

NB 38 -Veileder for prosjektering, utførelse og kontroll av fiberarmert betong i bærende konstruksjoner

Åse Lyslo Døssland

Hovedforfatter: professor Terje Kanstad (NTNU)

Medforfattere: Helge Brå (Norconsult), Tor Kristian Sandaker (Norconsult); Alf Egil Mathisen (Veidekke), Nils Leirud (Mapei), Øyvind Bjøntegaard (Statens Vegvesen) og Arne Vatnar (Skanska)



Innhold

1. Introduksjon
2. Spesifikasjoner av fiberbetong i bærende konstruksjoner
3. Prøvingsmetoder og evaluering av prøveresultatene
4. Dimensjoneringsregler
5. Veiledningskapittel
- + Regneeksempel



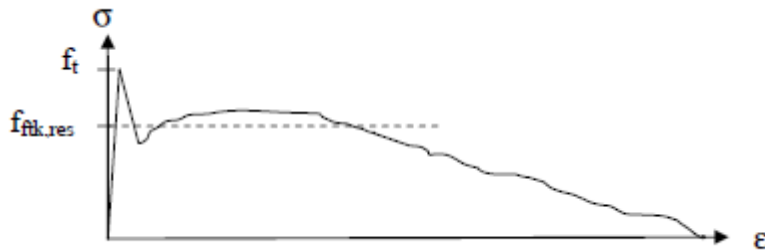
Introduksjon

- Gulv på grunn (NB15) og sprøytebetong (NB7)
- Stålfiber, syntetiske fiber, glassfiber, basaltfiber
- Internasjonalt regelverk (DafStb Guideline Steel fibre reinforced concrete, fib Model Code for Concrete Structures)
- COIN rapporter 2011

fib



Introduksjon - Virkemåte



Typisk oppførsel i strekk for
fiberarmert betong med
moderat fibervolum

For normale fibermengder så vil ikke fiberen føre til rissfordeling i et tverrsnitt utsatt for rent strekk.

Det er når betong er utsatt for bøyning og skjær at vi får utnyttet fiberen. Reststrekkfastheten i betongen fører til omfordeling av spenninger etter opprissing. Det oppstår en ny likevektstilstand, og som fører til at momentkapasiteten øker i forhold til uarmert betong.

Stålfiber bidrar videre til en vesentlig økning av skjærkapastitet.

Introduksjon

Veilederen omhandler det som er spesielt for fiberbetong. Alle generelle krav og bestemmelser i gjeldende regelverk gjelder i tillegg.

- NS-EN 1992-1-1+NA Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner. Del 1-1: Allmenne regler og regler for bygninger.
- NS-EN 206+NA Betong; Spesifikasjon, egenskaper, fremstilling og samsvar
- NS-EN 13670+NA Utførelse av betongkonstruksjoner
- NS-EN 14651 Prøvingsmetoder for betong med metalliske fibere - Måling av bøyestrekfasthet (proporsjonalitetsgrense og restfastheter)
- NS-EN 14721 Prøvingsmetode for betong med metalliske fibere - Måling av fiberinnhold i fersk og herdet betong
- NS-EN 14845 Prøvingsmetoder for fibere i betong - Del 1: Referansebetong
- NS-EN 14845 Prøvingsmetoder for fibere i betong - Del 2: Effekt på styrke
- NS-EN 14889-1 Fibere for betong del 1: Stålfibere. Definisjoner, krav og samsvar
- NS-EN 14889-2 Fibere for betong del 2: Polymerfibere. Definisjoner, krav og samsvar
- NS 3676 Betongprøving; Herdet betong - Elastisitetsmodul ved trykkprøving

Kapittel 2 - Spesifikasjoner

Spesifikasjonen til produsent **skal** minst omfatte:

- Fasthetsklasse
- Bestandighetsklasse
- **Konsistensklasse eller tilsiktet konsistensverdi**
- **Resttrekkfasthetsklasse**
- **Maksimal tilslagsstørrelse, D_{upper} og D_{lower}**

I tillegg **kan** det spesifiseres krav til:

- Utstøpingsmetode (for selvkompimerende betong, se Norsk Betongforenings Publikasjon nr. 29)
- Fibertype og/eller fiber materialtype
- Fiberens temperaturobestandighet
- Minimum fiberinnhold
- Sementtype eller sementklasse, evt. andre krav til bindemidlet
- Tilslagstype eller kategori
- E-modul

Kapittel 2 – Spesifikasjoner (forts.)

Bestandighet

- Fiberarmering kan benyttes i alle eksponeringsklasser unntatt XA2 og XA3. For disse eksponeringsklassene må betongens bindemiddelsammensetning og bruk av fiber vurderes spesielt.
- Rustutslag på overflaten har ingen konsekvenser for bæreevne eller bestandighet.
- Et hovedpoeng med å benytte fiber er at det gir reduserte rissvidder, og dermed også større motstand mot inntrengning, økt tetthet og forbedret bestandighet .
- Rissviddekravene er de samme som for vanlig armering

Kapittel 2 – Spesifikasjoner (forts.)

Typisk 40kg/m³
(0.5%) fiber

Typisk 80kg/m³
(1%) fiber

Klasser	R0,5	R0,75	R1,0	R1,25	R1,5	R1,75	R2,0 ¹	R2,5 ¹	R3,0 ¹
Enaksiell reststrekkfasthet $f_{ftk,res\ 2,5}$	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0
Restbøyestrekkefasthet $f_{R,3\ (2,5\ mm)}$	1,3	2,0	2,7	3,4	4,0	4,7	5,4	6,7	8,1

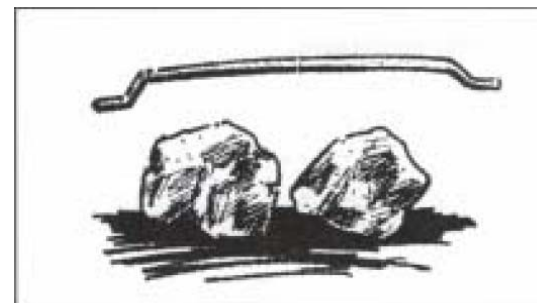
Forklaring:

B30-R1,5 betyr: Fiberarmert betong med karakteristisk sylinder trykkfasthet 30 N/mm² og minst 1,5 N/mm² karakteristisk reststrekkfasthet $f_{ftk,res\ 2,5}$ ved 2,5 mm rissvidde. Restbøyestrekkefastheten $f_{R,3}(2,5\ mm)$ ved samme rissvidde er 4,0 N/mm². Betegnelsene refererer til krav og prøvingsmetode beskrevet i kapittel 3.2.

Kapittel 2 – Spesifikasjoner (forts.)

Fiber

- Fiberlengde skal være minst 2 ganger tilslagsstørrelse
- Fiberne skal være deklartert i henhold til følgende materialstandarder:
 - NS-EN 14889 – 1 Fiber for betong Del 1: Stålfibere. Definisjonskrav, krav og samsvar, eller
 - NS-EN 14889 – 2 Fiber for Betong Del 2: Polymerfibere. Definisjoner, krav og samsvar.
- Teknisk Godkjenning/ ETA vurderes seinere



Kapittel 2 – Spesifikasjoner (forts.)

Langtidslast og polymerfiber temperaturbestandighet

Det er knyttet usikkerhet til polymerfibrenes egenskaper under langtidslast. Dersom polymerfibrenes bæreevne forutsettes utnyttet over lengre tidsrom må disse egenskapene derfor dokumenteres spesielt. Videre må det ved konstruktiv utnyttelse av polymerfibre også tas hensyn til disse materialenes lave smeltetemperatur.



