

Selvkompakterende beton med stålfibre til brokonstruktioner

Anders Nybroe, MT Højgaard A/S
Thomas Kasper, COWI A/S

1 | 20 SEPTEMBER 2012
DANSK BETONDAG 2012

COWI

Indhold

- › Stålfiberbeton-konsortiet
- › Demoprojekt
- › Designgrundlag for SFR SCC
- › Holdbarhedsaspekt
- › Udførelse
- › Konklusioner, kommende aktiviteter

2 |

COWI

Stålfiberbeton-konsortiet

Bæredygtige betonkonstruktioner med stålfibre
2010 – 2013

DP1 – Konstruktions- og udførelsessimulering

DP2 – Materialeudvikling

DP3 – Designgrundlag

DP4 – Udførelseskontrol og -metoder

DP5 – Videnspredning og demonstration

www.steelfibreconcrete.com

Stålfiberbeton-konsortiet

Teknologisk Institut

MT Højgaard A/S

DTU Byg

COWI A/S

Convi ApS

Bekaert A/S

Unicon A/S

CRH Concrete A/S

Aalborg Portland A/S

Hi-Con A/S

Betonelement-Foreningen

Vejdirektoratet Dansk Byggeri Dansk Industri Femern A/S Banedanmark

Demoprojekt

> Slagelse Omfartsvej Underføring

- > Bygherre: Vejdirektoratet
- > Entreprenør: MT Højgaard A/S
- > Design: COWI

- > Rammebro
- > Fundamenter støbt 25.06.2012 i SFR SCC
- > Væggene støbt 04.09.2012 i SFR SCC
- > Brodækket støbt 04.09.2012 i SFRC

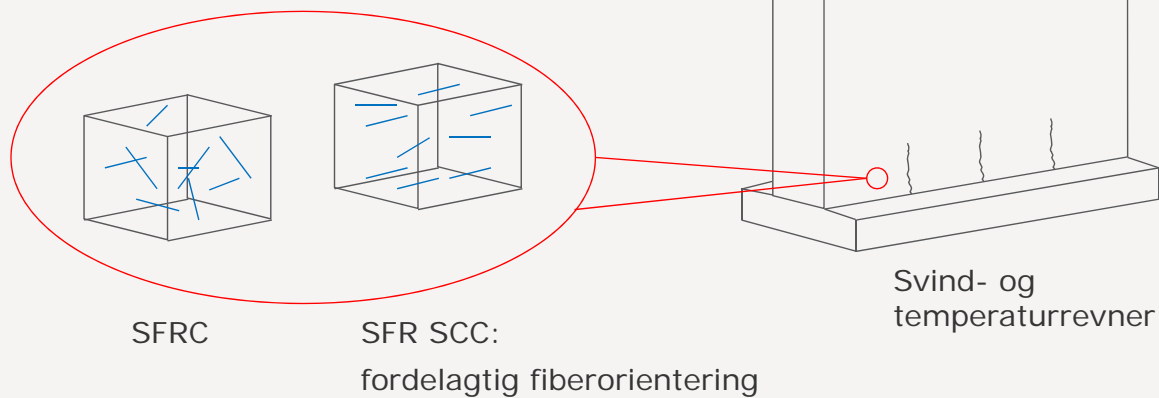


COWI

5 |

Demoprojekt

> Eksempel



SFRC

SFR SCC:

