

Progetto Concrete Corso sugli acciai da c.a.
SISMIC

BRESCIA 3 - 4 - 5 - 6 Aprile 2006



**La presagomatura degli acciai da c.a.
problemi e riflessioni**

Luisa PANI

Università di Cagliari - Facoltà di Ingegneria

PREMESSE

Il calcestruzzo e l'acciaio delle strutture in cemento armato sono organismi che si scambiano reciproca collaborazione.

Il buon costruire dipende

- Impostazione strutturale corretta
- Scelta dei materiali
- Cura dei dettagli costruttivi
- Lavorazione delle armature
- Posa in opera delle armature e del calcestruzzo

Un progetto strutturale ottimo sia dal punto di vista della concezione strutturale che della disposizione delle armature, viene spesso stravolto in sede esecutiva.

La corretta esecuzione delle armature ha una funzione essenziale per garantire le prestazioni richieste alle strutture in cemento armato; tuttavia questo aspetto è in genere sottovalutato.

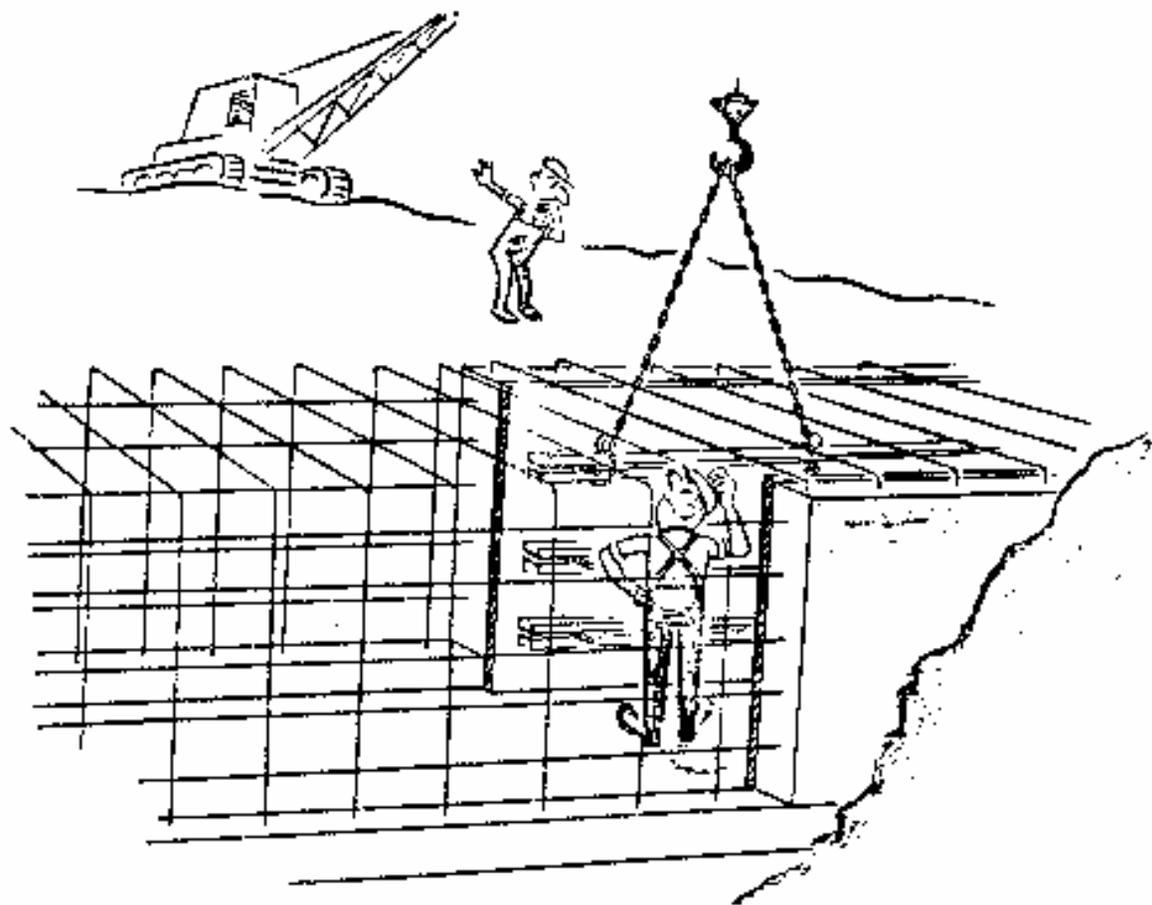
Importanza rilevante hanno:

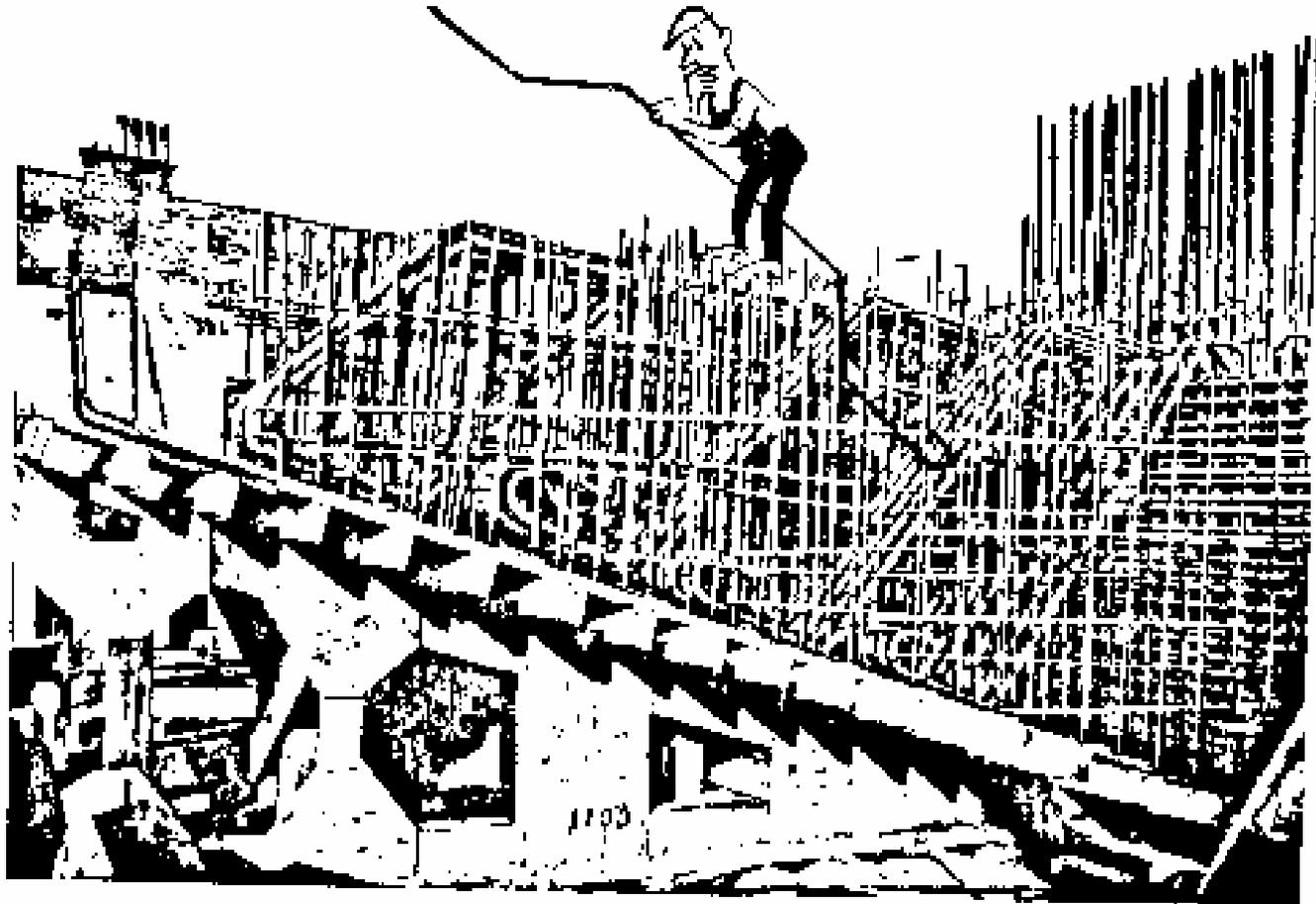
- **i particolari di dettaglio**
- **i punti di discontinuità**
- **gli ancoraggi**
- **le sovrapposizioni**

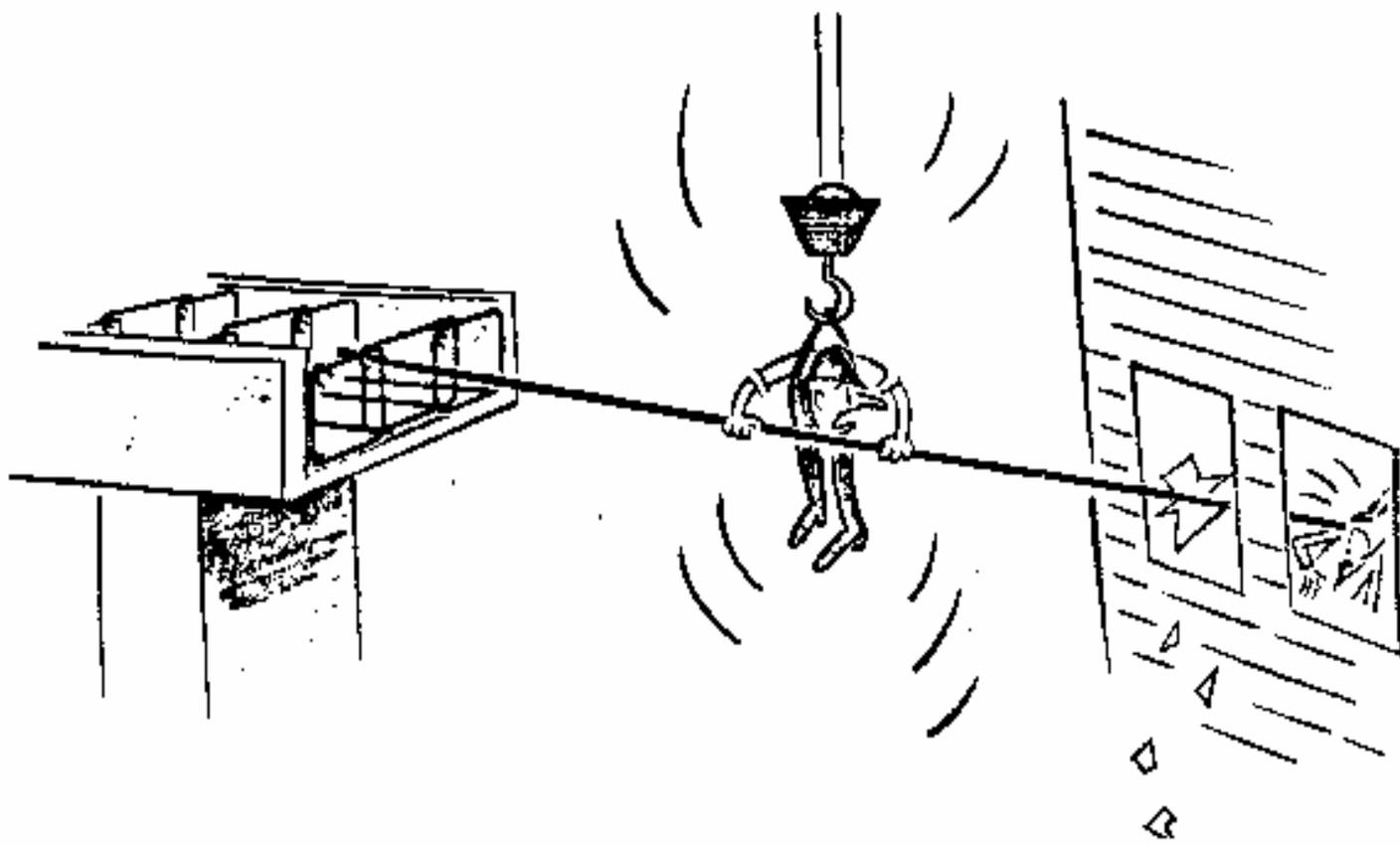
Corsia critica del processo di costruzione

Dettagli costruttivi complicati
determinano:

- Assemblaggi difficoltosi ed elaborati
- Ostacoli al corretto ricoprimento di calcestruzzo
- Incrementi nei tempi di costruzione
- Errori umani







Una soluzione al problema?

- Progettisti
- Imprese
- Direttori dei lavori
- Tutti gli addetti coinvolti nel processo di costruzione

devono *“usare lo stesso linguaggio”* e perseguire i medesimi obiettivi

INDUSTRIALIZZAZIONE DELL'ARMATURA

Ridurre
Semplificare
Standardizzare

le armature

LIMITARE IL NUMERO DEI DIAMETRI

- Scarto minore
- Magazzino più piccolo
- Rendimento più elevato del taglio

LIMITARE IL NUMERO DI BARRE CON GANCI

- Solo taglio a lunghezza
- Facile trasporto e stoccaggio

LIMITARE IL NUMERO DELLE SAGOME E DELLE POSIZIONI

- Riduzione del lavoro
- Utilizzo di linee di taglio
- Piegature a comando automatico

Le variabili nel progetto delle armature sono:

- ✓ *Tipo di acciaio*
- ✓ *Diametri delle barre*
- ✓ *Sagome di piegatura*
- ✓ *Tecniche di assemblaggio*
- ✓ *Posizionamento delle armature*

Le norme danno una serie
di prescrizioni da rispettare
(in alcuni casi obbligatoriamente),
che vanno interpretate ed
applicate.

TIPO DI ACCIAIO

- Acciaio per cemento armato laminato a caldo B450C
- Acciaio per cemento armato laminato a freddo B450A

Per entrambi

$$f_{y,nom} = 450 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,nom} = 540 \text{ N/mm}^2$$

CARATTERISTICHE

	B450C	B450A
Tensione di snervamento caratteristica f_{yk}	$\geq f_{y,nom}$	$\geq f_{y,nom}$
Tensione di rottura caratteristica f_{tk}	$\geq f_{t,nom}$	$\geq f_{t,nom}$
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,13$ $\leq 1,35$	$\geq 1,05$
$(f_y/f_{y,nom})$	$\leq 1,25$	$\leq 1,25$
Allungamento $(A_{gt})_k$	$\geq 7\%$	$\geq 3\%$
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche $\phi < 12 \text{ mm}$	4ϕ	4ϕ
$12 \text{ mm} \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$	5ϕ	-
$16 \text{ mm} < \phi \leq 25 \text{ mm}$	8ϕ	-
$25 \text{ mm} < \phi \leq 50 \text{ mm}$	10ϕ	-

DIAMETRI DELLE BARRE

Il diametro delle barre deve essere compreso tra 6 e 50 mm.

Per $\phi \geq 40$ mm, devono essere applicate le regole delle strutture composte acciaio calcestruzzo.

L'acciaio in rotoli è ammesso senza limiti per $\phi \leq 16$ mm

Reti e tralicci

Le reti e i tralicci sono costituiti da barre con $5 \text{ mm} \leq \phi \leq 12 \text{ mm}$, di tipo saldabile con equidistanza che non può superare i 330 mm.

I nodi delle reti devono resistere ad una forza di distacco pari al 30% della forza di snervamento della barra di diametro maggiore.

RAPPRESENTAZIONE SEMPLIFICATA DELLE ARMATURE UNI EN ISO 3766 - 2005

- Indicazione delle dimensioni
- Codificazione delle sagome
- Sagome predefinite
- Distinta ferri

Convenzioni nei disegni



Rappresentazione generale



Rappresentazione come linea continua poligonale



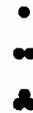
Rappresentazione come linea continua formata da linee dritte e archi



Fascio con tre barre identiche



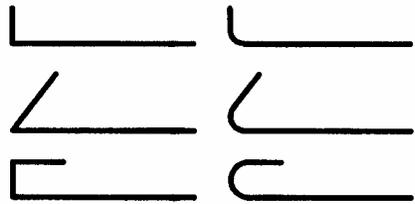
Per indicare le estremità di barre dritte posizionate in fila nel medesimo piano



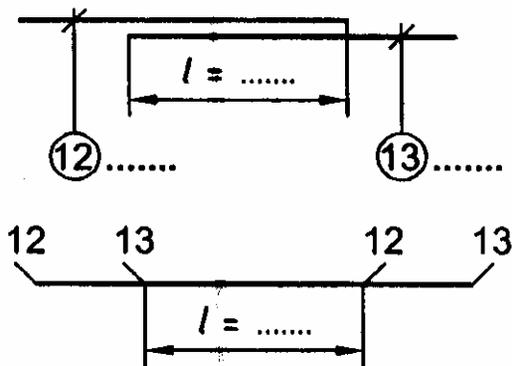
Barre viste in sezione

Convenzioni nei disegni

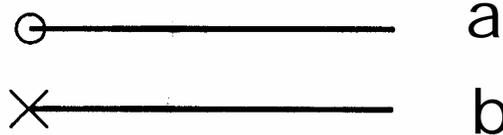
Ancoraggi e sovrapposizioni



Barre con ancoraggio ad uncino



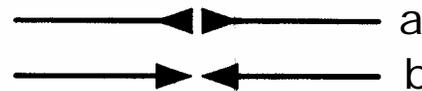
Sovrapposizioni di barre



Barra piegata ad angolo retto in direzione dell'osservatore

a) verso l'osservatore

b) in direzione opposta

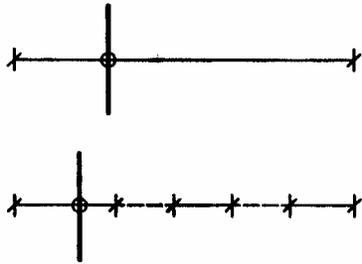


Barre unite con collegamenti meccanici

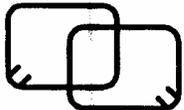
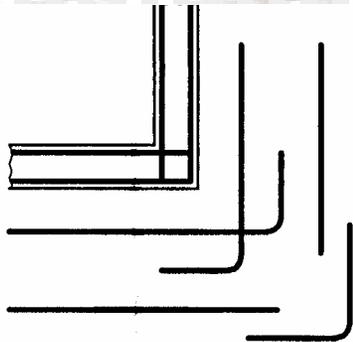
a) collegamento in trazione

b) collegamento in compressione

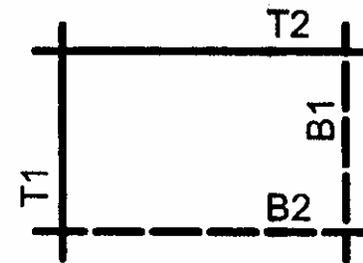
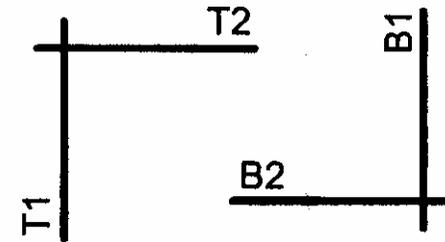
Convenzioni nei disegni



Gruppi di barre identiche, viste in pianta



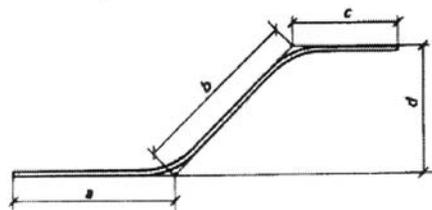
Se la distribuzione dell'armatura non è chiara all'interno della sezione, può essere necessario un rappresentazione dettagliata delle armature all'esterno della sezione



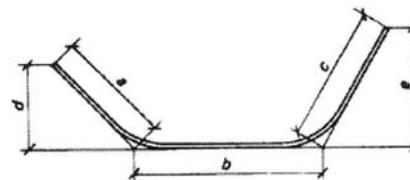
Disposizione di strati di armatura su due piani paralleli:

- a) B strato inferiore
- b) T strato superiore

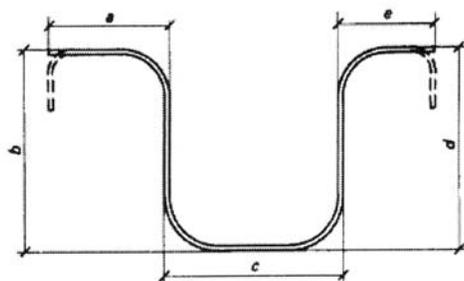
Dimensioni di piegatura



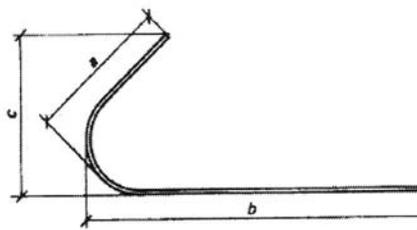
sagoma a



sagoma b

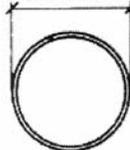


sagoma c

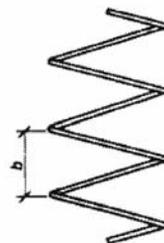


sagoma d

\varnothing (diametro esterno)



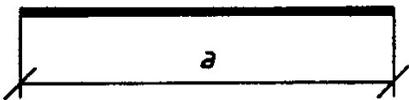
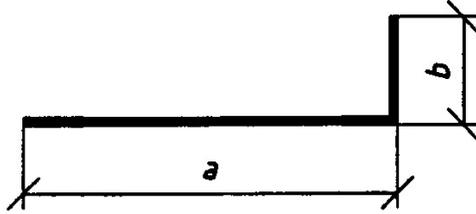
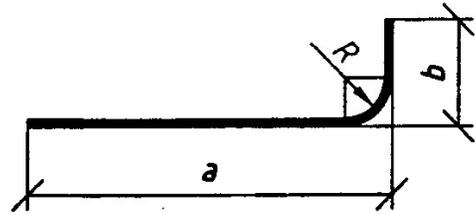
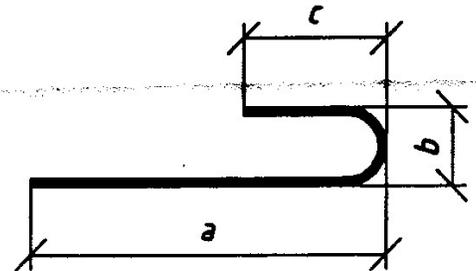
c = numero di giri completi

