PROGETTAZIONE DI ANCORAGGI DI BARRE DI ARMATURA POST-INSTALLATE

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI PADOVA

FONDAZIONE INGEGNERI PADOVA

fischer

innovative solutions

SOMMARIO

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

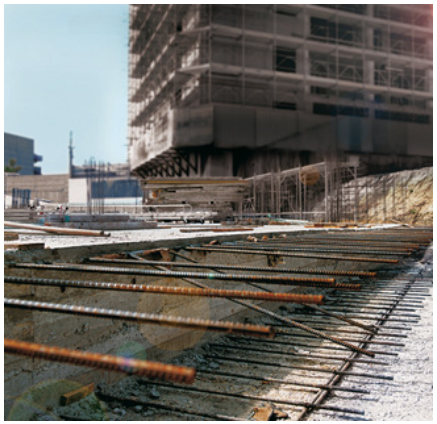
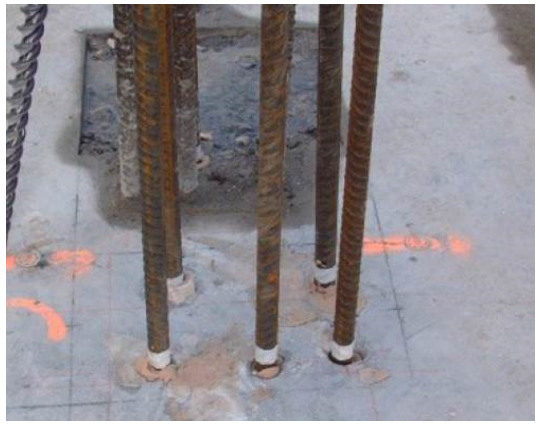
SOMMARIO

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**

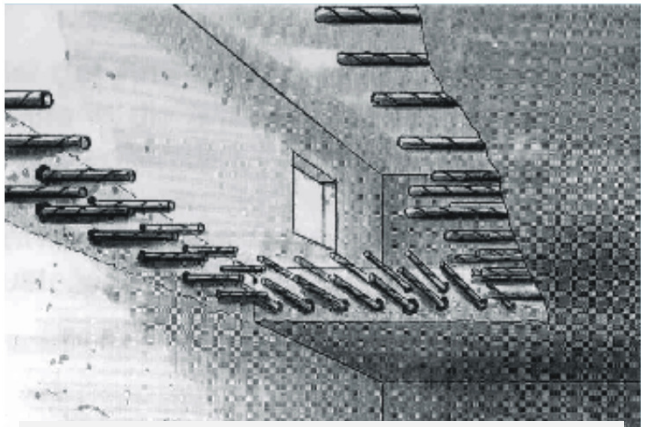
1. INTRODUZIONE

1.1 SETTORI DI APPLICAZIONE (2/2)

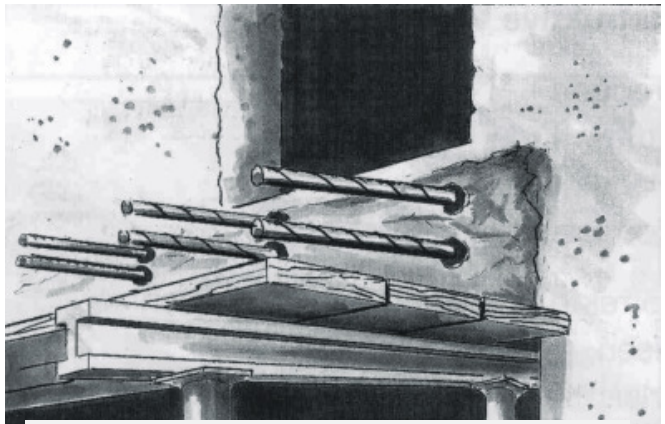
- **Consolidamento di opere infrastrutturali**

1 INTRODUZIONE

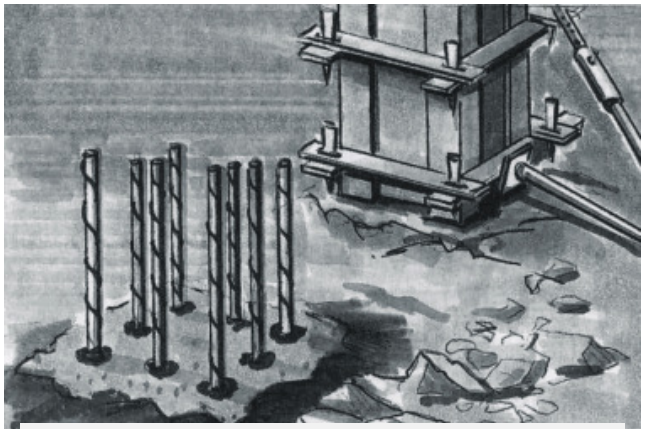
1.2 INSTALLAZIONI TIPOLOGICHE



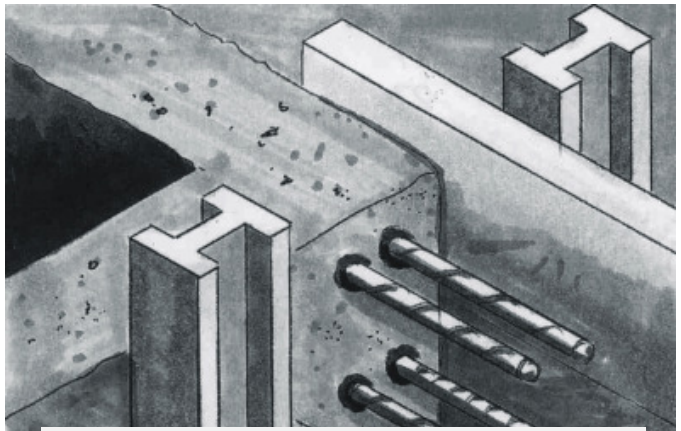
Connessioni soletta – soletta



Connessioni parete – soletta



Connessioni platea – colonna



Connessioni parete – parete

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)
- CEN TS 1992-4:2009

Design

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 78730-320
E-Mail: dibt@dibt.de
www.dibt.de

