

COMPOSIZIONE DEL CALCESTRUZZO

CLS = { ACQUA + CEMENTO + INERTI }
 { PASTA CEMENTIZIA }
 { ADDITIVI }

SABBIA d. < 5mm
GHIAIA
PIETRUSCO

2 m³ DI CLS

- 0.8 m³ DI INERTI A GRANA GROSSA
- 0.4 m³ DI SABBIA
- 200 L DI ACQUA
- 3,5 KN CEMENTO

CEMENTO

CEMENTO PORTLAND : CLINKER (95%)
+
ACQUA

GESSO (7 ÷ 8% CEMENTO)

1 ALUMINATI DI CALCIO + H₂O → ALUMINATI DI CALCIO IDRATI
(PRESA)

2 SILICATI DI CALCIO → INDURIMENTO

ALTRI CEMENTI

25 SOTTOTIPI + 5 CLASSI DI RESISTENZA
VARIA % CLINKER
+ AGGIUNTE DI

LOPPA D'ALTOFORNO (SCORIA LAVORAZIONE
GHISA

→ RIDUZIONE TEMPERATURA DURANTE
IDRATAZIONE

POZZOLANA → MINORE SVILUPPO DI CALORE,
MAGGIORE PROTEZIONE ARMATURE,
OSTACOLA REAZIONE SILICE
REATTIVA

CENERE VOLANTE → PER CLS AUTO COMPATTANTI

CLASSE DI RESISTENZA DEI CEMENTI

Classe di resistenza	Resistenza a compressione (N/mm ²) minima garantita a:		
	2 giorni	7 giorni	28 giorni
32.5 N	---	16	32.5
32.5 R	10	---	32.5
42.5 N	10	---	42.5
42.5 R	20	---	42.5
52.5 N	20	---	52.5
52.5 R	30	---	52.5

N = " NORMALE "

R = " RAPIDO "

INERTI

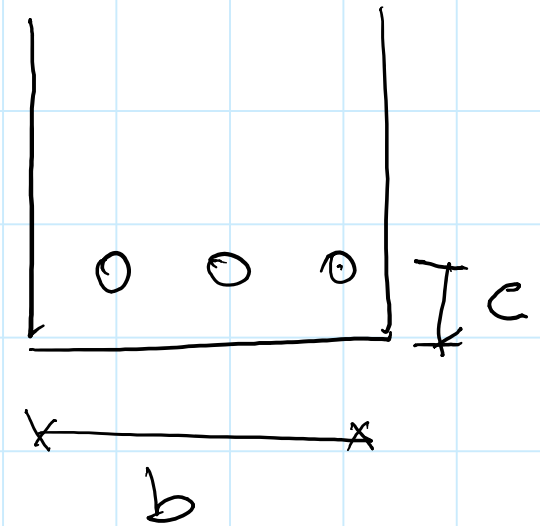
- NO CLORURI
- NO SOLFATI
- NO SILICE REATTIVA
- NO SOSTANZE ORGANICHE

GRANULOMETRIA

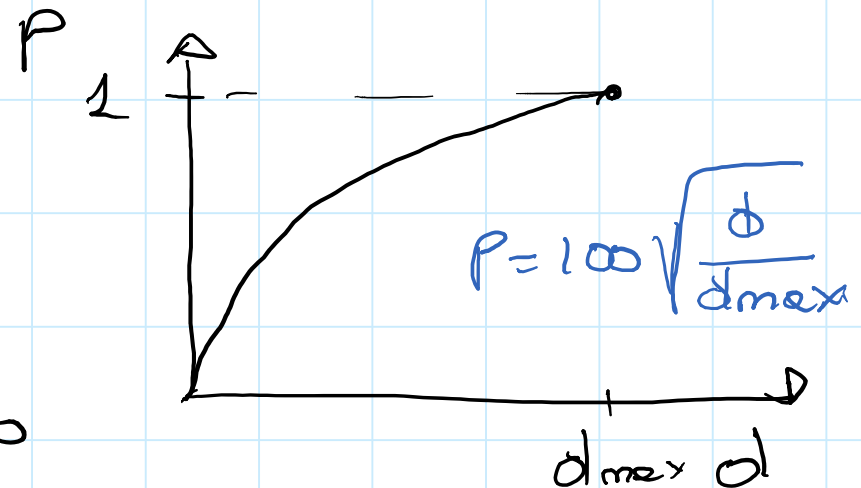
$$d_{max} \leq 0.25 b$$
$$\leq d_{BARRE} - 5 \text{ mm}$$
$$\leq 0.3 c$$