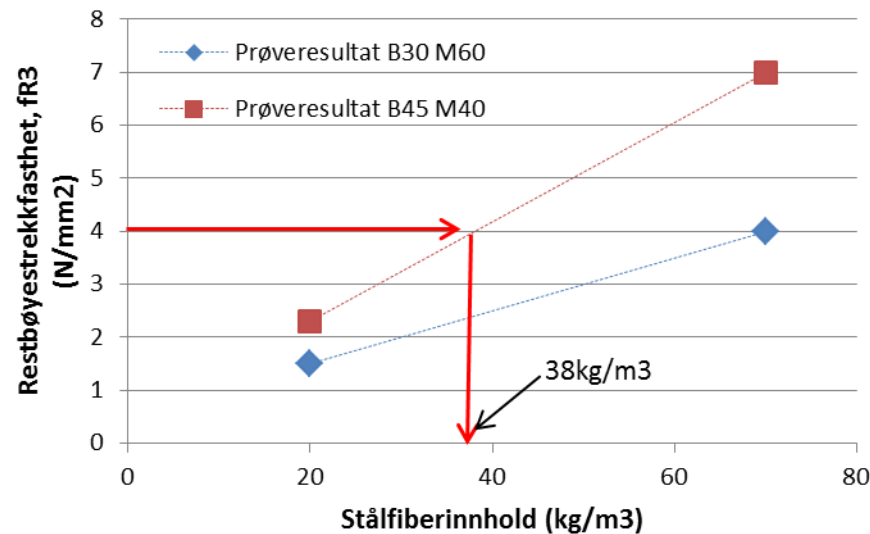
Kapittel 2 – Spesifikasjoner (forts.)

- **Proporsjonering av fiberbetong**
- Tilsetning av fiber påvirker generelt fersk betongs egenskaper. Sammenliknet med betong uten fiber er en eller flere av følgende justeringer vanligvis nødvendige for en betong med fiber:
 - Økt sand/stein-forhold eller økt fillerinnhold, slik at fiberen får tilstrekkelig plass.
 - Økt vannbehov og tilhørende økning i bindemiddelvolum.
 - Økt behov for vannreducerende tilsetningsstoff.
 - Prøveblandinger må påregnes



Kapittel 2 – Spesifikasjoner (forts.)

Forhåndsdokumentasjon av restfasthetsklasse – betongprodusent
Program for forhåndsdokumentasjon med bjelkeprøvingsprogram,
toleranser etc.



Eksempel på bestemmelse av restbøystrekkfasthet ved interpolasjon mellom dokumenterte prøveresultat. For å oppnå 4N/mm² restbøystrekkfasthet behøves 38kg/m³ stålfiber for betongen B30 M60 (dette tilsvarer reststrekkfasthetsklasse R1,5).



Kapittel 2 – Spesifikasjoner (forts.)

Dokumentasjon som skal forelegges byggherren før oppstart av arbeidene

Nr	Beskrivelse
1	Dokumentasjonen av restbøyestrekfasthet og fiberinnhold og –fordeling av tilhørende betonglass. Valgt fibermengde og begrunnelse.
2	Prosedyre for innmating og innblanding av fiber, arbeidsbeskrivelse
3	Betongresept, og en vurdering av luftinnhold og stabilitet av luft under transport.
4	Dokumentasjon av trykkfasthet/innledende prøving, iht. NS-EN 206+NA .
5	Eventuell annen dokumentasjon, f.eks E-modul.

Kapittel 2 → Kapittel3 –prøvingsmetoder

Hvis ikke annet er angitt,
dokumenteres en gitt betongkvalitet
og fibertype

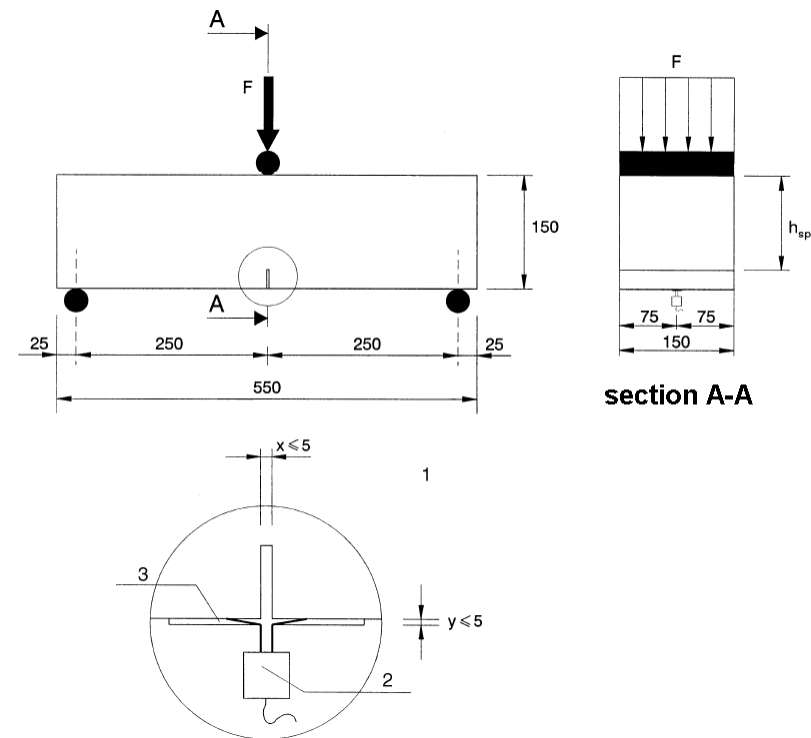
- a. Minst en gang pr år.
- b. Ved tvil eller vesentlige
endringer i betongsammensetning¹⁾
eller konsistens



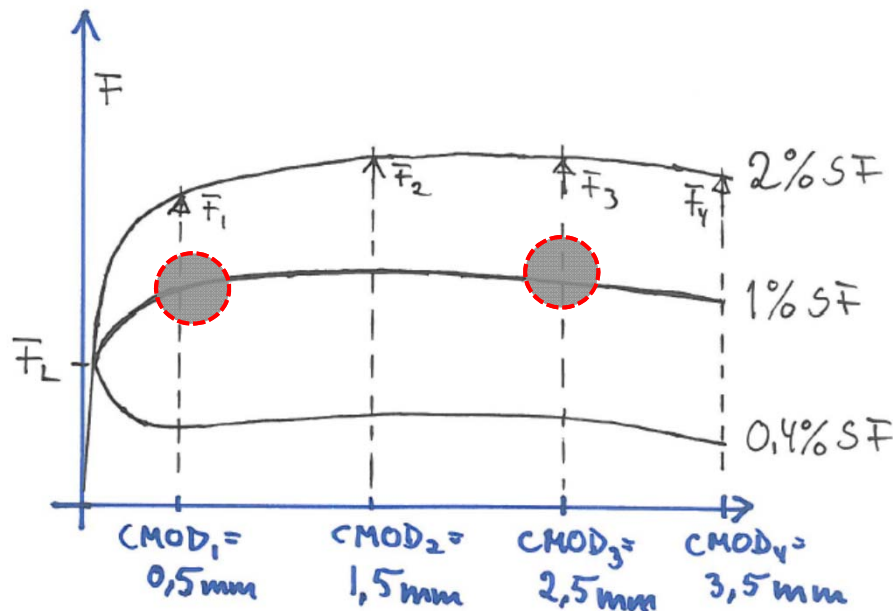
Kapittel 3 - prøvingsmetoder

- Bestemmelsen av reststrekkfasthetsklasse i avsnitt 2.4.1 er i henhold til NS-EN 14651:

Prøvingsmetoder for betong med metalliske fibre – Måling av bøyestrekfasthet (proporsjonalitetsgrense og restfastheter), Figur 3.a. I denne NB38 forutsettes det at den aktuelle prøvingsmetoden også benyttes for andre fibertyper.



