

ALTERNATIV ARMERING

HVAD SKAL DER TIL FOR AT ØGE BRUGEN I BETONKONSTRUKTIONER ?

RAMBØLL

ALTERNATIV ARMERING
CLAUS V NIELSEN, 2015-11-03

INDHOLD

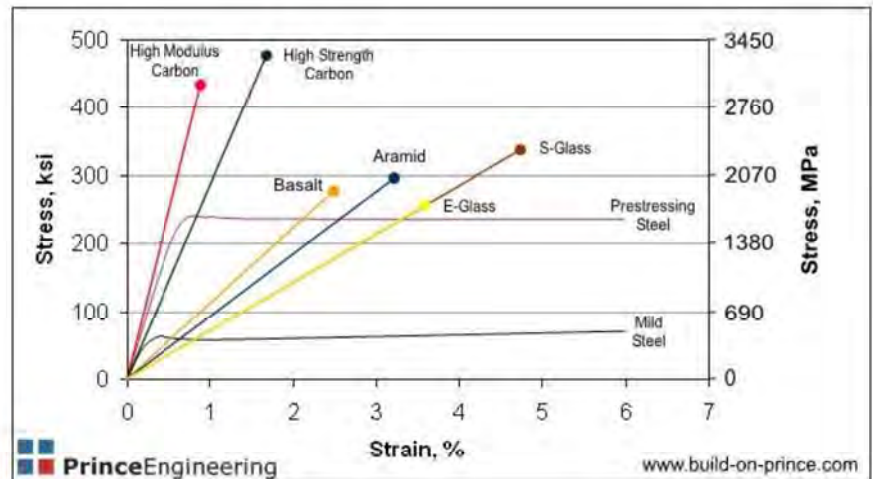
- Baggrund
- Grundlag, normer og standarder
- Vigtige definitioner og begreber – fiberbeton
- Fiberbetons ydeevne – hvad skal man måle på ?
- Afslutning

RAMBØLL

ALTERNATIV ARMERING
CLAUS V NIELSEN, 2015-11-03

ALTERNATIV ARMERING

- FRP = Fibre Reinforced Plastics
- Textile reinforcement
- Løse fibre i beton (stål eller plast)



RAMBOLL

ALTERNATIV ARMERING
CLAUS V NIELSEN, 2015-11-03

BAGGRUND

- Eurocode 2 er udgangspunktet for betonkonstruktioner
- Eurocode 2 indeholder regler for uarmeret, armeret og forspændte betonkonstruktioner. Armering = slap armering med ribbestål
- Fiberbeton forventes at komme med i den kommende revision af Eurocodes
- Fiberbeton er medtaget i fib Model Code 2010
- Mange lande har nationale vejledninger, retningslinjer og regler for fiberbeton udgivet i branchereg, eller fra F&U projekter.

RAMBOLL

ALTERNATIV ARMERING
CLAUS V NIELSEN, 2015-11-03

FIBERTYPER



RAMBOLL

STANDARDS FOR FIBRE TIL BETON 1

- Harmoniserede produktstandarder betyder krav om CE-mærkning



RAMBOLL

ALTERNATIV ARMERING
CLAUS V. NIELSEN, 2015-11-03

STANDARDS FOR FIBRE TIL BETON 2

- Stålfiberstandarden opdeler fibre i fem grupper afhængig af fremstilling:

Group I :	cold-drawn wire
Group II :	cut sheet
Group III :	melt extracted
Group IV :	shaved cold drawn wire
Group V :	milled from blocks

- Plastfiberstandarden opdeler PP-fibre i tre klasser:

Polymer fibres shall be characterised by the manufacturer in accordance with the following:

Class Ia: Micro fibres: < 0,30 mm in diameter; Mono-filamented

Class Ib: Micro fibres: < 0,30 mm in diameter; Fibrillated

Class II: Macro fibres: > 0,30 mm in diameter

NOTE Class II fibres are generally used where an increase in residual flexural strength is required.

