



TEKNOLOGISK
INSTITUT

it's all about innovation



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Stålfibre i elementbro ved Herning

Stålfiberkonsortiet

DBF møde Billund d.19-11-13

af: Michael Strøm

Mail: mst@teknologisk.dk

Tlf: +45 72202251

Indhold



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Stålfiberbeton-konsortiet
- Demonstrationsprojekter
- Elementbroer
- Elementbro i Herning
- Kantbjælker
- Elementsamlinger
- Fuldskala
- Heldagskonference.

Stålfiberbeton-konsortiet (2010-2013)



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Motivation

Ønske udtrykt fra Cowi og MT Højgaard A/S

Potentiale ved brug af stålfibre i betonkonstruktioner, heriblandt arbejdsmiljø og materiale besparelse

Resultaterne er en dansk designguide

Udgangspunkt : Tysk guideline DAFStb "Richtlinie Stahlfaserbeton"

Fokus på: : Stålfiberarmeret selvkompakterende beton

Praktiske vejledninger i udførelse

Numeriske værktøjer til at simulere fiberorientering/mekaniske egenskaber

Parter

Teknologisk Institut (projektleder) Cowi A/S MT Højgaard A/S Unicon A/S

DTU Byg Convi ApS CRH Concrete A/S Hi-Con A/S Bekaert A/S

Betonelement-Foreningen Vejdirektoratet Aalborg Portland A/S

Associeret partnere

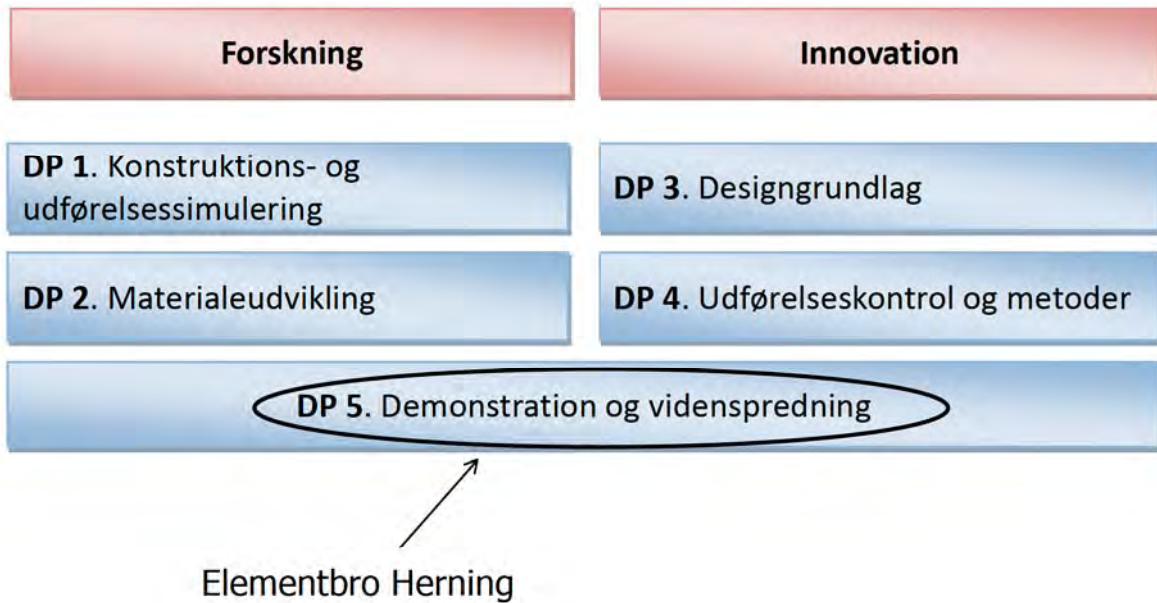
Dansk Byggeri Dansk Industri Femern A/S Banedanmark

www.steelfibreconcrete.com

Støttet af: Ministeriet for Forskning, Innovation og Videregående uddannelser



Projektbygning.



