

Monografia A

Ancoraggio delle barre d'armatura nel calcestruzzo

A.1	Introduzione	1
A.2	Aderenza	2
A.3	Lunghezza di ancoraggio	4
A.4	Parametri che influenzano l'aderenza	5
A.5	Progettazione secondo la normativa vigente	6
A.5.1	Ancoraggio di barre d'armatura ad aderenza migliorata secondo l'EC2	6
A.5.2	Lunghezza di ancoraggio di base	7
A.5.3	Lunghezza di ancoraggio necessaria	8
A.5.4	Analisi della lunghezza di ancoraggio necessaria rispetto l'EC2	8
A.5.5	Ancoraggio di barre d'armatura ad aderenza migliorata secondo il Regolamento Italiano (metodo delle tensioni ammissibili)	11



Ancoraggio delle barre d'armatura nel calcestruzzo

A.1 Introduzione

Il problema dell'ancoraggio delle armature nelle riprese di getto non è solo la tenuta: nelle costruzioni in calcestruzzo armato il collegamento tra il conglomerato cementizio e le barre di armatura si realizza in modo del tutto "automatico", ossia senza l'intervento di specifici dispositivi di unione, purchè vengano rispettate le condizioni di minimo su quella che viene definita lunghezza di ancoraggio.

Tale lunghezza caratterizza il meccanismo con cui avviene la rottura del sistema: se la lunghezza del tratto di barra annegato nel calcestruzzo è maggiore del valore minimo, il col-

lasso si manifesta per snervamento della barra d'armatura senza estrazione della stessa dalla sua sede. Viceversa, se la lunghezza del tratto di barra annegata è minore del valore minimo, si verifica lo sfilamento della barra d'armatura prima che questa possa manifestare una tensione che porti allo snervamento della sezione. In altri termini in questo caso il fenomeno dominante è la crisi del collegamento tra la barra tesa e il calcestruzzo circostante e si manifesta come scorrimento relativo dell'una rispetto all'altra, fino alla completa separazione dei due elementi con l'estrazione della barra.

Figura A.1



Figura A.2 Armature



A.2 Aderenza

Il termine “aderenza” descrive quell’insieme di fenomeni di mutua interazione tra le barre d’armatura e il calcestruzzo circostante. In generale, essa tende a opporsi allo scorrimento relativo tra i due materiali ed è caratterizzata essenzialmente da tre fattori:

- l’adesione;
- l’attrito;
- la resistenza a taglio del calcestruzzo.

L’*adesione* rappresenta l’incollaggio vero e proprio della pasta di cemento indurita sull’acciaio; essa dipende da forze capillari e costituisce una frazione molto esigua dell’aderenza complessiva.

L’*attrito* è considerato la causa principale della resistenza allo scorrimento delle barre di armatura lisce: esso è attribuito all’azione di serraggio esercitata dal calcestruzzo a seguito della sua contrazione di volume dovuta al ritiro. Occorre tener presente che, anche se oggi le barre di armatura lisce risultano in disuso, spesso è possibile incontrarle in interventi manutentivi e di consolidamento di manufatti esistenti.

La *resistenza a taglio* del calcestruzzo intercluso tra le sporgenze delle barre d’armatura ad aderenza migliorata fornisce il contributo essenziale al collegamento locale tra il calcestruzzo e questa tipologia di armatura.

Valutiamo il comportamento meccanico del sistema barra d’armatura-calcestruzzo circostante eseguendo un’analisi dello stato tensionale indotto dall’applicazione di una forza di estrazione alla barra stessa. È evidente che alle tensioni tangenziali agenti sul cilindro che circonda le costole sporgenti, coassiale alla barra, corrispondono tensioni oblique $\sigma_1 = \tau$ di trazione e $\sigma_2 = -\tau$ di compressione (figura A.3).

Quando σ_1 raggiunge il valore della resistenza a trazione del calcestruzzo (indicativamente tra l’8 e il 10% della resistenza a compressione) il calcestruzzo teso si fessura e il meccanismo resistente si modifica poichè restano attive le sole tensioni di compressione oblique.

Se lo spessore del calcestruzzo che circonda la barra d’armatura non è sufficiente ad assorbire l’azione delle pressioni radiali (trazioni circonferenziali), le tensioni di trazione, a parità di tensioni radiali σ_{rad} , aumentano e possono provocare immediatamente la crisi della giunzione perchè le fessure attraversano tutta la sezione resistente dando luogo alla separazione del calcestruzzo dalla barra d’armatura (rottura per splitting, figura A.4).