Kapittel 3 – prøvingsmetoder (forts)



Restbøyestrekfastheten

$$f_{R,i} = 6M_{Ri}/bh^2, \text{ hvor } M_{Ri} = F_{Ri} \cdot L/4$$

$$f_{ftk,res,2,5} = 0,37 f_{Rk,3}$$

For bruksgrenseberegninger og minimumsarmeringskrav benyttes

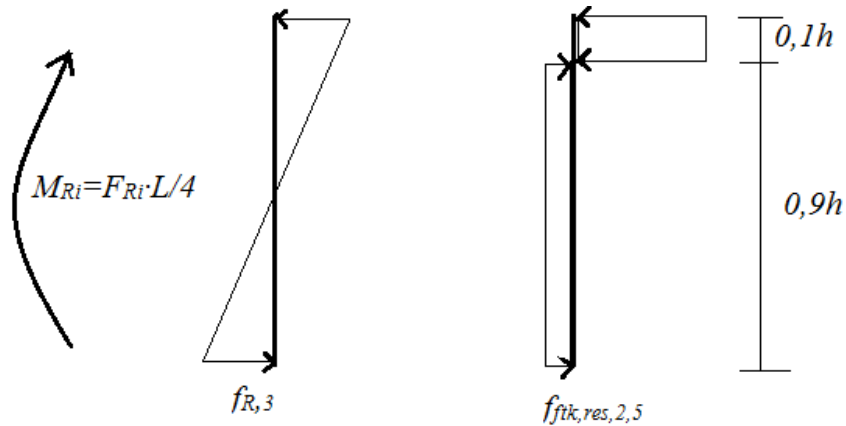
$$f_{ftk,res,0,5} = 0,45 f_{Rk,1}$$

Ettersom det er enklere å måle nedbøyning (δ) enn rissåpning (CMOD) angir NS-EN 14651 følgende uttrykk for sammenhengen mellom de to størrelsene:

$$CMOD = (\delta - 0,04) / 0,85$$

Karakteristiske verdier (0,05-kvantilen) bestemmes deretter som: $f_{Rk,i} = f_{R,i} - k s$ hvor s er standardavviket fra prøveserien, og $k = 1,7$

Kapittel 3 – prøvingsmetoder (forts)



Illustrasjon av relasjon mellom karakteristisk restbøyestrekfasthet og karakteristisk reststrekfasthet, $f_{ftk,res2,5} = 0,37 f_{Rk}$



Kapittel 3 – prøvingsmetoder (forts)

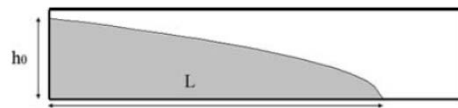
Prøving av fersk betong



a)



b)



c)



Målemetoder
for betongens
konsistens.

- a) Synk,
- b) Synkutbredde
- lse
- c) LCPC-boks

Kapittel 3 – prøvingsmetoder (forts)

Prøvetaking

Én prøve består av tre prøveuttak som alle tas fra samme betonglass, en i starten, midten og slutten av lasset. Anbefalt prøvestørrelse er 8-10 L.





Kapittel 3 – prøvingsmetoder (forts)

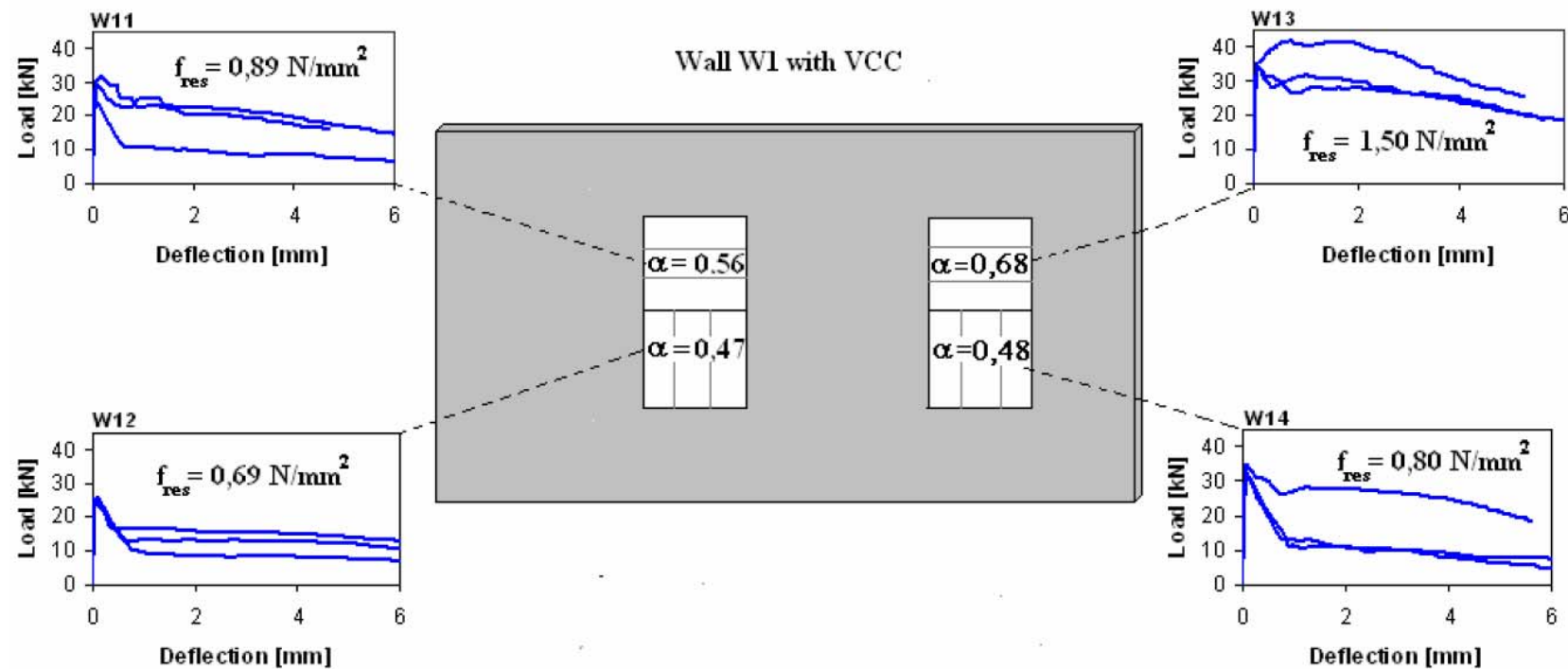
Prøving av herdet betong støpt på byggeplass og i betongelementfabrikk

Støpeteknikk og geometri av konstruksjonen påvirker fiberfordeling og –orientering og dette kan ha konsekvenser for sikkerhet, men kan også utnyttes for å oppnå gunstige løsninger ved for eksempel gjentatt produksjon. Det kan derfor være aktuelt å lage prøvestykker eller sage ut deler av konstruksjonselementer for dokumentasjon av:

- fiberinnhold og fiberorientering i herdet betong;
- mekaniske egenskaper i herdet betong, dvs primært restbøyestrekfasthet.

Kapittel 3 – prøvingsmetoder (forts)