Deutsches Institut für Bautechnik DIBt

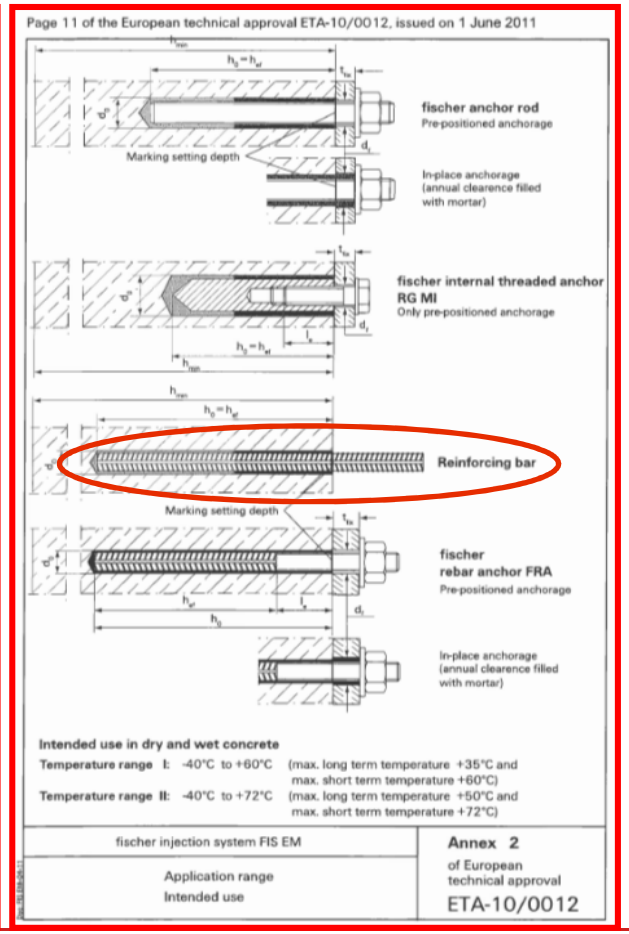
Mitglied der EOTA
Member of EOTA

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 Denzlingen 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: vom *Validity: from*	1 June 2011
bis *to*	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



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

fischer anchor rod
Pre-positioned anchorage
Marking setting depth
In-place anchorage (annual clearence filled with mortar)
fischer internal threaded anchor RG MI
Only pre-positioned anchorage
Reinforcing bar
Marking setting depth
fischer rebar anchor FRA
Pre-positioned anchorage
In-place anchorage (annual clearence 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)

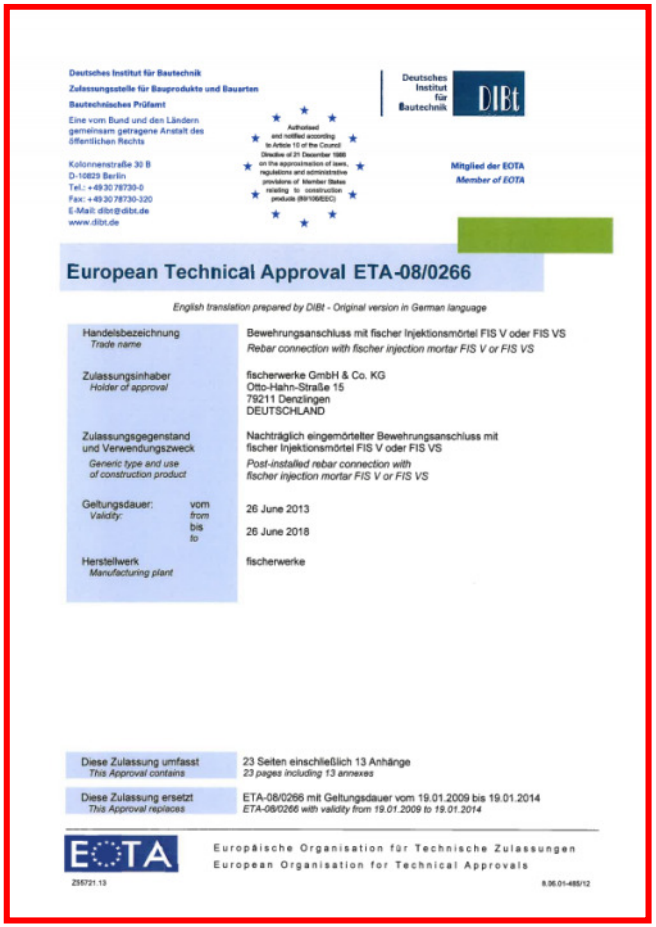
Temperature range II: -40°C to +72°C (max. long term temperature +50°C and max. short term temperature +72°C)

fischer injection system FIS EM	**Annex 2** 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-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

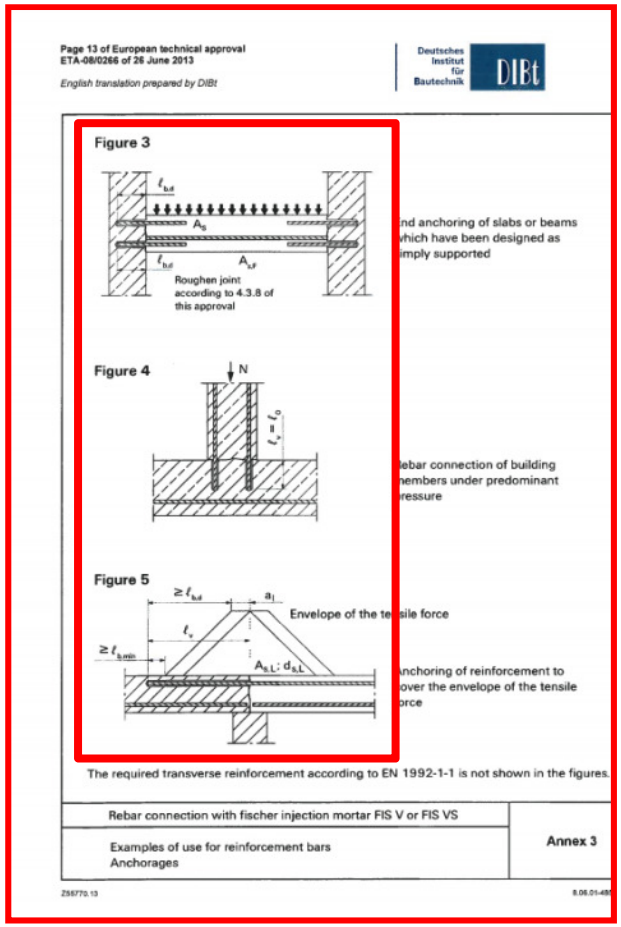
Mitglied der EOTA
Member of EOTA

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* 26 June 2013 bis *to* 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*

EOTA Europäische Organisation für Technische Zulassungen
European Organisation for Technical Approvals



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

Roughen joint according to 4.3.8 of this approval

nd anchoring of slabs or beams
which have been designed as
imply supported

Figure 4

N

ebar connection of building
embers under predominant
ressure

Figure 5

Envelope of the tensile force

nchoring of reinforcement to
over the envelope of the tensile
orce

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	Annex 3
Examples of use for reinforcement bars Anchorages	

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

Authorised and notified according to Article 10 of the Council Directive of 21 December 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of Member States relating to construction products (89/106/EEC)

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*	26 June 2013
bis *to*	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*