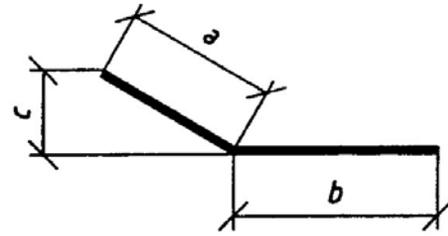
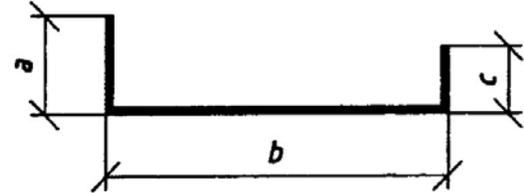
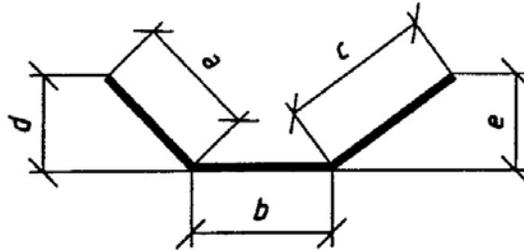
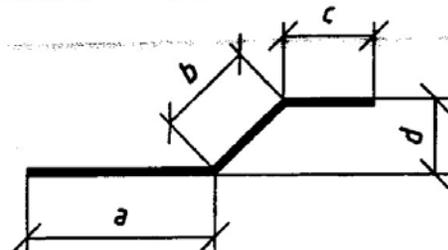


sagoma e

CODIFICAZIONE DELLE SAGOME

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

Codice Sagoma	Sagoma della barra
00	
00 0 0	a h
11	
11 0 0	a b h
12	
12 0 0	a b R h
13	
13 0 0	a b c h

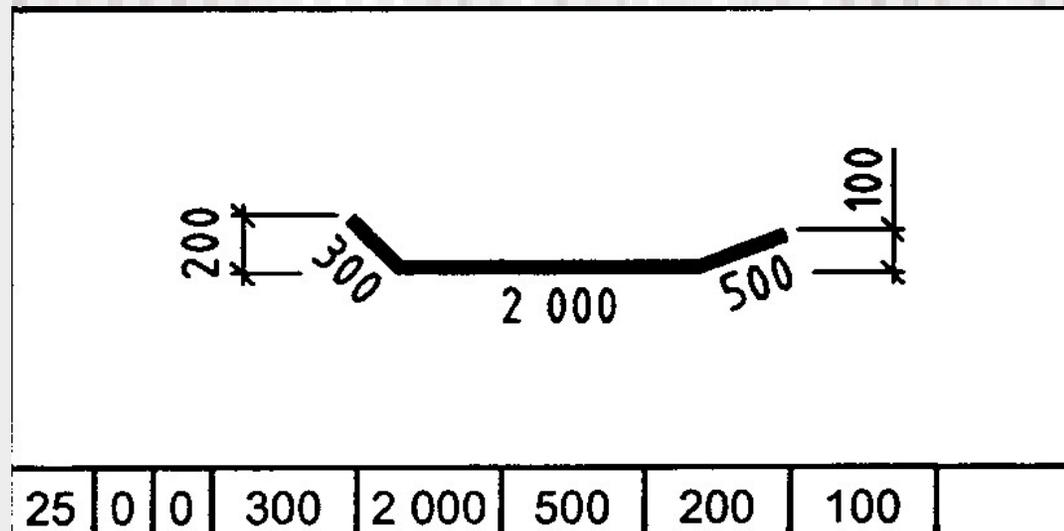
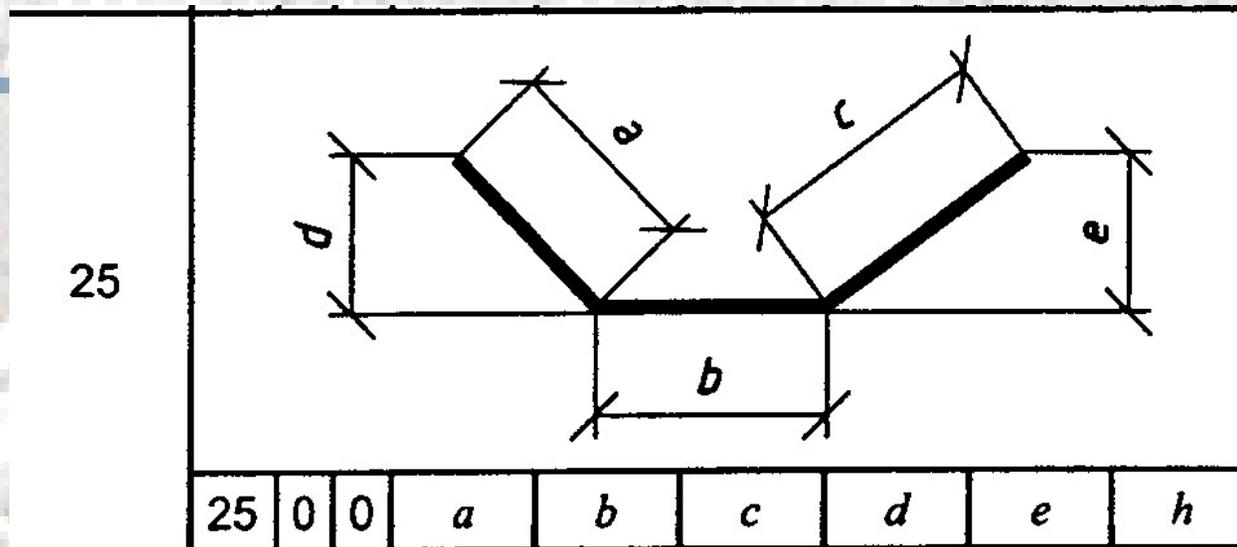
Codice sagoma	Sagoma della barra
15	
15 0 0	a b c h
21	
21 0 0	a b c h
25	
25 0 0	a b c d e h
26	
26 0 0	a b c d h

Codice sagoma	Sagoma della barra
31	
31	0 0 a b c d h
33	
33	0 0 a b c
41	
41	0 0 a b c d e h
44	
44	0 0 a b c d e h

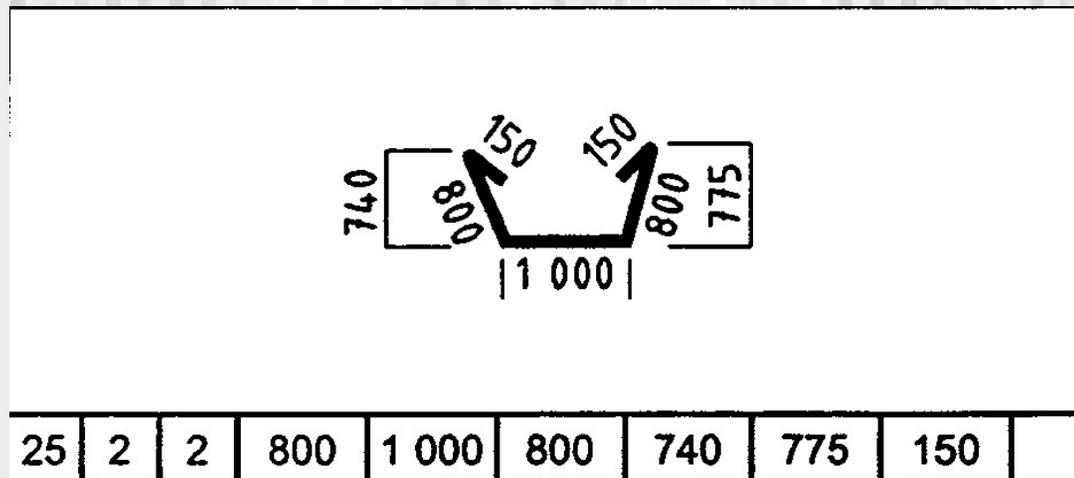
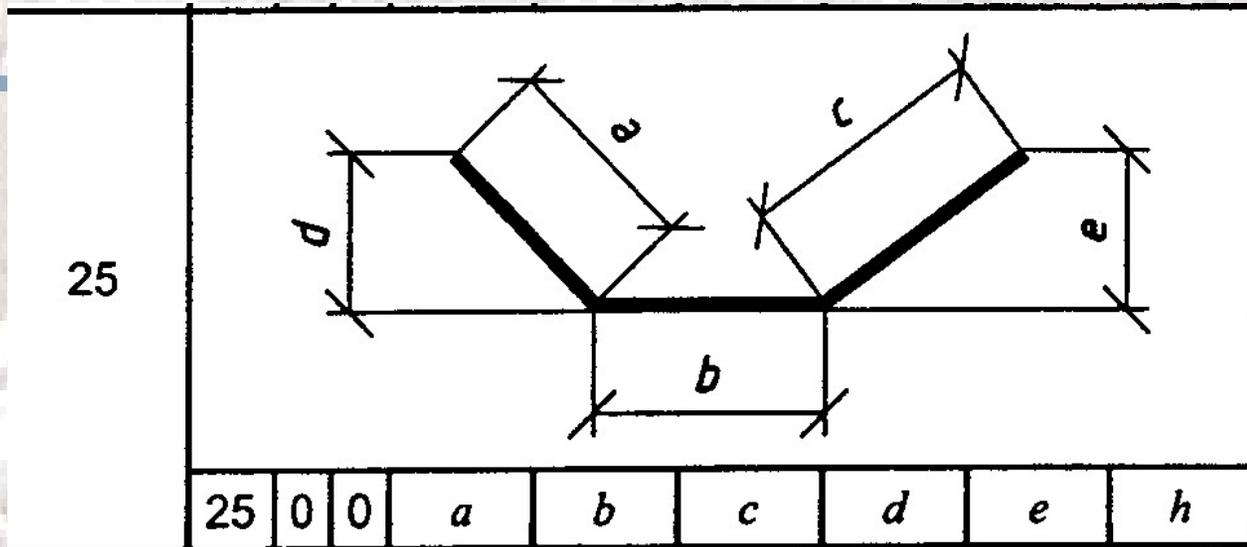
Codice sagoma	Sagoma della barra
46	
46	0 0 a b c d e h
67	
67	0 0 a R h
77	
77	0 0 a b c h
99	Altre sagome ed angoli
99	

a diametro esterno
b passo della spirale
c numero di cerchi completi

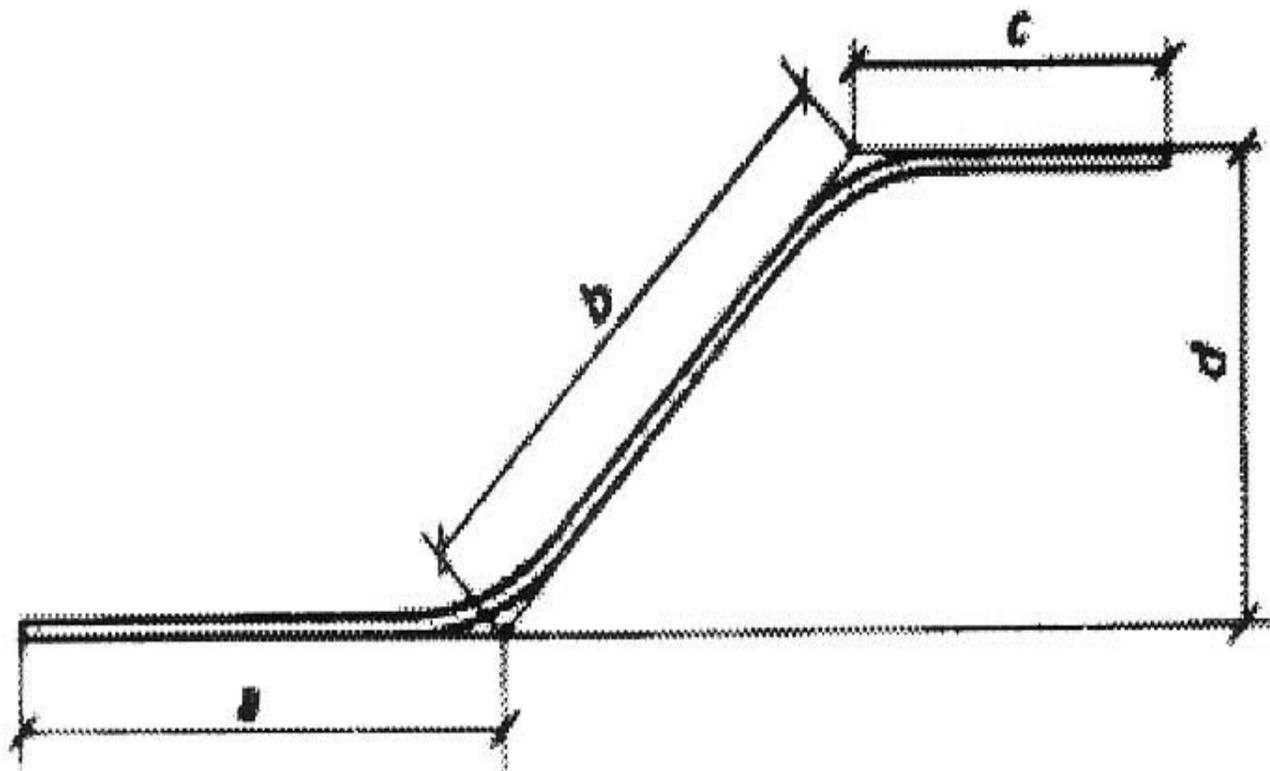
ESEMPIO



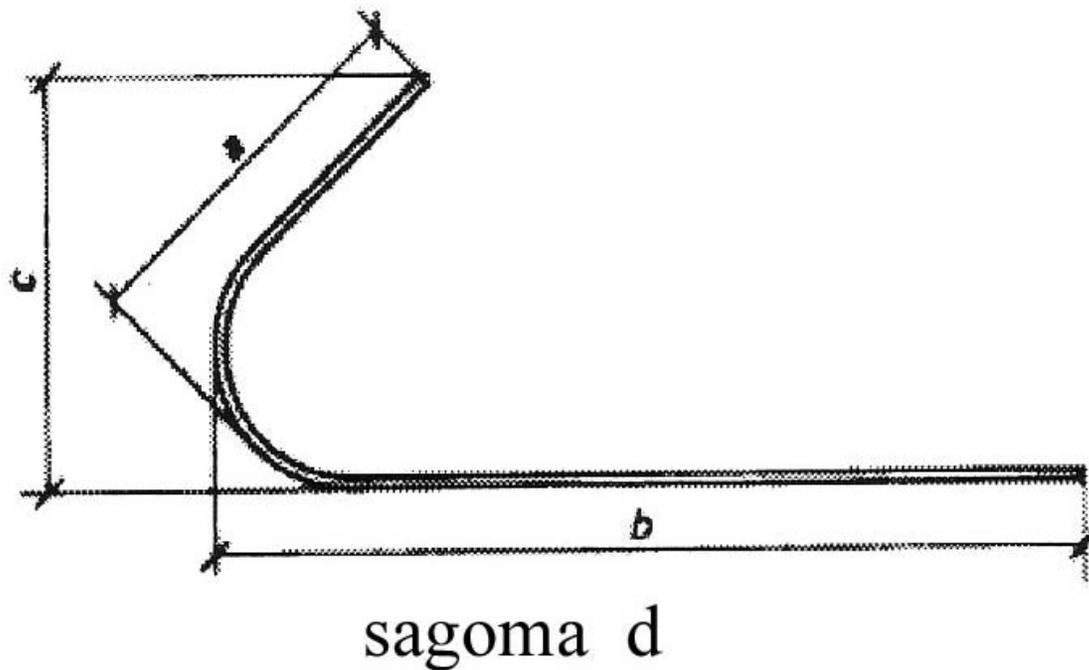
ESEMPIO



Codice 26



SAGOME NON NORMALIZZATE SPECIALI



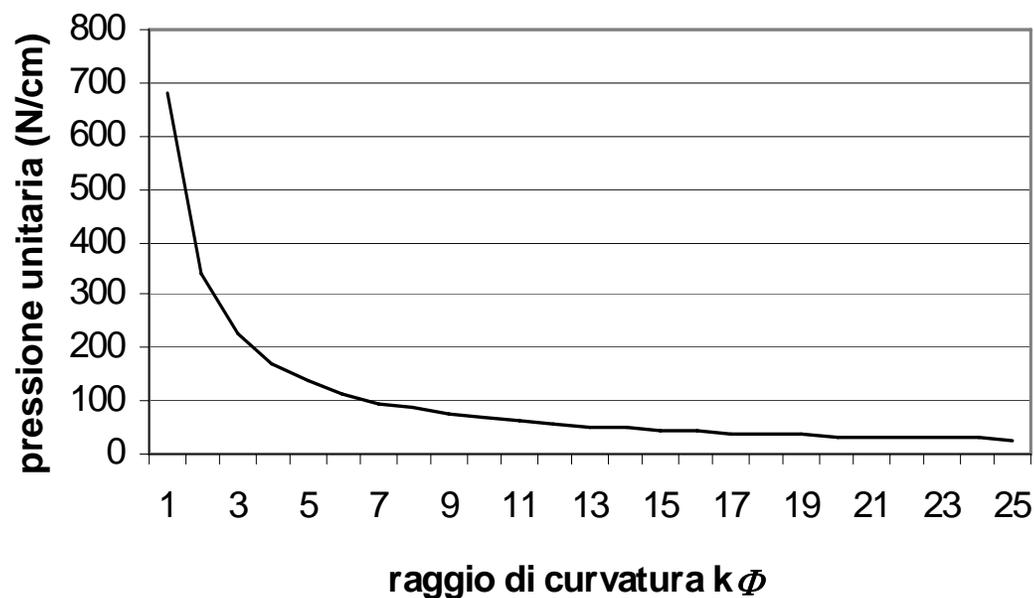
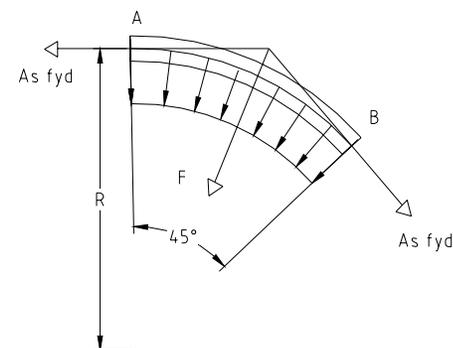
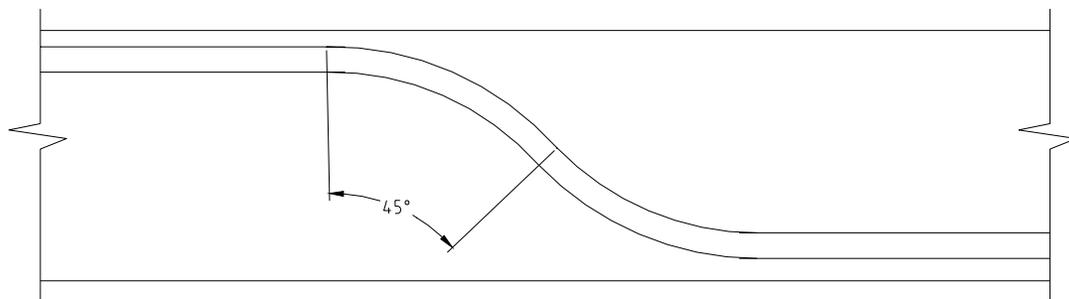
Codice **99**

Esempio di distinta dei ferri

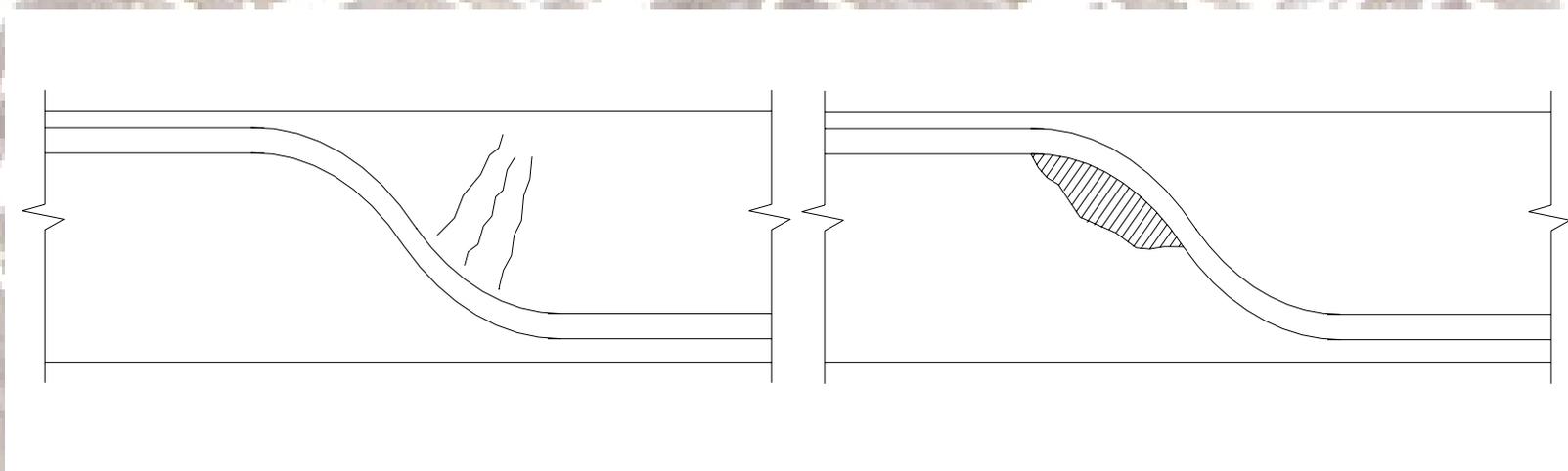
Elemento	Riferimento della barra	Tipo di acciaio?	Diametro (mm)	Lunghezza di ogni barra (m)	Numero di elementi	Num. barre a elemento	Numero totale barre	Massa totale (kg)	Codice di sagoma				Dimensioni delle parti (mm)					Modifiche
													a	b	c	d	e/r	
(Ragione sociale)					(Titolo del progetto)					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

SOLLECITAZIONI INDOTTE NEL CALCESTRUZZO DALLA PIEGATURA DELLA BARRA



DANNI PRODOTTI NEL CALCESTRUZZO DALLA PIEGATURA DELLA BARRA



IL RAGGIO MINIMO DEL MANDRINO

ovvero

IL RACCORDO CIRCOLARE DI UNA BARRA PIEGATA

è funzione dei seguenti parametri

- ✓ TIPO DI ACCIAIO
- ✓ STATO SUPERFICIALE DI ADERENZA DELLA BARRA
- ✓ DIAMETRO DELLA BARRA
- ✓ ANGOLO DI PIEGATURA DELLA BARRA
- ✓ STATO DI SOLLECITAZIONE DELLA BARRA
(ovvero il suo impiego)

RAGGI MINIMI DI CURVATURA

LE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

del 14 settembre 2005 non danno indicazioni.

Non v'è dubbio che il diametro minimo di piegatura deve essere tale da evitare fessure nella barra dovute alla piegatura e rottura del calcestruzzo nell'interno della piegatura.