Da queste considerazioni si può cogliere come il calcestruzzo armato sia caratterizzato da una molteplicità di meccanismi di rottura, non solo per semplice crisi dei due materiali componenti, ma perchè la fessurazione legata a sforzi di

Figura A.3 Tensioni interfaccia tra acciaio e cls

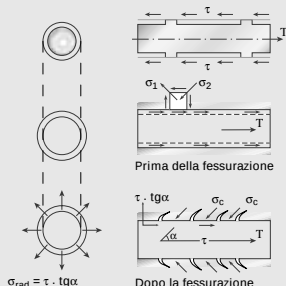


Figura A.4 Meccanismo di rottura per splitting

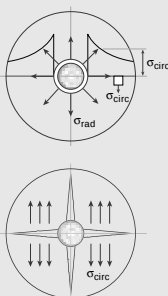
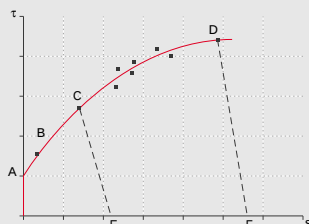


Figura A.5 Modello teorico di comportamento meccanico barra-cls



trazione nel calcestruzzo produce un'alterazione del precedente stato tensionale.

Questa considerazione trova riscontro nella curva tensione media/spostamento relativo (figura A.5): dall'origine del sistema di riferimento fino al punto A si riscontra un aumento dello sforzo in assenza di scorrimento: si ha una coesione rigida tra i due materiali. Dal punto A si ha l'innesco di una correlazione tra la tensione e lo spostamento relativo: tale punto corrisponde all'inizio della fessurazione del calcestruzzo, quando cioè la tensione principale obliqua di trazione supera la resistenza a trazione del calcestruzzo.

La microfessurazione riduce la rigidità locale del calcestruzzo e consente spostamenti maggiori che danno luogo al tratto AB della curva inclinato rispetto all'asse delle ascisse.

A causa dei maggiori scorrimenti relativi, il conglomerato contenuto tra le nervature superficiali delle barre subisce fenomeni locali di danneggiamento e la tensione tangenziale di aderenza riceve il contributo dell'attrito.

Le spinte radiali legate alle componenti oblique inducono tensioni circonferenziali di trazione che possono risultare elevate in zone caratterizzate da piccoli spessori, quali quelli corrispondenti ai valori regolamentari di copriferro.

Se le trazioni circonferenziali portano il calcestruzzo a fessurazione, si ha formazione di lesioni longitudinali parallele alla barra d'armatura che favoriscono il rapido sfilamento e la crisi dell'ancoraggio (tratto CE); se non sussistono le condizioni perchè tali lesioni si formino, il carico può aumentare fino al valore di picco (punto D), cui segue la crisi con modalità diverse: si possono formare delle lesioni longitudinali dovute alle tensioni circonferenziali di trazione (tratto DF), oppure si può avere la crisi per taglio del calcestruzzo e conseguente scorrimento longitudinale caratterizzato da un tratto di curva con pendenza negativa più o meno inclinata in funzione dello spessore di calcestruzzo circostante e alla presenza di armature trasversali di confinamento.

Figura A.6 Distribuzione tensionale ed equilibrio alla traslazione nella direzione della barra d'armatura

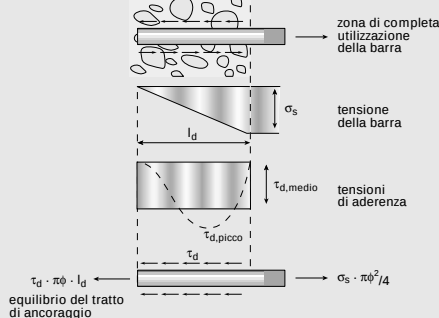
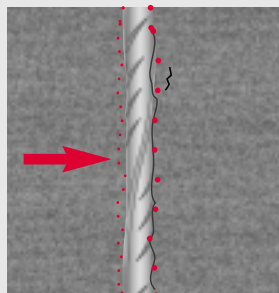


Figura A.7 Differenti superfici di interazione barra-cla in funzione dell'orientamento rispetto alla direzione di betonaggio



A.3 Lunghezza di ancoraggio

Si definisce *lunghezza di ancoraggio* il tratto di una barra misurato oltre la sezione dopo la quale la barra può essere assoggettata alla sua tensione massima, in funzione della qualità di acciaio impiegato.

