

# PROGETTAZIONE DI ANCORAGGI DI BARRE DI ARMATURA POST-INSTALLATE



# SOMMARIO

1. Introduzione
2. Inquadramento normativo
3. Barre di armatura post-installate
4. fischer ENSO Rebar

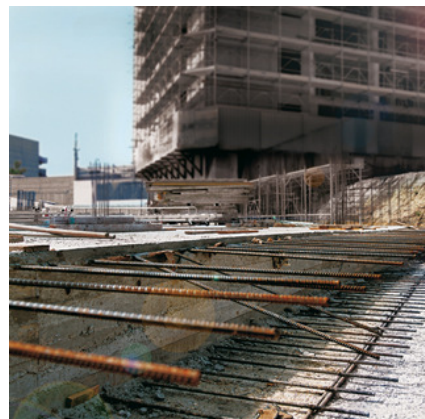
# SOMMARIO

1. **Introduzione**
2. Inquadramento normativo
3. Barre di armatura post-installate
4. fischer ENSO Rebar

# 1. INTRODUZIONE

## 1.1 SETTORI DI APPLICAZIONE (1/2)

### ■ Nuove costruzioni



### ■ Consolidamento costruzioni esistenti





# 1. INTRODUZIONE

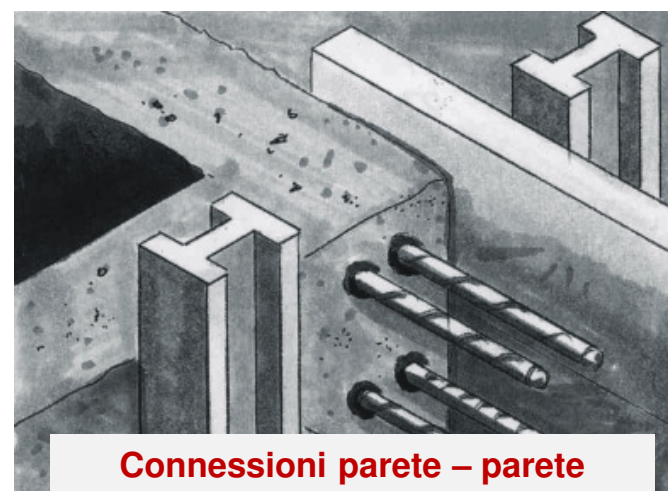
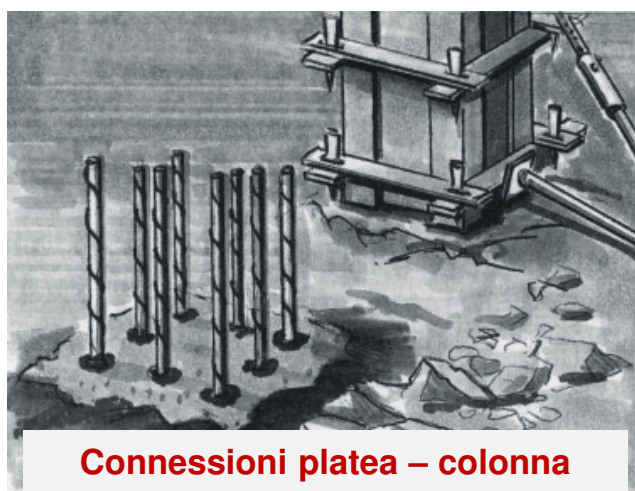
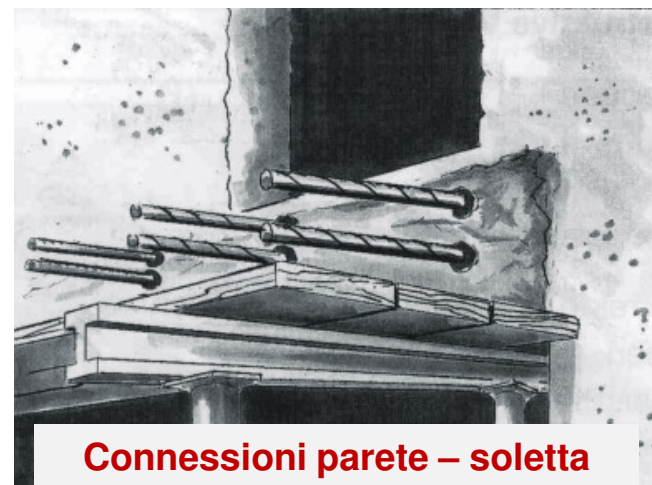
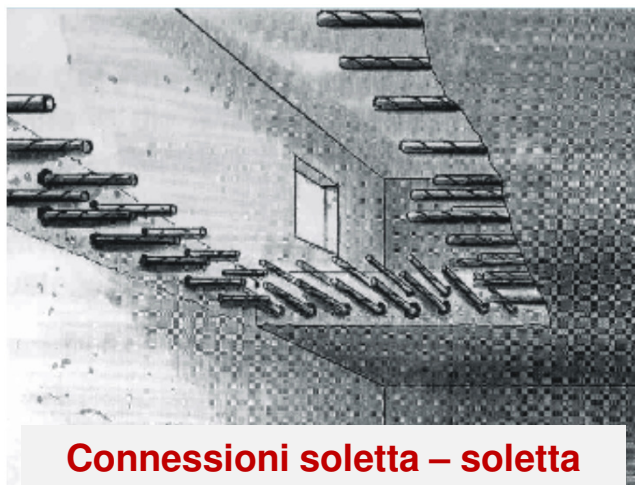
## 1.1 SETTORI DI APPLICAZIONE (2/2)

### ■ Consolidamento di opere infrastrutturali



# 1 INTRODUZIONE

## 1.2 INSTALLAZIONI TIPOLOGICHE



# SOMMARIO

1. Introduzione
- 2. Inquadramento normativo**
3. Barre di armatura post-installate
4. fischer ENSO Rebar

## 2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

### 2.1 AZIONI STATICHE E QUASI STATICHE

Azioni

- D.M. 14/01/2008 + C.M. LL.PP. 02/02/2009 n. 617
- Eurocodici 0 e 1

Capacità resistente

- EOTA TR 023:2006

Qualifica

- Benestare/Valutazione Tecnico Europeo (ETA)

Dati tecnici

- D.M. 14/01/2008 + C.M. LL.PP. 02/02/2009 n. 617

- Eurocodice 2 – EN 1992-1-1  
– TR 029 (Ancoranti chimici)

Design

- CEN TS 1992-4:2009



## 2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

### 2.2 PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO (1/2)



TR029: TEORIA DELL'ANCORANTE



Deutsches Institut für Bautechnik  
Zulassungsstelle für Bauprodukte und Bauarten  
Bautechnisches Prüfamt  
Eine vom Bund und den Ländern  
gemeinsam getragene Anstalt des  
öffentlichen Rechts

Kolonnenstraße 30 B  
D-10829 Berlin  
Tel.: +49 30 78730-0  
Fax: +49 30 78730-330  
E-Mail: dibt@dibt.de  
www.dibt.de

Deutsches Institut für Bautechnik  
DIBt  
Mitglied der EOTA  
Member of EOTA

**European Technical Approval ETA-10/0012**  
English translation prepared by DIBt - Original version in German language

Handelsbezeichnung Trade name	fischer Injektionssystem FIS EM fischer injection system FIS EM
Zulassungsinhaber Holder of approval	fischerwerke GmbH & Co. KG Otto-Hahn-Straße 15 79211 Ditzingen DEUTSCHLAND
Zulassungsgegenstand und Verwendungszweck Generic type and use of construction product	Verbunddübel in den Größen Ø 8 mm bis Ø 40 mm zur Verankerung im Beton Bonded anchor in the size of Ø 8 mm to Ø 40 mm for use in concrete
Geltungsdauer: Validity:	vom from bis to 1 June 2011 16 February 2015
Herstellwerk Manufacturing plant	fischerwerke

