



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Højstyrkefiberbeton (UHPFRC) som vandtætning ved brodækrenovering

Betonreparation og -Renovering 2015. Hotel Scandic – Kolding

*Oldrich Svec & Claus Pade
Teknologisk Institut
Beton
osv@teknologisk.dk*



Indhold



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- **Formål & Baggrund**
- **Eksperimentelt**
- **Konklusion**

Formål



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- At undersøge potentialet for anvendelse af UHPFRC som fugtisolering på betonbroer - alternativ til konventionelle bitumenpladeløsninger



Baggrund



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- UHPFRC, schweiziske erfaringer e.g.
 - *G. Habert, E. Denarié, A. Šajna, P. Rossi, Lowering the global warming impact of bridge rehabilitations by using Ultra High Performance Fibre Reinforced Concretes, Cement and Concrete Composites, Volume 38, April 2013, Pages 1-11, ISSN 0958-9465*



Siden 2004 anvendt mere end 20 gange i Schweiz

Hvad er succeskriterierne for en cementbaseret løsning?

- Økonomisk attraktiv - kosteffektiv !
 - Installationstid – reduceret lukning af bro <18 dage (+)
 - Robust løsning = få fejl under installation (?)
 - Bedre eller tilsvarende holdbarhed: >60 år (?)

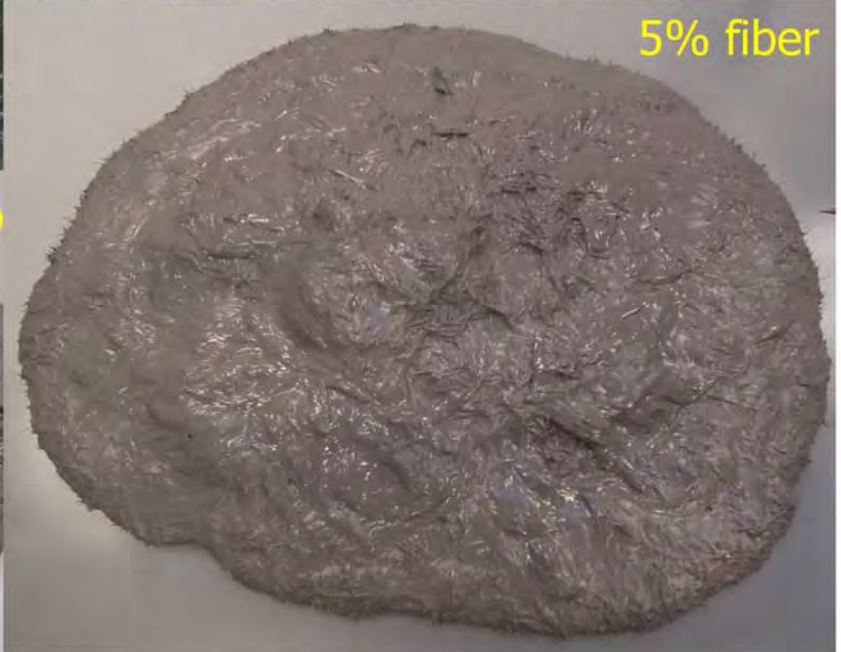
- Vandtæthed – revnevidde og revnefordeling (?+)
- Høj chloridindtrægningsmodstand – bindersammensætning (?+)
- Frostbestandighed (?+)
- God vedhæftning til substrat (beton) (?+)

Mix design

- Cement
- Kalkfiller
- Mikrosilika
- Vand
- Superplasticizer
- Stålfiber
 - Messing coatede
 - Længde 12,5 mm
 - Diameter 0,3 mm
 - Trækstyrke 2600 MPa