Per definire i valori minimi da adottare ci riferiamo all'**Eurocodice 2** paragrafo 8.3

"Diametri ammissibili dei mandrini per barre piegate"

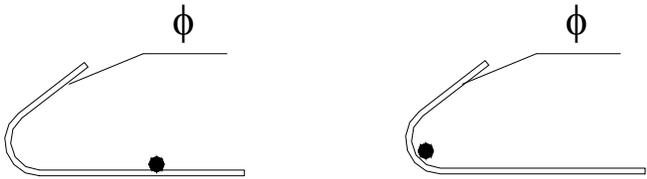
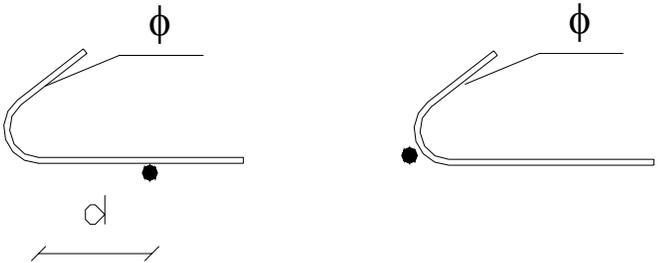
Diametro minimo del mandrino per evitare danni all'armatura

a) Per barre e fili

Diametro barra	Diametro minimo del mandrino per piegature, uncini e ganci
$\phi \leq 16 \text{ mm}$	4 ϕ
$\phi > 16 \text{ mm}$	7 ϕ

Diametro minimo del mandrino per evitare danni all'armatura

b) Per barre piegate saldate e reti piegate dopo la saldatura

	Diametro minimo del mandrino
	5ϕ
	5ϕ se $d \geq 3 \phi$ 20ϕ se $d < 3 \phi$ o saldatura interna alla piegatura

Diametro del mandrino minimo per evitare la rottura del calcestruzzo

Non è necessario controllare il diametro del mandrino se

- L'ancoraggio della barra non richiede una lunghezza maggiore di 5ϕ oltre l'estremità della piegatura
- Il piano di piegatura non è vicino alla faccia del calcestruzzo ed è presente una barra trasversale di diametro maggiore all'interno della piegatura
- Il diametro del mandrino rispetta i minimi previsti per evitare danni all'armatura

E' necessario controllare il diametro del mandrino in caso contrario

$$\blacksquare \phi_{\min} \geq F_{bt} \left(\left(\frac{1}{a_b} \right) + \frac{1}{(2\phi)} \right) / f_{cd}$$

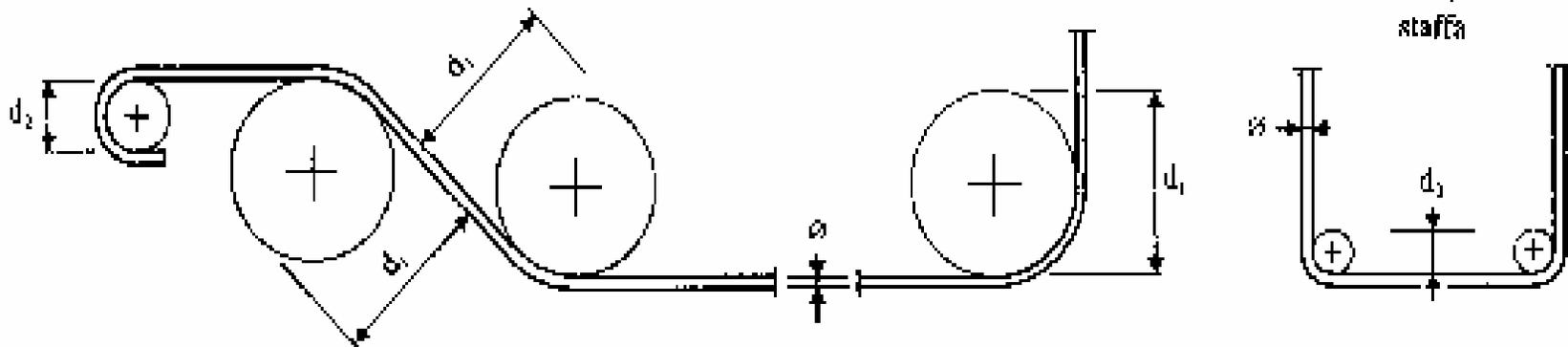
F_{bt} = forza di trazione allo stato limite ultimo applicata alla singola barra o al gruppo di barre all'inizio della piegatura

a_b = per una data barra (o gruppi di barre a contatto) è metà della distanza tra i baricentri delle barre (o gruppi di barre) perpendicolari al piano di piegatura.

Per le barre adiacenti alla faccia

dell'elemento $a_b = \text{ricoprimento} + \phi/2$

RAGGIO DI CURVATURA IN FUNZIONE DELL'IMPIEGO DELLA BARRA

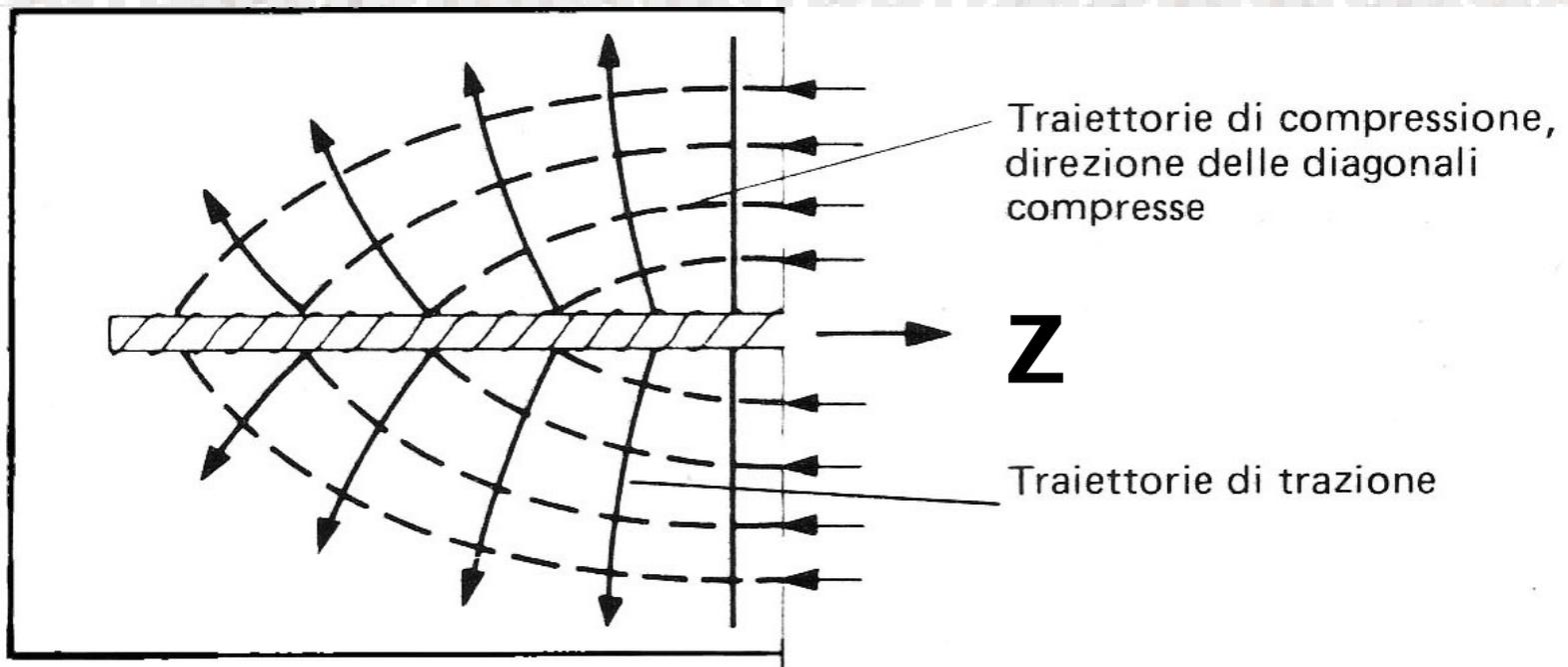


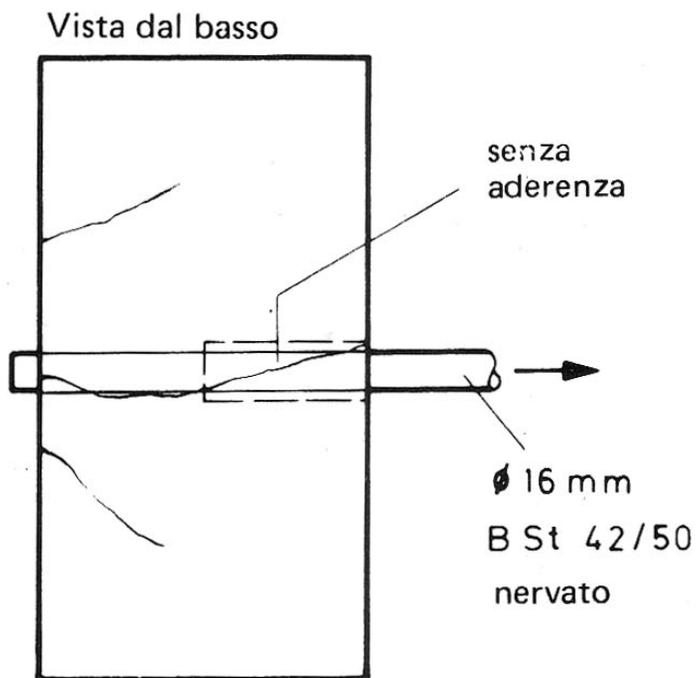
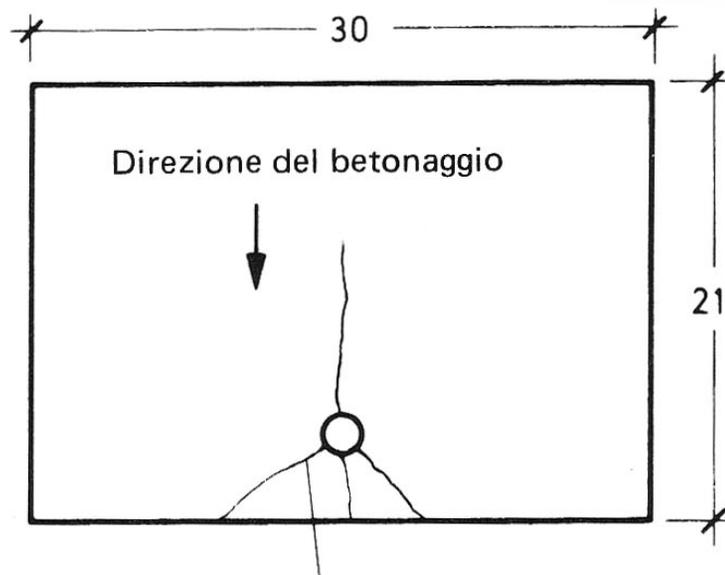
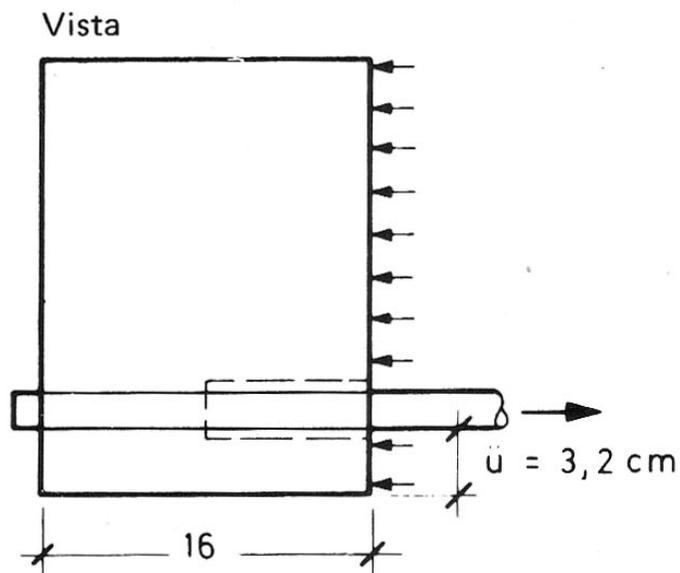
- innalzamenti di barre: $d_1 = 15 \phi$
- ganci, gomito e volte: $d_2 = 6 \phi$ per barre con $\phi \leq 20 \text{ mm}$
- $d_2 = 8 \phi$ per barre con $20 \text{ mm} < \phi \leq 30 \text{ mm}$
- $d_2 = 10 \phi$ per barre con $30 \text{ mm} < \phi \leq 40 \text{ mm}$
- staffe: $d_3 = 4 \phi$ per barre con $\phi \leq 16 \text{ mm}$

ANCORAGGI DELLE ARMATURE LONGITUDINALI TESE

La forza di trazione Z è in equilibrio nella zona di ancoraggio con la risultante delle tensioni di compressione nel calcestruzzo.

La somma delle tensioni di trazione nel calcestruzzo trasversali alla barra è detta **forza di fenditura**.





Se il copriferro è ridotto rispetto al diametro delle barre o tra le barre vi è un interfero insufficiente, la **forza di fenditura** di trazione può provocare **grosse fessure longitudinali nella zona di ancoraggio.**

Duplici problema:

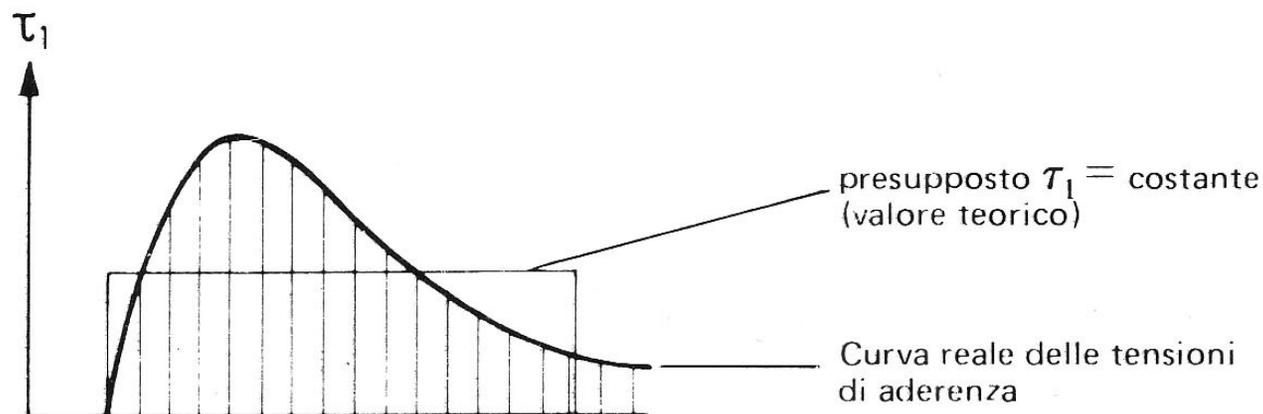
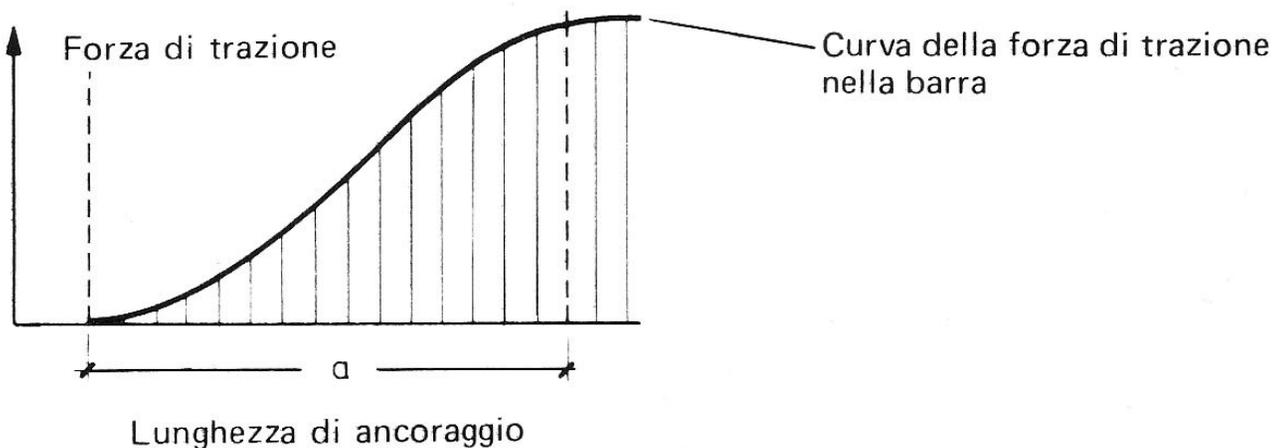
- **Come scaricare l'azione assiale trasmessa dalla barra sul calcestruzzo?**

Lunghezza di ancoraggio

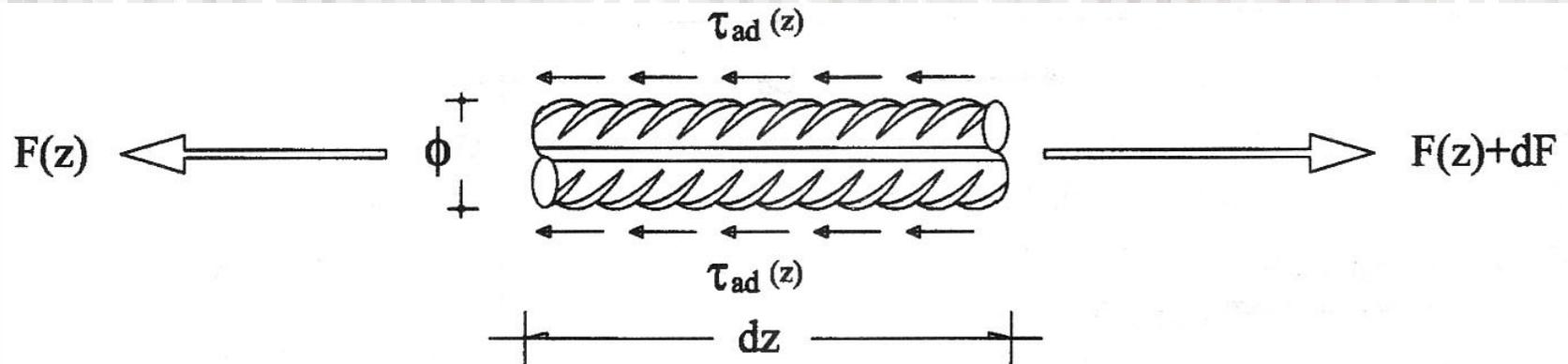
- **Come evitare la fessurazione nell'intorno dell'ancoraggio dovuta alla forza di fenditura?**

Copriferro, staffe, accorgimenti vari

Le tensioni trasversali nel calcestruzzo sono più forti dove le tensioni di aderenza sono massime, all'incirca nell'ultimo terzo della lunghezza di ancoraggio, dove di conseguenza il copriferro può fessurarsi per spacco sotto le azioni trasversali.



L'azione assiale della barra si scarica sul calcestruzzo tramite le tensioni di aderenza all'interfaccia ed è evidente che il suo valore varia notevolmente lungo la zona di ancoraggio, tuttavia si può considerare costante e ricavare la **lunghezza di ancoraggio** scrivendo l'equazione di equilibrio del tratto di barra ancorato nell'ipotesi 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:



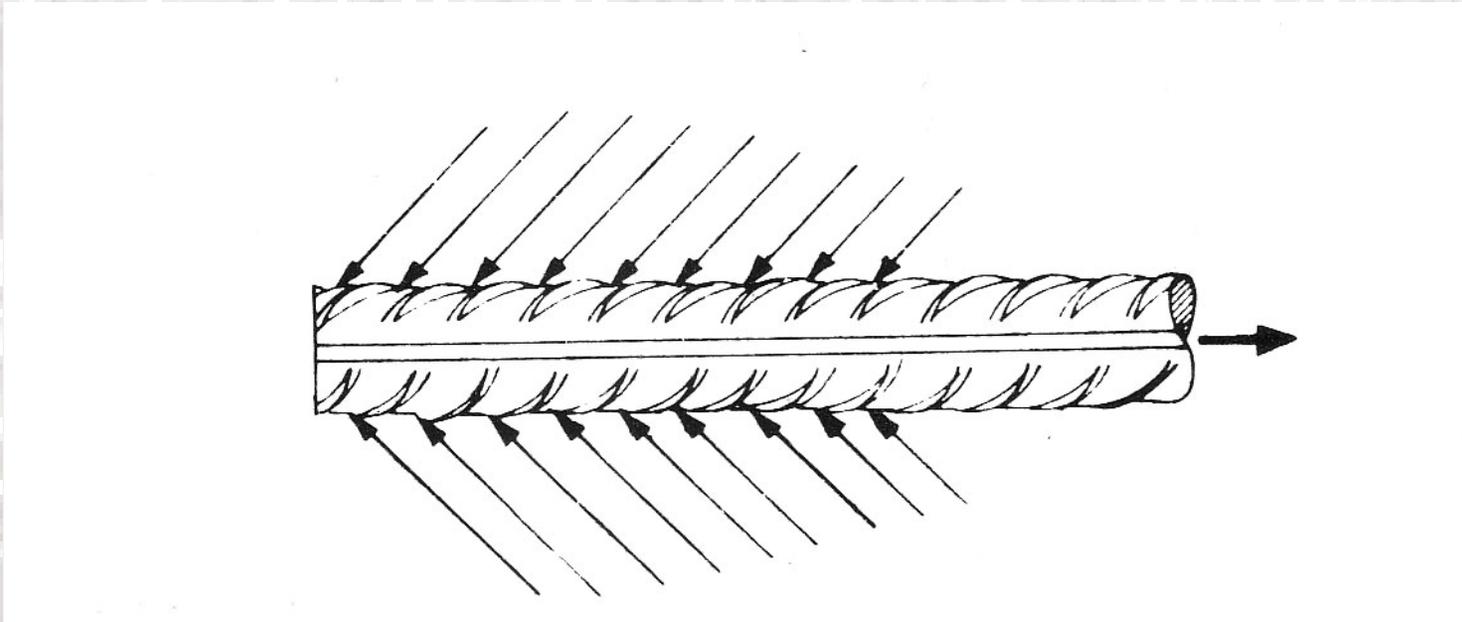
La lunghezza di ancoraggio è

- proporzionale al diametro della barra
- alle proprietà dei materiali:

f_{yd} tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio è una grandezza abbastanza affidabile,

f_{bd} tensione ultima di aderenza è un parametro da scegliere con molta precauzione, in quanto si deve essere sicuri che il valore medio assunto costante produca la sicurezza necessaria lungo tutta la lunghezza di ancoraggio.

L'aderenza perfetta si ottiene solo con le barre ad aderenza migliorata, infatti in questo caso le diagonali compresse si appoggiano sulle nervature della barra che generano trazione trasversale alla barra.



Nel caso di barre lisce questo effetto non è presente per cui le barre lisce devono essere necessariamente munite di uncino o gancio all'estremità.

L'attuale decreto ne vieta l'impiego.

Nel caso di carichi ciclici e di sisma l'aderenza e quindi l'ancoraggio delle barre gioca un ruolo



sfilamento dell'armatura longitudinale di un pilastro a causa di lunghezza di ancoraggio insufficiente.