- Fiberoverflade, -facon, -geometri, længde, diameter samt Lf/df skal deklarerer af producenten
- Trækstyrke og E-modul skal deklarerer

- For klasse II skal fiberdiameter og Lf/df forholdet deklarerer.
- For klasse II skal trækstyrke og E-modul deklarerer

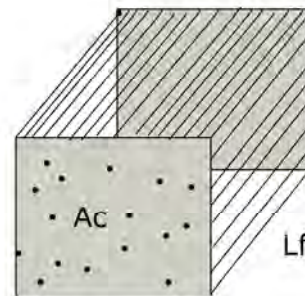
STANDARDS FOR FIBRE TIL BETON 3

- CE-mærkning foregår i henhold til system 1 for konstruktionsmæssig brug (structural use) i beton, mørtel og injektionsmørtel.
- System 3 for andre anvendelser.
- System 1 medfører at der skal et notificeret certificeringsorgan ind over producentens forprøvning, FPC system og løbende overvågning af produktionen.
- For system 3 er alt dette udelukkende producentens ansvar.
- DS/EN 206 og DS 2426 kræver at fibre til beton er produceret i henhold til de to standarder.

FIBERBETON, VIGTIGE BEGREBER 1

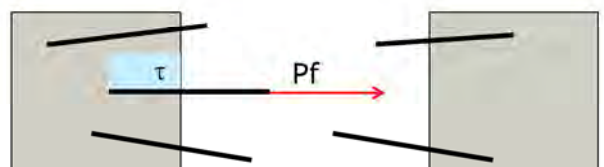
- Volumen-indhold V_f (%)
- Vægt-indhold W_f (kg/m³)
- $W_f = V_f \cdot \rho_f$
- Fiberlængde L_f (mm)
- Fiberdiameter d_f (mm)
- Aspect ratio: L_f/d_f (længde diameter forhold)
- Antal fibre pr. m² snitflade ved parallelle fibre:

$$N/A_c = (V_f \cdot L_f) / (\pi/4 \cdot d_f^2 \cdot L_f) = (4 \cdot V_f) / (\pi \cdot d_f^2)$$
- Ved tilfældigt fordelte fibre er antallet det halve



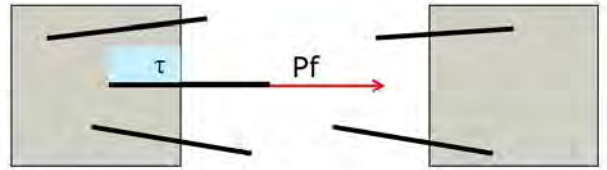
FIBERBETON, VIGTIGE BEGREBER 2

- Gennemsnitlig indstøbt længde: $L_f/4$
- Vedhæftningsstyrke: τ (MPa)
- Gennemsnitlig udtrækskraft: $P_f = \pi \cdot d_f \cdot \tau \cdot L_f/4$
- Udtrækskraft pr. revneareal: $\sigma_f = P_f \cdot N/A_c$
- $N/A_c = (2 \cdot V_f) / (\pi \cdot d_f^2)$ indsættes: $\sigma_f = 0,5 \cdot \tau \cdot V_f \cdot L_f/d_f$
- Fiber index = $V_f \cdot L_f/d_f$
- Dvs. trækspændingen efter revnedannelse er proportionalt med fiber indexet.



FIBERBETON, VIGTIGE BEGREBER 3

- Størst energiabsorption opnås ved at trække fibre ud af beton i stedet for at trække dem over



- Krav: $P_f \leq P_u$ for halv fiberlængdes indstøbning

$$\pi \cdot d_f \cdot \tau \cdot L_f / 2 \leq \pi / 4 \cdot d_f^2 \cdot f_u \Leftrightarrow L_f / d_f \leq 0,5 \cdot f_u / \tau$$

- Der er en øvre grænse for hvor højt et længde-diameter forhold, som er fornuftigt at anvende for en given beton