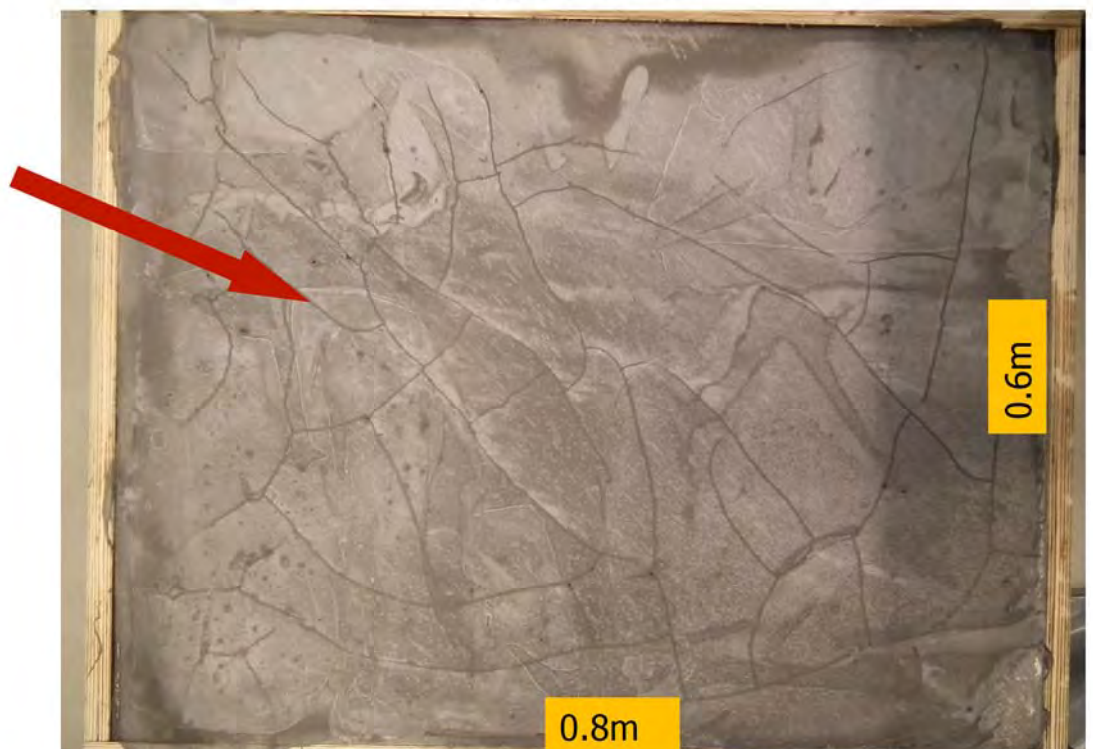
"Flydemål" – (4C-Rheometer)