$$\text{TRATTENUTO} = \frac{\text{peso TRATTENUTO}}{\text{peso TOT}}$$

$$\text{PASSANTE} = 1 - \text{TRATTENUTO}$$

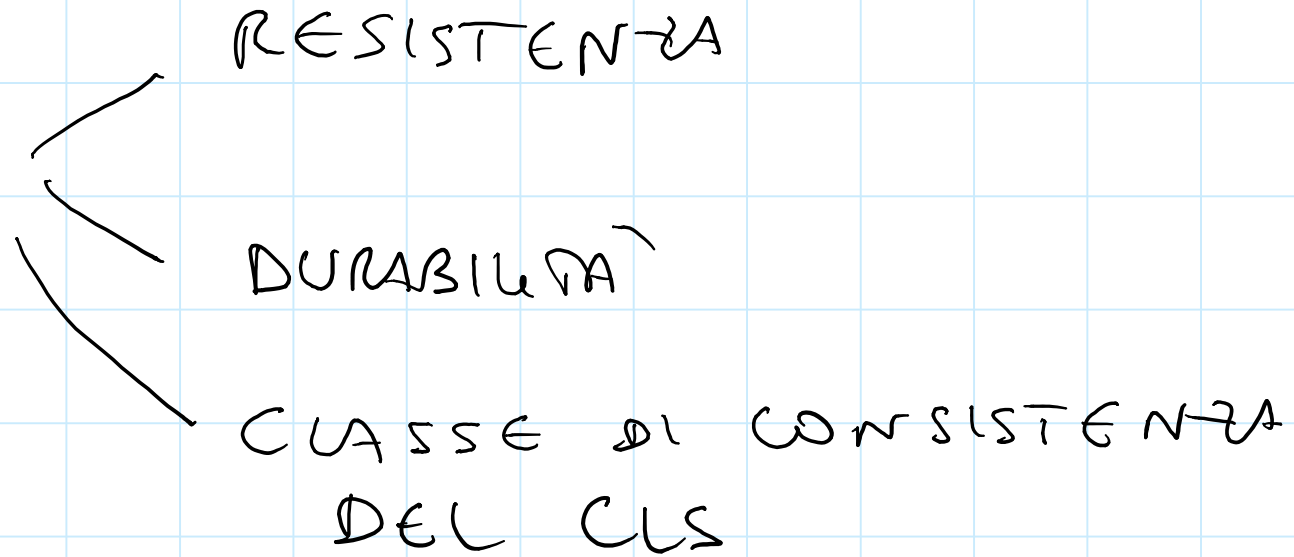


FUNER



AQUA

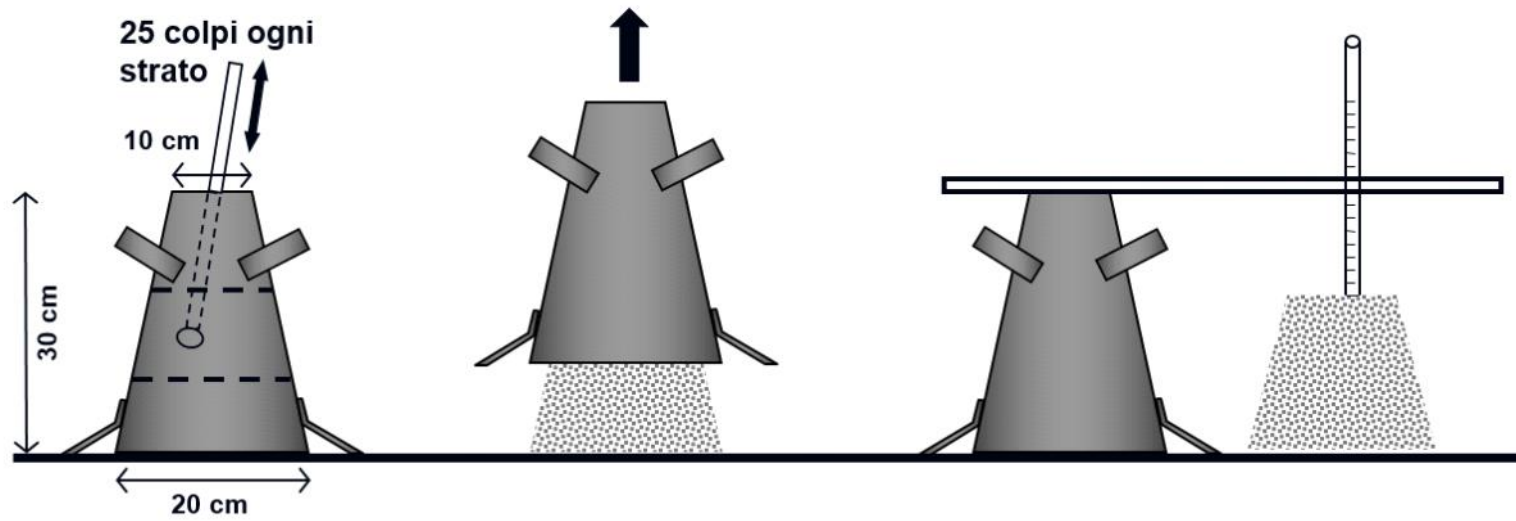
Q/c



CONO DI ABRATTS



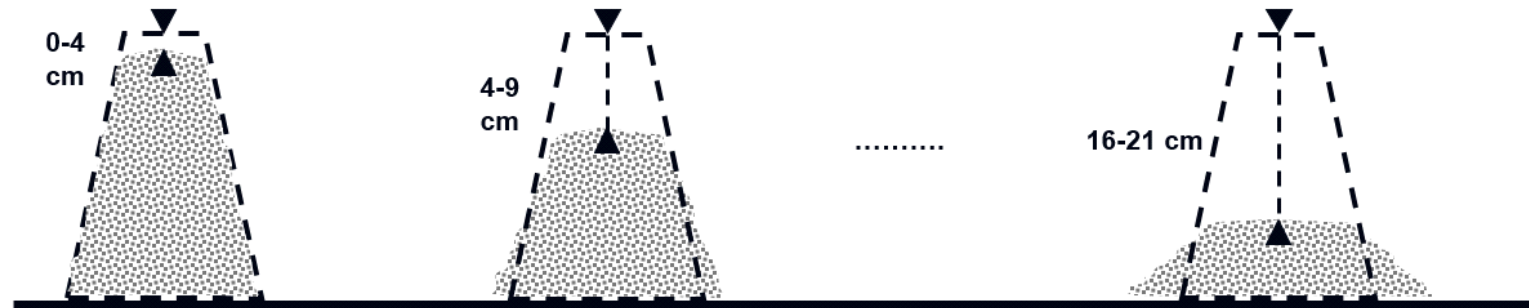
SLUMP TEST



Si riempie il cono

Si solleva il cono

Si misura l'abbassamento



Impasto asciutto

Impasto plastico

Impasto fluido

S1

S2

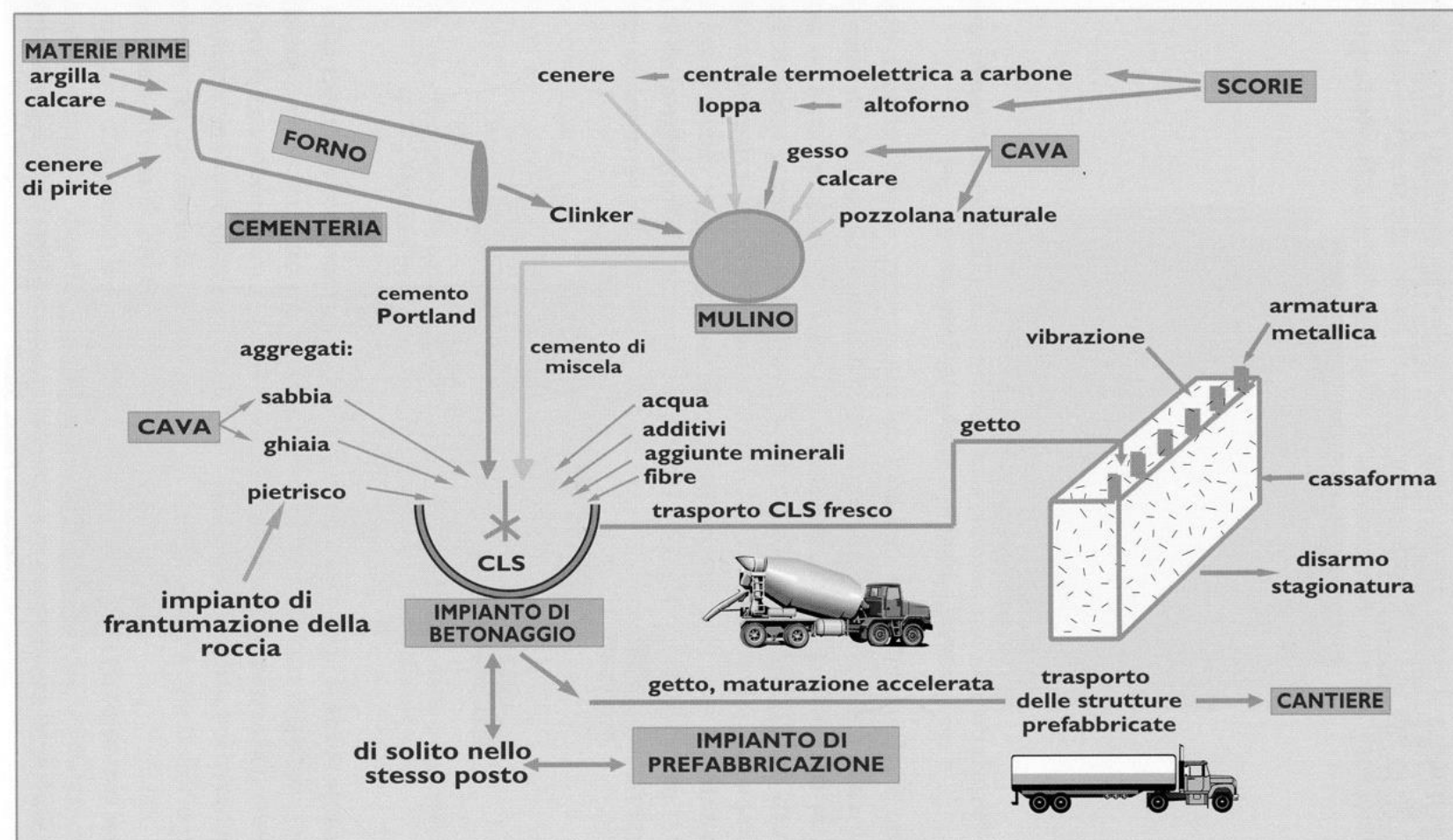
S5

CLASSI DI CONSISTENZA

Classe di consistenza	Slump (mm)	Denominazione corrente	Applicazioni
S1	10-40	Terra umida	Pavimenti messi in opera con vibro-finitrice
S2	50-90	plastica	Strutture circolari (silos, ciminiere) messe in opera con casseri rampanti
S3	100-150	Semi-fluida	Strutture non armate o poco armate o con pendenza
S4	160-210	Fluida	Strutture mediamente armate
S5	>210	Super-fluida	Strutture fortemente armate, di ridotta sezione e/o complessa geometria



