8v_d)$ Per nodi esterni: $A_{sh} f_{yd} \geq \gamma_{Rd} A_{inf} f_{yd} (1-0.8v_d)$ v_d si riferisce, nella prima espressione, al pilastro sopra al nodo, nella seconda a quello sottostante</p>	
Legature	$d_l \geq 6 \text{ mm}$ piegature a 135° prolungate almeno per 10 diametri		-	

Pianta strutturale

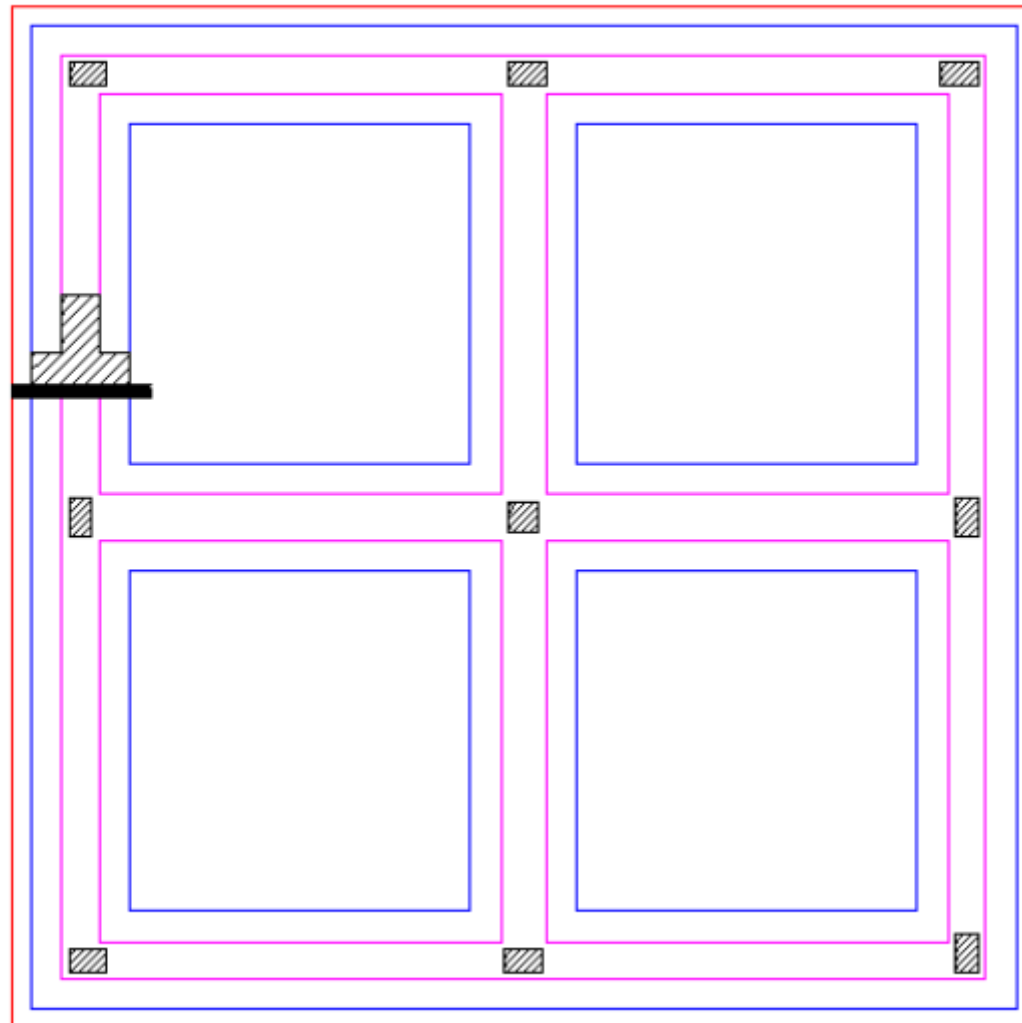
Pianta a quota 4m;7.20m;10.40m; dallo spiccato delle fondazioni

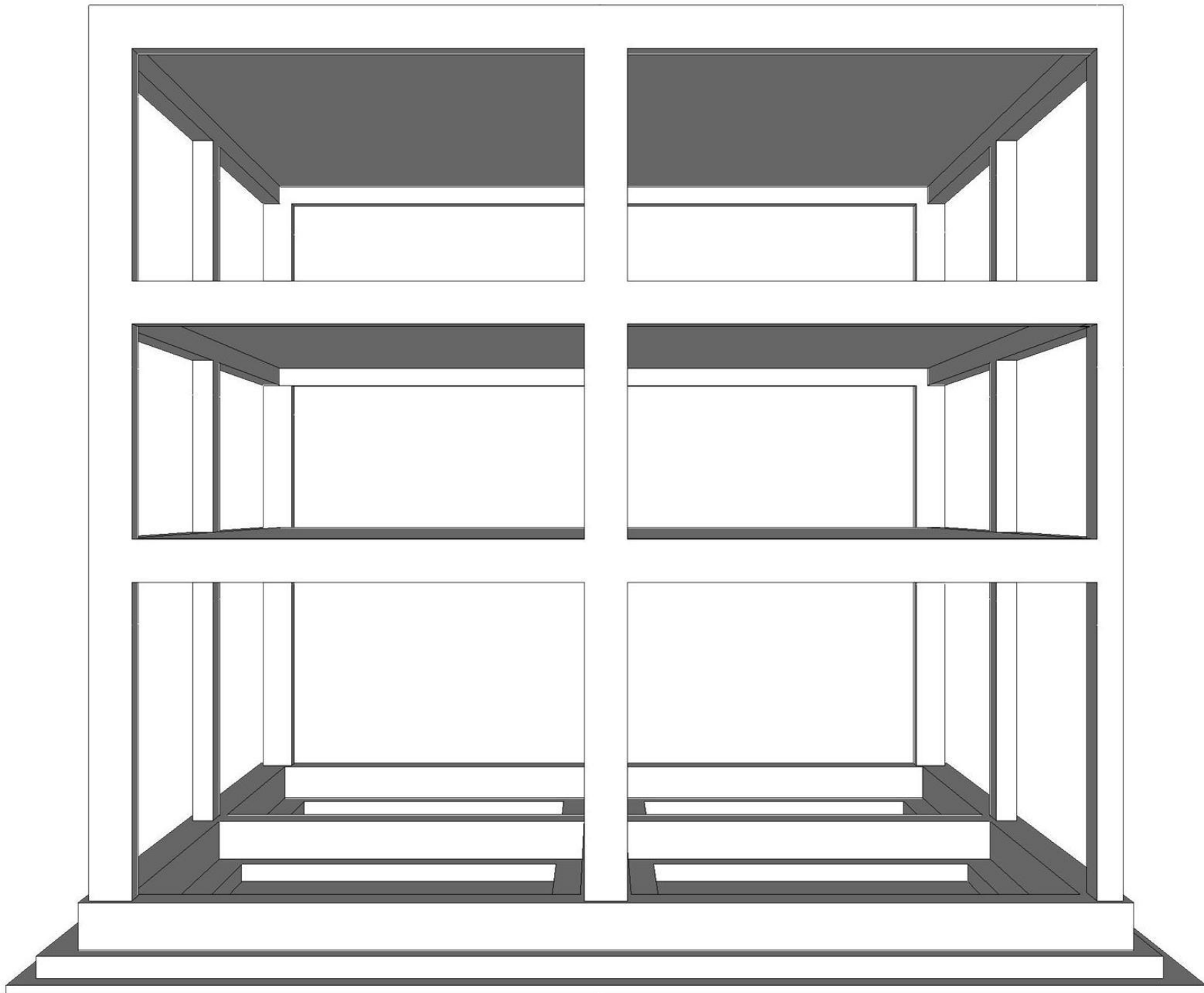


Pianta delle carpenterie

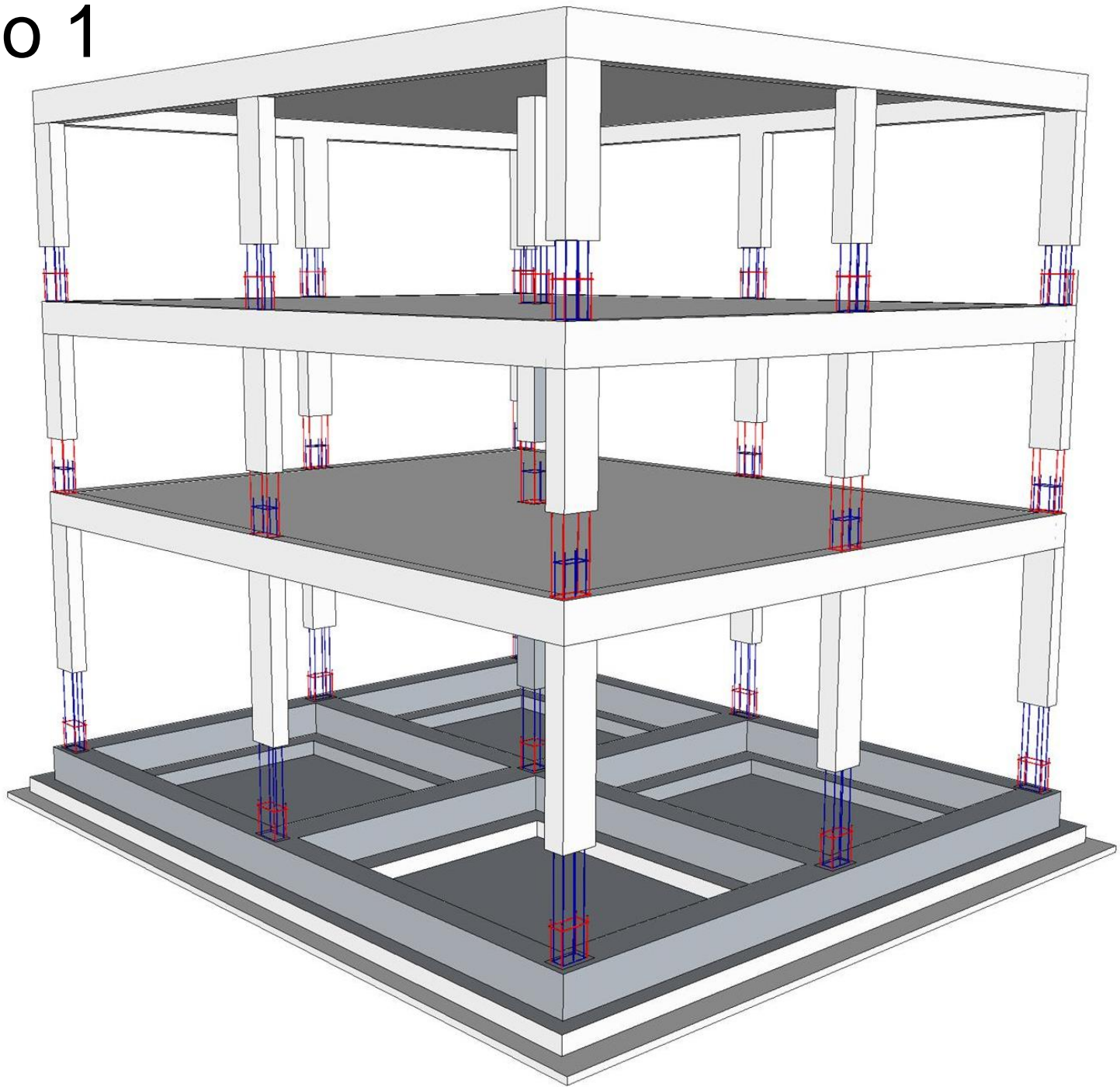


Pianta delle fondazioni





Metodo 1



10,40

7,20

4,00

0,00

9,9

6,7

3,5

0,0

RIPRESA DI GETTO

RIPRESA DI GETTO

RIPRESA DI GETTO

RIPRESA DI GETTO

RIPRESA DI GETTO

RIPRESA DI GETTO

G.R.

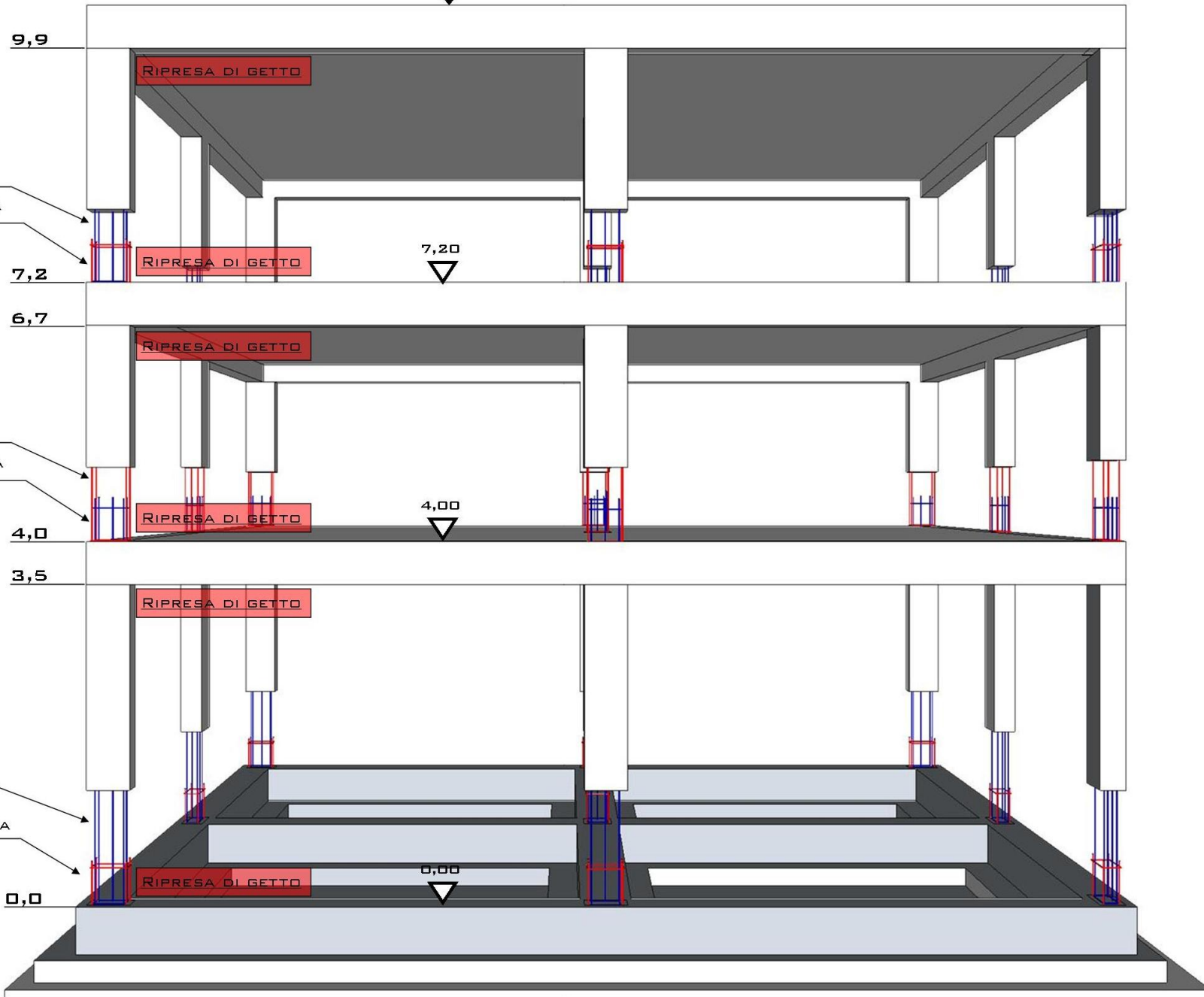
FERRI DI CHIAMATA

G.R.