Electronic copy of the ETA by DIBt: ETA-08/0266

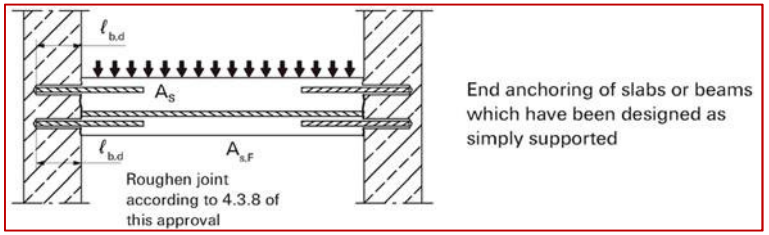
EOTA Europäische Organisation für Technische Zulassungen
European Organisation for Technical Approvals

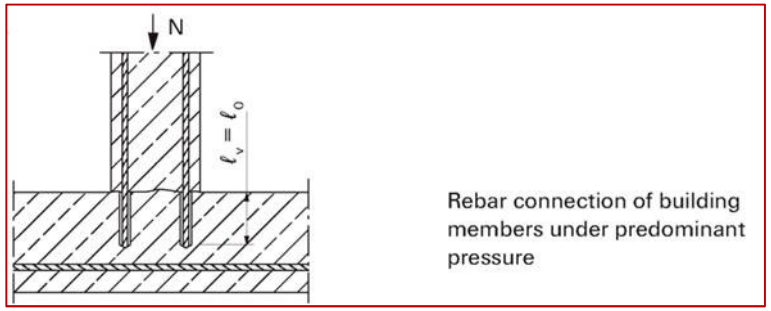
Z55721.13 8.06.01-485/12

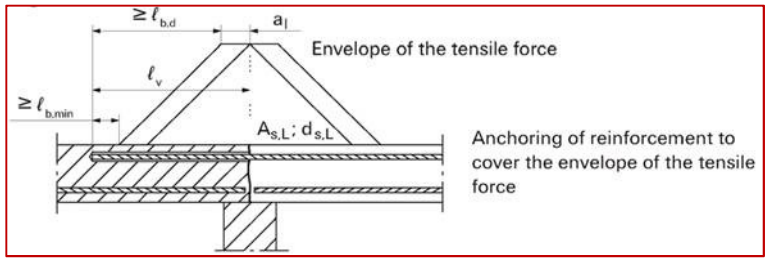
2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

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

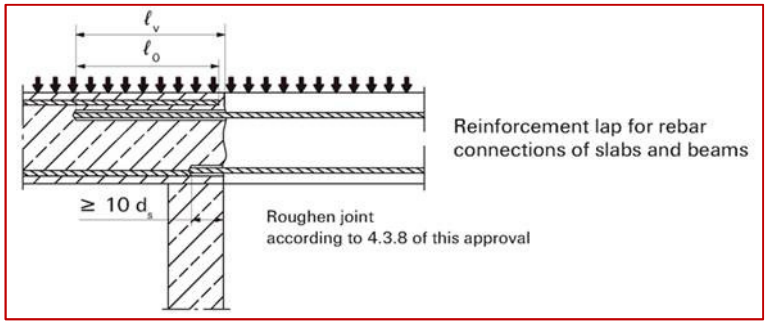
- Ancoraggi

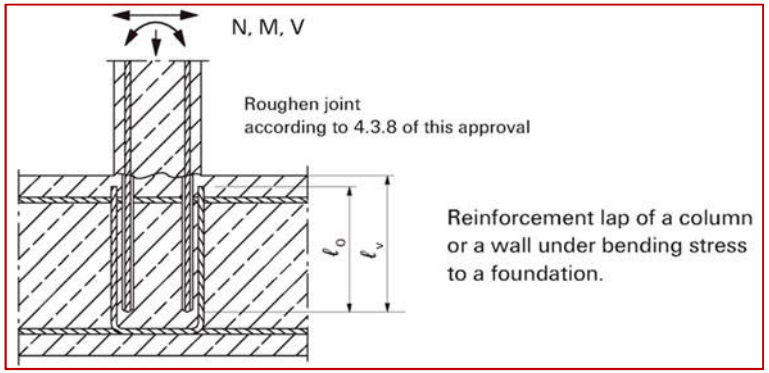






- Sovrapposizioni





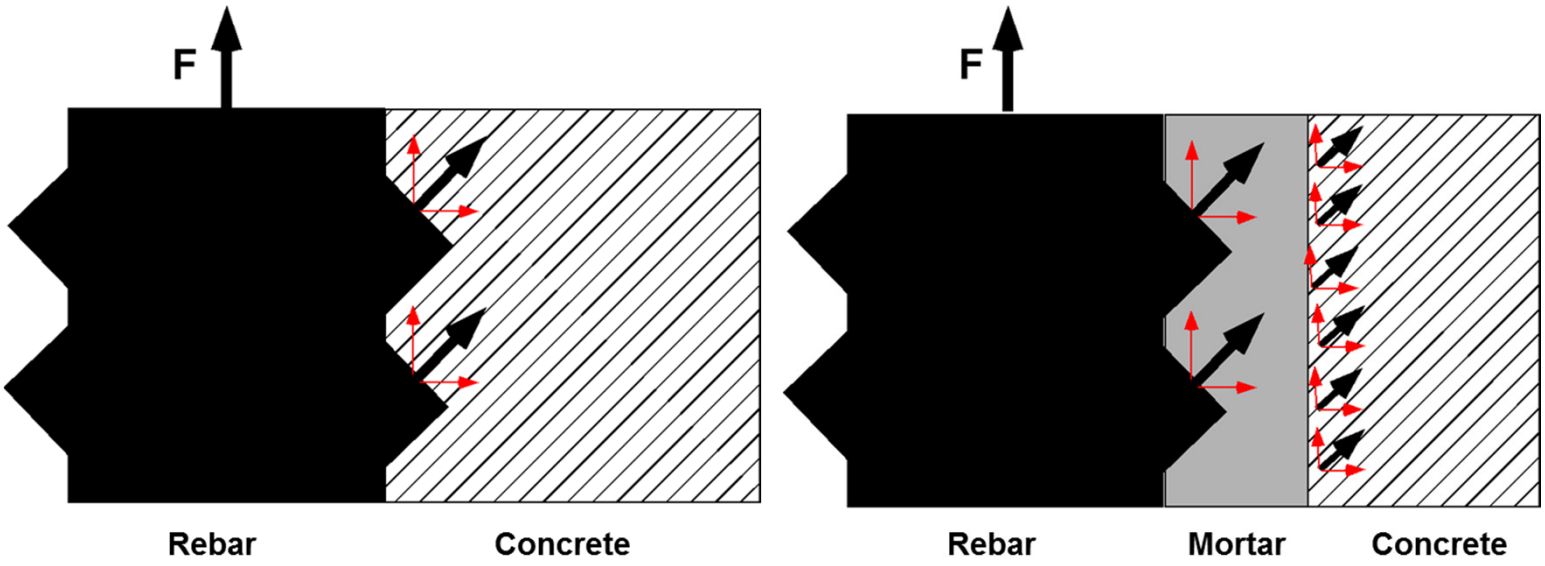
SOMMARIO

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)