Demonstrationsprojekter

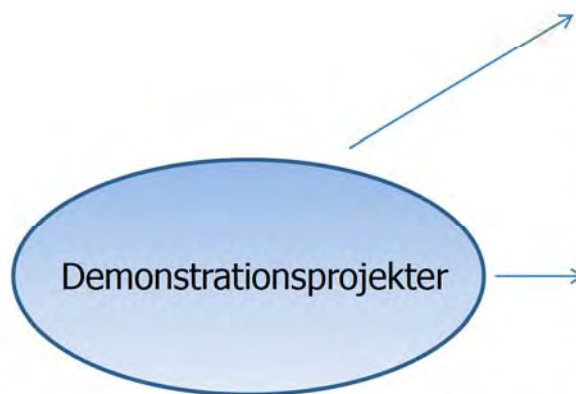


- Vigtig del af udviklingen
- Fuldskala forsøg kombineres ofte med laboratorieforsøg, hvor udvalgte områder studeres nærmere
- Udfordringer i forbindelse med fuld skala bliver adresseret.

Stålfiberkonsortiet



TEKNOLOGISK
INSTITUT



1. Eternitgrunden Aalborg



- Støbning af plader
- Fiberorientering (Random)
- Praktisk erfaring

2. Underføring Slagelse



- Lodrette applikationer
- Fiberorientering
- Fødselsattest
- Praktisk erfaring

3. Elementbro Herning



- Støbning af elementer
- Elementsamlinger
- Holdbarhed
- Fødselsattest
- Praktisk erfaring

Potentiale for stålfibre i element produktion



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Potentiale

- Potentiallet er primært at finde i bjælker.
- Stålfibre kan bidrage til forskydningsbæreevnen.
 - Bøjlearmering der ellers er svært at montere kan reduceres med stålfibre.
 - Selve armeringskonfigurationen kan dermed simplificeres.

SCC beton

- Ved anvendelse af SCC beton kan fiberorienteringen i højere grad kontrolleres.
 - Det resultere i en mere effektiv udnyttelse af den enkelte fibre.

Udfordringerne

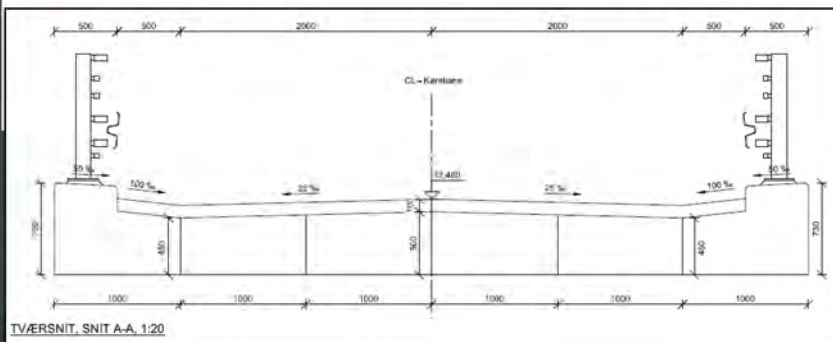
- Det kan være en udfordring at dokumentere fiberorientering efterfølgende.
 - Grundet gentagelseeffekten er dette netop en fordel i elementproduktion.

Elementbro i Herning



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Mulighed opstod efter indlæg af Kim Grarup fra Herning kommune på Dansk brodag 2011
- Opførelse af 2 stk. elementbroer i forbindelse med opførelsen af Gødstrup Sygehus
- Rambøll er rådgiver
- Kaj Bech er entreprenør
- Ikke diskuteret principielle designændringer grundet fremskredent planlægning
- Fokusområder – Kantbjælker (Holdbarhed) og samlinger



Tværsnit af bro ved bassumgårdsvvej



Kantbjælker



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Tilsætning af fibre i den ene af to kantbjælke. Ellers ingen ændringer!

Tilsat 30kg/m³ af 4D fiber fra Bekaert



Udstøbning af kantbjælke inkl. stålfibre



Udstøbning af kantbjælke inkl. stålfibre

Kantbjælker



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Mulighed for at se hvad tilsætningen af fibre gør for holdbarheden.

Øget materiale omkostninger ved tilsætning af fibre

Potentiale

Duktilt materiale

Over tid kan det observeres om de eventuelle revner der måtte komme har reduceret revnevidder og grundet tilføjesen af stålfibre.



Kantbjælke inkl. stålfibre

Elementsamling



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Traditionel samling vs. samling med højstyrkebeton inkl. stålfibre.

- Laboratorieforsøg.
- Fuldskala.

Elementsamling



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Traditionel samling vs. samling med højstyrkebeton inkl. stålfibre.

- Laboratorieforsøg.
- Fuldskala.