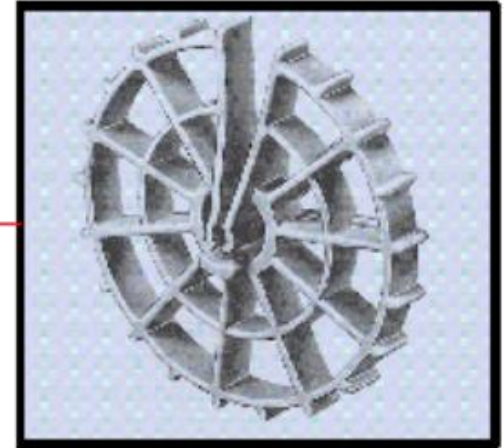
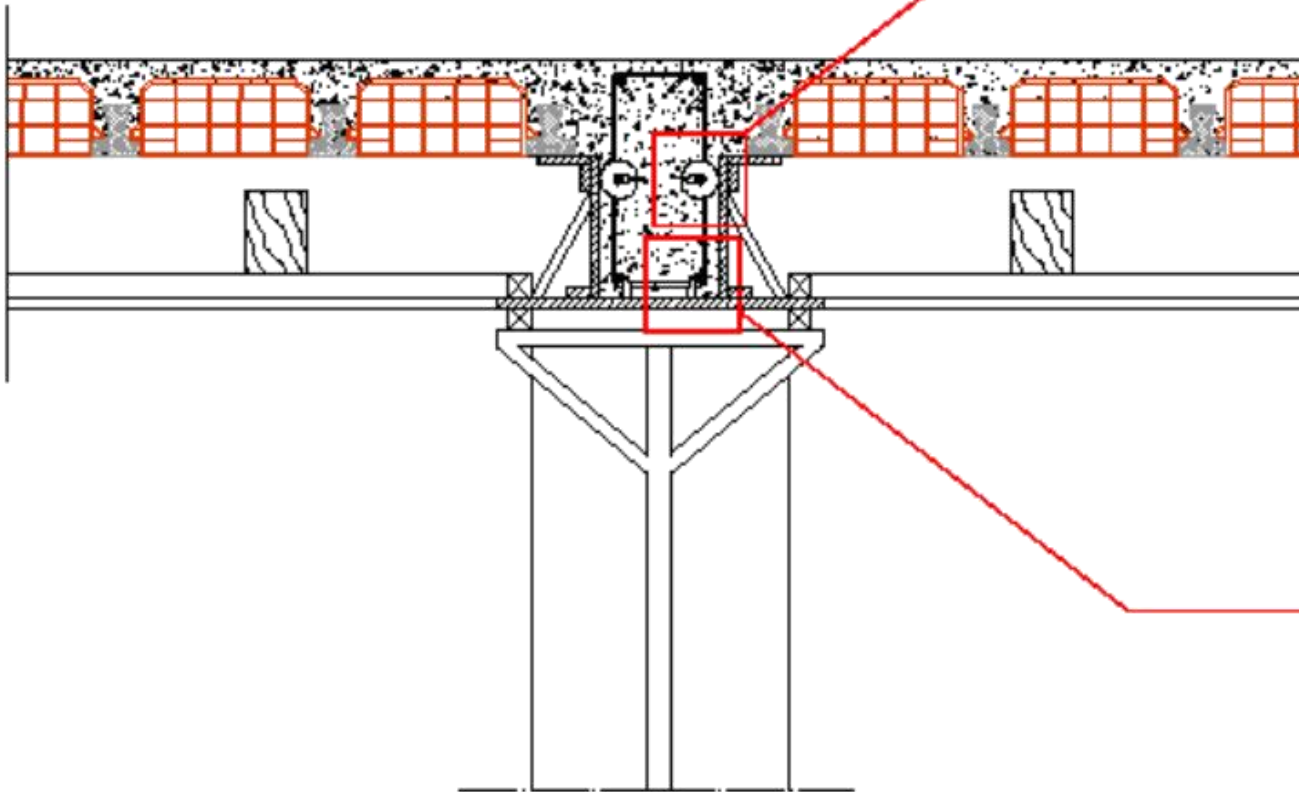
FERRI DI CHIAMATA