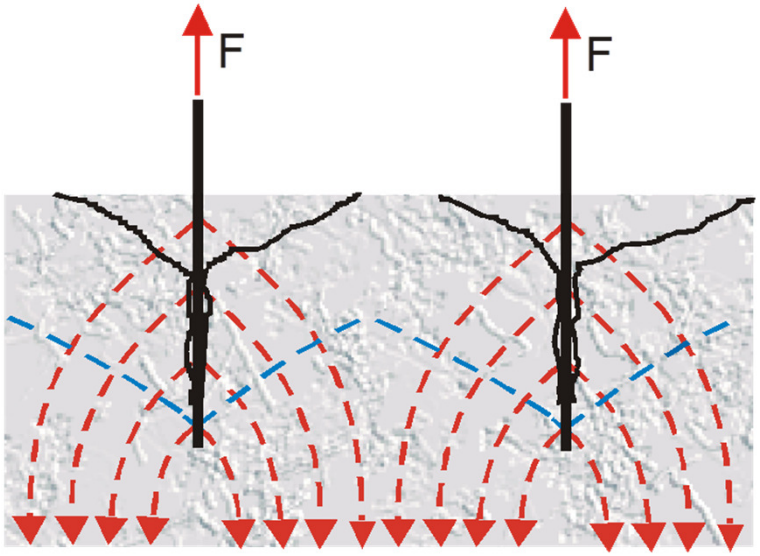
- **Barra di armatura pre-posizionata nel getto**
- **Barra di armatura post-installata**



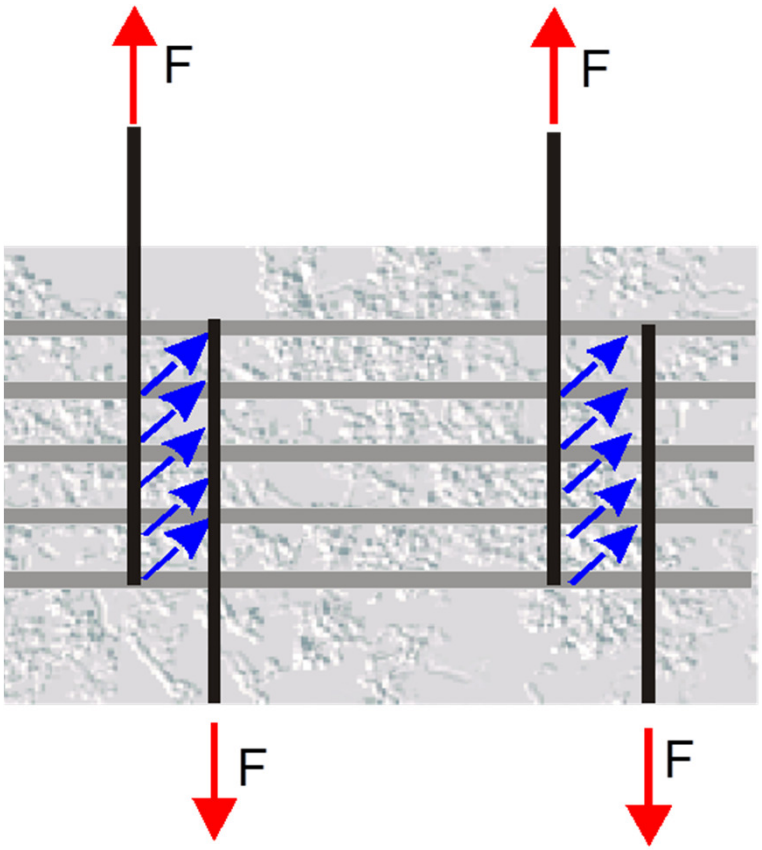
3. BARRE DI ARMATURA POST-INSTALLATE

3.1 TRASFERIMENTO DEL CARICO (1/3)

- **Teoria ancoraggio**

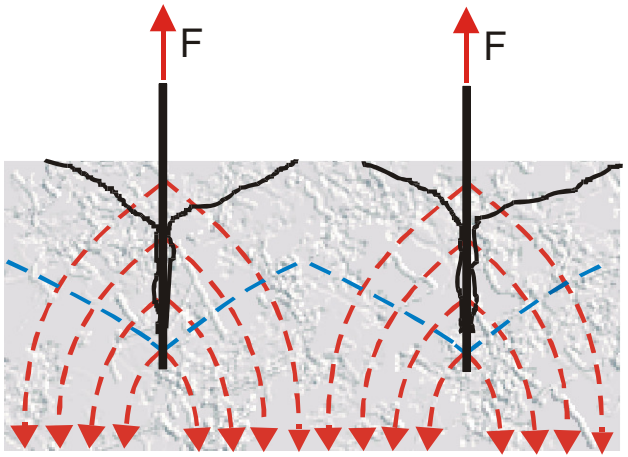


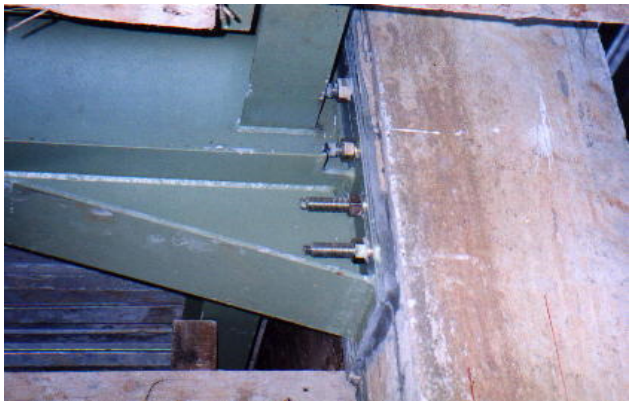
- **Teoria barre di armatura**



3. BARRE DI ARMATURA POST-INSTALLATE

3.1 TRASFERIMENTO DEL CARICO (2/3)

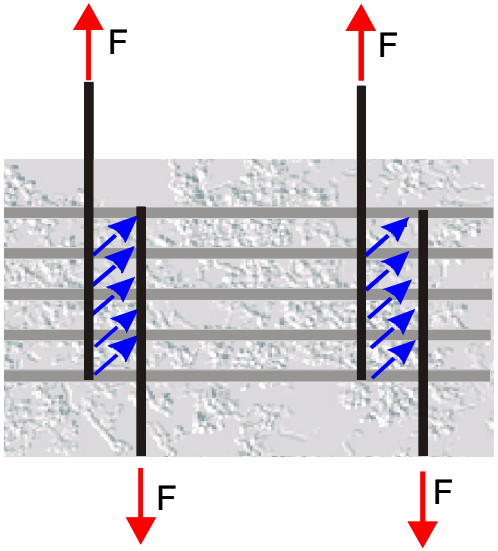




- **Teoria dell'ancoraggio**
  - Trasferimento del carico attraverso la resistenza a trazione del calcestruzzo
  - Influenza della *distanza dal bordo* e *interasse*
  - Profondità di inghisaggio 4Ø ÷ 20Ø
  - Progettazione:
    - EOTA ETAG 001 – Annesso C
    - EOTA TR 029
  - Modi di rottura:
    - 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)