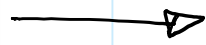
REALIZZAZIONE



tratto da : Il nuovo calcestruzzo. Mario Collepari

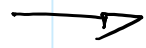
GETTO E STAGIONATURA

CLS VIBRATO



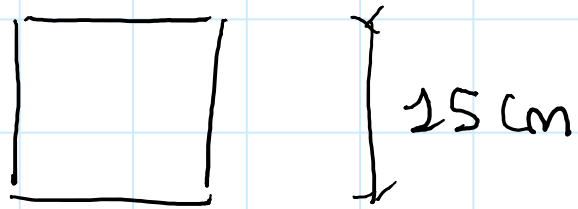
ECCESSIVA VIBRAZIONE
' BLEEDING

STAGIONATURA

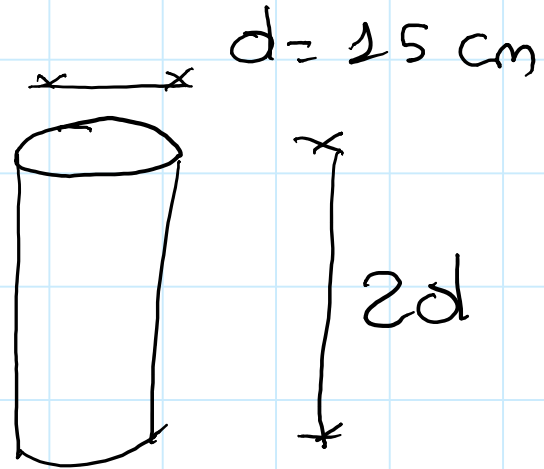


UMIDIFICARE LA
SUPERFICIE

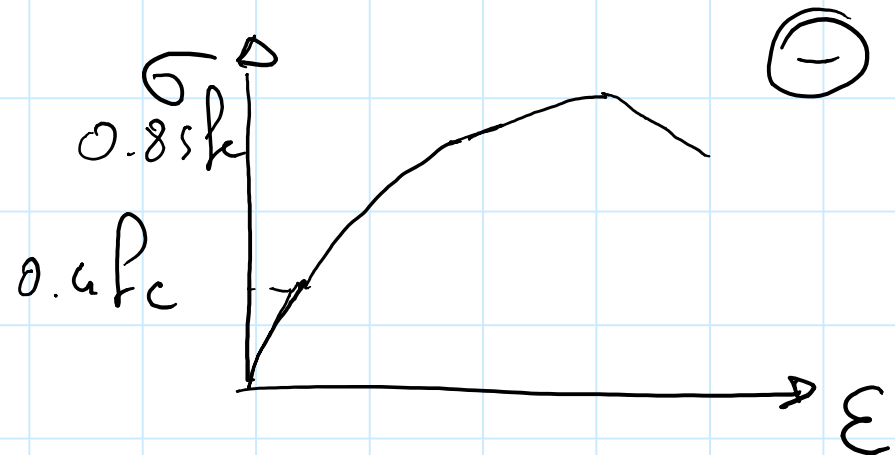
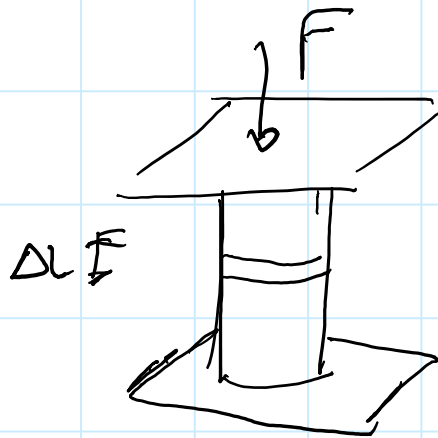
RESISTENZA A COMPRESSIONE



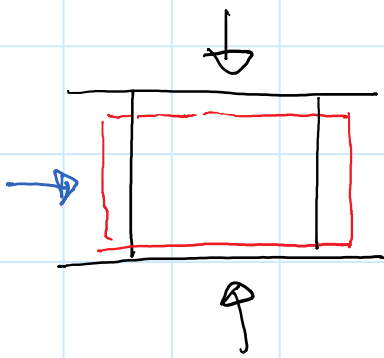
↓
 R_{ck}



f_{ck}



$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} ; \sigma = \frac{F}{A}$$



$$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$$

$$C30/37$$

f_{ck} R_{ck} [MPa]

Tab. 4.1.I - Classi di resistenza

Classe di resistenza
C8/10
C12/15
C16/20
C20/25
C25/30
C30/37
C35/45
C40/50
C45/55
C50/60
C55/67
C60/75
C70/85
C80/95
C90/105

MINIMO
 → PER
 STRUTTURE

→
 MINIMO PER
 PRECOMP.

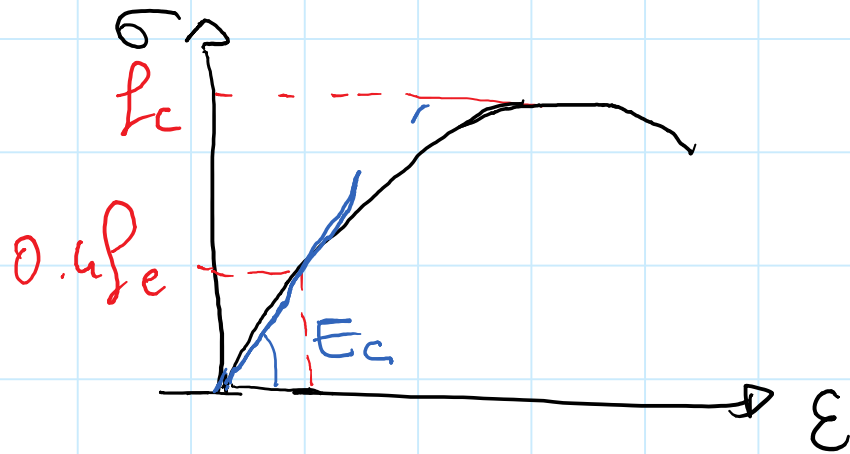
VALORI DI CALCOLO

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \rightarrow 1.5$$

0.85

$$f_{cd} = 0.85 \times \frac{30}{1.5} = 17 \text{ MPa}$$

MODULO ELASTICO



$$E_c = 22000 \left(\frac{f_{cm}}{10} \right)^{0,3}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ MPa}$$

$$R_{cm} = R_{ck} + 9,6 \text{ MPa}$$

C30/37

$$\rightarrow f_{cm} = 30 + 8 = 38 \text{ MPa}$$

$$E_c = 22000 \left(\frac{38}{10} \right)^{0,3} = 32800 \text{ MPa}$$

CONTROLLI DI ACCETTAZIONE

TIPO A

GETTI $< 1500 \text{ m}^3$

TIPO B

GETTI $> 1500 \text{ m}^3$

1 PRELIEVO OGNI GIORNO PI GETTO

"

OGNI 100 m^3 GETTO

1 PRELIEVO = 2 PROVINE $\rightarrow R_i = \frac{R_i^{(1)} + R_i^{(2)}}{2}$

TIPO A

CONTINUA OGNI 300 m³

R₁, R₂, R₃

$$R_1 < R_2 < R_3$$

$$R_1 > R_{ek} - 3,5 MPa$$

$$R_{media} \geq R_{ek} + 3,5 MPa$$

TIPO B

OGNI 1500 m³

(15 PRELEVVI)