Diese Zulassung umfasst  
This Approval contains

26 Seiten einschließlich 17 Anhänge  
26 pages including 17 annexes

Diese Zulassung ersetzt  
This Approval replaces

ETA-10/0012 mit Geltungsdauer vom 16.02.2010 bis 16.02.2015  
ETA-10/0012 with validity from 16.02.2010 to 16.02.2015

**EOTA** Europäische Organisation für Technische Zulassungen  
European Organisation for Technical Approvals

228/02.11 6/08.01-13/011

Page 11 of the European technical approval ETA-10/0012, issued on 1 June 2011

fischer anchor rod  
Pre-positioned anchorage

In-place anchorage  
(annual clearance filled  
with mortar)

fischer internal threaded anchor  
RG MI  
Only pre-positioned anchorage

Reinforcing bar

fischer rebar anchor FRA  
Pre-positioned anchorage

In-place anchorage  
(annual clearance filled  
with mortar)

Intended use in dry and wet concrete

Temperature range I: -40°C to +60°C (max. long term temperature +35°C and  
max. short term temperature +60°C)

Temperature range II: -40°C to +72°C (max. long term temperature +50°C and  
max. short term temperature +72°C)

fischer injection system FIS EM	<b>Annex 2</b> of European technical approval ETA-10/0012
Application range Intended use	

## 2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

### 2.2 PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO (2/2)



TR023/EC2: TEORIA DELL'EC2



Deutsches Institut für Bautechnik  
Zulassungsstelle für Bauprodukte und Bauarten  
Bautechnisches Prüfamt

Eine vom Bund und den Ländern  
gemeinsam getragene Anstalt des  
öffentlichen Rechts

Kolonnenstraße 30 B  
D-10625 Berlin  
Tel.: +49 30 78730-0  
Fax: +49 30 78730-320  
E-Mail: dibt@dibt.de  
www.dibt.de

Deutsches Institut für Bautechnik  
DIBt

Mitglied der EOTA  
Member of EOTA

**European Technical Approval ETA-08/0266**

English translation prepared by DIBt - Original version in German language

Handelsbezeichnung Trade name	Bewehrungsanschluss mit fischer Injektionsmörtel FIS V oder FIS VS Rebar connection with fischer injection mortar FIS V or FIS VS
Zulassungsinhaber Holder of approval	fischerwerke GmbH & Co. KG Otto-Hahn-Straße 15 79211 Denzlingen DEUTSCHLAND
Zulassungsgegenstand und Verwendungszweck Generic type and use of construction product	Nachträglich eingemörtelter Bewehrungsanschluss mit fischer Injektionsmörtel FIS V oder FIS VS Post-installed rebar connection with fischer injection mortar FIS V or FIS VS
Geltungsdauer: Validity:	vom from bis to 26 June 2013 26 June 2018
Herstellwerk Manufacturing plant	fischerwerke

Diese Zulassung umfasst  
This Approval contains

23 Seiten einschließlich 13 Anhänge  
23 pages including 13 annexes

Diese Zulassung ersetzt  
This Approval replaces

ETA-08/0266 mit Geltungsdauer vom 19.01.2009 bis 19.01.2014  
ETA-08/0266 with validity from 19.01.2009 to 19.01.2014

**ETA** Europäische Organisation für Technische Zulassungen  
European Organisation for Technical Approvals

258721:13 8.06.01-485/12

Page 13 of European technical approval  
ETA-08/0266 of 26 June 2013

English translation prepared by DIBt

Deutsches Institut für Bautechnik  
DIBt

**Figure 3**

and anchoring of slabs or beams which have been designed as simply supported

**Figure 4**

rebar connection of building members under predominant pressure

**Figure 5**

anchoring of reinforcement to overcome the envelope of the tensile force

The required transverse reinforcement according to EN 1992-1-1 is not shown in the figures.

Rebar connection with fischer injection mortar FIS V or FIS VS	<b>Annex 3</b>
Examples of use for reinforcement bars Anchors	

258770:13 8.06.01-485

## 2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

### 2.3 QUALIFICA DELLA RESINA SECONDO TR 023 (1/2)

Aspetti da considerare per il conseguimento del Benestare Tecnico Europeo (ETA) e Marcatura CE




- Aderenza in calcestruzzo C20/25 e C50/60
- Sicurezza dell'installazione in calcestruzzo asciutto e umido
- Funzionamento sotto carichi mantenuti
- Funzionamento sotto cicli di gelo disgelo
- Funzionamento in differenti direzioni di installazione
- Installazione con la massima profondità di ancoraggio
- Corretta iniezione
- Prova di durabilità
- Resistenza alla corrosione dell'ancoraggio

**Deutsches Institut für Bautechnik**  
Zulassungsstelle für Bauprodukte und Bauarten  
Bautechnisches Prüfamt  
Eine vom Bund und den Ländern  
gemeinsam getragene Anstalt des  
öffentlichen Rechts

Kolonnenstraße 30 B  
D-10829 Berlin  
Tel.: +49 30 78730-0  
Fax: +49 30 78730-320  
E-Mail: dibt@dibt.de  
www.dibt.de

**Deutsches Institut für Bautechnik**  
**DIBt**

Mitglied der EOTA  
Member of EOTA



Authorised  
to Article 10 of the Council  
Directive of 21 December 1988  
in the administration of laws,  
regulations and administrative  
provisions of Member States  
relating to construction  
products (89/105/EEC)

**European Technical Approval ETA-08/0266**

English translation prepared by DIBt - Original version in German language

<b>Handelsbezeichnung</b> <i>Trade name</i>	Bewehrungsanschluss mit fischer Injektionsmörtel FIS V oder FIS VS <i>Rebar connection with fischer injection mortar FIS V or FIS VS</i>
<b>Zulassungsinhaber</b> <i>Holder of approval</i>	fischerwerke GmbH & Co. KG Otto-Hahn-Straße 15 75211 Denzlingen DEUTSCHLAND
<b>Zulassungsgegenstand und Verwendungszweck</b> <i>Generic type and use of construction product</i>	Nachträglich eingemörtelter Bewehrungsanschluss mit fischer Injektionsmörtel FIS V oder FIS VS <i>Post-installed rebar connection with fischer injection mortar FIS V or FIS VS</i>
<b>Geltungsdauer:</b> <i>Validity:</i>	vom from bis to 26 June 2013 26 June 2018
<b>Herstellwerk</b> <i>Manufacturing plant</i>	fischerwerke

**Diese Zulassung umfasst**  
*This Approval contains*

**Diese Zulassung ersetzt**  
*This Approval replaces*

23 Seiten einschließlich 13 Anhänge  
*23 pages including 13 annexes*

ETA-08/0266 mit Geltungsdauer vom 19.01.2009 bis 19.01.2014  
*ETA-08/0266 with validity from 19.01.2009 to 19.01.2014*