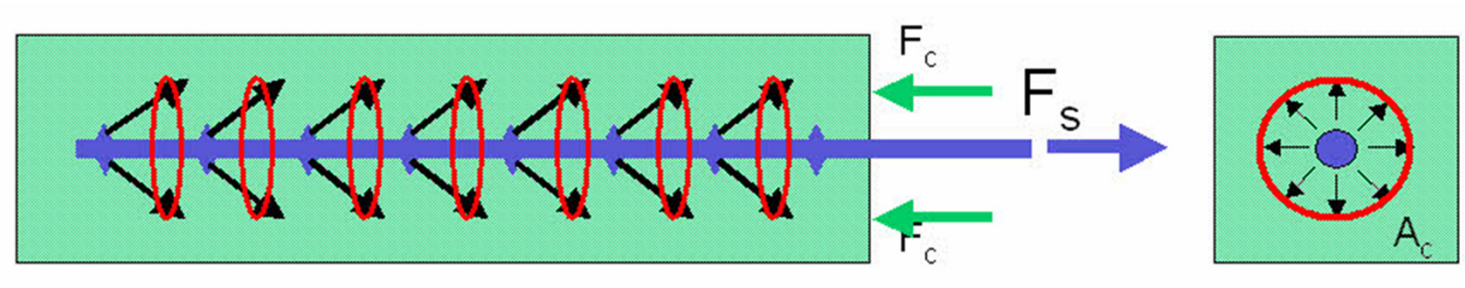


- **Teoria delle barre di armatura**
  - Trasferimento del carico attraverso barre di armatura esistenti nel getto
  - *Copriferro* minimo 20÷50 mm
  - *Lunghezza di ancoraggio* e di *sovrapposizione*
    - Min profondità di ancoraggio 10÷15 Ø
    - Max profondità di ancoraggio ≤ 70 Ø
  - Progettazione: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

3. BARRE DI ARMATURA POST-INSTALLATE

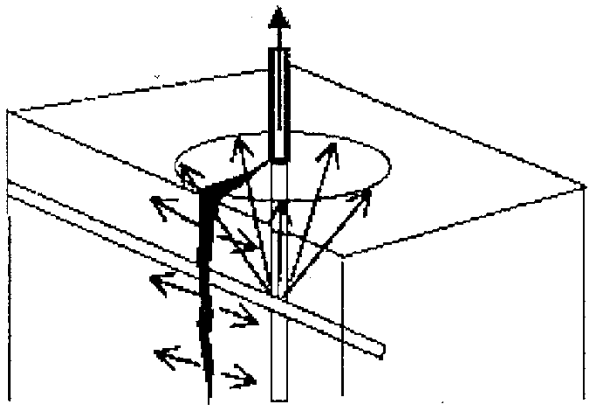
3.2 MODI DI ROTTURA – FESSURAZIONE

- **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 mm.

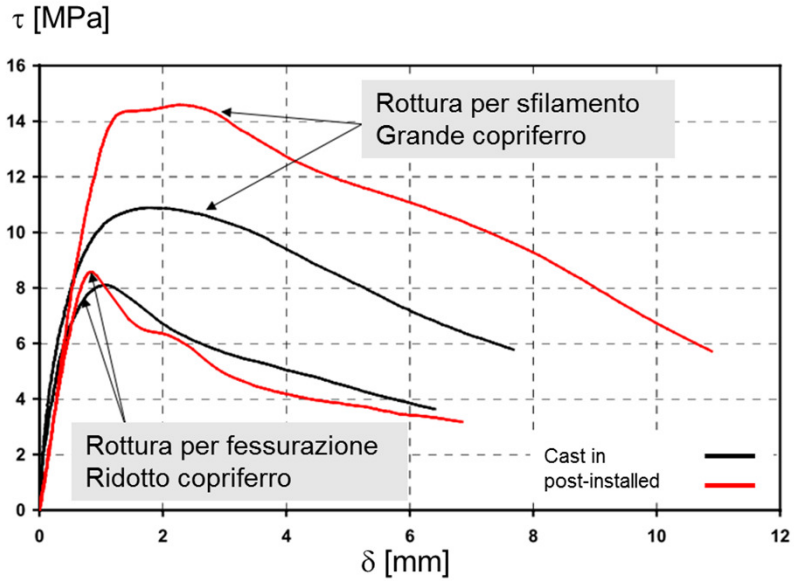


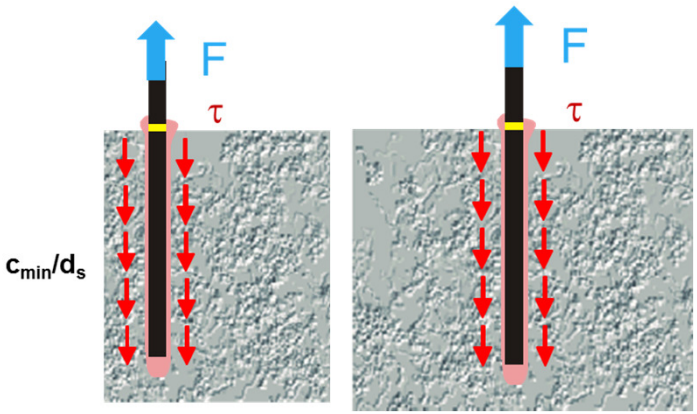
3. BARRE DI ARMATURA POST-INSTALLATE

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**

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

η_1 coefficiente di aderenza

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

η_2 coefficiente di diametro

$$\begin{cases} \eta_2 = 1{,}0 & Ø \leq 32\ mm \\ \eta_2 = \frac{(132-Ø)}{100} & Ø > 32\ mm \end{cases}$$