Il testo unico delle costruzioni del 14.09.2006

- Vieta l'impiego di barre lisce per usi strutturali
- Le armature longitudinali non possono essere interrotte e sovrapposte all'interno di un nodo strutturale, ma in zone di minore sollecitazione
- Le sovrapposizioni possono essere realizzate con dispositivi

Il testo unico delle costruzioni del 14.09.2006

La continuità fra le barre può effettuarsi tramite:

- Saldatura nel rispetto della prEN ISO 17660
- Sovrapposizione, che va calcolata in modo da assicurare l'ancoraggio di ciascuna barra

La lunghezza di sovrapposizione nel tratto rettilineo deve essere non minore di 20 diametri e la prosecuzione di ciascuna barra deve essere deviata verso la zona compressa.

La distanza mutua fra le barre nella sovrapposizione non deve superare i 6Φ

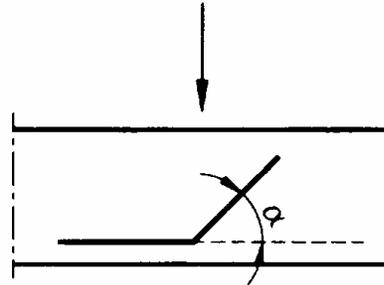
I metodi di ancoraggio secondo l'EC2 prescrivono

- Consentire la trasmissione delle forze di aderenza al calcestruzzo per evitare la fessurazione longitudinale ed il distacco del calcestruzzo
- Negli ancoraggi in compressione piegature e ganci non danno contributo

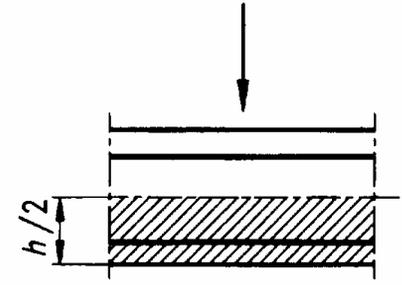
La tensione ultima di aderenza f_{bd} deve essere sufficiente per prevenire la perdita di aderenza

Condizioni di ottima
aderenza

Direzione del getto

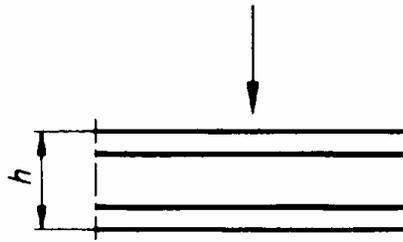


a) $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$
Per tutti i valori h

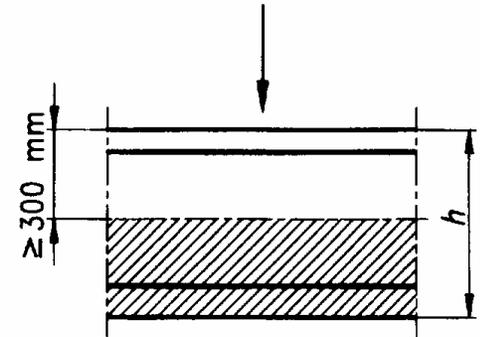


c) : $h > 250$ mm

Direzione del getto



b) : $h \leq 250$ mm



d) : $h > 600$ mm

a),b)
Buone condizioni di aderenza
per tutte le barre

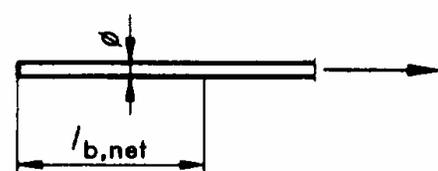
c),d)
Barre nella zona tratteggiata:
buone condizioni di aderenza
Barre esterne alla zona
tratteggiata: mediocri
condizioni di aderenza

In condizione di ottima aderenza f_{bd} vale

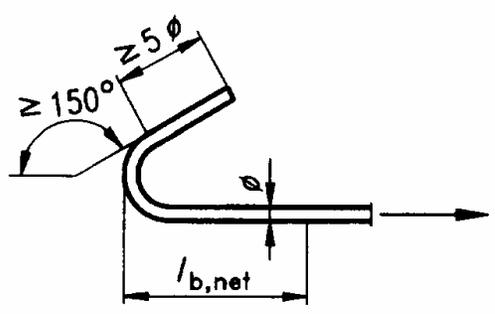
f_{ck}	12	16	20	25	30	35	40	45	50
$\varnothing \leq 32$ mm	1,5	1,8	2,1	2,5	2,8	3,1	3,5	3,8	4,0

In tutti gli altri casi ridurre f_{bd} del 30%

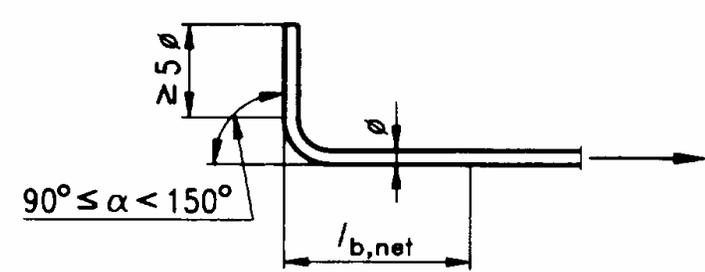
Ancoraggio delle barre longitudinali tese



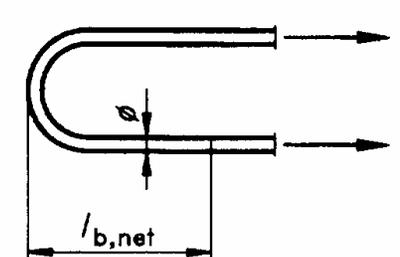
a) Ancoraggio diritto



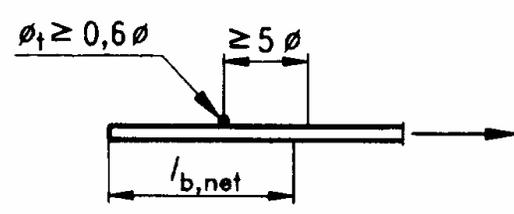
b) Gancio



c) Piega



d) Forcella



e) Barra trasversale saldata

DETERMINAZIONE DI $I_{b,net}$

- Nei casi delle figure b, c, d

$$I_{b,net} = (\varnothing/4) (\sigma_{sd}/f_{bd})$$

- Nel caso della figura e

$$I_{b,net} = 0,7 (\varnothing/4) (\sigma_{sd}/f_{bd})$$

dove σ_{sd} è la tensione di progetto in corrispondenza del punto in cui si misura l'ancoraggio

Ancoraggi minimi

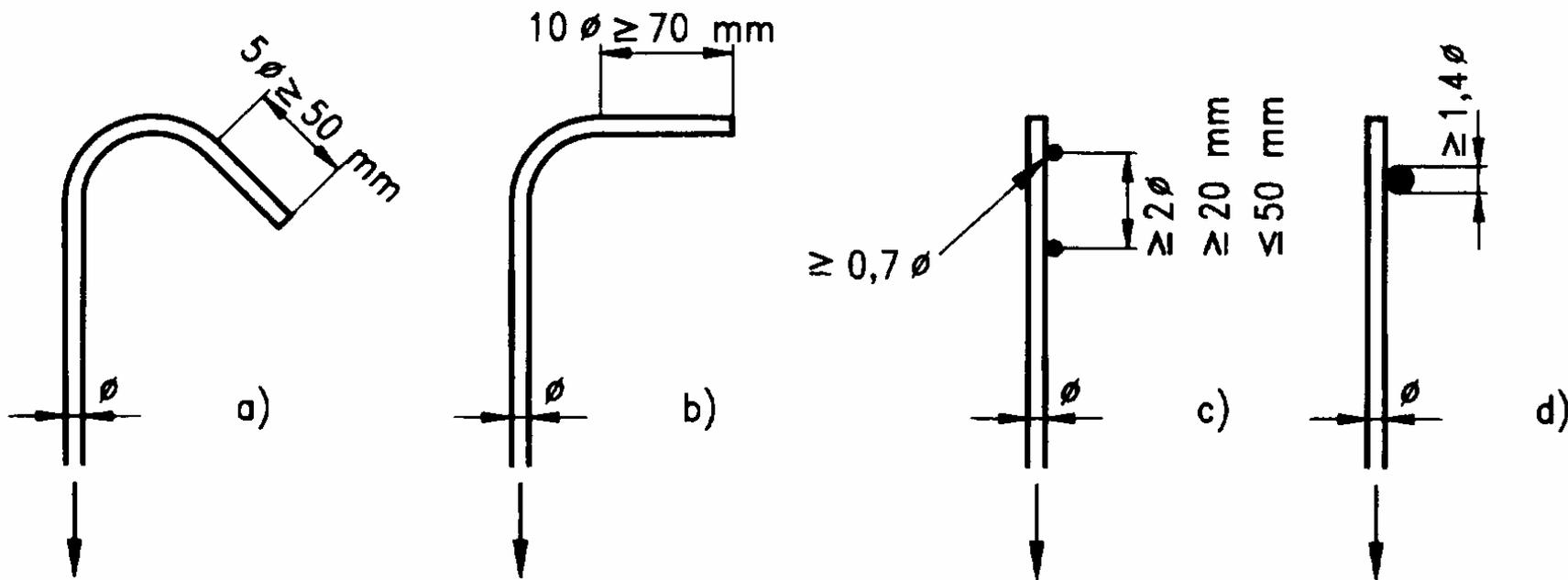
In ogni caso la lunghezza di ancoraggio deve risultare:

- Per ancoraggi in trazione
 $\max(0,3 l_{b,net}, 10 \varnothing; 100 \text{ mm})$
- Per ancoraggi in compressione
 $\max(0,6 l_{b,net}, 10 \varnothing; 100 \text{ mm})$

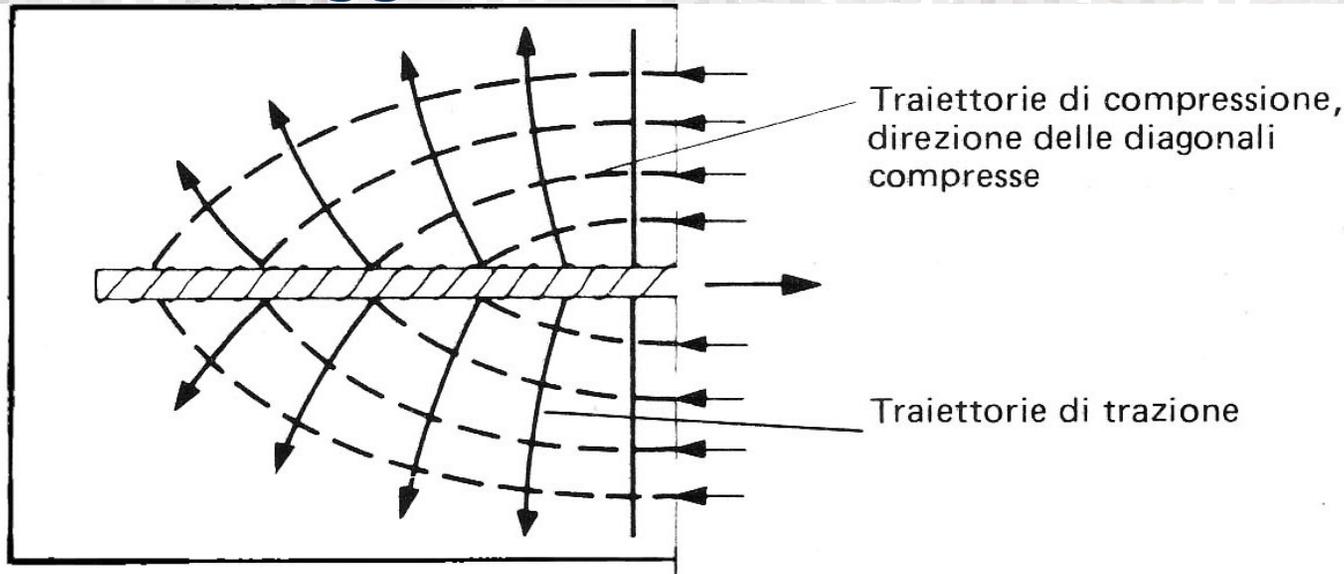
Ancoraggi di staffe e di armature a taglio

- Si raccomanda di effettuare l'ancoraggio di staffe ed armature a taglio utilizzando ganci o armature trasversali saldate
- Si raccomanda che una barra sia comunque messa all'interno del gancio o della piegatura

Ancoraggi di staffe e di armature a taglio



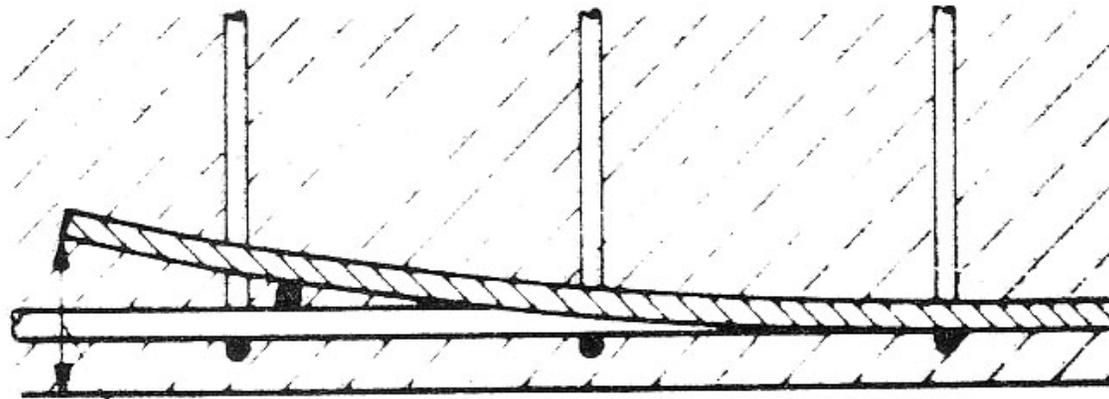
Come evitare la fessurazione nell'intorno dell'ancoraggio dovuta alla forza di fenditura?



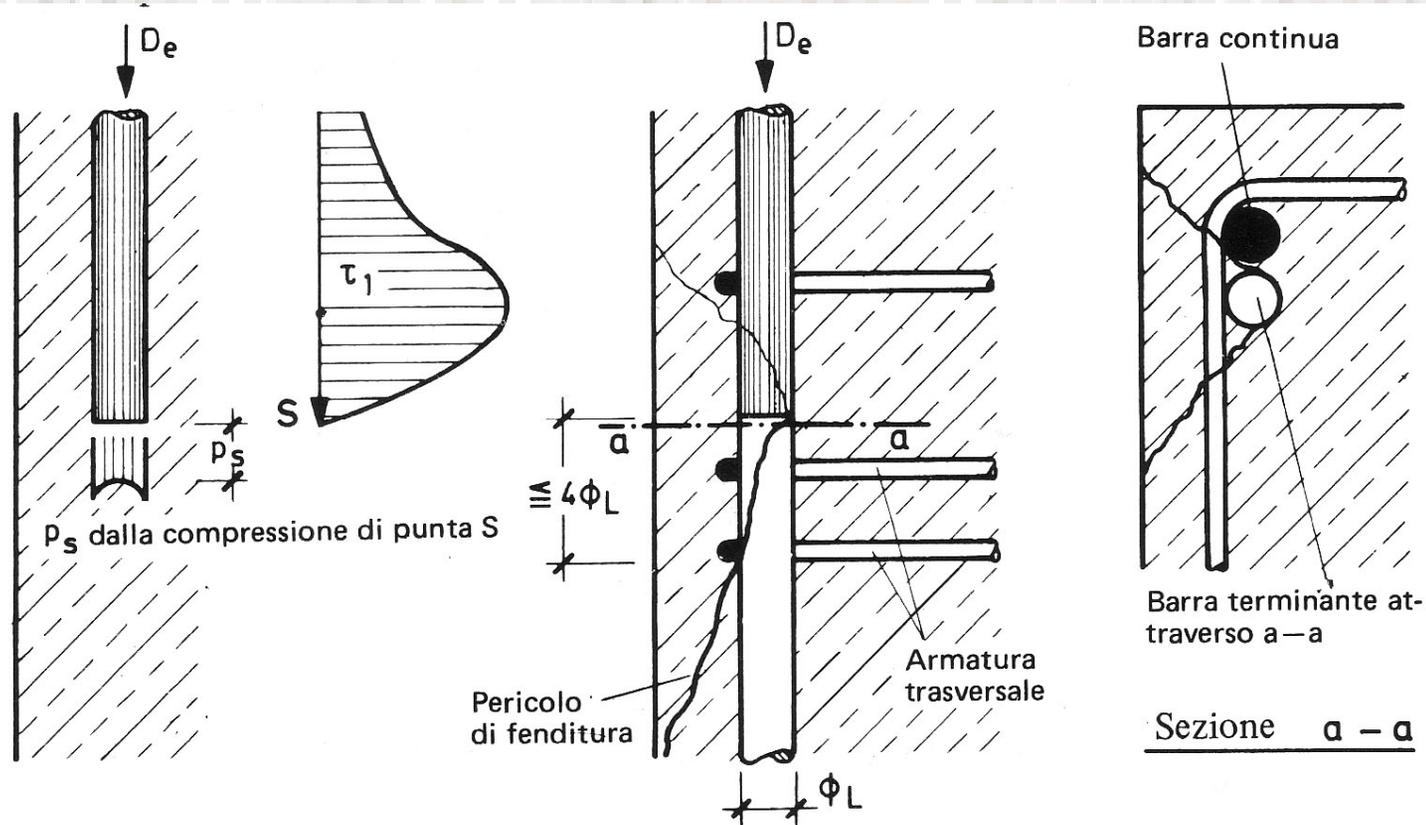
Se il copriferro è ridotto rispetto al diametro delle barre o tra le barre vi è un interferimento insufficiente, la **forza di fenditura** trazione può provocare **grosse fessure longitudinali nella zona di ancoraggio**.

Innanzitutto ricordiamo che l'ancoraggio avviene in una zona di calcestruzzo soggetta a tensione di compressione ortogonale alle barre. Se non si può contare su questa compressione si impone una adeguata armatura trasversale ravvicinata.

Quando gli ancoraggi sono prossimi alla superficie esterna, il copriferro deve essere sufficientemente spesso per far fronte alle forze di fenditura: si possono sollevare le barre in corrispondenza della zona di ancoraggio.



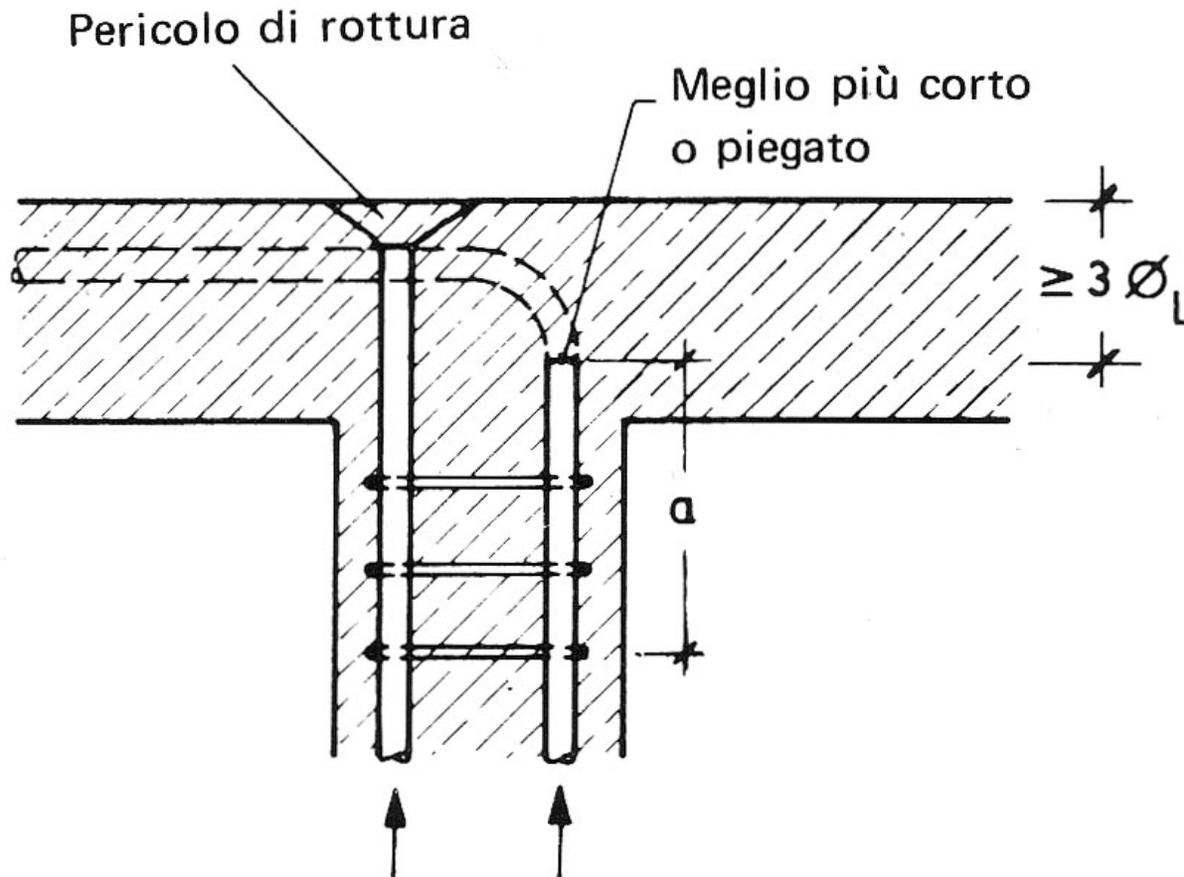
ü ingrandito



Ancoraggi in barre compresse:

la compressione di punta S nelle barre compresse produce pericolo di fenditura, tale pericolo è ridotto dalle presenza di barre trasversali