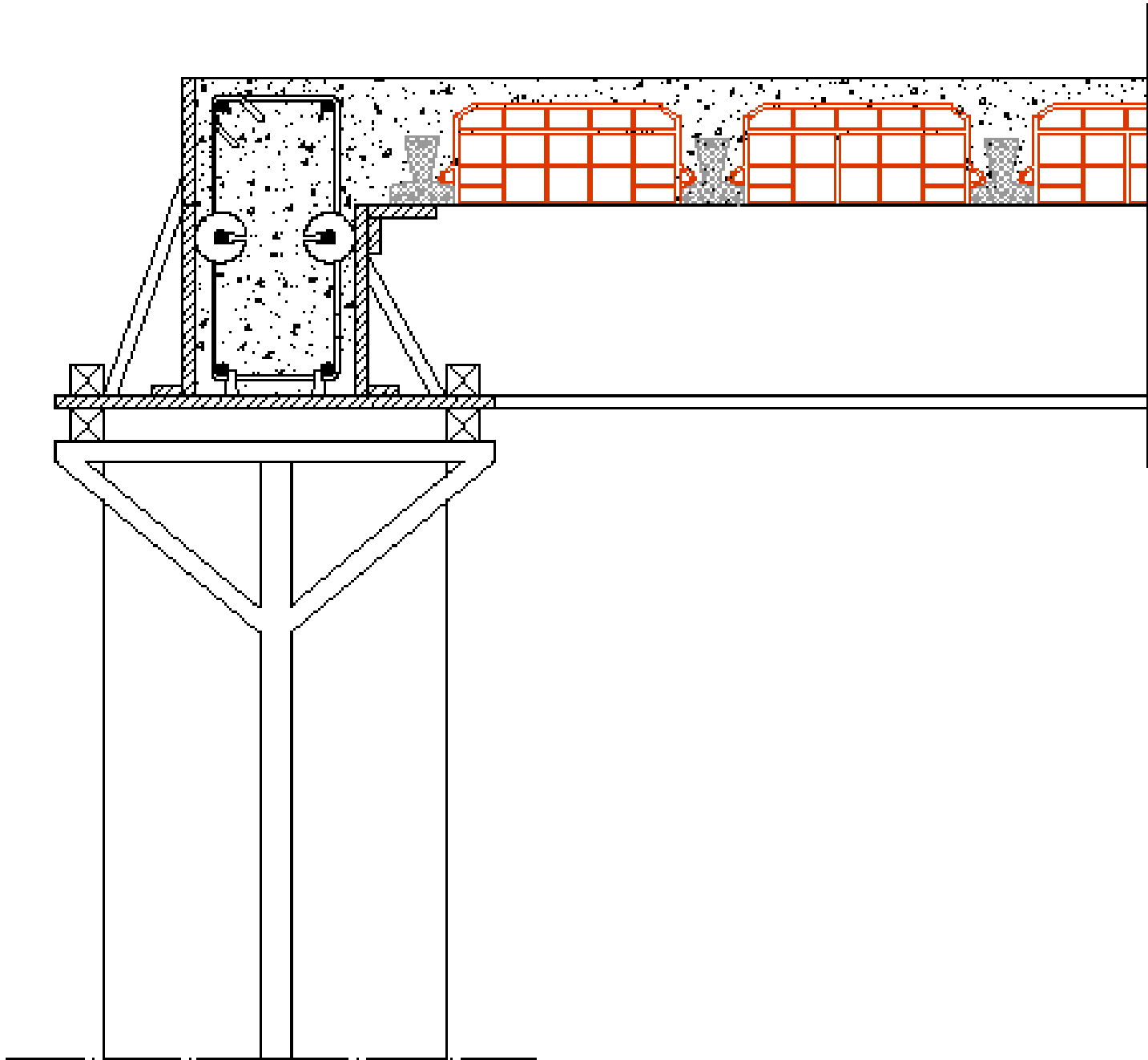
GABBIA DI RIPRESA

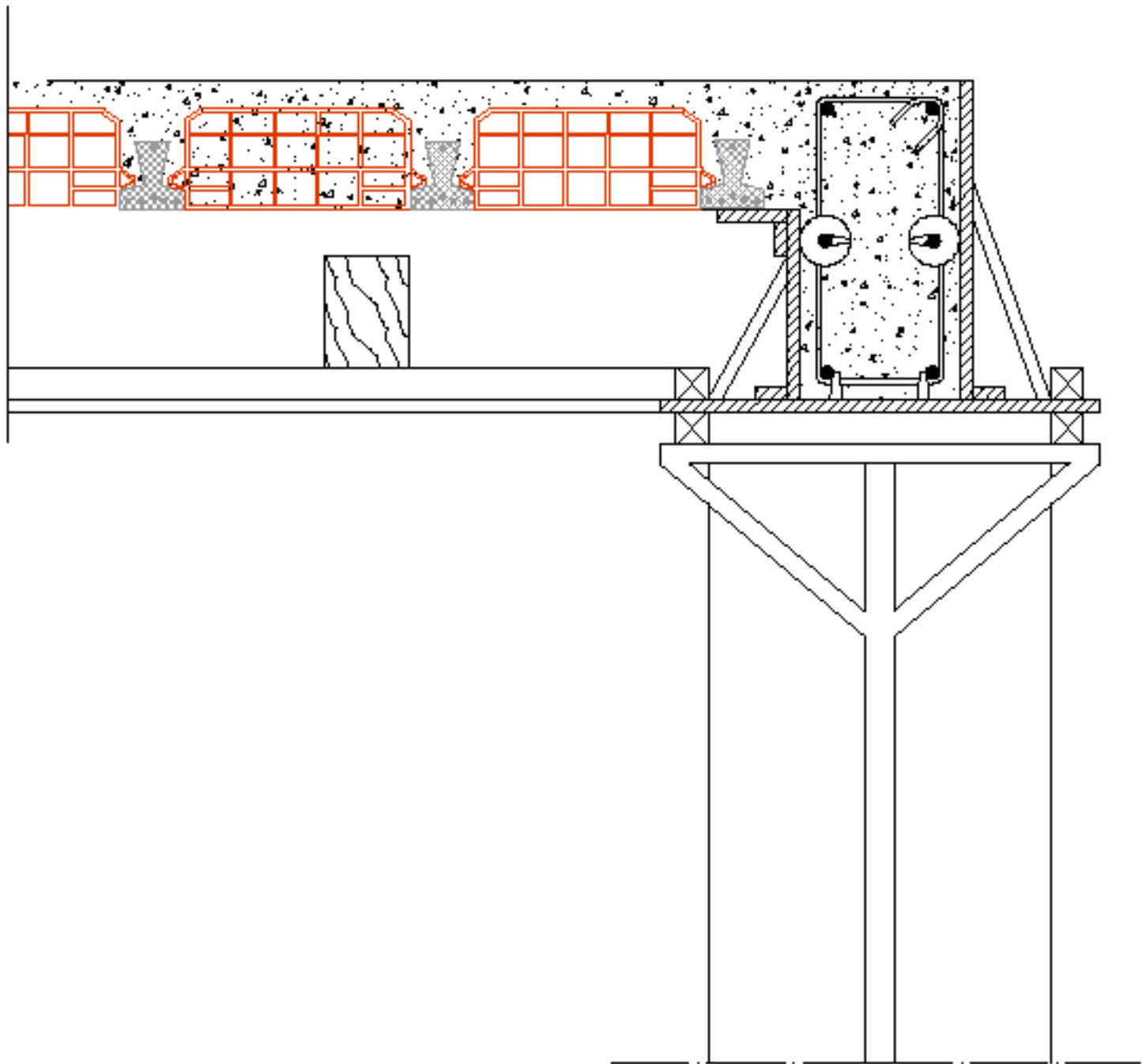
FERRI DI CHIAMATA

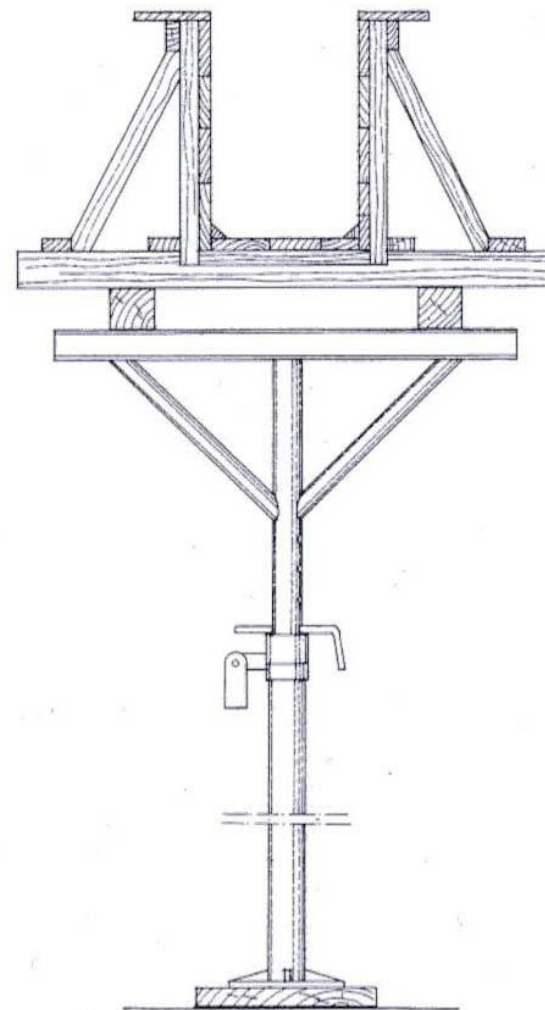
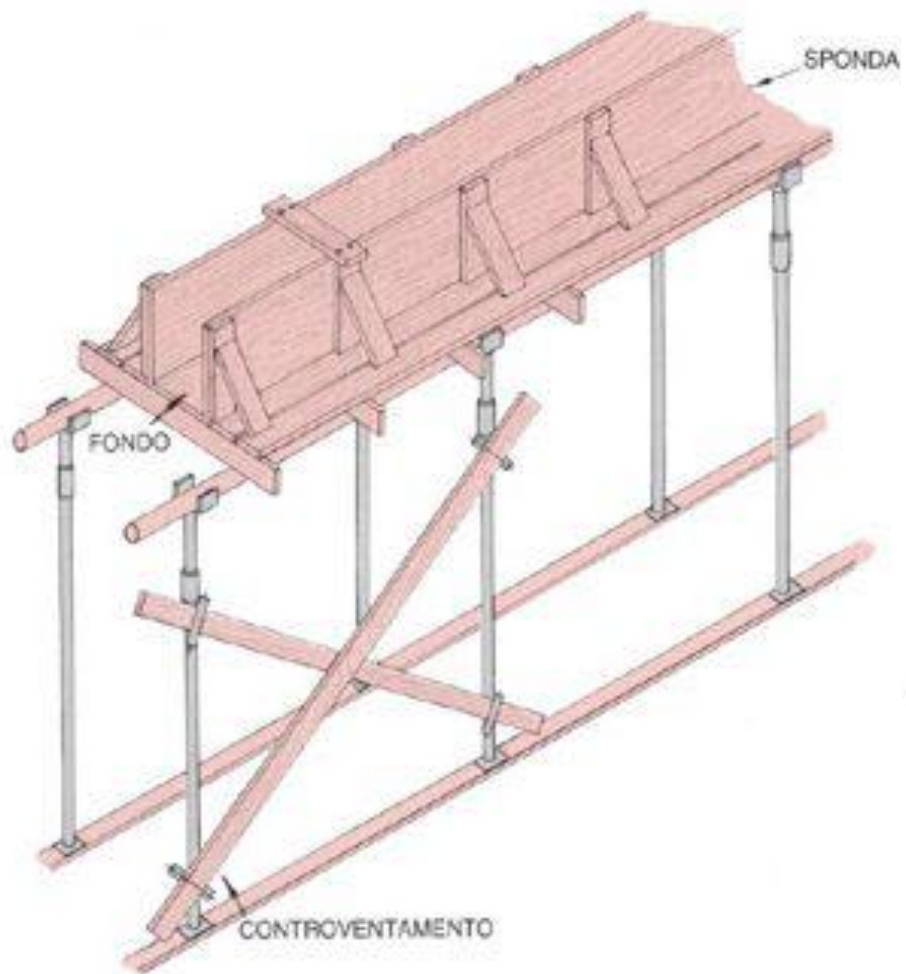


Carpenteria Metodo 1





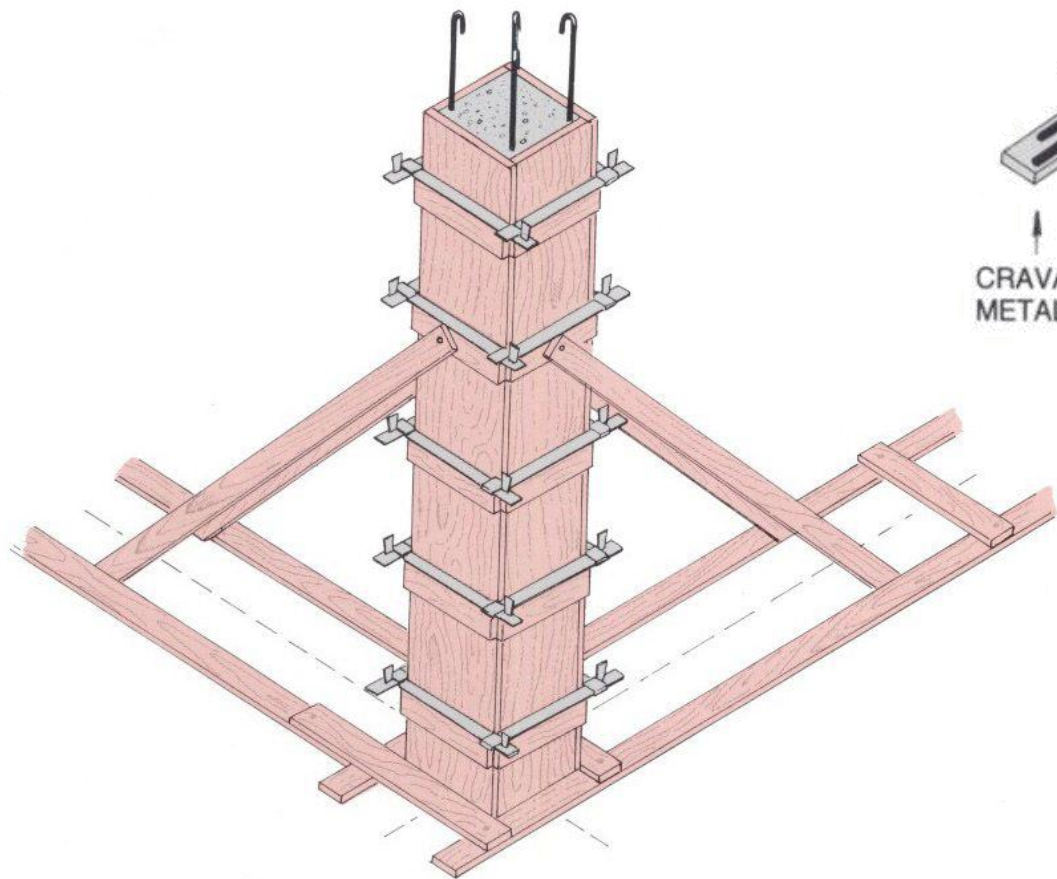




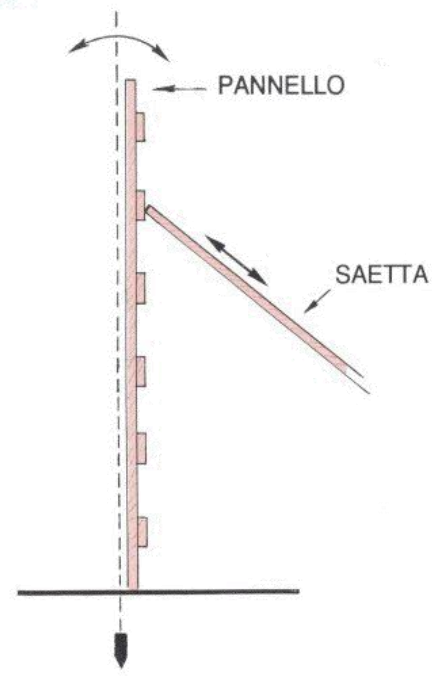
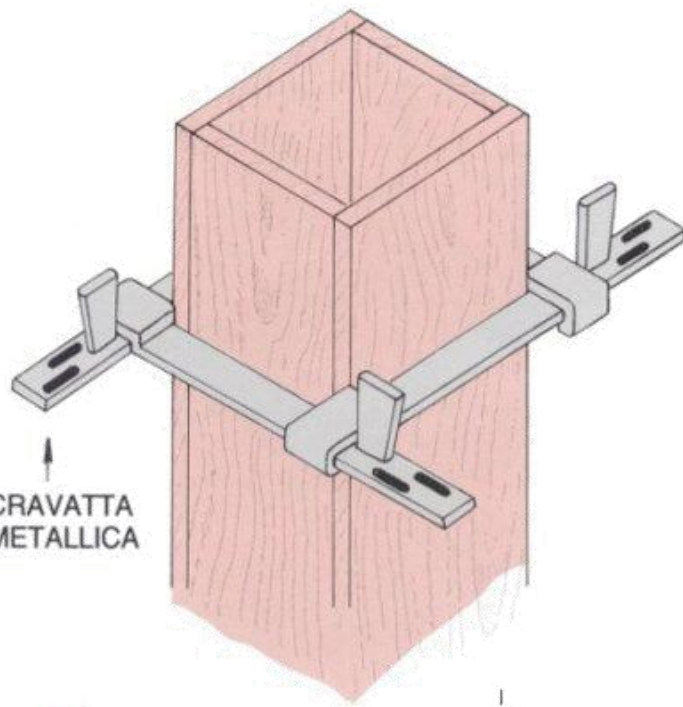