**EOTA**

250721.13

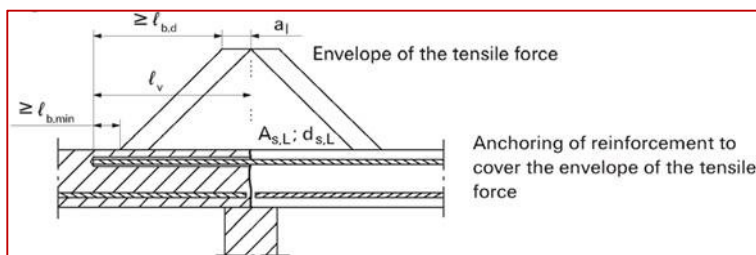
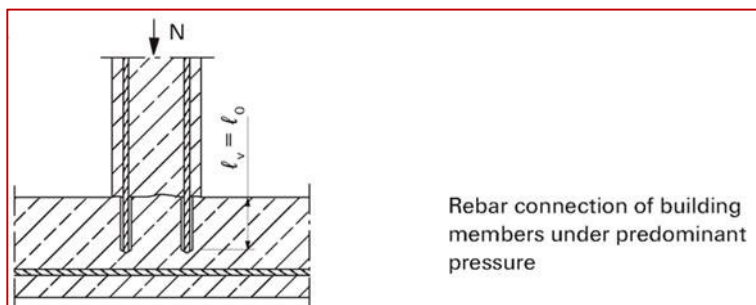
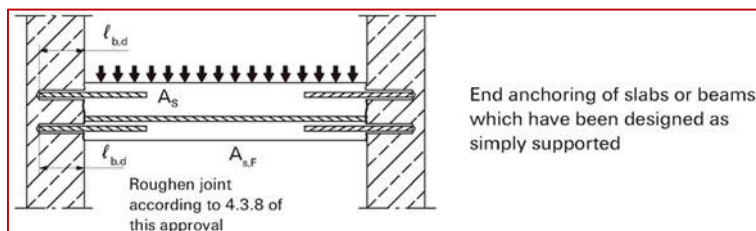
Europäische Organisation für Technische Zulassungen  
European Organisation for Technical Approvals

8.06.01-485/12

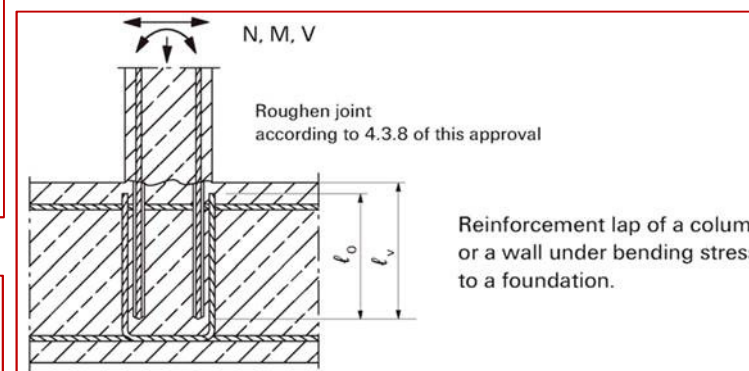
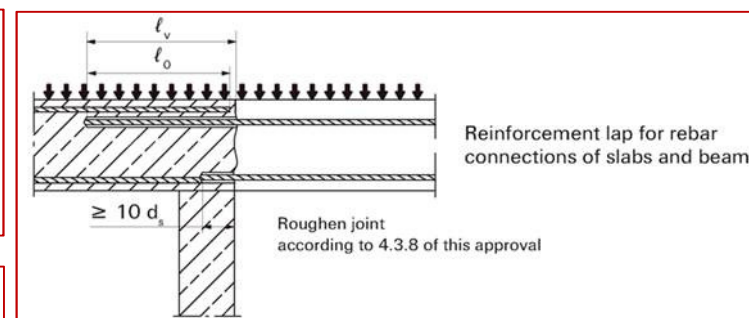
## 2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

### 2.3 QUALIFICA DELLA RESINA SECONDO TR 023 (2/2)

#### ■ Ancoraggi



#### ■ Sovrapposizioni



# SOMMARIO

1. Introduzione
2. Inquadramento normativo
- 3. Barre di armatura post installate**
4. fischer ENSO Rebar

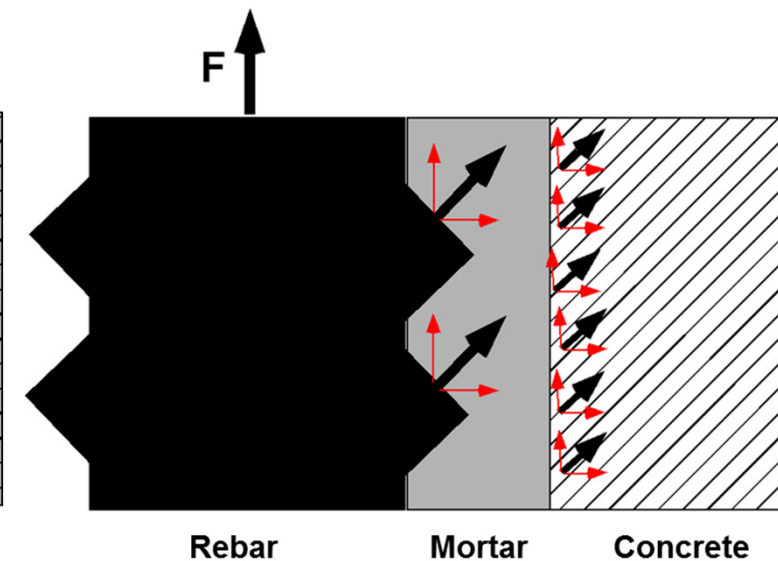
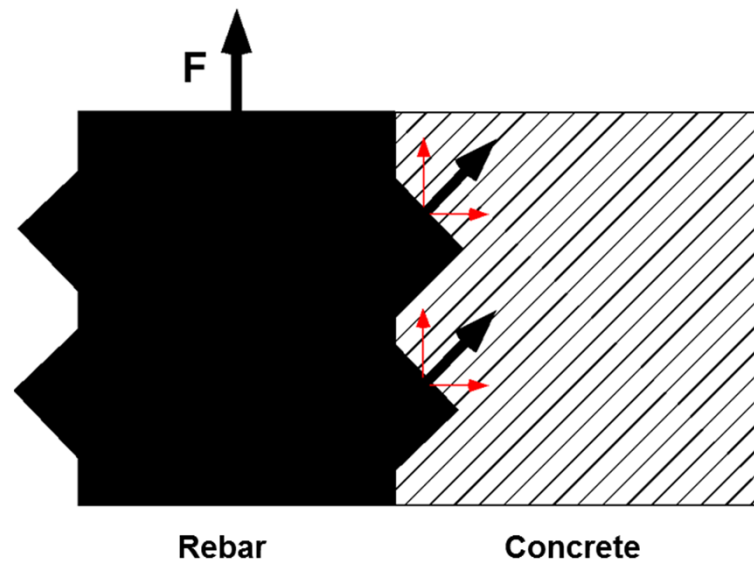