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

3. BARRE DI ARMATURA POST-INSTALLATE

3.2 MODI DI ROTTURA – ACCIAIO (1/3)

- Lunghezza di ancoraggio di base

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

- Lunghezza di **ancoraggio** di progetto

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

α_1 effetto forma delle barre
α_2 effetto ricoprimento minimo di calcestruzzo
α_3 effetto confinamento dovuto all'armatura trasversale
α_4 effetto confinamento dovuto a barre trasversali saldate
α_5 effetto pressione trasversale agente sulla barra

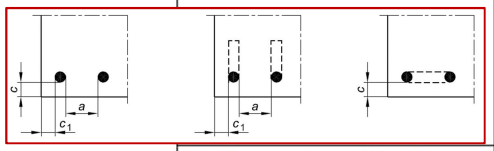
- Lunghezza di ancoraggio minima

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

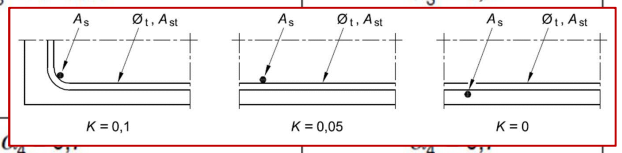
3. BARRE DI ARMATURA POST-INSTALLATE

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	$\Omega_{cover} = \frac{1}{\alpha_2} = \frac{1}{1 - 0{,}15 \cdot \frac{(c_d - \emptyset)}{\emptyset}} \leq 1{,}42$	$\alpha_2 = 1{,}0$
	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	$\alpha_3 = 1 - K\lambda$	
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	$\Omega_{pr} = \frac{1}{\alpha_5} = \frac{1}{1 - 0{,}04 \cdot p} \leq 1{,}42$	-



$$\lambda = \frac{\Sigma A_{st} - \Sigma A_{st,min}}{A_s}$$



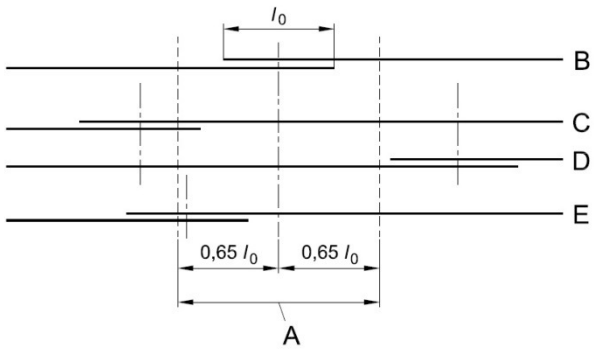
3. BARRE DI ARMATURA POST-INSTALLATE

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%
α_6	1	1,15	1,4	1,5
Nota I valori intermedi possono essere determinati per interpolazione.				



Legenda
A Sezione considerata
B Barra I
C Barra II
D Barra III
E Barra IV

- Lunghezza di sovrapposizione minima

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

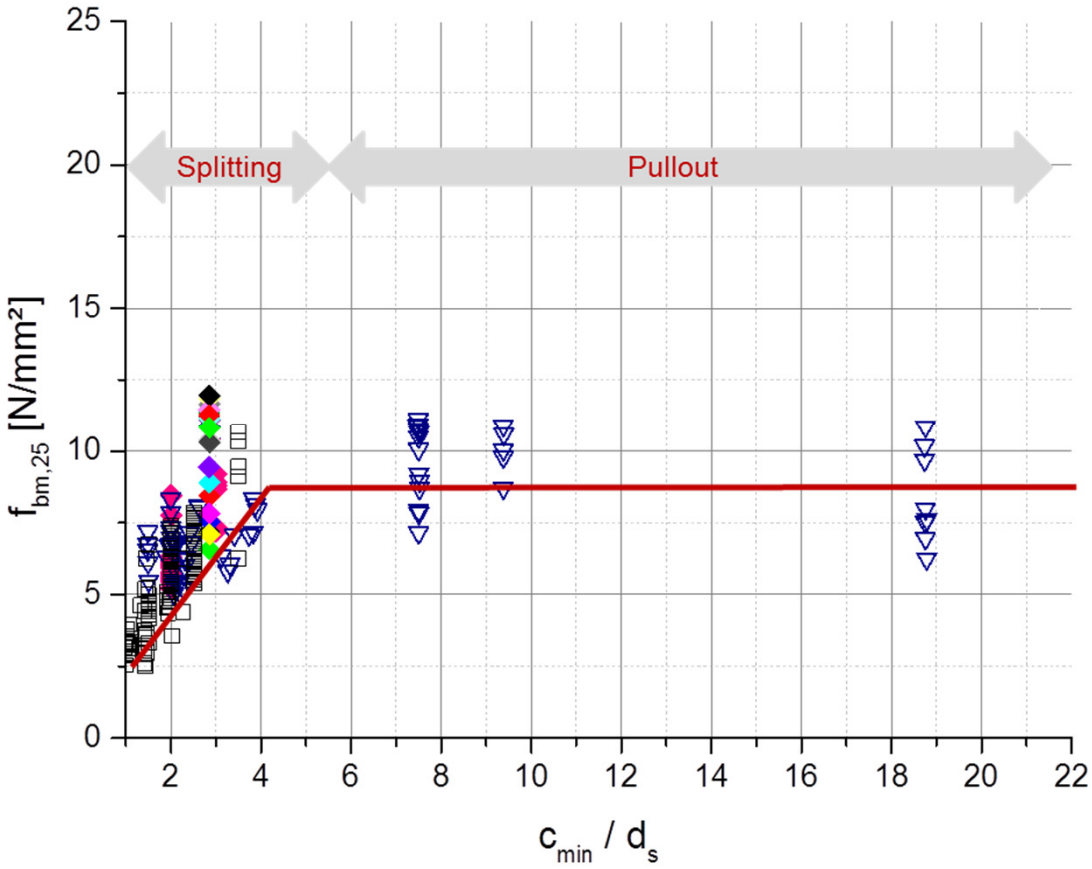
SOMMARIO

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)