fordelagtig fiberorientering

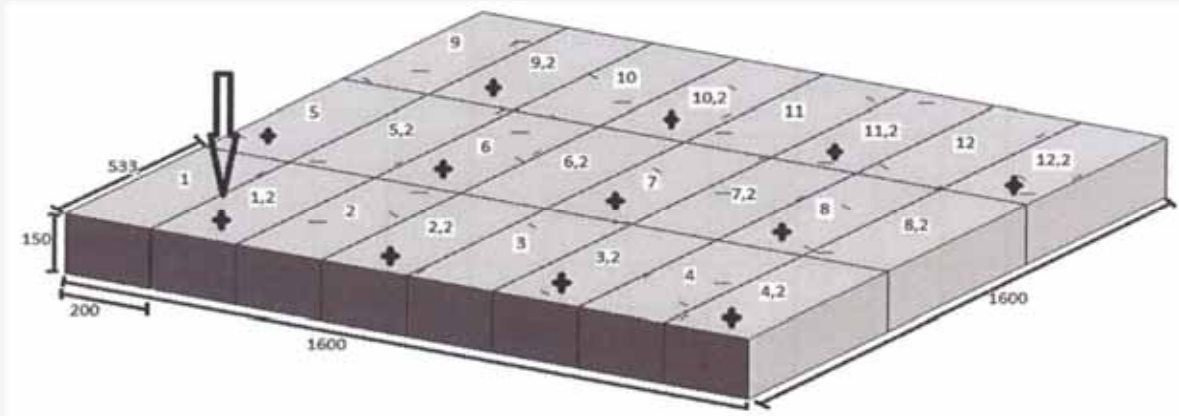
Svind- og
temperaturrevner

COWI

6 |

Testplade med SFR SCC på Eternitgrunden

- > Illustration af effekten af fiberorientering



7 |

COWI

Testplade med SFR SCC på Eternitgrunden

- > Illustration af effekten af fiberorientering

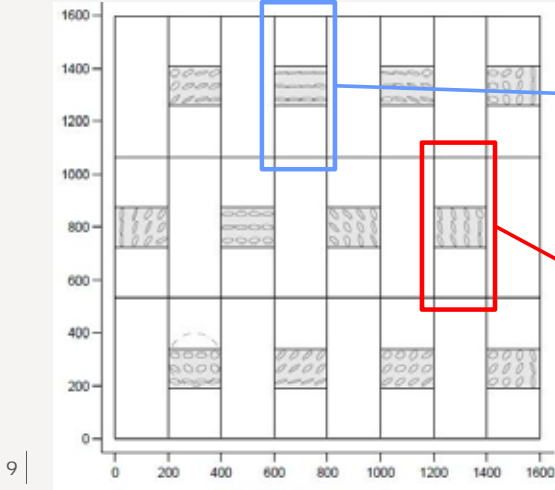


8 |

COWI

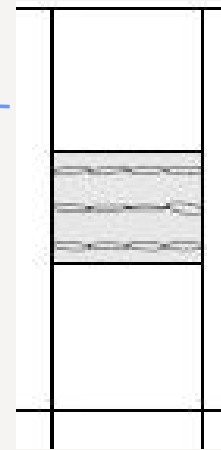
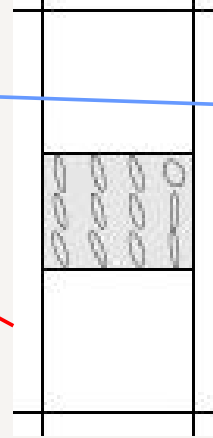
Testplade med SFR SCC på Eternitgrunden

> Illustration af effekten af fiberorientering



Bjælke B8

Bjælke B10,2

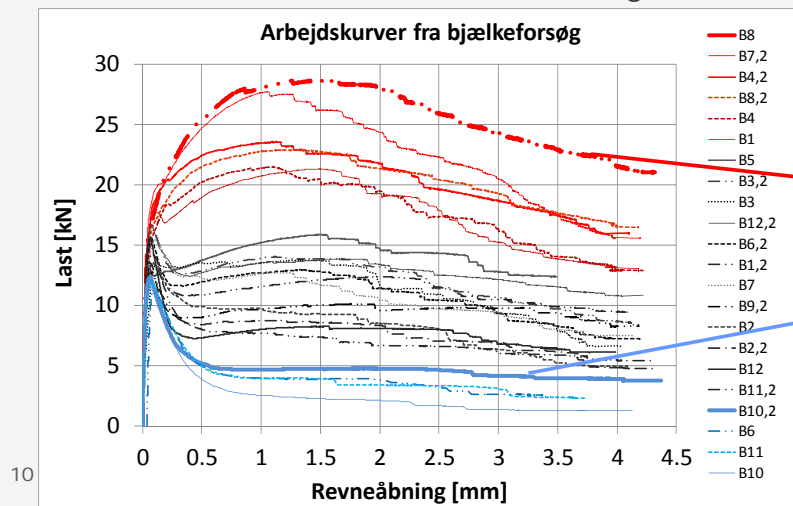


COWI

9

Testplade med SFR SCC på Eternitgrunden

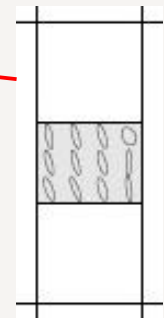
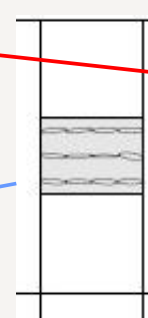
> Illustration af effekten af fiberorientering