$$R_2 \geq R_{ek} - 3,5 MPa$$

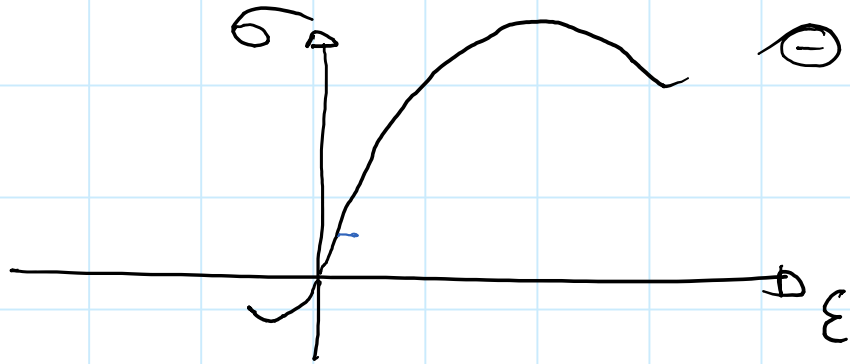
$$R_{media} \geq R_{ek} + 1,48 S$$

$$SE \quad COV = \frac{S}{R_{media}} < 0,15 \quad \rightarrow \text{OK}$$

$$> 0,3$$

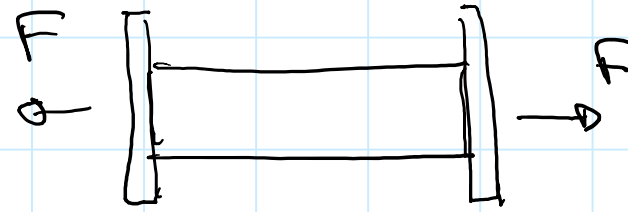
\rightarrow NON ACCETTABILE

RESISTENZA A TRAZIONE



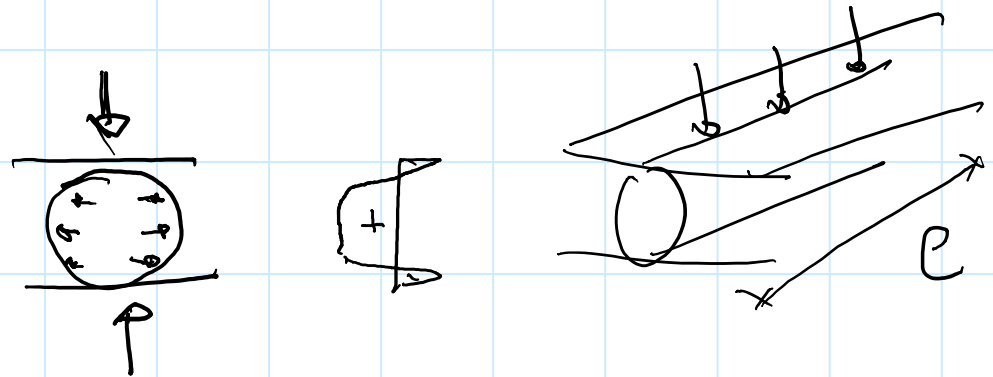
TRAZIONE DIRETTA

$$f_{ct, dx} = \frac{F}{A}$$



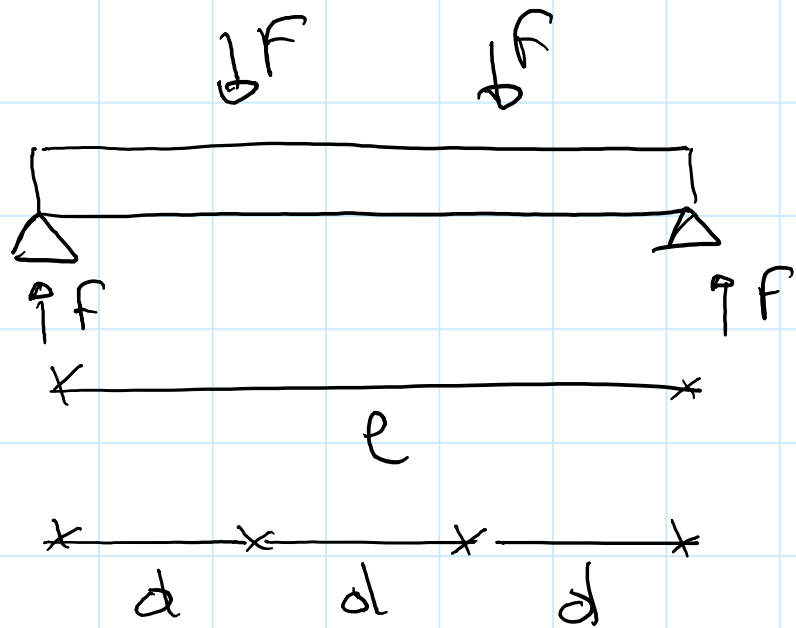
SPLITTING TEST

$$f_{ct, sp} = \frac{F}{\pi r l}$$

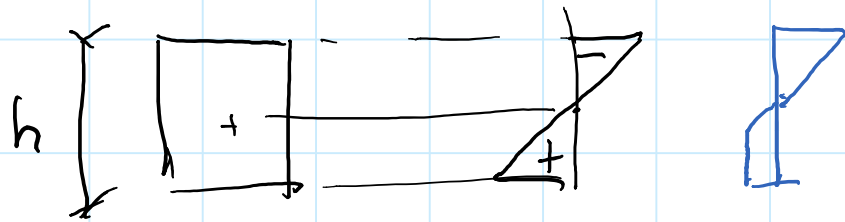


$$f_{ct, dx} = 0.9 f_{ct, sp}$$

PROVA A FLESSIONE



$$f_{ct,ex} < f_{ct,f}$$



$$\sigma = \frac{M}{I} y \rightarrow \sigma = \frac{M}{I} \cdot \frac{h}{2} = \frac{M}{bh^2} \cdot \frac{h}{2} \rightarrow f_{ct,f} = \frac{M \cdot 6}{bh^2}$$

INDICAZIONI DI NORMATIVA

$$f_{ctm} = 0.3 \sqrt[3]{f_{ck}^2}$$

$$C30/37 \rightarrow f_{ctm} = 0.3 \sqrt[3]{30^2} = 2.89 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 1.2 f_{ctm} \rightarrow f_{ctm} = 3.48 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk_{57}} = 0.7 f_{ctm} \rightarrow f_{ctk} = 0.7 \times 2.89 = 2.02 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 1.2 f_{ctk} \rightarrow f_{ck} = 1.2 \times 2.02 = 2.43 \text{ MPa}$$

MIX DESIGN

— OTTENERE LA VOLUTA

CLASSE DI CONSISTENZA
(REGOLA DI LYSE)

CLASSE DI RESISTENZA
(REGOLA DI ABRAMS)

REGOLA DI LYSE

Diametro (mm)	Richiesta d'acqua (kg/m ³) per classe di consistenza				
	S1	S2	S3	S4	S5
8	195	210	230	250	255
16	185	200	220	240	245
20	180	195	215	225	230
25	175	190	210	215	225
32	165	180	200	210	220
63	140	155	175	185	190
125	125	140	155	165	170
160	120	135	150	160	165