FIBER-EGENSKABER

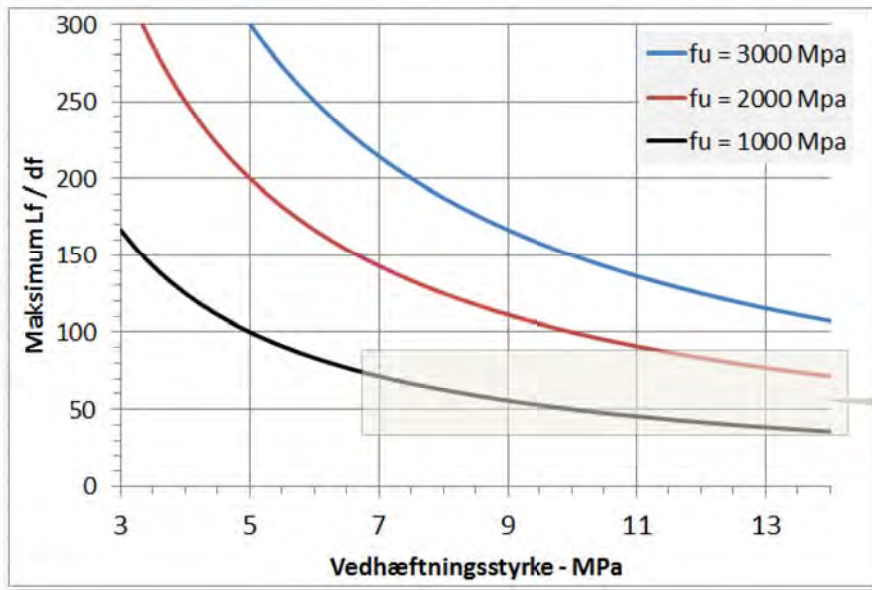
Fiber-materiale	Styrke f_u MPa	Densitet ρ_f kg/m ³	Længde L_f mm	Diam. d_f mm	Aspect ratio L_f/d_f
Stål	1000 til 3000	7850	30 til 60	0,5 til 1	30 til 80
Plast, polymer, Class I	500 til 700	900	10 til 20	0,05 til 0,2	-
Makro, Class II	500 til 700	900	30 til 60	0,3 til 0,5	50 til 100