Stor spredning af styrken som funktion af fiberorientering

B10,2

B8



COWI

Designguide

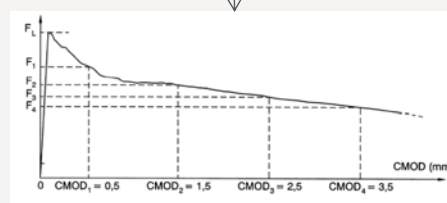
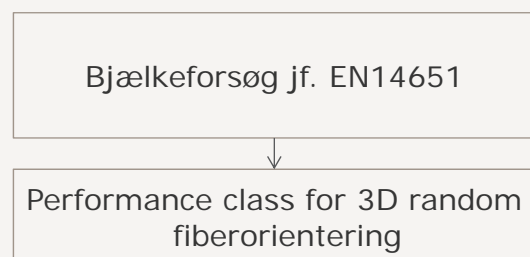
- > Udarbejdelse af en Dansk Designguide i DP3 af konsortiet
- > Design- og udførelsesregler mht. fiberorientering i SFR SCC
- > Udgangspunkt: Tysk guideline "Richtlinie Stahlfaserbeton" 03/2010, hvor SFR SCC ikke er dækket

- > Nyt i forhold til den tyske guideline:
 - > 3-punkt bøjnings-forsøg i stedet for 4-punkt bøjnings-forsøg
 - > Basis og retningslinjer for design og udførelse af SFR SCC
 - > Brudmekaniske numeriske simuleringer som grundlag for design

11 |

COWI

Designgrundlag for SFR SCC



L1

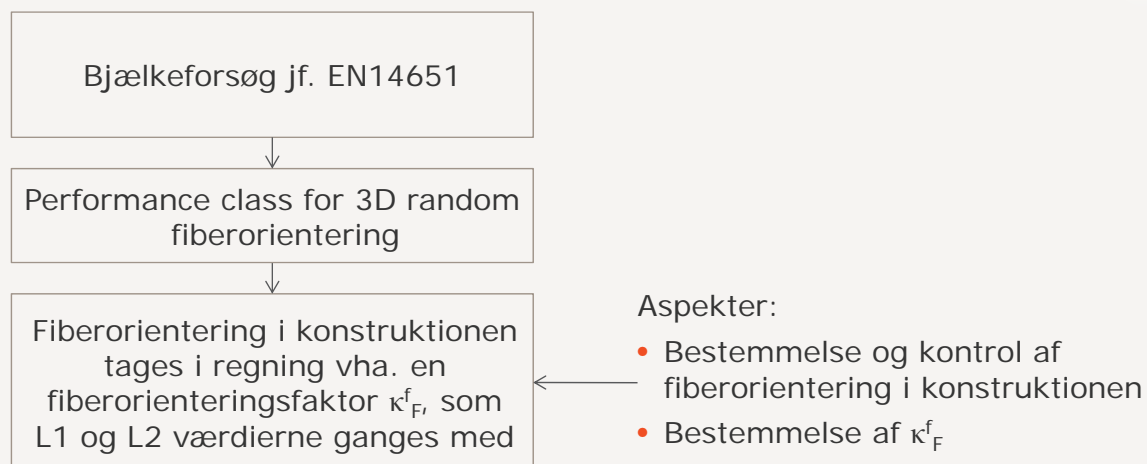
L2

Performance class L1/L2
(Bøjetrækstyrker ved revneåbning 0.5 / 3.5 mm)

12 |

COWI

Designgrundlag for SFR SCC

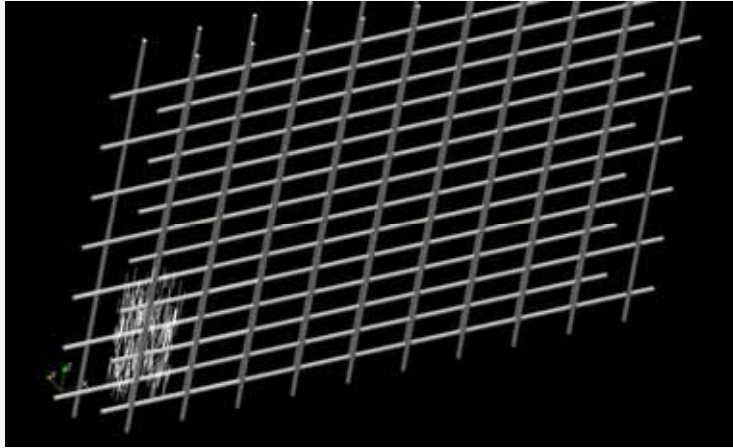


Designgrundlag for SFR SCC

- > Bestemmelse af fiberorientering i konstruktionen:
 - > Simuleringer af støbningen
 - > Prøvestøbninger
 - > Erfaring (når der er samlet en tilstrækkelig mængde eksempler / data)
- > Kontrol af fiberorientering i konstruktionen:
 - > Kontrol af støbeprocessen på byggepladsen – Det skal svare til ovennævnte simuleringer / prøvestøbninger
- > Bestemmelse af κ_F^f :
 - > Etablering af en relation mellem fiberorientering og bøjetrækstyrke