CRAVATTA METALLICA







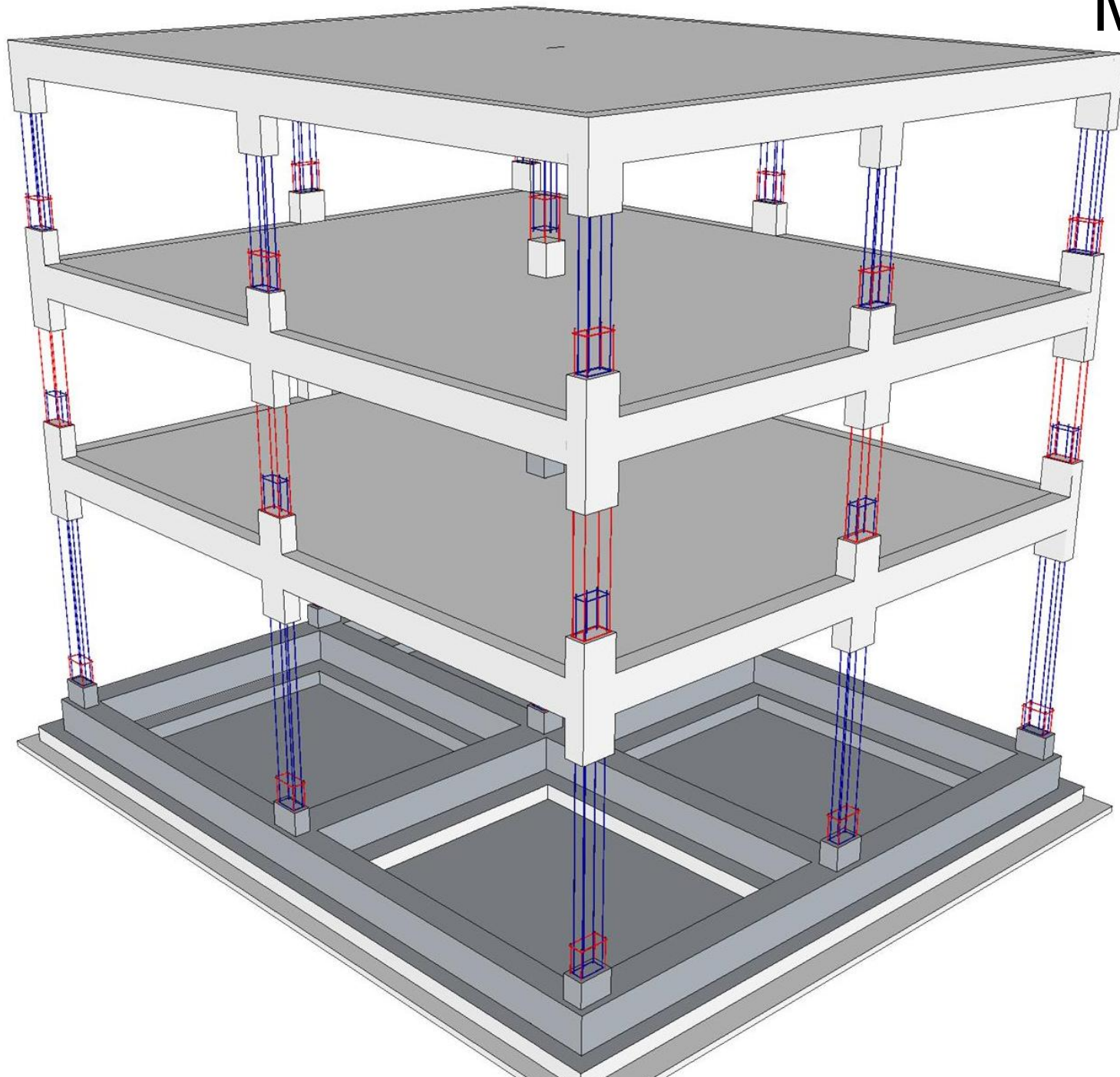




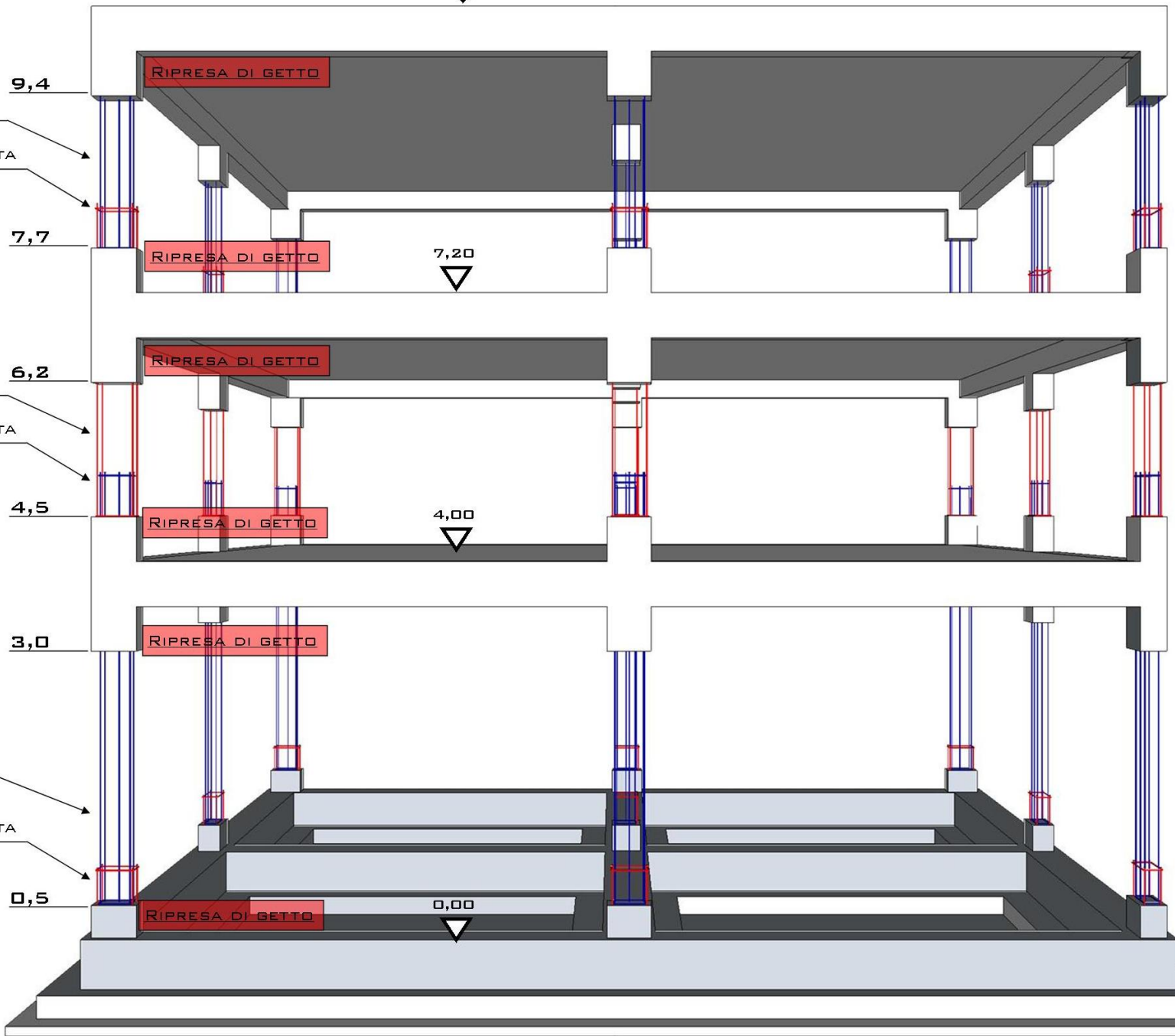




Metodo 2

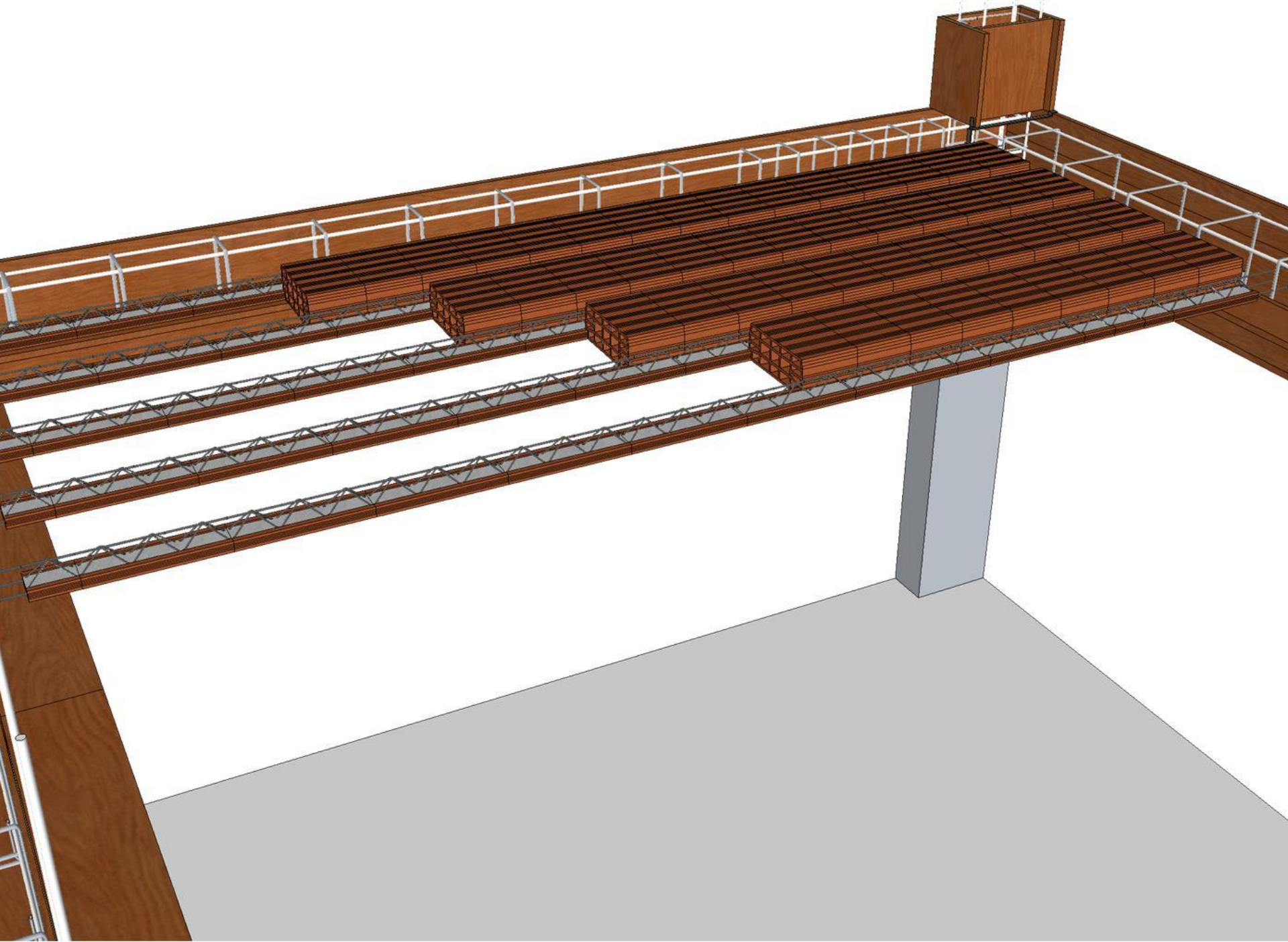


10,40



Carpenteria Metodo 2





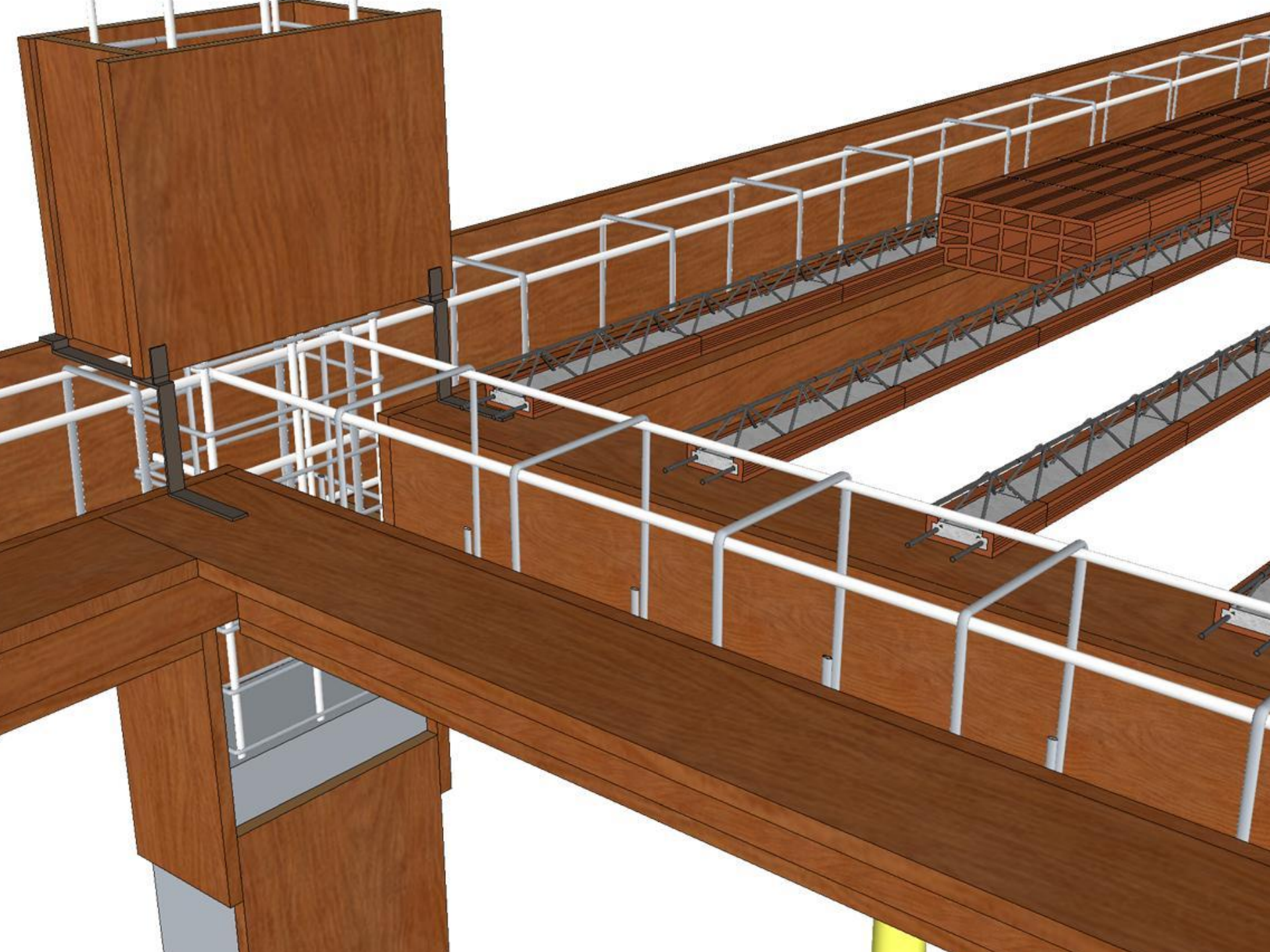
Carpenteria nodi int. ed est. aggiuntiva al metodo 1 per ottenere il metodo 2