Fiberindhold vs. revnefordeling 10mm UHPFRC på stor flise

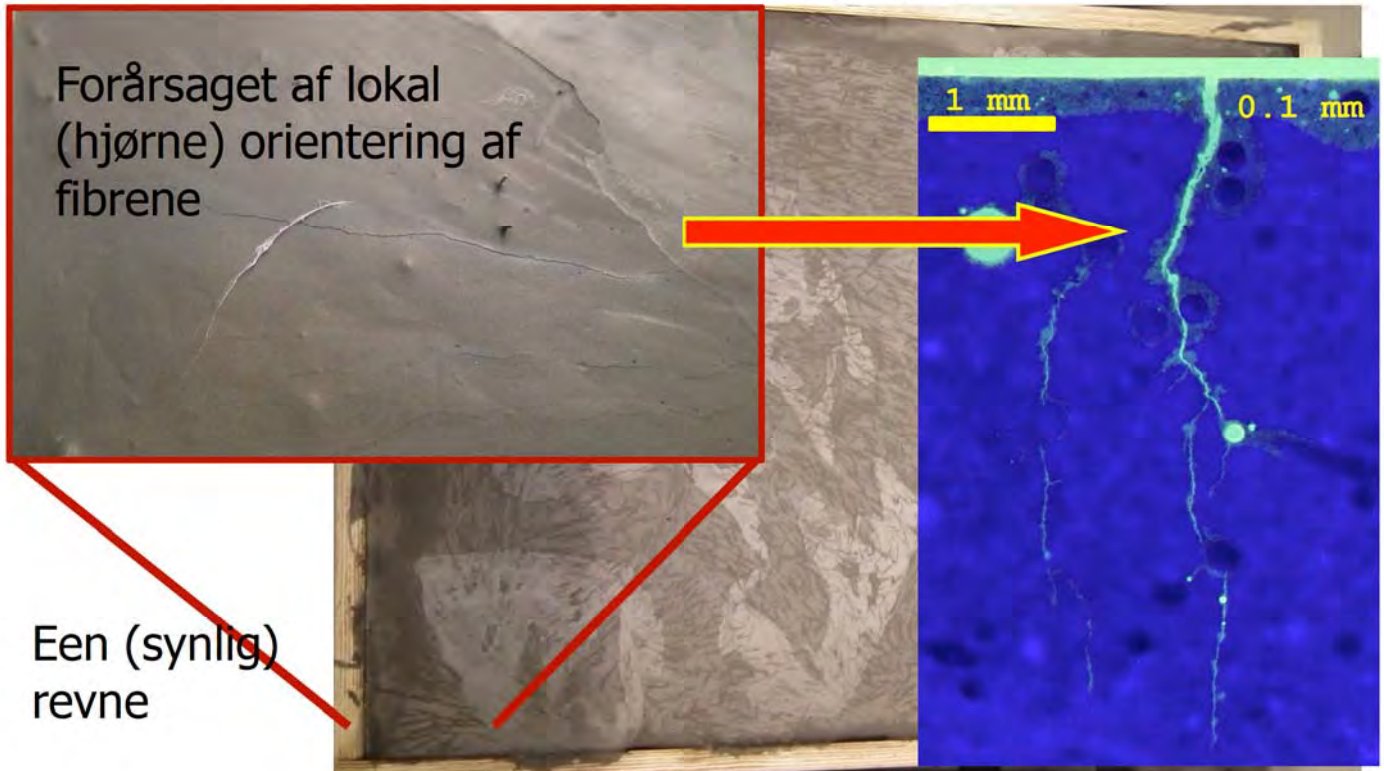
Ingen fibre

(Få) store
revner



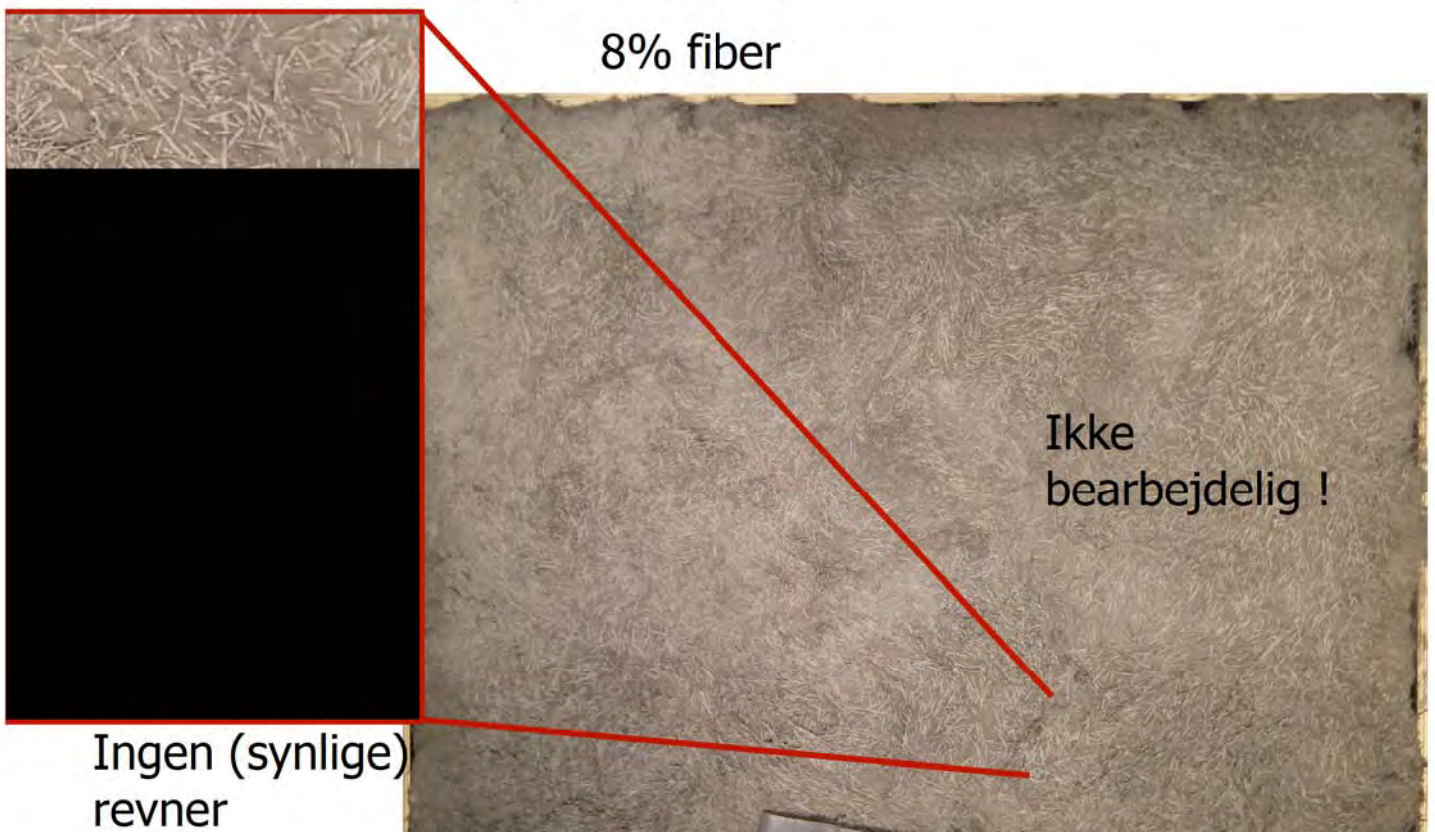
Fiberindhold vs. revnefordeling 10mm UHPFRC på stor flise