## 3. BARRE DI ARMATURA POST-INSTALLATE

### 3.1 TRASFERIMENTO DEL CARICO (1/4)

■ Barra di armatura  
pre-posizionata nel getto

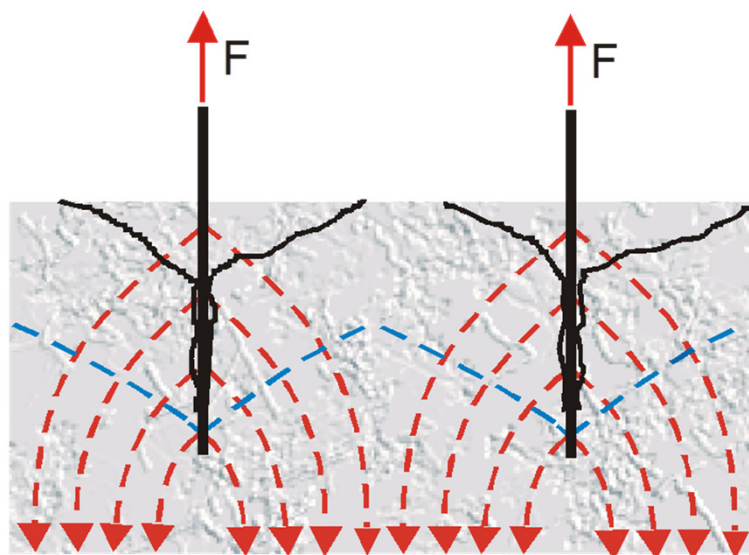
■ Barra di armatura  
post-installata



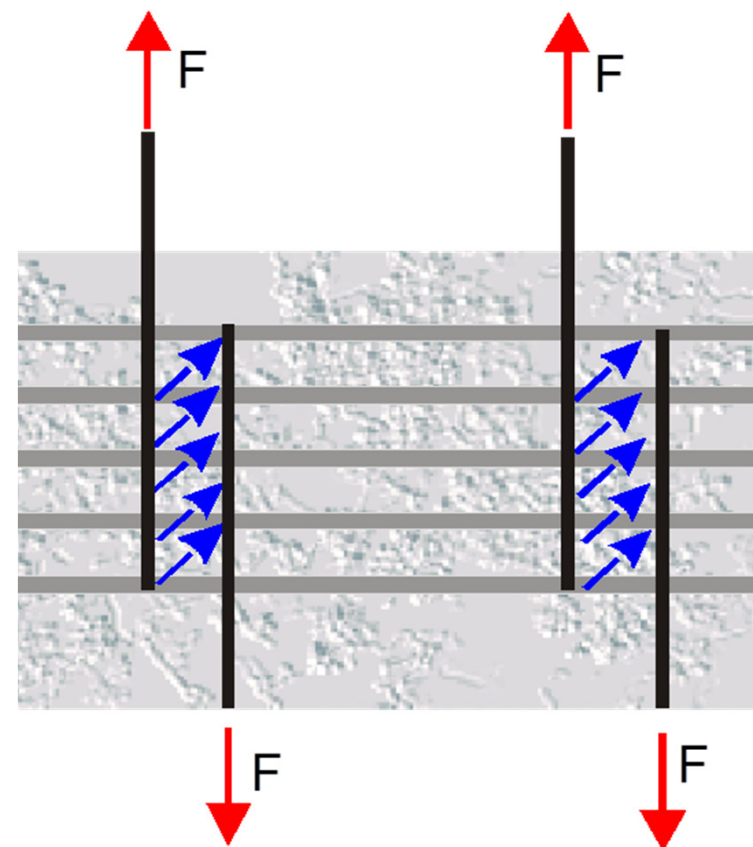
## 3. BARRE DI ARMATURA POST-INSTALLATE

### 3.1 TRASFERIMENTO DEL CARICO (1/3)

#### ■ Teoria ancoraggio

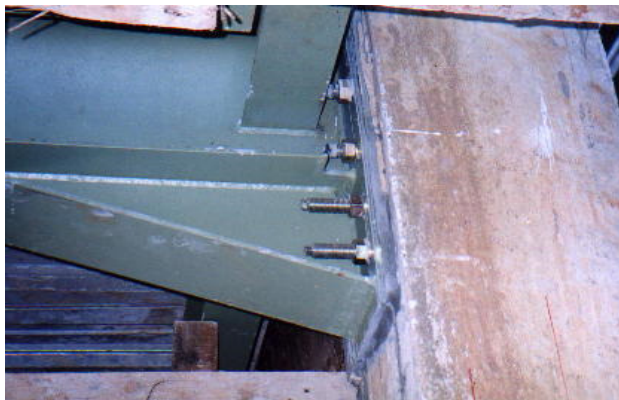
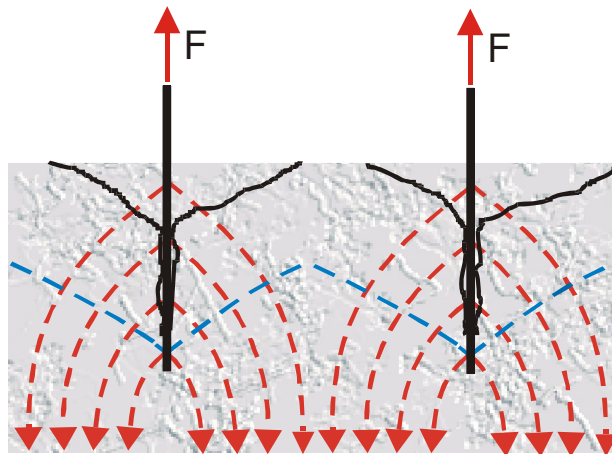


#### ■ Teoria barre di armatura



## 3. BARRE DI ARMATURA POST-INSTALLATE

### 3.1 TRASFERIMENTO DEL CARICO (2/3)

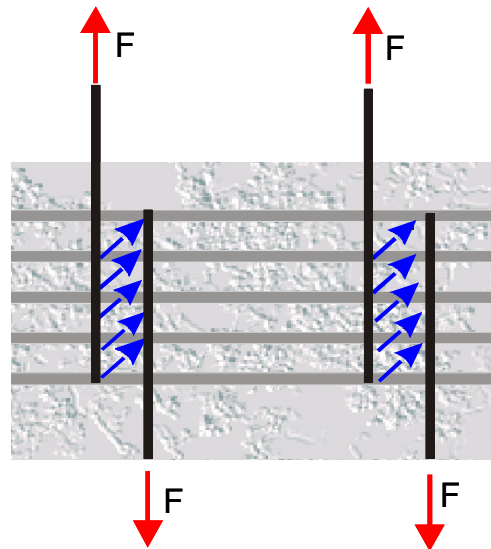


#### ■ Teoria dell'ancoraggio

- Trasferimento del carico attraverso la resistenza a trazione del calcestruzzo
- Influenza della *distanza dal bordo* e *interasse*
- Profondità di inghisaggio  $4\varnothing \div 20\varnothing$
- Progettazione:
  - EOTA ETAG 001 – Annesso C
  - EOTA TR 029
- Modi di rottura:
  - Acciaio (*trazione e taglio*)
  - Sfilamento (*pull-out*)
  - Cono di calcestruzzo
  - Fessurazione (*splitting*)
  - Scalzamento (*pry-out*)
  - Espulsione bordo di calcestruzzo

## 3. BARRE DI ARMATURA POST-INSTALLATE

### 3.1 TRASFERIMENTO DEL CARICO (3/3)



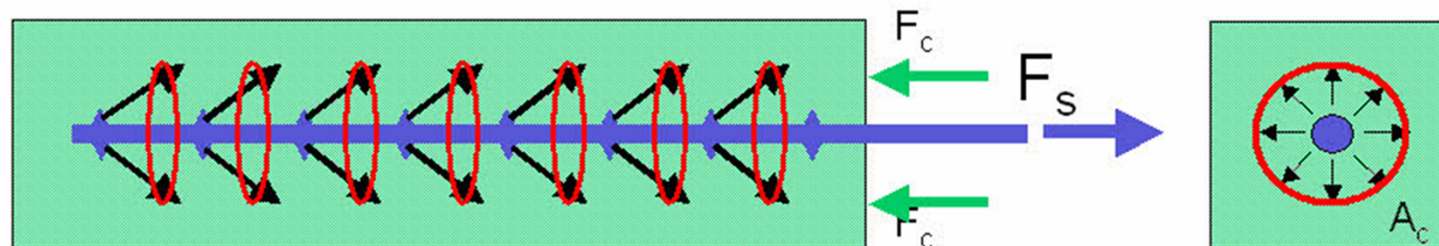
#### ■ Teoria delle barre di armatura

- Trasferimento del carico attraverso barre di armatura esistenti nel getto
- *Copriferro* minimo 20÷50 mm
- *Lunghezza di ancoraggio* e di *sovrapposizione*
  - Min profondità di ancoraggio 10÷15 Ø
  - Max profondità di ancoraggio  $\leq 70 \text{ Ø}$
- Progettazione:
  - NTC 2008 (Italia)
  - Eurocodice 2 (Europa)
- Modi di rottura:
  - Acciaio (*trazione*)
  - Sfilamento (*pull-out*)
  - Fessurazione (*splitting*)