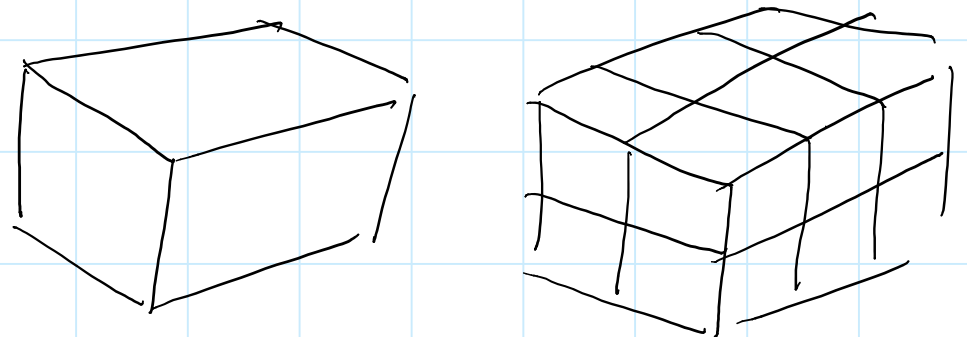
ESEMPIO

$$d_{max} = 25 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad Q = 215 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

S4

1. FISSATO d_{max} \Rightarrow
AL CRESCERE DI S
CRESCA ACQUA

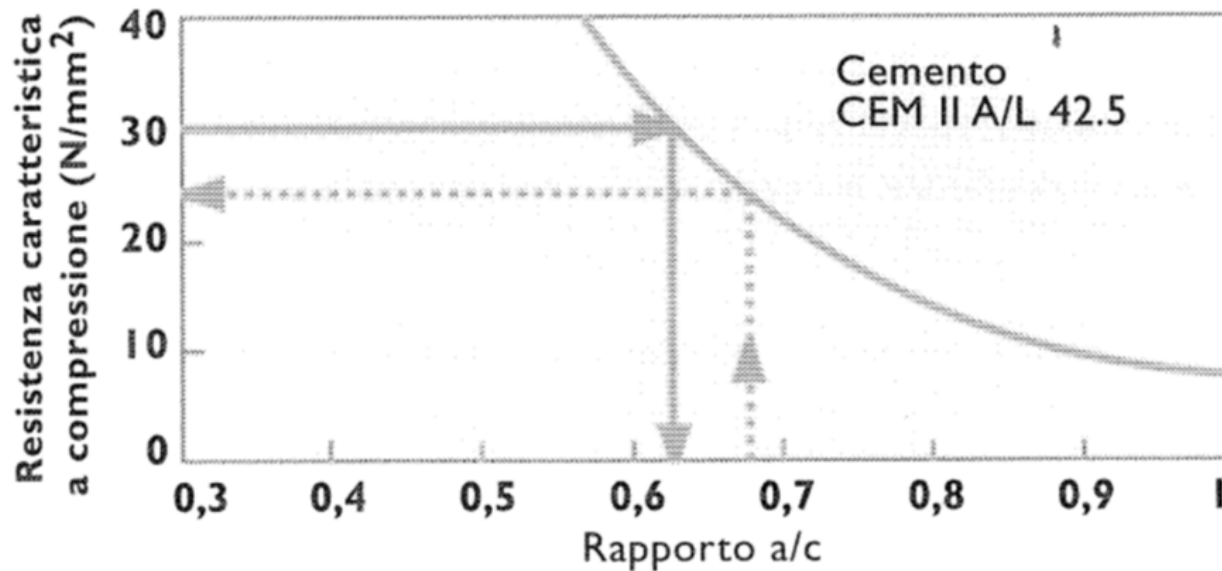
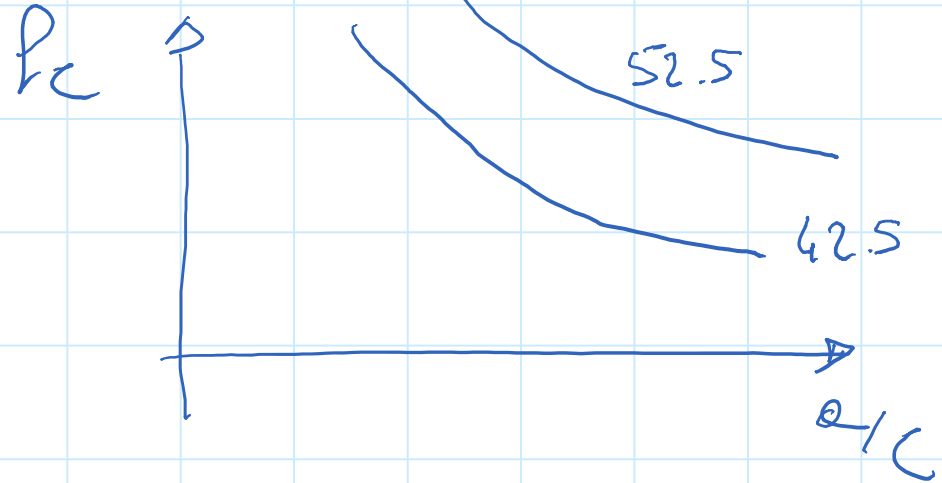
2. FISSATA S \Rightarrow
AL CRESCERE DI
 d_{max} SI RIDUCE ACQUA
NECESSARIA



REGOLA DI ABRAMS

$$f_c = \frac{K_1}{K_2} \rho_{c,c}$$

K_1, K_2 DIPENDONO DAL
CEMENTO



ES:
PER AVERE $f_{uk} = 30$
 $\rightarrow \frac{\rho}{c} \approx 0.63 \rightarrow$
 $c = \frac{215 \text{ Kg}}{0.63 \text{ m}^3} \approx 3.4 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3}$