4% fibre



Fiberindhold vs. revnefordeling 10mm UHPFRC på stor flise

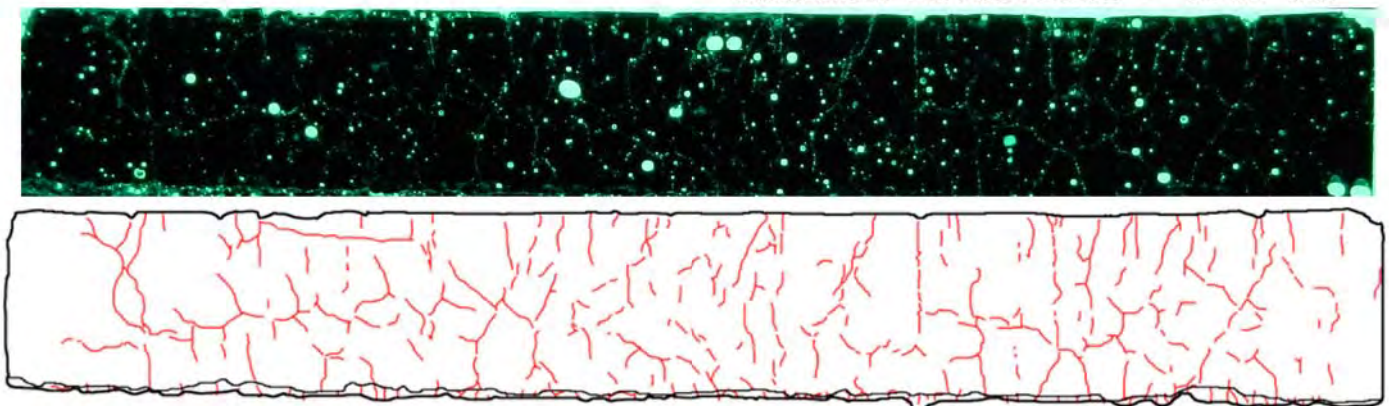
8% fiber



Fiberindhold vs. revnefordeling 10mm UHPFRC på stor flise

- **5% fiber foretrukket**
 - "Ideal" rheology (bearbejdelighed)
 - Ingen synlige revner
 - Mange mikrorevner

