

## PREFAZIONE

*La corretta esecuzione delle armature ha una funzione essenziale per garantire le prestazioni richieste delle strutture in cemento armato, ma, nonostante l'evidente importanza dell'argomento, in Italia sono assai carenti le norme o leggi di riferimento in tale settore.*

*L'attuale normativa non considera, ad esempio, le trasformazioni subite dall'acciaio prima di essere inglobato nel calcestruzzo, ovvero da indicazioni sulle caratteristiche meccaniche e tecnologiche che deve avere l'acciaio, ma non offre prescrizioni affinché tali caratteristiche rimangano invariate anche dopo la sagomatura.*

*Per la realizzazione di un'opera in cemento armato non è infatti sufficiente impostare correttamente lo schema statico ed il relativo modello di calcolo e conoscere il comportamento dei materiali, poiché se non sono chiari a tutte le figure coinvolte nella realizzazione dell'opera, i concetti e le disposizioni generali per la messa in opera delle armature e del calcestruzzo, anche la migliore progettazione può condurre ad un'opera inadeguata sia dal punto di vista tecnico che economico.*

*La posizione mentale, abbastanza radicata, di separare la fase di calcolo, da quella del disegno e di esecuzione porta a produrre dettagli complicati, se non del tutto assenti, ad assemblaggi difficoltosi che possono ostacolare il getto e la vibrazione del calcestruzzo, e portare alla mancanza o carenze nel ricoprimento delle armature. La prescrizione poi di diametri difficilmente reperibili sul mercato, l'adozione di lunghezze e sagome delle armature che non tengano in dovuto conto la fase operativa e l'utilizzo di diametri poco diversi tra loro, comportano spesso in sede esecutiva modifiche consistenti nella distribuzione delle armature che possono portare a snaturare il progetto stesso.*

*L'ingegnere deve inoltre avere sempre presente che il progetto, e quindi le sue idee, sono trasmesse tramite i disegni esecutivi, che devono essere quindi chiari ed essenziali in quanto la semplificazione degli elementi strutturali e dei dettagli costruttivi porta ad una riduzione di costi, di tempi di costruzione e soprattutto di errori umani.*

*Una risposta a molti di questi problemi è offerta da quel processo che prende il nome di industrializzazione dell'armatura, che ha inizio nella fase di progettazione dell'intera struttura e si completa in sede esecutiva, e che consiste essenzialmente nella riduzione, semplificazione e standardizzazione del gran numero di variabili esistenti nella progettazione delle armature, quali: i tipi di acciaio, diametri, tagli e lunghezze, tolleranze, sagome di piegatura, tecniche di assemblaggio, posizionamento delle armature.*

*Questo obiettivo può essere raggiunto solo con il coordinamento e lo scambio di informazioni tra progettista, trasformatori intermedi dell'acciaio ed impresa ed è proprio questa esigenza che ci ha spinto a predisporre questo manuale.*

*Dopo aver classificato gli acciai per il cemento armato in base alle prescrizioni e limitazioni normative in relazione alla loro produzione e commercializzazione, sono state analizzate le giunzioni e gli ancoraggi, le sagome per l'industrializzazione e lavorazione delle armature, le indicazioni sulla loro legatura e posa in opera. Sono stati analizzati gli elementi strutturali più frequenti e la funzione che in essi deve svolgere l'armatura. Infine si è mostrato quali sono e come devono essere rappresentati gli elaborati di progetto delle strutture in cemento armato: piante, sezioni, particolari costruttivi, distinta ferri.*

*Nell'affrontare questa analisi si è fatto riferimento alla normativa italiana ed europea.*

*Dove è stato possibile, per giustificare le indicazioni offerte dalla norme sono stati inseriti i relativi richiami scientifici con la speranza di rendere il manuale fruibile da un settore molto ampio di tecnici.*

**SIMBOLOGIA**

## Indici

c	calcestruzzo ovvero compressione
d	progetto
k	caratteristico
t	trazione
u	ultimo
y	snervamento
min	minimo
max	massimo
net	necessaria
ext	esterna
req	richiesta
prov	effettiva

## Lettere latine minuscole

b	base di una sezione ovvero larghezza di un appoggio
c	ricoprimento di calcestruzzo ovvero copriferro
d	altezza utile di una sezione di cemento armato
f	resistenza di un materiale
$f_c$	resistenza cilindrica a compressione
$f_{ck}$	resistenza caratteristica cilindrica a compressione
$f_{ct}$	resistenza a trazione assiale
$f_{ctk}$	resistenza a trazione assiale caratteristica
$f_b$	tensione tangenziale di aderenza ultima
$f_{bd}$	tensione tangenziale di calcolo di aderenza ultima
$f_t$	resistenza a trazione dell'armatura ordinaria
$f_{tk}$	resistenza caratteristica a trazione dell'armatura ordinaria
$f_y$	tensione di snervamento dell'armatura ordinaria
$f_{yd}$	tensione di snervamento di calcolo dell'armatura ordinaria
$f_{yk}$	tensione di snervamento caratteristica dell'armatura ordinaria
$f_{(0,2)}$	tensione nell'acciaio corrispondente ad una deformazione residua dello 0,2%
$f_{(0,2)k}$	tensione caratteristica nell'acciaio corrispondente ad una deformazione residua dello 0,2%
h	altezza di una sezione ovvero spessore di una soletta di cemento armato
$h_I$	altezza della trave principale
$h_{II}$	altezza della trave secondaria
$l_b$	lunghezza di ancoraggio di base
$l_{b,min}$	lunghezza di ancoraggio minima
$l_{b,net}$	lunghezza di ancoraggio necessaria
$l_s$	lunghezza di sovrapposizione
$l_{s,min}$	lunghezza di sovrapposizione minima

$n_b$	numero di barre presenti in un gruppo di barre
$s$	spessore della soletta o spessore dell'ala di una sezione a T o distanza fra due barre adiacenti (passo)
$s_t$	passo dei fili trasversali nella rete
$s_l$	passo dei fili longitudinali nella rete
$x$	distanza ovvero distanza fra l'asse neutro e il lembo compresso

## Lettere latine maiuscole

$A_{ct,ext}$	area del calcestruzzo teso esterno alle staffe
$A_I$	reazione di appoggio della trave principale
$A_o$	area della sezione del filo di diametro maggiore in una rete o traliccio
$A_s$	area dell'armatura tesa ovvero area della barra di armatura
$A'_s$	area dell'armatura compressa
$A_{sl}$	area dell'armatura di pelle
$A_{s,prov}$	area dell'armatura tesa effettivamente disposta
$A_{s,req}$	area dell'armatura tesa richiesta dal calcolo
$A_{st}$	area della staffa
$A_s\%$	allungamento percentuale a rottura dell'acciaio
$D$	diametro del mandrino
$E_s$	modulo di elasticità dell'acciaio
$E_c$	modulo di elasticità del calcestruzzo a 28 giorni
$F$	forza
$F_s$	forza di trazione o di compressione agente sulla barra
$H$	forza orizzontale
$M$	momento flettente
$N$	azione normale
$R_c$	resistenza cubica a compressione
$R_{ck}$	resistenza caratteristica cubica a compressione

## Lettere greche

$\alpha$	angolo di piegatura della barra
$\alpha_a$	coefficiente
$\alpha_1$	coefficiente
$\alpha_2$	coefficiente
$\varepsilon$	deformazione unitaria
$\varepsilon_u$	deformazione unitaria nell'acciaio in corrispondenza della tensione massima
$\varepsilon_{uk}$	deformazione unitaria caratteristica nell'acciaio in corrispondenza della tensione massima
$\varepsilon_t$	deformazione unitaria nell'acciaio a rottura
$\gamma_c$	coefficiente di sicurezza del calcestruzzo
$\gamma_s$	coefficiente di sicurezza dell'acciaio
$\sigma$	sforzo normale
$\varnothing$	diametro della barra
$\varnothing_1$	diametro della barra longitudinale
$\varnothing_{min}$	diametro minimo dei fili elementari per reti e tralicci
$\varnothing_{max}$	diametro massimo dei fili elementari per reti e tralicci
$\varnothing_n$	diametro della barra equivalente

- $\varnothing_s$  diametro della barra tesa  
 $\varnothing_t$  diametro della barra trasversale  
 $\varnothing_1, \varnothing_2$  eventuali diametri differenti per la realizzazione del graticcio di armatura per fondazioni, lastre, piastre ed elementi superficiali orizzontali

### **TERMINOLOGIA**

<i>ancoraggio</i>	il fissare al calcestruzzo l'armatura sottoposta a sollecitazione
<i>assemblaggio</i>	il montare assieme le varie parti dell'armatura
<i>giunzione</i>	unione di elementi di armatura contigui
<i>mandrino</i>	attrezzo utilizzato per formare la curvatura in barre o fili d'acciaio piegati
<i>marchiatura</i>	contrassegno formato da opportuni risalti trasversali ingrossati su barre o fili
<i>sagomato</i>	elemento d'armatura con dimensioni e forma corrispondenti a quelle del progetto delle armature pronto per la posa in opera (che non deve subire altre lavorazioni tranne l'assemblaggio)
<i>sagomario</i>	elenco delle sagome presenti in ogni singolo manufatto di destinazione
<i>tolleranza</i>	limite massimo entro il quale è ammessa una differenza qualsiasi fra ciò che è stato progettato e la sua effettiva realizzazione
<i>posa in opera</i>	sistemazione delle armature nel luogo definito in progetto

**INDICE**

<i>Premesse</i>	I
<i>Simbologia</i>	III
<i>Terminologia</i>	V
<b>Capitolo 1 IL MATERIALE E LA SUA COMMERCIALIZZAZIONE</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Acciai da cemento armato ordinario</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Barre</b>	<b>5</b>
1.2.1 Barre tonde lisce	5
1.2.2 Barre ad aderenza migliorata	6
1.2.3 Fili	7
1.2.4 Reti e tralicci	8
<b>1.3 Marchiatura per identificazione</b>	<b>9</b>
<b>1.4 Controlli</b>	<b>11</b>
<b>Capitolo 2 ANCORAGGI, GIUNZIONI, SALDATURE, GIUNTI MECCANICI</b>	<b>13</b>
<b>2.1 Ancoraggi</b>	<b>13</b>
<b>2.2 Giunzioni</b>	<b>17</b>
2.2.1 Reti elettrosaldate di fili ad aderenza migliorata	19
2.2.1.1 Sovrapposizioni per armature principali	19
2.2.1.2 Sovrapposizione delle armature trasversali di distribuzione	20
<b>2.3 Saldature</b>	<b>21</b>
<b>2.4 Giunti meccanici</b>	<b>22</b>
2.4.1 Manicotti	22
<b>Capitolo 3 SAGOME PER L'INDUSTRIALIZZAZIONE E LA LAVORAZIONE DELL'ARMATURA</b>	<b>25</b>
<b>3.1 Generalità</b>	<b>25</b>
<b>3.2 Distinta dei ferri</b>	<b>26</b>
<b>3.3 Metodo di annotazione delle dimensioni delle barre</b>	<b>26</b>
<b>3.4 Piegatura</b>	<b>26</b>
<b>3.5 Sistema di codificazione delle sagome</b>	<b>30</b>
<b>3.6 Principali sagome delle armature</b>	<b>31</b>
<b>3.7 Tolleranze</b>	<b>31</b>
<b>3.8 Proposta di sistema di codificazione delle sagome delle barre</b>	<b>34</b>
<b>3.9 Controlli</b>	<b>34</b>
<b>3.10 Proposta per la Certificazione Sistema Qualità</b>	<b>35</b>
3.10.1 Verifica dei prodotti approvvigionati	35

3.10.2	Tenuta sotto controllo delle attività di produzione ed erogazione dei servizi	36
3.10.3	Validazione dei processi produttivi e dell'erogazione dei servizi	36
3.10.4	Tenuta sotto controllo dei dispositivi di misurazione e monitoraggio	37
3.10.5	Monitoraggio e misurazione dei processi	37
3.10.6	Monitoraggio e misurazione dei prodotti	38
 <b>Capitolo 4 L'ARMATURA NEGLI ELEMENTI IN CEMENTO ARMATO</b>		<b>39</b>
<b>4.1</b>	<b>L'elemento compresso</b>	<b>39</b>
<b>4.2</b>	<b>L'elemento inflesso</b>	<b>40</b>
4.2.1	Armatura a flessione	40
4.2.2	Armatura a taglio	40
<b>4.3</b>	<b>Elemento soggetto a torsione</b>	<b>42</b>
<b>4.4</b>	<b>Armatura di pelle</b>	<b>43</b>
<b>4.5</b>	<b>Mensole tozze</b>	<b>43</b>
<b>4.6</b>	<b>Piastre non alleggerite gettate in opera</b>	<b>44</b>
<b>4.7</b>	<b>Elementi strutturali particolari</b>	<b>45</b>
4.7.1	Casi particolari di appoggio	45
4.7.1.1	<i>Appoggio diretto nelle travi Gerber</i>	46
4.7.1.2	<i>Appoggio indiretto</i>	46
4.7.2	Nodi di telai	47
 <b>Capitolo 5 REGOLE PER LA LEGATURA E LA POSA IN OPERA DELLE ARMATURE</b>		<b>49</b>
<b>5.1</b>	<b>Legatura dei ferri di armatura</b>	<b>49</b>
<b>5.2</b>	<b>Posa in opera delle armature</b>	<b>52</b>
5.2.1	Copriferro	52
5.2.2	Interferro	53
<b>5.3</b>	<b>Tipi di distanziatori</b>	<b>53</b>
<b>5.4</b>	<b>Regole per la collocazione dei distanziatori</b>	<b>55</b>
5.4.1	Fondazioni	56
5.4.2	Platee e solette	57
5.4.3	Pilastrini	57
5.4.4	Travi	57
5.4.5	Muri	58
5.4.6	Pannelli e muri prefabbricati	58
5.4.7	Pali	58
 <b>Capitolo 6 ELABORATI DI PROGETTO</b>		<b>59</b>
<b>Tavola 6.1</b>	<b>Pianta delle fondazioni e dei fili fissi</b>	<b>59</b>
<b>Tavola 6.2</b>	<b>Pianta 1° piano</b>	<b>59</b>
<b>Tavola 6.3</b>	<b>Pianta 2° e 3° piano</b>	<b>60</b>
<b>Tavola 6.4</b>	<b>Sezione</b>	<b>60</b>

---

<b>Tavola 6.5</b>	<b>Disegni esecutivi della trave di fondazione 6-18</b>	61
<b>Tavola 6.6</b>	<b>Distinta ferri della trave di fondazione 6-18</b>	62
<b>Tavola 6.7</b>	<b>Disegni esecutivi del plinto 8</b>	63
<b>Tavola 6.8</b>	<b>Distinta ferri del plinto 8</b>	64
<b>Tavola 6.9</b>	<b>Disegni esecutivi del solaio ad una campata</b>	64
<b>Tavola 6.10</b>	<b>Distinta ferri del solaio ad una campata</b>	64
<b>Tavola 6.11</b>	<b>Disegni esecutivi del solaio a tre campate</b>	65
<b>Tavola 6.12</b>	<b>Disegni esecutivi della trave a due campate</b>	65
<b>Tavola 6.13</b>	<b>Distinta ferri del solaio a tre campate</b>	66
<b>Tavola 6.14</b>	<b>Distinta ferri della trave a due campate</b>	66
<b>Tavola 6.15</b>	<b>Disegni esecutivi di un pilastro</b>	67
<b>Tavola 6.16</b>	<b>Distinta ferri di un pilastro</b>	67
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		69

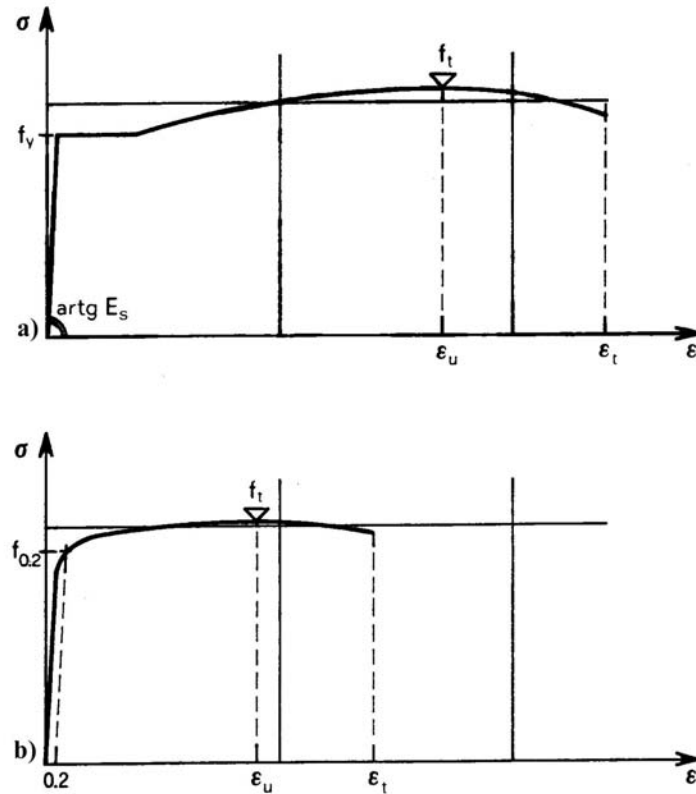


## 1 IL MATERIALE E LA SUA COMMERCIALIZZAZIONE

### 1.1 Acciai da cemento armato ordinario

L'acciaio per cemento armato, introdotto sul mercato nazionale in barre, è ottenuto per laminazione a caldo ed è a *durezza naturale*, ciò implica una curva sforzi-deformazioni, ottenuta da prove di trazione su spezzoni di barre, del tipo di Fig. 1-1a. I fili, che sono utilizzati da soli o per formare reti e tralicci possono essere anche laminati a freddo e quindi incruditi.

Figura 1-1 Diagramma sforzi-deformazioni: di un acciaio duttile (a) e di uno incrudito (b)



La Fig. 1-1a evidenzia, nell'ordine, le caratteristiche essenziali di un acciaio d'armatura:

- comportamento elastico lineare fino alla tensione di snervamento  $f_y$
- modulo elastico  $E_s$  costante per tutti i tipi di acciaio, pari a circa  $205 \text{ kN/mm}^2$
- comportamento plastico con andamento orizzontale
- incremento tensionale con notevole aumento dello stato di deformazione, fino alla raggiungimento della tensione massima (o di rottura)  $f_t$
- ramo discendente della curva sforzi-deformazioni dovuta alla strizione della sezione di rottura del provino.

La rottura è di tipo duttile con grande allungamento  $\epsilon_t$ : tanto maggiore è la resistenza dell'acciaio tanto più piccola è la deformazione a rottura  $\epsilon_t$  e quella alla tensione massima  $\epsilon_u$  (Fig. 1-2).

Con opportuni trattamenti di deformazione a freddo, effettuati dopo la laminazione, si ottengono gli *acciai incruditi* che hanno una maggiore resistenza, non evidenziano più né il limite di snervamento né il successivo tratto orizzontale e la deformazione a rottura è molto ridotta rispetto agli acciai a durezza naturale. In questi acciai il limite di snervamento viene convenzionalmente posto pari al valore della tensione  $f_{(0,2)}$  corrispondente alla deformazione residua allo 0,2% (Fig. 1-1b).

Viene inoltre fornito il valore caratteristico dell'escursione limite  $\Delta\sigma$  che porta a rottura fragile dopo  $2 \cdot 10^6$  cicli di carico. Tale valore è necessario per i *calcoli di resistenza a fatica*.

Il peso specifico dell'acciaio è pari  $78,5 \text{ kN/m}^3$  ed il coefficiente di dilatazione termico, circa pari a quello del calcestruzzo, vale  $1 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ .

L'EC2 [1] sulla base della deformazione in corrispondenza della tensione massima,  $\epsilon_u$ , classifica l'acciaio in classi di duttilità:

- normale duttilità N con  $\epsilon_{uk} \geq 2,5\%$   $(f_t/f_y)_k \geq 1,05$
- alta duttilità H con  $\epsilon_{uk} \geq 5,0\%$   $(f_t/f_y)_k \geq 1,08$

Le caratteristiche tecnologiche delle armature sono relative al grado di aderenza fornito dallo stato di finitura superficiale della barra, alla piegabilità e saldabilità.

Per l'aderenza si distinguono:

- barre lisce, a bassa aderenza (ormai in disuso)
- barre nervate, ad aderenza migliorata.

La piegabilità serve a garantire la lavorabilità degli acciai per armatura senza la presenza di cricche o lesioni evidenti.

La saldabilità degli acciai di armatura è classificata come segue:

- classe A: non saldabile; l'acciaio non può essere saldato con un qualsiasi metodo pratico con risultati accettabili
- classe B: saldabile in certe condizioni; l'acciaio può essere saldato con risultati accettabili, usando metodi speciali o normali accompagnati da speciali precauzioni di sicurezza
- classe C: saldabile; l'acciaio può essere saldato con usuali metodi con risultati accettabili.

In Italia [2-6], gli acciai per cemento armato ad alta duttilità e piegabili sono: gli FeB22k ed FeB32k, utilizzati per barre tonde lisce e gli FeB38k e FeB44k per barre ad aderenza migliorata; gli acciai saldabili sono oggetto di apposita marchiatura, che li differenzia da quelli non saldabili.

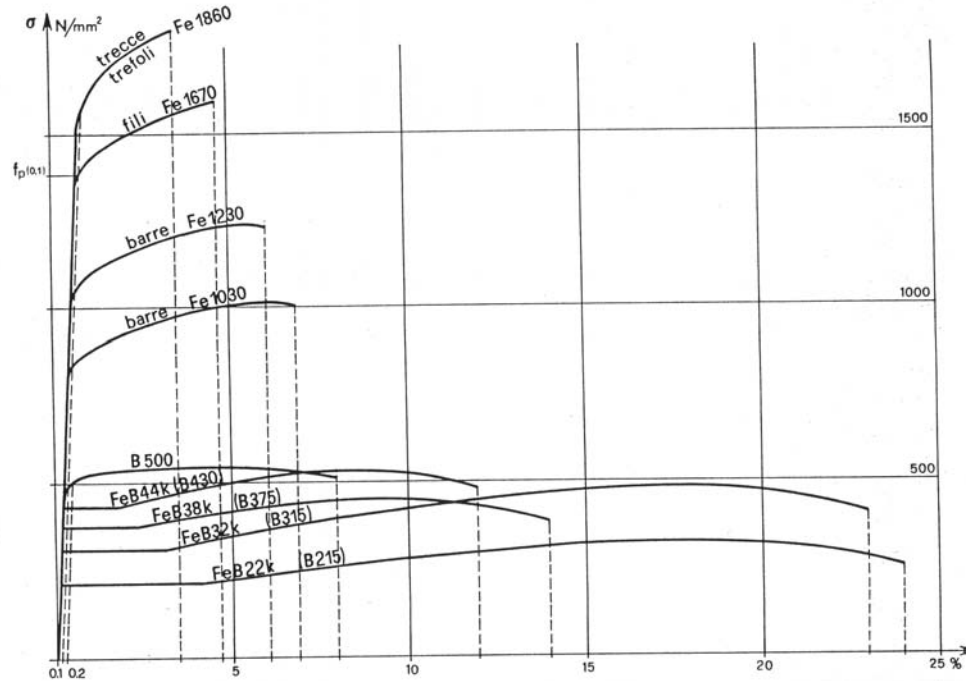
In sede europea [7] è previsto un solo tipo di acciaio con valore caratteristico di snervamento  $500 \text{ N/mm}^2$ , nervato, piegabile e saldabile, prodotto in due classi di duttilità: B500A e B500B.

In Nazioni a rischio sismico (Italia e Grecia), per soddisfare la duttilità richiesta dall'EC8 [8], è stata proposta [9] l'adozione dell'acciaio B450C ad alta duttilità e resistenza ridotta.

La Fig. 1-2 evidenzia in modo assai significativo come l'acciaio venga prodotto in funzione del suo utilizzo, sino al B500 si hanno acciai da cemento armato normale, caratterizzati dallo snervamento ben definito oppure da un ampio campo plastico, gli acciai ad elevata resistenza e bassa duttilità sono utilizzati nel cemento armato precompresso.

Gli acciai commercializzati sono da considerarsi sensibili alla corrosione, la definizione "poco sensibili" è attribuita ad acciai che hanno subito trattamenti speciali quali zincatura, acciai inossidabili o sottoposti a passivanti chimici.

**Figura 1-2 Diagrammi sforzi-deformazioni di acciai da cemento armato italiani ed europei e di cemento armato precompresso**



In Italia le caratteristiche meccaniche essenziali dell'acciaio da cemento armato sono indicate nel D.M. 96 [3,5] che rimanda, per l'accertamento delle proprietà meccaniche alle EN 10002/1<sup>a</sup>[10], UNI 564 [11], UNI 6407 [12], salvo indicazioni contrarie e complementari [13-15]. Queste caratteristiche si determinano e controllano mediante prove di laboratorio e costituiscono le basi per il calcolo strutturale.

## 1.2 Barre

La gamma dei diametri di usuale produzione in Italia è la seguente: 6-8-10-12-14-16-18-20-22-24-26-28-30 mm. Le barre sono lunghe 12 m e l'uso dei rotoli è consentito fino ad un diametro di 16 mm, per diametri maggiori è necessaria l'autorizzazione del Servizio Tecnico Centrale, sentito il Consiglio Superiore del Ministero dei Trasporti e delle Infrastrutture.

La norma europea [7] prevede i diametri: 6-8-10-12-14-16-20-25-28-32-40 mm.