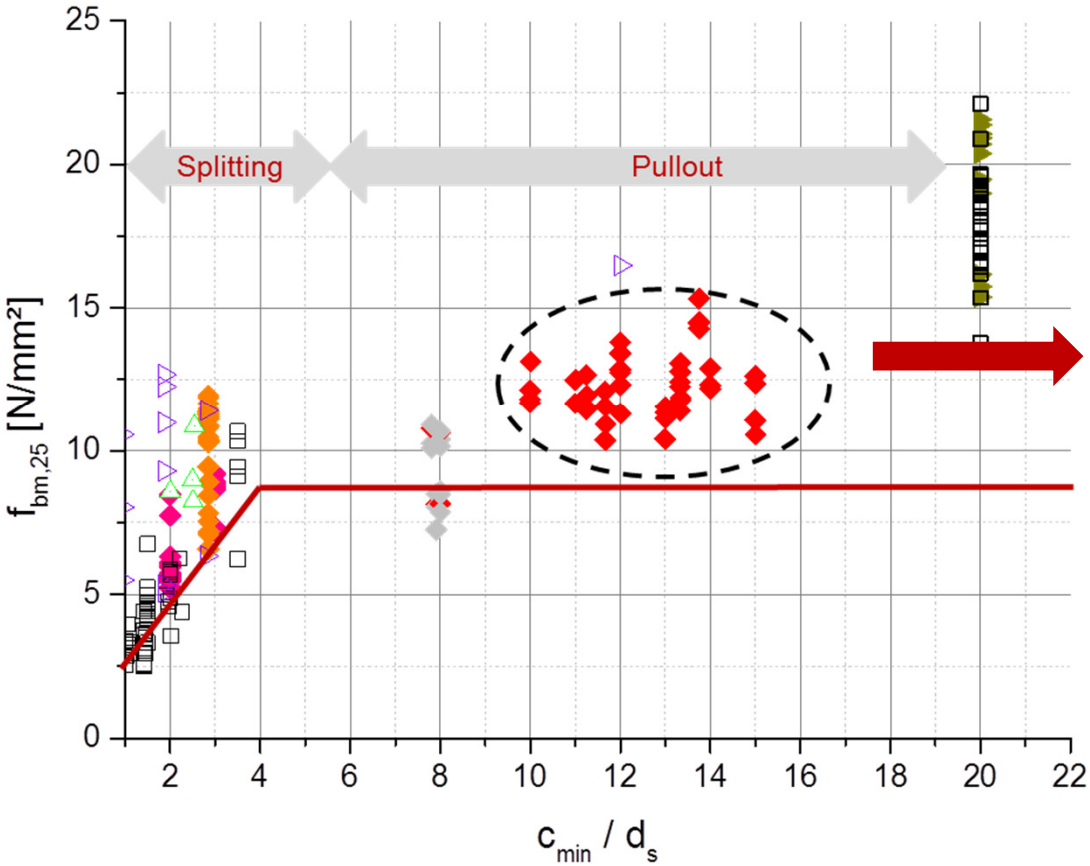
- Tensione di aderenza **media di rottura** (barre pre-posizionate)



4. FISCHER ENSO REBAR

4.1 OSSERVAZIONI SPERIMENTALI (2/4)

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

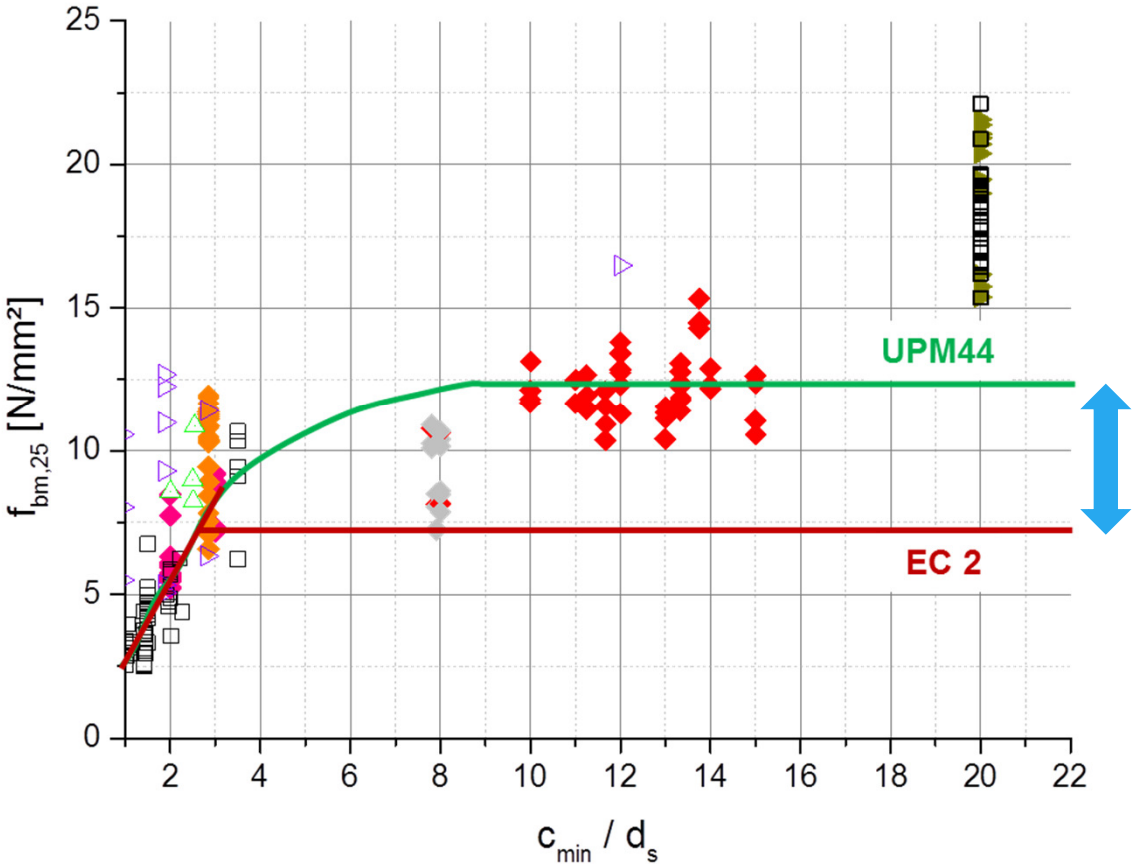


Stesso principio di funzionamento, ma la resistenza a sfilamento è maggiore rispetto a barre di armatura pre-posizionate nel getto