Nodi esterni



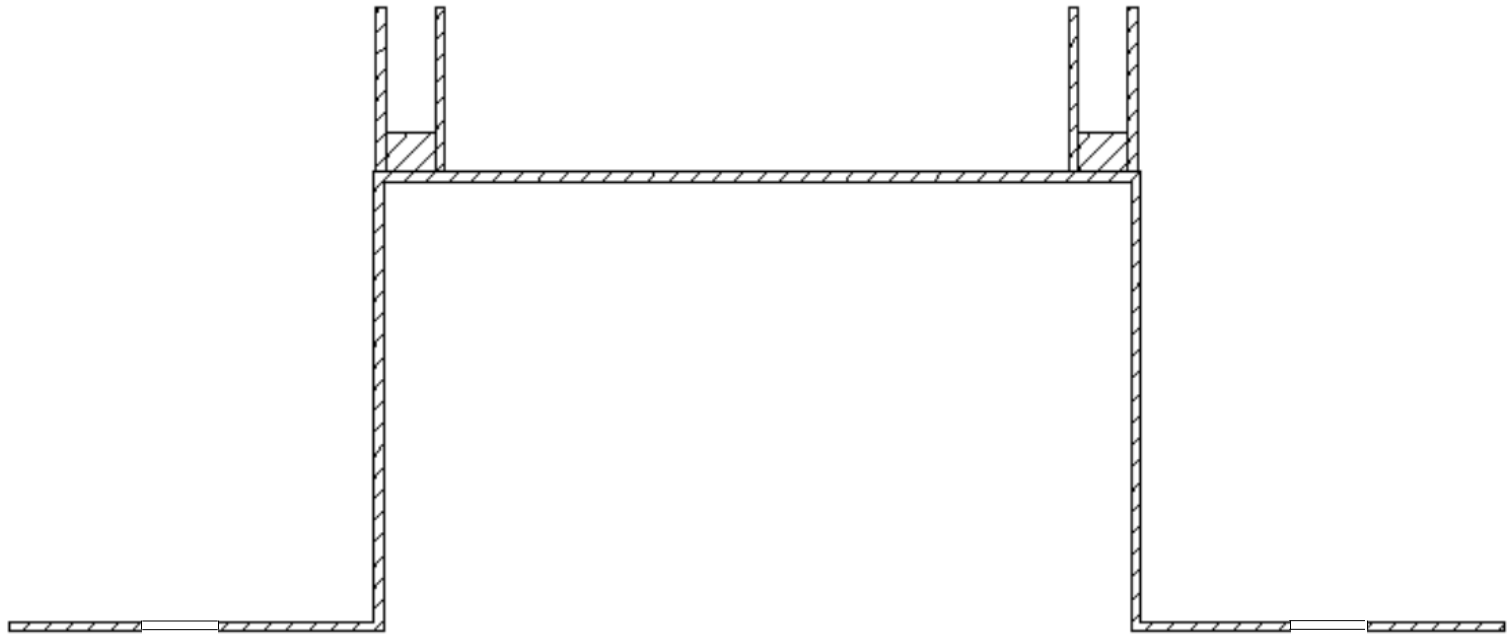
Nodi interni

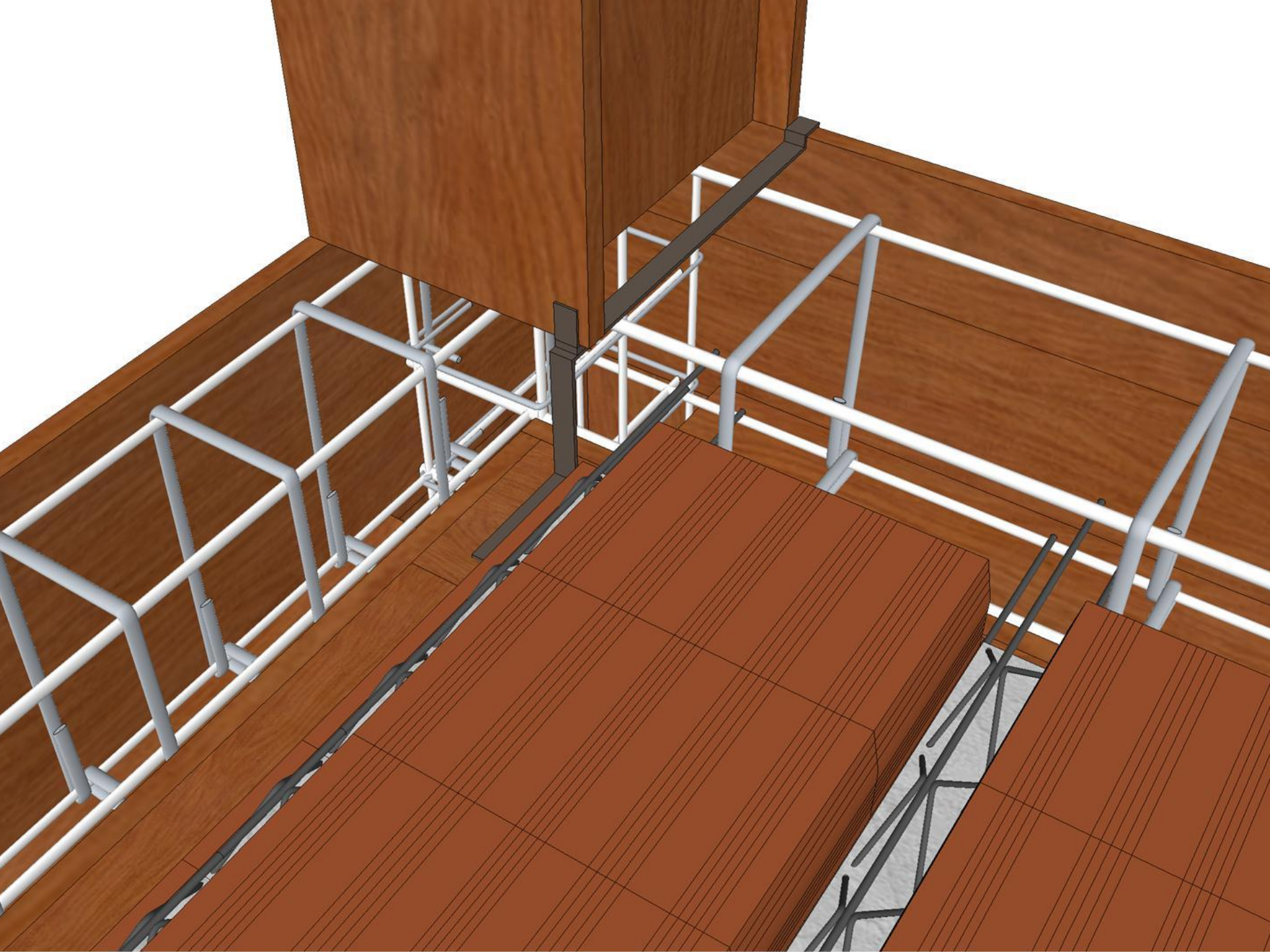




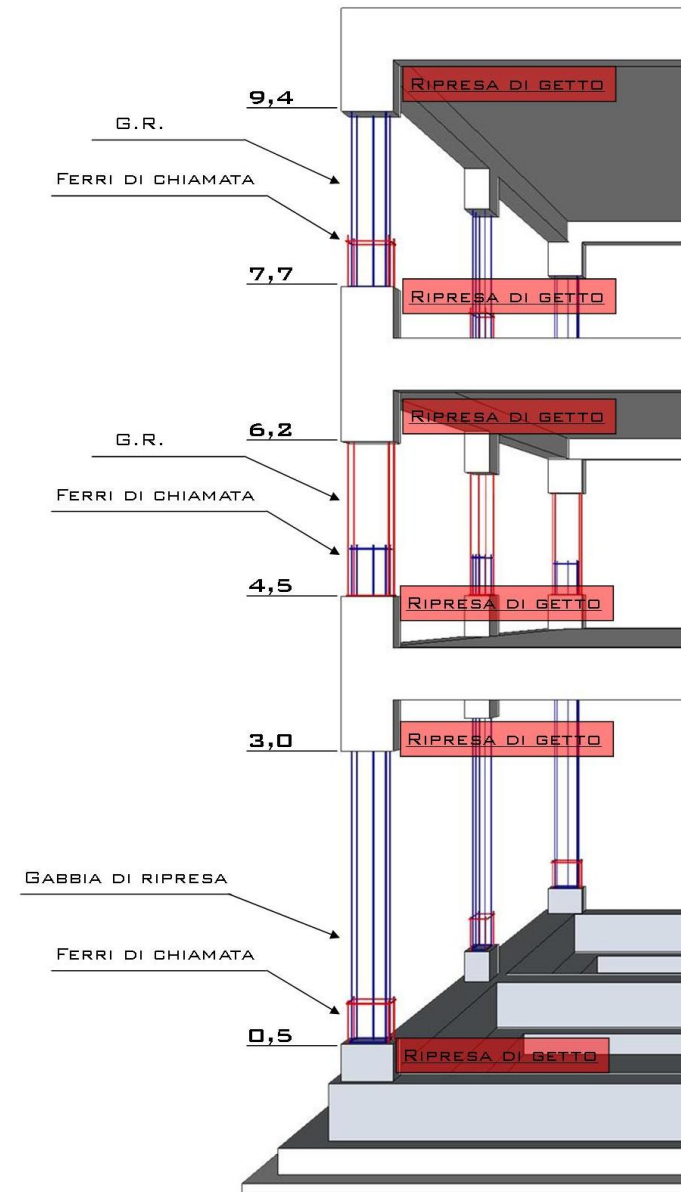
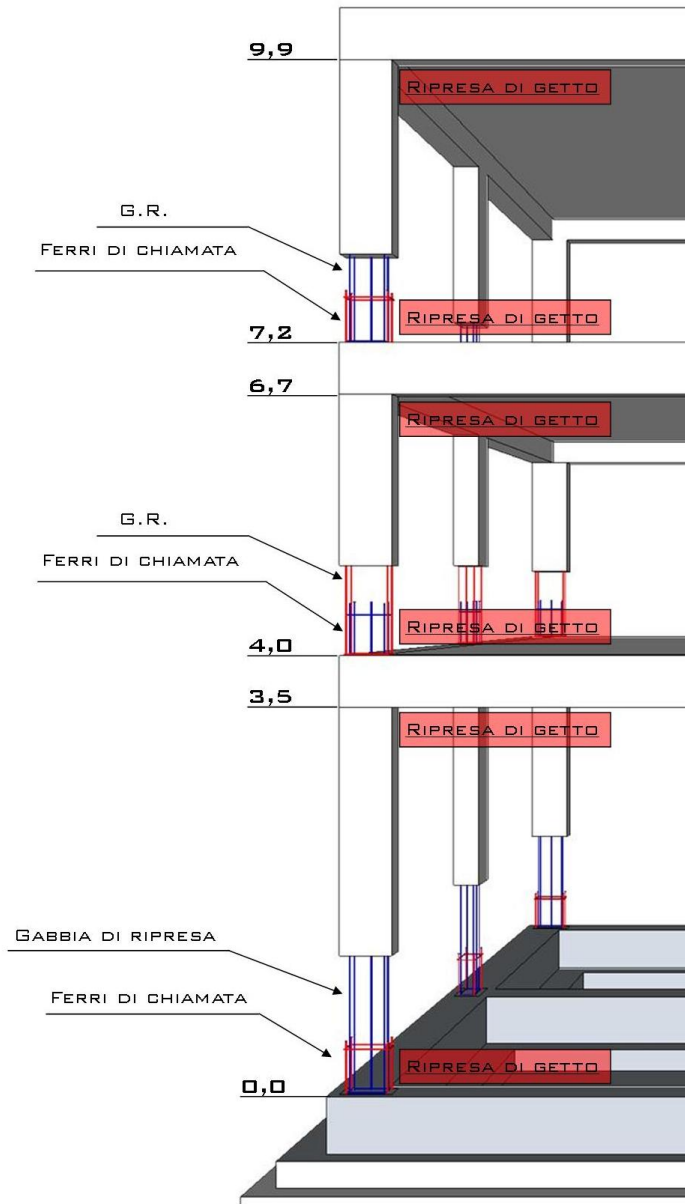








Metodo 1 e Metodo 2 a Confronto



4.1.6.1.4 Ancoraggio delle barre e loro giunzioni

DM 14-01-2008

Le armature longitudinali devono essere interrotte ovvero sovrapposte preferibilmente nelle zone compresse o di minore sollecitazione.

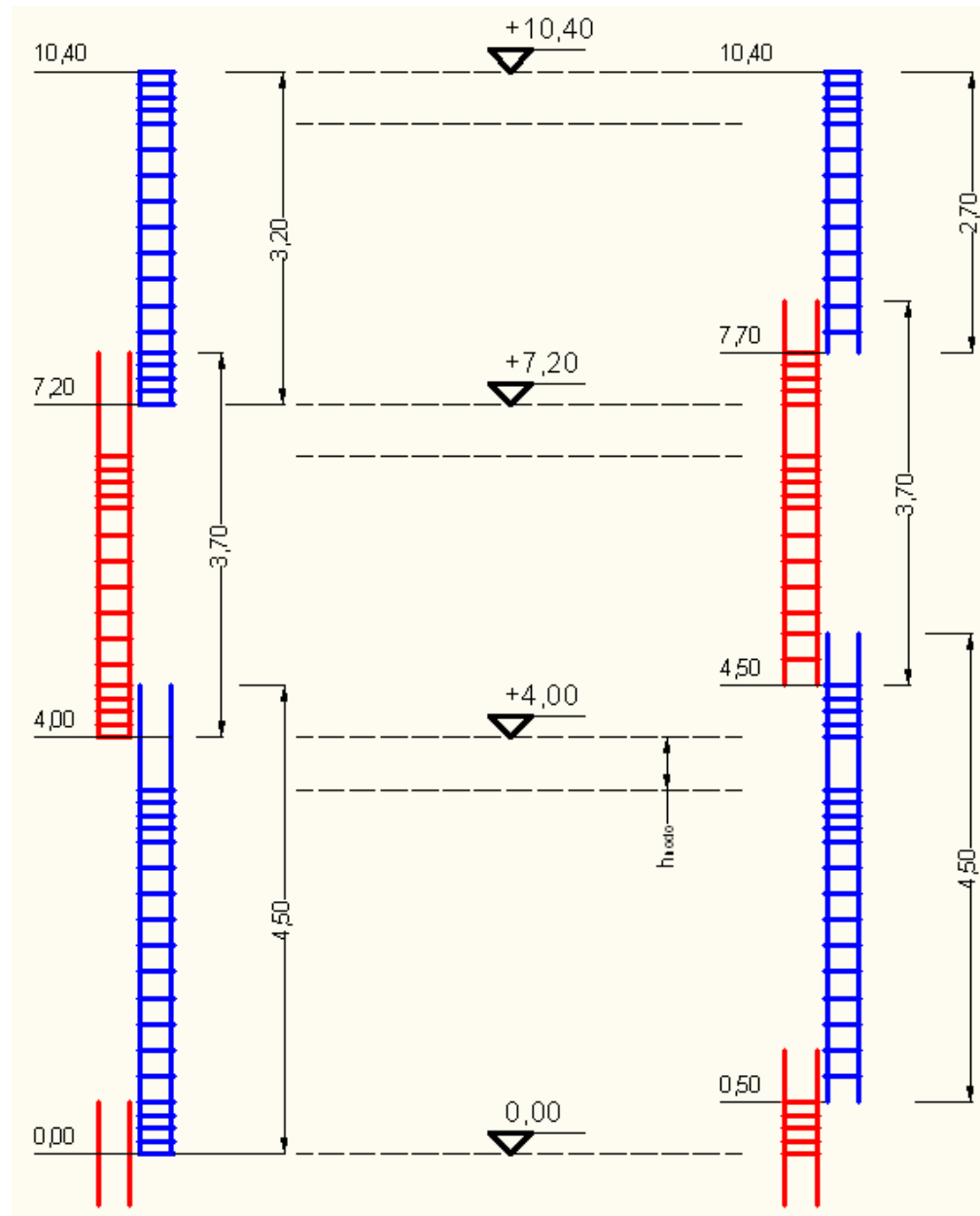
La continuità fra le barre può effettuarsi mediante:

- **sovrapposizione**, calcolata in modo da assicurare l'ancoraggio di ciascuna barra. In ogni caso la lunghezza di sovrapposizione nel tratto rettilineo deve essere non minore di 20 volte il diametro della barra. La distanza mutua (interferro) nella sovrapposizione non deve superare 4 volte il diametro;
- saldature, eseguite in conformità alle norme in vigore sulle saldature. Devono essere accertate la saldabilità degli acciai che vengono impiegati, nonché la compatibilità fra metallo e metallo di apporto nelle posizioni o condizioni operative previste nel progetto esecutivo;
- **giunzioni meccaniche per barre di armatura**. Tali tipi di giunzioni devono essere preventivamente validati mediante prove sperimentali. Per barre di diametro $\varnothing > 32$ mm occorrerà adottare particolari cautele negli ancoraggi e nelle sovrapposizioni.