### 1.2.1 Barre tonde lisce

Sono profili pieni, lisci, a sezione circolare, utilizzati per armare elementi costruttivi in calcestruzzo o per realizzare altri elementi, come reti e tralicci, attraverso unioni saldate o elettrosaldate.

Le proprietà meccaniche per gli acciai FeB 22k e FeB 32k in barre tonde lisce [3,5], sono qui riportate in Tab. 1.1. Altre norme a riguardo sono contenute in [16].

**Tabella 1.1 Proprietà meccaniche degli acciai FeB 22k e FeB 32k [3,5]**

tipo di acciaio	Fe B 22k	Fe B 32k
tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$ N/mm <sup>2</sup>	≥ 215	≥ 315
tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$ N/mm <sup>2</sup>	≥ 335	≥ 490
allungamento $A_s$ %	≥ 24	≥ 23
piegamento a 180° su mandrino avente diametro D	2 Ø	3 Ø

### 1.2.2 Barre ad aderenza migliorata

Sono profili pieni dotati di particolari impronte sulla superficie, che migliorano l'efficacia del collegamento tra acciaio e calcestruzzo. Per la forma e la dimensione delle nervature non esiste uno standard internazionale, ma ogni paese ha proprie tipologie e norme.

In [3] è precisato che le barre ad aderenza migliorata si differenziano dalle barre lisce per la particolare forma, atta ad aumentare l'aderenza al conglomerato cementizio, e sono caratterizzate dal diametro Ø della barra tonda equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 7,85 Kg/dm<sup>3</sup>. Le caratteristiche tecniche fondamentali delle barre ad aderenza migliorata sono qui indicate in Tab. 1.2. Dal confronto delle tabelle 1.1 e 1.2, si nota che per le barre ad aderenza migliorata è richiesta la prova di piegamento e raddrizzamento che si esegue secondo quanto indicato in [3] e nella UNI-ISO 10065 [15]. Altre norme sulle barre ad aderenza migliorata sono indicate in [17].

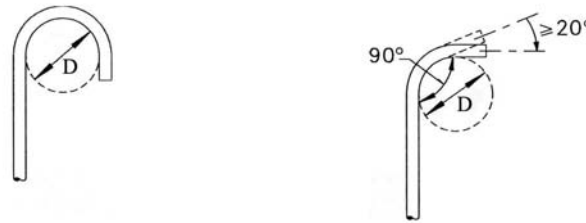
**Tabella 1.2 Proprietà meccaniche degli acciai FeB 38k e FeB 44k [3,5]**

tipo di acciaio		Fe B 38k	Fe B 44k	
tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$ N/mm <sup>2</sup>		≥ 375	≥ 430	
tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$ N/mm <sup>2</sup>		≥ 450	≥ 540	
Allungamento $A_s$ %		≥ 14	≥ 12	
barre ad aderenza migliorata aventi Ø (*)	fino a 12 mm	piegamento a 180° su mandrino avente diametro D	3 Ø	4 Ø
	oltre i 12 mm fino a 18 mm	piegamento e raddrizzamento su mandrino avente diametro D	6 Ø	8 Ø
	oltre i 18 mm fino a 25 mm		8 Ø	10 Ø
	oltre i 25 mm fino a 30 diametro		10 Ø	12 Ø

(\*) il diametro Ø è quello della barra tonda liscia equipesante

La tabella indica le condizioni della prova di piegamento semplice (Fig. 1-3) e di piegamento-raddrizzamento.

E' importante far notare che la capacità di curvatura delle barre, che non è solo un indice di duttilità dell'acciaio, è di essenziale importanza perché garantisce che la barra possa sopportare operazioni di raddrizzamento e piegamento necessarie per l'esecuzione di opere nuove e in ripristini strutturali.

**Figura 1-3 Prova di piegamento e raddrizzamento su mandrino**

Una caratteristica essenziale delle barre ad aderenza migliorata è la tensione di aderenza, che è determinata sperimentalmente mediante la prova del Beam-test da eseguirsi in laboratori ufficiali [3], secondo le modalità specificate nella CNR-UNI 10020 [18].

Una particolare trave di prova costituita da due semiprismi uguali di calcestruzzo, collegati inferiormente dalla barra d'acciaio in prova ed articolati a cerniera superiormente viene sollecitata a flessione. Nel corso della prova si misura lo scorrimento della barra mediante due comparatori centesimali, fissati a ciascuna estremità alla parte sporgente della barra stessa. La prova è proseguita sino al superamento della forza di aderenza.

E' definito anche l'indice di aderenza  $I_R$ , funzione delle caratteristiche geometriche delle barre.

### 1.2.3 Fili trafilati

Possono essere utilizzati fili di acciaio trafilati o laminati a freddo, prodotti in diametri che vanno da 5 a 12 mm che rispettino le caratteristiche della Tab. 1.3 [3,5].

**Tabella 1.3 Caratteristiche meccaniche dei fili [3,5]**

tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$ ovvero $f_{(0,2)k}$ N/mm <sup>2</sup>	≥ 390
tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$ N/mm <sup>2</sup>	≥ 440
allungamento $A_s$ %	≥ 8
piegamento a freddo a 180° su mandrino avente diametro D	2 Ø

A seconda delle modalità di produzione i fili si definiscono:

- fili lisci. Si ottengono da un processo di trafilatura e la loro superficie è molto liscia. Questo impedisce il loro ancoraggio per aderenza, pertanto il loro uso è limitato alle reti elettrosaldate nelle quali, l'ancoraggio si realizza solo per resistenza meccanica delle unioni nei punti di saldatura
- fili corrugati. Si ottengono da un processo di trafilatura, con una macchina dotata di mola che intaglia leggermente la superficie. Su questo tipo di filo ad alta aderenza si può eseguire o meno la prova del Beam-Test
- fili laminati a freddo. Si ottengono facendo avanzare il filo mediante la pressione di tre ruote intagliate che mentre riducono il diametro producono i risultati indicati in Fig. 1-4. Su questi fili si deve eseguire la prova del Beam-Test.

**Figura 1-4 Fili laminati a freddo con tre file di risalti**

#### 1.2.4 Reti e tralicci

Le reti e i tralicci sono costituiti da due ordini di tondi o fili [19-20, 21-22] tra loro ortogonali collegati agli incroci da punti di saldatura, i fili elementari devono avere diametro  $\varnothing$  compreso fra 5 e 12 mm e devono rispondere alle caratteristiche riportate in Tab. 1.5 [3].

La tensione di rottura, quella di snervamento e l'allungamento devono essere determinati con la prova di trazione su campione che comprenda almeno uno dei nodi saldati.

Nel D.M. 96 [3] si precisa inoltre che deve essere controllata la resistenza al distacco offerta dalla saldatura del nodo, determinata forzando con apposito dispositivo il filo trasversale nella direzione di quello maggiore posto in trazione; tale resistenza, espressa in N, dovrà essere maggiore di  $(0,3 \cdot 400 \cdot A_o)$ , dove  $A_o$  in  $\text{mm}^2$  è l'area della sezione del filo di diametro maggiore.

La distanza assiale fra i fili elementari non deve superare 35 cm.

Prescrizioni specifiche su un metodo di prova per determinare la resistenza dei nodi delle reti elettrosaldate sono indicate nella UNI ISO 10287 [23].

**Tabella 1.4 Caratteristiche meccaniche dei fili elementari per reti e tralicci [3,5]**

tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$ ovvero $f_{(0,2)k}$ $\text{N}/\text{mm}^2$	$\geq 390$
tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$ $\text{N}/\text{mm}^2$	$\geq 440$
rapporto dei diametri dei fili dell'ordito $\varnothing_{\min}/\varnothing_{\max}$	$\geq 0,60$
allungamento $A_s$ %	$\geq 8$
rapporto $f_{tk}/f_{yk}$	$\geq 1,10$

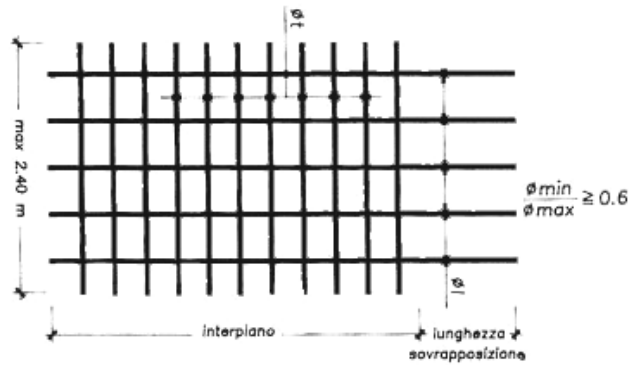
La rete è un prodotto specialmente indicato per elementi superficiali di grandi dimensioni con armatura uniforme come pavimentazioni, lastre, solette, muri, grandi contenitori, ecc., e ultimamente, attraverso il processo di industrializzazione ha visto estendere il suo campo di applicazione ad altri elementi.

Le reti sono fornite, spesso con maglia  $20 \cdot 20$  cm, in forma di pannelli piani, che solitamente hanno dimensione  $5,0 \cdot 2,25$  m, tale misura è scelta per la facilità di trasporto. La Fig. 1-5 mostra un esempio di rete elettrosaldata.

Il traliccio (Fig. 1-6) è un prodotto specificatamente dedicato ad elementi prefabbricati.

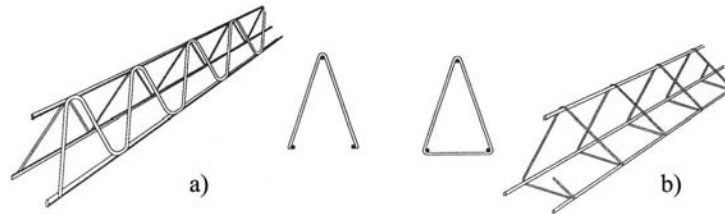
Esistono fondamentalmente due tipi di tralicci.

Figura 1-5 Rete elettrosaldata



Il traliccio di Fig. 1-6a, generalmente utilizzato in Italia, è formato da un ferro tondo continuo opportunamente sagomato, unito per saldatura alle armature longitudinali. Nel traliccio di Fig. 1-6b, non prodotto in Italia, gli irrigidimenti trasversali si realizzano con un tondo avvolto a spirale attorno alle armature longitudinali.

Figura 1-6 Tralicci



### 1.3 Marchiatura per identificazione

Il D.M. 96 obbliga tutti i produttori di barre lisce o ad aderenza migliorata, di fili, reti e di tralicci, di procedere alla marchiatura del prodotto fornito.

A questo proposito le indicazioni sono riportate nella UNI 6407 [12].

Praticamente durante la laminazione di barre e fili, si imprime in essi una determinata marchiatura, formata con l'ingrossamento di certi risalti trasversali, che si ripete diffusamente nella barra o nel filo, con distanza non superiore a un metro.

Le marchiature sono di grande importanza e possono fornire le seguenti informazioni:

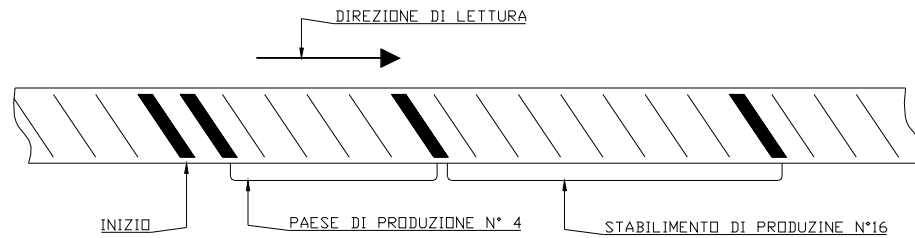
- paese di produzione
- stabilimento di produzione
- tipo di acciaio
- eventuale saldabilità.

In Fig. 1-7 è rappresentato lo schema di marchiatura delle barre, che è formata da due campi che indicano rispettivamente il codice del paese e quello dello stabilimento.

L'inizio del marchio è offerto da due risalti ingrossati. A partire da questa marcatura, il numero di risalti normali seguenti, fino al successivo risalto ingrossato, corrisponde al numero identificativo del Paese.

A partire da quest'ultimo risalto ingrossato, il numero di risalti seguenti fino al successivo e ultimo risalto ingrossato, corrisponde al numero di identificazione del Fabbricante all'interno del Paese.

**Figura 1-7 Marchiatura di identificazione di una barra**



Secondo il D.M. 96 ai produttori è fatto obbligo di depositare il marchio (tipo di nervatura e marchiatura) presso il Ministero dei Trasporti e delle Infrastrutture, Servizio Tecnico Centrale, che ogni anno predispone un Catalogo aggiornato (reperibile presso il sito ufficiale internet dello stesso Ministero), della produzione dell'acciaio da cemento armato. La pubblicazione è organizzata in forma di schede tipologiche per ogni singolo prodotto di una unità produttiva, le schede contengono i dati essenziali per il riconoscimento del prodotto e risulta quindi un indispensabile mezzo di riscontro della marchiatura, del tipo di acciaio e della sua origine.

La foto di Fig. 1-8 mostra chiaramente la geometria delle nervature, che rende identificabile a vista il tipo di acciaio e l'eventuale saldabilità [12] ed il sistema di marcatura, evidenziato dalle didascalie, che indica la provenienza della barra (Paese e stabilimento di produzione).

**Figura 1-8 Geometria dei risalti e marchio di identificazione**



La Tab. 1.5 [12] indica il numero di nervature che identifica il paese dell'Unione Europea in cui opera lo stabilimento di produzione. Come si può osservare dalla tabella, Germania, Francia e Italia, hanno una identificazione propria, mentre le altre nazioni sono raggruppate per affinità di posizione geografica.



**Tabella 1.5 Marchiature dei Paesi dell'Unione Europea**

PAESE	N° DI NERVATURE
Germania	1
Belgio, Olanda, Lussemburgo	2
Francia	3
Italia	4
Inghilterra, Irlanda	5
Danimarca, Norvegia, Svezia, Finlandia	6
Spagna, Portogallo	7
Grecia, Turchia	8

#### 1.4 Controlli

Nel D.M. 96 [3] sono fornite prescrizioni riguardanti i controlli in stabilimento e in cantiere o luogo di lavorazione delle barre.

Per quanto riguarda i controlli in stabilimento viene fatto obbligo ai produttori di barre lisce, ad aderenza migliorata, fili trafilati, reti e tralicci, di sottoporre, presso i propri stabilimenti, la loro produzione a prove di carattere statistico, con modalità indicate negli Allegati 4, 5 e 6 di [3]. Ai produttori, per la qualificazione della produzione, è fatto obbligo di produrre la documentazione relativa al Ministero dei Trasporti e delle Infrastrutture, Servizio Tecnico Centrale, che notifica al produttore l'avvenuto deposito ed accerta la validità e la rispondenza della documentazione stessa, anche attraverso sopralluoghi, rilasciando apposito attestato:

- Dimostrazione dell'idoneità del processo produttivo:
  - il tipo di prodotti (tipo, dimensioni, composizione chimica)
  - le condizioni generali della fabbricazione e dell'approvvigionamento dell'acciaio e del prodotto intermedio
  - la descrizione degli impianti di produzione
  - l'organizzazione del controllo interno di qualità con l'indicazione dei responsabili aziendali
- Controllo continuo interno di qualità della produzione condotto su basi statistiche
- Verifica periodica della qualità da parte di Laboratori Ufficiali.

Inoltre ogni 6 mesi i Produttori devono confermare, con apposita documentazione indicata in [3], la permanenza delle condizioni iniziali di idoneità del processo produttivo. Il mancato rispetto delle condizioni indicate può comportare la decadenza della qualificazione. La qualificazione è identica anche per i prodotti provenienti dall'estero.

Per i prodotti provenienti dai paesi della Comunità Economica Europea, nei quali sia in vigore una certificazione di idoneità tecnica riconosciuta dalle rispettive Autorità competenti, il produttore potrà, in alternativa a quanto previsto per i controlli in stabilimento, inoltrare al Ministero dei Trasporti e delle Infrastrutture, Servizio Tecnico Centrale, una domanda tesa ad ottenere il trattamento di equivalenza della procedura adottata nel Paese d'origine depositando contestualmente la relativa documentazione per i prodotti da fornire con il corrispondente marchio. L'equivalenza è sancita con decreto dello stesso Ministero, sentito il Consiglio Superiore del Ministero dei Trasporti e delle Infrastrutture. Per quanto riguarda i controlli in cantiere, essi sono obbligatori e sono relativi a tre spezzoni marchiati dello stesso diametro, scelto entro ciascun gruppo di diametri per ciascuna partita prescelta. Le prove vanno eseguite presso un Laboratorio Ufficiale e riguardano la resistenza e la duttilità.

I valori caratteristici delle grandezze  $f_y$ ,  $f_{(0,2)}$  e  $f_t$  si valutano detraendo dalla media dei corrispondenti valori riferiti ad ogni diametro rispettivamente  $10 \text{ N/mm}^2$  per  $f_y$  e  $f_{(0,2)}$  e  $20 \text{ N/mm}^2$  per  $f_t$ . Qualora il risultato non sia conforme a quello dichiarato dal Produttore, il Direttore dei lavori disporrà la ripetizione della prova su sei ulteriori campioni dello stesso diametro, in tal caso dalle medie dei nove valori si detraggono rispettivamente  $20 \text{ N/mm}^2$  per  $f_y$  e  $f_{(0,2)}$  e  $30 \text{ N/mm}^2$  per  $f_t$ . Ove anche da tale accertamento i limiti dichiarati non risultino rispettati, il controllo deve estendersi, previo avviso al produttore, a 25 campioni, applicando i dati ottenuti negli Allegati 4 e 5 del D.M. 96 [3]. L'ulteriore risultato negativo comporta la non idoneità della partita e la trasmissione dei risultati al produttore, che sarà tenuto a farli inserire tra i risultati dei controlli statistici della sua produzione.

Analoghe norme si applicano a controlli di duttilità, aderenza e distacco al nodo saldato delle reti : un singolo risultato negativo sul primo prelievo comporta l'esame di sei nuovi spezzoni dello stesso diametro, un ulteriore singolo risultato negativo comporta l'inidoneità della partita.

I certificati rilasciati dal Laboratorio incaricato dei controlli devono indicare il marchio identificativo, rilevato sui campioni da sottoporre a prova. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Ministero dei Trasporti e delle Infrastrutture, dovrà essere riportata specifica annotazione sul certificato di prova.

Ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile, tramite marchiatura indelebile, per quanto concerne le caratteristiche qualitative (tipo di acciaio, saldabilità), Azienda produttrice e Stabilimento di produzione. I produttori devono depositare presso il Ministero dei Trasporti e delle Infrastrutture, Servizio Tecnico Centrale, il marchio (nervatura e marchiatura) che sarà inserito in apposito Catalogo, aggiornato a cura del Servizio Tecnico Centrale dello stesso Ministero.

Ciascun prodotto qualificato deve essere accompagnato da apposita etichetta contenente istruzioni relative a produzione, controlli e certificazioni. L'accertamento dell'esistenza della Certificazione si realizza mediante etichette applicate a ciascuna confezione di barre, reti, tralici e acciaio presagomato. I produttori, i successivi intermediari e gli utilizzatori finali devono assicurare una corretta archiviazione della documentazione di accompagnamento dei materiali garantendone la disponibilità per almeno 10 anni e devono mantenere evidenti le etichette o marcature di riconoscimento per la rintracciabilità del prodotto.

## 2 ANCORAGGI, GIUNZIONI, SALDATURE, GIUNTI MECCANICI

### 2.1 Ancoraggi

Le barre di armatura, i fili o le reti elettrosaldate devono essere ancorate in modo tale da consentire la completa trasmissione degli sforzi di scorrimento tra i due materiali ed evitare la fessurazione longitudinale ed il distacco del calcestruzzo, in quanto negli elementi in cemento armato la collaborazione tra l'acciaio ed il calcestruzzo è garantita sia dall'aderenza lungo tutto lo sviluppo longitudinale della barra che dall'*ancoraggio* delle estremità delle barre nel calcestruzzo.

Per garantire l'efficienza dell'ancoraggio è necessario seguire regole ben precise che tengono conto sia di considerazioni statiche (trasferimento degli sforzi) che tecniche (un ancoraggio errato potrebbe indurre fessurazioni e distacchi).

La normativa italiana [3] indica che le barre tese devono essere prolungate oltre la sezione nella quale esse sono soggette alla massima tensione in misura sufficiente a garantire l'ancoraggio nell'ipotesi di ripartizione uniforme delle tensioni tangenziali di aderenza. Con le stesse modalità si dovrà inoltre verificare che l'ancoraggio sia garantito al di là della sezione a partire dalla quale esse non vengono più prese in conto, con riferimento alla tensione effettiva ivi agente.

La lunghezza di ancoraggio proposta in [3] deriva dalla considerazione che lo snervamento  $f_{yd}$  dell'acciaio avvenga prima del raggiungimento della tensione ultima di aderenza  $f_{bd}$ , a cui corrisponde lo sfilamento della barra; la condizione di equilibrio si esprime:

$$f_{yd} \frac{\pi \Phi^2}{4} = f_{bd} \pi \Phi \cdot l_b$$

da cui la lunghezza di ancoraggio di base  $l_b$  vale:

$$l_b = \frac{\Phi \cdot f_{yd}}{4f_{bd}}$$

dove:

- $f_{yd}$  è la tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio di armatura
- $\Phi$  è il diametro della barra
- $f_{bd}$  è la tensione tangenziale ultima di aderenza.

I valori della tensione tangenziale ultima di aderenza  $f_{bd}$  consigliata dalla norma:

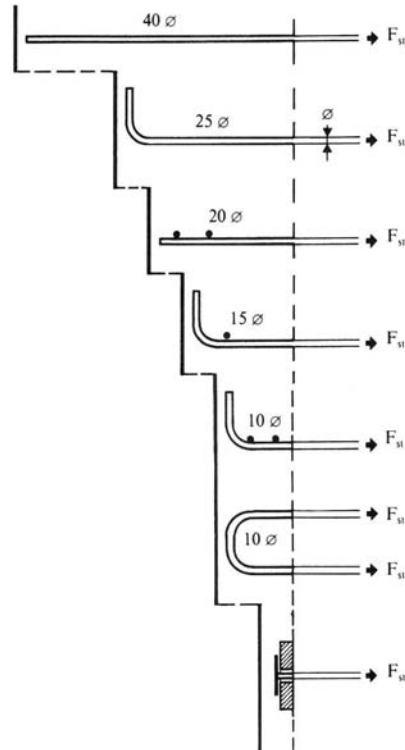
$$f_{bd} = \frac{0,32}{\gamma_c} \sqrt{R_{ck}} \quad (\text{N/mm}^2) \quad \text{per barre lisce}$$

$$f_{bd} = 2,25 \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} \quad (\text{N/mm}^2) \quad \text{per barre ad aderenza migliorata}$$

$$\text{dove } f_{ctk} = 0,7 \cdot 0,27 \sqrt[3]{R_{ck}^2}$$

è applicabile in zone di conglomerato compatto utilmente compresso e cioè per barre ancorate nella metà inferiore della trave o a non meno di 30 cm dalla superficie superiore del getto o da una ripresa ed allontanate dal lembo teso, oppure barre inclinate non meno di 45° sulle traiettorie di compressione.

Nel caso di barre ancorate in condizioni diverse da quelle sopraindicate, si dovranno considerare congrue riduzioni (fino al 50% dei valori indicati); a questo proposito è molto significativa la Fig. 2-1 nella quale sono illustrati i vari metodi di ancoraggio delle barre.

**Figura 2-1 Metodi di ancoraggio per barre di armatura**

La normativa italiana [3] per barre tonde lisce, salvo zone sicuramente compresse, impone gli uncini semicircolari con diametro interno non inferiore a 5 diametri e prolungati oltre il semicerchio di non meno di 3 diametri (ai fini del computo essi sono equivalenti a 20 diametri).

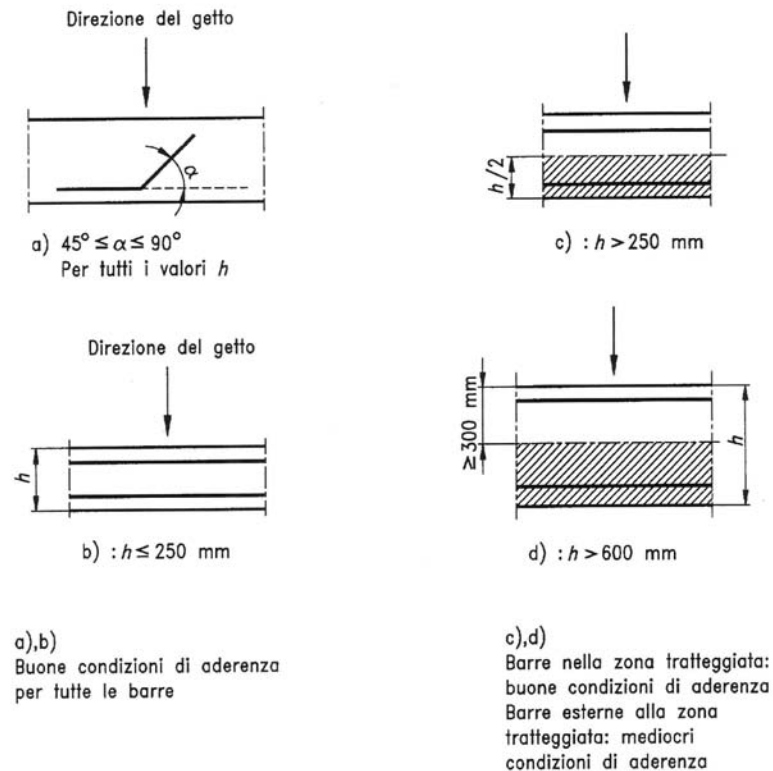
Per le barre ad aderenza migliorata è omesso l'uncino ma l'ancoraggio deve essere in ogni caso pari a 20 diametri con un minimo di 15 cm.