Ancoraggio in compressione

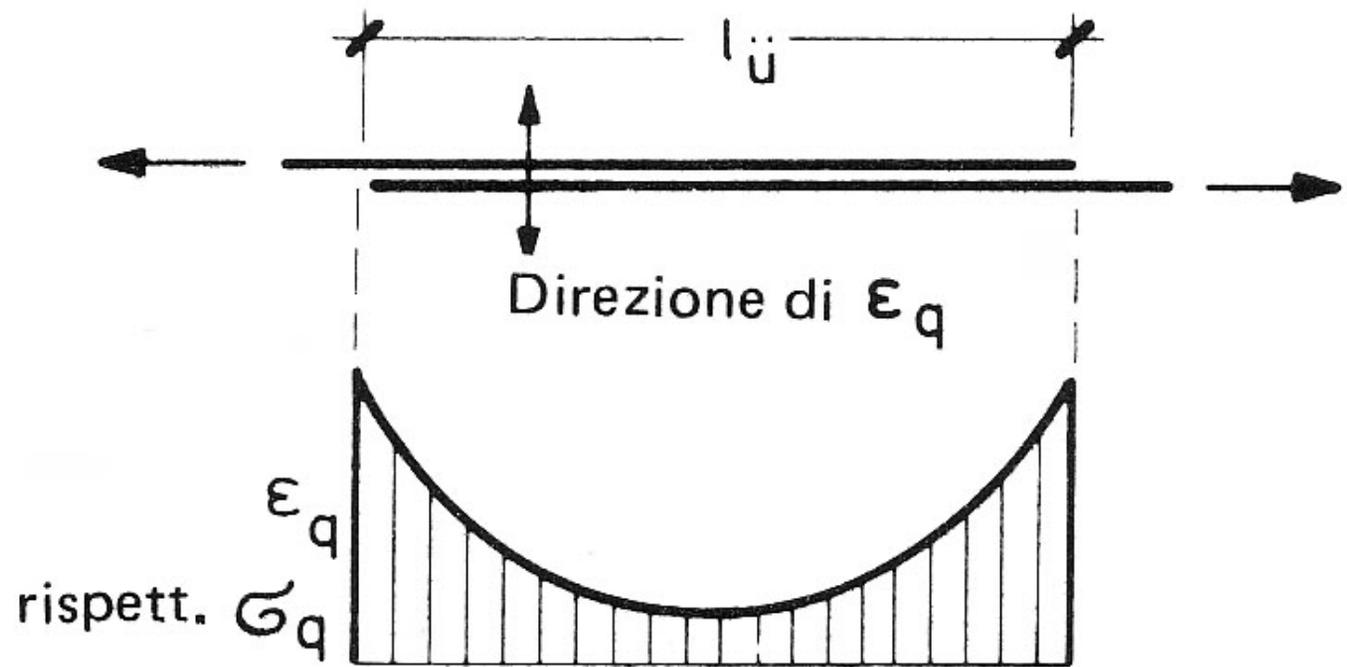


Sovrapposizioni e dispositivi meccanici di giunzioni

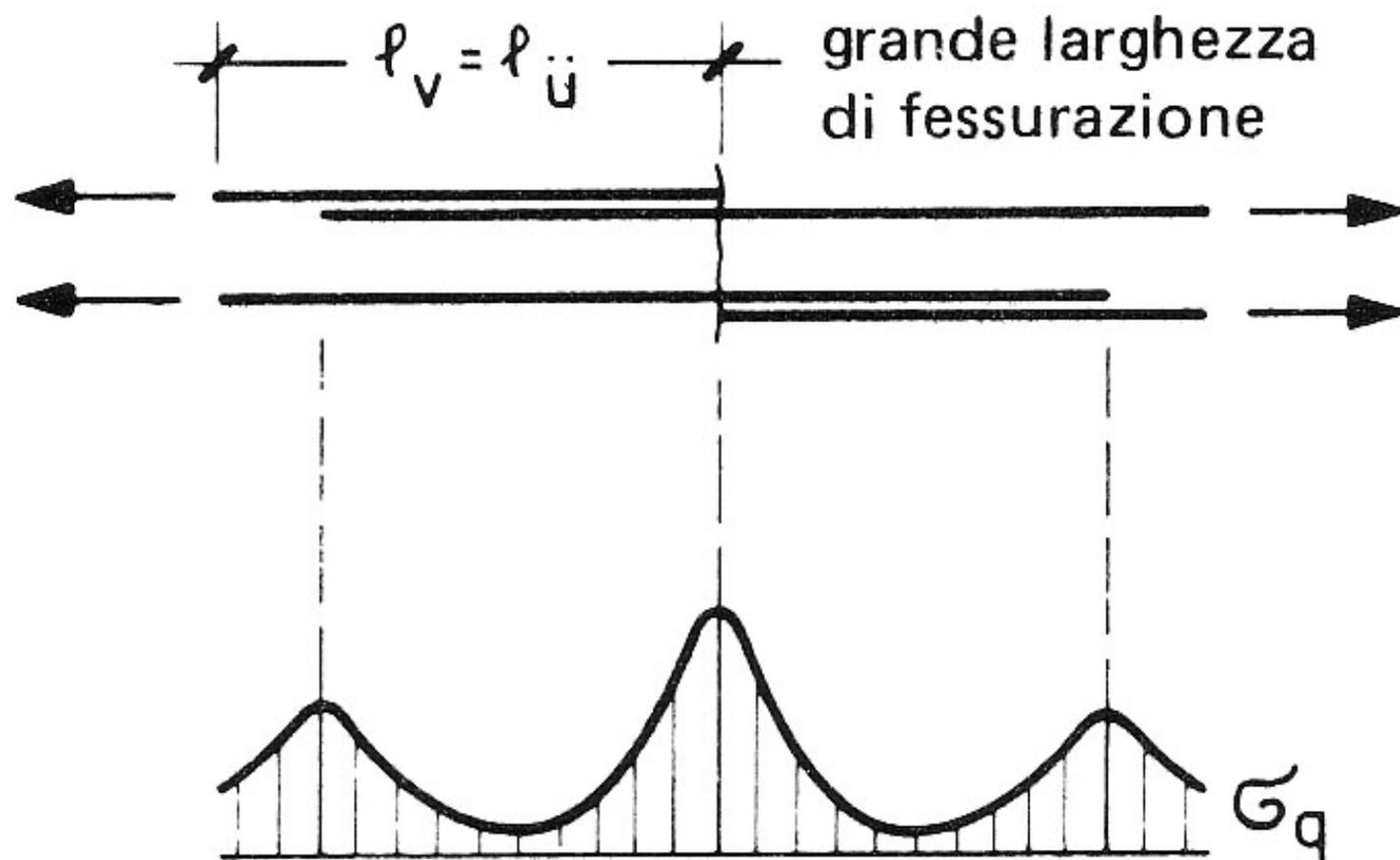
le giunzioni possono effettuarsi mediante:

- **saldature** eseguite in conformità alle norme
- **manicotto** filettato o di tipo speciale
- **sovrapposizione** calcolata in modo da assicurare l'ancoraggio di ciascuna barra
- Assicurare la trasmissione delle forze da una barra alla successiva
- Evitare il distacco del calcestruzzo in vicinanza alle giunzioni
- Evitare la formazione di ampie fessure che pregiudicano la funzionalità della struttura.

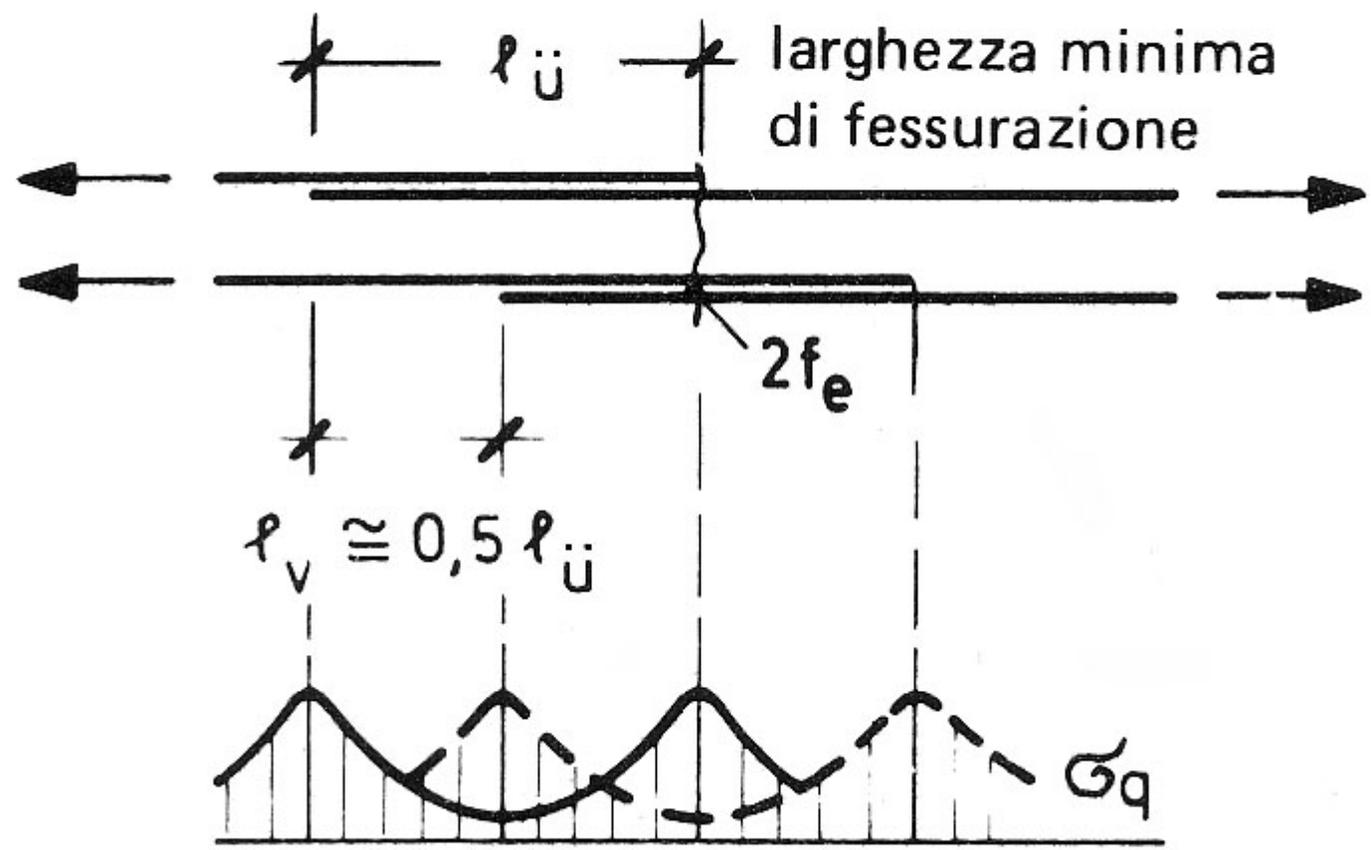
Sollecitazioni trasversali in corrispondenza delle giunzioni



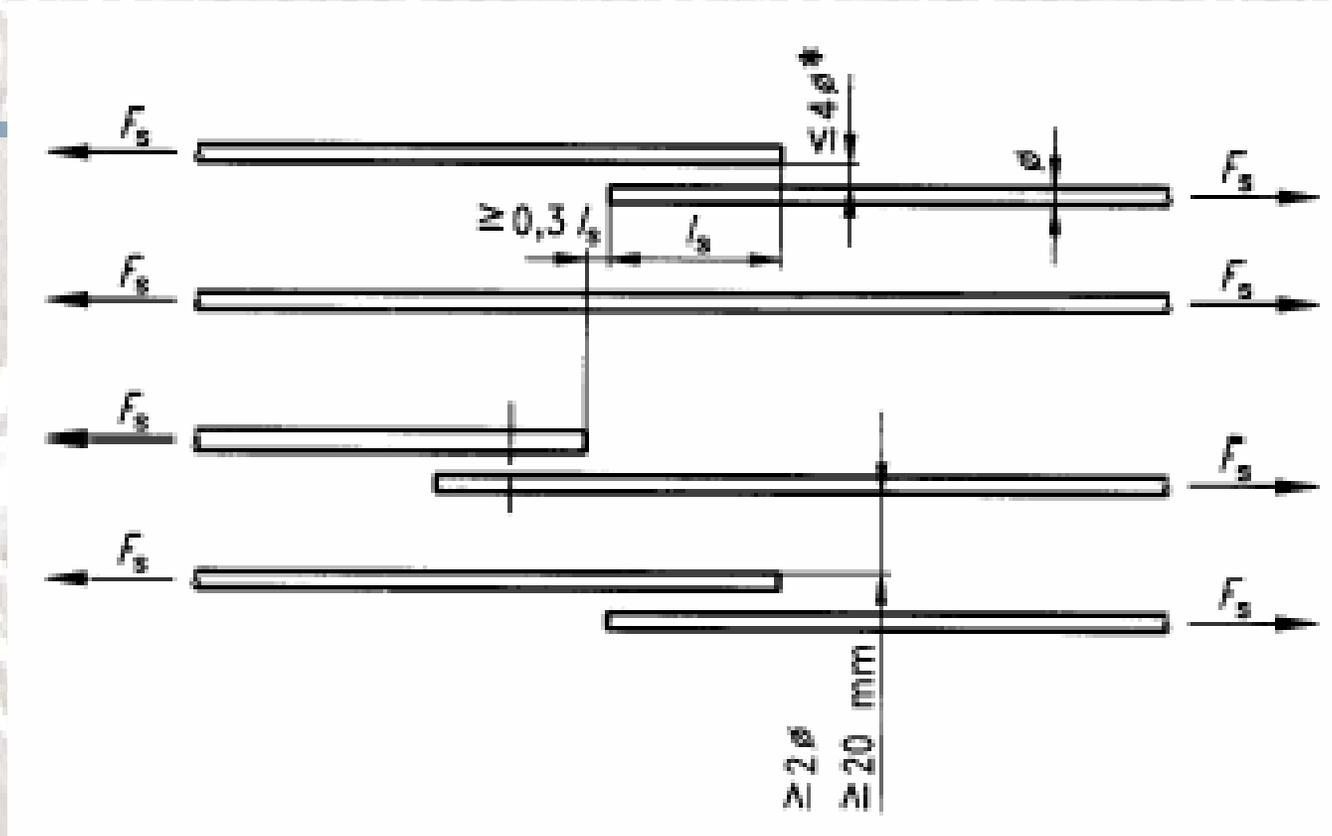
a) sfavorevole



c) favorevole

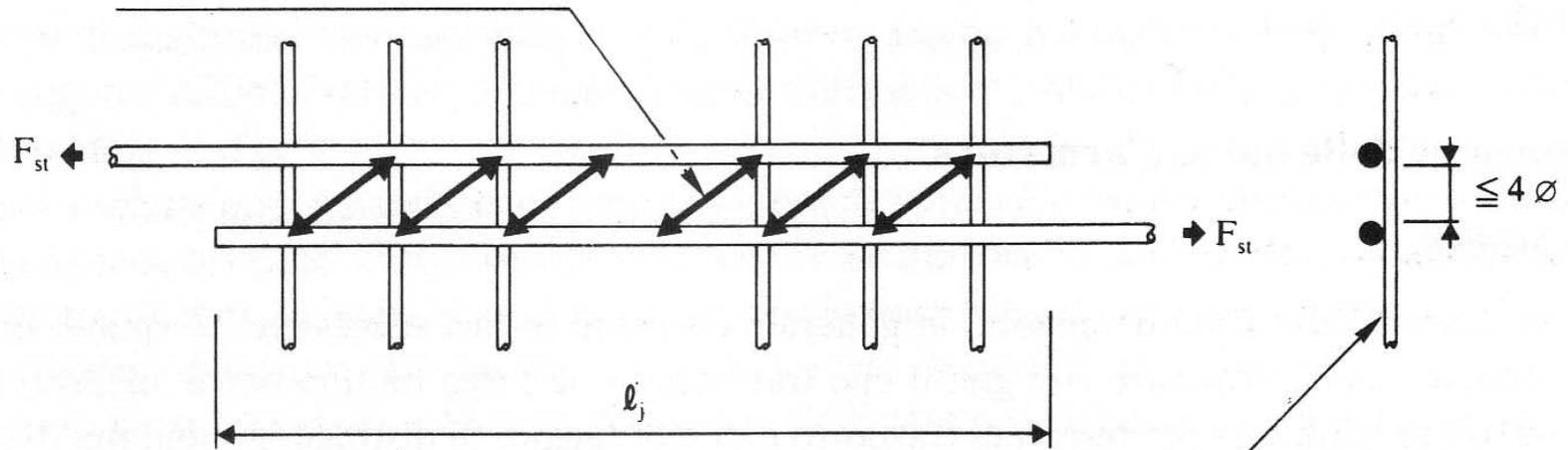


In particolare l'EC2, fornisce dei disegni esemplificativi nel caso di sovrapposizioni adiacenti

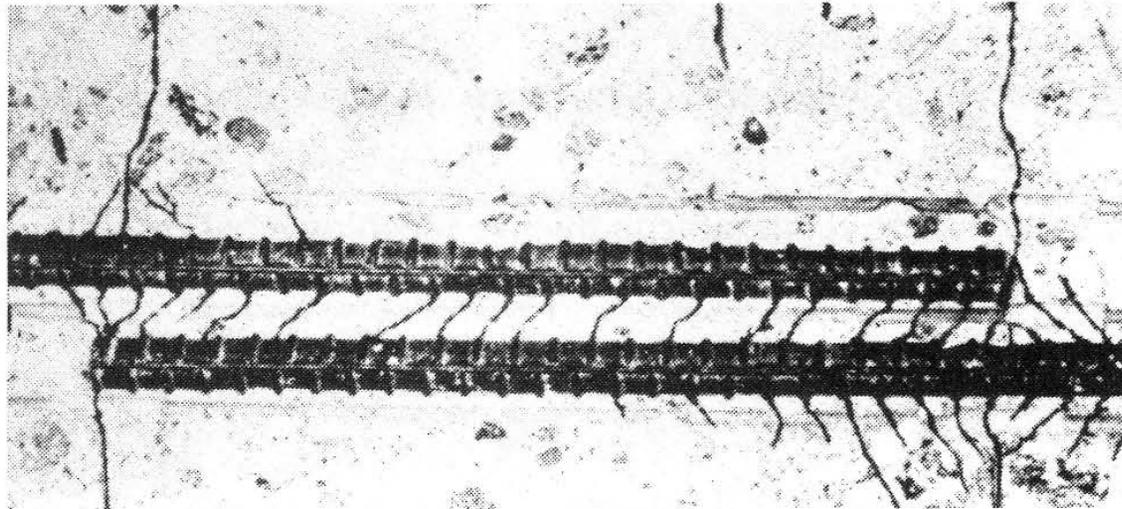


Nel caso in cui la distanza mutua delle barre fosse maggiore di $4 \varnothing$, la lunghezza di sovrapposizione sarà aumentata di tale quantità

Puntoni di calcestruzzo



Armatura trasversale
necessaria per l'equilibrio



La lunghezza di sovrapposizione

$$l_s = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 \alpha_6 (\varnothing/4) (\sigma_{sd}/f_{bd}) \geq l_{0,min}$$

α_1 dipende dalla forma delle barre

α_2 ricoprimento di calcestruzzo

α_3 presenza di armatura trasversale non saldata

α_4 presenza di armatura trasversale saldata

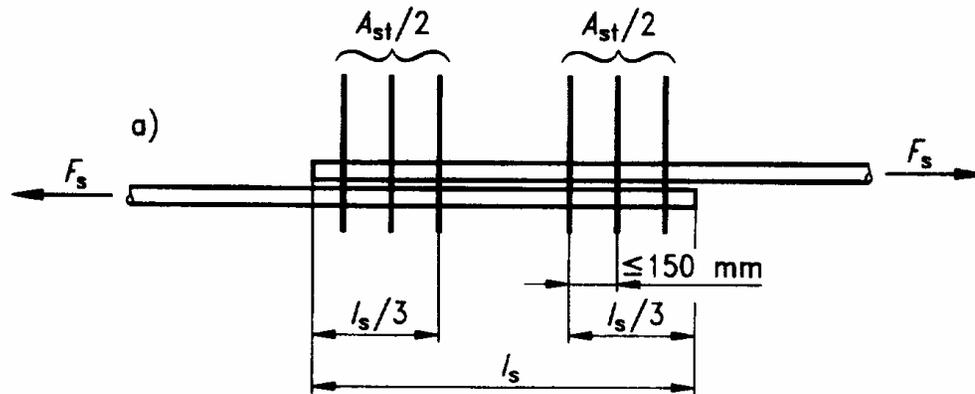
α_5 presenza di armatura trasversale precompressa

α_6 percentuale di barre sovrapposte

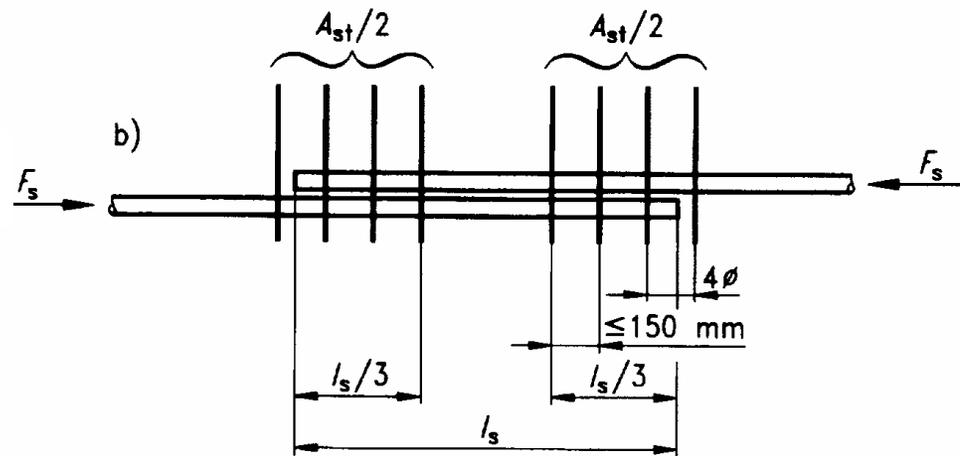
$$l_{0,min} > \max(0,3 \alpha_6 (\varnothing/4) (\sigma_{sd}/f_{bd}); 15 \varnothing; 200\text{mm})$$

Armatatura trasversale per barre sovrapposte

In trazione



In compressione



GIUNTI SALDATI

■ GIUNTI SALDATI STRUTTURALI

I giunti saldati strutturali sono usati per trasmettere carichi specifici tra le barre di armature, devono assicurare la completa capacità di trasferire le sollecitazioni. Nei giunti a croce e per sovrapposizione nelle barre la resistenza a taglio sarà determinata con apposito calcolo.