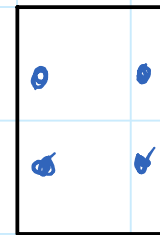
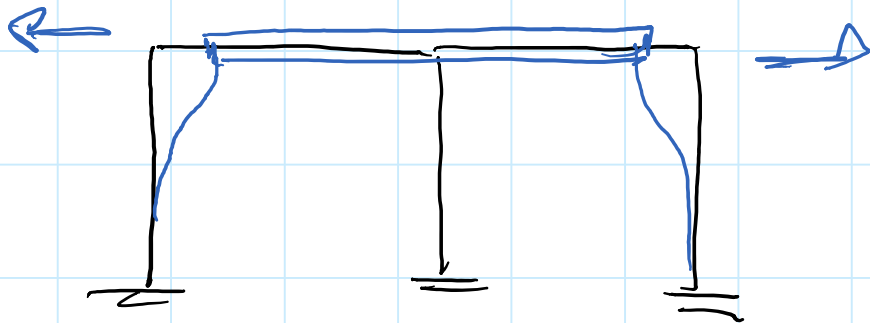
RITIRO

DIPENDE DA:

- QUANTITATIVO DI ACQUA NEU' IMPASTO
- UMRIDITA' DEU' AMBIENTE
- SUPERFICIE ESPOSTA AU' ARIA

PER CONTRASTARNE GLI EFFETTI:

- LIMITARE ACQUA NEU' IMPASTO
- EVITARE GETTI DI DIMENSIONE ELEVATA (GIUNTI)
- DISPORRE FORN CALCOO ARMATURA NELLA TRAVE PER ASSORBIRE LA TRAZIONE



} ARMATURA DI PARETE

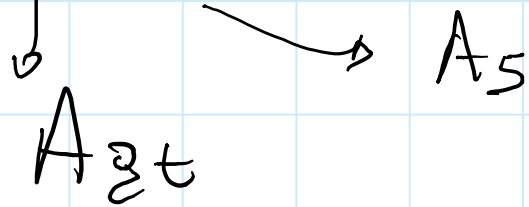
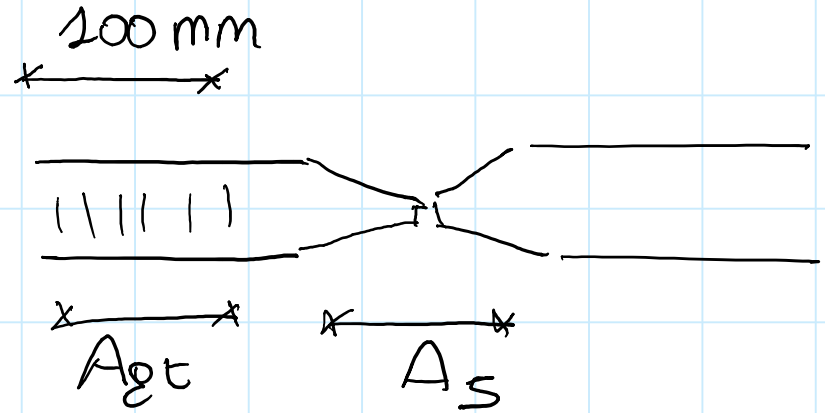
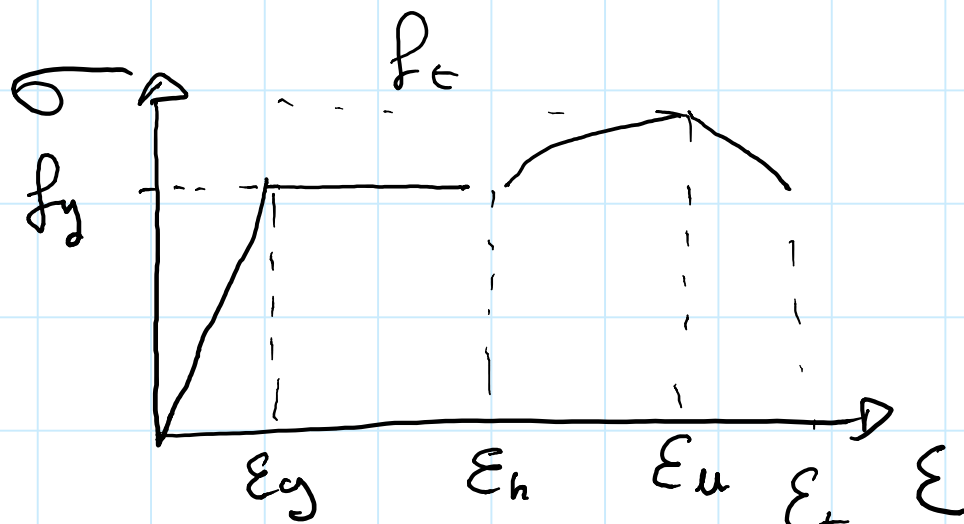
VISCOSITÀ

PER CARICHI DI LUNGA DURATA NASCONO DELLE DEFORMAZIONI CHE SI SOTTILANO A QUELLE ELASTICHE

SONO CAUSATE DALLA MIGRAZIONE DELL'ACQUA NEI PORI DEL CS.

SONO $\approx 2 \div 3$ VOLTE PIÙ ALLA DEFORMAZIONE ELASTICA

ACCIAIO



B450 C

B450 A

$$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 391.2 \text{ MPa}$$

$\gamma_s \rightarrow 1.15$

EC2 \rightarrow

$$E_s = 200\,000 \text{ MPa}$$

B450 A

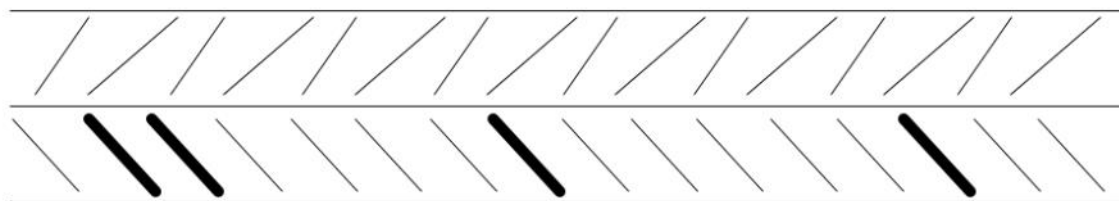
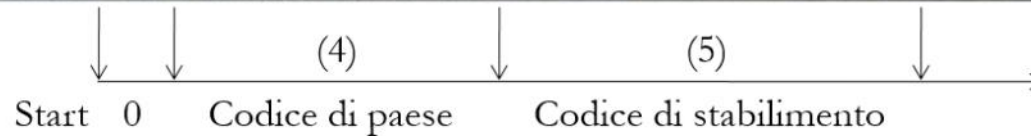
$5 < \phi < 10 \text{ mm}$