La norma europea [1] è più esplicita. Definisce le condizioni di aderenza indicando che la qualità dell'aderenza dipende dal profilo della barra, dalle dimensioni dell'elemento, dalla inclinazione e posizione dell'armatura durante il getto. Le condizioni di aderenza sono da considerarsi buone per:

- tutte le barre con inclinazione sull'orizzontale, durante il getto,  $45^\circ < \alpha < 90^\circ$  (Fig. 2-2a)
- tutte le barre con inclinazione sull'orizzontale, durante il getto,  $0^\circ < \alpha < 45^\circ$  e sono:
  - poste in elementi la cui profondità, nella direzione del getto, non è  $< 250$  mm (Fig. 2-2b)
  - o inglobate in elementi con profondità  $> 250$  mm e che, quando il getto è completato, sono:
    - nella metà inferiore dell'elemento (Fig. 2-2c)
    - ad almeno 300 mm dalla superficie superiore dell'elemento (Fig. 2-2d)

tutte le altre condizioni sono da considerarsi ad aderenza mediocre.

Figura 2-2 Definizione delle condizioni di aderenza



La tensione ultima di aderenza  $f_{bd}$  deve essere tale che non si verifichino spostamenti relativi significativi dell'acciaio rispetto al calcestruzzo sotto i carichi di esercizio e vi sia adeguato margine di sicurezza nei confronti della rottura dell'aderenza.

La Tab. 2.1 evidenzia che i valori della tensione ultima di aderenza  $f_{bd}$ , forniti dall'EC2 [1] sono leggermente diversi da quelli proposti dalla norma italiana [3].

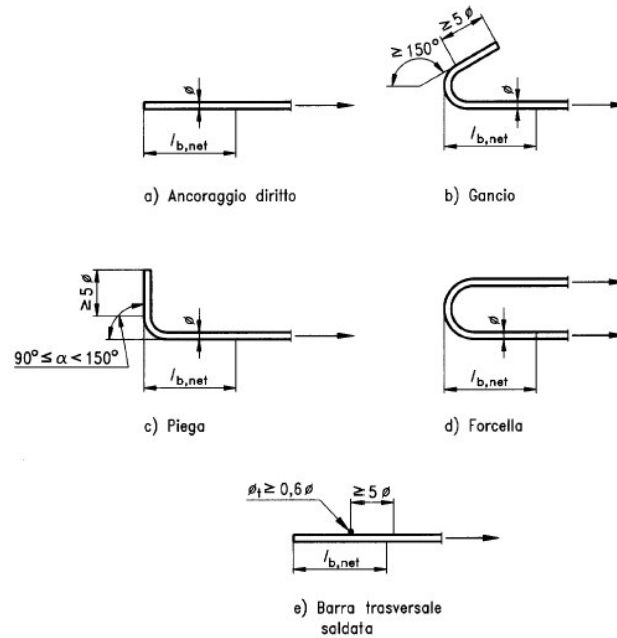
La lunghezza di ancoraggio di base, intesa come la lunghezza rettilinea necessaria per ancorare una barra soggetta alla forza  $A_s \cdot f_{yd}$ , avendo assunto  $f_{bd}$  costante, è ottenuta con la stessa formula della norma italiana [3]. E' anche specificato che, nel caso di reti elettrosaldate, deve considerarsi il diametro equivalente  $\varnothing_n = \varnothing \sqrt{2}$ .

Nella Fig. 2-3 sono indicati i vari tipi di ancoraggio e relative lunghezze e si consiglia che gli ancoraggi diritti o piegati non devono di regola essere utilizzati per ancorare barre lisce con  $\varnothing > 8$  mm (Fig. 2-3a o 2-3c), piegature, ganci o risvolti non sono consigliati per ancoraggi compressi eccetto per barre lisce che possono essere soggette, per particolari condizioni di carico, a forze di trazione nella zona di ancoraggio.

**Tabella 2.1** Valori di calcolo di  $f_{bd}$  in  $N/mm^2$  secondo D.M. 96 [3] e EC2 [1]

$f_{ck}$		12	16	20	25	30	35	40	45	50
$R_{ck}$		15	20	25	30	37	45	50	55	60
Barre lisce	EC2	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
	D.M. 96	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5
Barre ad aderenza migliorata	EC2 $\varnothing \leq 32$ mm	1,5	1,8	2,1	2,5	2,8	3,1	3,5	3,8	4,0
	D.M. 96	1,6	2,0	2,3	2,6	3,0	3,4	3,6	3,8	4,1

**Figura 2-3** Metodi e lunghezze di ancoraggio [1]



L'EC2 [1] differenzia la lunghezza di ancoraggio di “base” da quella “necessaria” (per altro non indicata dalla Normativa Italiana [3]) ed indica che, per barre e fili, la lunghezza di ancoraggio “necessaria”  $l_{b,net}$ , può essere calcolata con la relazione seguente, che tiene conto di tutti i parametri che possono influenzare la trasmissione degli sforzi:

$$l_{b,net} = \alpha_a l_b \frac{A_{s,req}}{A_{s,prov}} \geq l_{b,min}$$

dove:

- $l_b$  è la lunghezza di ancoraggio di base
- $A_{s,req}$  armatura richiesta dal calcolo

- $A_{s,prov}$  armatura effettivamente disposta
- $\alpha_a = 1$  per barre dritte
- $\alpha_a = 0,7$  per barre piegate in trazione, se nella zona di piegatura, del gancio o del risvolto lo spessore di calcestruzzo che ricopre l'armatura, misurato perpendicolare al piano di piegatura è almeno pari a  $3 \varnothing$
- $l_{b,min} = 0,3 l_b$  ( $\geq 10 \varnothing$ ) per ancoraggi in trazione
- $l_{b,min} = 0,6 l_b$  ( $\geq 100 \text{ mm}$ ) per ancoraggi in compressione.

Anche per reti elettrosaldate di fili ad aderenza migliorata si può applicare l'ultima relazione e qualora nella zona di ancoraggio siano presenti barre trasversali saldate si deve applicare ad  $l_{b,net}$  un coefficiente di riduzione pari a 0,7.

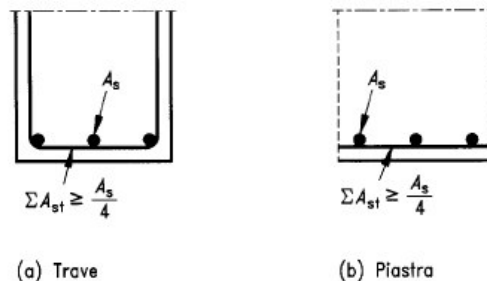
Di regola, ai fini dell'ancoraggio, devono essere disposte armature trasversali (Fig. 2-4), parallele alla superficie di calcestruzzo, distribuite in modo uniforme sulla lunghezza di ancoraggio. Almeno una barra deve essere posta in corrispondenza del gancio, della piegatura o del risvolto di ancoraggi curvi.

Le armature trasversali devono essere previste:

- per tutti gli ancoraggi di barre compresse, in questo caso le armature trasversali devono di regola circondare le barre, essere concentrate alla fine dell'ancoraggio ed estendersi per una distanza almeno pari a 4 volte il diametro della barra ancorata (Fig. 2-4)
- per ancoraggi in trazione se non vi è compressione trasversale dovuta a reazione di appoggio (caso degli appoggi indiretti).

L'area totale minima delle armature trasversali è pari al 25% dell'area della barra che si deve ancorare.

**Figura 2-4 Armature trasversali negli ancoraggi [1]**



## 2.2 Giunzioni

Spesso è necessario eseguire delle giunzioni in quanto la lunghezza della barra commerciale è limitata ed anche per motivi pratici; le giunzioni comunque devono assicurare la trasmissione delle forze da una barra all'altra, evitare il distacco del calcestruzzo nelle vicinanze delle giunzioni, garantire che la larghezza delle fessure alle estremità delle giunzioni non superi i limiti imposti.

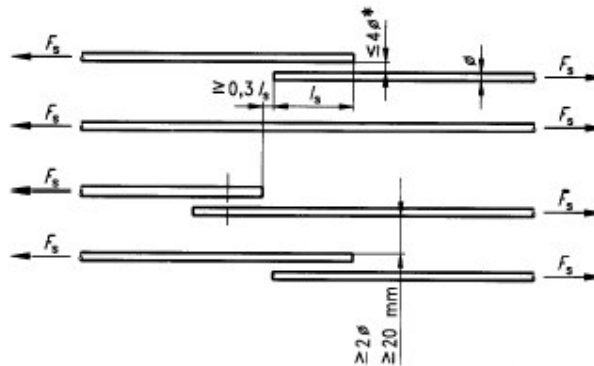
La normativa italiana [3] consiglia che le giunzioni in zona tesa, quando non siano evitabili, si devono realizzare possibilmente nelle regioni di minor sollecitazione, in ogni caso devono essere opportunamente sfalsate.

Le giunzioni di cui sopra possono effettuarsi mediante:

- saldature eseguite in conformità alle norme vigenti sulle saldature. Devono essere accertate la saldabilità degli acciai da impiegare [3], nonché la compatibilità tra metallo e metallo di apporto nelle posizioni e/o condizioni operative previste nel progetto esecutivo.
- manicotto filettato. E' consentito l'uso di manicotti di tipo speciale, purché il tipo stesso sia stato preventivamente approvato dal Consiglio Superiore del Ministero dei Trasporti e delle Infrastrutture.
- sovrapposizione calcolata in modo da assicurare l'ancoraggio di ciascuna barra. In ogni caso la lunghezza di sovrapposizione in retto deve essere non minore di 20 volte il diametro e la prosecuzione di ciascuna barra deve essere deviata verso la zona compressa. La distanza mutua (interfero) nella sovrapposizione non deve essere superiore a 6 volte il diametro.

Nell'EC2 [1], dove le indicazioni da seguire per le giunzioni sono accompagnate da disegni, si consiglia che le sovrapposizioni tra le barre devono di regola essere sfalsate e poste in zone di tensioni non elevate, disposte simmetricamente e parallelamente alla faccia esterna dell'elemento e che inoltre lo spazio libero tra le due barre sovrapposte deve rispettare le disposizioni indicate in Fig. 2-5. L'importanza della corretta distanza tra le giunzioni è esemplificata molto chiaramente in Fig. 2-6, che illustra il meccanismo a traliccio che si instaura tra due barre adiacenti ed il conseguente pericolo di fessurazione del calcestruzzo intermedio tra due barre.

**Figura 2-5 Distanze mutue e lunghezza di sovrapposizioni adiacenti**



\* altrimenti la lunghezza di sovrapposizione sarà aumentata di quanto lo spazio libero supera  $4 \varnothing$ .

Nel caso di armature trasversali, se il diametro delle barre sovrapposte è minore di 16 mm o se in una sezione le barre sovrapposte sono meno del 20 % dell'intera area delle armature ivi disposte (armature a taglio, barre di distribuzione), non occorre disporre ulteriori armature.

Se il diametro è  $\geq 16$  mm le armature trasversali devono avere area totale (somma di tutti i bracci paralleli allo strato delle barre giuntate, vedi Fig. 2-7) non minore dell'area della barra giuntata; inoltre devono avere forma di staffa se l'interfero fra due sovrapposizioni è minore di  $10 \varnothing$  ed essere diritte in tutti gli altri casi.

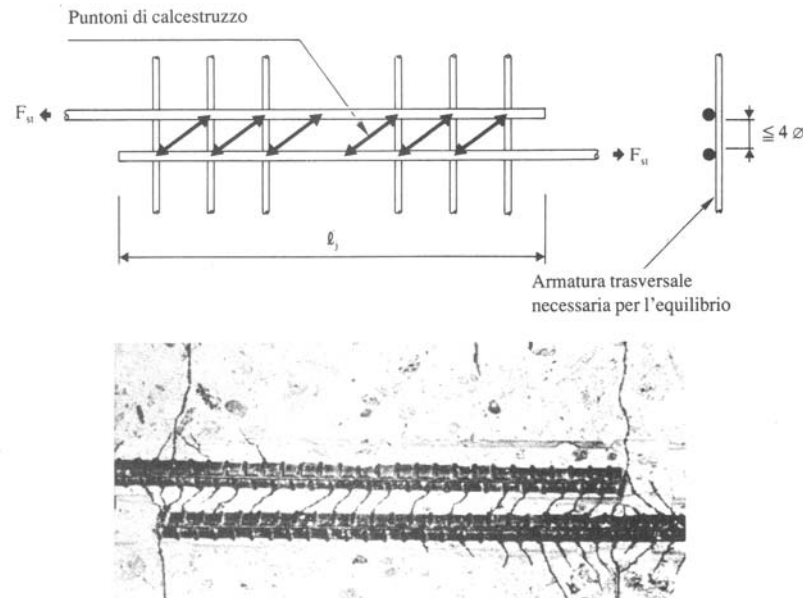
La lunghezza di sovrapposizione si valuta :

$$l_s = l_{b,net} \alpha_1 \geq l_{s,min} \quad \text{dove:}$$



- $l_{b,net}$  è la lunghezza di ancoraggio necessaria già definita
- $\alpha_1 = 1$  per lunghezze di sovrapposizione di barre compresse e per lunghezze di sovrapposizione di barre tese se meno del 30 % delle barre nella sezione sono sovrapposte e se  $a \geq 10 \varnothing$  e  $b \geq 5 \varnothing$ , dove  $a$  è l'interfero fra due sovrapposizioni e  $b$  è il copriferro.
- $\alpha_1 = 1,4$  per lunghezze di sovrapposizione di barre tese quando sia verificata una delle due sottoelencate condizioni ma non entrambe:
  - il 30 % o più delle barre nella sezione sono sovrapposte
  - $a < 10 \varnothing$  e  $b < 5 \varnothing$
- $\alpha_1 = 2$  per lunghezze di sovrapposizione di barre tese, se si verificano entrambe le condizioni su esposte

**Figura 2-6 Meccanismo a traliccio tra due barre adiacenti**



Possono essere realizzate giunzioni per sovrapposizione anche con le reti elettrosaldate di fili ad aderenza migliorata.

L'EC2 [1] distingue fra reti per armature principali e reti per armature trasversali di ripartizione.

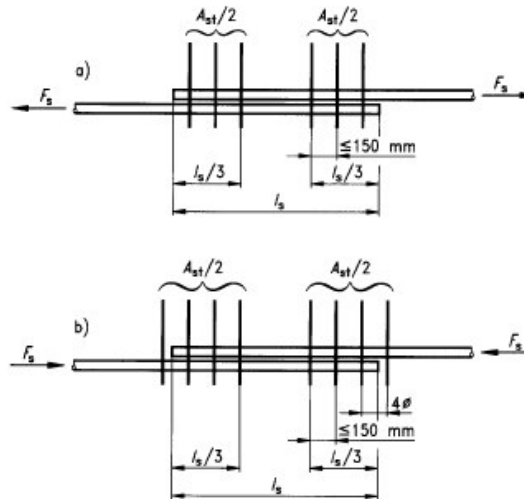
### 2.2.1 Reti elettrosaldate di fili ad aderenza migliorata

#### 2.2.1.1 Sovrapposizione delle armature principali

Le sovrapposizioni devono essere realizzate nelle zone in cui gli effetti delle azioni, sotto combinazioni di carico rare, superano l'80% della resistenza di calcolo della sezione.

La percentuale di armatura principale che può essere giuntata in una sezione è pari a:

- 100% se l'area specifica della sezione della rete,  $A_s/s \leq 1200 \text{ mm}^2/\text{m}$ ; s passo della maglia
- 60% se  $A_s/s > 1200 \text{ mm}^2/\text{m}$  e se si tratta di rete interna.

**Figura 2-7 Armature trasversali in giunzioni per sovrapposizione**

Le giunzioni di strati multipli devono essere sfalsate di  $1,3 l_s$ , la lunghezza di sovrapposizione è definita dall'equazione:

$$l_s = \alpha_2 l_b \frac{A_{s,req}}{A_{s,prov}} \geq l_{s,min}$$

dove:  $\alpha_2 = 4 + \frac{A_s/s}{800} \geq 1,0$  e  $\leq 2,00$

$l_b$  la lunghezza di ancoraggio di base valutata per le barre ad aderenza migliorata

$l_{s,min} = 0,3 \cdot \alpha_2 \cdot l_b \geq 200$  mm ovvero  $s_f$

$s_f$  è il passo dei fili trasversali alla rete,  $A_{s,req}$  ed  $A_{s,prov}$  sono gli stessi simboli utilizzati per il calcolo della lunghezza di ancoraggio di base.

### 2.2.1.2 Sovrapposizione delle armature trasversali di distribuzione

Tutte le armature trasversali possono essere giuntate nella stessa posizione e le lunghezze minime di tali sovrapposizioni sono date nella Tab. 2.2. In tale lunghezza deve essere prevista almeno una maglia, ossia almeno due barre trasversali.

L'ancoraggio di staffe e di armatura a taglio deve effettuarsi normalmente utilizzando ganci o armature trasversali saldate. Barre o fili ad aderenza migliorata possono essere ancorati con piegature. Di regola in corrispondenza della piega o del gancio va disposta una armatura trasversale. I diametri dei mandrini utilizzati devono rispettare le prescrizioni generali per la piegatura. L'ancoraggio è considerato soddisfacente quando:

- la parte curva di un gancio o di una piegatura prosegue per un tratto rettilineo la cui lunghezza risulti:
  - $5 \varnothing$  o 50 mm se è la prosecuzione di un arco  $\geq 135^\circ$
  - $10 \varnothing$  o 70 mm se è la prosecuzione di un arco di  $90^\circ$
- vi sono vicino alla estremità di una barra dritta almeno due barre trasversali saldate oppure una sola barra trasversale saldata di diametro  $\geq 1,4$  volte il diametro dell'armatura a taglio.

**Tabella 2.2 Sovrapposizione di armature trasversali di distribuzione [1]**

	Diametro delle barre (mm)		
	$\varnothing \leq 6$	$6 < \varnothing \leq 8,5$	$8,5 < \varnothing \leq 12$
Fili ad aderenza migliorata	$\geq s_1$ $\geq 150 \text{ mm}$	$\geq s_1$ $\geq 250 \text{ mm}$	$\geq s_1$ $\geq 350 \text{ mm}$

$s_1$  passo tra i fili longitudinali.

Le barre ad aderenza migliorata con  $\varnothing > 32$  mm, devono essere utilizzate solo in elementi la cui dimensione trasversale minima è  $> 15 \varnothing$ , deve essere assicurato un adeguato controllo della fessurazione ed eventualmente disporre armature di pelle (§ 4.4, armatura aggiuntiva, formata da barre di piccolo diametro o reti, poste all'esterno delle armature e/o delle staffe).

Il ricoprimento minimo dell'armatura  $c$  deve essere  $\geq \varnothing$ . La distanza libera orizzontale e verticale tra singole barre orizzontali o fra strati orizzontali di barre parallele deve, di regola, essere non minore del massimo diametro delle barre longitudinali o pari alla somma della dimensione dell'aggregato più grosso maggiorato di 5 mm.

Nel caso fossero presenti gruppi di barre vanno considerate tali se sono dello stesso diametro ed hanno le stesse caratteristiche meccaniche, in tal caso si considererà una barra di diametro equivalente  $\varnothing_n = \varnothing \sqrt{n_b} \geq 55$  mm, dove  $n_b$  è il numero delle barre. Il gruppo di barre dovrà essere  $\leq 4$  per barre compresse e per barre in una zona di giunzione per sovrapposizione,  $\leq 3$  in tutti gli altri casi.

Nel progetto il gruppo è sostituito da una barra equivalente che ha la stessa area e lo stesso baricentro del gruppo di barre. Sono consentiti solo ancoraggi dritti.

### 2.3 Saldature

Le saldature che ripristinano o formano la continuità strutturale (barre tese o compresse) devono essere eseguite solo sugli acciai da armatura la cui saldabilità è indicata da apposita marchiatura e deve essere accertata la compatibilità fra metallo e metallo di apporto nelle posizioni o condizioni operative previste nel progetto esecutivo. Le saldature devono essere eseguite in conformità alle norme in vigore per le saldature [3]; devono essere eseguite e controllate da personale altamente specializzato.

I metodi di saldatura consentiti sono:

- saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti;
- saldatura automatica ad arco sommerso
- saldatura automatica o semiautomatica sotto gas protettore

La saldatura non deve essere impiegata in zone a forte curvatura. È ammissibile localizzare in una stessa sezione varie barre saldate di punta, sempre che l'area dell'armatura saldata non superi il 20% del totale.

Le modalità per realizzare collegamenti saldati sono le seguenti:

- unioni di punta
- unioni per sovrapposizione
- unioni a croce
- unioni a lastra e profili metallici.

Nel caso delle reti elettrosaldate la saldatura deve garantire la resistenza al distacco del nodo per cui è soggetta a controlli specifici indicati in Allegato 5 [3], [23].

## 2.4 Giunti meccanici

La normativa italiana [3,5] e l'EC2 [1] ammettono l'impiego dei giunti meccanici, ma deve essere dimostrata la loro idoneità tramite certificati di conformità.

L'utilizzo del giunto meccanico deve essere giustificato da: valutazioni economiche, spazio disponibile tra le armature e condizioni di esecuzione.

Il loro uso deve essere indicato esplicitamente nel progetto e nei disegni di dettaglio delle armature.

Il progettista deve conoscere in dettaglio il procedimento di esecuzione del tipo di manicotto impiegato, giacché la necessità di introdurre delle attrezzature per l'esecuzione del manicotto condiziona la distanza minima tra le barre da collegare e le altre barre o i casseri.

### 2.4.1 Manicotti

Si fa riferimento alle specifiche del Manuale del CEB n° 201[24].

Il collegamento mediante manicotti si applica a barre di grande diametro, dato che la normativa non permette i collegamenti per sovrapposizione per  $\varnothing > 32$  mm.

Inoltre può essere una soluzione economica dovuta al risparmio sul peso dell'acciaio e alla rapidità di esecuzione in diametri normali, dato che esistono macchine che automatizzano il processo collegando in maniera meccanica le barre, montando la carpenteria con gran rapidità. Questa tecnica si utilizza nelle costruzioni di difficile accesso per gli operai (grandi pile di ponti, ecc), conseguendo, oltre al risparmio di acciaio, una rapidità di montaggio molto maggiore.

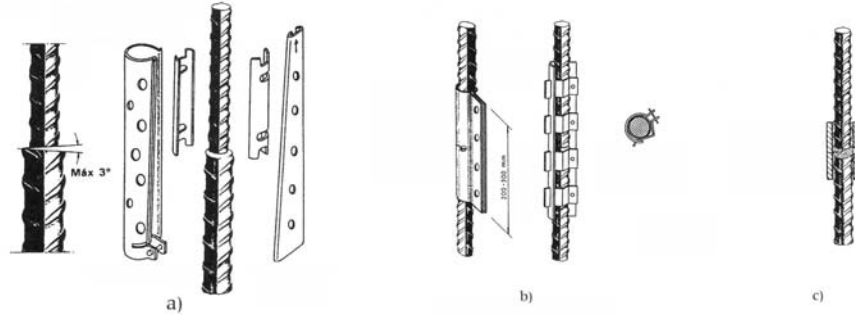
La presenza di manicotti in un elemento strutturale, sempre che il collegamento sia eseguito a regola d'arte, non si ripercuote sulla duttilità dell'elemento se sono adottati procedimenti di calcolo lineare con o senza redistribuzione.

Fondamentalmente si distinguono due tipi:

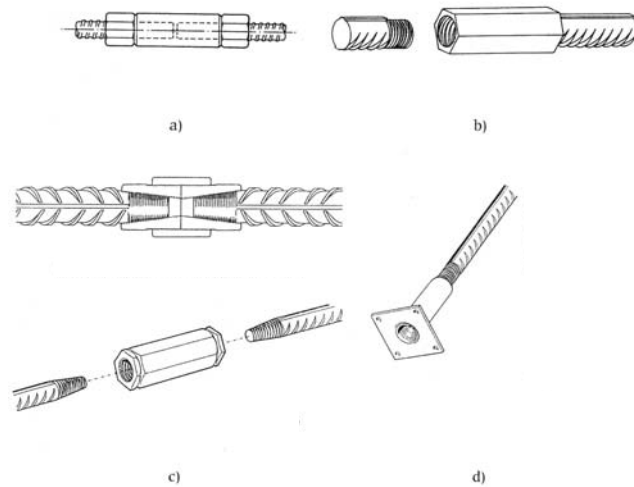
- *Manicotti di compressione*, anche detti posizionatori, validi unicamente per trasmettere sforzi di compressione. Le barre devono avere superfici di contatto piane e perpendicolari al proprio asse, ammettendosi nel caso di accoppiatori per contatto diretto un angolo massimo di deviazione tra le facce di  $3^\circ$ . Ne esistono fondamentalmente di 3 tipi: accoppiatori aderenti (Fig. 2-8a), a pressione (Fig. 2-8b) e con materiale di riempimento di lega fusa (Fig. 2-8c). In quest'ultimo caso le barre non richiedono precauzioni speciali per il taglio, nè il loro mutuo contatto, anche se i loro estremi devono restare perfettamente puliti e asciutti.
- *Manicotti di trazione-compressione*. Il produttore dovrà garantire il funzionamento dei manicotti mediante risultati di prove di trazione sulle combinazioni diametro minimo - diametro massimo che si possono presentare. Possono essere utilizzati:
  - *Manicotti filettati*, di cui esistono due varianti. In uno i risalti delle barre (specialmente quelle laminate) permettono di filettare le barre nel manicotto con due dadi di regolazione, e il giunto si produce come rappresentato nella Fig. 2-9a. Le viti di regolazione devono essere serrate con una determinata coppia di serraggio, che richiede l'impiego di una chiave dinamometrica. Nell'altro tipo di connettori a vite (Fig. 2-9b) le barre vengono filettate ai loro estremi per potersi avvitare nel manicotto, che ha due viti interne che avvitano in senso inverso. Inizialmente si aumenta la sezione delle estremità delle barre per permettere la filettatura della vite senza perdita di sezione. Un caso speciale di questo tipo di giunti è costituito dai manicotti di "armatura in attesa", progettati esplicitamente per evitare attese di elementi gettati in opera e che possono fissarsi ai casseri mediante un manicotto speciale di estremità (Fig. 2-9d).