Stålfibre normalt i 25 til 50 kg/m³ : $V_f = 0,3$ til $0,6$ %

PP mikro class I normalt i ca. 0,9 kg/m³ : $V_f = 0,1$ %

PP makro class II normalt i ca. 3 til 6 kg/m³ : $V_f = 0,3$ til $0,6$ %

STÅLFIBERBETON, OPTIMERING AF GEOMETRIEN

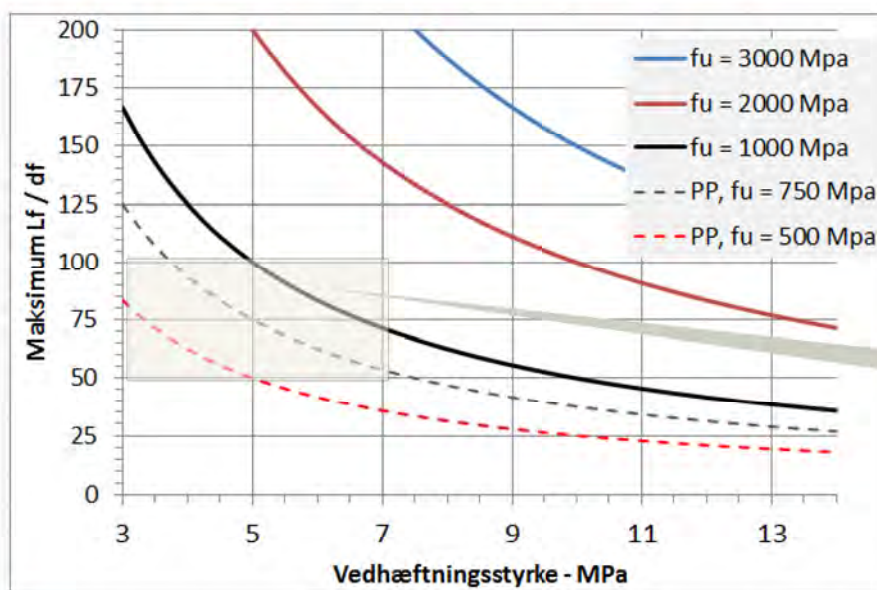


Normal-området

RAMBOLL

ALTERNATIV ARMERING
CLAUS V NIELSEN, 2015-11-03

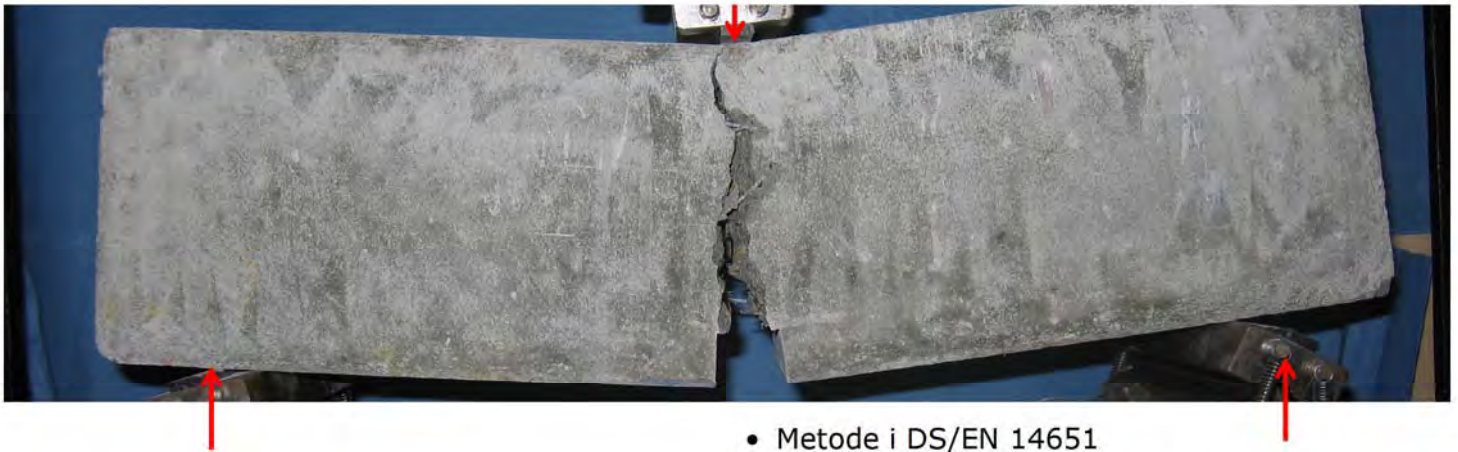
PP MAKRO, OPTIMERING AF GEOMETRIEN



Normal-området
??