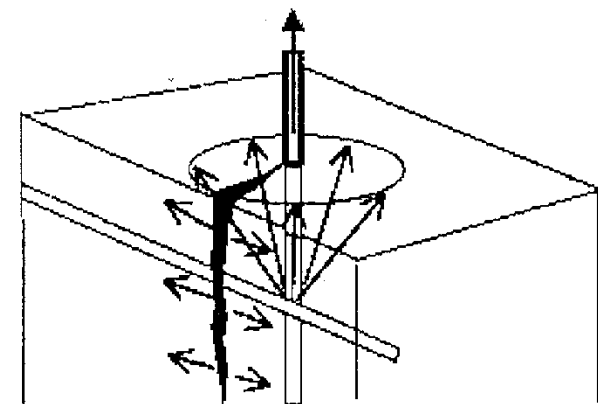
## 3. BARRE DI ARMATURA POST-INSTALLATE

### 3.2 MODI DI ROTTURA – FESSURAZIONE

#### ■ Rottura per fessurazione (Splitting)



- **EC2 § 8.4.1:** Le barre, [...] devono essere ancorate in modo tale da consentire la trasmissione sicura delle forze di aderenza al calcestruzzo per evitare la fessurazione longitudinale e il distacco del calcestruzzo (spalling). Se necessario, devono essere utilizzate **armature trasversali**.
- **EC2 § 7.3:** La fessurazione deve essere limitata a un livello tale da non pregiudicare il corretto funzionamento o la durabilità della struttura o da renderne inaccettabile l'aspetto.  $w_{\max} = 0,30 \text{ mm}$ .



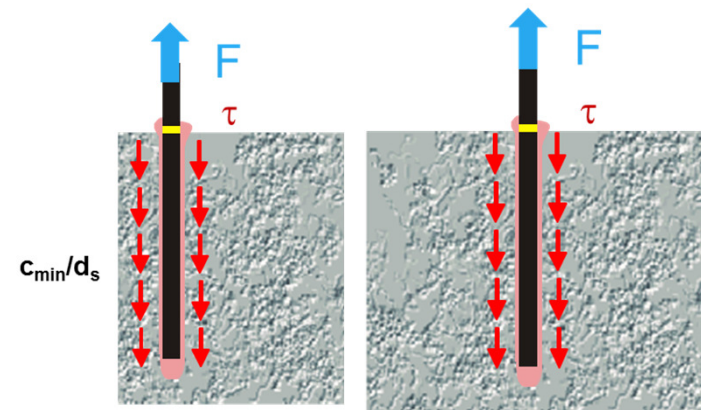
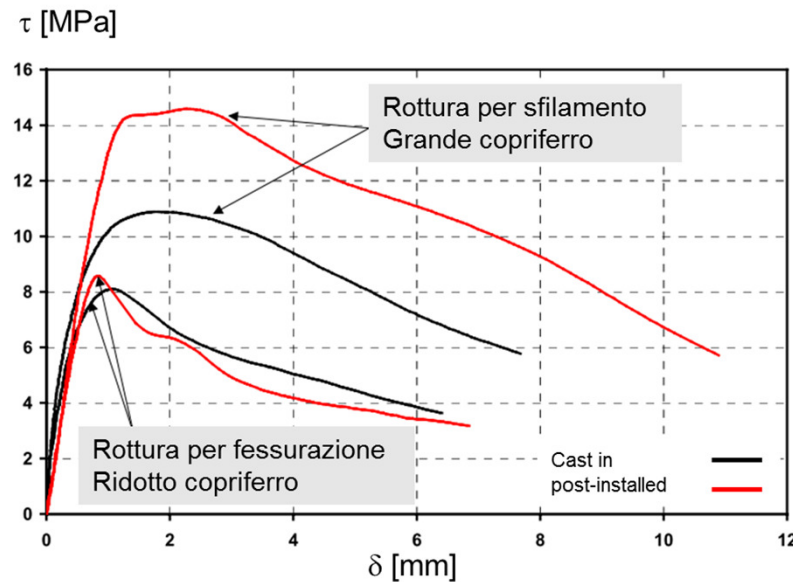


## 3. BARRE DI ARMATURA POST-INSTALLATE

### 3.2 MODI DI ROTTURA – SFILAMENTO (1/2)

#### ■ Rottura per sfilamento (Pull-out)

**EC2 § 8.4.2:** la tensione ultima di aderenza deve tale da non comportare significativi spostamenti relativi tra acciaio e calcestruzzo allo stato limite di esercizio e mantenere un adeguato margine di sicurezza contro la rottura per sfilamento.



## 3. BARRE DI ARMATURA POST-INSTALLATE

### 3.2 MODI DI ROTTURA – SFILAMENTO (2/2)

#### ■ Tensione ultima di aderenza

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}$$

$$\eta_1 \text{ coefficiente di aderenza} \quad \begin{cases} \eta_1 = 1,0 & \text{buona aderenza} \\ \eta_1 = 0,7 & \text{cattiva aderenza} \end{cases}$$

$$\eta_2 \text{ coefficiente di diametro} \quad \begin{cases} \eta_2 = 1,0 & \varnothing \leq 32 \text{ mm} \\ \eta_2 = \frac{(132 - \varnothing)}{100} & \varnothing > 32 \text{ mm} \end{cases}$$

$$f_{ctd} \text{ resistenza di progetto a trazione calcestruzzo } f_{ctd} = \frac{f_{ctk,0.05}}{\gamma_{Mc}}$$

### 3. BARRE DI ARMATURA POST-INSTALLATE

#### 3.2 MODI DI ROTTURA – ACCIAIO (1/3)

- Lunghezza di ancoraggio di base

$$\sigma_{Sd} \cdot \pi \cdot \frac{\emptyset^2}{4} = f_{bd} \cdot \pi \cdot \emptyset \cdot l_{b,rqd} \quad \rightarrow \quad l_{b,rqd} = \frac{\emptyset}{4} \cdot \frac{\sigma_{Sd}}{f_{bd}}$$

- Lunghezza di **ancoraggio** di progetto

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$$

$\alpha_1$  effetto forma delle barre

$\alpha_2$  effetto ricoprimento minimo di calcestruzzo

$\alpha_3$  effetto confinamento dovuto all'armatura trasversale

$\alpha_4$  effetto confinamento dovuto a barre trasversali saldate

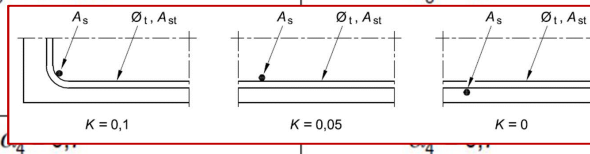
$\alpha_5$  effetto pressione trasversale agente sulla barra

- Lunghezza di ancoraggio minima

$$l_{b,min} = \begin{cases} k \cdot \max\{0,3 \cdot l_{b,rqd}; 10 \cdot \emptyset; 100 \text{ mm}\} & \text{per barre tese} \\ k \cdot \max\{0,6 \cdot l_{b,rqd}; 10 \cdot \emptyset; 100 \text{ mm}\} & \text{per barre compresse} \end{cases}$$

## 3. BARRE DI ARMATURA POST-INSTALLATE

### 3.2 MODI DI ROTTURA – ACCIAIO (2/3)

Fattore d'influenza	Tipo di ancoraggio	Barra di armatura	
		In trazione	In compressione
Forma delle barre	Diritto	$\alpha_1 = 1,0$	$\alpha_1 = 1,0$
	Diverso da diritto [vedere figura 8.1 (b), (c) e (d)]	$\alpha_1 = 0,7$ se $c_d > 3\phi$ altrimenti $\alpha_1 = 1,0$ (vedere figura 8.3 per i valori di $c_d$ )	$\alpha_1 = 1,0$
Ricoprimento di calcestruzzo	Diritto	$\Omega_{cover} = \frac{1}{\alpha_2} = \frac{1}{1 - 0,15 \cdot \frac{(c_d - \phi)}{\phi}} \leq 1,42$	$\alpha_2 = 1,0$
	Diversa da diritto [vedere figura 8.1 (b), (c) e (d)]	$\alpha_2 = 1 - 0,15 (c_d - 3\phi) \phi$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$ (vedere figura 8.3 per i valori di $c_d$ )	$\alpha_2 = 1,0$
Confinamento realizzato mediante armatura trasversale non saldata a quella principale	Tutti i tipi	$\alpha_3 = 1 - K \lambda$	$\lambda = \frac{\Sigma A_{st} - \Sigma A_{st,min}}{A_s}$
			