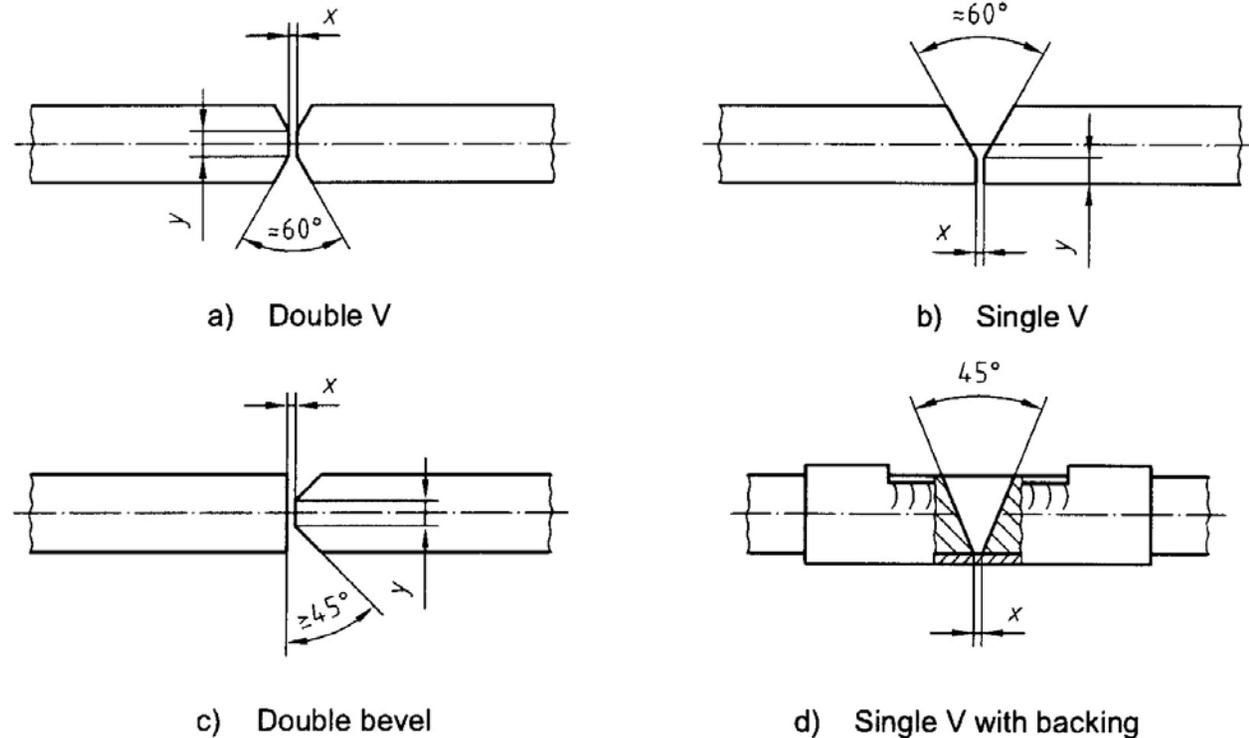
GIUNTI SALDATI

- GIUNTI SALDATI NON STRUTTURALI

I giunti saldati non strutturali sono nodi saldati che non necessitano di verifica e che pertanto non sarà presente in progetto. Le saldature non influenzeranno la capacità resistive della barra.

Lo scopo di questi nodi è solo di tenere le componenti dell'armatura in posizione corretta durante l'assemblaggio, il trasporto e le operazioni di getto. Questo tipo di saldature rientrano nella categoria di imbastiture saldate.

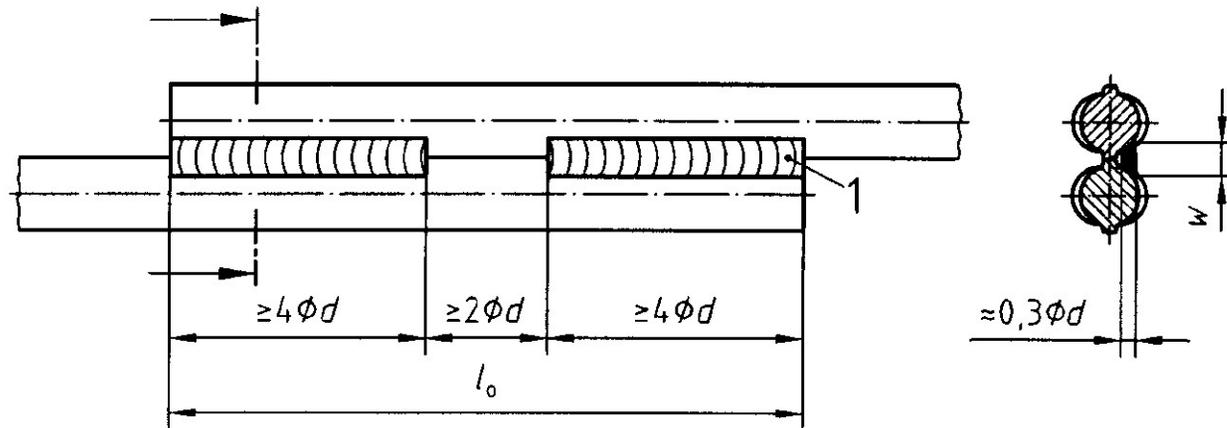
Preparazione delle barre da saldare con giunto testa a testa



NOTE x and y depend on the process

Figure 1 — Examples of butt joint preparation for loadbearing joints

Giunzione per sovrapposizione



1 weld

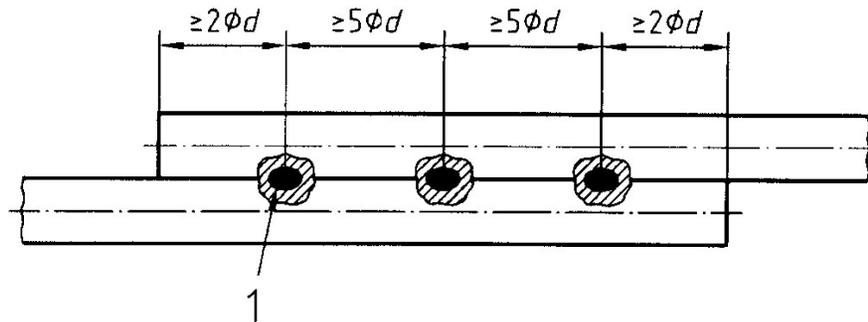
d nominal diameter of the thinner of the two welded bars

l_o overall lap length

NOTE For ease of inspection a conservative estimate of the effective throat thickness may be taken as $\frac{W}{2}$.

Figure 2 — Lap joint for loadbearing joints welded by processes 111, 114, 135 or 136

Giunzione per sovrapposizione

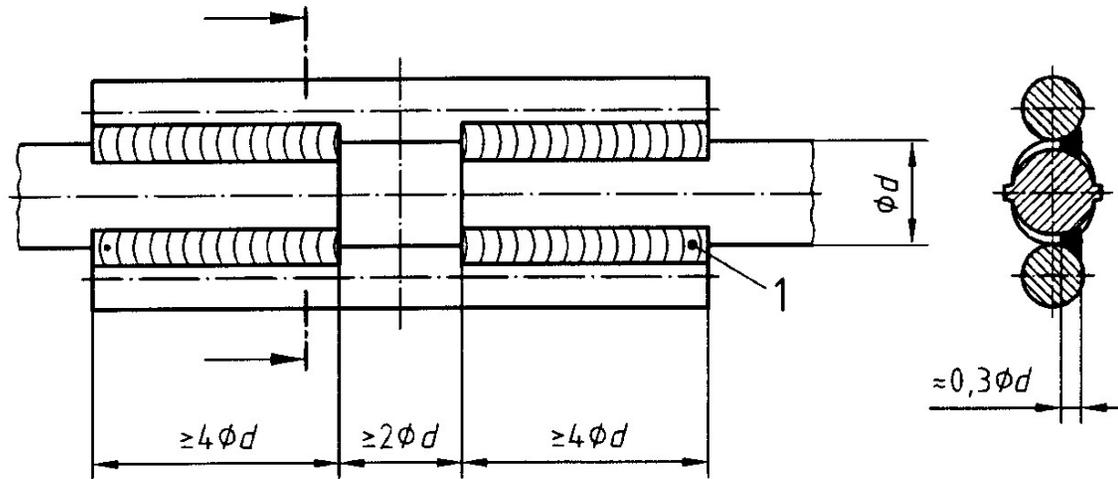


1 weld

d nominal diameter of the thinner of the two welded bars

Figure 3 — Lap joint for loadbearing joints welded by process 23

Giunto tipo staffa

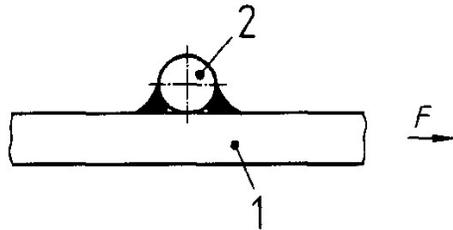


1 weld

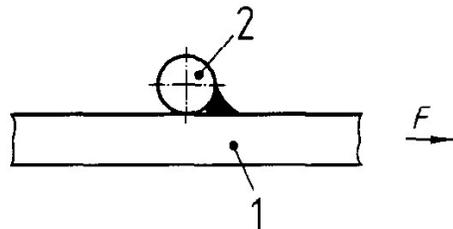
d nominal diameter of the thinner of the two welded bars

Figure 4 — Strap joint for loadbearing joints

Giunto a croce saldato



5a) Welded from two sides



5b) Welded from one side

- 1 longitudinal bar
- 2 transverse bar
- F force to be anchored by transverse bar

Figure 5 — Cross joint for loadbearing joints welded by processes 111, 114, 135 or 136

Giunto a croce saldato

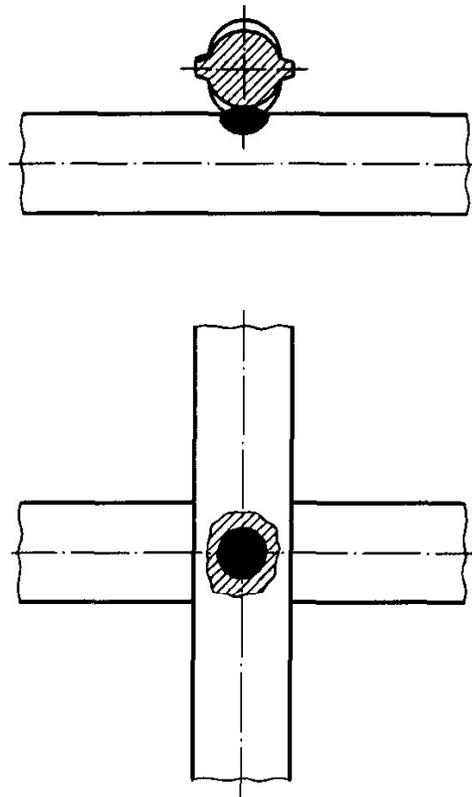


Figure 6 — Cross joint for loadbearing joints welded by process 23

Saldature nelle pieghe

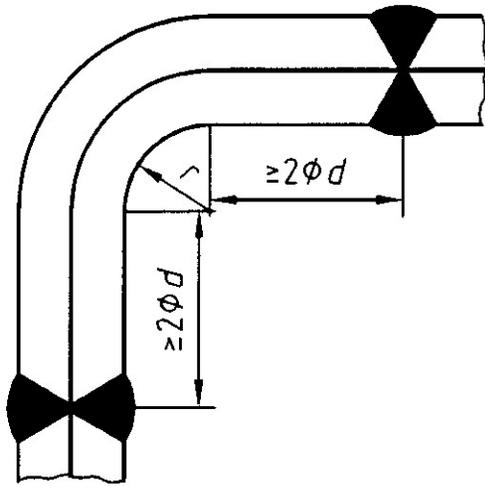
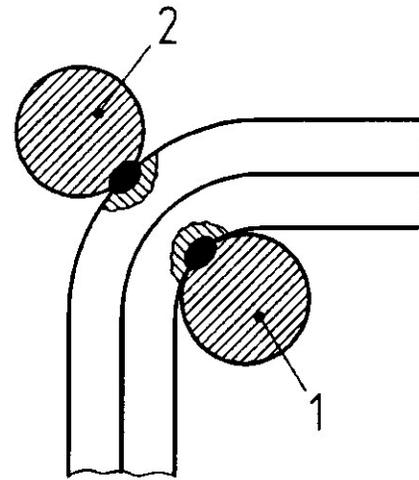


Figure 13 — Butt joints in bends



- 1 cross joint inside the bend
- 2 cross joint outside the bend

Figure 14 — Cross joints in bends

Norme Tecniche sulle costruzioni

5.1.6. ROBUSTEZZA STRUTTURALE E DETTAGLI COSTRUTTIVI

5.1.6.1. Elementi monodimensionali: Travi e pilastri

Nei punti seguenti ci si riferisce a travi e pilastri con sezioni di forma qualsiasi, piena o cava, per le quali sia plausibile l'ipotesi di conservazione delle sezioni piane e di configurazione trasversale indeformata sotto l'azione dei carichi.

5.1.6.1.1. ARMATURA LONGITUDINALE

Gli elementi strutturali debbono possedere una sufficiente robustezza. Per gli elementi strutturali delle costruzioni civili consistenti in travi, pilastri ecc., l'armatura parallela all'asse dell'elemento non deve essere inferiore allo 0,3% dell'area totale della sezione di conglomerato cementizio, opportunamente distribuita sulla sezione in funzione del tipo di sollecitazione prevalente.

Nelle sezioni a spigoli vivi, occorrerà disporre una barra longitudinale in corrispondenza di ciascuno spigolo. Per le sezioni a perimetro continuo, le barre longitudinali non potranno avere interassi maggiori di 200 mm.

Per le strutture in zona sismica, il rapporto tra le aree delle armature longitudinali ai due lembi, non può essere inferiore a 0,5.

Norme Tecniche sulle costruzioni

5.1.6.1.2. TRAVI: ARMATURA TRASVERSALE, ARMATURA A TAGLIO E A TORSIONE

Le travi devono prevedere armatura trasversale costituita da staffe con sezione complessiva non inferiore ad $A_{st} = 1,5 b \text{ mm}^2/\text{m}$ essendo b lo spessore minimo dell'anima in millimetri, con un minimo di tre staffe al metro e comunque interasse non inferiore a 0,8 volte l'altezza utile della sezione.

In prossimità di carichi concentrati o delle zone d'appoggio, per una lunghezza pari all'altezza utile della sezione da ciascuna parte del carico concentrato, il passo delle staffe non dovrà superare il valore $12 \Phi_l$, essendo Φ_l il diametro minimo dell'armatura longitudinale.

In presenza di significative sollecitazioni torsionali dovranno disporsi nelle travi staffe aventi sezione complessiva, per metro lineare, non inferiore a $2,0 b \text{ mm}^2$, essendo b lo spessore minimo dell'anima misurata in millimetri; il passo delle staffe non dovrà superare $1/8$ della lunghezza della linea media della sezione anulare resistente e comunque non superiore a 200 mm.

Per le strutture in zona sismica, e per una distanza da un nodo strutturale pari a 2 volte l'altezza della trave, le prescrizioni precedenti vanno raddoppiate.

Norme Tecniche sulle costruzioni

5.1.6.1.3. COPRIFERRO E INTERFERRO

L'armatura resistente deve essere adeguatamente protetta dall'ambiente esterno dal conglomerato. Gli elementi strutturali devono essere verificati allo stato limite di fessurazione secondo il punto 5.1.2.2.6.

Comunque la superficie dell'armatura resistente principale, per le varie sollecitazioni prevalenti, deve distare dalle facce esterne del conglomerato cementizio di almeno 20 mm.

Tali misure vanno congruentemente aumentate in funzione della porosità del calcestruzzo, dell'aggressività dell'ambiente e della sensibilità dell'armatura alla corrosione.

Norme Tecniche sulle costruzioni

5.1.6.1.4. ANCORAGGIO DELLE BARRE E LORO GIUNZIONI

Le armature longitudinali non possono essere interrotte ovvero sovrapposte all'interno di un nodo strutturale (incrocio travi-pilastri), bensì nelle zone di minore sollecitazione lungo l'asse della trave.

Quando invece si deve realizzare la continuità con altra barra in zona tesa, la continuità deve essere realizzata con sovrapposizioni o altri dispositivi possibilmente posizionati nelle regioni di minor sollecitazione. In ogni caso le sovrapposizioni o i dispositivi utilizzati devono essere opportunamente sfalsati.

La continuità fra le barre può effettuarsi mediante:

- sovrapposizione, calcolata in modo da assicurare l'ancoraggio di ciascuna barra. In ogni caso la lunghezza di sovrapposizione nel tratto rettilineo deve essere non minore di 20 volte il diametro della barra e la prosecuzione di ciascuna barra deve essere deviata verso la zona compressa. La distanza mutua (interferro) nella sovrapposizione non deve superare 6 volte il diametro;
- saldature, eseguite in conformità alle norme in vigore sulle saldature. Devono essere accertate la saldabilità degli acciai che vengono impiegati come indicato al punto 2.2.6, nonché la compatibilità fra metallo e metallo di apporto nelle posizioni o condizioni operative previste nel progetto esecutivo;
- manicotto filettato o presso-estruso. Tale tipo di giunzione deve essere preventivamente validata mediante prove sperimentali.

Norme Tecniche sulle costruzioni

5.1.6.1.5. PILASTRI

Nel caso di elementi sottoposti a prevalente sforzo normale, le barre parallele all'asse devono avere diametro maggiore o uguale a 12 mm.

Nelle sezioni a spigoli vivi, occorrerà disporre una barra longitudinale in corrispondenza di ciascuno spigolo. Per i tratti a perimetro continuo, le barre longitudinali non potranno avere interassi maggiori di 300 mm.

Le armature trasversali devono essere poste ad interasse non maggiore di 10 volte il diametro minimo delle barre impiegate per l'armatura longitudinale, con un massimo di 250 mm. Le staffe devono essere chiuse e conformate in modo da contrastare efficacemente, lavorando a trazione, gli spostamenti delle barre longitudinali verso l'esterno. Il diametro delle staffe non deve essere minore di 6 mm e di $1/3$ del diametro massimo delle barre longitudinali.

Per le strutture in zona sismica, e per una distanza dalla sezione di momento flettente massimo pari a $0,33$ volte la distanza tra le sezioni di momento flettente massimo e nullo, le staffe devono essere disposte ad interasse non maggiore di 5 volte il diametro minimo delle barre impiegate per l'armatura longitudinale, con un massimo di 100 mm. Il diametro delle staffe non deve essere minore di 8 mm e di $1/3$ del diametro massimo delle barre longitudinali.

Norme Tecniche sulle costruzioni

5.1.6.2. Strutture bidimensionali piane e curve

Nel caso di strutture bidimensionali piane, con sforzo prevalente agente nel piano medio dello spessore (lastre, setti, travi parete), le reti di armatura disposte su entrambe le facce devono essere tra loro collegate con ganci e devono rispondere ai seguenti requisiti:

- a) diametro minimo delle barre disposto nella direzione degli sforzi prevalenti = 10 mm;
- b) diametro minimo delle barre trasversali = 6 mm;
- c) elementi di collegamento tra le due reti: almeno 6 per ogni m^2 di parete;
- d) la percentuale minima di armatura nelle due direzioni per ogni strato di rete deve essere pari allo 0,15 %.

Norme Tecniche sulle costruzioni

Particolare attenzione deve essere posta nella disposizione delle armature nelle zone di introduzione di forze, in corrispondenza degli appoggi, ovvero in corrispondenza di aperture.

Per strutture bidimensionali piane, con carico prevalente agente ortogonalmente al piano medio dello spessore (piastre o solette), si devono rispettare i seguenti requisiti:

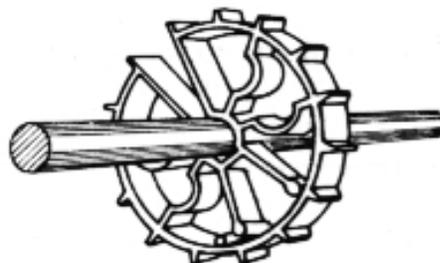
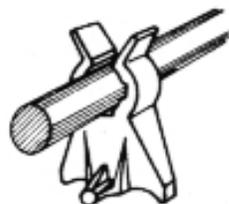
- a) diametro minimo delle barre = 6 mm;
- b) percentuale minima di armatura nelle due direzioni principali di flessione pari allo 0,15 %;
- c) elementi di sostegno per le armature superiori: almeno 6 per ogni m^2 ;
- d) armature di intradosso ancorate in corrispondenza degli appoggi e in quantità sufficiente da assorbire la reazione d'appoggio.

Nelle strutture a guscio, a semplice o doppia curvatura, valgono le regole riportate per le lastre, ma con un numero di collegamenti tra le due reti di armatura adeguato all'entità degli sforzi e alla curvatura.