La continuità fra le barre può effettuarsi mediante:

- **sovrapposizione**

Metodo 1

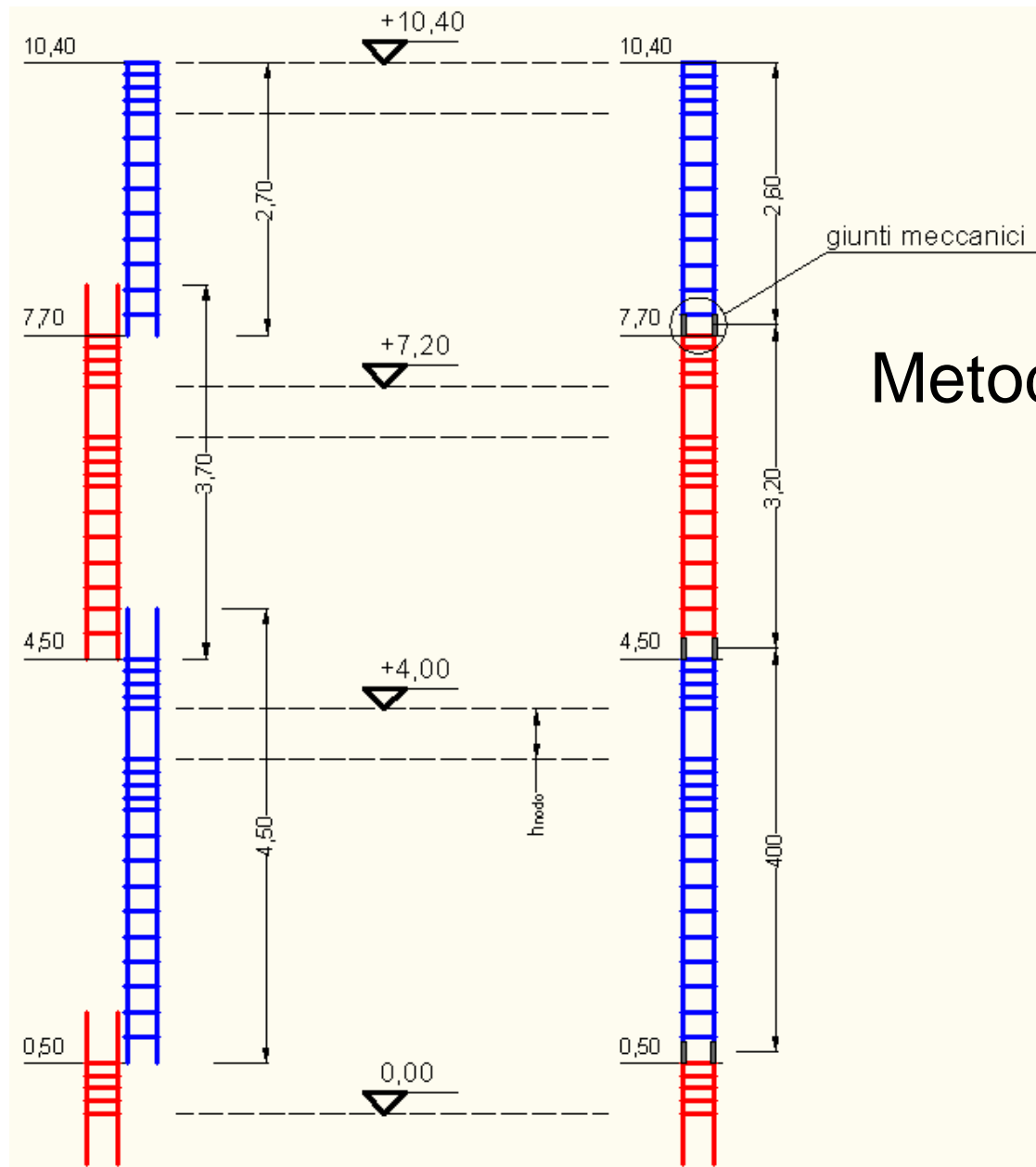


Metodo 2

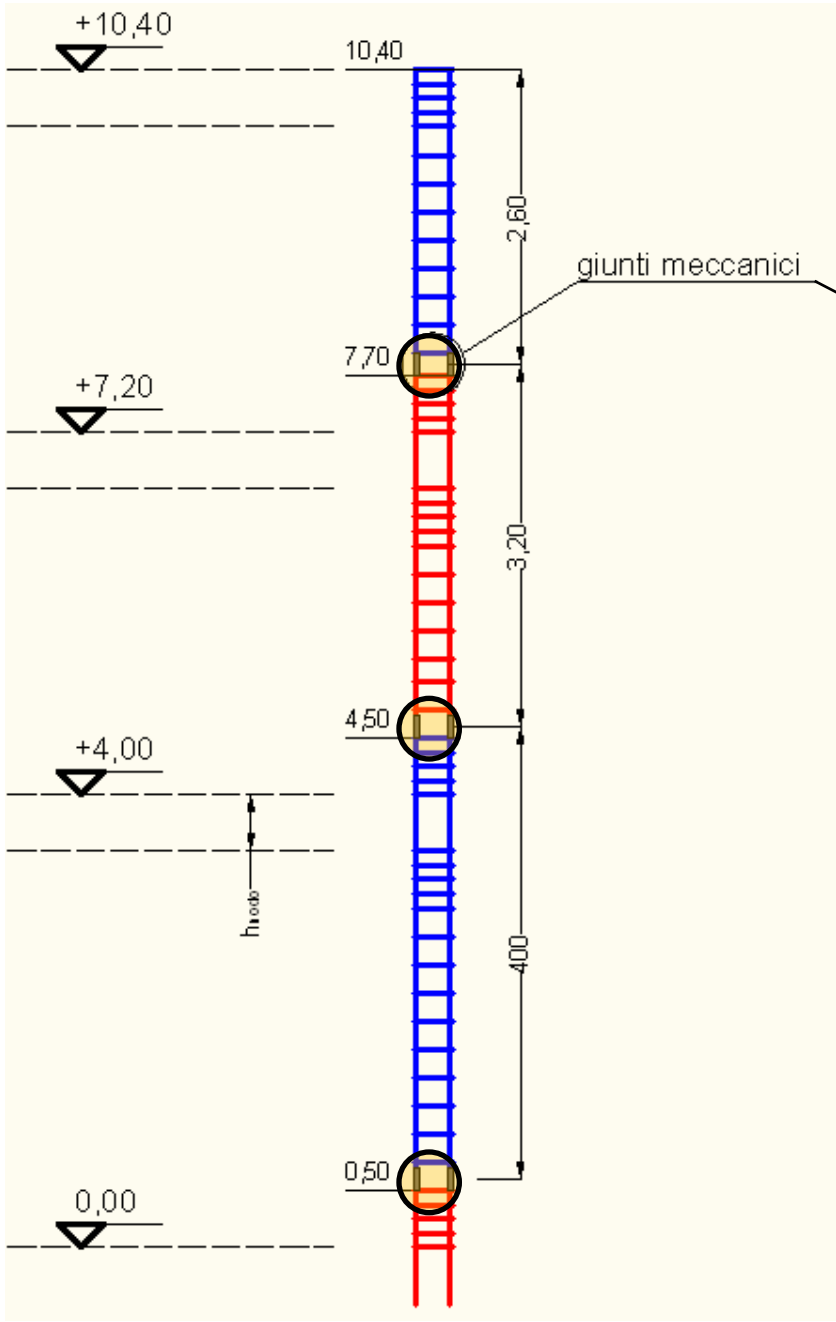
La continuità fra le barre può effettuarsi mediante:

- **giunzioni meccaniche per barre di armatura**

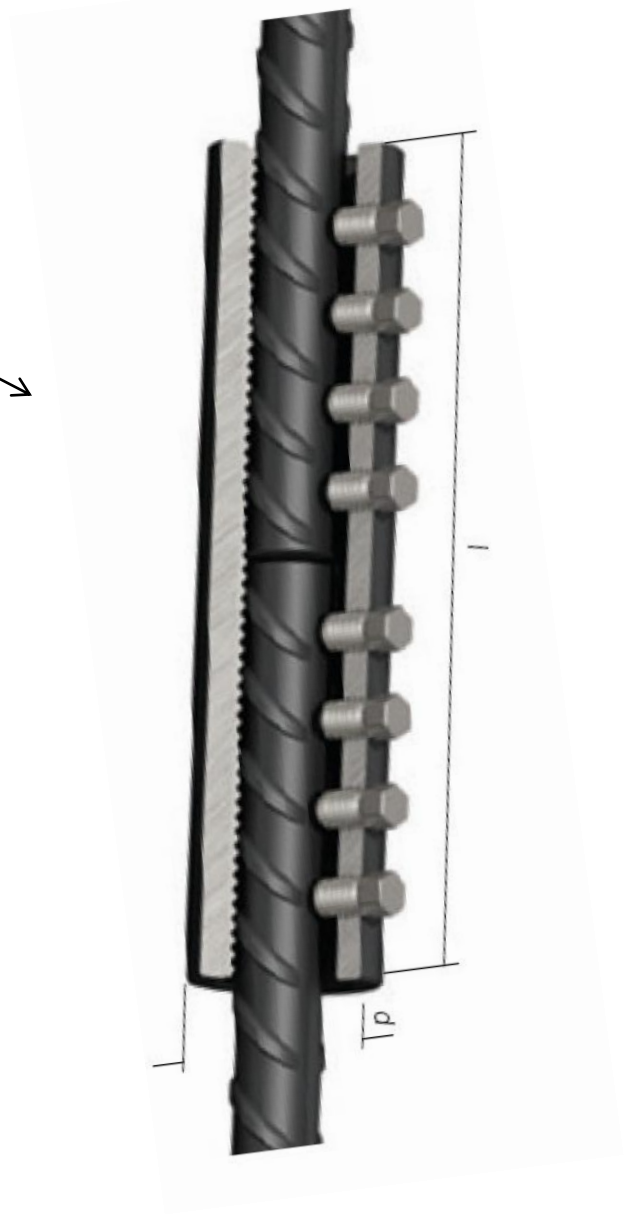
Metodo 2



Metodo 2a

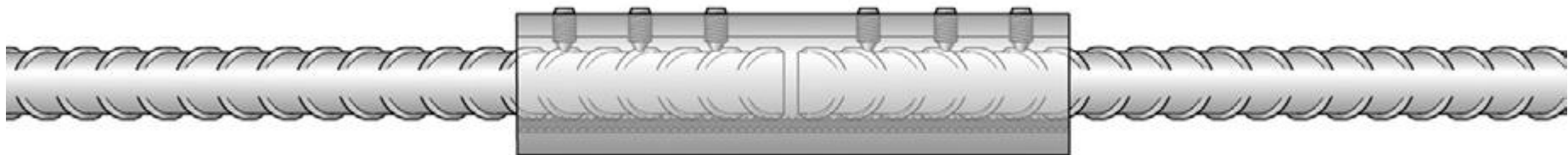
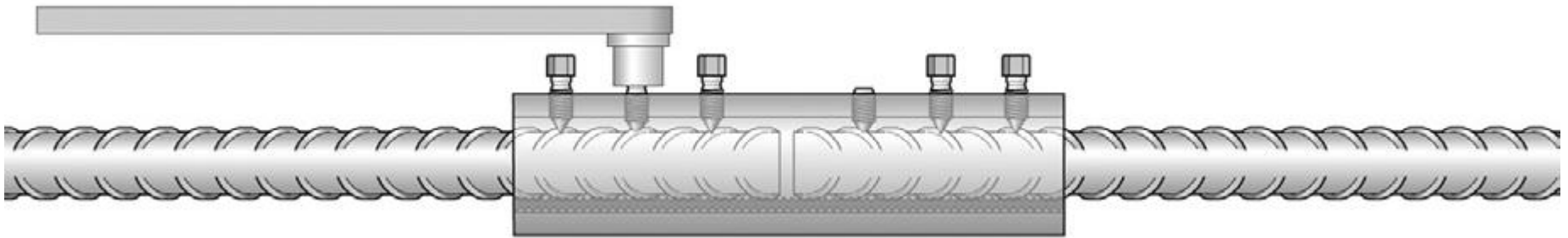
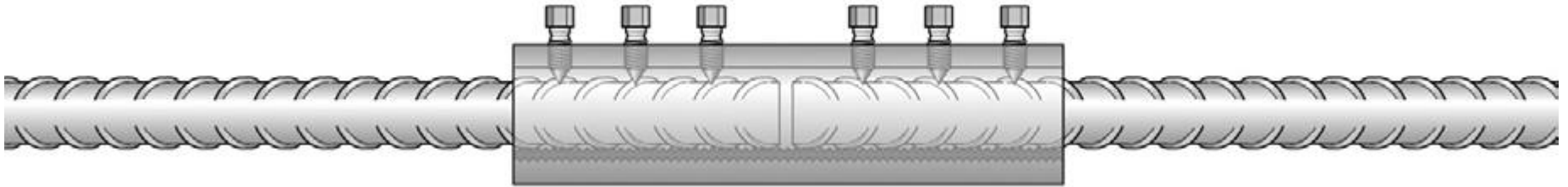
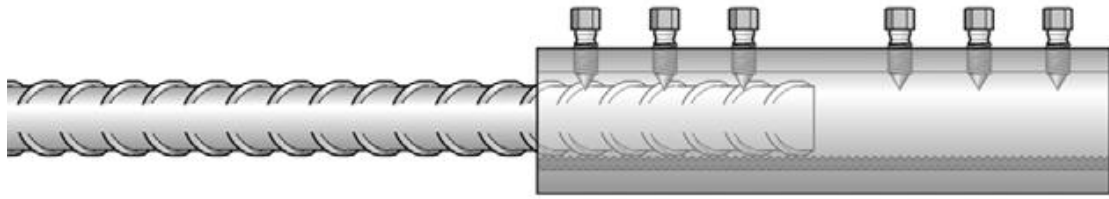


Metodo 2a

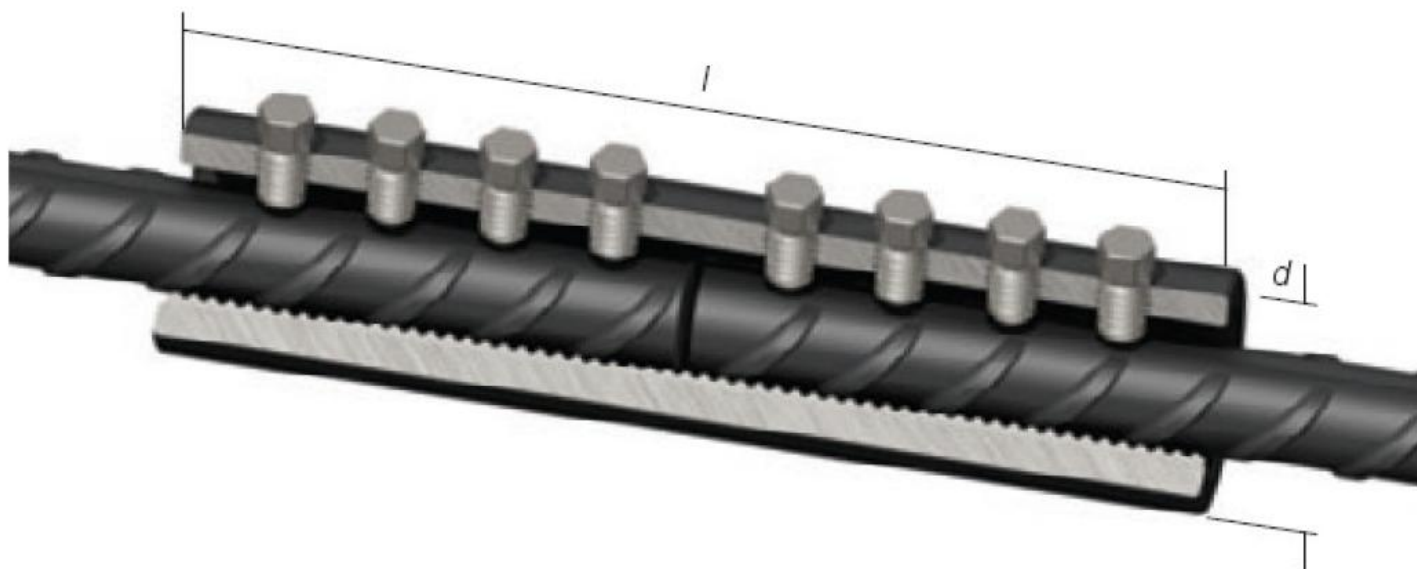


GIUNZIONI MECCANICHE CON TIPOLOGIA A MANICOTTI A BULLONE UNIVERSALI PER BARRE DI ARMATURA





MBT ET Series Dimensions



DATI TECNICI PER MANICOTTI MBT ET 16, 20, 25/26, 28/30

MBT ET – DIMENSIONI NOMINALI MANICOTTI

DIA Barre	Ancon Reference	Dia Esterno	Lunghezza Totale	Numero di Bulloni	Chiave / Bussola	Peso Approx
16mm	ET16	42.2mm	160mm	6	1 / 2 "	1.25 kg
20mm	ET20	48.3mm	204mm	6	1 / 2 "	1.96 kg
25mm	ET25	54.0mm	258mm	8	5 / 8 "	3.00kg
26mm	ET26 Italy	56.0mm	258mm	8	5 / 8 "	3.25 kg
28mm	ET28	66.7mm	312mm	10	5 / 8 "	5.90 kg
30mm	ET28	66.7mm	312mm	10	5 / 8 "	5.90 kg