Confinamento realizzato mediante armatura trasversale saldata*)	Tutti i tipi, posizioni e dimensioni come specificato in figura 8.1 (e)		
Confinamento realizzato mediante pressione trasversale	Tutti i tipi	$\Omega_{pr} = \frac{1}{\alpha_5} = \frac{1}{1 - 0,04 \cdot p} \leq 1,42$	-

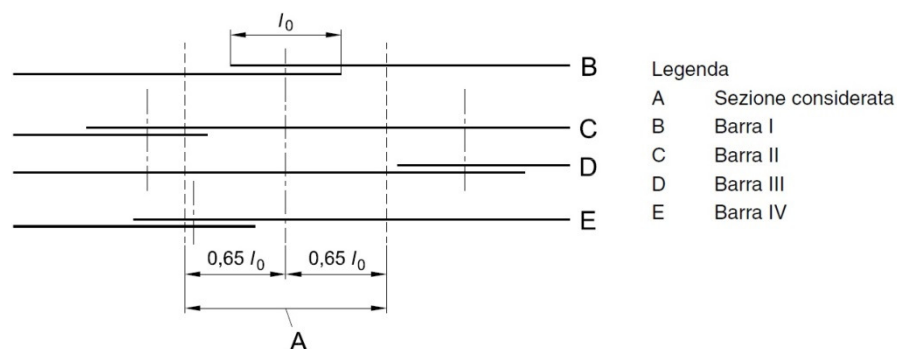
## 3. BARRE DI ARMATURA POST-INSTALLATE

### 3.2 MODI DI ROTTURA – ACCIAIO (3/3)

#### ■ Lunghezza di **sovrapposizione**

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{0,min}$$

Percentuale di barre sovrapposte rispetto all'area totale trasversale	<25%	33%	50%	>50%
$\alpha_6$	1	1,15	1,4	1,5
Nota I valori intermedi possono essere determinati per interpolazione.				



#### ■ Lunghezza di sovrapposizione minima

$$l_{0,min} = k \max\{0,3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd}; 15 \cdot \varnothing; 200 \text{ mm}\}$$



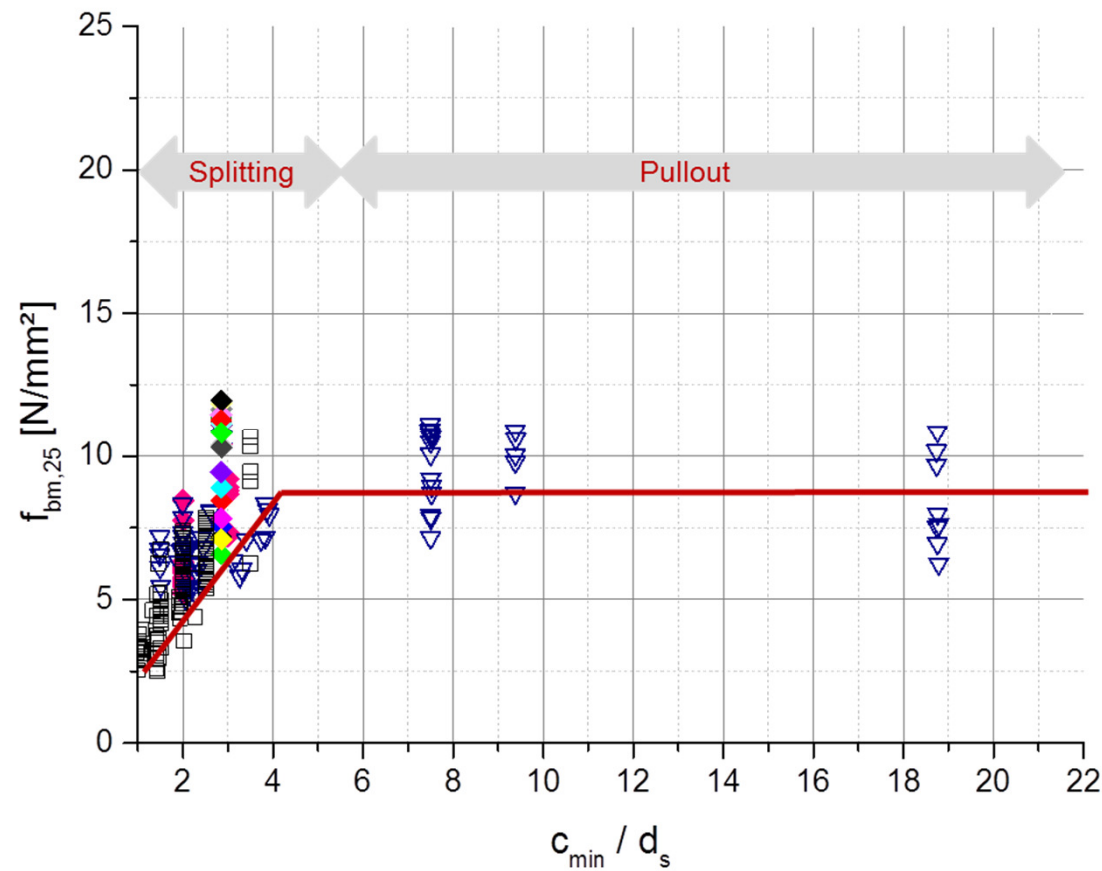
# SOMMARIO

1. Introduzione
2. Inquadramento normativo
3. Barre di armatura post installate
4. **fischer ENSO Rebar**

## 4. FISCHER ENSO REBAR

### 4.1 OSSERVAZIONI SPERIMENTALI (1/4)

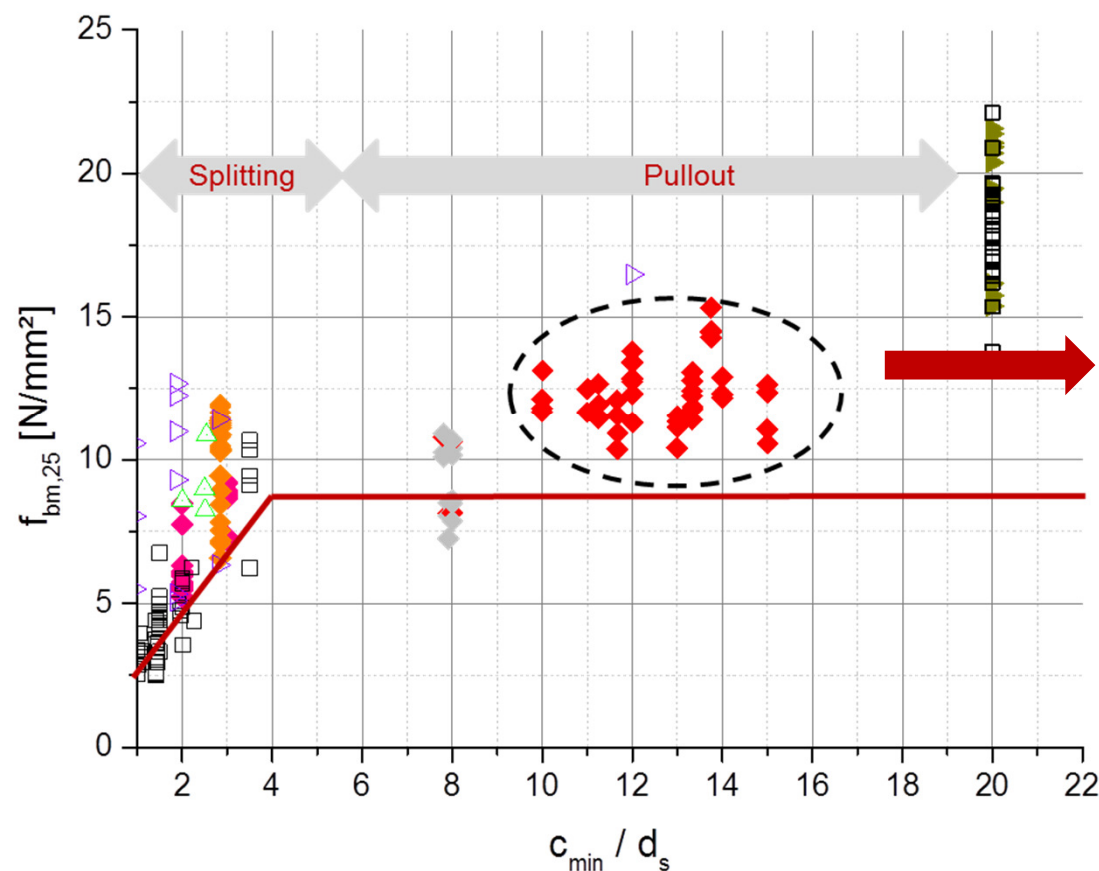
- Tensione di aderenza **media di rottura** (barre pre-posizionate)