- *Manicotti con riempimento di lega, malta o resina.* Le Figg. 2-10e e 2-10f, mostrano modelli generici di questo sistema. Fondamentalmente si tratta di un cilindro nel quale si accoppiano le barre da unire, riempito con una lega metallica fusa, con malta antiritiro, oppure con resina epossidica. Le barre non necessitano di stare a contatto e l'interno del manicotto possiede delle zigrinature che migliorano l'aderenza. Fino all'indurimento del riempimento le barre devono essere mantenute immobili, in special modo nei riempimenti di malta.
- *Manicotti a pressione.* Le barre vengono introdotte in un manicotto che successivamente viene pressato, collegando entrambe le barre. Il pressaggio può essere fatto a freddo o a caldo. Esiste una variante nella quale si pressano sugli estremi delle barre da unire due elementi filettati, che successivamente si collegano (Figg. 2-10g e 2-10h).

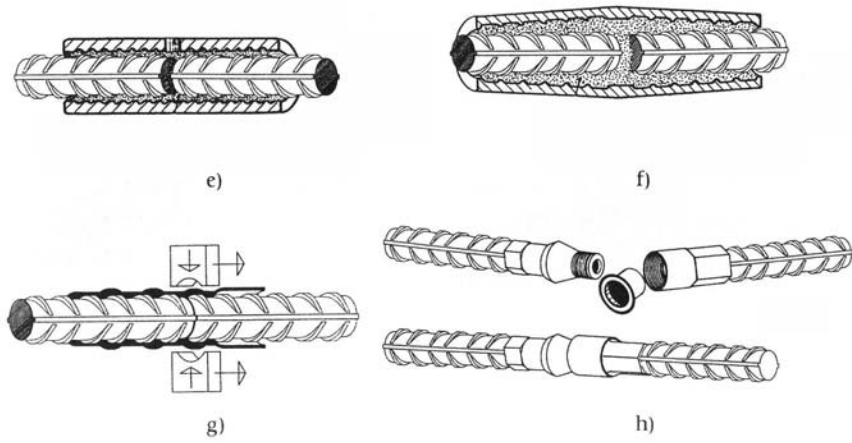
**Figura 2-8 Accoppiatori di barre in compressione**



**Figura 2-9 Manicotti di collegamento trazione-compressione**



**Figura 2-10 Manicotti di collegamento trazione-compressione con riempimento in lega e a pressione**



### 3 SAGOME PER L'INDUSTRIALIZZAZIONE E LA LAVORAZIONE DELLA ARMATURA

#### 3.1 Generalità

La normativa nazionale ed internazionale è prodiga di indicazioni [25-39] sulle modalità di unificazione e rappresentazione di disegni tecnici di ingegneria civile e strutturale. Tuttavia tale normativa è poco divulgata, quindi poco conosciuta, e di conseguenza quasi sempre disattesa. La sua applicazione porterebbe alla redazione di disegni inequivocabili e leggibili da qualunque operatore del settore con comuni vantaggi e semplificazioni. Nel caso specifico dell'acciaio d'armatura [40-43] la standardizzazione delle sagome e la distinta dei ferri tende a razionalizzare e semplificare l'armatura e la sua posa in opera.

Per definire un chiaro e non ambiguo sistema di rappresentazione è necessario specificare il metodo di identificazione delle dimensioni e l'ordine nel quale l'informazione è data nella distinta dei ferri. Inoltre le sagome delle barre devono essere caratterizzate da un codice numerico piuttosto che da uno schizzo o da una descrizione. Questa metodologia porta una riduzione dei costi in fase di progettazione e di preparazione dell'armature (collegamento informatico fra progettista e stabilimento di presagomatura o officina di cantiere) e di posa in opera (l'armatura sagomata è dotata di identificazione che consente in modo inequivocabile la sua posa in opera).

A titolo esemplificativo nella Tab. 3.1 sono riportate le operazioni relative alla presagomatura dell'acciaio per cemento armato.

**Tabella 3.1 Fasi operative della lavorazione del ferro tondo**

UFFICIO TECNICO	OFFICINA	CONTROLLO
Studio dei progetti	Ricezione del materiale	Verifiche dei Certificati di garanzia, Marchi di Certificazione, ecc.
Analisi del tipo di acciaio utilizzato per definire i raggi di curvatura	Classificazione e stoccaggio arrivi	Verifica delle tolleranze di taglio
Realizzazione delle distinte dei ferri	Piegatura	Verifica delle tolleranze di piegatura
Revisione delle distinte dei ferri	Assemblaggio in Officina	Verifica dei Certificati di qualificazione dei saldatori
Realizzazione delle distinte di taglio e di piegatura	Etichettatura	Controllo di qualità delle unioni saldate:
	Stoccaggio partenze	a) resistenti
	Carico e veicolo di trasporto	b) non resistenti
	Scarico in opera	Verifica dei giunti
	Immagazzinamento in opera	Verifica delle tolleranze di assemblaggio
	Posa in opera nei casseri	Verifica del tipo e della collocazione dei separatori
	Collocazione dei separatori e cavallotti	Verifica dell'etichettatura
		Verifica della collocazione nei casseri

### 3.2 Distinta dei ferri

Sulla base dei disegni esecutivi del progetto strutturale, si prepara, in accordo con la UNI 9120 [40] o ISO 4066 [41], la distinta dei ferri, nella quale per ciascuna sagoma di barra è indicato:

- l'elemento strutturale di appartenenza
- il riferimento
- il tipo di acciaio
- la sua lunghezza<sup>1</sup>
- il numero di elementi strutturali che la contengono
- il numero di barre per ciascun elemento
- il numero totale
- la massa totale in kg
- il codice di sagoma
- la dimensione delle parti curve (vedi § 3.3)
- il raggio di curvatura delle parti curve qualora non fosse normalizzato
- eventuali modifiche e relativa data.

Inoltre dovrebbe essere riportata la ragione sociale, il titolo del progetto, la data di esecuzione, il nome dell'esecutore e del controllore. Nella Tab. 3.2 è riportato un esempio di distinta ferri [40-41], che fornisce le indicazioni necessarie per compilare la distinta ferri in modo uniforme e si applica a tutti i tipi di barre in acciaio, e cioè:

- il metodo di annotazione delle dimensioni
- il sistema di codificazione delle sagome
- l'elenco delle sagome correnti
- la distinta dei ferri.

Una volta redatta la distinta dei ferri si preparano i fogli di taglio e di piegatura che verranno spediti in officina ai settori interessati per la realizzazione dell'elemento.

### 3.3 Metodo di annotazione delle dimensioni delle barre

Le dimensioni delle parti curve devono essere annotate come nella Fig. 3-1, le dimensioni indicate sono quelle esterne massime. Il raggio di curvatura deve rispettare i valori minimi indicati dalle norme in funzione del diametro della barra, nel caso in cui si impieghino raggi non normalizzati, il valore deve essere indicato nell'apposita colonna nella distinta. Ciascuna sagoma standardizzata può comprendere le tolleranze cumulative di taglio e piegatura e non è obbligatorio indicare queste dimensioni nella distinta dei ferri.

### 3.4 Piegatura

Dopo il taglio si esegue la piegatura, mediante la quale si ottiene la sagoma definitiva delle armature. Questa è l'ultima operazione che si effettua nello stabilimento di presagomatura, a meno che dalla committenza non sia richiesta anche l'assemblaggio e/o la posa in opera delle barre e quindi la legatura o saldatura delle stesse.

---

<sup>1</sup> La lunghezza totale o *lunghezza di taglio* deve tener conto anche delle parti curve e dei ganci supplementari, sulla base delle tolleranze prescritte



**Tabella 3.2 Distinta ferri [40-41]**

Esempio di distinta dei ferri															
Elemento	Riferimento della barra	Tipo di acciaio*	Diametro (mm)	Lunghezza di ogni barra (m)	Numero di elementi	Num. barre a elemento	Numero totale barre	Massa totale (kg)	Codice di sagoma	Dimensioni delle parti curve (cm)					Modifiche
										a	b	c	d	e/r	
(Ragione sociale)					(Titolo del progetto)					Data	N° del disegno	N° della distinta	Data modifiche		
										Eseguito da			Indice modifiche		
										Controllato da					

\*Raggruppare gli elementi costituiti con lo stesso tipo di acciaio e separare i gruppi con una linea orizzontale grossa

La piegatura deve essere eseguita in un'unica operazione con estrema precisione poiché durante il montaggio delle armature non deve essere, in linea di massima, mai consentita nessuna modifica.

Il raggio minimo di piegatura di una barra, e quindi il diametro dei mandrini utilizzati per la piegatura delle armature, devono essere tali da evitare danni ed eccessive pressioni nel calcestruzzo (Fig.3-2).

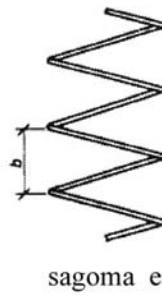
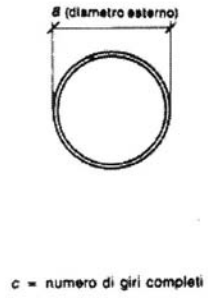
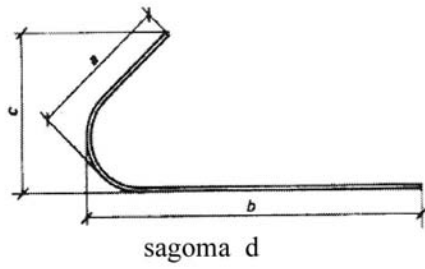
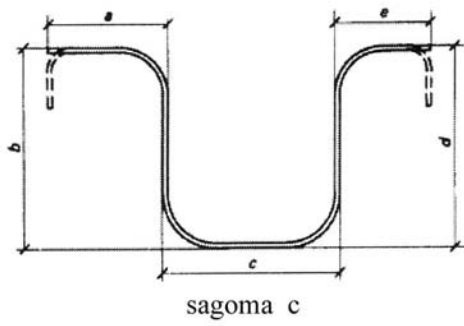
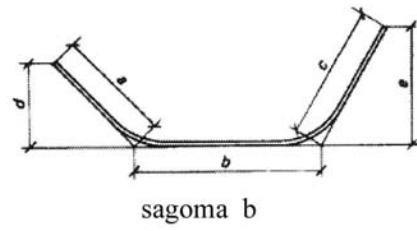
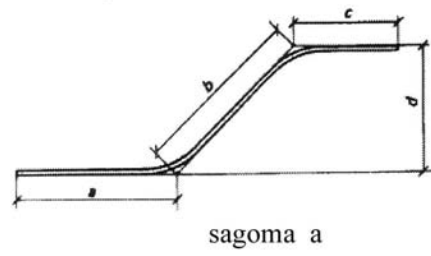
Si prenda, come esempio, la piegatura a 45° e le relative pressioni indotte sul calcestruzzo nella parte curva della barra, il valore della risultante delle pressioni F è dato da:  $F=2 \cdot A_s \cdot \cos 67,5^\circ$ .

Se si valuta la pressione unitaria della barra sulla curva è evidente che quanto più piccolo è il raggio di curvatura tanto maggiore sarà la pressione sul calcestruzzo.

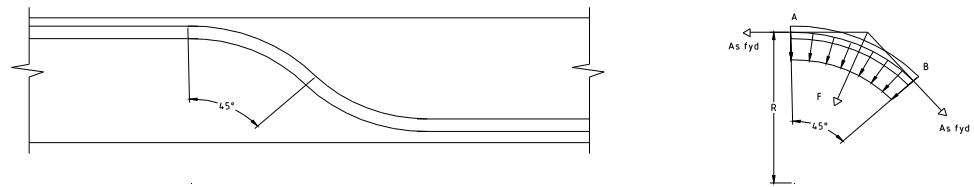
Per una barra di diametro 25 mm ed acciaio FeB 44k ( $\gamma_s = 1,15$ ), supposto un raggio  $k\varnothing$ , la pressione per cm di lunghezza risulta:

$$p = \frac{F}{\text{lung (AB)}} = \frac{6822}{k}$$

Figura 3-1 Dimensioni delle parti curve [40-41]

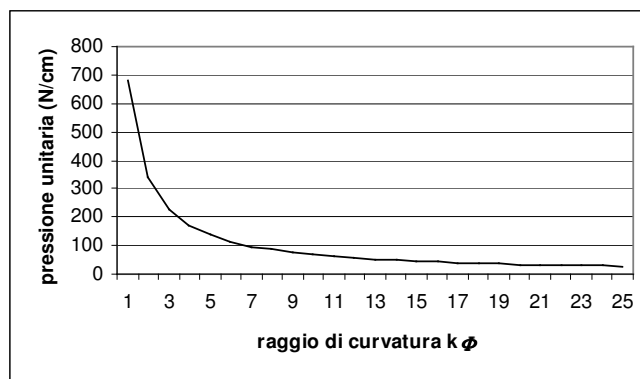


**Figura 3-2 Barra piegata a 45° e relative pressioni sul calcestruzzo**



Nel grafico della Fig. 3-3, dove in ascisse è riportato il raggio di curvatura  $k\phi$  (mm) e in ordinate la pressione per unità di lunghezza (N/cm), si osserva che la pressione cresce in modo iperbolico al ridursi del raggio di curvatura.

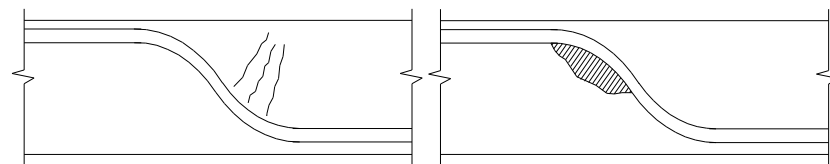
**Figura 3-3 Andamento della pressione sul calcestruzzo in funzione del raggio di curvatura**



Un raggio eccessivamente piccolo conduce a problemi patologici come la fessurazione o lo schiacciamento del calcestruzzo (Fig. 3-4).

La piegatura, seguendo le specifiche del progettista, deve essere effettuata meccanicamente a freddo, a velocità moderata, in modo tale da assicurare una curvatura regolare alla parte piegata, evitare frantumazioni o fenditure nel calcestruzzo all'interno della piegatura e fessure nella barra dovute alla piegatura stessa.

**Figura 3-4 Patologie del calcestruzzo prodotte da raggio di curvatura errato**



La piegatura è sconsigliata se la temperatura è inferiore a  $-5^{\circ}\text{C}$ .

In caso di temperatura compresa fra  $-5^{\circ}\text{C}$  e  $+5^{\circ}\text{C}$  si debbono adottare precauzioni particolari: riduzione della velocità di piegatura, aumento del diametro del mandrino, compatibilmente con le indicazioni del progetto.

La normativa italiana non dà alcuna indicazione per le dimensioni dei mandrini da utilizzare nella esecuzione delle piegature nella sagomatura, ma solo per il raggio di curvatura della piegatura stessa; in particolare il D.M. 96 [3] prescrive per le piegature un raccordo circolare di raggio non minore a 6 volte il diametro della stessa e che nelle barre di acciaio inossidato a freddo le piegature non possono essere effettuate a caldo.

Mentre l'EC2 [1] offre precise indicazioni per quanto riguarda le dimensioni dei mandrini per la realizzazione di staffe, uncini, barre piegate e barre tonde (Tab. 3.3).

**Tabella 3.3 Diametri minimi dei mandrini per barre ad aderenza migliorata [1]**

Uncini, piegature, ganci		Barre piegate o altre barre curve		
Diametro barra $\varnothing$		Valore del ricoprimento minimo c, normale al piano di piegatura		
$\varnothing < 20 \text{ mm}$	$\varnothing \geq 20 \text{ mm}$	$c > 100 \text{ mm}$ e $c > 7 \varnothing$	$c > 50 \text{ mm}$ e $c > 3 \varnothing$	$c \leq 50 \text{ mm}$ e $c \leq 3 \varnothing$
4 $\varnothing$	7 $\varnothing$	10 $\varnothing$	15 $\varnothing$	20 $\varnothing$

### 3.5 Sistema di codificazione delle sagome [40-41]

Il codice delle sagome si compone di due caratteri numeri entrambi compresi fra 0 e 7 (Tab. 3.4). Il primo numero indica il numero delle pieghe contenute nella sagoma, il secondo carattere individua l'angolo di piegatura e il senso delle piegature.

**Tabella 3.4 Codificazione delle sagome [40-41]**

1° carattere		2° carattere	
numero	significato	numero	significato
0	senza piegatura	0	barre diritte
1	1 piegatura	1	piegatura a $90^{\circ}$ di raggio normalizzato, tutte le curve nel medesimo senso
2	2 piegature	2	piegatura a $90^{\circ}$ di raggio non normalizzato, tutte le curve nel medesimo senso
3	3 piegature	3	piegatura a $180^{\circ}$ di raggio non normalizzato, tutte le curve nel medesimo senso
4	4 piegature	4	piegatura a $90^{\circ}$ di raggio normalizzato, le curvature non sono tutte nello stesso senso
5	5 piegature	5	piegatura $< 90^{\circ}$ , tutte le curvature nel medesimo senso
6	archi di cerchio	6	piegatura $< 90^{\circ}$ , le curvature non sono tutte nel medesimo senso
7	eliche	7	archi ed eliche
9	speciale	9	raggi di curvatura normalizzati e non

A titolo di esempio valutiamo i codici delle sagome riportate nella Fig. 3-1:

sagoma a): 2 parti curve con angoli  $< 90^\circ$  e le curvature non hanno il medesimo senso: codice 26  
 sagoma b): 2 parti curve con angoli  $< 90^\circ$  e le curvature hanno il medesimo senso: codice 25  
 sagoma c): 4 parti curve con angoli di  $90^\circ$  e le curvature non hanno il medesimo senso: codice 44  
 sagoma d): 1 parte curva con angolo  $> 90^\circ$  e raggio di curvatura non normalizzato: codice 99  
 sagoma e): elica con diametro costante: codice 77

Qualora non si intenda applicare le indicazioni riportate nella UNI 9120 [40] o ISO 4066 [41], una distinta dei ferri deve essere redatta seguendo almeno le regole seguenti:

- numerare da 1 a  $\infty$  le sagome presenti nel progetto
- indicare per ogni sagoma il numero degli elementi necessari
- indicare per ogni sagoma il codice corrispondente alla UNI 9120 [40] o ISO 4066 [41].

### 3.6 Principali sagome dell'armatura [40-41]

Le sagome correnti sono in totale 16 e sono riportate nella Tab. 3.6, nella quale troviamo il codice di sagoma e la sagoma. In pratica, secondo le regole del buon costruire, è comune ammettere la rappresentazione della barra sagomata tramite poligonale, sempre che i diametri di curvatura nei cambi di direzione rispettino i minimi specificati.

Le quote devono essere indicate in cm. Al fine di ridurre i costi, i tempi di elaborazione ed il rischio di errore, è preferibile unificare le lunghezze delle barre appartenenti ad elementi simili, che vadano a montarsi nello stesso periodo di tempo, sempre che differiscano meno di 20 cm.

### 3.7 Tolleranze

Le tolleranze devono essere definite chiaramente prima dell'inizio dei lavori di costruzione ed essere indicate sui disegni esecutivi [1]. Le tolleranze riguardano le dimensioni strutturali e il copriferro, nessuna indicazione è fornita per la sagomatura delle armature.

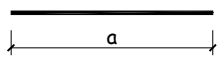
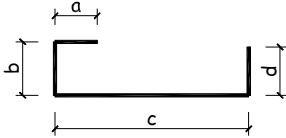
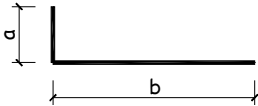
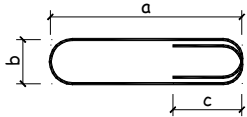
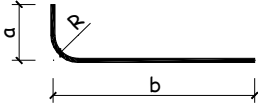
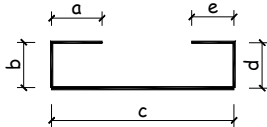
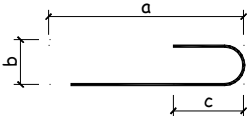
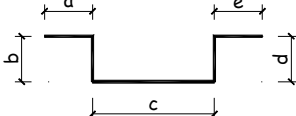
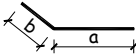
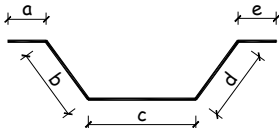
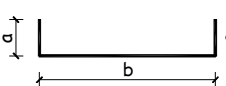
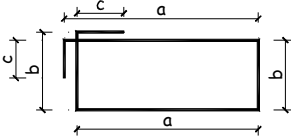
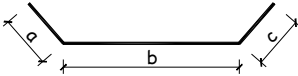
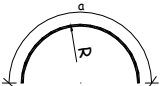
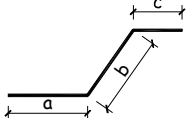

Il D.M. 96 [3] per le barre ad aderenza migliorata definisce le limitazioni riportate nella Tab. 3.7 e precisa che le sezioni effettive non devono essere inferiori al 98% delle sezioni nominali adottate nei calcoli statici. Se tale tolleranza non è rispettata nei calcoli statici si adotteranno le sezioni effettive. Per i fili di acciaio trafilato e per i fili delle reti e dei tralicci la tolleranza sulle sezioni ammesse per l'impiego è di  $\pm 4\%$  per tutti i diametri.

**Tabella 3.7 Tolleranze per barre ad aderenza migliorata [3]**

Diametro nominale mm																
5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24	25	26	28	30
Tolleranza in % sulla sezione ammessa per l'impiego																
$\pm 10$	$\pm 10$	$\pm 9$	$\pm 8$	$\pm 8$	$\pm 8$	$\pm 8$	$\pm 6$	$\pm 6$	$\pm 6$	$\pm 6$	$\pm 5$	$\pm 5$	$\pm 5$	$\pm 5$	$\pm 5$	$\pm 5$

E' da notare che la norma italiana non fornisce alcuna indicazione sulle tolleranze che dovrebbero essere applicate all'acciaio sagomato, in relazione ad esempio alla lunghezza di taglio, all'ingombro totale delle sagome, agli angoli di piegatura, ecc., per cui in corso d'opera, nella maggior parte dei casi la mancanza di un sistema di tolleranze adeguato e pattuito a priori, porta in genere ad una moltitudine di discussioni di accettabilità, che incrementano il costo e la durata dei lavori.

**Tabella 3.6 Principali sagome di armatura [40-41]**

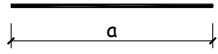
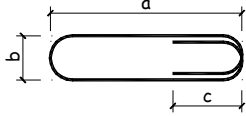
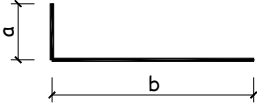
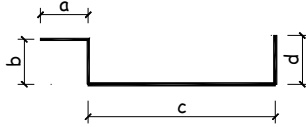
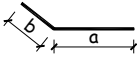
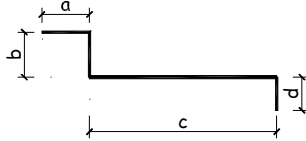
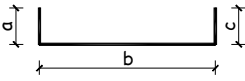
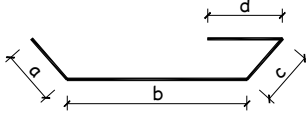
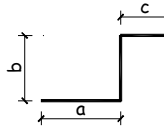
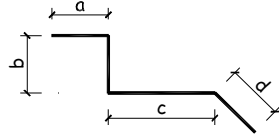
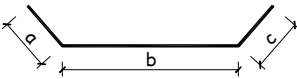
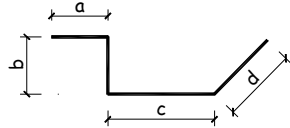
N° di Codice	Sagoma	N° di Codice	Sagoma
00		31	
11		33	
12		41	
13		44	
15		46	
21		51	
25		67	
26		77	

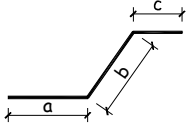
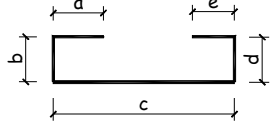
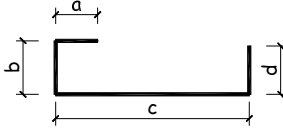
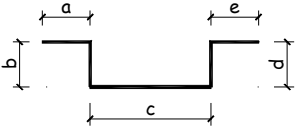
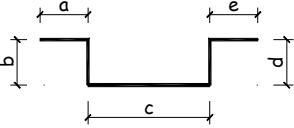
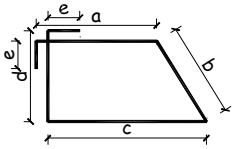
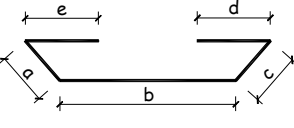
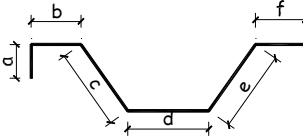
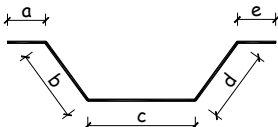
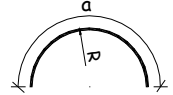
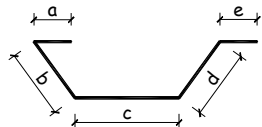

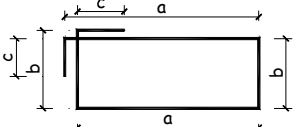
### 3.8 Proposta di sistema di codificazione delle sagome delle barre

Dall'esperienza di alcuni sagomatori è emersa la proposta di integrare la codifica UNI 9120 [39] o ISO 4066 [40] con un ulteriore numero di riconoscimento che indica il numero delle pieghe consecutive aventi il medesimo senso.