Se si opera con il metodo previsto dal Regolamento italiano (alle tensioni ammissibili) la tensione massima coincide con la tensione ammissibile dell'acciaio utilizzato; se si opera secondo le prescrizioni dell'EC2, si utilizza la tensione di progetto dell'acciaio, pari alla tensione caratteristica di snervamento f_{yk} divisa per il coefficiente di sicurezza γ_s .

La lunghezza di ancoraggio deve essere tale da consentire il trasferimento della forza P

$$P = (\phi^2 \cdot \pi \cdot \sigma_s) / 4$$

Tale forza deve essere trasferita dalla barra d'armatura al calcestruzzo circostante tramite le tensioni tangenziali di aderenza τ_d , nell'ipotesi semplificativa che esse abbiano una distribuzione costante all'interfaccia barra d'armatura-calcestruzzo (figura A.6).

Tale condizione è espressa dall'equazione di equilibrio delle forze agenti nella direzione individuata dalla barra d'armatura:

$$(\phi^2 \cdot \pi \cdot \sigma_s) / 4 = \tau_d \cdot \phi \cdot \pi \cdot l_d$$

$$l_d = (\sigma_s \cdot \phi) / (4 \cdot \tau_d)$$

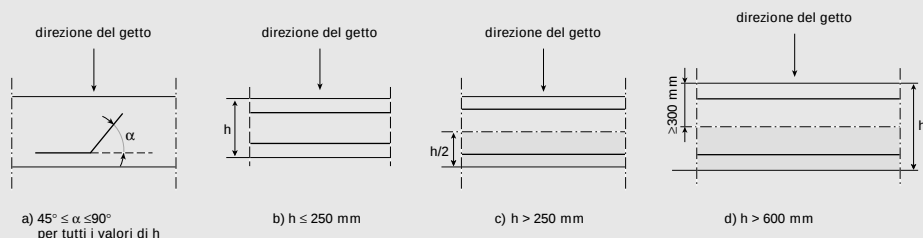
A.4 Parametri che influenzano l'aderenza

La relazione precedente consente di determinare la lunghezza di ancoraggio e mette in evidenza come sia un fattore determinante la tensione tangenziale di aderenza τ_d . In prima analisi essa dipende dalla classe di resistenza del calcestruzzo: sia che si conducano verifiche di resistenza secondo il Regolamento italiano, sia che si adotti l'EC2, è possibile correlare tale valore con le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo adottato.

Tale circostanza sarà affrontata nei successivi paragrafi. Nel presente invece si intende mettere in evidenza tutta una serie di fattori, non legati a caratteristiche meccaniche del calcestruzzo, che condizionano fortemente il valore dell'aderenza. Tali fattori risultano essere:

- la forma della sezione trasversale della barra: l'aderenza diminuisce se la sezione si avvicina a quella rettangolare (ferro piatto);
- il valore del diametro della barra nel caso di sezione circolare: l'aderenza diminuisce al crescere del diametro;
- la direzione delle barre rispetto alla direzione di betonaggio: l'aderenza è minore nelle barre orizzontali e maggiore in quelle verticali perché in queste ultime è meno sensibile l'influenza dei fenomeni di esudazione (bleeding);
- la posizione delle barre rispetto alla sezione di calcestruzzo. Nel caso delle travi, l'aderenza delle barre superiori, prossime all'estra-

Figura A.8 Prescrizioni dell'EC2 relative alle condizioni di aderenza



A.5 Progettazione secondo la normativa vigente

dosso della trave stessa, è minore di quella relativa alle barre inferiori, sempre a causa dell'esudazione che rende più poroso il calcestruzzo in prossimità dell'estradosso;

- quantità di armature trasversali (ortogonali alle barre longitudinali); soprattutto in presenza di barre ad aderenza migliorata, l'aderenza aumenta perchè le armature trasversali possono assorbire (parzialmente, a seconda della loro giacitura) le spinte radiali verso l'esterno o le tensioni circonferenziali di trazione correlate;
- presenza di eventuali stati di tensione di compressione orientati in modo da contrastare le spinte radiali e la relativa fessurazione indotta. L'aderenza aumenta se le tensioni di compressione agiscono in direzione perpendicolare all'asse longitudinale della barra d'armatura.