## 4. FISCHER ENSO REBAR

### 4.1 OSSERVAZIONI SPERIMENTALI (2/4)

- Tensione di aderenza **media di rottura** (barre post-installate)

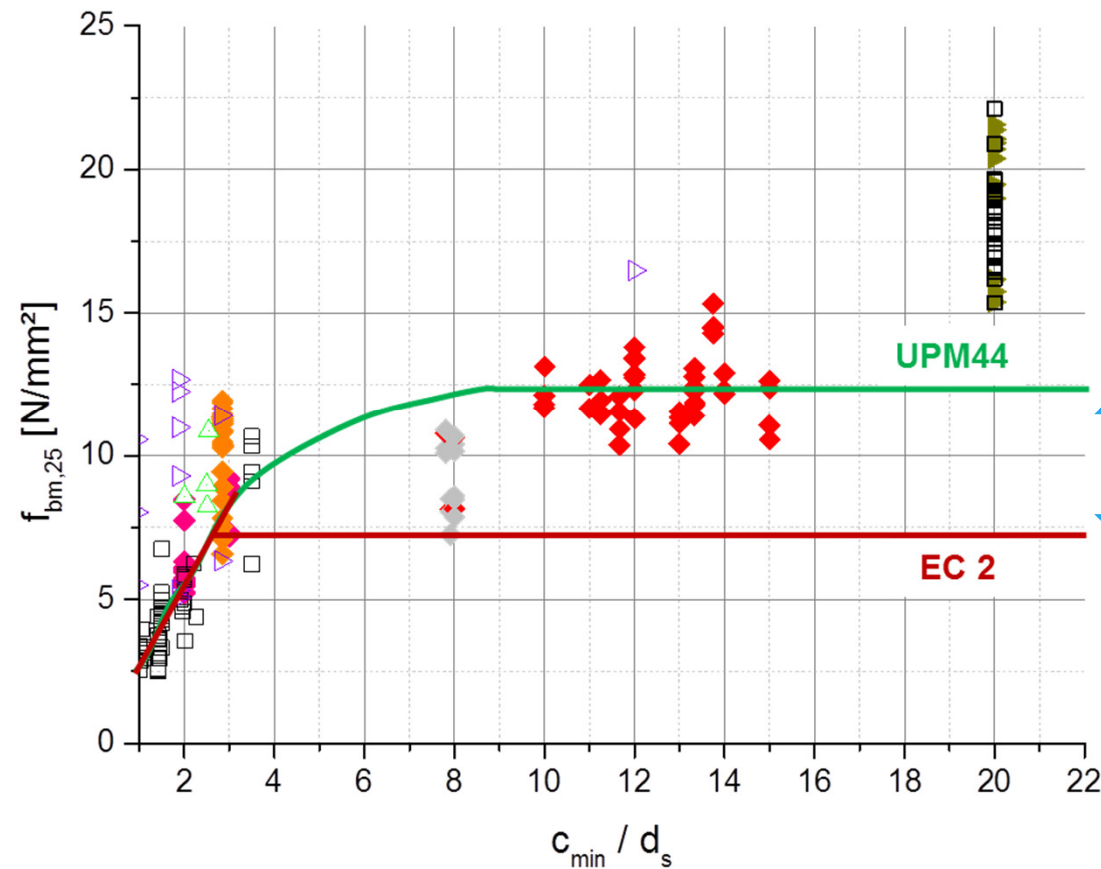


Stesso principio di funzionamento, ma la resistenza a sfilamento è maggiore rispetto a barre di armatura pre-posizionate nel getto

## 4. FISCHER ENSO REBAR

### 4.1 OSSERVAZIONI SPERIMENTALI (3/4)

- Comparazione tensione di aderenza **media di rottura**



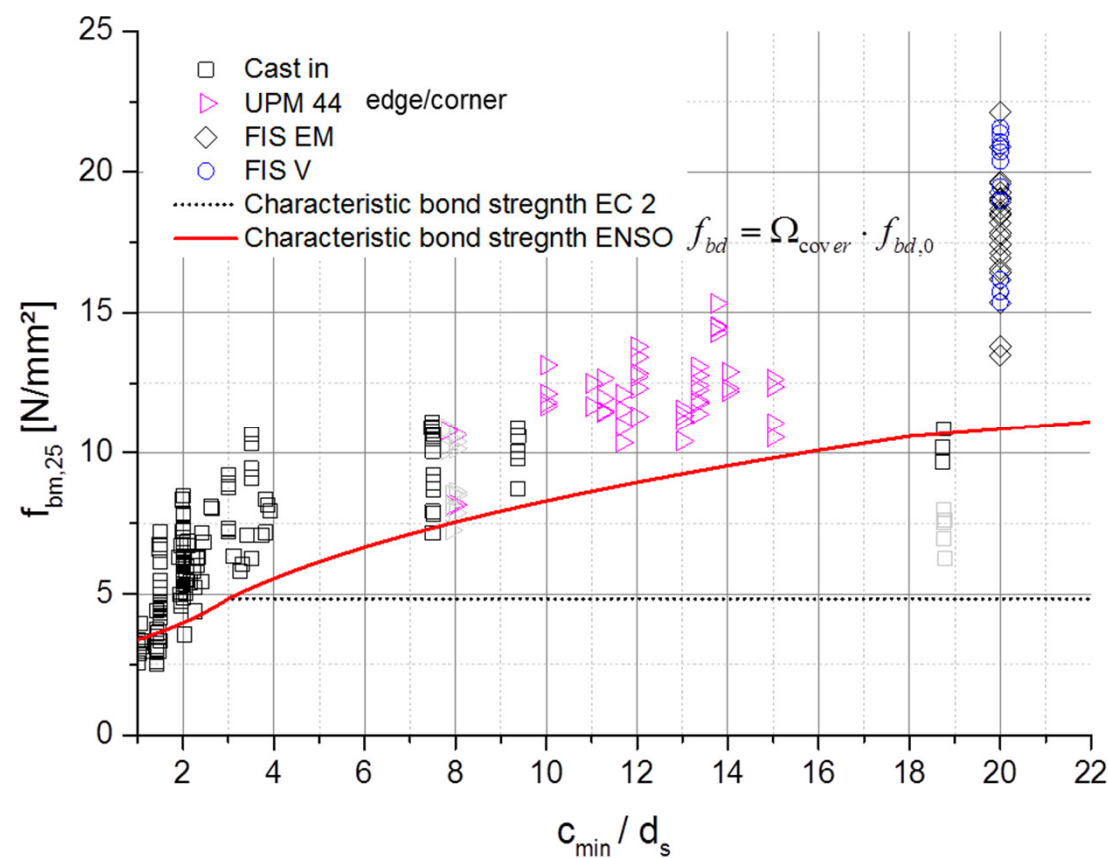
Miglioramento per il prodotto testato

Il miglioramento è dipendente dal prodotto

## 4. FISCHER ENSO REBAR

### 4.1 OSSERVAZIONI SPERIMENTALI (4/4)

#### ■ Comparazione tensione di aderenza **caratteristica**





## 4. FISCHER ENSO REBAR

### 4.2 MODELLO DI ADERENZA "MIGLIORATO" (SLU/SLE) (1/3)

- Tensione di aderenza ultima "*migliorata*"