Sulla base di queste considerazioni nella Tab. 3.8 è riportata la proposta di sagomario standard.

**Tabella 3.8 Nuova proposta di codificazione delle sagome di armatura**

N° di Codice		Sagoma	N° di Codice		Sagoma
ISO 4066	Proposta		ISO 4066	Proposta	
00	000		33	333	
11	111		34	342	
15	151		34	341	
21	212		35	353	
24	241		36	361	
25	252		36	362	

<i>Segue tabella</i>					
N° di Codice		Sagoma	N° di Codice		Sagoma
ISO 4066	Proposta		ISO 4066	Proposta	
26	261		41	414	
31	313		44	442	
44	443		55	555	
45	454		56	562	
46	462		67	677	
46	463		77	777	
51	515		99	999	Altre sagome

### 3.9 Controlli

Uno dei vantaggi offerti dai centri di presagomatura consiste nella possibilità di standardizzare il controllo di accettabilità in tutti i processi parallelamente alla produzione, con possibilità di rettifiche di fronte ad errori [44].



Questo aspetto è essenziale per garantire che la lavorazione dell'acciaio d'armatura non danneggi il prodotto finito. L'eventuale danneggiamento deriva dal fatto che la normativa non impone alcun controllo al termine del lavoro di sagomatura se si escludono i controlli in stabilimento e quelli in cantiere relativi all'accertamento delle caratteristiche meccaniche del materiale. Sarebbe in realtà necessario non solo un controllo prima della lavorazione ma anche quello sul materiale trasformato, in relazione alle varie operazioni di raddrizzatura, taglio, piegatura, eventuale saldatura e montaggio delle armature. In Spagna, Francia e Germania il controllo sulla qualità della produzione è inteso come controllo interno e riguarda:

- Materiale non alterato
- Materiale raddrizzato
- Materiale tagliato
- Materiale piegato
- Materiale saldato con saldature resistenti
- Materiale saldato con saldature di collegamento
- Materiale montato

### 3.10 Proposta per la Certificazione Sistema Qualità

In Italia, un Istituto Certificatore intende proporre, secondo la [44] e [45-46], una guida applicativa per la Certificazione Sistema Qualità per le Aziende di presagomatura, che specifica i requisiti per la fase di produzione e la consegna. I requisiti non sono applicabili solo quando:

- attiene a processi operativi che l'organizzazione non svolge né direttamente né indirettamente
- non incide sulla capacità dell'organizzazione di fornire prodotti o erogare servizi rispondenti alle esigenze dei clienti e a quelli cogenti applicabili
- non contrasta con specifici requisiti del cliente e/o con prescrizioni regolamentari.

I requisiti generali comprendono l'obbligo di stabilire, documentare, mettere in pratica, tenere aggiornato un sistema di gestione per la qualità e migliorare con continuità la sua efficacia. E' consigliato di definire tutti i processi necessari per il sistema di gestione per la qualità, inclusa la loro sequenza e le interazioni dei dati di input, l'indicazione dei documenti prescritti utilizzati, delle attività effettuate dagli addetti alle operazioni, dei documenti di registrazione, dei dati di output e degli enti destinatari. L'organizzazione deve preparare e tenere aggiornato il Manuale della qualità dove è riportato il campo di applicazione del sistema di gestione con i dettagli delle esclusioni ammesse e le relative motivazioni, nonché la descrizione dei processi del sistema e le loro interazioni. Deve essere attentamente considerata la divisione di responsabilità e autorità tra la struttura direttiva dell'organizzazione ed ogni singola unità produttiva, evidenziando l'attribuzione delle funzioni e delle responsabilità nonché i rapporti reciproci del personale che dirige, esegue e verifica attività che influenzano la qualità dei suoi prodotti. Deve essere attentamente valutata inoltre la gestione delle risorse. Nell'ambito della realizzazione del prodotto, in particolare si precisa che per la sagomatura degli elementi di armature per l'edilizia non sono generalmente previste attività di progettazione, è invece consigliata la verifica dei prodotti approvvigionati.

#### 3.10.1 Verifica dei prodotti approvvigionati

Nel caso in cui l'organizzazione o i suoi clienti intendano effettuare la verifica del prodotto presso il fornitore, lo stesso ne deve essere informato in occasione dell'emissione dell'ordine.

L'organizzazione deve definire ed effettuare le ispezioni o altre attività per accertarsi della conformità ai requisiti del prodotto acquistato.

Devono essere definiti i tipi di controllo da effettuare sul prodotto al ricevimento, fra cui:

- verifica fra ordine e documenti trasmessi dal fornitore
- verifica e confronto fra le caratteristiche del prodotto ricevuto e le pertinenti specifiche o capitoli che solitamente riguardano:
  - dati tecnici
  - documenti di riferimento (disegni, specifiche)
  - criteri di accettazione (tolleranze, campioni di riferimento)
  - metodologia di campionamento (se applicata)
  - criteri di confronto (visivo, misurazioni, altro)
  - modulistica da utilizzare per le registrazioni
  - modalità da seguire nel caso di prodotti non conformi.

I risultati delle verifiche devono essere registrati in maniera organica e conservati per il tempo definito nei documenti del sistema di gestione dell'organizzazione. In particolare l'acciaio al ricevimento è accompagnato da un certificato di accompagnamento che contenga almeno:

- produttore
- stabilimento di produzione
- diametro nominale
- denominazione dell'acciaio
- quantità consegnata
- destinatario
- certificato attestante il controllo statistico della produzione [3].

### 3.10.2 Tenuta sotto controllo delle attività di produzione ed erogazione dei servizi

Per ogni tipologia di sagomato dovrà essere definito il ciclo di lavorazione con tutte le prescrizioni di fabbricazione inclusa la successione delle fasi di lavorazione in modo da ottenere una produzione che risponda ai requisiti indicati dal progetto esecutivo. L'organizzazione deve quindi specificare i requisiti relativi alle qualifiche degli operatori dei processi e delle apparecchiature connesse a tenerne la registrazione. Deve pertanto rendere disponibili apparecchiature adatte e predisporre istruzioni per la loro manutenzione con opportune "schede" o sistemi equivalenti che specifichino le attività da effettuare e la loro periodicità. L'organizzazione che intendesse attivare il servizio di assistenza tecnica dovrà assicurarsi che il personale addetto a tale funzione posseda appropriate conoscenze tecniche. Le attività inerenti il servizio di assistenza dovranno essere pianificate, mantenute, verificate secondo specifiche modalità definite dall'organizzazione in congruenza con le esigenze dei clienti e/o cogenti.

### 3.10.3 Validazione dei processi produttivi e dell'erogazione dei servizi

L'organizzazione deve predisporre ed applicare modalità definite per l'identificazione del prodotto a partire dal ricevimento fino alla conclusione del processo produttivo, per consentire la riferibilità dei certificati previsti per legge. Le operazioni di movimentazione, immagazzinamento, imballaggio, trasporto ed eventuale montaggio non devono alterare il prodotto. Se conservazione ed imballaggio non sono applicabili deve esserne indicato il motivo. Inoltre il sagomato deve essere consegnato con un documento di accompagnamento che contenga almeno le seguenti informazioni:

- produttore del sagomato
- stabilimento di produzione
- lista dei sagomati
- quantità consegnata

- data della consegna
- destinatario
- eventuali certificati del produttore d'acciaio previsti per legge.

#### 3.10.4 Tenuta sotto controllo dei dispositivi di misurazione e monitoraggio

L'organizzazione dovrà assicurare che le apparecchiature per prove, misurazioni e collaudi che sono necessarie per l'esecuzione di tutte le prove, test e collaudi richiesti per norma cogente, per contratto e/o procedure siano in efficienza (inclusa la taratura, se richiesta) prima del loro utilizzo. L'organizzazione inoltre deve:

- per le prove o controlli identificati dalle sue procedure individuare le apparecchiature in grado di assicurare l'accuratezza e la precisione necessarie
- tarare tutte le apparecchiature di prova e misurazione e metterle a punto secondo le frequenze previste
- definire le modalità di taratura delle apparecchiature per prova, controllo e misurazione
- documentare con quali modalità e con quali riferimenti esegue il controllo dello stato di taratura
- identificare le apparecchiature di prova e misurazione mediante contrassegno appropriato che deve indicare quanto segue:
  - tipo di apparecchiatura o numero di identificazione
  - data dell'ultima taratura
  - termine ultimo per la lettura successiva
  - sigla o riferimenti del responsabile della gestione delle attrezzature
- conservare la registrazione relativa alle tarature delle apparecchiature per prova e misurazione
- valutare e documentare la validità dei risultati di precedenti prove e controlli qualora risultasse che le apparecchiature di misurazione e di prova fossero fuori taratura
- assicurare che le condizioni ambientali siano adatte alle operazioni di taratura, prova e misurazione da eseguire
- assicurare che la manipolazione, la custodia e la conservazione delle apparecchiature per prova e misurazione siano adatte a mantenere l'accuratezza e l'idoneità richiesta
- evitare che i sistemi di prova e misurazione subiscano interventi che possano pregiudicarne la taratura.

#### 3.10.5 Monitoraggio e misurazione dei processi

L'organizzazione deve definire modalità e criteri per tenere sotto controllo i processi con le seguenti finalità: verificare che siano atti a soddisfare i requisiti del cliente e le normative applicabili, verificare la loro adeguatezza a fornire con continuità prodotti conformi ai requisiti dei clienti, misurare la loro capacità di ottenere i risultati pianificati. In particolare dovranno essere misurati e monitorati il processo di produzione dei sagomati. Nella Tab.3.9 sono riportati i controlli da eseguire sui rotoli raddrizzati prima della lavorazione, nella Tab. 3.10 quelli minimi del processo di produzione dei sagomati in quanto le attrezzature e gli impianti dovranno essere sottoposti ad un piano di manutenzione programmata e registrata.

Il presagomatore deve seguire una procedura documentata che garantisca che i prodotti raddrizzati continuino a soddisfare i requisiti richiesti in termini di proprietà meccaniche. Questa procedura deve includere le due operazioni seguenti:

- ispezione visiva di ogni rotolo raddrizzato. Una misura dell'altezza delle nervature come minimo una volta al giorno e/o ogni cambio di diametro.

Il criterio seguito per l'accettazione dovrà essere precisato nel Manuale della Qualità.

Dove questi requisiti non sono soddisfatti, si assumerà come criterio di decisione l'indice di aderenza  $f_r$ .

- campionamento e prova dei prodotti raddrizzati con una frequenza di un campione per diametro e macchina per settimana. Per la verifica delle proprietà meccaniche devono essere prelevati quattro provini per ogni lotto (due nella direzione longitudinale e due per la direzione trasversale). Questi provini possono essere prelevati, a scelta del produttore, sia da un unico pannello che da diversi pannelli, a patto che vengano provati fili diversi.

### 3.10.6 Monitoraggio e misurazione dei prodotti

L'organizzazione deve predisporre e conservare le registrazioni che forniscano evidenza che il prodotto è stato provato, controllato ed è conforme ai requisiti stabiliti. Queste registrazioni devono riportare gli esiti ottenuti e devono indicare in modo chiaro se il prodotto ha superato o meno le prove e controlli previsti in conformità ai criteri di accettazione stabiliti. Le registrazioni devono evidenziare il responsabile delle prove e dei controlli eseguiti e del rilascio del prodotto. Lo stato delle prove, controlli e collaudi dei prodotti deve essere individuato mediante mezzi idonei che indicano la conformità o la non conformità a fronte delle prove e controlli eseguiti per evitare l'utilizzo di prodotti non conformi. Si dovrà procedere al controllo sistematico del prodotto finito, registrando almeno le caratteristiche riportate in Tab. 3.11.

**Tabella 3.9 Controlli di conformità dei rotoli raddrizzati prima della lavorazione**

fase	diametro	attrezzature	
		proprietà standard	fatica
prove di qualificazione	massimo e minimo diametro per ogni macchina di processo	1 rotolo	5 campioni del diametro maggiore
prove di verifica	un diametro	1 rotolo	5 campioni l'anno del diametro maggiore

**Tabella 3.10 Controlli minimi del processo di produzione dei sagomati**

oggetto		prova	metodo di prova	attrezzature	frequenza
verifica precisione di taglio	1	controllo lunghezze impostate	verifica metrica	metro	ogni 10 tonnellate tagliate
	2	verifica sagoma	verifica metrica	metro goniometro	ogni 500-1000 pezzi prodotti

**Tabella 3.11 Controlli minimi sui prodotti finiti**

oggetto		prova	metodo di prova	attrezzature	frequenza
?	1	verifica corrispondenza tra produzione preventivata ed eseguita per un determinato ordine	verifica del peso reale e confronto col peso teorico (se lo scarto è $\leq$ del 2%, ciò che è stato prodotto corrisponde a quanto richiesto dal cliente)	pesa	ad ogni ordine
?	2	verifica corrispondenza tra produzione preventivata ed eseguita per un determinato ordine	verifica tra la quantità e tipologia dei pezzi prodotti e quanto richiesto nell'ordine preso in esame	visiva	ogni 6 mesi (ad ogni ordine secondo ICMQ)

## 4 L'ARMATURA NEGLI ELEMENTI IN CEMENTO ARMATO

### 4.1 L'elemento compresso

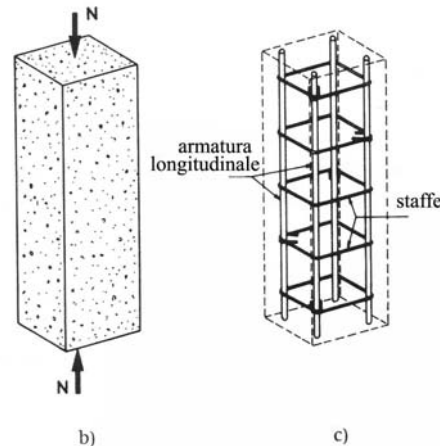
I pilastri di edifici, le pile dei ponti e le aste compresse delle strutture reticolari sono gli elementi più comuni soggetti ad azione normale di compressione centrata; in essi l'armatura è costituita, in genere, da barre longitudinali e da staffe trasversali (Fig. 4-1); gli sforzi di compressione sono assorbiti dall'armatura longitudinale e dal calcestruzzo; le staffe non partecipano direttamente alla resistenza dei pilastri ma hanno importanti funzioni ausiliarie, infatti esse:

- sono indispensabili per l'assemblaggio dell'armatura longitudinale (garantiscono il corretto posizionamento)
- esercitano un'azione di contenimento trasversale che migliora il comportamento a compressione del calcestruzzo ed impedisce o limita la fessurazione longitudinale nel caso di valori di tensioni elevate
- vincolano lateralmente le barre longitudinali compresse riducendo la loro luce libera d'inflexione e quindi l'instabilità flessionale locale, consentendo l'utilizzo del materiale sino allo snervamento. Occorre osservare che affinché questo meccanismo sia efficace, è necessario che il ricoprimento del calcestruzzo sia di spessore adeguato.

Per garantire il loro perfetto funzionamento le staffe devono essere chiuse (solitamente con ganci a 135°), ancorate nel calcestruzzo e conformate in modo da contrastare efficacemente, lavorando a trazione, gli spostamenti delle barre longitudinali verso l'esterno.

In un pilastro a sezione variabile la distanza fra le armature trasversali dipende dalla entità delle azioni trasversali che si generano.

**Figura 4-1 Armatura longitudinale e staffe in un elemento soggetto a compressione centrata**



Nei setti e pareti a compressione centrata l'armatura è costituita da una o più reti elettrosaldate a maglia ortogonale disposte in piani paralleli; in tal modo è garantita una eccezionale rapidità di posa e la costanza del diametro e dell'interfero; inoltre le reti offrono un'ottima aderenza, in quanto ogni nodo costituisce un valido punto di ancoraggio.

## 4.2 L'elemento inflesso

### 4.2.1 Armatura a flessione

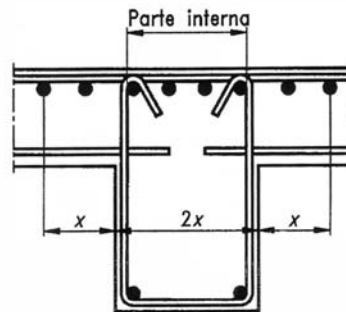
L'armatura è costituita da barre longitudinali, disposte nel lembo teso, atte ad assorbire le azioni di trazione e da barre longitudinali in zona compressa, che possono funzionare come reggistaffe e/o contribuire, assieme al calcestruzzo compresso, alla resistenza della sezione.

Al fine di limitare l'ampiezza delle fessure, entro i valori richiesti dalla progettazione, ed evitare fessure incontrollate è bene limitare la distanza delle barre e/o il diametro delle stesse.

Nell'ala tesa delle travi a T, l'armatura non deve essere concentrata lungo il piano di simmetria dell'anima e può essere suddivisa approssimativamente in parti uguali fra la parte interna e la parte esterna all'anima (Fig. 4-2).

Se il diametro delle barre non supera circa  $1/8$  dello spessore dell'ala, le fessure risultano meglio distribuite e quindi più sottili.

**Figura 4-2** Disposizione dell'armatura nell'ala tesa di una sezione a T



Nelle zone a momento positivo, in cui l'anima è tesa, è preferibile ripartire l'armatura in tutta la zona tesa per evitare la formazione di fessure relativamente distanti e piuttosto aperte. Tuttavia tale disposizione tende a diminuire il braccio della coppia interna e comporta quindi un aumento della quantità d'acciaio.

Sugli appoggi con momento di incastro piccolo o nullo si deve disporre un'armatura longitudinale inferiore in grado di resistere ad una forza di trazione pari alla sollecitazione di taglio ivi agente, ovvero [1] deve essere prolungata almeno il 25% dell'armatura presente in campata.

Tali armature devono essere ancorate oltre il filo interno degli appoggi eventualmente con un gancio (Fig. 4-3), con una piegatura a  $90^\circ$  oppure con un forcina orizzontale.

Anche negli appoggi intermedi deve essere prevista una certa quantità di armatura; in tal caso gli ancoraggi devono avere lunghezza maggiore di  $10 \varnothing$  per barre diritte o non minore del diametro del mandrino per uncini e piegature.

### 4.2.2 Armatura a taglio

L'armatura a taglio consiste essenzialmente in staffe verticali, (nelle travi a cassone risultano più efficaci per il controllo della fessurazione le staffe oblique) ed eventualmente barre disposte per la flessione piegate a  $45^\circ$ .

Tuttavia, malgrado la loro efficacia i ferri piegati non sono consigliabili perché la loro distanza, di solito piuttosto grande, comporta concentrazioni tensionali nel calcestruzzo.

Figura 4-3 Lunghezze di ancoraggio delle armature inferiori negli appoggi intermedi

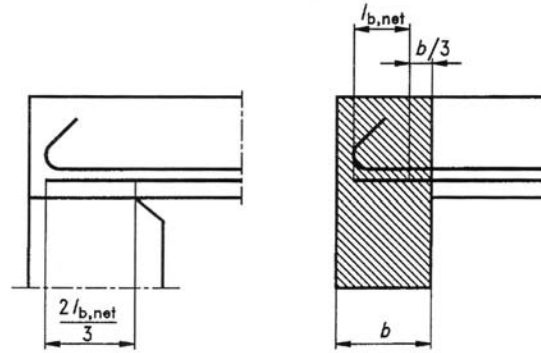
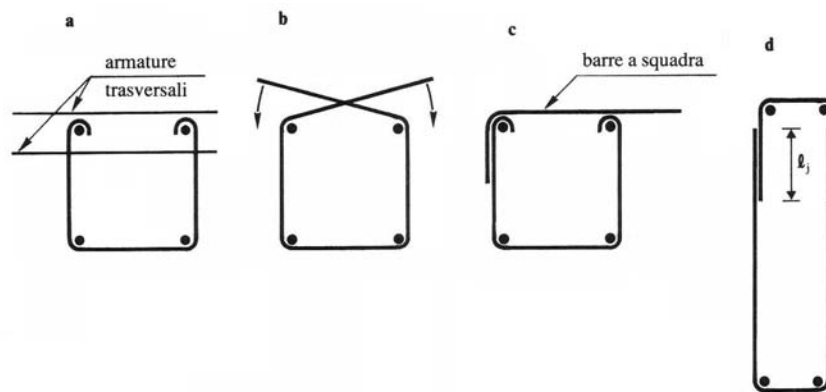


Figura 4-4 Ancoraggi delle staffe

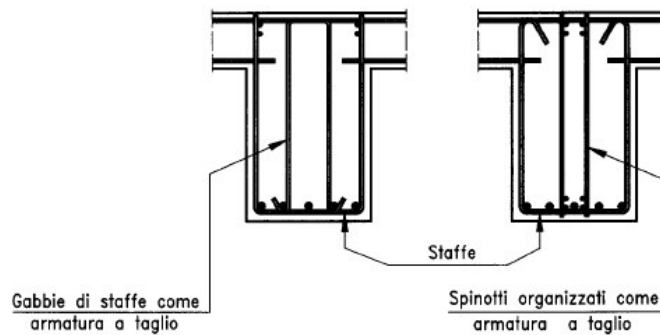


Le staffe che racchiudono le armature longitudinali e la zona compressa devono essere ancorate in modo efficace. I migliori dispositivi di ancoraggio sono il gancio girato verso l'interno della sezione (Figg. 4-4a, 4-4c) e la piegatura a  $90^\circ$  (Fig. 4-4b).

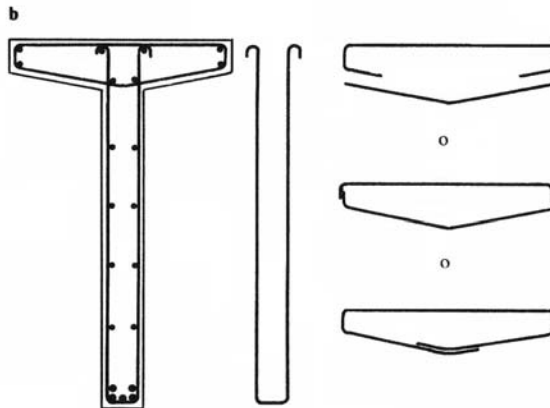
In particolare nelle travi con soletta collaborante al lembo superiore della trave, non è di norma necessario chiudere le staffe, infatti l'armatura della soletta garantisce comunque la loro chiusura, a meno che la trave non sia sollecitata a torsione, in tal caso la staffa deve risultare chiusa.

Nelle travi molto alte talvolta le staffe vengono chiuse con barre a forma di U rovescia, con le parti sovrapposte di opportuna lunghezza per assicurare la giunzione (Fig. 4-4d).

Nella sezione la distanza tra i bracci delle staffe non deve essere troppo grande, pertanto nelle travi a sezione larga, è necessario disporre staffe doppie; per facilitare la messa in opera una parte può essere costituita da un sistema di barre, poste all'interno dell'armatura stessa al di sopra dell'armatura longitudinale inferiore (Fig. 4-5).

**Figura 4-5** Armatura a taglio in travi larghe

Le travi a T isolate cioè senza soletta collaborante, come ad esempio le travi prefabbricate, necessitano di una armatura speciale che assicuri la connessione tra anima e ali in modo da garantire la trasmissione delle forze di scorrimento (Fig. 4-6).

**Figura 4-6** Armatura a taglio in trave a T isolata

L'ancoraggio di staffe e di armature a taglio deve effettuarsi normalmente utilizzando ganci o armature trasversali saldate. Barre ad aderenza migliorata possono essere ancorate con piegature, una barra trasversale deve comunque essere messa all'interno del gancio o delle piegature.

### 4.3 Elemento soggetto a torsione

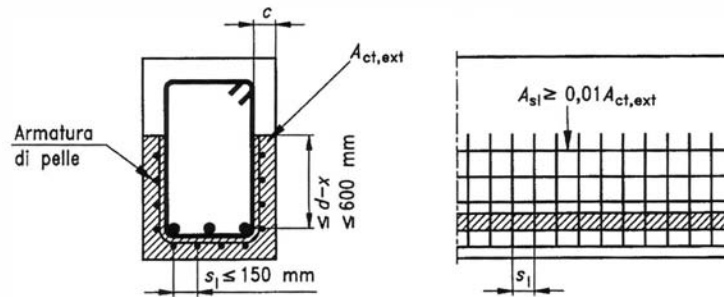
Nell'elemento soggetto a torsione l'armatura è formata generalmente da staffe perpendicolari all'asse della trave e da barre longitudinali. Un sistema di staffe oblique disposte lungo traiettorie elicoidali sarebbe più favorevole ma risulta impraticabile date le complicazioni nella predisposizione delle gabbie di armatura. Le staffe devono essere di regola chiuse e ancorate per sovrapposizione o piegate a formare un angolo di  $90^\circ$  con l'asse dell'elemento strutturale.