DISPOSITIVI PER IL POSIZIONAMENTO DELLE ARMATURE

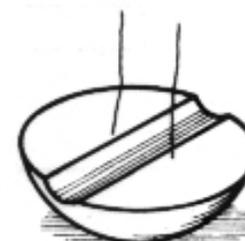
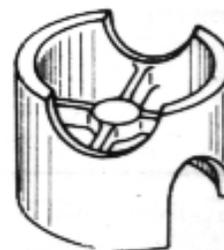
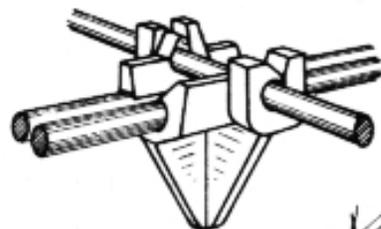
3.6 Copriferro o copertura in calcestruzzo

27

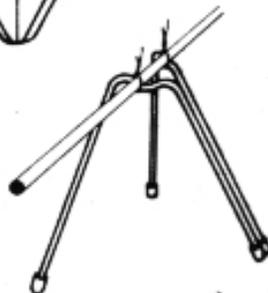


Distanziatore in plastica

Blocchetto in amianto-cemento



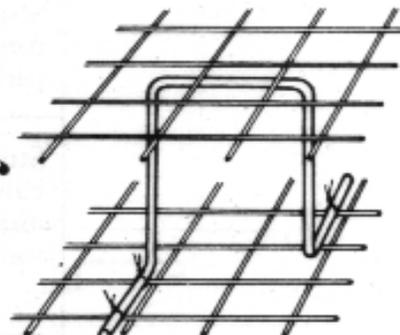
Emisfera di calcestruzzo



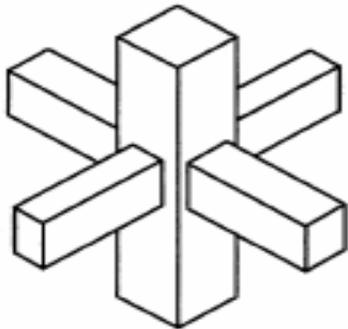
Pendolo in calcestruzzo



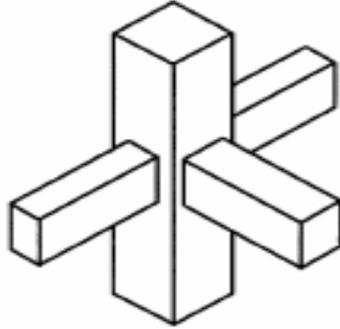
Montanti per lo strato di armatura superiore



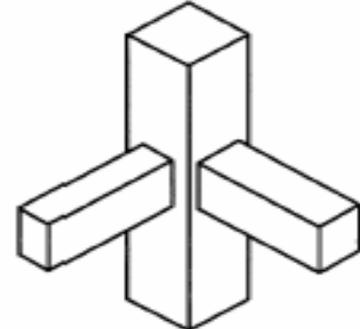
Nodi



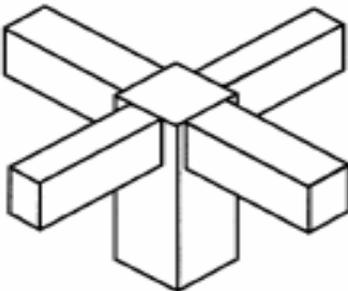
a) Interior
INTERAMENTE CONFINATO



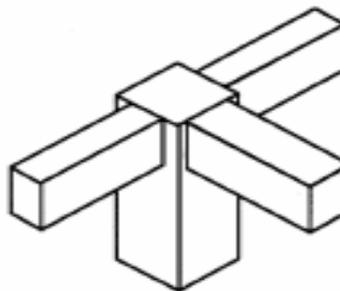
b) Exterior
NON INTERAMENTE CONFINATO



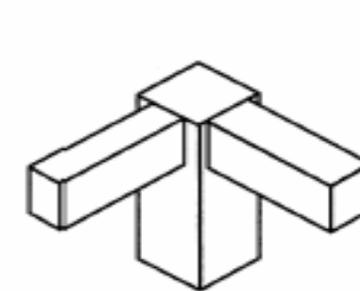
c) Corner
NON INTERAMENTE CONFINATO



INTERAMENTE CONFINATO
d) "Roof"-interior



NON INTERAMENTE CONFINATO
e) "Roof"-exterior



NON INTERAMENTE CONFINATO
f) "Roof"-corner

Nodi

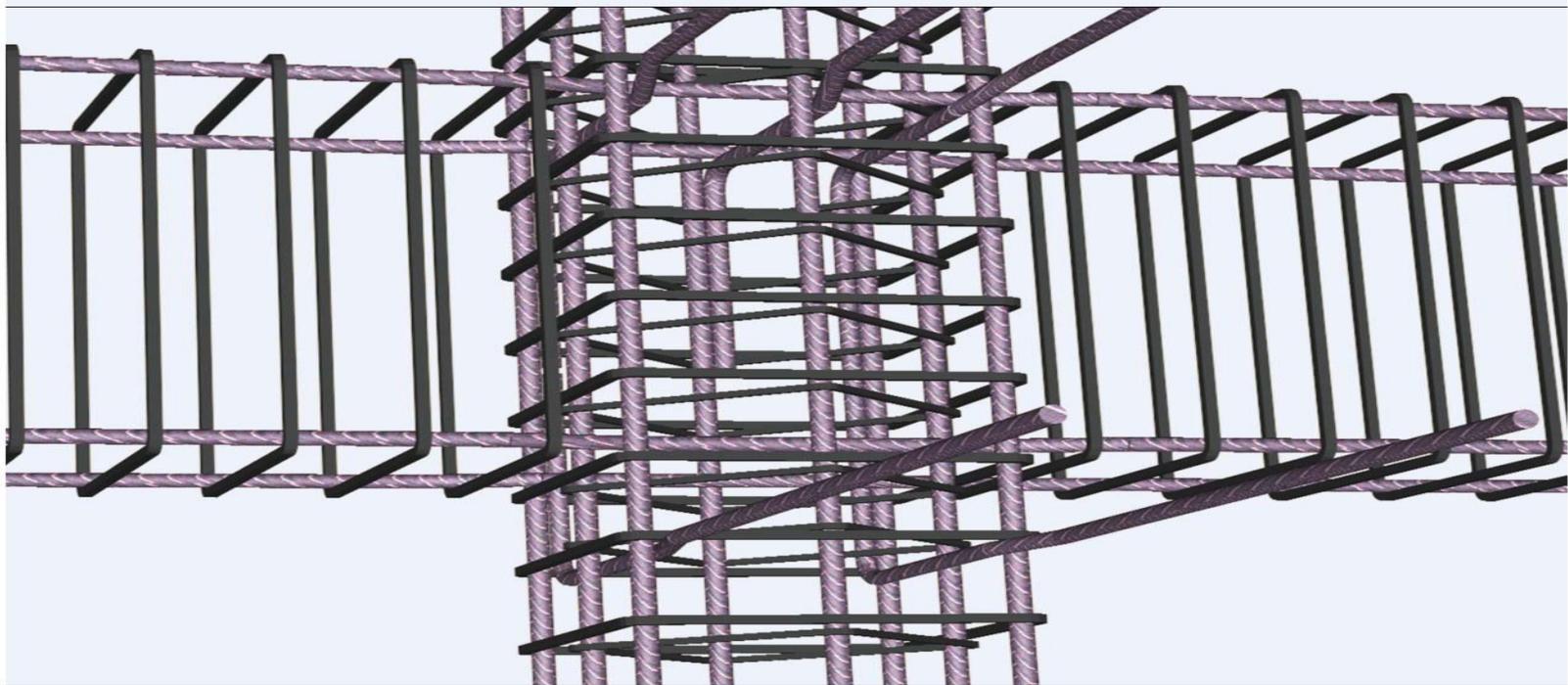


Esempio di nodo di bordo

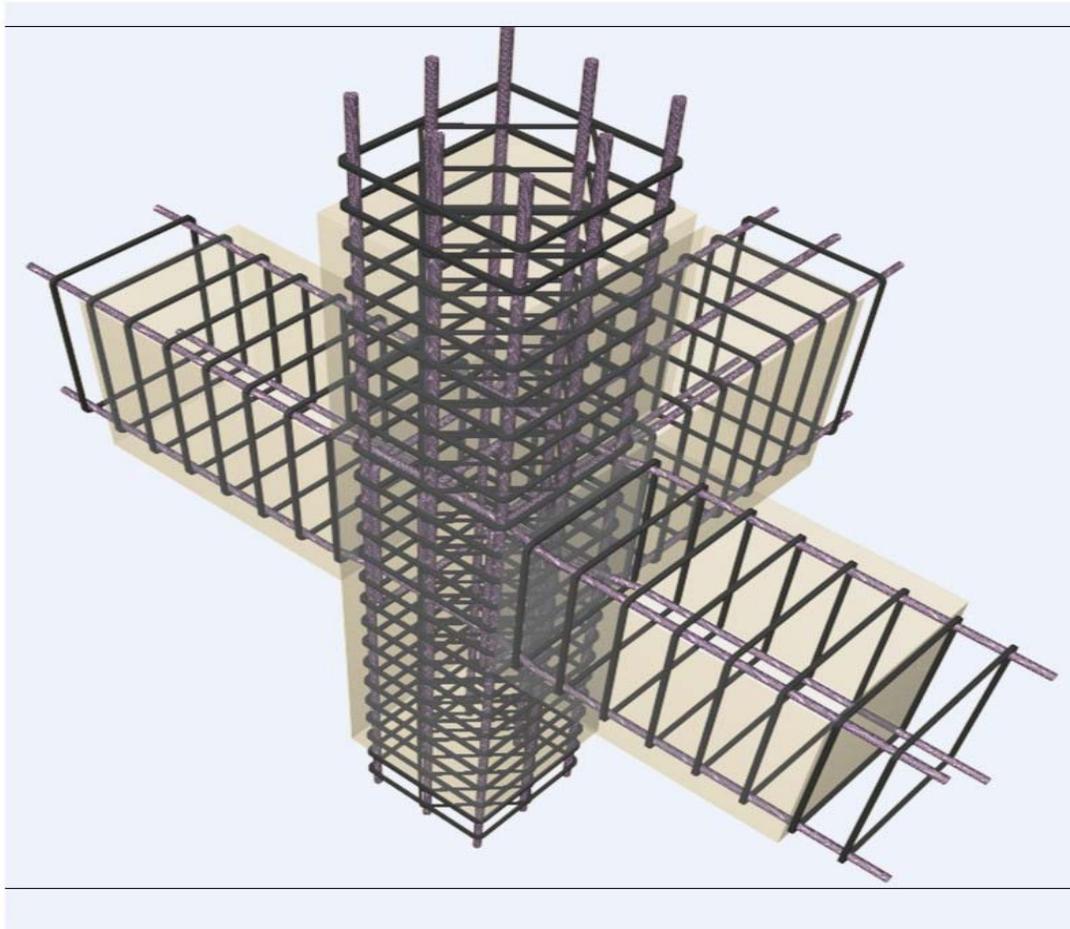


Esempio di nodo d'angolo

Nodi

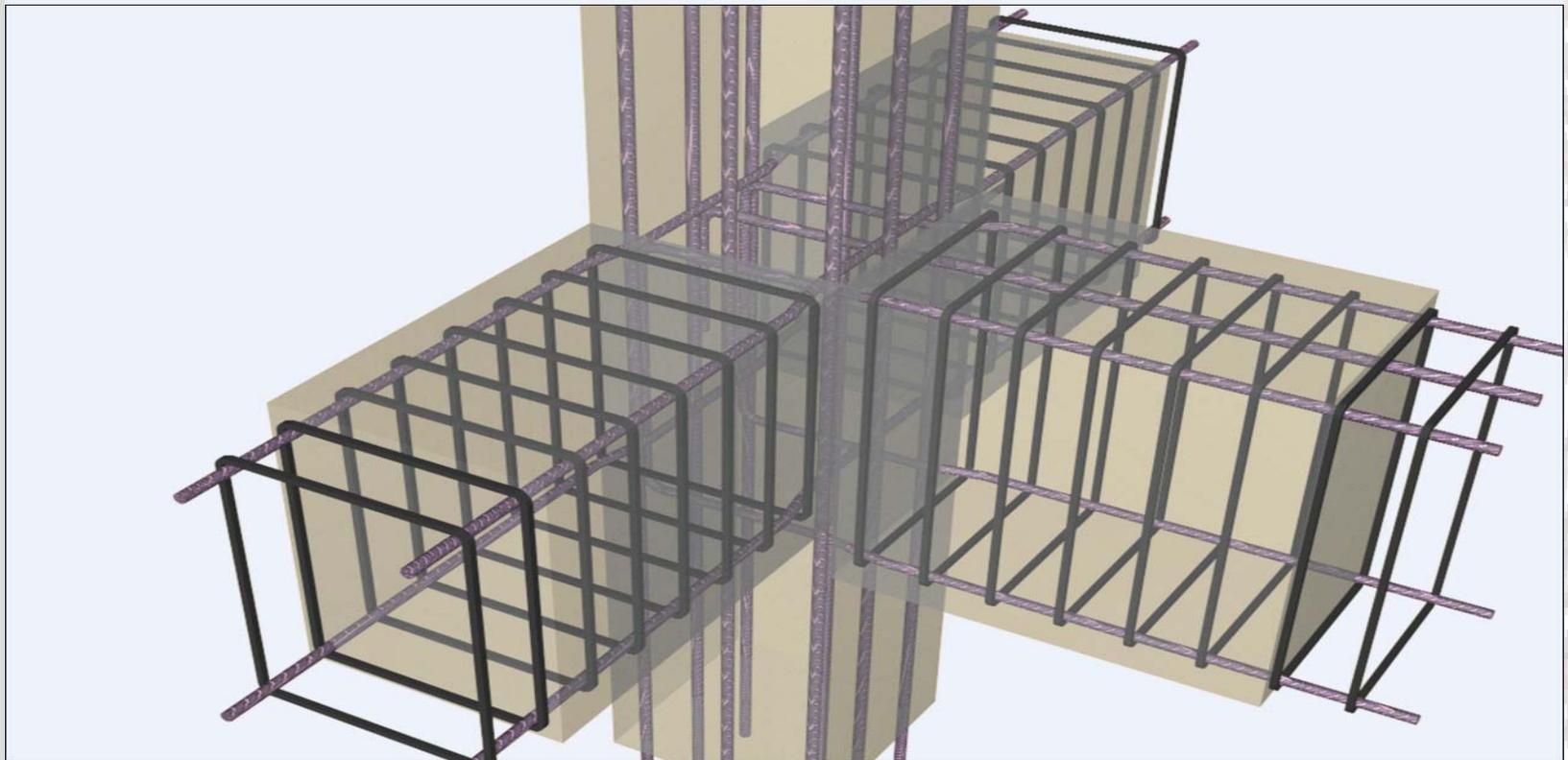


Nodi



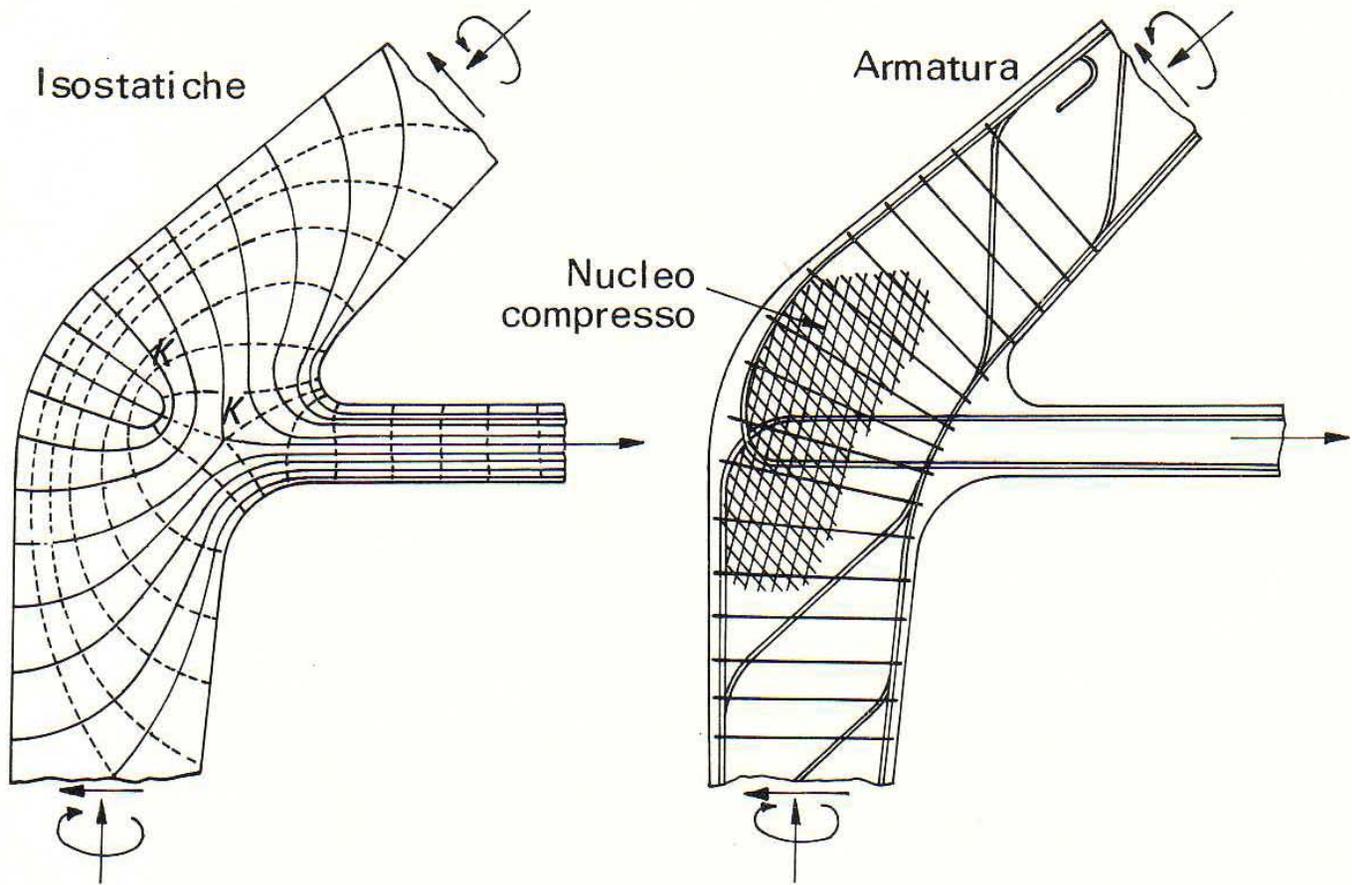
Nodi

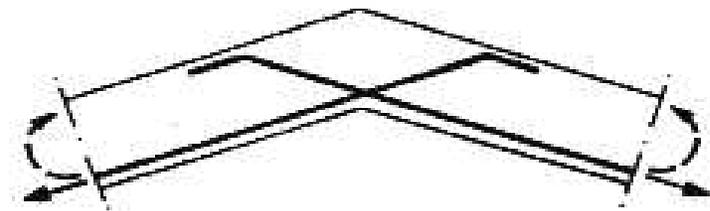
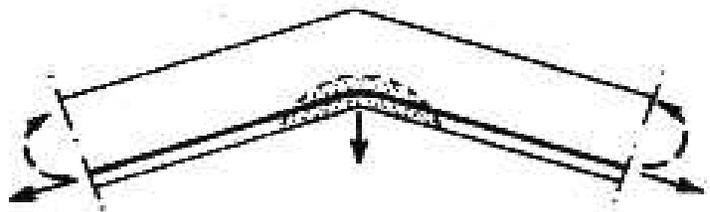
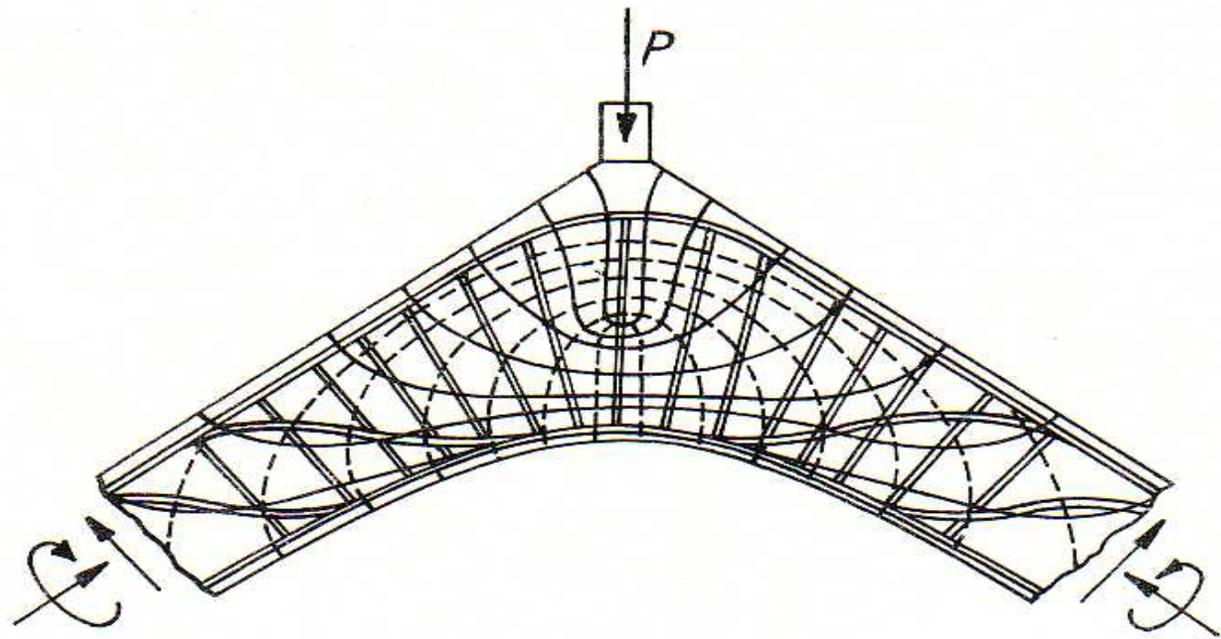
nodoaltovest2.tif - Visualizzatore immagini e fax per Windows



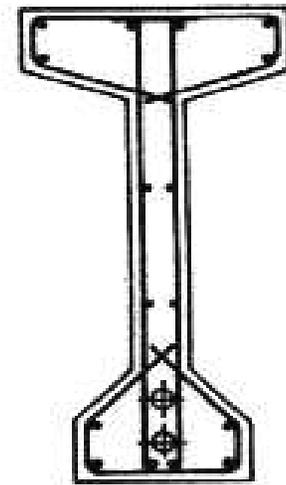
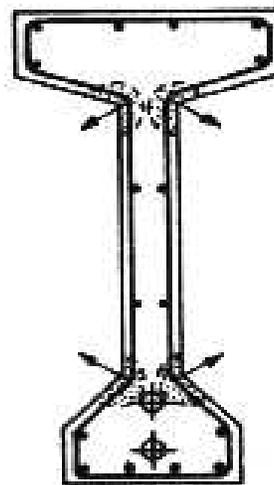
start | 4 Esplora risorse | PhotoImpression | IT Risorse del computer >> Risorse del computer >> Collegamenti >> Risorse del computer >> Risorse del computer >> Fl >> 16.15

ESEMPI DI ARMATURE

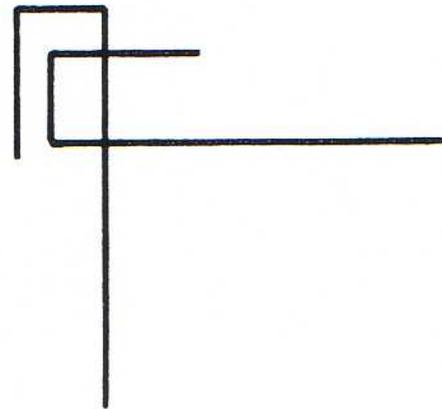
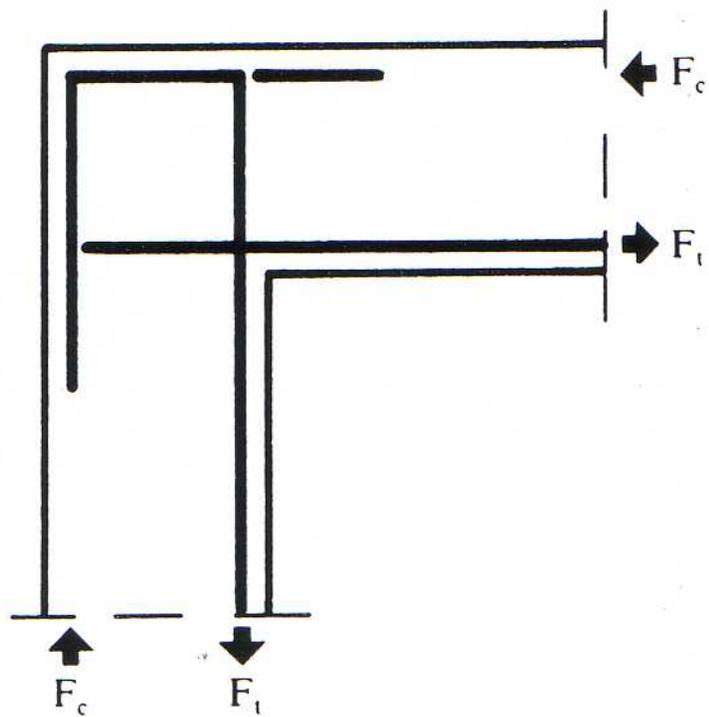
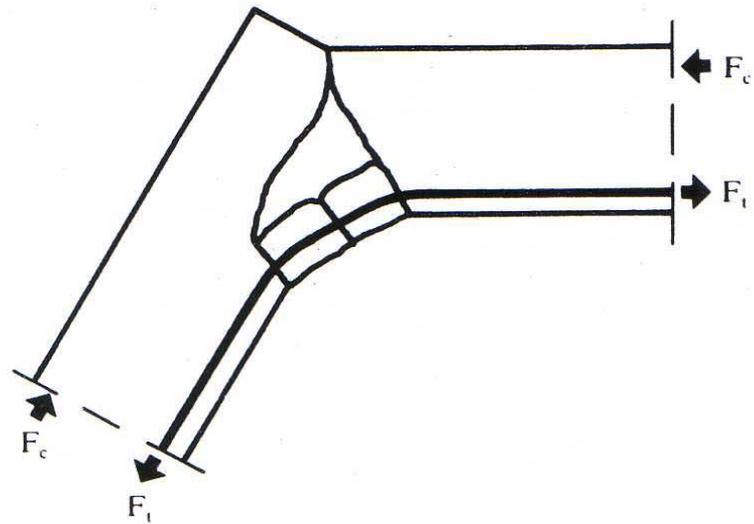
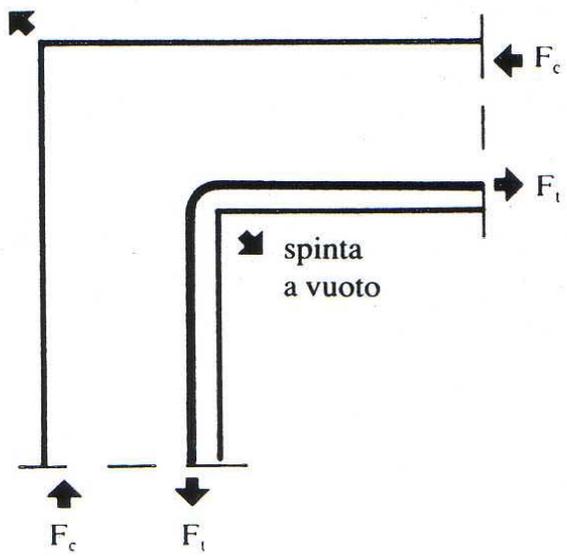