$$f_{bd} = \Omega_{cover} \cdot f_{bd,0}$$

$$\begin{cases} f_{bd,0} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \frac{f_{ctk,0.05}}{\gamma_{Mc}} \leq f_{bd,ETA} \\ \Omega_{cover} = \frac{1}{1 - 0,15 \cdot \left(\frac{c_d}{\emptyset} - 1\right)} \end{cases} \quad \text{per } \frac{c_d}{\emptyset} \leq 3,0 \quad \text{Eurocodice 2 EN 1992-1-1}$$

+

$$\left\{ \Omega_{cover} = \left( \frac{c_d}{\emptyset} - 0,55 \right)^{0,5} \right. \quad \text{per } \frac{c_d}{\emptyset} > 3 \quad \text{fischer improved model}$$

Esempio:

$$\frac{c_d}{\emptyset} = 4,5 \Rightarrow \Omega_{cover} = 1,73 \Rightarrow f_{bd} = 1,73 \cdot 2,25 = 3,90 \text{ MPa}$$

## 4. FISCHER ENSO REBAR

### 4.2 MODELLO DI ADERENZA "MIGLIORATO" (SLU/SLE) (1/3)

- Tensione di aderenza ultima "*migliorata*"

$$f_{bd} = \Omega_{cover} \cdot f_{bd,0}$$

**Nuovo**



Classe di resistenza cls	$f_{bd}$	Effetto del copriferro $c_d =$						$f_{bd,max}$ , Prove Sperimentali	$f_{bd,max}$ , Stato limite di esercizio
		1d	2d	3d	4d	6d	8d		
<b>C20/25</b>	2.3	2,3	2,7	3,3	3,8	4,5	5,1	6.25  Dipendente dalla resina	3.5
<b>C25/30</b>	2.7	2,7	3,2	3,9	4,4	5,3	6,0		4.2
<b>C30/37</b>	3.0	3,0	3,5	4,3	4,9	5,9	6,7		4.6
<b>C35/45</b>	3.4	3,4	4,0	4,9	5,6	6,7	7,6		5.2
<b>C40/50</b>	3.7	3,7	4,4	5,3	6,1	7,3	8,3		5.7
<b>C45/55</b>	4.0	4,0	4,7	5,7	6,6	7,9	8,9		6.2
<b>C50/60</b>	4.3	4,3	5,1	6,1	7,1	8,5	9,6		6.6

Dipende dal comportamento a spostamento



## 4. FISCHER ENSO REBAR

### 4.2 MODELLO DI ADERENZA "MIGLIORATO" (SLU/SLE) (2/3)

- Lunghezza di ancoraggio di progetto *netta*

$$l_{bd,net,fischer} = \frac{A_{s,req}}{A_{s,prov}} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}} \cdot \frac{\emptyset}{4} \geq l_{b,min}$$

## 4. FISCHER ENSO REBAR

### 4.2 MODELLO DI ADERENZA "MIGLIORATO" (SLU/SLE) (3/3)

- fischer ENSO Rebar è stato validato da " Rapporto Esperto"



**Expert Report**  
on the bond length for  
fischer rebar system

IEA GmbH & Co. KG  
ELGERHAUSEN - AMES - HOFMANN  
HAUPTSTRASSE 4  
70563 STUTTGART

TELEFON: 0711 677 19 08  
TELEFAX: 0711 677 19 27  
INTERNET: WWW.IEA.DE  
E-MAIL: INFO@IEA.DE



Auftraggeber: fischerwerke GmbH & Co. KG  
Weinhalde 14-18  
72178 Waldachtal


Auftrag vom: 20.11.2012  
Bericht Nr.: 12-111  
Datum: 04.12.2013

Das Gutachten umfasst 49 Seiten. Die Veröffentlichung, Vervielfältigung und Weitergabe an Dritte, auch auszugsweise, sowie die Verwendung zu Werbezwecken bedarf in jedem Einzelfall der Zustimmung des Gutachters/ der Verfasser.

IEA GmbH & Co. KG, HAUPTSTRASSE 4, 70563 STUTTGART  
ELGERHAUSEN - AMES - HOFMANN

Bericht Nr. 12-112

44/49



*Figure 19: Strut and tie model for a column to foundation connection with post installed rebar.*

**Limiting Compressive Stress at the Face of a Node**  
No special considerations are taken into account for the nodal and no special crack reinforcement is provided at the area of the post installed rebar.  
 $\sigma_{ed} = 0.45 \cdot f_{cd} = 0.45 \cdot 0.85 \cdot 20 / 1.5 = 5.1 \text{ N/mm}^2$  (E.1)

**Proportion the Tension Ties (reinforcement):**  
The proportions of the ties of non-pre-stressed reinforcement can be determined using the calculated forces in the ties. The maximum force in the ties is 110.8kN. The necessary **additional steel area** can be calculated assuming two ties with a cross section of:  
 $A_{s,beam} = F_t / f_{sd} = 110.8 \text{ kN} / 435 \text{ N/mm}^2 = 254 \text{ mm}^2 < A_{s,prov} = 339 \text{ mm}^2$  (Beam)  
 $A_{s,long} = F_t / f_{sd} = 28.8 \text{ kN} / 435 \text{ N/mm}^2 = 66.2 \text{ mm}^2 < A_{s,prov} = 66.2 \text{ mm}^2$  (Column longitudinal reinforcement)  
 $A_{s,shear} = F_t / f_{sd} = 26.9 \text{ kN} / 435 \text{ N/mm}^2 = 61.8 \text{ mm}^2 < A_{s,prov} = 61.8 \text{ mm}^2$  (Column shear reinforcement)

In general the additional force calculated by the strut and tie model has to be taken up by the reinforcement provided in the column. If the provided reinforcement is not able to take up the additional forces and the existing forces the column must be strengthened.

**Proportion the Concrete Compression Struts:**  
The maximum force calculated for a concrete strut is 118.7kN. The depth is assumed to be 250mm and the maximum concrete compressive stress is 5.1N/mm<sup>2</sup>. Therefore, the strut width is minimum 93mm for strut E15. The dimensions of the other struts can be determined in the same way.  
The struts widths are determined to:  
E12:  $w = 90 \text{ mm} \rightarrow \sigma_c = 4.28 \text{ N/mm}^2$   
E15:  $w = 95 \text{ mm} \rightarrow \sigma_c = 4.84 \text{ N/mm}^2$   
E21:  $w = 80 \text{ mm} \rightarrow \sigma_c = 1.99 \text{ N/mm}^2$   
E28:  $w = 60 \text{ mm} \rightarrow \sigma_c = 1.38 \text{ N/mm}^2$   
E30:  $w = 80 \text{ mm} \rightarrow \sigma_c = 2.09 \text{ N/mm}^2$

## **CONSIDERARE L'ATTENZIONE !!**