4. FISCHER ENSO REBAR

4.1 OSSERVAZIONI SPERIMENTALI (3/4)

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



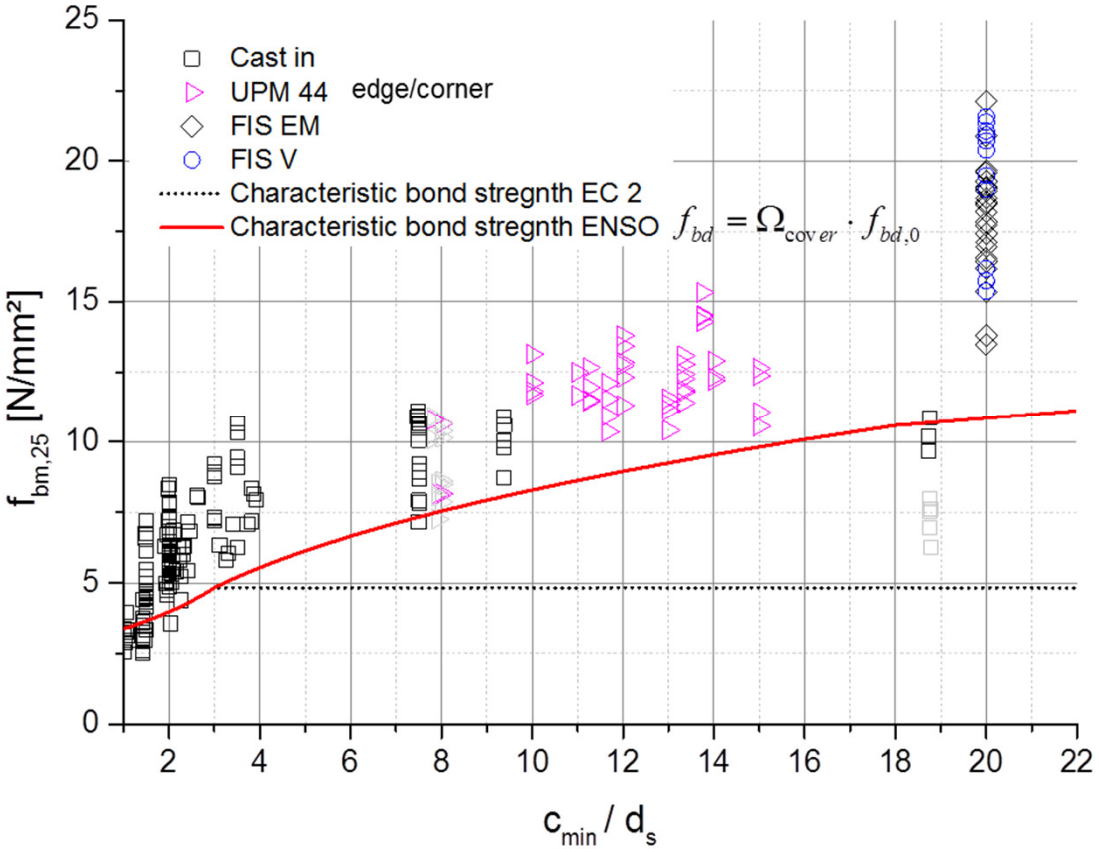
Miglioramento per il prodotto testato

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*"

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

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

Eurocodice 2 EN 1992-1-1

+

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

fischer improved model

Esempio:

$$\frac{c_d}{\emptyset} = 4{,}5 \Rightarrow \Omega_{cover} = 1.73 \Rightarrow f_{bd} = 1{,}73 \cdot 2{,}25 = 3{,}90\ MPa$$

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		
C20/25	2.3	2,3	2,7	3,3	3,8	4,5	5,1	6.25 Dipendente dalla resina	3.5
C25/30	2.7	2,7	3,2	3,9	4,4	5,3	6,0		4.2
C30/37	3.0	3,0	3,5	4,3	4,9	5,9	6,7		4.6
C35/45	3.4	3,4	4,0	4,9	5,6	6,7	7,6		5.2
C40/50	3.7	3,7	4,4	5,3	6,1	7,3	8,3		5.7
C45/55	4.0	4,0	4,7	5,7	6,6	7,9	8,9		6.2
C50/60	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"

IEA

IEA GmbH & Co. KG
Eligehausen - Asmus - Hofmann
Hauptstrasse 4
70563 Stuttgart

Telefon: 0711 677 19 08
Telefax: 0711 677 19 27
Internet: www.i-ea.de
E-mail: info@i-ea.de

Expert Report

on the bond length for

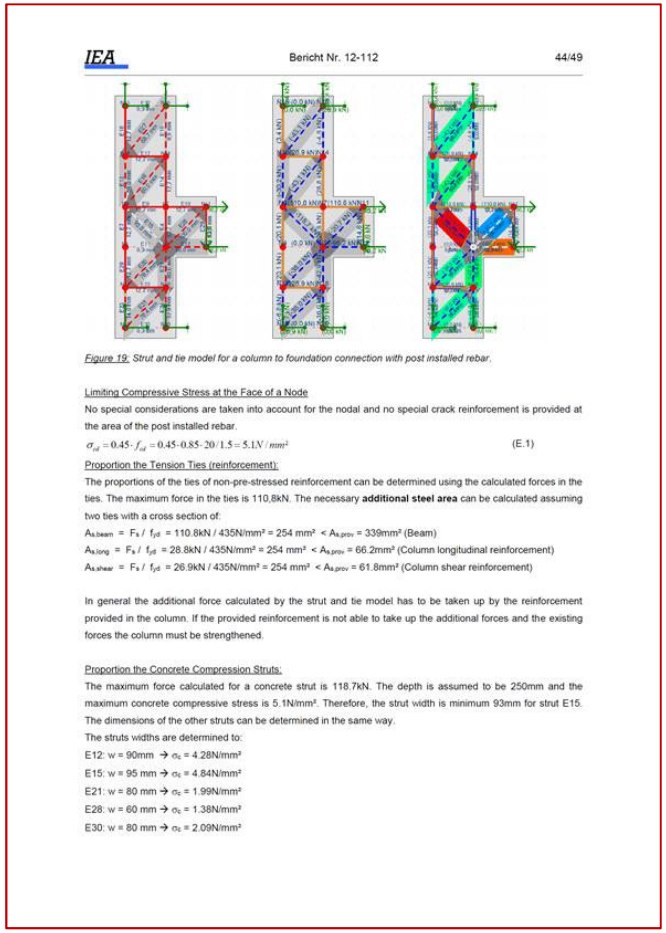
fischer rebar system

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
Eligehausen - Asmus - Hofmann



IEA 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.

$\sigma_{rd} = 0.45 \cdot f_{cd} = 0.45 \cdot 0.85 \cdot 20 / 1.5 = 5.1 N/mm^2$ (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:

$A_{s,beam} = F_s / f_{yd}$ = 110.8kN / 435N/mm² = 254 mm² < $A_{s,prov}$ = 339mm² (Beam)

$A_{s,long} = F_s / f_{yd}$ = 28.8kN / 435N/mm² = 254 mm² < $A_{s,prov}$ = 66.2mm² (Column longitudinal reinforcement)

$A_{s,shear} = F_s / f_{yd}$ = 26.9kN / 435N/mm² = 254 mm² < $A_{s,prov}$ = 61.8mm² (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/mm². 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 = 90mm → σ_c = 4.28N/mm²
E15: w = 95 mm → σ_c = 4.84N/mm²
E21: w = 80 mm → σ_c = 1.99N/mm²
E28: w = 60 mm → σ_c = 1.38N/mm²
E30: w = 80 mm → σ_c = 2.09N/mm²

GRAZIE PER L'ATTENZIONE !!