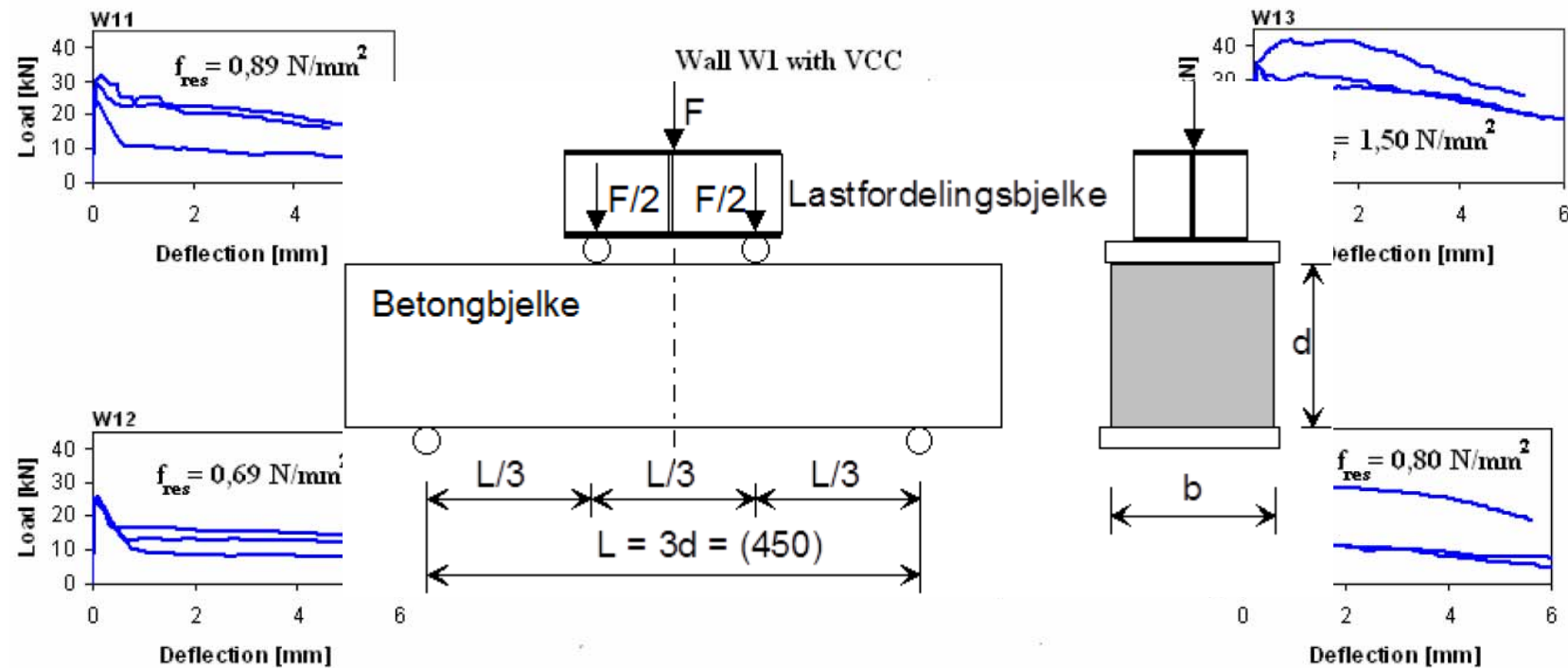
- Aktuelt for elementproduksjon



Figur 3.2: Metode basert på sagde bjelker (Norsk stålfiberveiledning fra 2006)

Kapittel 3 – prøvingsmetoder (forts)

- Aktuelt for elementproduksjon



Figur 3.2: Metode basert på sagede bjelker (Norsk stålfiberveiledning fra 2006)

Kapittel 3 – prøvingsmetoder (forts)

Reststrekkfastheten for betong med gitt volumforhold fiber kan bestemmes teoretisk kombinert med prøving i aktuell betong og bestemmelse av orienteringsfaktor for aktuelle utstøpingsforhold:

$$f_{ftk,res,2,5} = h_0 v_f s_{fk,mid}$$

hvor v_f Volumandel fiber

$s_{fk,mid}$ Middelspenningen i alle fibrer som krysser risset med tilfeldig fordelte forankringslengder og retninger. Denne parameteren er sterkt avhengig av både fibertype og betongkvalitet, og må være bestemt fra relevante forsøk.

h_0 Kapasitetsfaktoren, dvs forholdet mellom normalkraftresultanten av fibrer med aktuell retningsfordeling, og resultantkraften i ensrettede fibrer med samme spenning.

Kapasitetsfaktoren h_0 kan antas lik $1/3$ for fibrer med tilfeldig romlig retningsfordeling. Dersom fiberorienteringen er dokumentert ved forsøk kan følgende relasjoner mellom kapasitetsfaktoren og fiberorienteringsfaktoren benyttes:

$$\begin{array}{ll} \eta_0 = 4/3 a - 1/3 & \text{for } 0,5 < a < 0,8 \\ \eta_0 = 2/3 a & \text{for } 0,3 < a < 0,5 \end{array}$$

Hvor **fiberorienteringsfaktoren** beregnes fra fiberarealforholdet som følger:

$$a = r / v_f \text{ hvor } r = n A_f / A_c$$

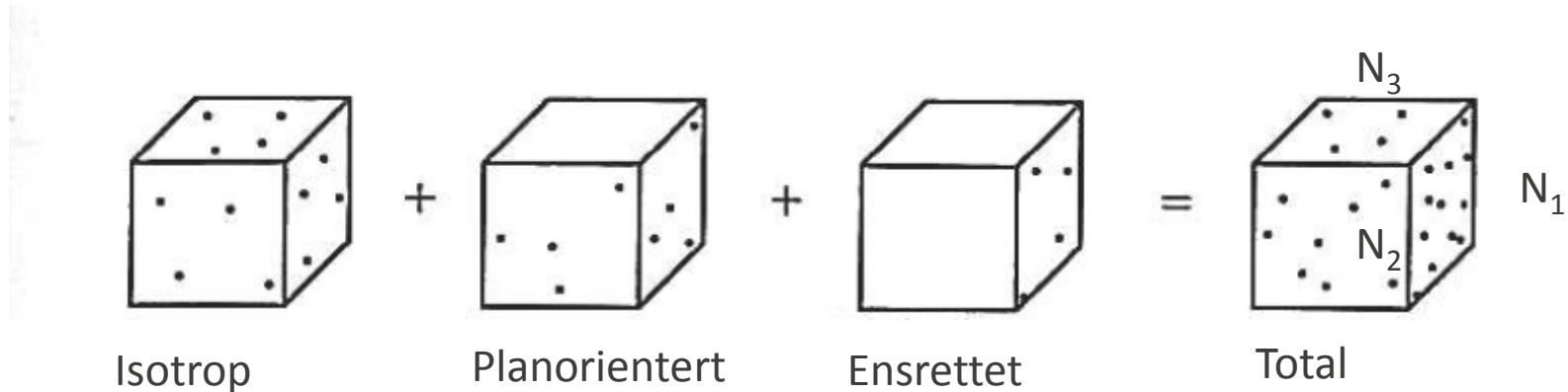
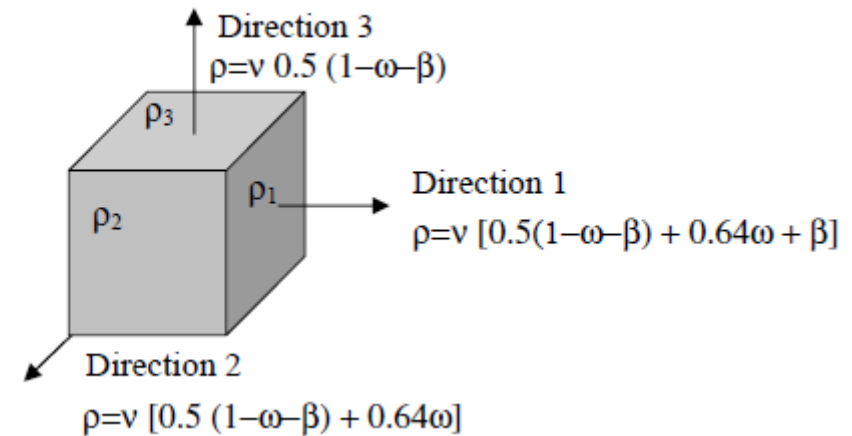
Og hvor n er antall fibrer, A_f er tverrsnittsarealet av en fiber og A_c er arealet av aktuell tverrsnittsdell.

Kapittel 3 – prøvingsmetoder (forts)

Kontroll av fiberorientering og fibervolum

$$v_f = \left(N_1 + \frac{9}{16} N_2 + \frac{7}{16} N_3 \right) \frac{A_f}{A_c}$$