Attualmente in Italia è possibile condurre la progettazione di opere in calcestruzzo armato seguendo le prescrizioni del Regolamento Italiano oppure quelle dell'EC2.

Valutiamo le indicazioni di entrambi i metodi in materia di lunghezze libere di ancoraggio di barre di armatura ad aderenza migliorata.

A.5.1 Ancoraggio di barre d'armatura ad aderenza migliorata secondo l'EC2

L'EC2 individua al paragrafo 5.2.2.1 "Condizioni di aderenza" una serie di situazioni che condizionano la qualità dell'aderenza. Tali condizioni valgono per condizioni di massa volumica normale e possono essere così sintetizzate (figura A.8):

- tutte le barre con inclinazione compresa tra 45° e 90° durante il getto (a);
- tutte le barre che hanno inclinazione sull'orizzontale compresa tra 0° e 45° durante il getto e sono poste in elementi la cui profondità nella direzione del getto non è maggiore di 250 mm (b), oppure sono inglobate in elementi con una profondità maggiore di 250 mm e che quando il getto è completato sono nella metà inferiore dell'elemento (c) o ad almeno 300 mm dalla superficie superiore dell'elemento.

Tutte le altre condizioni sono da considerarsi di aderenza mediocre.

Tabella A.1 Valori di calcolo della tensione ultima di aderenza f_{bd} in funzione della classe di calcestruzzo utilizzato

	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/40
[N/mm ²]	2,0	2,3	2,7	3,0	3,7

Al paragrafo 5.2.2.2 dell'EC2 viene definita la tensione ultima di aderenza f_{bd} , volendo con questo termine indicare quella tensione tale per cui non si verifichino spostamenti relativi significativi dell'acciaio rispetto al calcestruzzo sotto carichi di esercizio, mantenendo un adeguato margine di sicurezza nei confronti della rottura.

In condizioni di buona aderenza i valori di calcolo della tensione ultima di aderenza f_{bd} sono riportati nella tabella A.1; in tutti gli altri casi i valori riportati dovranno essere moltiplicati per un coefficiente 0.7.

L'utilizzo della resina chimica Fischer UPM 44 per l'ancoraggio delle armature di ripresa di getto va a costituire un ulteriore componente nel sistema composto da calcestruzzo e barra d'acciaio. Tuttavia è lecito ipotizzare che il corretto utilizzo dell'ancorante chimico Fischer UPM 44 consenta di eseguire ancoraggi sempre in condizioni di buona aderenza, poichè la sua viscosità è stata studiata per garantire una elevata capacità di penetrazione negli spazi compresi tra la barra e le sue nervature e il supporto in calcestruzzo. Si innesca così una connessione da un lato con il supporto in calcestruzzo (con riempimento delle microfessurazioni legate alle procedura di foratura) e dall'altro con la barra d'armatura.

È quindi possibile assumere come valori di cal-

colo per f_{bd} (MPa) quelli indicati in tabella A.1, espressi in funzione della classe di calcestruzzo utilizzato. Tali valori sono definiti assumendo γ_c pari a 1.5 utilizzando la relazione:

$$\phi_{bd} = (2.25 f_{ctk0.05})/\gamma_c$$

dove:

$f_{ctk0.05}$ = resistenza a trazione assiale caratteristica del calcestruzzo.

A.5.2 Lunghezza di ancoraggio di base

Al paragrafo 5.2.2.3 dell'EC2 viene riportata la definizione della lunghezza di ancoraggio di base. Essa è la lunghezza rettilinea necessaria per ancorare una barra soggetta alla forza $f_{yd} \cdot A_s$ avendo assunto una tensione costante all'interfaccia acciaio-calcestruzzo pari a f_{bd} . La lunghezza di ancoraggio di base per ancorare una barra di diametro è data dalla relazione:

$$l_d = \frac{f_{yd} \cdot \phi}{4 \cdot f_{bd}}$$

dove:

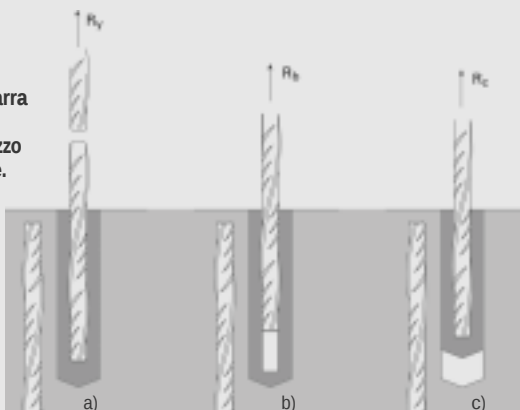
f_{yd} = tensione di snervamento di calcolo dell'armatura ordinaria.