RAMBOLL

ALTERNATIV ARMERING
CLAUS V NIELSEN, 2015-11-03



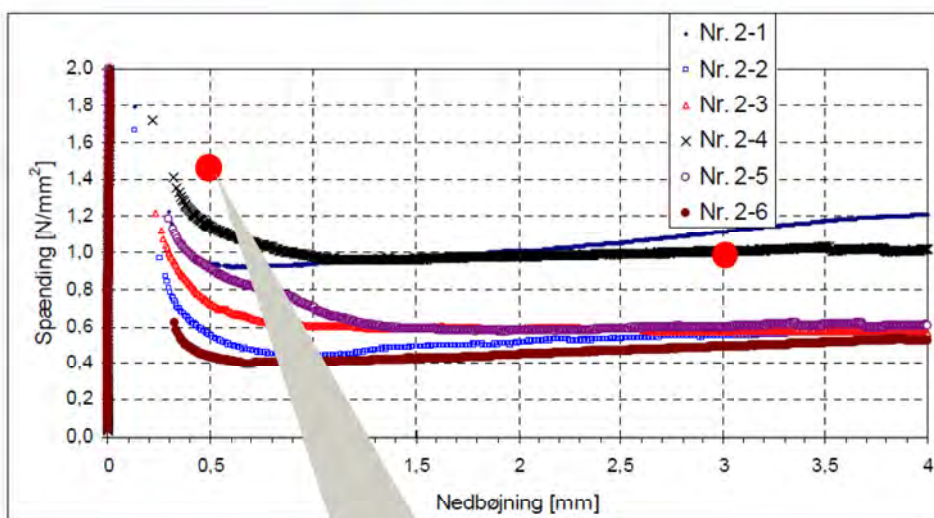
3-PUNKTS BØJNING TIL VURDERING AF FIBRES EFFEKT PÅ BETONS TRÆKSTYRKEOPFØRSEL

- Metode i DS/EN 14651
- Prøvebjælker 150x150 mm og 550 mm lange med en 25 mm dyb savskåret kærve
- Deformationsstyret prøvemaskine
- Mindst 5 til 6 prøveemner er nødvendigt pga. relativ stor spredning

RAMBOLL

ALTERNATIV ARMERING
CLAUS V NIELSEN, 2015-11-03

FIBERBETON, BØJETRÆKOPFØRSEL



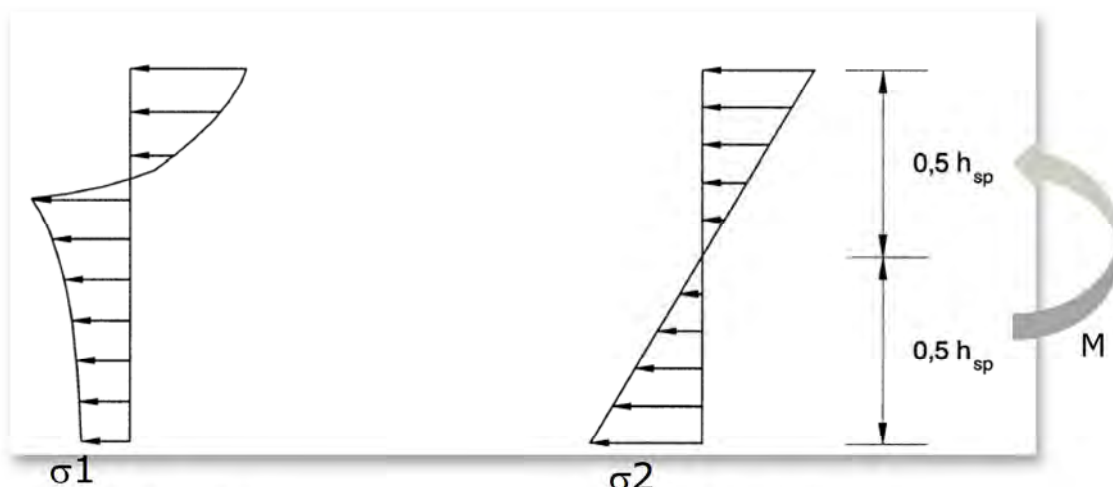
RAMBOLL

Mindstekrav til ydeevne i produktstandard

Brudsnit med udtrukne plastfibre

ALTERNATIV ARMERING
CLAUS V NIELSEN, 2015-11-03

BØJETRÆKSPÆNDING ER IKKE LIG MED RENT TRÆK



M =

$$(b \cdot h^2) / 2 \cdot \sigma_1$$

"Flydning"

$$(b \cdot h^2) / 6 \cdot \sigma_2$$

"Elastisk"

RAMBØLL

ALTERNATIV ARMERING
CLAUS V NIELSEN, 2015-11-03

AFSLUTNING

- Behov for at ingeniører ikke specificerer efter erfaringsværdier og copy-paste, men efterspørger dokumentation for trækstyrke
- Mikrofibre i plast har kun effekt i betons plastiske hærdefase og som middel til at imødegå eksplosiv afskalning i brand
- Fibre primært til sekundære konstruktioner, hvor svigtmekanisme ikke kræver flydeled og omfordeling af snitkræfter
- Supplement til konventionel armering – specielt ved minimumsarmerede konstruktioner – og som revnefordeler

RAMBØLL

ALTERNATIV ARMERING
CLAUS V NIELSEN, 2015-11-03

SPØRGSMÅL... ?