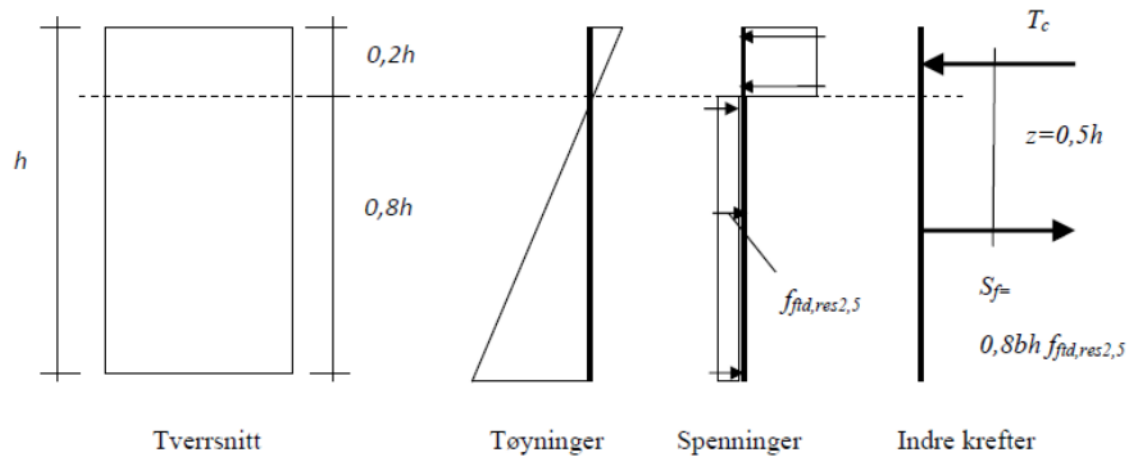
$$(N_1 > N_2 > N_3)$$



Kapittel 4 -Dimensjoneringsregler

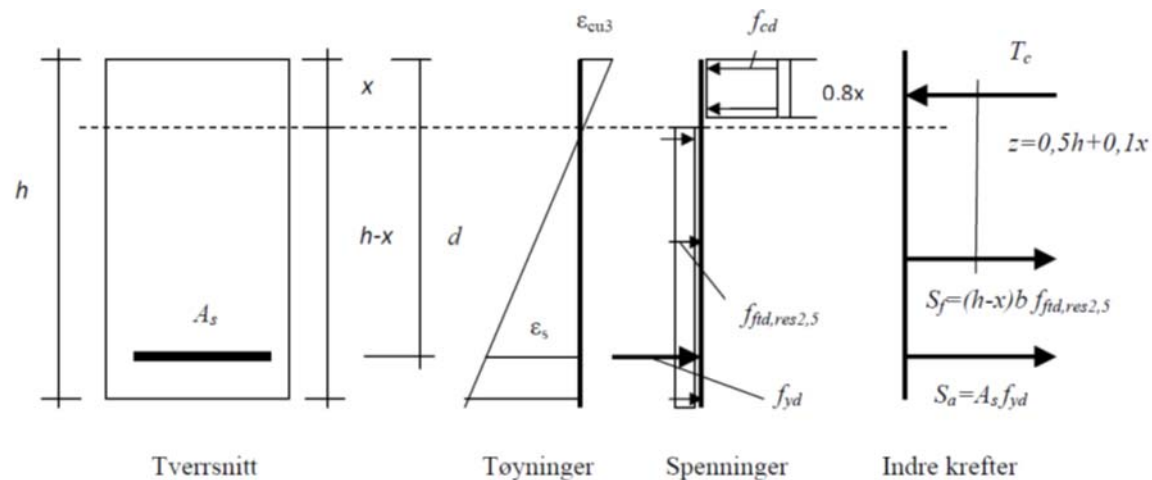
- Momentkapasitet for fiberarmert betong:

$$M_{Rd} = 0,4 f_{ftd,res2,5} b h^2$$



Kapittel 4 -Dimensjoneringsregler

- Momentkapasitet for fiberarmert betong:



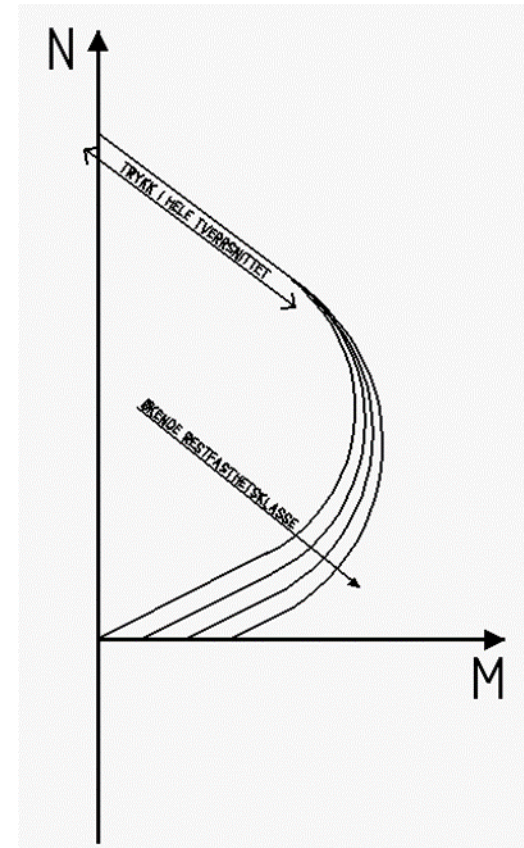
- Ved beregning av kapasiteten skal trykksone høyden bestemmes ved hjelp av aksiell likevekt: $T_c = S_f + S_a$
- Momentkapasiteten kan deretter bestemmes ved å ta likevekt om trykkresultantenes angrepspunkt som: $M_{Rd} = S_f (0.5h + 0.1x) + S_a (d - 0.4x)$

For konstruksjoner med nedstyrtingsfare skal det i tillegg påvises at dimensjonerende bøyemomenter og aksialtrekkrefter kan bæres av stangarmering uten bidrag fra fiberarmeringen. I denne kontrollen kan en sette alle materialfaktorer $\gamma_m = 1,0$.

Kapittel 4 - Dimensjoneringsregler

Samtidig virkende aksialkraft og moment

- Konstruksjonsdeler utført i fiberbetong med konvensjonell armering som er utsatt for samtidig virkende aksialkraft og moment, kan dimensjoneres ved bruk av M-N diagram. Bruddkriteriene som danner grunnlaget for M-N diagrammet endres litt på strekksiden, men ikke på trykksiden ved bruk av fiber i betongen.



Kapittel 4 - Dimensjoneringsregler

- Skjærkapasitet – **kun for stålfiber**

$$V_{Rd,c} = V_{Rd,ct} + V_{Rd,cf}$$

der

- $V_{Rd,ct}$ er skjærkapasiteten for betong iht EC2 6.2.2 og
- $V_{Rd,cf} = 0,6 \cdot f_{ftd,res2,5} \cdot b_w \cdot h$



Kapittel 4 - Dimensjoneringsregler

- Kapasiteten for torsjonsmomentet skal påvises for hhv strekkbrudd og trykkbrudd:

$$(T_{Ed} \leq T_{sd} + T_{fd}) \quad T_{Ed} \leq T_{Rd\max}$$

T_{fd} kan da settes lik: $T_{fd} = 1,2 f_{ftd, res2,5} A_k t_{ef}$

A_k er arealet innenfor midtlinjene til det effektive tverrsnittet mens t_{ef} er tykkelsen av det effektive tverrsnittet. For bestemmelse av det effektive tverrsnittet se Eurocode 2 punkt 6.3.2.



Kapittel 4 - Dimensjoneringsregler

Prinsipp for minimumsarmering

Beregning av minimum stangarmering følger de generelle prinsippene i kapittel 7.3.2 i Eurokode 2 og baserer seg på at strekksonen i et tverrsnitt skal ha minst samme kapasitet etter rissdannelse som umiddelbart før. For et fiberarmert tverrsnitt kan dette uttrykkes som:

$$A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot (f_{ctm} - \cancel{f_{Ftsm}}) \frac{A_{ct}}{\sigma_s}$$

hvor $A_{s,min}$ er arealet av stangarmeringen

k_c og k som gitt i Eurokode 2 pkt 7.3.2(2)

f_{ctm} er midlere aksialtrekkfasthet

f_{Ftsm} er midlere resttrekkfasthet ($= f_{Ftsk}/0.7$, $f_{Ftsk} = 0.45f_{R1k}$)

A_{ct} er arealet av tverrsnittets strekksone før opprissing

σ_s er tillatt spenning i armeringen (kan settes lik armeringens flytegrense f_{yk} dersom spesielle rissviddekrav ikke gjelder/evt rissvidder sjekkes særskilt)

Kapittel 4 - Dimensjoneringsregler

Minimumsarmeringkrav til plater og bjelker.

Hovedarmeringen og en gjennomgående minimumsarmering

- $A_s \geq 0,26 A_c (f_{ctm} - 2,1 f_{ftk, res2,5}) / f_{yk}$

Plater: På tvers av denne skal ha et tverrsnittsareal som svarer til:

- $A_s \geq 0,0013 A_c (1 - 2,1 f_{ftk, res2,5} / f_{ctm})$

Bjelker: kravet til minimum skjærarmering uttrykt ved skjærarmeringsforholdet (ρ_w) i pkt 9.2.2 i Eurocode 2 erstattes av:

$$r_{w,min} = (0,1 \sqrt{f_{ck}} - 0,3 f_{ftkres2,5}) / f_{yk}$$

Eksempel, B25 og 1% stålfiber: $(0,1 * 25^{0,5} - 0,3 * 1/3 * 0,01 * 500) / f_{yk}$, dvs ingen stangarmering.