Maximum revnevidde = 0.01 mm



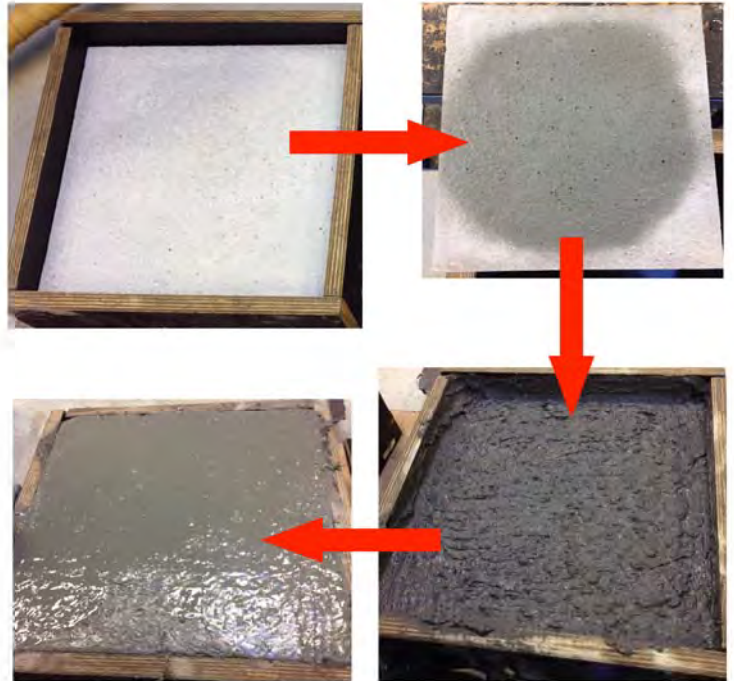
Egenskaber – UHPFRC 5% fiber

- Densitet 2450 kg/m³
- E-Modul 33 GPa
- Trykstyrke 110 MPa
- Rheology – ingen fibre (4C-Rheometer)
 - Flydespænding 30 Pa
 - Plastisk viskositet 60 Pa·s
- Rheology – med fibre
 - Flydespænding 100 Pa
 - Plastisk viskositet 200 Pa·s



Vedhæftning til beton (klasse E)

1. Sandblæsning af overflade
2. Opfugtning
3. Primer/svumme
4. Udstøbning af UHPFRC



**1,2,3 er nødvendige
for at opnå god
vedhæftning til
underlaget!**

Forskydningsstyrke

5 MPa



Aftræksstyrken var også god!

Kloridmigrationskoefficient

– NT Build 492



TEKNOLOGISK
INSTITUT



- Indtrængningsdybde: 0,9-2,2mm
- $D = 0,1 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$

- Meget lav værdi!

- Ingen fibre i testemnerne, da fibrene interferere med testmetoden.

Mock-up - 30mm UHPFRC på brodækbeton (2x3m)



TEKNOLOGISK
INSTITUT



Mock-up - 30mm UHPFRC på betonbrodæk (2x3m)



Konklusion



- Bearbejdeligheden af UHPFRC blev reduceret med øget indhold af fibre – 8%-vol var ikke bearbejdelige, 4%-vol var SCC.
- Fiberindholdet har stor indflydelse på revnebilledet/-fordelingen. Få store revner sås i UHPFRC uden fibre. Mange mikroskopiske revner sås når tilstrækkelig mange fibre var tilsat.
- Fordelingen af svindrevner er god når fiberfordelingen er det og der ikke optræder orientering af fibre. For at undgå svindrevner må betydelig fiberorientering undgås – dvs. bearbejdeligheden må holdes på et moderat niveau (ikke helt SCC).
- Omhyggelighed med forbehandling af overfladen og udstøbning af UHPFRCA er essentielt for at opnå et godt resultat.
- 2x3m brodæk mock-up støbt med 5% fiber uden at der opstod synlige revner.

Isoleringsfri bro – UHPFRC

Bro rehabilitering i Schweiz – Nov 2004



TEKNOLOGISK
INSTITUT



Links



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- <http://people.epfl.ch/cgi-bin/people?id=104926&op=bio&lang=en&cvlang=en>
- http://www.rilem.org/docs/2013143728_unedited-version-193-rls.pdf
- <http://www.springer.com/engineering/civil+engineering/book/978-94-007-1238-6>