Ad esempio con un calcestruzzo di classe C30/37 e un acciaio FeB44K si ottiene:

$$\begin{aligned} f_{yd} &= 435 \text{ (MPa)} \\ f_{bd} &= 3 \text{ (MPa)} \\ l_d &= 37 \cdot \phi \end{aligned}$$

Figura A.9 Differenti modalità di rottura:

- a) rottura per crisi dell'acciaio
- b) rottura per sfilamento della barra d'armatura dall'ancorante
- c) rottura per crisi del calcestruzzo all'interfaccia con l'ancorante.



A.5.3 Lunghezza di ancoraggio necessaria

Al paragrafo 5.2.3.4.1 dell'EC2 viene definita la lunghezza di ancoraggio necessaria $l_{b,net}$; essa è espressa attraverso la relazione:

$$l_{b,net} = \alpha_a \cdot l_b \cdot (A_{s,req} / A_{s,prov}) > l_{b,min}$$

dove:

- l_b lunghezza di ancoraggio di base;
- $A_{s,req}$ area dell'armatura richiesta dal calcolo;
- $A_{s,prov}$ area effettivamente disposta;
- $l_{b,min}$ lunghezza minima di ancoraggio, valore:
 - 0.3 l_b (>10 mm) per ancoraggi in trazione
 - 0.6 l_b (>100 mm) per ancoraggi in compressione;

α_a è un coefficiente compreso tra 1 e 0,7. Possiamo riassumere le prescrizioni dell'EC2 in materia di lunghezze di sovrapposizioni in queste relazioni:

$$l_{b,min} = \max \{0.3 l_b [\text{mm}], 10 \phi [\text{mm}], 100 [\text{mm}]\} \text{ per ancoraggi in zona tesa}$$

$$l_{b,min} = \max \{0.6 l_b [\text{mm}], 10 \phi [\text{mm}], 100 [\text{mm}]\} \text{ per ancoraggi in zona compressa}$$

L'utilizzo dell'ancorante chimico **Fischer UPM 44** aggiunge un componente al sistema formato da barra d'armatura e supporto in calcestruzzo. L'introduzione di questo porta a una diversifica-

zione dei possibili fenomeni di crisi. Potrà verificarsi (figura A.9):

- a) rottura per crisi dell'acciaio,
- b) rottura per sfilamento della barra d'armatura dall'ancorante,
- c) rottura per crisi del calcestruzzo all'interfaccia con l'ancorante.

A.5.4 Analisi della lunghezza di ancoraggio necessaria rispetto l'EC2

Seguendo le modalità operative descritte nell'EC2 si sono involute, caso per caso, le tre funzioni di rottura descritte individuando quella che per prima porta alla crisi il collegamento tra la barra d'armatura e il supporto. Valutando questa in funzione di quanto riportato nel paragrafo A.5.2 si è determinata la lunghezza d'ancoraggio necessaria nel totale rispetto delle prescrizioni previste nell'EC2.

Il risultato di questa analisi è sintetizzato nelle tabelle A.2, A.3, A.4 e A.5, nelle pagine seguenti.

Tabella A.2 **Dati tecnici di posa con barra d'armatura ad aderenza migliorata FeB44K con $f_{yk} = 435$ (MPa) su calcestruzzo non fessurato di classe C16/20**

tipo di ancorante	Fischer UPM 44	M8	M10	M12	M14	M16	M20	M24	M30
area acciaio	[mm²]	50	79	113	154	201	314	452	707
diametro foro	[mm]	12	14	16	18	20	24	30	38
lunghezza ancoraggio di base	[mm]	290	390	490	595	670	910	1.120	1.440
lunghezza ancoraggio necessaria in zona compressa	[mm]	175	235	295	360	402	550	675	865
lunghezza ancoraggio necessaria in zona tesa	[mm]	100	120	150	180	200	275	335	435
trazione massima	[kN]	21.87	34.16	49.20	66.96	87.46	136.66	196.79	307.48