Kapittel 4 - Dimensjoneringsregler

Minimumsarmeringskrav vegger, skiver og skall

$A_s = 0,6 A_c (f_{ctm} - f_{ftkres,2,5}) / f_{yk}$	horisontalt i yttervegger
$A_s = 0,3 A_c (f_{ctm} - 1,5 f_{ftkres,2,5}) / f_{yk}$	for øvrig i vegger, horisontalt og vertikalt
$A_s = 0,6 A_c (f_{ctm} - f_{tftkres,2,5}) / f_{yk}$	i skiver og skall, begge retninger

Vegger, skiver og skall kan utføres uten vanlig stangarmering dersom det kan påvises beregningsmessig at den valgte mengden fiberarmering er tilstrekkelig til å oppta de krefter som oppstår fra laster, svinn- og temperaturendringer.



5 Veiledningskapittel

Aktuelle bruksområder, kombinert løsning (kamstål + fiber)

- Etteroppspente flatdekker. Platefelt i flatdekker og toveisplater
- Spesielle skjærproblem
- Bjelker med oppleggsneser
- Bjelker med utsparinger
- Prefab-elementer (bjelker, hulldekker)
- Kantbjelker på betongbruer
- Fiber i bruksgrense; mulighet til å oppnå små rissvidder og god vanntetthet

Aktuelle bruksområder, ren fiberarmert betong

- Søyle- og veggfundamenter, Mindre støttemurer
- Peleunderstøttede plater på mark
- Fasadeelementer
- Vegger
- Grunnmur (kjellervegger)
- Betongprodukter, Små kulverter
- Plasstøpte tunnelvelv

5 Veiledningskapittel

Eksempel på andre tema behandlet i veiledningskapittel

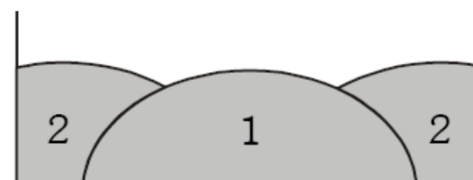
- Proporsjonering / Grunnlag for valg av materialsammensetning
- anbefalte fiberdoseringer/ typer for å oppnå en gitt reststrekkfasthet
- Innblanding og fordeling av fiber
- Utførelse, transport på byggeplass, utlegging, pumping og komprimering



Utstøpning og vibrering

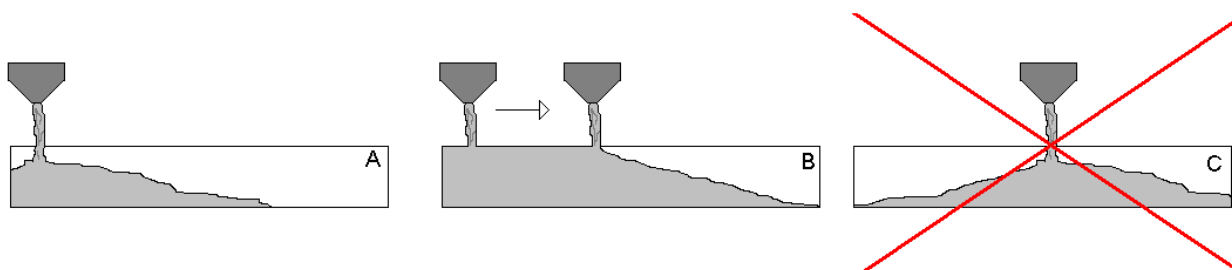
Vibrert betong

Ved bruk av stavvibrator kan det oppstå soner rundt vibratoren med lavere fiberkonsentrasjon. For fiberbetong er det derfor spesielt viktig å føre vibratoren med en jevn hastighet for å sikre et homogent materiale. Særlig for strekkutsatte deler av bjelker og dekker kan det være kritisk med svakhetssoner der det er lite fiber. Det anbefales det derfor i størst mulig grad å bruke vibrobrygge eller formvibrering.



SKB

Flyteretningen til betongen bør være mest mulig konstant gjennom konstruksjonen for å få en mest mulig konstant retningsorientering av fibrene.