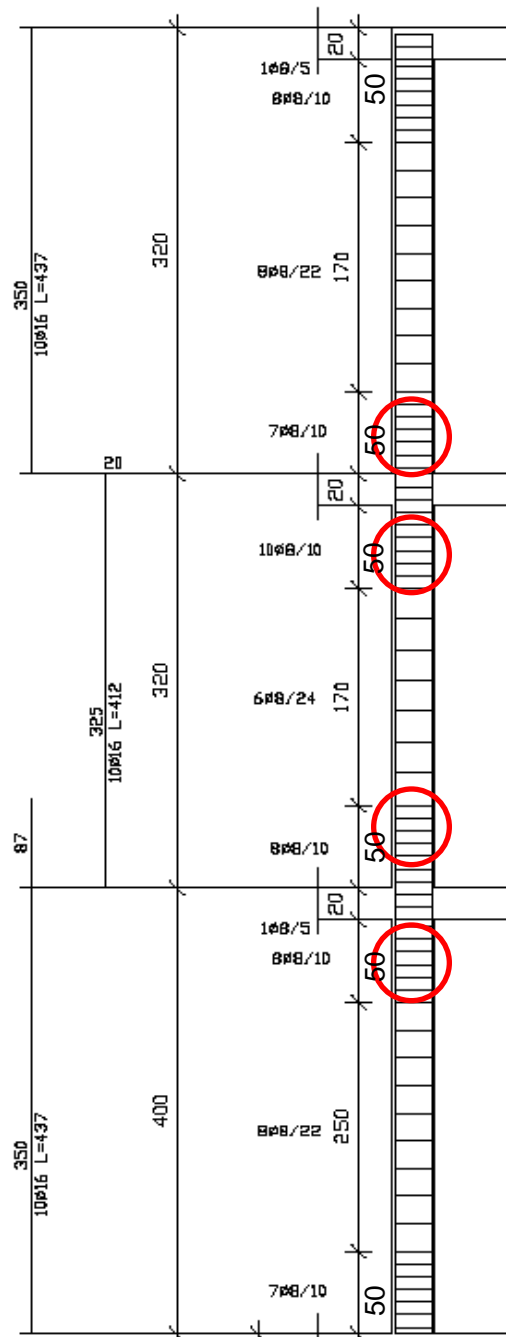


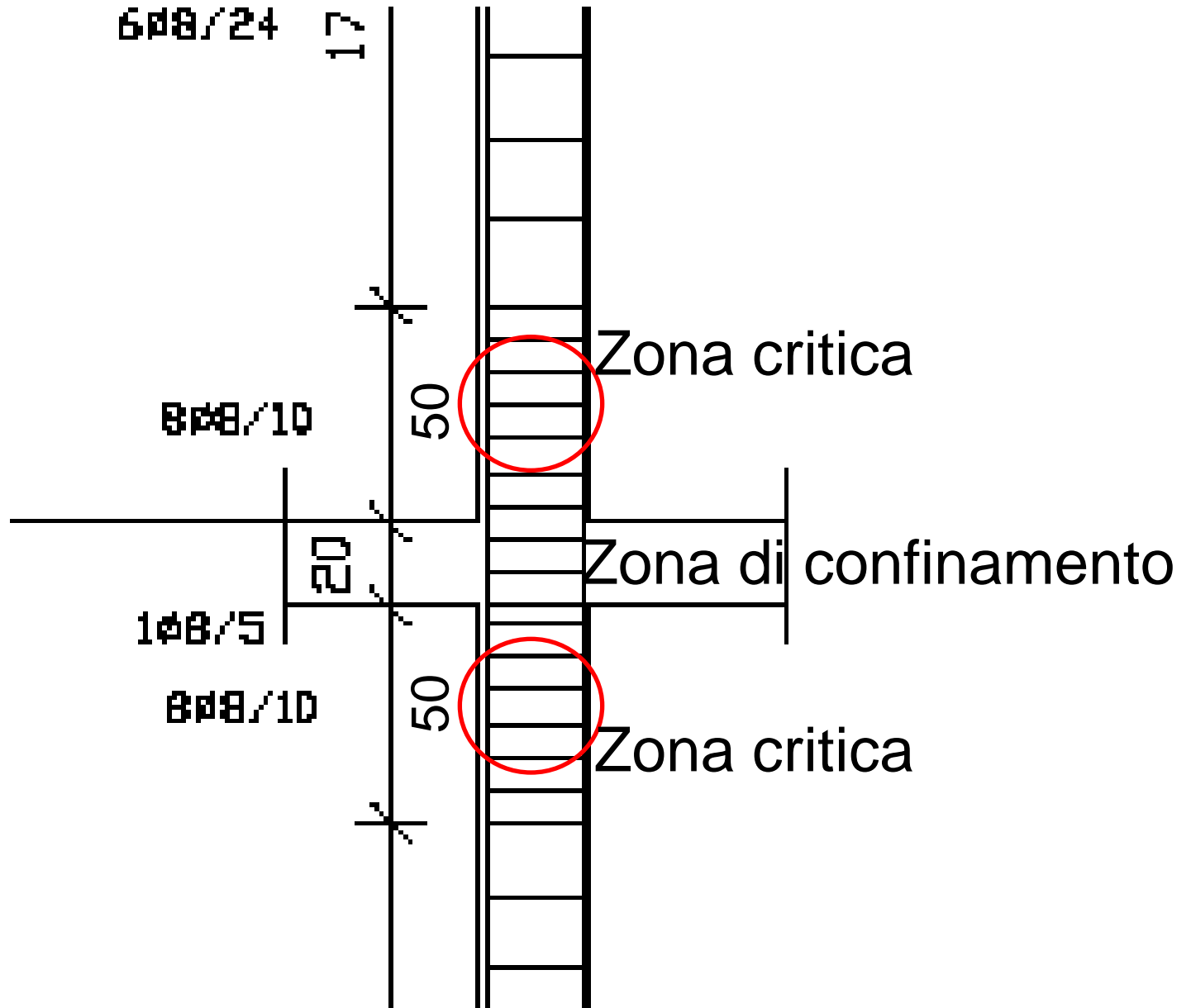


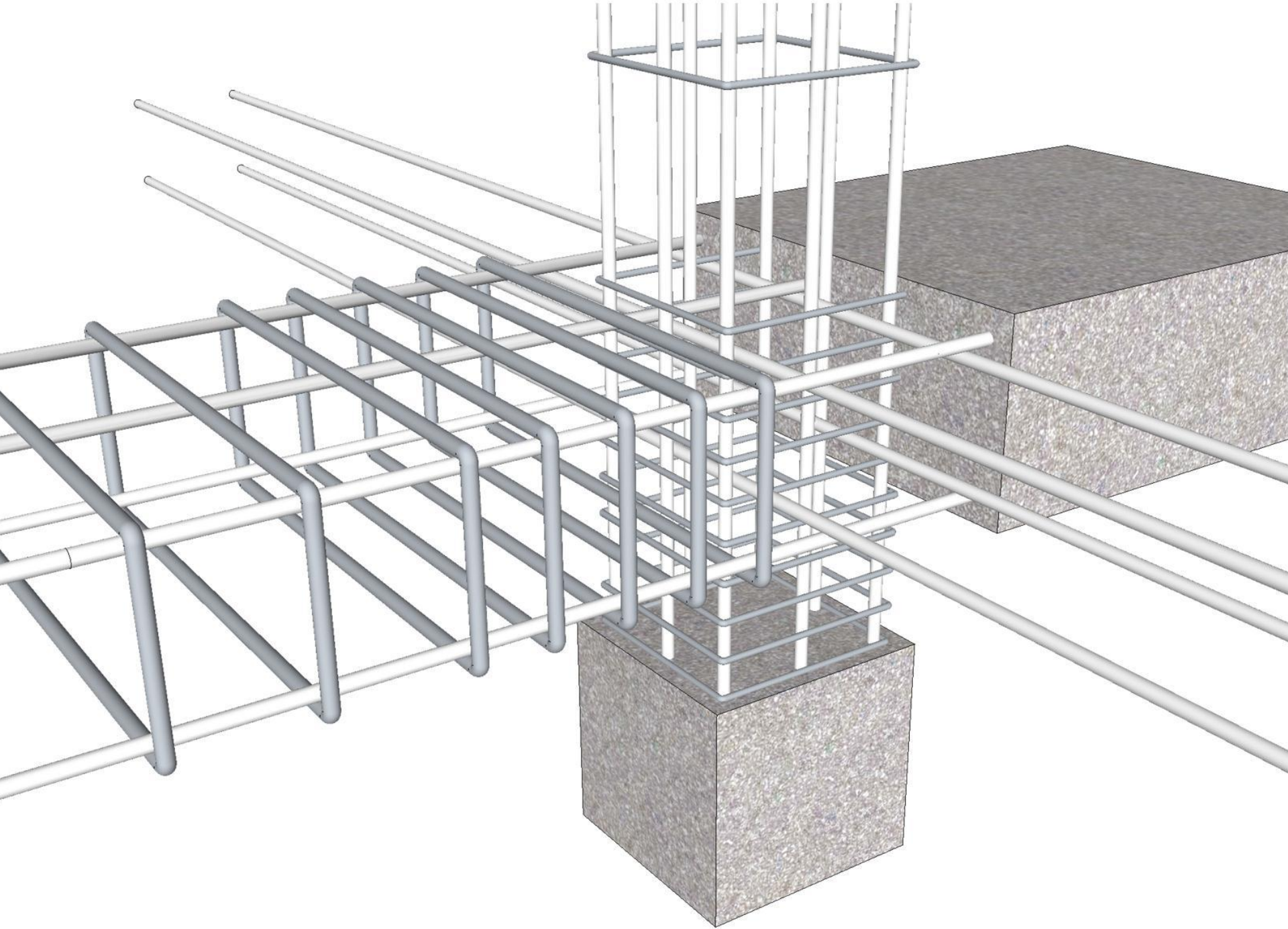


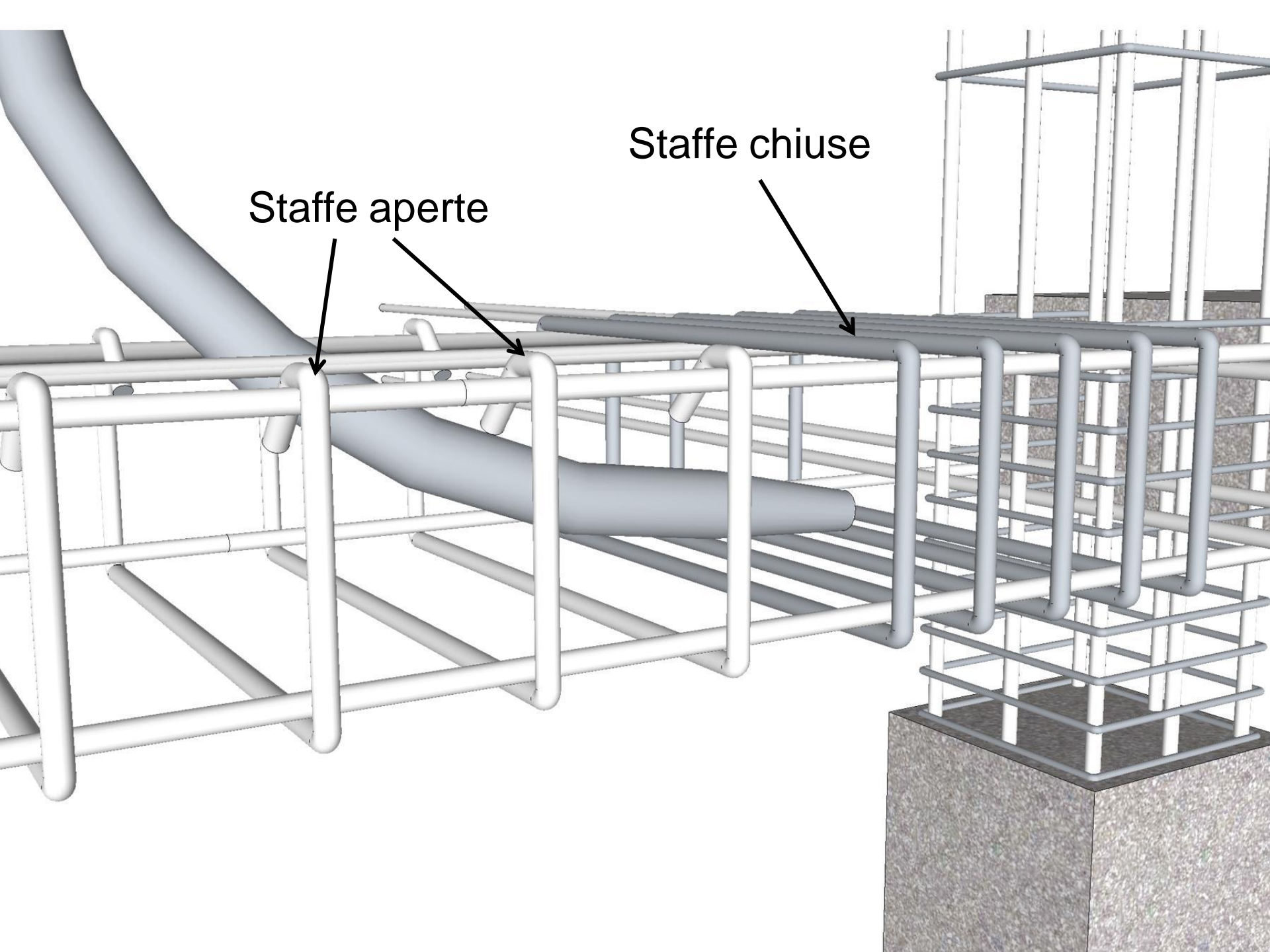
CD "B"