#### 4.4 Armatura di pelle

L'armatura di pelle è costituita da reti o barre ad aderenza migliorata di piccolo diametro, che sono disposte all'esterno delle staffe ed estese a tutta la zona tesa (Fig. 4-7). Il ricoprimento previsto per queste armature è funzione della classe di esposizione a meno che non si adottino rivestimenti protettivi. Queste armature controllano la fessurazione e contrastano il distacco del ricoprimento del calcestruzzo.

Figura 4-7 Disposizioni costruttive per l'armatura di pelle [1]

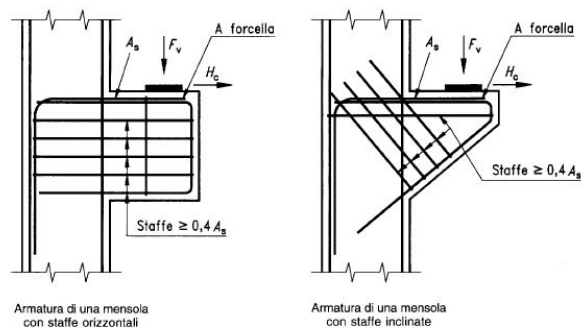


#### 4.5 Mensole tozze

In strutture industriali, i pilastri presentano spesso delle mensole tozze sulle quali poggiano le vie di corsa di un carro ponte. L'armatura, che è calcolata con il modello puntone-tirante, deve essere completata con una armatura ausiliaria che assicuri la monoliticità tra mensola e colonna (Fig. 4-8).

Le armature corrispondenti al tirante devono essere totalmente ancorate al di là del nodo posto sotto la piastra di carico, utilizzando piegature ad U o dispositivi di ancoraggio, se non è disponibile una lunghezza di ancoraggio tra nodo ed il filo esterno della mensola. L'armatura ausiliaria è costituita da staffe come indicato nella Fig. 4-8.

Figura 4-8 Armature in una mensola tozza in cemento armato



#### 4.6 Piastre non alleggerite gettate in opera

Le piastre non alleggerite gettate in opera possono essere bidirezionali e monodirezionali con spessore minimo  $h$  almeno pari a 50 mm.

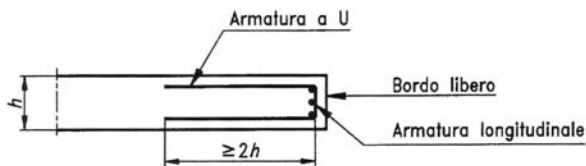
Nelle piastre a portanza unidirezionale, oltre all'armatura principale, va disposta una armatura secondaria almeno pari al 20% di quella principale, l'interasse deve risultare inferiore:

- per le armature principali:  $1,5 h \leq 350$  mm
- per le armature secondarie:  $2 h \leq 400$  mm

Le disposizioni costruttive seguono le prescrizioni già viste per le armature degli elementi inflessi.

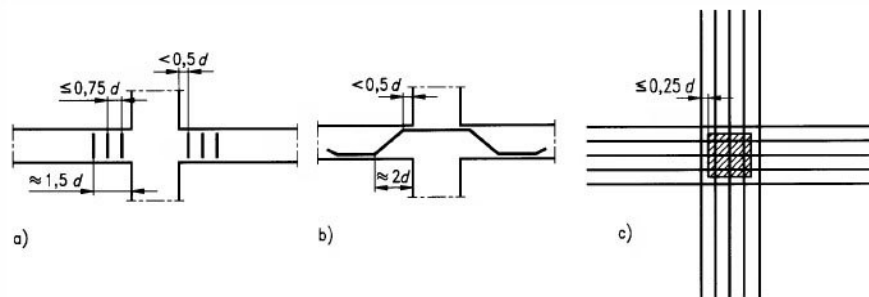
Negli appoggi, in corrispondenza degli angoli, se i particolari costruttivi impediscono il sollevamento della piastra occorre disporre adeguate armature al lembo teso. Così come se si realizza una continuità parziale lungo un lato della piastra, non considerata nel calcolo, è opportuno disporre armature in grado di sopportare un momento flettente pari al 25% del momento agente in campata. In presenza di un bordo libero devono essere disposte armature longitudinali e trasversali come in Fig. 4-9.

**Figura 4-9** Armature nel bordo libero di una piastra non alleggerita



Nelle zone in prossimità degli appoggi o di un'area caricata, devono essere disposte per il punzonamento armature nell'area all'intorno del carico o dell'appoggio, delimitata da una linea di contorno situata ad una distanza dal perimetro dell'area caricata non superiore al minore dei due valori: 1,5 volte l'altezza utile e 800 mm (Fig. 4-10a). Le barre rialzate possono essere considerate armature di punzonamento se sono disposte come in Fig. 4-10b o se sono poste ad una distanza non maggiore di 0,25  $d$  dal perimetro dell'area caricata (Fig. 4-10c).

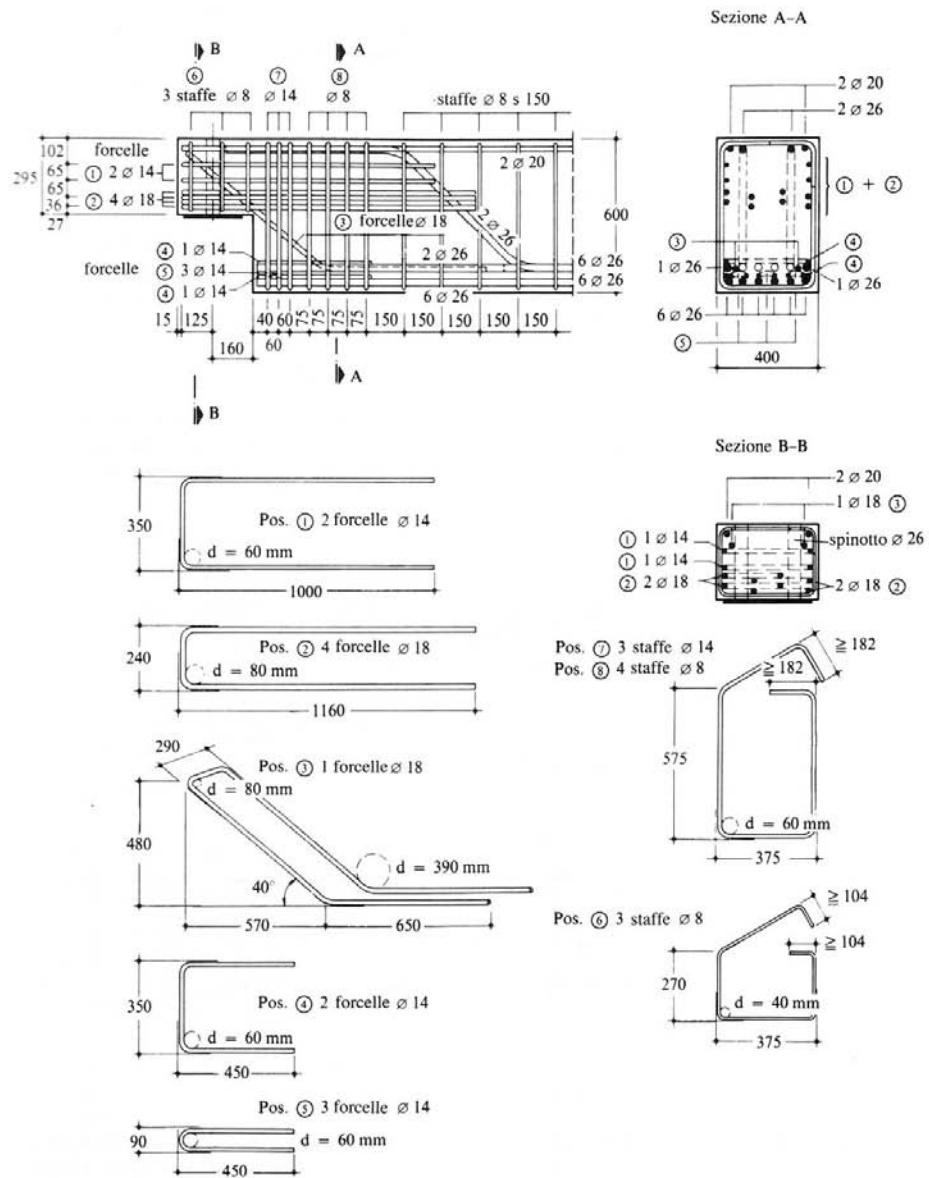
**Figura 4-10** Armatura taglio e punzonamento in prossimità degli appoggi



### 4.7 Elementi strutturali particolari

#### 4.7.1 Casi particolari di appoggio

Figura 4-11 Appoggio travi Gerber



4.7.1.1 Appoggio diretto: l'appoggio nelle travi Gerber

Per trasmettere la reazione di appoggio si dispone una armatura formata da forcelle e da almeno due staffe per evitare una eccessiva concentrazione tensionale sui puntoni di calcestruzzo (Fig. 4-11).

Le forcelle vanno disposte nel lembo inferiore della mensola e utilmente ancorate per una lunghezza pari almeno all'altezza utile della trave, e contrastano le tensioni indotte dall'eventuale ritiro impedito. Le staffe sono poste nella trave a partire dalla sezione di imposta della mensola su una lunghezza non superiore alla semialtezza della stessa.

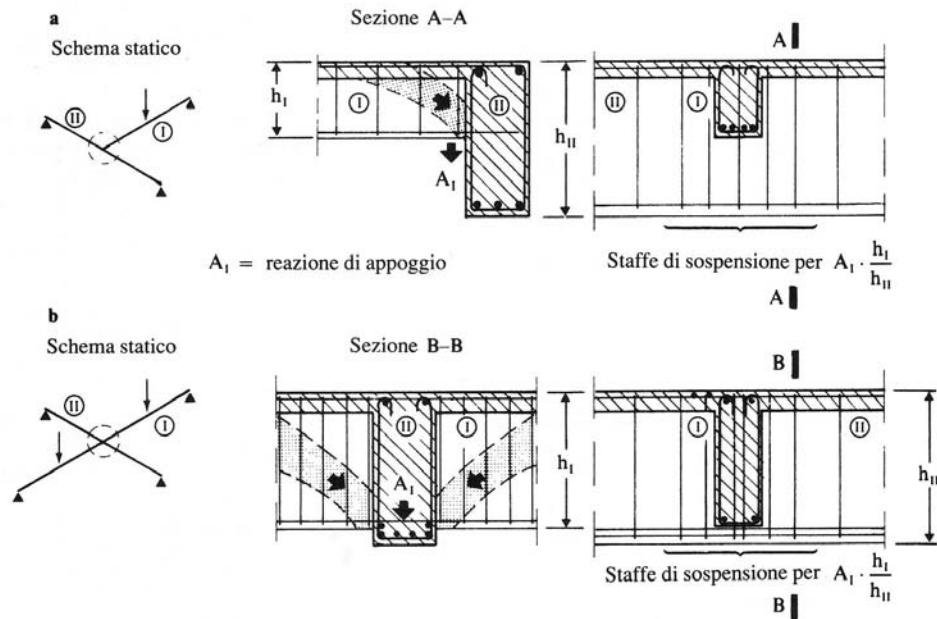
E' opportuno impiegare per entrambe diametri piccoli e sovradimensionare la sezione totale di acciaio al fine di ridurre le tensioni di aderenza nel calcestruzzo. Inoltre occorrono staffe oblique che unitamente alla precedente armatura sono in grado di controllare l'apertura della fessura obliqua che si forma nello spigolo interno della mensola. Le barre longitudinali inferiori della trave, in generale di diametro grosso, terminano con un gancio in orizzontale rinforzando l'ancoraggio con barre a forcella.

4.7.1.2 Appoggio indiretto

Qualora una trave (secondaria) si appoggi ad una estremità su un'altra trave (principale), in quest'ultima in corrispondenza del vincolo si generano delle forze di compressione inclinate. Ciò rende necessaria la disposizione di una armatura costituita da staffe disposte nella zona di intersezione, nella quale non è necessario disporre armatura a taglio.

L'armatura longitudinale della trave secondaria è ancorata in quella principale preferibilmente con un ancoraggio diretto ovvero con ganci giacenti nel piano orizzontale (Fig. 4-12).

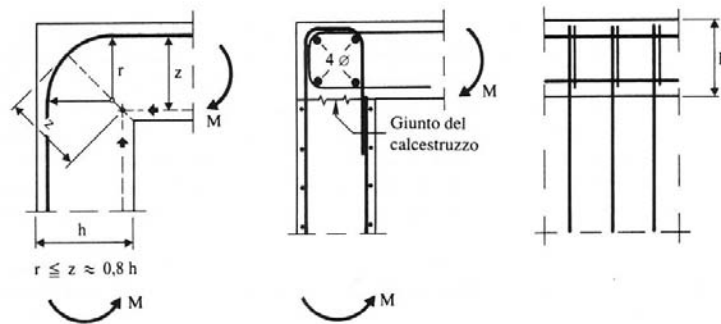
Figura 4-12 Appoggio indiretto



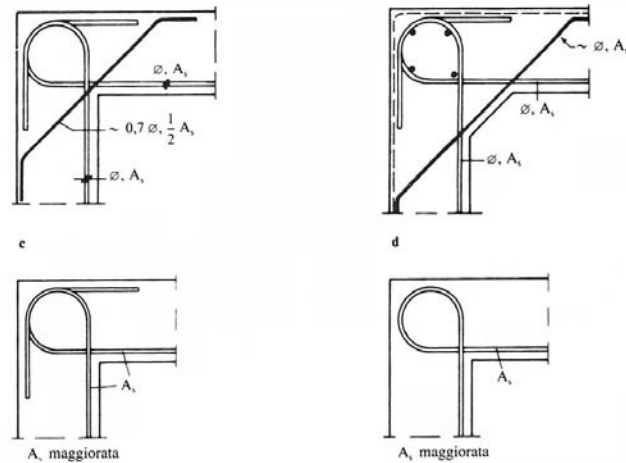
**4.8 Nodi di telai**

Nei nodi dei telai occorre disporre una opportuna armatura in quanto si genera in essi uno stato di tensione pluriassiale. Occorre però fare delle distinzioni in funzione del segno del momento flettente ivi agente: se le fibre tese sono quelle esterne del nodo è necessario che il raggio di curvatura delle barre sia sufficientemente grande (ad esempio prodotto da un mandrino di diametro pari ad almeno 15 volte quello della barra) (Fig. 4-13), l'interfero e il copriferro in corrispondenza della piega siano almeno pari a tre volte il diametro delle barre ed eventualmente disporre, nella zona di calcestruzzo interna al tratto curvo delle barre longitudinale, una armatura trasversale. In corrispondenza dello spigolo interno, poiché si generano nel calcestruzzo tensioni di compressione piuttosto elevate può essere utile realizzare una rastremazione dello spigolo di calcestruzzo e disporvi delle armature inclinate. Se le fibre tese sono quelle interne del nodo, l'armatura va disposta con continuità, evitando le interruzioni delle barre longitudinali della trave e del pilastro in corrispondenza dello spigolo interno (Fig. 4-14).

**Figura 4-13 Armature di nodi soggetti a momento flettente negativo**

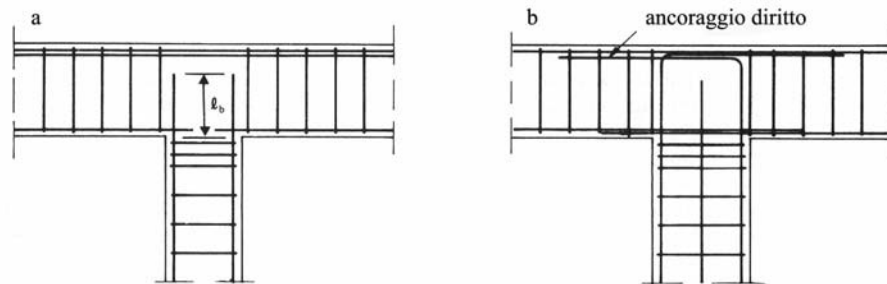


**Figura 4-14 Armature di nodi soggetti a momento flettente positivo**



Nei nodi interni di telai le barre longitudinali dei pilastri vanno fermate nella trave con ancoraggio rettilineo, qualora l'altezza della trave non fosse sufficiente a garantire l'ancoraggio le barre vanno piegate orizzontalmente verso l'interno Fig. 4-15.

**Figura 4-15 Armature dei nodi trave pilastro**



## 4 L'ARMATURA NEGLI ELEMENTI IN CEMENTO ARMATO

### 4.1 L'elemento compresso

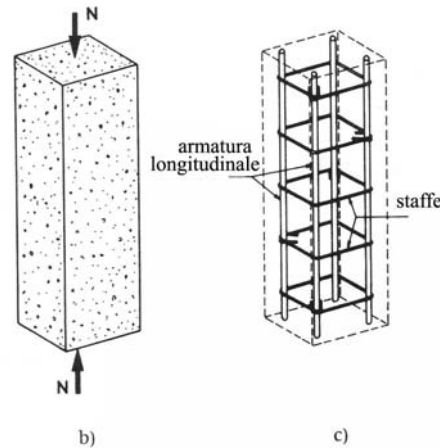
I pilastri di edifici, le pile dei ponti e le aste compresse delle strutture reticolari sono gli elementi più comuni soggetti ad azione normale di compressione centrata; in essi l'armatura è costituita, in genere, da barre longitudinali e da staffe trasversali (Fig. 4-1); gli sforzi di compressione sono assorbiti dall'armatura longitudinale e dal calcestruzzo; le staffe non partecipano direttamente alla resistenza dei pilastri ma hanno importanti funzioni ausiliarie, infatti esse:

- sono indispensabili per l'assemblaggio dell'armatura longitudinale (garantiscono il corretto posizionamento)
- esercitano un'azione di contenimento trasversale che migliora il comportamento a compressione del calcestruzzo ed impedisce o limita la fessurazione longitudinale nel caso di valori di tensioni elevate
- vincolano lateralmente le barre longitudinali compresse riducendo la loro luce libera d'inflexione e quindi l'instabilità flessionale locale, consentendo l'utilizzo del materiale sino allo snervamento. Occorre osservare che affinché questo meccanismo sia efficace, è necessario che il ricoprimento del calcestruzzo sia di spessore adeguato.

Per garantire il loro perfetto funzionamento le staffe devono essere chiuse (solitamente con ganci a 135°), ancorate nel calcestruzzo e conformate in modo da contrastare efficacemente, lavorando a trazione, gli spostamenti delle barre longitudinali verso l'esterno.

In un pilastro a sezione variabile la distanza fra le armature trasversali dipende dalla entità delle azioni trasversali che si generano.

**Figura 4-1 Armatura longitudinale e staffe in un elemento soggetto a compressione centrata**



Nei setti e pareti a compressione centrata l'armatura è costituita da una o più reti elettrosaldate a maglia ortogonale disposte in piani paralleli; in tal modo è garantita una eccezionale rapidità di posa e la costanza del diametro e dell'interfero; inoltre le reti offrono un'ottima aderenza, in quanto ogni nodo costituisce un valido punto di ancoraggio.

## 4.2 L'elemento inflesso

### 4.2.1 Armatura a flessione

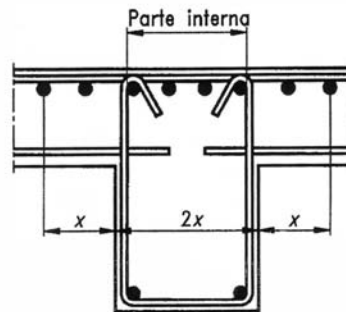
L'armatura è costituita da barre longitudinali, disposte nel lembo teso, atte ad assorbire le azioni di trazione e da barre longitudinali in zona compressa, che possono funzionare come reggistaffe e/o contribuire, assieme al calcestruzzo compresso, alla resistenza della sezione.

Al fine di limitare l'ampiezza delle fessure, entro i valori richiesti dalla progettazione, ed evitare fessure incontrollate è bene limitare la distanza delle barre e/o il diametro delle stesse.

Nell'ala tesa delle travi a T, l'armatura non deve essere concentrata lungo il piano di simmetria dell'anima e può essere suddivisa approssimativamente in parti uguali fra la parte interna e la parte esterna all'anima (Fig. 4-2).

Se il diametro delle barre non supera circa  $1/8$  dello spessore dell'ala, le fessure risultano meglio distribuite e quindi più sottili.

**Figura 4-2** Disposizione dell'armatura nell'ala tesa di una sezione a T



Nelle zone a momento positivo, in cui l'anima è tesa, è preferibile ripartire l'armatura in tutta la zona tesa per evitare la formazione di fessure relativamente distanti e piuttosto aperte. Tuttavia tale disposizione tende a diminuire il braccio della coppia interna e comporta quindi un aumento della quantità d'acciaio.

Sugli appoggi con momento di incastro piccolo o nullo si deve disporre un'armatura longitudinale inferiore in grado di resistere ad una forza di trazione pari alla sollecitazione di taglio ivi agente, ovvero [1] deve essere prolungata almeno il 25% dell'armatura presente in campata.

Tali armature devono essere ancorate oltre il filo interno degli appoggi eventualmente con un gancio (Fig. 4-3), con una piegatura a  $90^\circ$  oppure con un forcina orizzontale.

Anche negli appoggi intermedi deve essere prevista una certa quantità di armatura; in tal caso gli ancoraggi devono avere lunghezza maggiore di  $10 \varnothing$  per barre diritte o non minore del diametro del mandrino per uncini e piegature.

### 4.2.2 Armatura a taglio

L'armatura a taglio consiste essenzialmente in staffe verticali, (nelle travi a cassone risultano più efficaci per il controllo della fessurazione le staffe oblique) ed eventualmente barre disposte per la flessione piegate a  $45^\circ$ .

Tuttavia, malgrado la loro efficacia i ferri piegati non sono consigliabili perché la loro distanza, di solito piuttosto grande, comporta concentrazioni tensionali nel calcestruzzo.



Figura 4-3 Lunghezze di ancoraggio delle armature inferiori negli appoggi intermedi

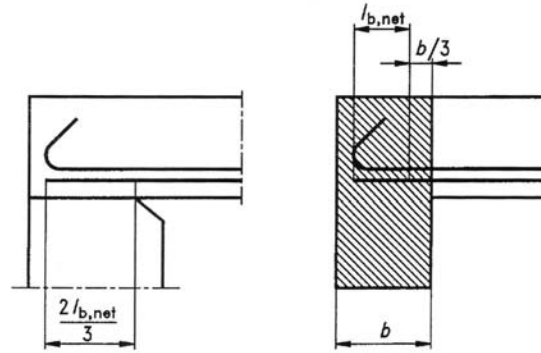
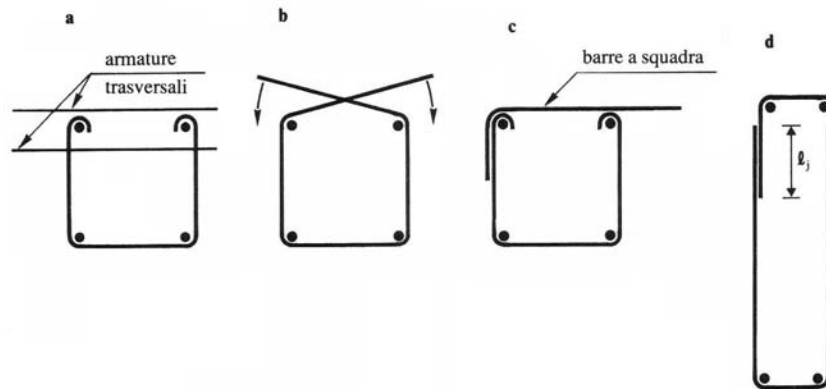


Figura 4-4 Ancoraggi delle staffe

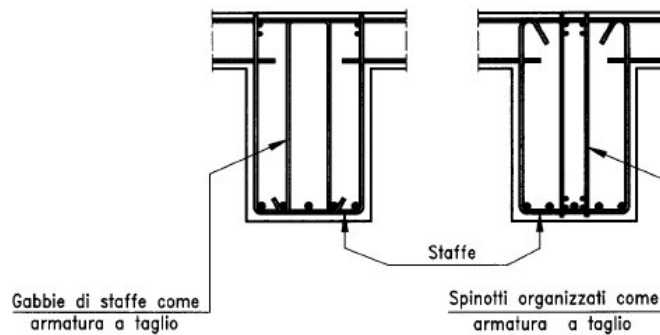


Le staffe che racchiudono le armature longitudinali e la zona compressa devono essere ancorate in modo efficace. I migliori dispositivi di ancoraggio sono il gancio girato verso l'interno della sezione (Figg. 4-4a, 4-4c) e la piegatura a  $90^\circ$  (Fig. 4-4b).

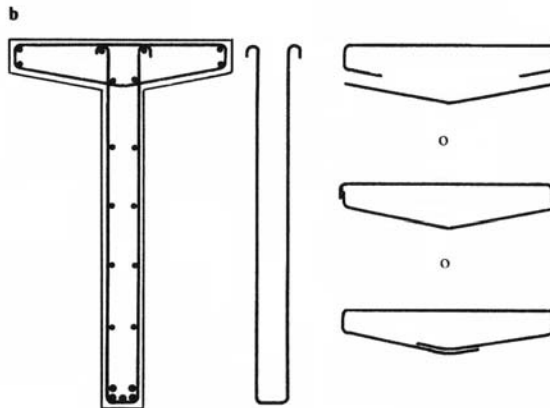
In particolare nelle travi con soletta collaborante al lembo superiore della trave, non è di norma necessario chiudere le staffe, infatti l'armatura della soletta garantisce comunque la loro chiusura, a meno che la trave non sia sollecitata a torsione, in tal caso la staffa deve risultare chiusa.