Regneeksempel kontorbygg

Søyler 0,3m x 0,4m

Dekke $t=0,2\text{m}$

Fundament 2,7x2,7x0,4m

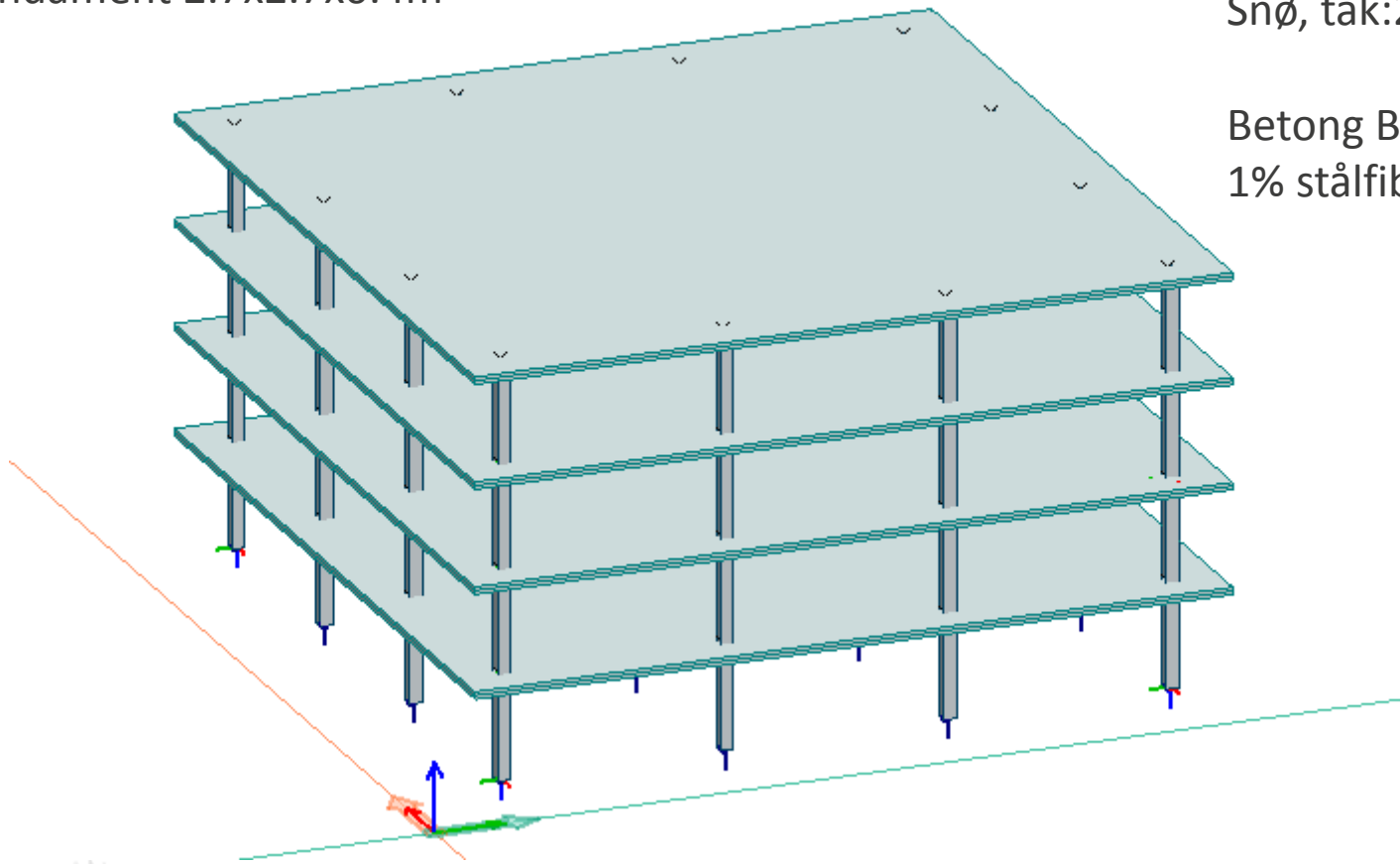
Påført egenlast 1kN/m^2

Nyttelast dekker 3kN/m^2

Snø, tak: $2,8\text{kN/m}^2$

Betong B30

1% stålfiber



Regneeksempel

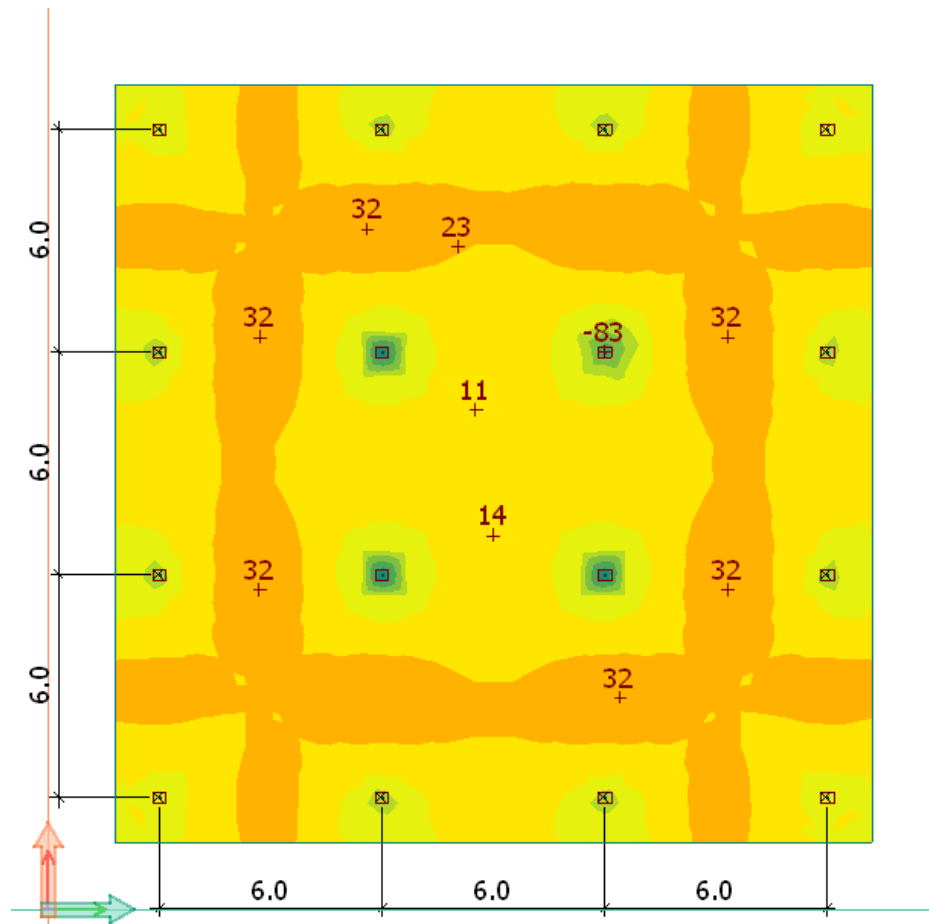
$$f_{tk,res} = \eta_0 \cdot v_f \cdot \sigma_{fk,mid}$$

- 1% stålfiber (78kg/m³)
- Reststrekkfasthet $f_{tk,res}$ oppgis av leverandør på bakgrunn av bjelkeprøving. Erfaringer fra stålfiber med endekroker viser at middelspenning i fiber ligger på ca $\sigma_{fk,mid}=5-700\text{N/mm}^2$. Antar her $\sigma_{fk,mid}=500\text{N/mm}^2$. Med isotrop fordeling av fiber blir:

$$f_{tk,res} = 1/3 * 0.01 * 500 = 1.67 \text{ N/mm}^2$$



Regneeksempel - Dekke, 6m spenn, t=0.2m



Plott moment M1

Maks underkantsmoment 32kNm/m

Maks moment over støtte ca 85kNm/m

Isotropt fordelte fiber gir kapasitet

$$M_{Rd} = 0.4 \cdot f_{td,res} / 1.5 \cdot b h^2$$

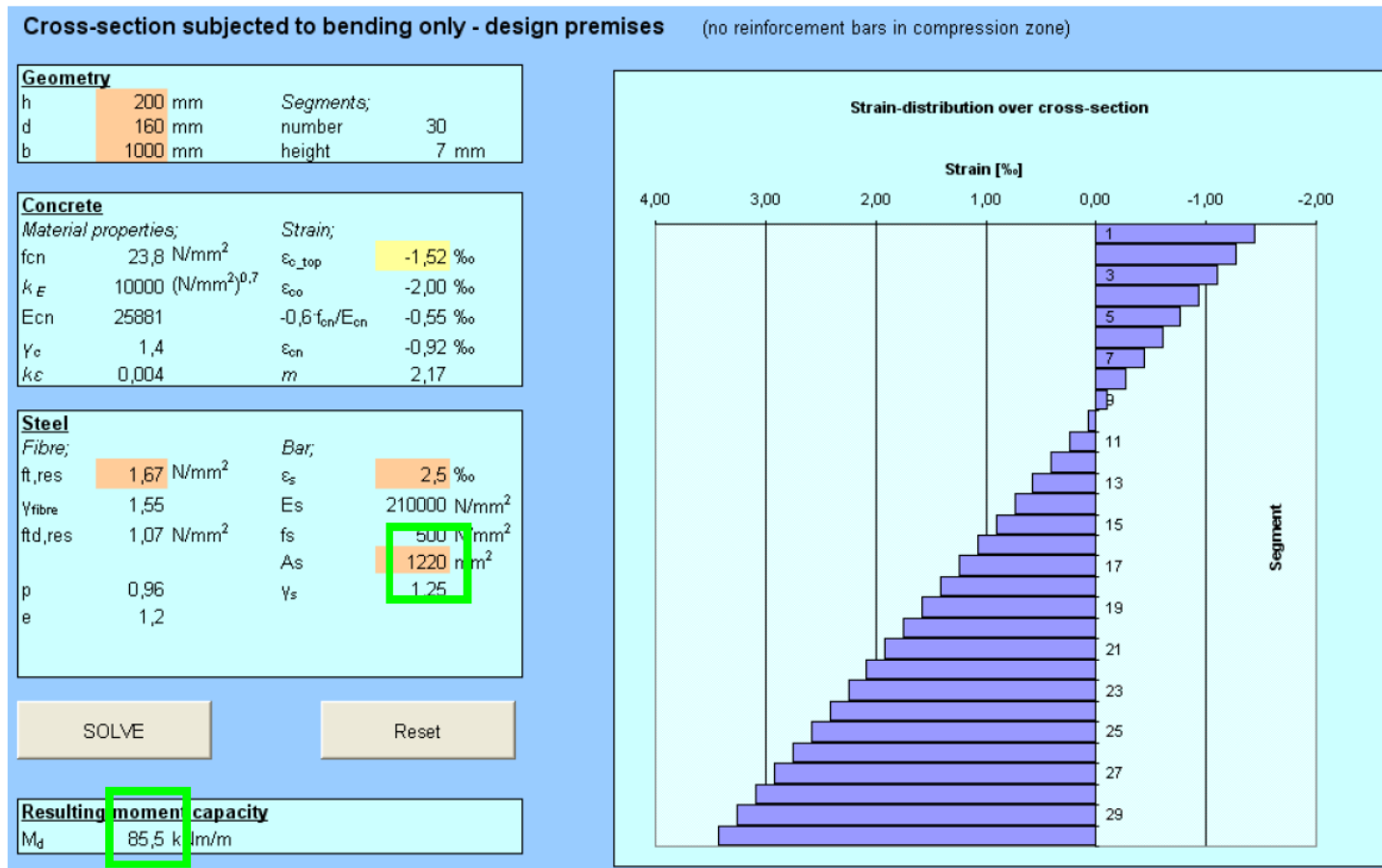
$$= 0.4 \cdot 1.67 / 1.5 \cdot 1000 \cdot 200^2 \cdot 10^{-6}$$

$$= 27 / 1.5 = \underline{18 \text{ kNm/m}}$$

Dvs tilleggsarmering nødvendig, også i felt.