→ UTILIZZATO PER RETI
ELETTROSAUDATE

B450 C

$6 < \phi < 40 \text{ mm}$

→ PER ARMATURE



CONTROLLI DI QUALIFICAZIONE

IN STABILIMENTO : 75 SAGGI (3 COLATE, 3 DIAMETRI)

$f_{yk} \dots f_{yn}$

$$f_{yk} = f_{ym} - K S$$

↑
TABELATO IN BASE
A FRATTILE E
N. PROVINI

PER ACCIAIO B450A

Caratteristiche	Requisiti	Frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	$\geq f_{v \text{ nom}} = 450 \text{ MPa}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura f_{tk}	$\geq f_{t \text{ nom}} = 540 \text{ MPa}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	≥ 1.05	10.0
$(f_y/f_{y \text{ nom}})_k$	≤ 1.25	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$	$\geq 2.5 \%$	10.0

B 450 C

Caratteristiche	Requisiti	Frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	$\geq f_{y\ nom} = 450\ \text{MPa}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura f_{tk}	$\geq f_{t\ nom} = 540\ \text{MPa}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	≥ 1.15 < 1.35	10.0
$(f_y/f_{y\ nom})_k$	≤ 1.25	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$	$\geq 7.5\ \%$	10.0

CONTROLLI DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE

DA OGNI FORNITURA → 3 SAGGI (UGUALE ϕ)

PER CIASCUN CAMPIONE :

Caratteristiche	Valore limite	Note
f_y minimo	425 N/mm ²	(450-25) N/mm ²
f_y massimo	572 N/mm ²	[450x(1.25+0.02)] N/mm ²
A_{gt} minimo	≥ 6.0 %	Per acciai B450C
A_{gt} minimo	≥ 2.0 %	Per acciai B450A
Rottura/snervamento	$1.13 \leq f_t/f_y \leq 1.47$	Per acciai B450C
Rottura/snervamento	$f_t/f_y \geq 1.03$	Per acciai B450A
Piegamento/raddrizzamento	Assenza di cricche	Per tutti

4

TENSIONI DI ADERENZA

- ADESIONE CHIMICA MOLECOLARE
- SCABROSITA' SUPERFICI A CONTATTO

DIPENDE DA :

- CARATTERISTICHE CLS
(RESISTENZA, FENOMENI DI BLEEDING)
- BARRA (ADERENZA MIGLIORATA)

$$P_{bk} = 2.25 \gamma_1 \gamma_2 P_{ctk}$$

$$P_{bd} = \frac{P_{bk}}{\gamma_c}$$

$\gamma_1 \Rightarrow$ CONDIZIONI DI ADERENZA

$$= \begin{cases} 1 & \text{BUONA ADERENZA} \\ 0.7 & \text{MEDIOCRE ADERENZA} \end{cases}$$

$\gamma_2 \Rightarrow \phi_{\text{BARRA}} \rightarrow$

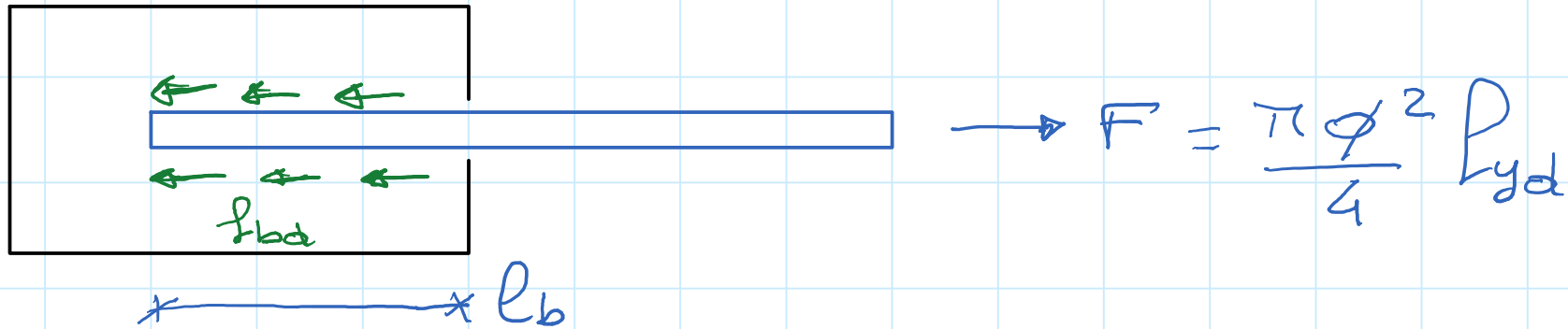
$$\begin{cases} 1 & \phi \leq 32 \text{ mm} \\ \frac{132 - \phi}{100} & \phi > 32 \text{ mm} \end{cases}$$

C 30/37 \rightarrow $f_{bk} = 2.25 \times 2.03 = 4.57 \text{ MPa}$

(BUONA ADERENZA)
 $\phi < 32 \text{ mm}$

$$f_{bd} = \frac{4.57}{1.5} = 3.04 \text{ MPa}$$

LUNGHEZZA DI ANCORAGGIO



$$\leftarrow = \pi \phi l_b \cdot P_{bd}$$

EQUILIBRIO ALLA TRASLAZIONE

$$\frac{\pi \phi^2}{4} \cdot P_{yd} = \pi \phi P_{bd} l_b \rightarrow l_b = \frac{\phi P_{yd}}{4 P_{bd}} = \frac{391,3 \phi}{3,02 \cdot 4}$$

$$\rightarrow l_b \approx 33 \phi$$

MEIOCRE ADERENZA

$$l_b = \frac{33 \phi}{0,75} = 47 \phi$$