Nelle travi molto alte talvolta le staffe vengono chiuse con barre a forma di U rovescia, con le parti sovrapposte di opportuna lunghezza per assicurare la giunzione (Fig. 4-4d).

Nella sezione la distanza tra i bracci delle staffe non deve essere troppo grande, pertanto nelle travi a sezione larga, è necessario disporre staffe doppie; per facilitare la messa in opera una parte può essere costituita da un sistema di barre, poste all'interno dell'armatura stessa al di sopra dell'armatura longitudinale inferiore (Fig. 4-5).

**Figura 4-5** Armatura a taglio in travi larghe

Le travi a T isolate cioè senza soletta collaborante, come ad esempio le travi prefabbricate, necessitano di una armatura speciale che assicuri la connessione tra anima e ali in modo da garantire la trasmissione delle forze di scorrimento (Fig. 4-6).

**Figura 4-6** Armatura a taglio in trave a T isolata

L'ancoraggio di staffe e di armature a taglio deve effettuarsi normalmente utilizzando ganci o armature trasversali saldate. Barre ad aderenza migliorata possono essere ancorate con piegature, una barra trasversale deve comunque essere messa all'interno del gancio o delle piegature.

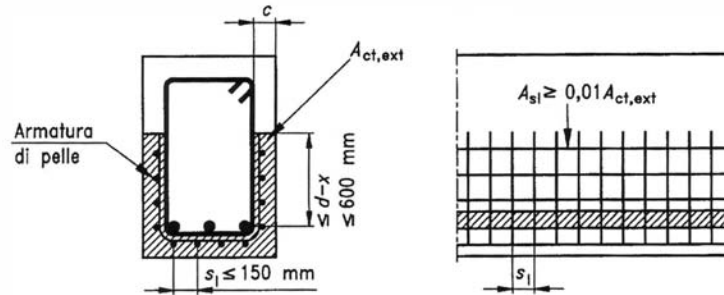
### 4.3 Elemento soggetto a torsione

Nell'elemento soggetto a torsione l'armatura è formata generalmente da staffe perpendicolari all'asse della trave e da barre longitudinali. Un sistema di staffe oblique disposte lungo traiettorie elicoidali sarebbe più favorevole ma risulta impraticabile date le complicazioni nella predisposizione delle gabbie di armatura. Le staffe devono essere di regola chiuse e ancorate per sovrapposizione o piegate a formare un angolo di  $90^\circ$  con l'asse dell'elemento strutturale.

#### 4.4 Armatura di pelle

L'armatura di pelle è costituita da reti o barre ad aderenza migliorata di piccolo diametro, che sono disposte all'esterno delle staffe ed estese a tutta la zona tesa (Fig. 4-7). Il ricoprimento previsto per queste armature è funzione della classe di esposizione a meno che non si adottino rivestimenti protettivi. Queste armature controllano la fessurazione e contrastano il distacco del ricoprimento del calcestruzzo.

Figura 4-7 Disposizioni costruttive per l'armatura di pelle [1]

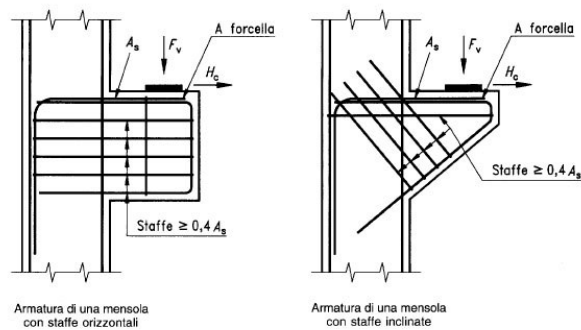


#### 4.5 Mensole tozze

In strutture industriali, i pilastri presentano spesso delle mensole tozze sulle quali poggiano le vie di corsa di un carro ponte. L'armatura, che è calcolata con il modello puntone-tirante, deve essere completata con una armatura ausiliaria che assicuri la monoliticità tra mensola e colonna (Fig. 4-8).

Le armature corrispondenti al tirante devono essere totalmente ancorate al di là del nodo posto sotto la piastra di carico, utilizzando piegature ad U o dispositivi di ancoraggio, se non è disponibile una lunghezza di ancoraggio tra nodo ed il filo esterno della mensola. L'armatura ausiliaria è costituita da staffe come indicato nella Fig. 4-8.

Figura 4-8 Armature in una mensola tozza in cemento armato



#### 4.6 Piastre non alleggerite gettate in opera

Le piastre non alleggerite gettate in opera possono essere bidirezionali e monodirezionali con spessore minimo  $h$  almeno pari a 50 mm.

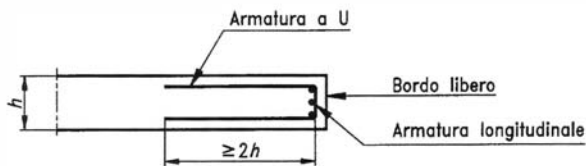
Nelle piastre a portanza unidirezionale, oltre all'armatura principale, va disposta una armatura secondaria almeno pari al 20% di quella principale, l'interasse deve risultare inferiore:

- per le armature principali:  $1,5 h \leq 350$  mm
- per le armature secondarie:  $2 h \leq 400$  mm

Le disposizioni costruttive seguono le prescrizioni già viste per le armature degli elementi inflessi.

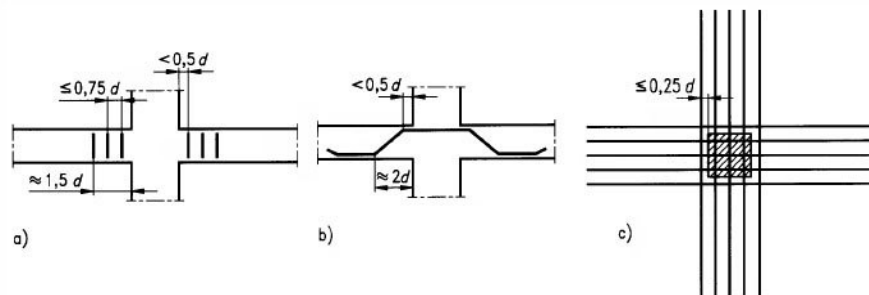
Negli appoggi, in corrispondenza degli angoli, se i particolari costruttivi impediscono il sollevamento della piastra occorre disporre adeguate armature al lembo teso. Così come se si realizza una continuità parziale lungo un lato della piastra, non considerata nel calcolo, è opportuno disporre armature in grado di sopportare un momento flettente pari al 25% del momento agente in campata. In presenza di un bordo libero devono essere disposte armature longitudinali e trasversali come in Fig. 4-9.

**Figura 4-9** Armature nel bordo libero di una piastra non alleggerita



Nelle zone in prossimità degli appoggi o di un'area caricata, devono essere disposte per il punzonamento armature nell'area all'intorno del carico o dell'appoggio, delimitata da una linea di contorno situata ad una distanza dal perimetro dell'area caricata non superiore al minore dei due valori: 1,5 volte l'altezza utile e 800 mm (Fig. 4-10a). Le barre rialzate possono essere considerate armature di punzonamento se sono disposte come in Fig. 4-10b o se sono poste ad una distanza non maggiore di 0,25  $d$  dal perimetro dell'area caricata (Fig. 4-10c).

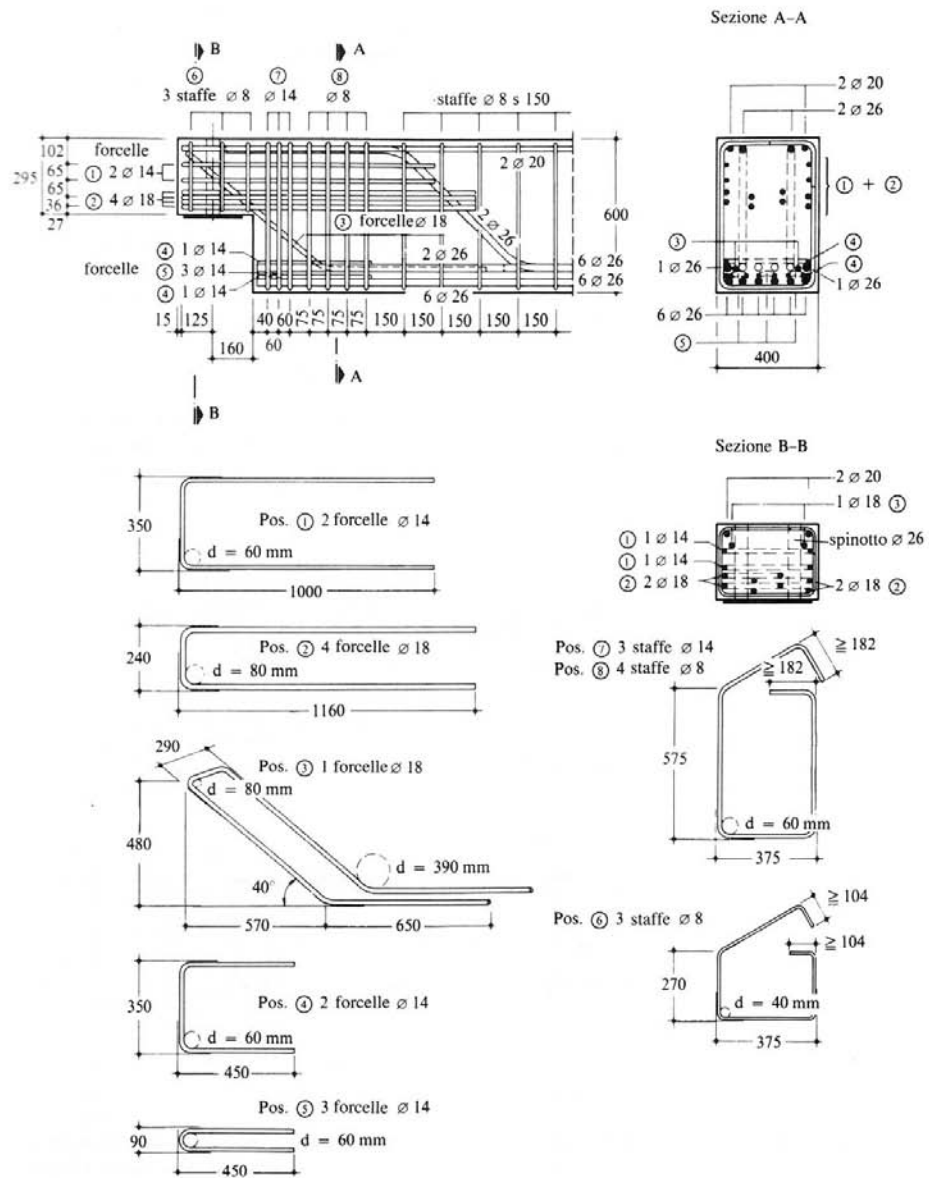
**Figura 4-10** Armatura taglio e punzonamento in prossimità degli appoggi



### 4.7 Elementi strutturali particolari

#### 4.7.1 Casi particolari di appoggio

Figura 4-11 Appoggio travi Gerber



4.7.1.1 Appoggio diretto: l'appoggio nelle travi Gerber

Per trasmettere la reazione di appoggio si dispone una armatura formata da forcelle e da almeno due staffe per evitare una eccessiva concentrazione tensionale sui puntoni di calcestruzzo (Fig. 4-11).

Le forcelle vanno disposte nel lembo inferiore della mensola e utilmente ancorate per una lunghezza pari almeno all'altezza utile della trave, e contrastano le tensioni indotte dall'eventuale ritiro impedito. Le staffe sono poste nella trave a partire dalla sezione di imposta della mensola su una lunghezza non superiore alla semialtezza della stessa.

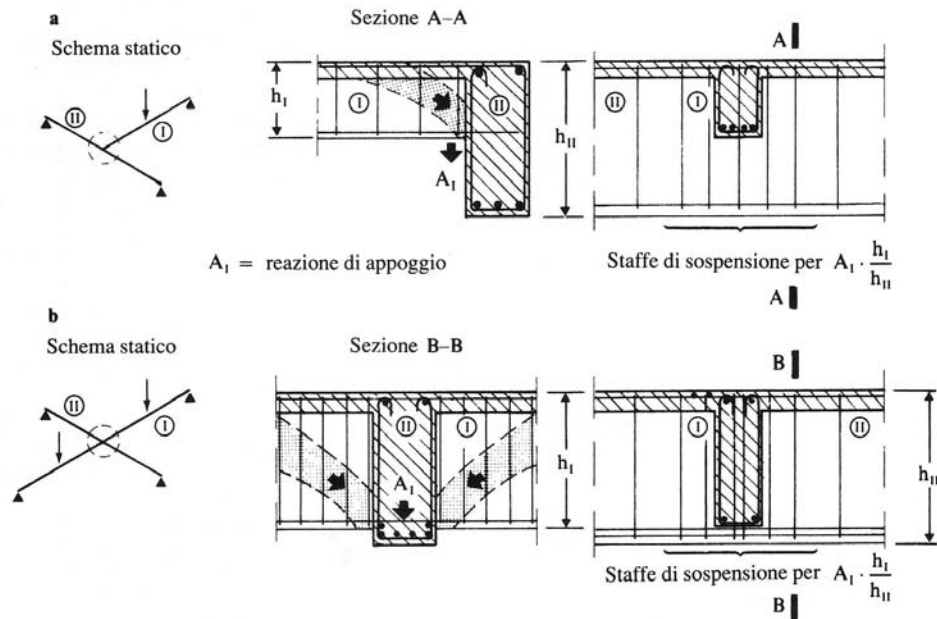
E' opportuno impiegare per entrambe diametri piccoli e sovradimensionare la sezione totale di acciaio al fine di ridurre le tensioni di aderenza nel calcestruzzo. Inoltre occorrono staffe oblique che unitamente alla precedente armatura sono in grado di controllare l'apertura della fessura obliqua che si forma nello spigolo interno della mensola. Le barre longitudinali inferiori della trave, in generale di diametro grosso, terminano con un gancio in orizzontale rinforzando l'ancoraggio con barre a forcella.

4.7.1.2 Appoggio indiretto

Qualora una trave (secondaria) si appoggi ad una estremità su un'altra trave (principale), in quest'ultima in corrispondenza del vincolo si generano delle forze di compressione inclinate. Ciò rende necessaria la disposizione di una armatura costituita da staffe disposte nella zona di intersezione, nella quale non è necessario disporre armatura a taglio.

L'armatura longitudinale della trave secondaria è ancorata in quella principale preferibilmente con un ancoraggio diretto ovvero con ganci giacenti nel piano orizzontale (Fig. 4-12).

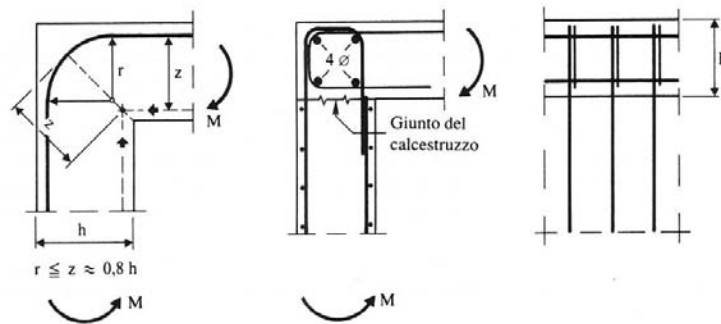
Figura 4-12 Appoggio indiretto



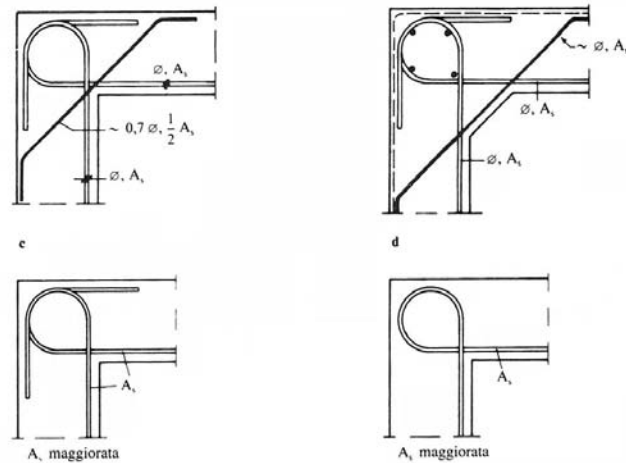
**4.8 Nodi di telai**

Nei nodi dei telai occorre disporre una opportuna armatura in quanto si genera in essi uno stato di tensione pluriassiale. Occorre però fare delle distinzioni in funzione del segno del momento flettente ivi agente: se le fibre tese sono quelle esterne del nodo è necessario che il raggio di curvatura delle barre sia sufficientemente grande (ad esempio prodotto da un mandrino di diametro pari ad almeno 15 volte quello della barra) (Fig. 4-13), l'interfero e il copriferro in corrispondenza della piega siano almeno pari a tre volte il diametro delle barre ed eventualmente disporre, nella zona di calcestruzzo interna al tratto curvo delle barre longitudinale, una armatura trasversale. In corrispondenza dello spigolo interno, poiché si generano nel calcestruzzo tensioni di compressione piuttosto elevate può essere utile realizzare una rastremazione dello spigolo di calcestruzzo e disporvi delle armature inclinate. Se le fibre tese sono quelle interne del nodo, l'armatura va disposta con continuità, evitando le interruzioni delle barre longitudinali della trave e del pilastro in corrispondenza dello spigolo interno (Fig. 4-14).

**Figura 4-13 Armature di nodi soggetti a momento flettente negativo**

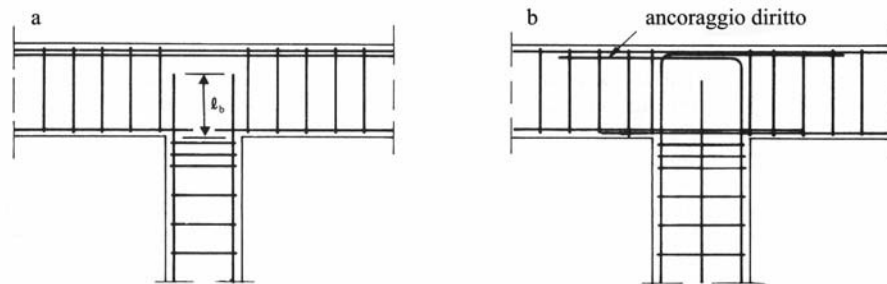


**Figura 4-14 Armature di nodi soggetti a momento flettente positivo**



Nei nodi interni di telai le barre longitudinali dei pilastri vanno fermate nella trave con ancoraggio rettilineo, qualora l'altezza della trave non fosse sufficiente a garantire l'ancoraggio le barre vanno piegate orizzontalmente verso l'interno Fig. 4-15.

**Figura 4-15 Armature dei nodi trave pilastro**

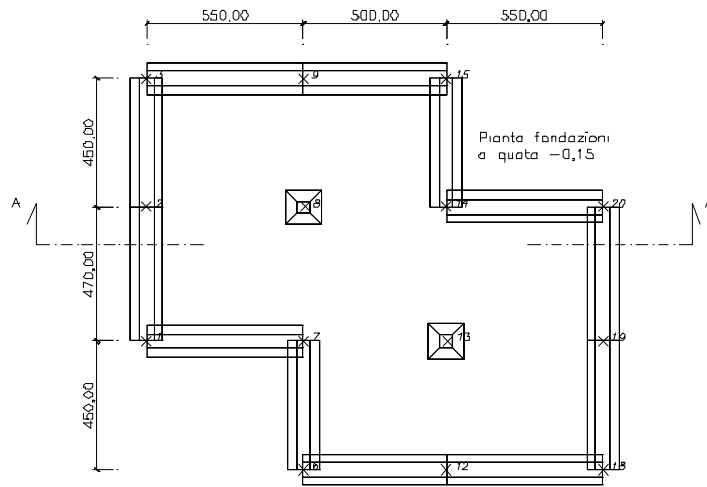




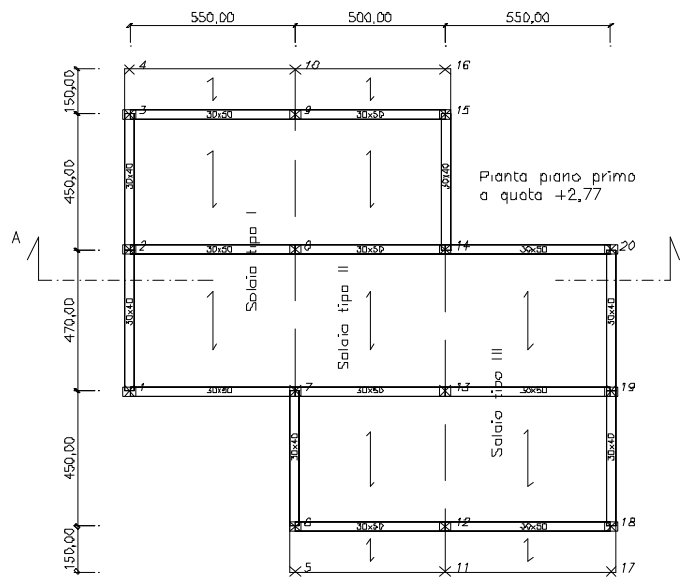
## 6 ELABORATI DI PROGETTO

A titolo di esempio è stato esaminato un edificio multipiano descritto dalle seguenti tavole:

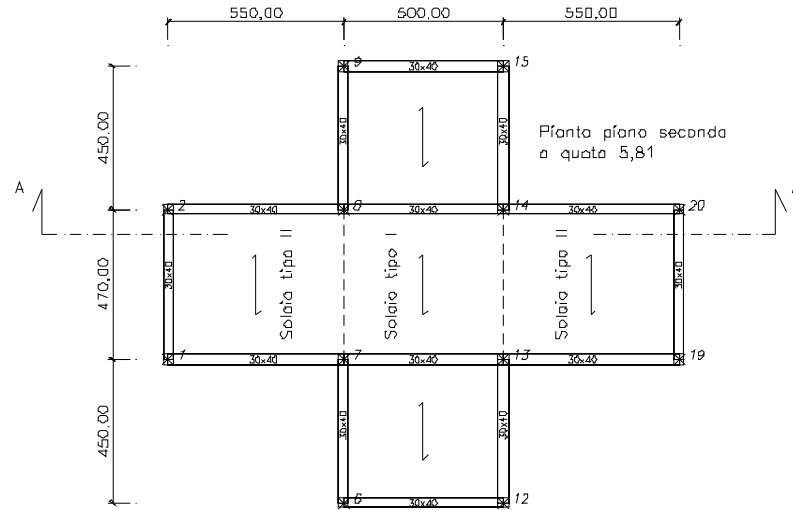
**Tavola 6.1 Pianta delle fondazioni e dei fili fissi**



**Tavola 6.2 Pianta 1° piano**



**Tavola 6.3 Pianta 2° e 3° piano**



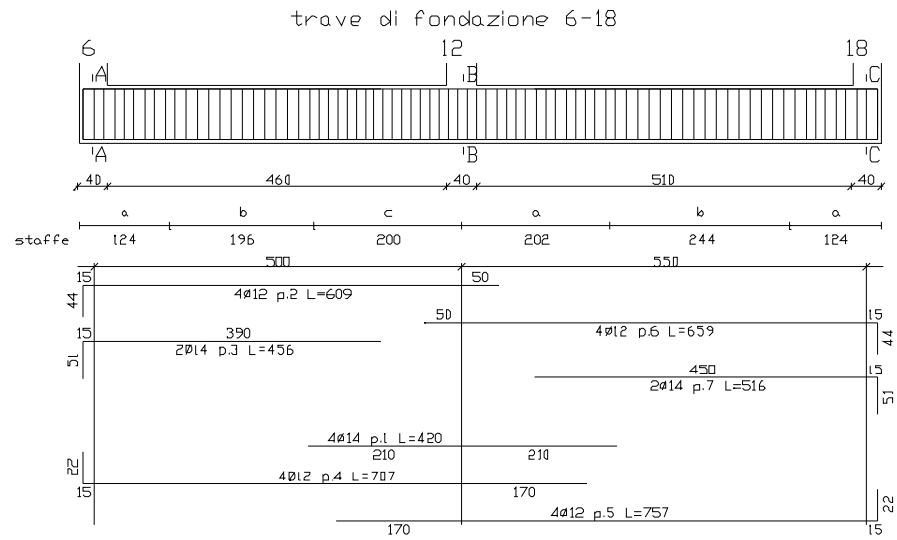
**Tavola 6.4 Sezione**



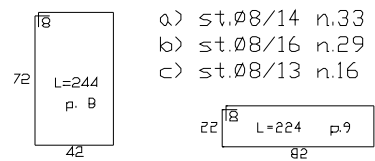
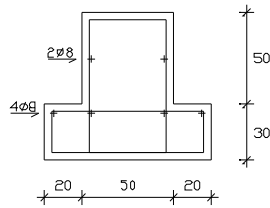
Si propongono i disegni esecutivi e la distinta ferri dei principali elementi strutturali dell'esempio proposto.

L'uniformità di simboli e codifiche porta ad elaborati semplici, chiari, di facile ed univoca interpretazione ed esecuzione.