Pilastrata esterna



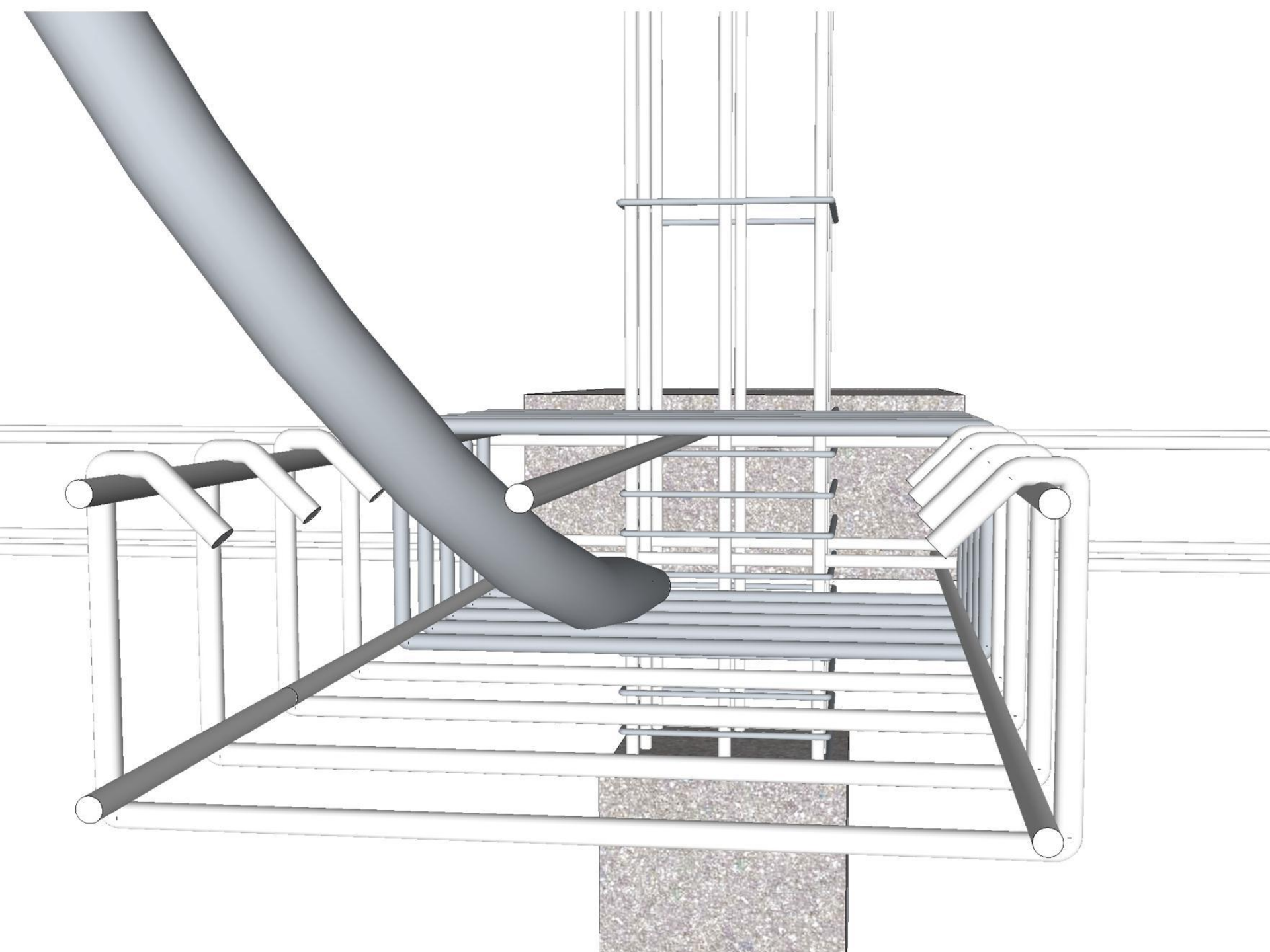


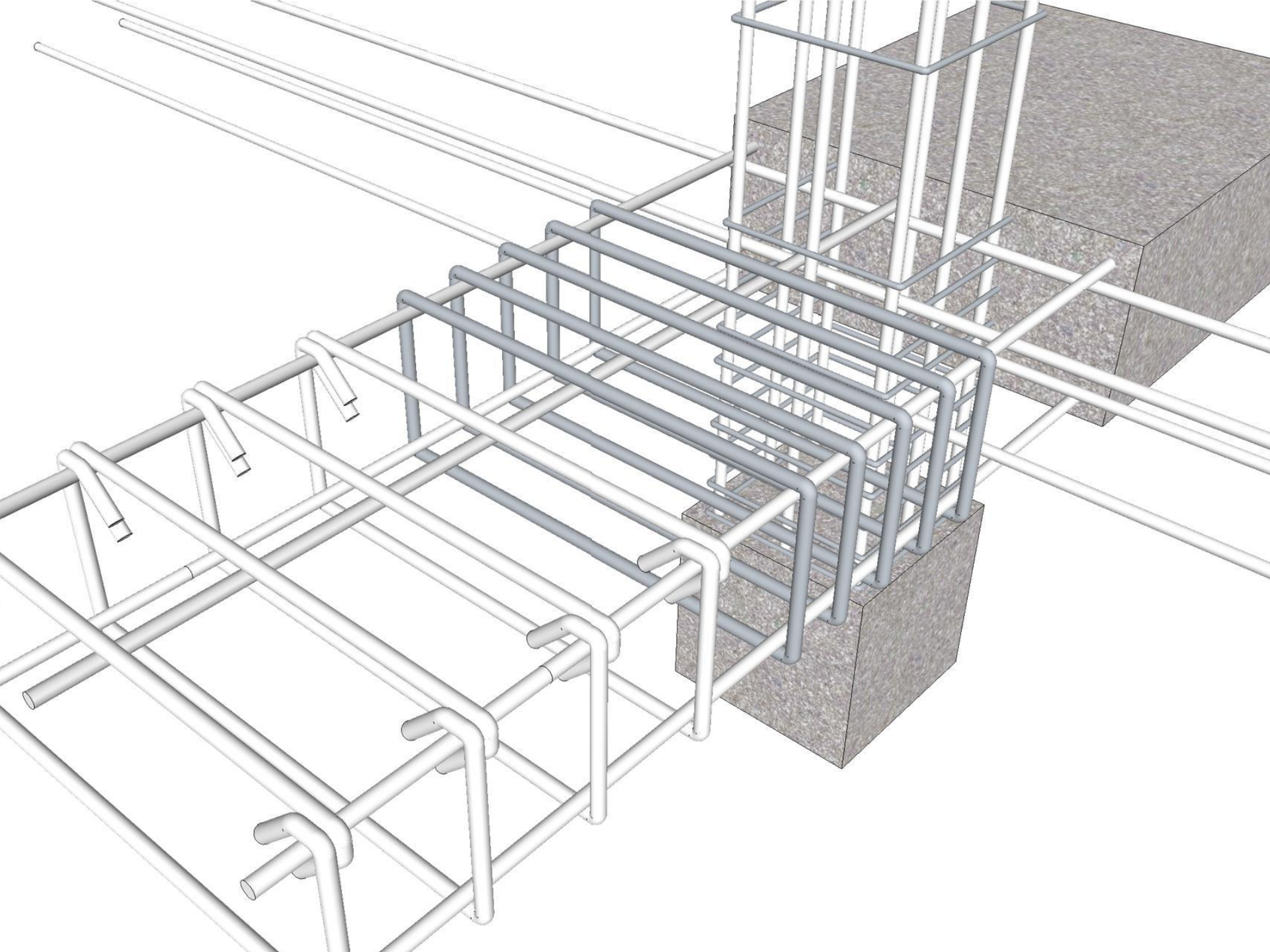


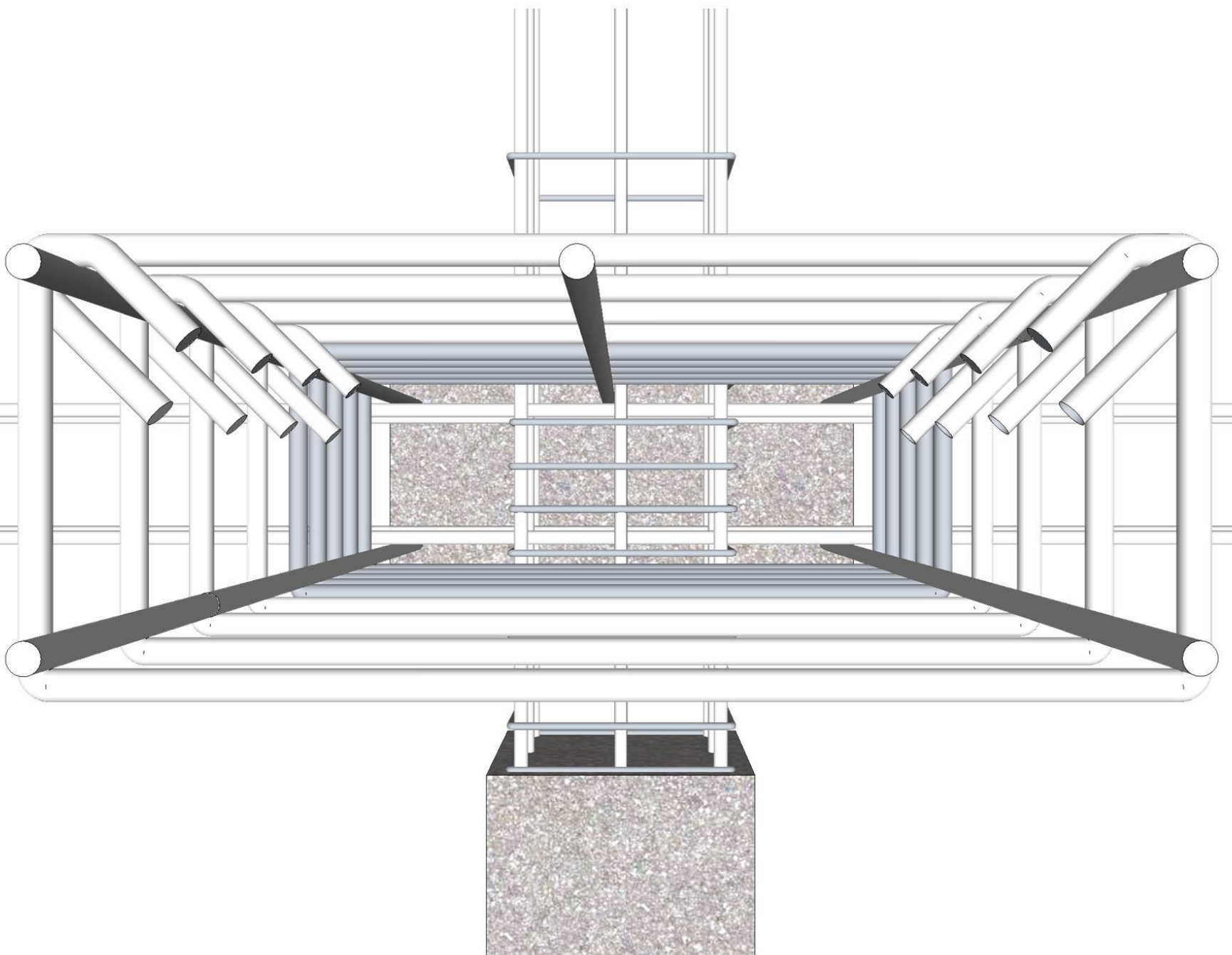


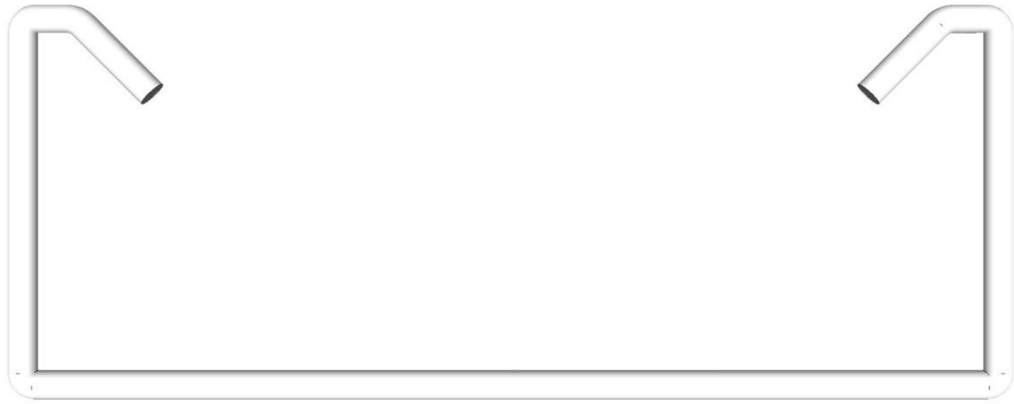
Staffe aperte

Staffe chiuse









Duttilità

INNOVAZIONI

- Calcestruzzo gettato in opera in maniera ottimale
- Nodi ed elementi in zone critiche realizzati senza alcuna sezione debole da ripresa di getto
- Barre d'armatura giuntate con giunti meccanici

Permettono di realizzare nelle zone critiche e nei nodi le prestazioni richieste da normativa ai fini della dissipazione dell'energia