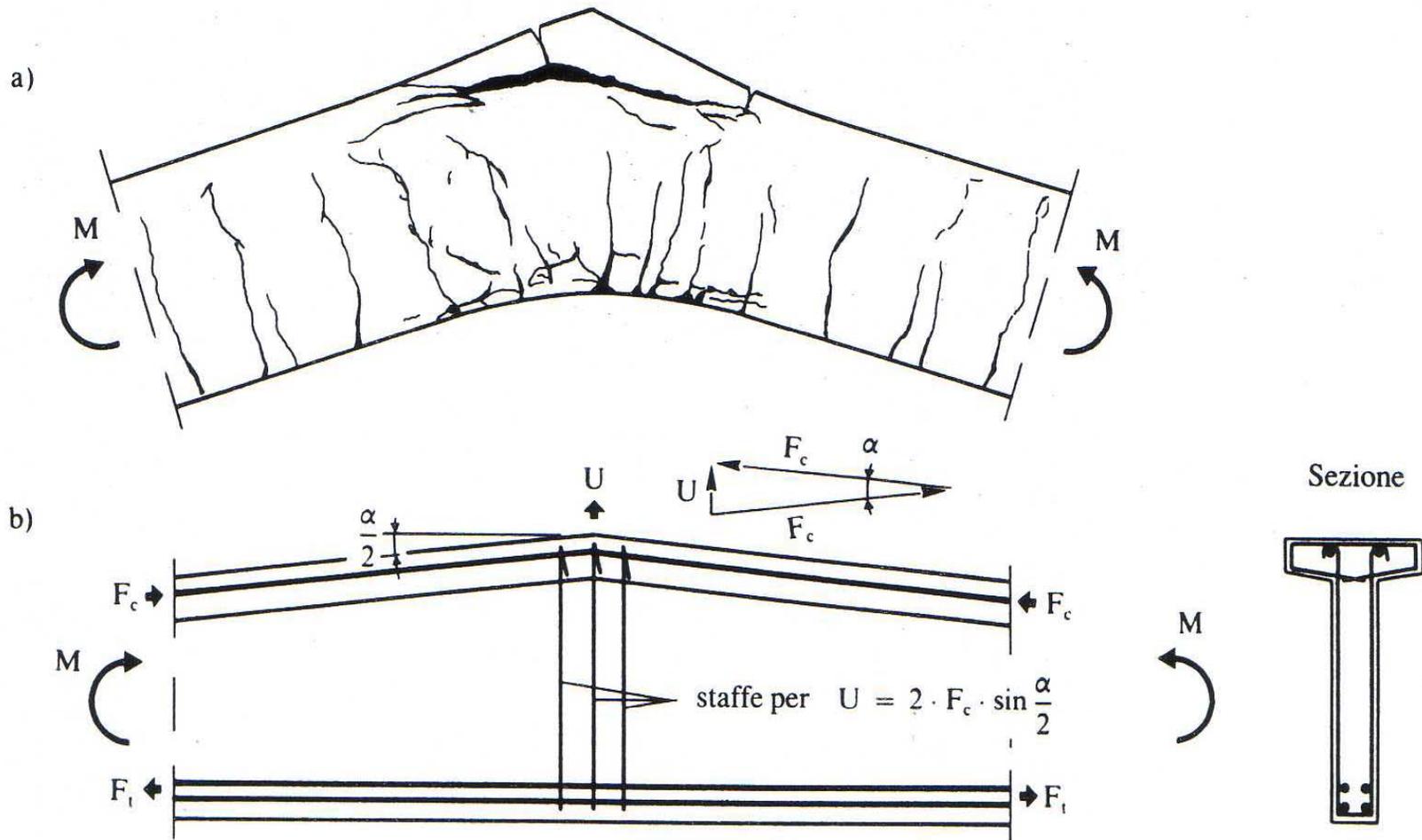


(a)

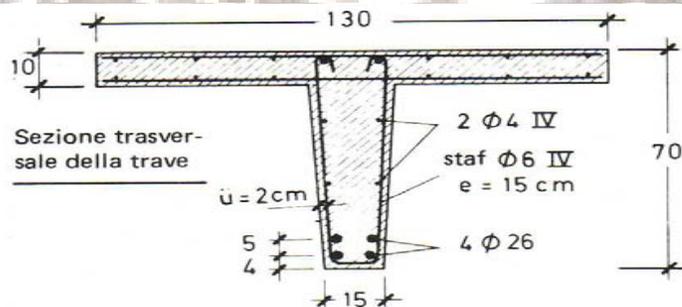
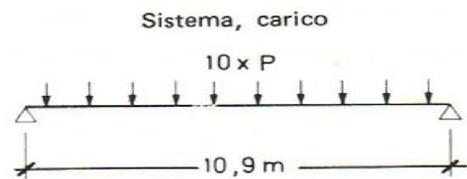


(b)

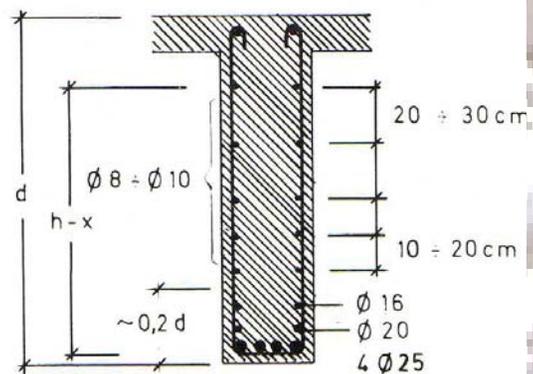
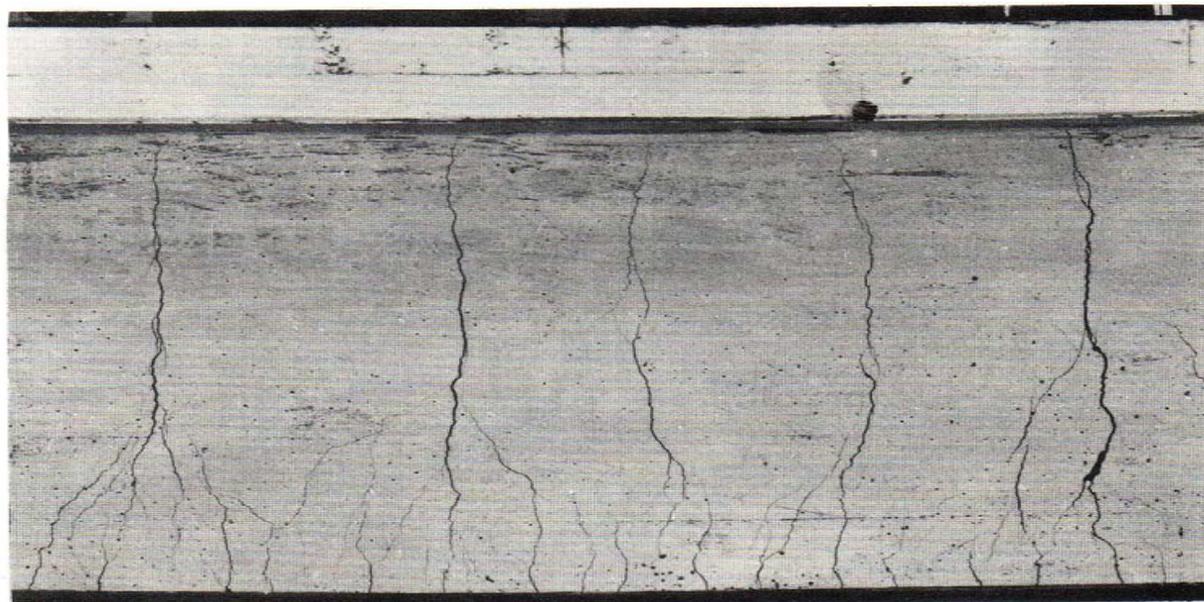




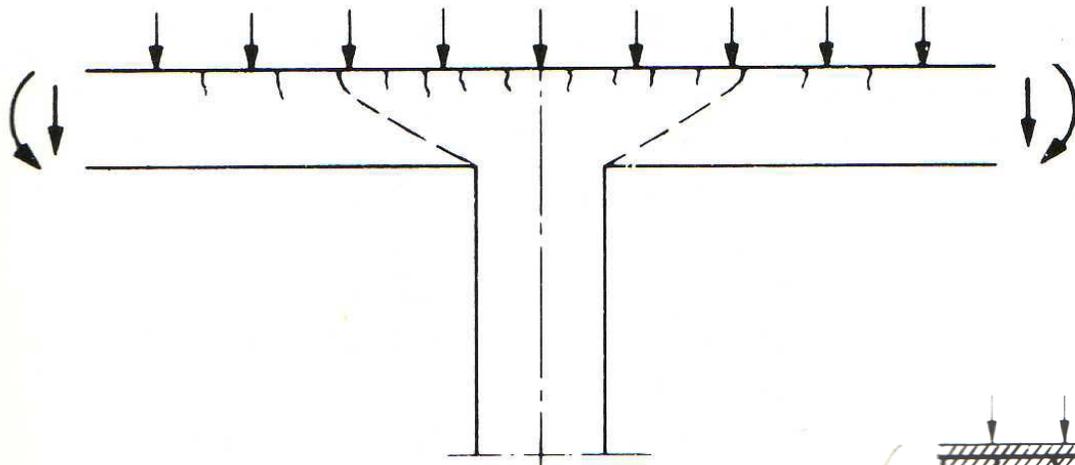
- a) Rottura di una trave ad altezza variabile in calcestruzzo armato senza staffe, sottoposta a flessione.
- b) Armatura in corrispondenza del bordo compresso del colmo della trave, con staffe atte a riprendere la spinta a vuoto e a evitare la rottura della figura A



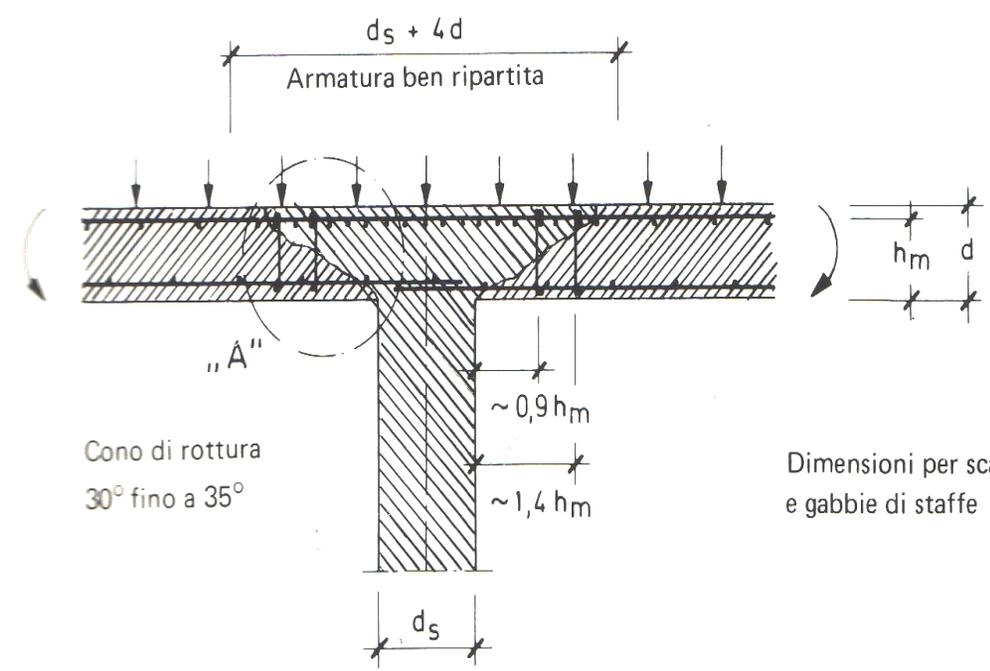
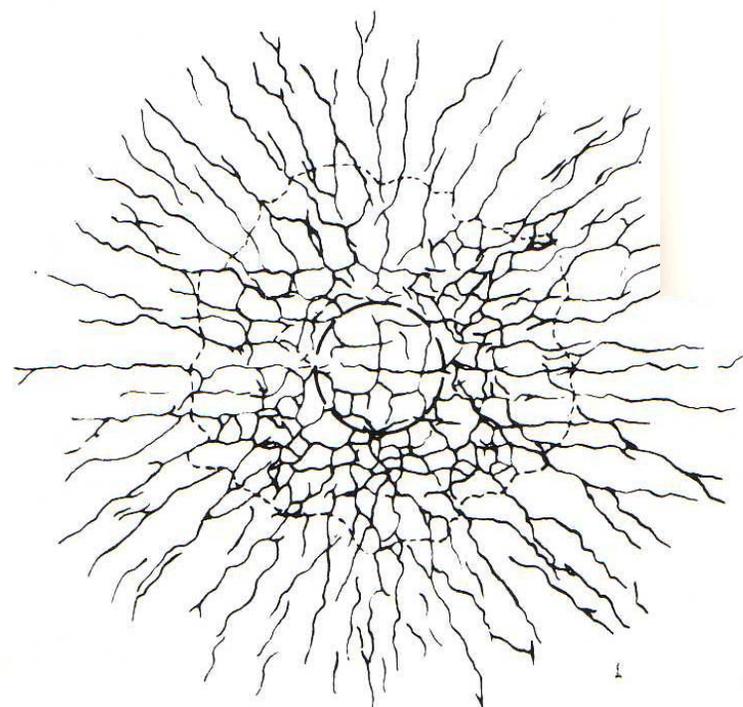
Vista della trave nel centro del campo



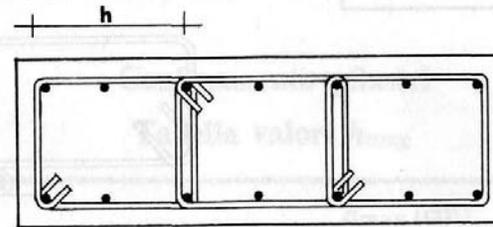
Quadro delle fessurazioni in sezione sul pilastro



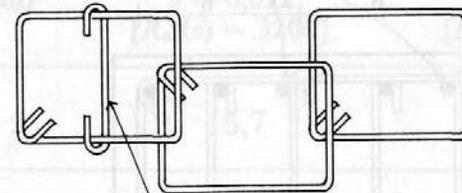
Fessurazioni lato superiore



PARTICOLARI

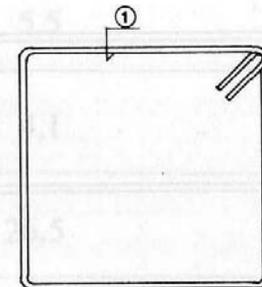
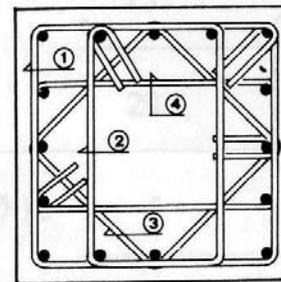


a)

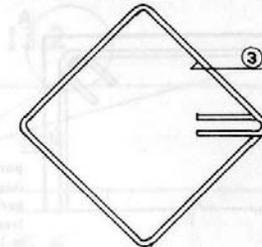
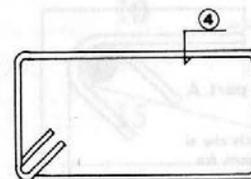


eventuali legature supplementari per dimezzare h

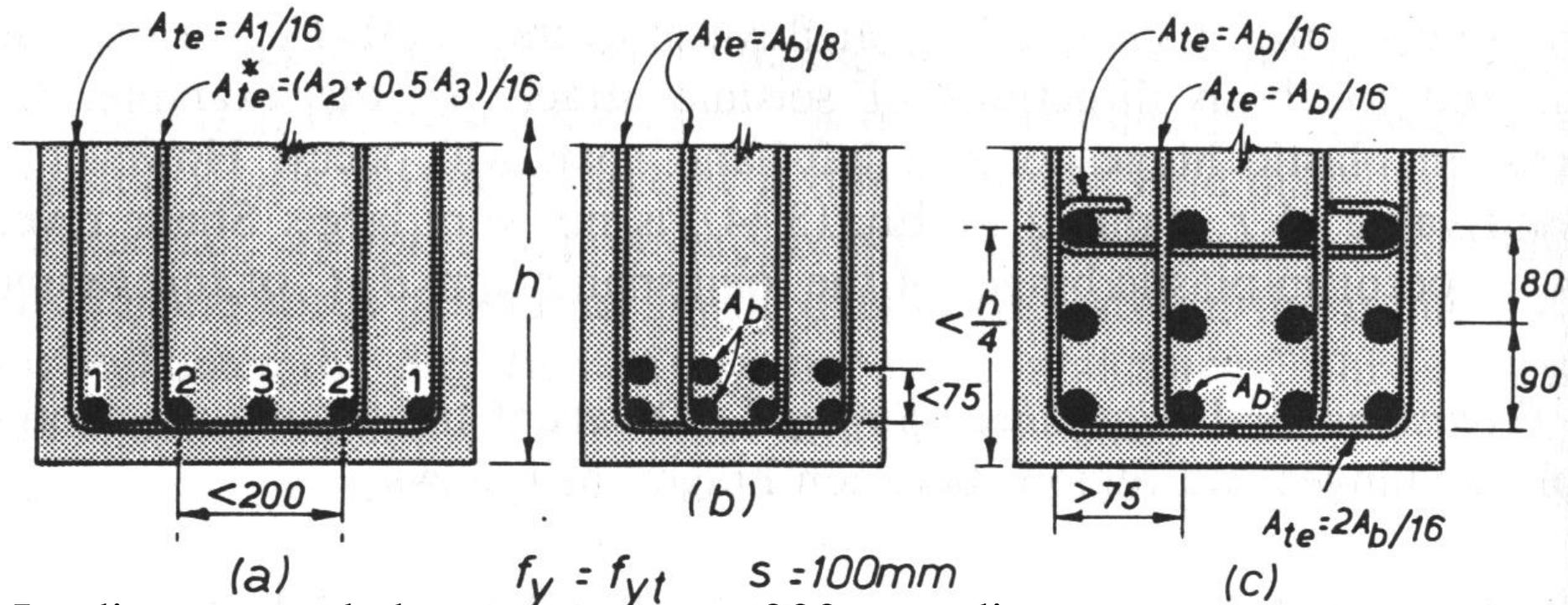
$h/2$ h



b)



Particolari confinamento travi



La distanza tra le barre trattenute < 200 mm, distanza max tra strati < 100 , se gli strati sono entro $h/4$ dal lembo teso

Nel calcolo dell'area del ritegno si considerano tutte le barre long entro 75 mm

carbonatazione ed ossidazione dei ferri di armatura

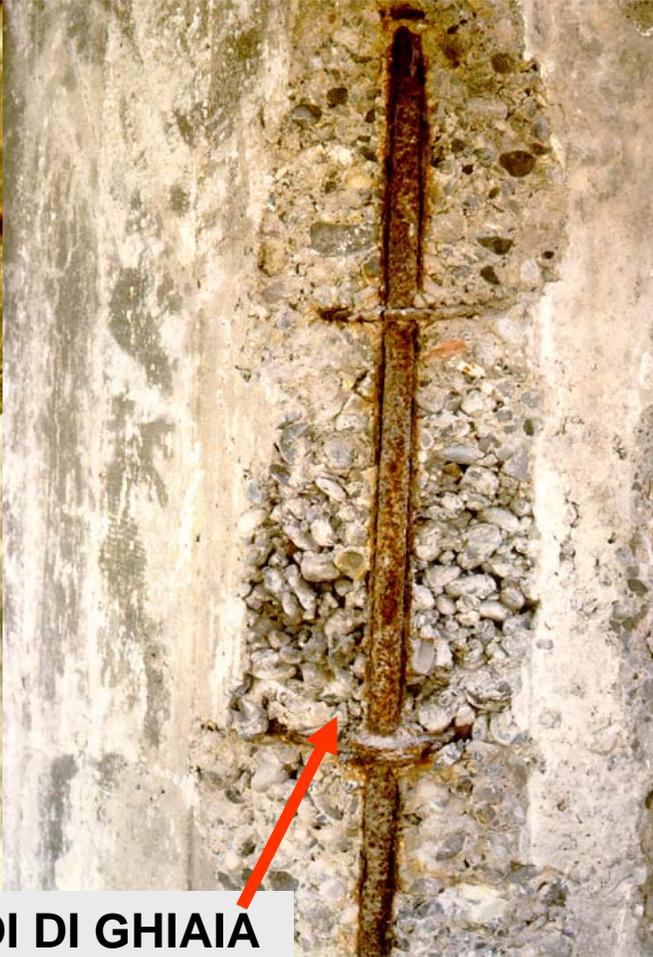


Copriferro insufficiente



Copriferro insufficiente





NIDI DI GHIAIA

CONCLUSIONI

- **Un progettista ha un adeguato supporto teorico delle norme che applica?**
Difficoltà di interpretazione delle norme
- **Lunghezza di ancoraggio**
Calcolo o valori minimi?
- **Valori di tensione ultima di aderenza**
Siamo in condizioni di buona aderenza?
- **Un progettista riesce a conciliare concetti teorici e disegni?**
- **Un carpentiere o colui che pone in opera le armature riesce a realizzare in cantiere la precisione richiesta?**

Ricordare l'armatura trasversale aggiunta, disposta nelle terze parti esterne della lunghezza di sovrapposizione
Ed altre ancora....