Designgrundlag for SFR SCC

- > Bestemmelse af fiberorientering i konstruktionen:



Simuleringer af støbning af væggene med DTU's simuleringsmodel

15 |

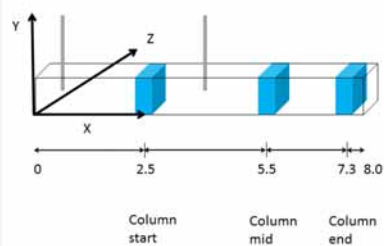
COWI

Designgrundlag for SFR SCC

- > Bestemmelse af fiberorientering i konstruktionen:



Prøvestøbning af væggene



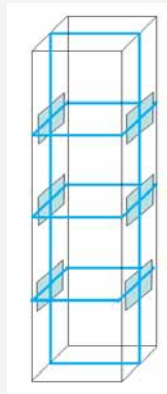
16 |

COWI

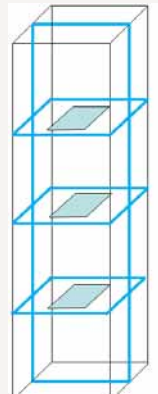
Designgrundlag for SFR SCC

- › Bestemmelse af fiberorientering i konstruktionen:

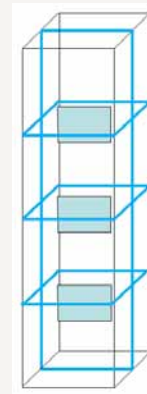
Prøvestøbning af væggene



X



Y

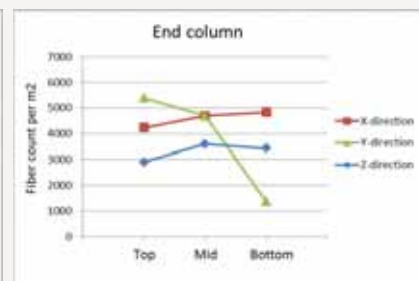
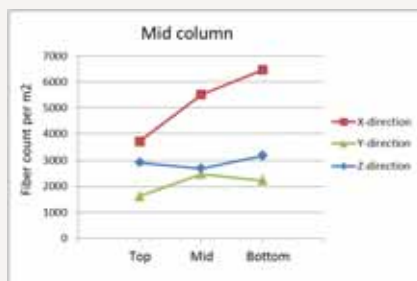
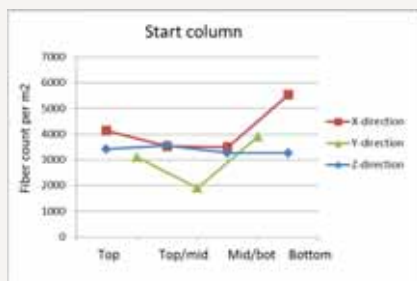


Z

COWI

Designgrundlag for SFR SCC

- › Bestemmelse af fiberorientering i konstruktionen:

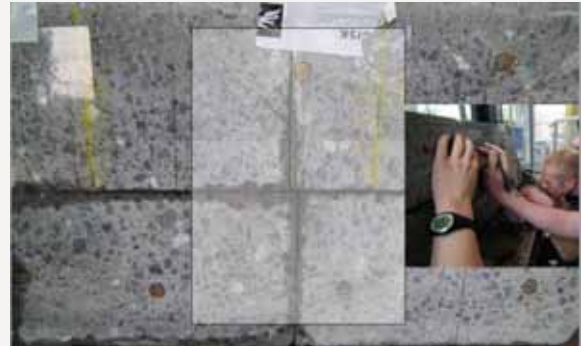


Prøvestøbning af væggene

COWI

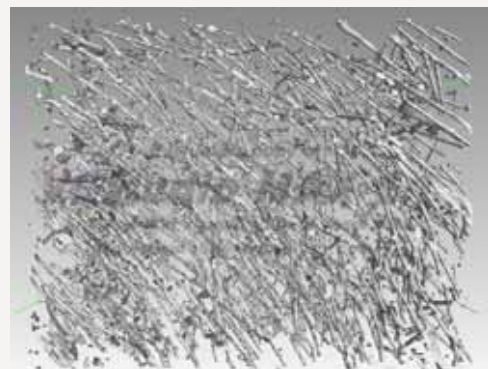
Demoprojekt: Eksempler

- > Bestemmelse af κ_F^f :
- > Fiberantallet i de forskellige retninger kan bestemmes vha.
 - > Visuel inspektion af brudflader