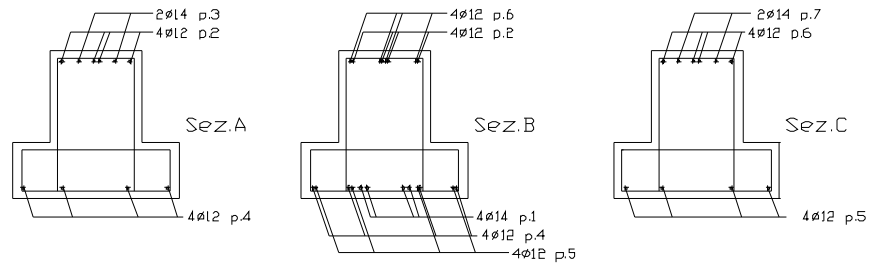
Tavola 6.5 Disegni esecutivi della trave di fondazione 6 - 18



SEZIONE 6-12-18



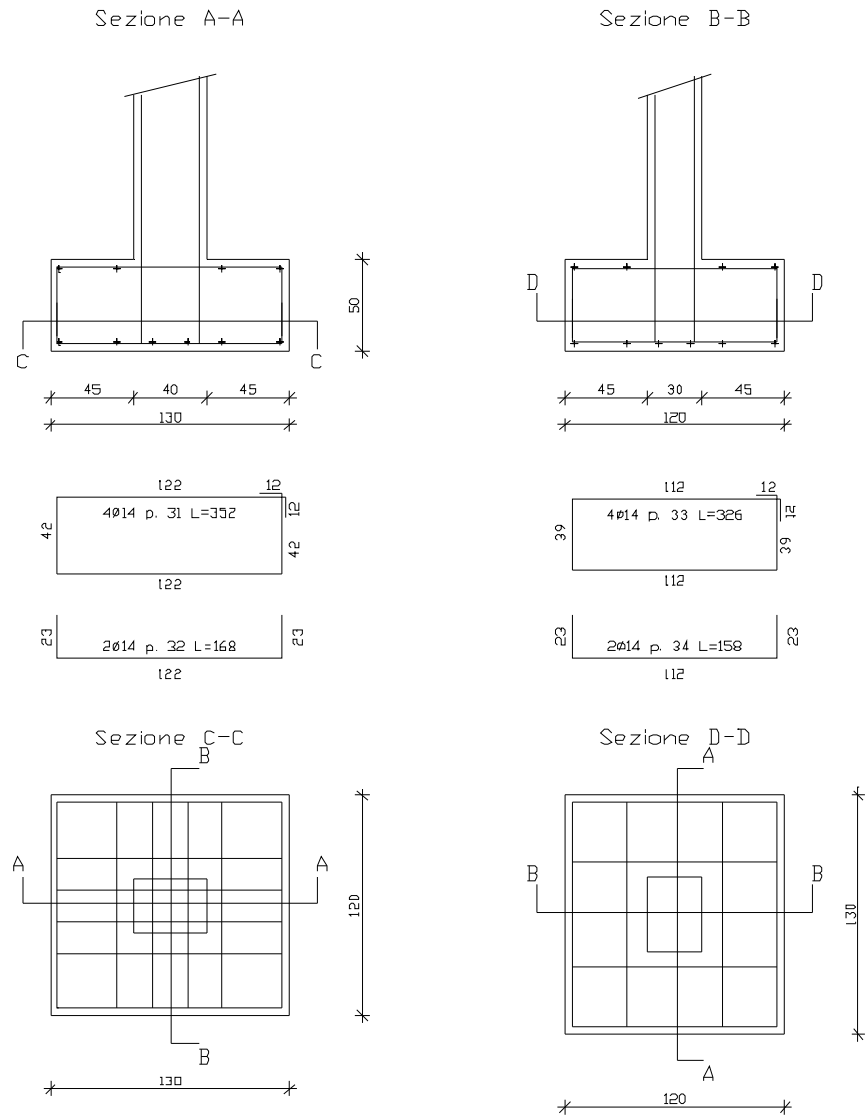
SEZIONI DI DETTAGLIO



**Tavola 6.6 Distinta ferri della trave di fondazione 6 - 18**

trave di fondazione 6-18			tavola n. Foglio 1				
pos.	codice		∅	numero	lungh.	peso u.	peso t.
1	000		14	4	420	5.08	20.32
2	111		12	4	609	5.41	21.64
3	111		14	2	456	5.51	11.02
4	111		12	4	707	6.28	25.12
5	111		12	4	757	6.72	26.88
6	111		12	4	659	5.85	23.4
7	111		14	2	516	6.24	12.48
agg.		armature aggiunte in anima e nelle ali compreso incremento del 5% per giunz.	8	1	6615	26.1	26.1
8a	515	anima	8	33	244	.96	31.68
9a	515	ala inf.	8	33	222	.88	29.04
8b	515	anima	8	29	244	.96	27.84
9b	515	ala inf.	8	29	222	.88	25.52
8c	515	anima	8	16	244	.96	15.36
9c	515	ala inf.	8	16	222	.88	14.08
							312.04

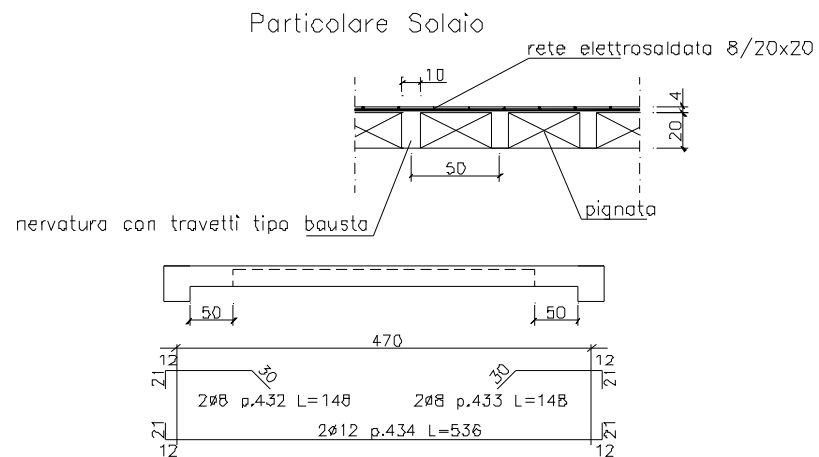
Tavola 6.7 Disegni esecutivi del plinto 8



**Tavola 6.8 Distinta ferri del plinto 8**

Plinto n. 8			Foglio 1					
pos.	codice		∅	numero	lung.	peso u.	peso t.	
31	515		14	4	352	4,26	17,04	
32	212		14	2	168	2,03	4,06	
33	513		14	4	326	3,94	15,76	
34	212		14	2	158	1,91	11,46	
							48,32	

**Tavola 6.9 Disegni esecutivi del solaio ad una campata**



**Tavola 6.10 Distinta ferri del solaio ad una campata**

Solaio ad una campata								
pos.	codice		∅	numero	lung.	peso u.	peso t.	
432	252		8	2	148	0,58	1,16	
433	252		8	2	148	0,58	1,16	
434	212		12	2	536	4,76	9,52	
							11,84	

Tavola 6.11 Disegni esecutivi del solaio a tre campate

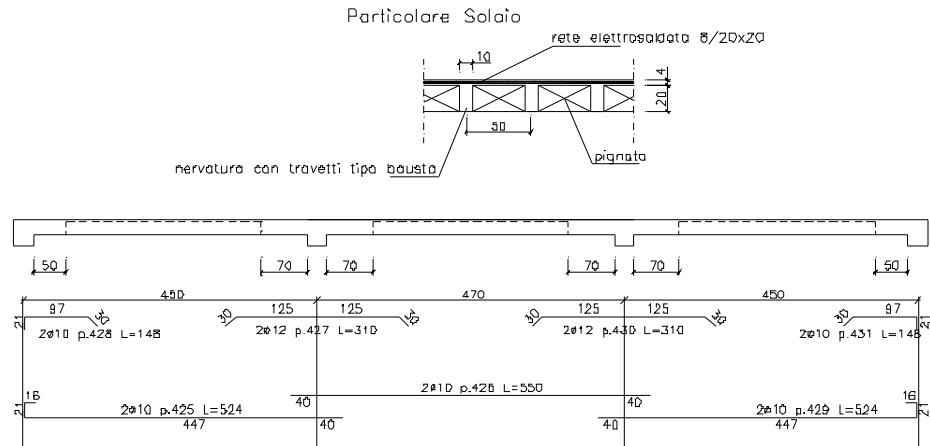
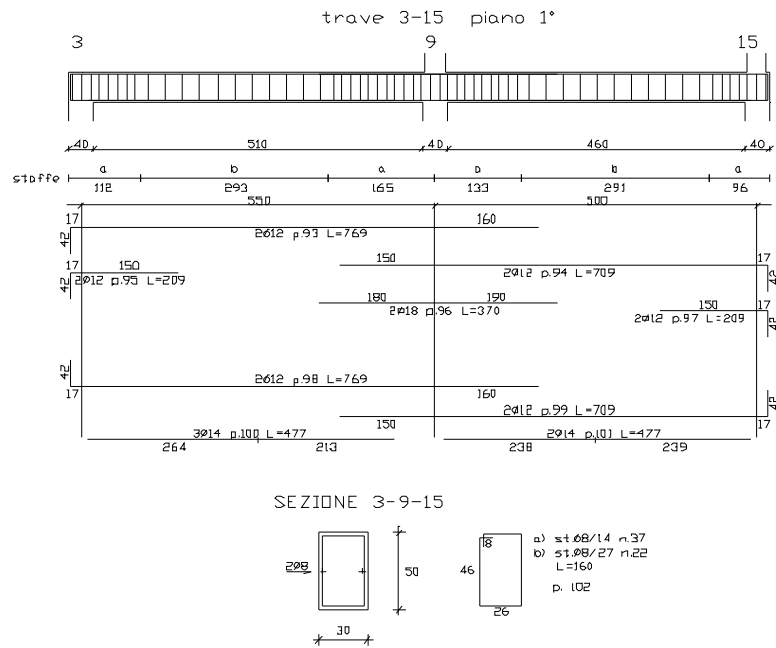
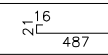
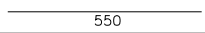
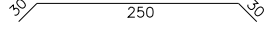
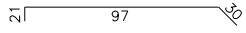
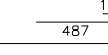
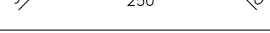
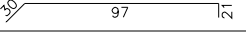


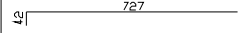
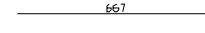
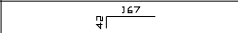
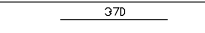
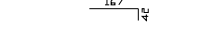
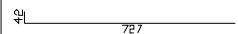
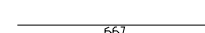
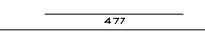
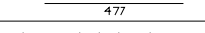


Tavola 6.12 Disegni esecutivi della trave a due campate



**Tavola 6.13 Distinta ferri del solaio a tre campate**

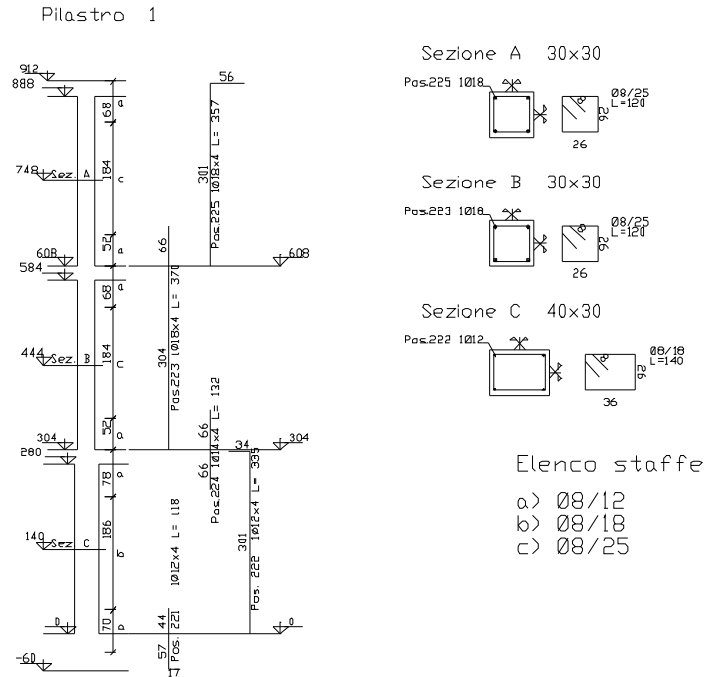
Solaio a tre campate							
pos.	codice		∅	numero	lungh.	peso u.	peso t.
425	212		10	2	524	3.24	6.48
426	000		10	2	550	3.40	6.80
427	252		12	2	310	2.75	5.50
428	252		10	2	148	0.91	1.82
429	212		10	2	524	3.24	6.48
430	252		12	2	310	2.75	5.50
431	252		10	2	148	0.91	1.82
							34.40

**Tavola 6.14 Distinta ferri della trave a due campate**

trave 3-15 piano 1°							
pos.	codice		#	numero	lungh.	peso u.	peso t.
93	111		12	2	769	6.83	13.66
94	111		12	2	709	6.29	12.58
95	111		12	2	809	1.86	3.72
96	000		12	2	370	7.39	14.78
97	111		12	2	809	1.86	3.72
98	111		12	2	769	6.83	13.66
99	111		12	2	709	6.29	12.58
100	000		14	3	477	5.76	17.28
101	000		14	2	477	5.76	11.52
999		armature aggiunte in anima compreso incremento del 5% per giunz.	8	1	2205	8.7	8.7
102a	515	anima 	8	37	160	6.3	23.31
102b	515	anima 	8	22	160	6.3	13.86
							149.37



**Tavola 6.15 Disegni esecutivi di un pilastro**



**Tavola 6.16 Distinta ferri di un pilastro**

Pilastro 1			tavola n.		foglio 1			
pos.	codice		a	numero	lunghezza	peso u.	peso t.	
221	111	17 101	12	4	118	1.05	4.2	
222	111	34 301	12	4	349	2.98	11.92	
223	000	370	18	4	370	7.39	29.56	
224	000	132	14	4	132	1.6	6.4	
225	111	301 56	18	4	357	7.13	28.52	
226a	515	26	8	13	140	55	7.15	
226b	515	26	8	11	140	55	6.05	
227a	515	26	8	20	120	47	9.40	
227c	515	26	8	15	120	47	7.05	
							110.25	

**BIBLIOGRAFIA**

- [01] **EUROCODICE 2. ENV 1992-1-1**, “Progettazione delle strutture cementizie- Regole generali e regole per gli edifici”.
- [02] **L. 5/11/1971 n. 1086**, “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- [03] **D.M. 9/1/1996**, “Norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche”.
- [04] **C. M. 15/10/1996 n. 252**, “Norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche”.
- [05] **D.M. del 14/02/1992**, “Norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche”.
- [06] **C.M. LL. PP. 24/06/ 1993 n. 37406/STC** “Istruzioni relative alle norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche”.
- [07] **UNI ENV 10080, 1997**, “Armature per cemento armato saldabili nervate B500. Condizioni tecniche di fornitura per barre, rotoli e reti saldate”.
- [08] **UNI ENV 1998-1-2, 1997**, “Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Regole generali e regole generali per gli edifici”.
- [09] **prENV 10081, 2001**, “ Steel for the reinforcement of concrete. Weldable reinforcement steel”.
- [10] **UNI EN 10002-Parte 1<sup>a</sup>, 1992**, “Materiali metallici. Prova di trazione. Metodo di prova (a temperatura ambiente)”. Sostituisce Parti 1 e 6 di UNI 556, UNI 5265, UNI 5547.
- [11] **UNI 564, 1960**, “Prove meccaniche dei materiali metallici. Prova di piegamento”.
- [12] **UNI 6407, 1986**, “Prodotti finiti laminati di acciaio per armature per cemento armato non precompresso”.
- [13] **UNI 5294, 1978**, “Prove meccaniche dei materiali ferrosi: Prova di piegamento alternato dei fili d’acciaio.”
- [14] **UNI 556, 1962**, “Prove meccaniche dei materiali metallici. Prova di trazione”. Parti 1 e 6 sostituite da UNI EN 10002-Parte 1<sup>a</sup>.
- [15] **ISO 10065, 1990**, “Barres en acier pour béton armé. Essais de pliage-depliage”.
- [16] **ISO 6935-1, 1991**, “Acier à béton pour armatures passives. Partie 1. Barres lisses”.
- [17] **ISO 6935-2, 1991**, “Acier à béton pour armatures passives. Partie 2. Barres nervurées”.
- [18] **CNR-UNI 10020, 1971** “Prova di aderenza su barre d’acciaio ad aderenza migliorata”.
- [19] **UNI 8926, 1986**, “Fili di acciaio destinati alla fabbricazione di reti e tralicci elettrosaldati per cemento armato strutturale”.
- [20] **UNI 8927, 1986**, “Reti e tralicci elettrosaldati di acciaio per cemento armato strutturale”.
- [21] **ISO 6935-3, 1992**, “Acier à béton pour armatures passives. Partie 3. Treillis soudés”.
- [22] **ISO 10544, 1992**, “Fils en acier à béton transformés à froid pour armatures passives. E la fabrication des treillis soudés”.
- [23] **UNI ISO 10287, 1992**, “Acier à béton pour armatures passives. Détermination de la résistance des joints des treillis soudés”.
- [24] **CEB BULLETIN D’INFORMATION N° 201**, “Recommendations for mechanical splices of reinforcing bars”.
- [25] **ISO 129, 1985**, “Technical drawings. Dimensioning. General principles, definitions, methods of execution and indications”.
- [26] **UNI EN ISO 5455, 1995**, “Disegni tecnici. Scale”.
- [27] **UNI 3977, 1986**, “Disegno tecnico. Convenzioni particolari di rappresentazione”.

- [28] **UNI 3968, 1986**, “Disegno tecnico. Tipi, grossezze ed applicazione delle linee”.
- [29] **UNI 3970, 1986**, “Disegno tecnico. Proiezioni ortogonali, viste”.
- [30] **UNI 3971, 1986**, “Disegno tecnico. Proiezioni ortogonali, sezioni”.
- [31] **UNI 4820, 1989**, “Definizioni e principi di quotatura”.
- [32] **UNI 3974, 1989**, “Sistemi di quotatura”.
- [33] **UNI 3973, 1989**, “Quotatura. Linee di misura e di riferimento e criteri di indicazione delle quote”.
- [34] **ISO 2692, 1998**, “Technical drawings. Lettering. Part. 1: Currently used characters”.
- [35] **UNI 7559/1, 1976**, “Scritture sui disegni e documenti relativi”.
- [36] **UNI EN ISO 6433, 1995**, “Disegni tecnici. Numeri di posizione”.
- [37] **UNI ISO 8015, 1989**, “Disegno tecnico. Principi fondamentali per l’attribuzione delle tolleranze”.
- [38] **UNI ISO 3766, 1980**, “Disegni tecnici. Disegni di costruzioni e d’ingegneria civile. Rappresentazione simbolica delle armature del calcestruzzo”.
- [39] **EN ISO 7437, 1996**, “Technical drawings. Construction drawings. General rules for execution of production drawings for prefabricated structural components”.
- [40] **UNI 9120, 1986**, “Disegni tecnici. Disegni di costruzioni e d’ingegneria civile. Distinta ferri”.
- [41] **ISO 4066, 1994**, “Dessins de bâtiment et génie civil. Chaiers de ferrailage”.
- [42] **B.S. 4466, 1981**, “Bending dimensions and scheduling of reinforcement for concrete”.
- [43] **SIA, 1972**, “Uso di forme e liste tipo per la lavorazione di acciai d’armatura”.
- [44] **UNI EN ISO 9001:2000**, “Sistemi di Gestione per la qualità- Requisiti”.
- [45] **UNI EN ISO 9000:2000**, “Sistemi di Gestione per la qualità- Fondamenti e Terminologia”.
- [46] **UNI EN ISO 9004:2000**, “Sistemi di Gestione per la qualità- Linee guida per il miglioramento delle prestazioni”.
- [47] **UNI 9858, 1991**, “Calcestruzzo. Prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità”.
- [48] **EN 206, 2001**, “Concrete. Performance, production, placing and compliance criteria”.
- [49] **UNI 9535, 1992**, “Corrosione e protezione dell’armatura del calcestruzzo. Determinazione del potenziale dei ferri d’armatura”.
- [50] **UNI 9944, 1992**, “Corrosione e protezione dell’armatura del calcestruzzo. Determinazione della profondità di carbonatazione e del profilo di penetrazione degli ioni cloruro nel calcestruzzo”.
- [51] **UNI 10174, 1993**, “Istruzioni per l’ispezione delle strutture di cemento armato esposte all’atmosfera mediante mappatura di potenziale”.
- [52] **UNI 10322, 1994**, “Corrosione delle armature delle strutture di calcestruzzo. Metodo per la determinazione del grado di protezione del calcestruzzo nei confronti dell’armatura”.
- [53] **UNI 9747, 1990 e F.A. 1994**, “Corrosione delle armature del calcestruzzo in condizioni aggressive. Metodi di intervento e protezione”.
- [54] **UNI 10608, 1997**, “Barre e vergella (rotoli) di acciaio d’armatura per cemento armato, zincati a caldo”.
- [55] **ISO 10144, 1991**, “Système particulier de certification des barres et fils d’acier pour le renforcement des constructions en béton”.
- [56] **ISO 11082, 1992**, “Système particulier de certification des treillis soudés pour le renforcement des constructions en béton”.

**TESTI CONSULTATI**

- POZZATI P.**, "Teoria e Tecnica delle strutture", Ed. UTET, 1977.  
**TONIOLO G.**, "Elementi strutturali in cemento armato.", Ed. Masson, 1993.  
**TONIOLO G.**, "Cemento armato. Calcolo agli stati limite.", Ed. Masson, 1995.  
**MIGLIACCI A.**, "Progetti di strutture", Centro Grafico Linate (MI), 1990.  
**MIGLIACCI A., MOLA F.**, "Progetto agli Stati Limite delle strutture in c.a.", Ed. Masson, 1978.  
**CEB FIP MODEL CODE 90**, "Design Code", Thomas Telford, 1993.  
**CEB BULLETIN D'INFORMATION N° 183**, "Durable Concrete Structures, Telford, 1992.  
**FIP RECOMMENDATIONS**, "Design Exemples. Practical design of structural concrete", 1996.  
**WALTHER R., MIEHLBRADT M.**, "Progettare in calcestruzzo armato. Fondamenti e tecnologia". Ed. Hoepli, 1994.  
**LEONHARDT F.**, "C.A. & C.A.P. Calcolo di progetto e tecniche costruttive" (Vol. III), Edizioni di Scienza e Tecnica, 1977.  
**CALAVERA J., GONZÁLEZ VALLE E., FERNÁNDEZ GÓMEZ J., VALENCIANO F.**, "Manual de ferralla", Maquetación: Fragma, 1997.  
**POZZO E.**, Teoria e tecnica delle strutture. Il calcolo del cemento armato", Ed. Pitagora, 1996.  
**MEZZINA MAURO a cura di**, "Costruire con il cemento armato", UTET, 2001.  
**DE NICOLO B.**, "Materiali da costruzione, sperimentazione e normativa", Ed. Franco Angeli, 1998.

**ABBREVIAZIONI**

<b>ACI</b>	American Concrete Institute
<b>CEB</b>	Comité Eurointernational du Bèton (until 1998)
<b>FIP</b>	Fédération Internationale du Précontrainte (since 1998, joint CEB and FIP)
<b>SIA</b>	Schweizer Ingenieur und Architekt
<b>B.S.</b>	British Standard
<b>ISO</b>	Organizzazione Internazionale di Normalizzazione Ha concepito la ICS (International Classification for Standards), il sistema di classificazione per Norme Tecniche per fornire un criterio univoco e razionale alla struttura di cataloghi e repertori di norme tecniche. Il nostro Paese è stato uno dei primi ad adottarlo al fine di favorire la confrontabilità delle informazioni e promuovere in tal modo la conoscenza e la diffusione della cultura normativa.
<b>UNI</b>	Ente Nazionale di Unificazione. Rappresenta l'Italia nel CEN e cura la traduzione ufficiale delle Norme Europee.
<b>CEN</b>	Comitato Europeo di Normalizzazione
<b>CNR</b>	Consiglio Nazionale delle Ricerche
<b>CNR UNI</b>	Norme conformi a quelle pubblicate dal Consiglio Nazionale delle Ricerche
<b>UNI ISO</b>	Versione italiana delle norme internazionali ISO, oppure la loro adozione nella lingua originale
<b>EN</b>	Norma Europea. Ha lo status di norma nazionale
<b>ENV</b>	Norma sperimentale Europea. Ha lo status di norma nazionale sperimentale
<b>UNI EN</b>	Norma Europea, obbligatoriamente recepita nei paesi comunitari, in quanto accettata come tale da una maggioranza qualificata di membri votanti, tradotta in lingua italiana oppure adottata integralmente in una delle lingue ufficiali CEN (inglese, francese, tedesco): Le UNI EN non consentono la presenza a livello nazionale di norme che non siano in armonia col loro contenuto

- 
- UNI EN ISO** Versione ufficiale dalle norme europee EN che recepiscono, senza varianti, il testo delle omonime norme internazionali ISO: Possono essere tradotte in lingua italiana o adottate in lingua originale
- PrENV** (European prestandard). Ha lo status di norma europea provvisoria
- L.** Legge della Repubblica Italiana
- D.M** Decreto Ministeriale
- C.M.** Circolare Ministeriale