Tabella A.3 **Dati tecnici di posa con barra d'armatura ad aderenza migliorata FeB44K con $f_{yk} = 435$ (MPa) su calcestruzzo non fessurato di classe C20/25**

tipo di ancorante	Fischer UPM 44	M8	M10	M12	M14	M16	M20	M24	M30
area acciaio	[mm²]	50	79	113	154	201	314	452	707
diametro foro	[mm]	12	14	16	18	20	24	30	38
lunghezza ancoraggio di base	[mm]	295	366	440	515	605	790	975	1255
lunghezza ancoraggio necessaria in zona compressa	[mm]	175	220	265	310	365	475	585	753
lunghezza ancoraggio necessaria in zona tesa	[mm]	100	110	135	155	185	240	293	380
trazione massima	[kN]	21.87	34.16	49.20	66.96	87.46	136.66	196.79	307.48

NB I valori sono validi per applicazioni su base di ancoraggio asciutta e con una corretta pulizia del foro con scovolino e getto d'aria; è previsto l'utilizzo dell'estensione del miscelatore per fori più profondi di 200 mm.
La trazione massima è associata alla lunghezza d'ancoraggio di base.

Tabella A.4 **Dati tecnici di posa con barra d'armatura ad aderenza migliorata FeB44K
con $f_{yk} = 435$ (MPa) su calcestruzzo non fessurato di classe C25/30**

tipo di ancorante Fischer UPM 44		M8	M10	M12	M14	M16	M20	M24	M30
area acciaio	[mm ²]	50	79	113	154	201	314	452	707
diametro foro	[mm]	12	14	16	18	20	24	30	38
lunghezza ancoraggio di base	[mm]	295	366	440	515	586	732	879	1098
lunghezza ancoraggio necessaria in zona compressa	[mm]	175	220	265	310	352	440	530	660
lunghezza ancoraggio necessaria in zona tesa	[mm]	100	110	135	155	176	220	265	330
trazione massima	[kN]	21.87	34.16	49.20	66.96	87.46	136.66	196.79	307.48

Tabella A.5 **Dati tecnici di posa con barra d'armatura ad aderenza migliorata FeB44K
con $f_{yk} = 435$ (MPa) su calcestruzzo non fessurato di classe C30/37 o superiore**

tipo di ancorante Fischer UPM 44		M8	M10	M12	M14	M16	M20	M24	M30
area acciaio	[mm ²]	50	79	113	154	201	314	452	707
diametro foro	[mm]	12	14	16	18	20	24	30	38
lunghezza ancoraggio di base	[mm]	295	366	440	515	605	790	975	1255
lunghezza ancoraggio necessaria in zona compressa	[mm]	175	220	265	310	365	475	585	753
lunghezza ancoraggio necessaria in zona tesa	[mm]	100	110	135	155	185	240	293	380
trazione massima	[kN]	21.87	34.16	49.20	66.96	87.46	136.66	196.79	307.48

NB I valori sono validi per applicazioni su base di ancoraggio asciutta e con una corretta pulizia del foro con scovolino e getto d'aria; è previsto l'utilizzo dell'estensione del miscelatore per fori più profondi di 200 mm.
La trazione massima è associata alla lunghezza d'ancoraggio di base.

A.5.5 Ancoraggio di barre d'armatura ad aderenza migliorata secondo il Regolamento Italiano (metodo delle tensioni ammissibili)

In Italia è possibile eseguire la progettazione delle opere in calcestruzzo armato seguendo le prescrizioni contenute nel D.M.LL.PP. del 9 gennaio 1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in conglomerato cementizio armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" e nella relativa Circolare esplicativa del 15 ottobre 1996, n. 252, "Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in conglomerato cementizio armato normale e precompresso e per le strutture metalliche» di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996".

Al paragrafo 5.3.3 viene affrontato il problema dell'ancoraggio delle barre d'armatura: esse dovranno essere prolungate oltre la sezione nella quale sono soggette alla massima tensione in misura sufficiente a garantirne l'ancoraggio nell'ipotesi di ripartizione uniforme delle tensioni tangenziali di aderenza.