Demoprojekt: Eksempler

- > Bestemmelse af κ_F^f :
- > Fiberantallet i de forskellige retninger kan bestemmes vha.
 - > Visuel inspektion af brudflader eller
 - > CT scanning



Demoprojekt: Eksempler

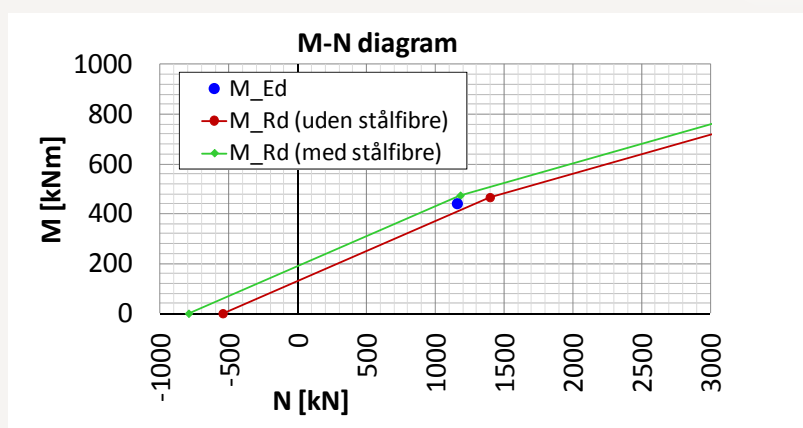
- > Bestemmelse af κ_F^f :
- > Fiberantallet i de forskellige retninger kan bestemmes vha.
 - > Visuel inspektion af brudflader eller
 - > CT scanning eller
 - > Støbesimuleringer

21 |

COWI

Demoprojekt: Eksempler

- > Bøjningsbæreevne uden og med fibre (performance class 2.4/2.1, 35 kg/m³ fibre)
- > 14.5 % forbedring pga. fibre



22 |

COWI

Demoprojekt: Eksempler

- > Forskydningsbæreevne uden og med fibre (performance class 2.4/2.1, 35 kg/m³ fibre)

V_{Rd} uden fibre [MN/m]	V_{Rd} med fibre [MN/m]	Forbedring pga. fibre [%]
0.191	0.298	56.0

- > 56.0 % forbedring pga. fibre

Demoprojekt: Eksempler

- > Revnevidder uden og med fibre (performance class 2.4/2.1, 35 kg/m³ fibre)

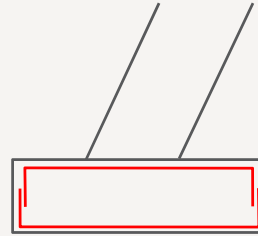
w uden fibre [mm]	w med fibre [mm]	Forbedring pga. fibre [%]
0.20	0.14	26.2

- > 26.2 % forbedring pga. fibre

Demoprojekt: Eksempler



Fundamenter



Top armering undladt

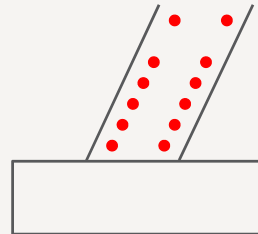
25 |

COWI

Demoprojekt: Eksempler



Nedre del af væggene



Fordobling af
længdearmering undladt

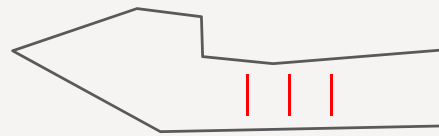
26 |

COWI

Demoprojekt: Eksempler



Overgang Brodæk - Kantbjælker



Ikke brug for bøjler pga. fibre

27 |

COWI

Demoprojekt: Eksempler



Generelt:

- En del af armeringen blev erstattet af fibre eller
- Lavere udnyttelsesgrader

28 |

COWI

Holdbarhed

- > Fibre er "armering i alle retninger" → forøget robusthed
- > Stålfibre er mere robuste overfor korrosion end traditionel armering
 - > Fibre er korte og isoleret, derfor ingen makrokorrosion
 - > Bedre vedhæftning mellem fibre og beton end mellem armeringsjern og beton (fibre "svømmer")
 - > Højere klorid tærskelværdier for stålfibre end traditionel armering, kan tåle langt højere kloridkoncentrationer
 - > Karbonatiseringskorrosion er begrænset til en få mm tyk randzone
 - > Fibre ved overfladen korroderer (potentielt æstetisk problem)

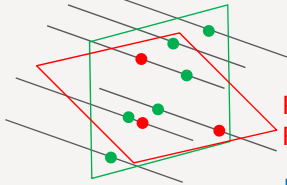
Kommende aktiviteter

- > Detaljeret evaluering af demonstrationsprojektet
- > Undersøgelser for præfabrikerede konstruktioner er i gang
- > Dansk designguide er under udarbejdelse

Designgrundlag for SFR SCC

- > Bestemmelse af κ_F^f :

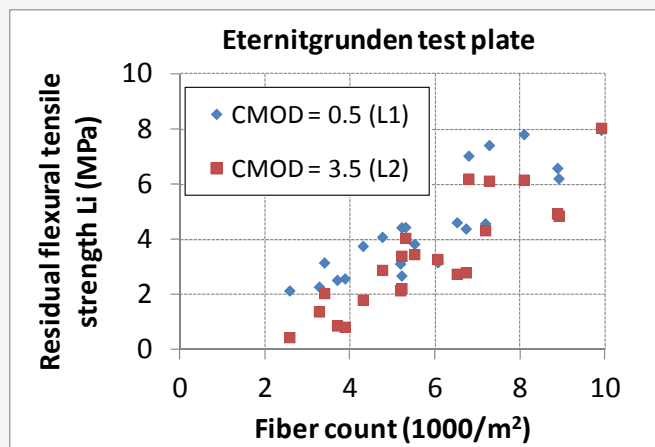
Revneflade(-orientering) 1:
Fibre count er 6



Revneflade(-orientering) 2:
Fibre count er 3

Fibre count ratio: $6 / 3 = 2$

31 |

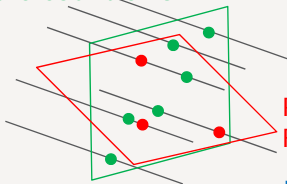


COWI

Designgrundlag for SFR SCC

- > Bestemmelse af κ_F^f :
- > Forsøgene viser: Hvis der f.eks. går dobbelt så mange fibre igennem revnefladen (fibre count ratio = 2), så er styrken også dobbelt så stor, dvs. $\kappa_F^f = 2$

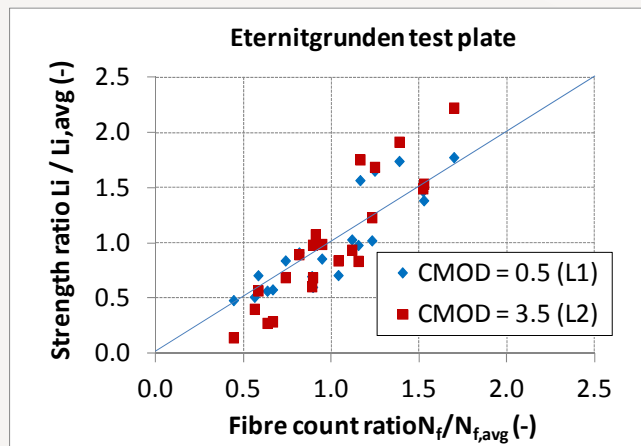
Revneflade(-orientering) 1:
Fibre count er 6



Revneflade(-orientering) 2:
Fibre count er 3

Fibre count ratio: $6 / 3 = 2$

32 |

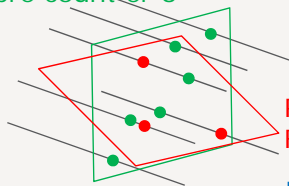


COWI

Designgrundlag for SFR SCC

- > Bestemmelse af κ_F^f :
- > Forsøgene viser: Hvis der f.eks. går dobbelt så mange fibre igennem revnefladen (fibre count ratio = 2), så er styrken også dobbelt så stor, dvs. $\kappa_F^f = 2$

Revneflade(-orientering) 1:
Fibre count er 6



Revneflade(-orientering) 2:
Fibre count er 3

Fibre count ratio: $6 / 3 = 2$