Merk: en fiberspenning på 600MPa og en 2D fiberorientering vil gi $f_{td,res} = 3/1.5$ og $M_{Rd} = 32 \text{ kNm}$, dvs tilstrekkelig kapasitet.

Regneeksempel - Dekke, 6m spenn



Figur hentet fra COIN rapport «Steel
Fibres in load carrying concrete
structures. Guideline survey and practical
examples 2009 av A. Klausen

Dvs Ø16 c160 over støtter

Regneeksempel - Dekke, 6m spenn

- Dimensjonerende skjærkraft **$V_f=412\text{kN}$** i en avstand $2d$ fra søyleopplegg

$$V_{Rd,c} = V_{Rd,ct} + V_{Rd,cf}$$

der

- $V_{Rd,ct}$ er skjærkapasiteten for betong iht EC2 6.2.2
 $= [C_{Rd,c} k (100 r_1 f_{ck})^{1/3} + k_1 s_{cp}] b_w d = 0.18 / 1.5 * 2 * [100 * 1220 / (1000 * 160) * 35]^{1/3} = \underline{115\text{kN/m}}$ ($> (v_{min} + k_1 s_{cp}) b_w d = 94$) $\Rightarrow V_{Rd,ct} = \mathbf{308\text{kN}}$
- $V_{Rd,cf} = 0,6 \cdot f_{ftd,res2,5} \cdot b_w \cdot h = 0.6 * 1.67 / 1.5 * 1000 * 160 = 107\text{kN/m}$.
 Totalt på kritisk snitt blir dette
 $107 * ((0.3 + 2 * 0.16) * 2 + (0.4 + 2 * 0.16) * 2) = \mathbf{287\text{kN}}$
- $V_{Rd,c} = 308 + 287 = 595\text{kN} > V_f$; Ingen behov for skjærarmering**



Regneeksempel – Fundament t=400

Moment

Opptredende moment 161kNm

- $$M_{Rd} = 0.4 \cdot f_{td, res} / 1.5 \cdot b h^2$$

$$= 0.4 \cdot 1.67 / 1.5 \cdot 1000 \cdot 400^2 \cdot 10^{-6} = 107 / 1.5 = \underline{71 \text{ kNm/m}}$$

Dvs tilleggsarmering med kamstål nødvendig (Ø16 c100)

Skjær

Opptredende skjær 1001kN i avstand 2d fra søyle.

- $$V_{Rd, c} = V_{Rd, ct} + V_{Rd, cf} = 682 + 848 = 1530 \text{ kN} > V_f = 1001 \text{ kN}$$

Dvs ingen skjærarmering nødvendig.

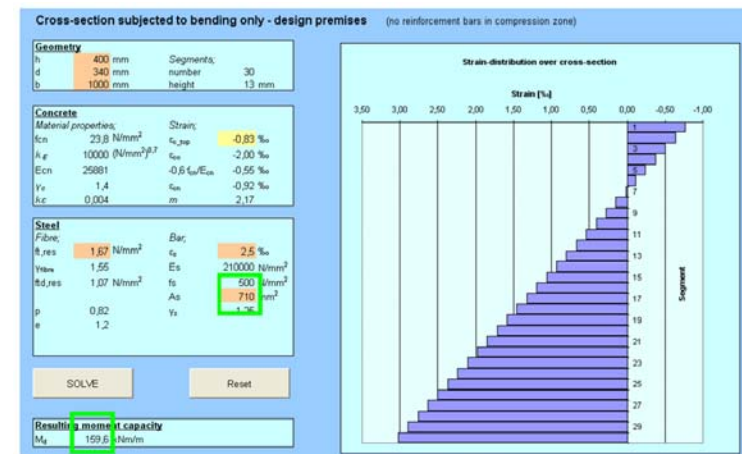
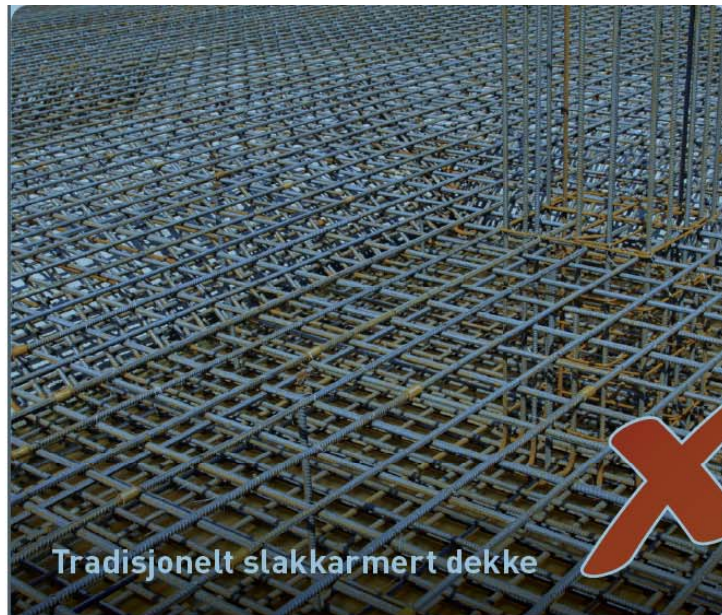


Figure D1: Required bar reinforcement when 1 vol.-% steel fibre content.

Figur hentet fra COIN rapport A. Klausen, 2009

CLL Deck

Dekkene armeres med spennarmering og støpes med SKB betong iblandet CCL Krampe stålfiber. Tradisjonell slakkarmering kan da reduseres eller fjernes i sin helhet.



TID ER PENGER

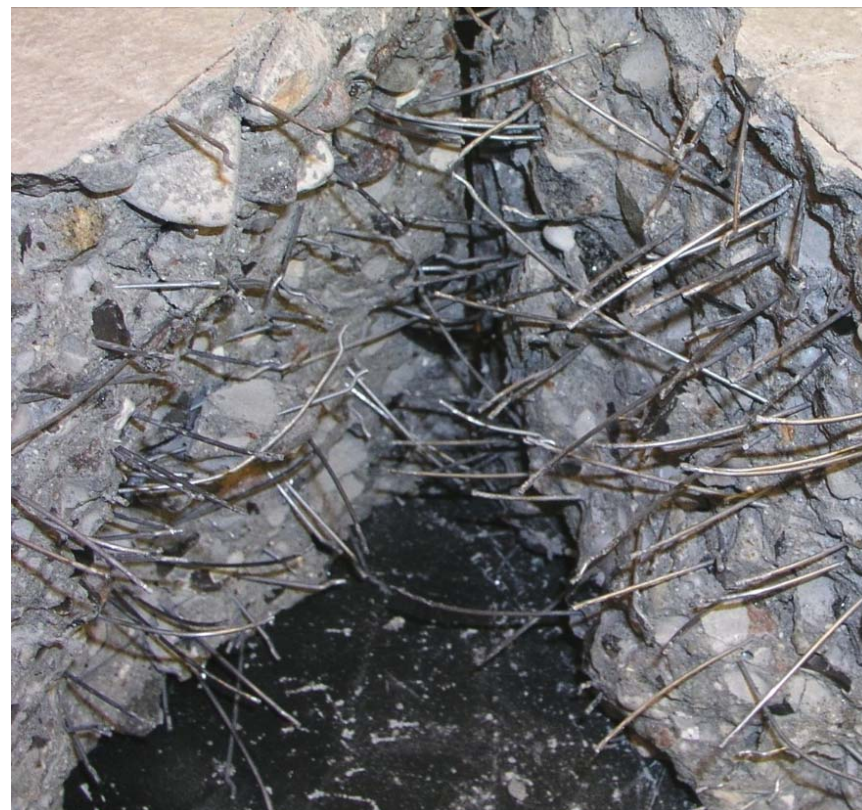
CCL DECK HAR BLITT
TILDELT TEKNISK
GODKJENNING AV SINTEF



Videre

NB38 sendes etter planen ut som høringsutkast til våren 2017.

Takk for oppmerksomheten!



Merknad: Presentasjonen baserer seg på foreløpig utkast av NB38, og er kun til orientering. Innhold kan ikke gjenbrukes uten tillatelse.