La definizione delle tensioni tangenziali di aderenza è riportata al paragrafo 3.1.4 e vale:

$$\tau_b = 3 \cdot \tau_{c0}$$

dove:

$$\tau_{c0} = 0.4 + (R_{ck} - 15)/75 \quad [\text{MPa}]$$

oppure

$$4 + (R_{ck} - 150)/75 \quad [\text{kg/cm}^2]$$

Tale valore è relativo a barre d'armatura ad aderenza migliorata ancorate in zone di conglomerato compatto e utilmente compresse ai fini dell'ancoraggio, ossia per barre ancorate nella metà inferiore della trave a non meno di 30 cm dalla superficie superiore del getto o da una ripresa e allontanate dal lembo teso, oppure inclinate non meno di 45° rispetto alle isostatiche di compressione. In tutti gli altri casi si dovranno considerare congrue riduzioni (fino al 50% dei valori indicati).

Nelle barre ad aderenza migliorata l'ancoraggio deve essere in ogni caso pari a 20 diametri con un minimo di 20 cm.

La lunghezza di ancoraggio viene definita attraverso la scrittura della condizione di equilibrio delle forze nella direzione della barra:

$$l_d = (\sigma_s \cdot \phi) / (4 \cdot \tau_b)$$

Le modalità con le quali si limita il valore delle tensioni massime di aderenza sono analoghe a quelle individuate nel paragrafo A.4; l'utilizzo dell'ancorante chimico Fischer UPM 44 consente quindi di operare sempre in condizioni di buona aderenza.

Seguendo le modalità operative descritte nella citata Normativa, si sono involupate, caso per caso, le tre funzioni di rottura individuando quella che per prima porta alla crisi il collegamento tra la barra d'armatura e il supporto. Il risultato di questa analisi è sintetizzato nelle tabelle A.6, A.7 e A.8 ■

Tabella A.7 **Dati tecnici di posa con barra d'armatura ad aderenza migliorata FeB44K**
con $\sigma_{adm} = 255$ (MPa) su calcestruzzo non fessurato di classe R_{ck} 20

tipo di ancorante Fischer UPM 44		M8	M10	M12	M14	M16	M20	M24	M30
area acciaio	[mm ²]	50	79	113	154	201	314	452	707
diametro foro	[mm]	12	14	16	18	20	24	30	38
lunghezza ancoraggio di base	[mm]	271	339	410	496	583	759	937	1.205
lunghezza ancoraggio minima	[mm]	160	200	240	280	320	400	480	600
trazione massima	[kN]	12.82	20.03	28.84	39.25	51.27	80.11	115.36	180.25

Tabella A.8 **Dati tecnici di posa con barra d'armatura ad aderenza migliorata FeB44K**
con $\sigma_{adm} = 255$ (MPa) su calcestruzzo non fessurato di classe R_{ck} 25

tipo di ancorante Fischer UPM 44		M8	M10	M12	M14	M16	M20	M24	M30
area acciaio	[mm ²]	50	79	113	154	201	314	452	707
diametro foro	[mm]	12	14	16	18	20	24	30	38
lunghezza ancoraggio di base	[mm]	271	339	410	475	543	678	820	1.055
lunghezza ancoraggio minima	[mm]	160	200	240	280	320	400	480	600
trazione massima	[kN]	12.82	20.03	28.84	39.25	51.27	80.11	115.36	180.25

Tabella A.9 **Dati tecnici di posa con barra d'armatura ad aderenza migliorata FeB44K**
con $\sigma_{adm} = 255$ (MPa) su calcestruzzo non fessurato di classe R_{ck} 30 e superiori

tipo di ancorante Fischer UPM 44		M8	M10	M12	M14	M16	M20	M24	M30
area acciaio	[mm ²]	50	79	113	154	201	314	452	707
diametro foro	[mm]	12	14	16	18	20	24	30	38
lunghezza ancoraggio di base	[mm]	271	339	410	475	543	678	815	1.020
lunghezza ancoraggio minima	[mm]	160	200	240	280	320	400	480	600
trazione massima	[kN]	12.82	20.03	28.84	39.25	51.27	80.11	115.36	180.25

NB I valori sono validi per applicazioni su base di ancoraggio asciutta e con una corretta pulizia del foro con scovolino e getto d'aria; è previsto l'utilizzo dell'estensione del miscelatore per fori più profondi di 200 mm.
La trazione massima è associata alla lunghezza d'ancoraggio di base.