Fordele

- Reduceret forankringslængde
- Hurtigere styrker
- Højere slutstyrke
- Reduceret revnevidder

Ulemper

- Øget omkostninger
- Reduceret bearbejdelighed

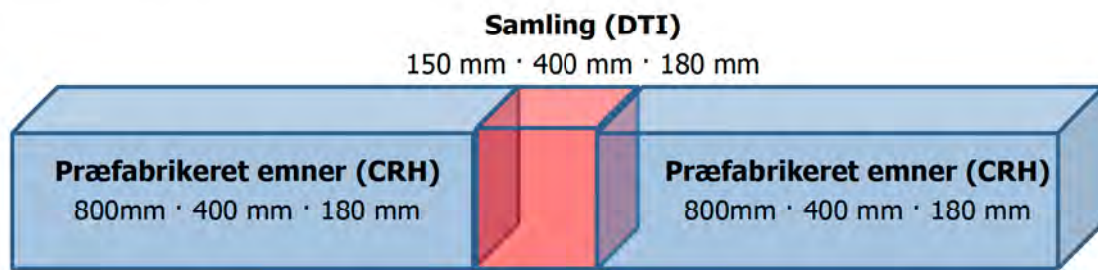
Laboratorieforsøg Samlinger



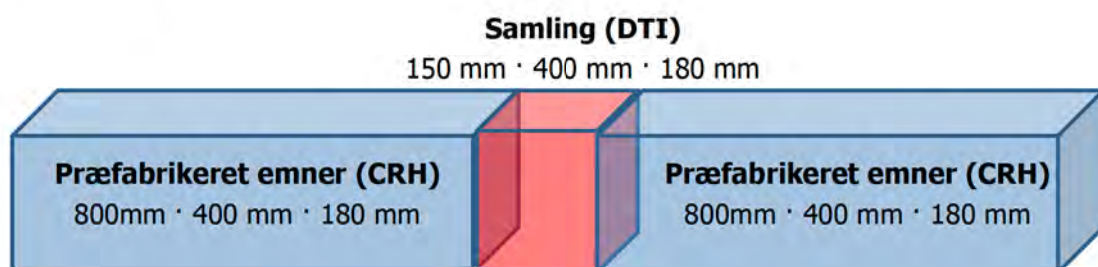
TEKNOLOGISK
INSTITUT



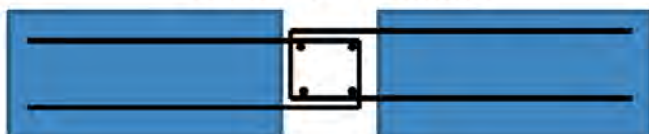
Laboratorieforsøg Samlinger



Laboratorieforsøg Samlinger

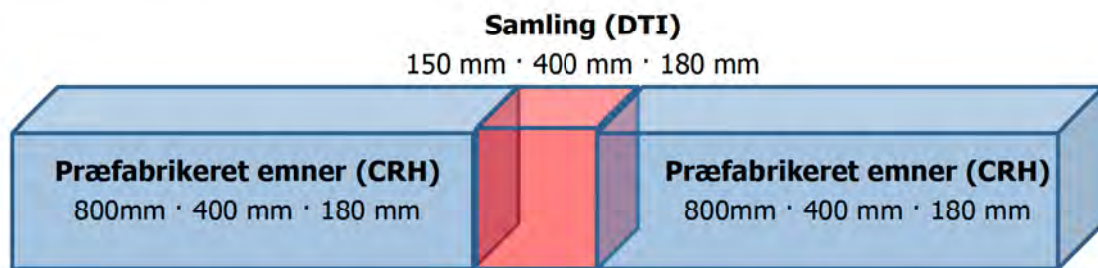


Traditionel samling

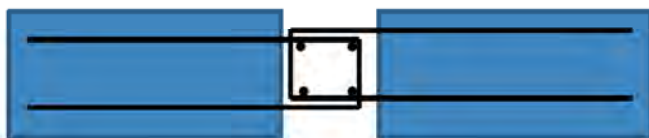


2 stk. U-Bøjler
Y10 armering

Laboratorieforsøg Samlinger



Traditionel samling



**2 stk. U-Bøjler
Y10 armering**

Højstyrke samling



**Strittere - 15 cm
Y10 armering**

Laboratorieforsøg Samlinger



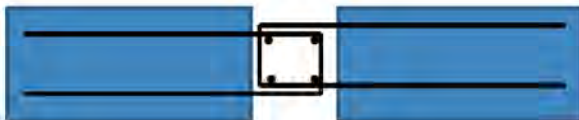
Traditionel samling

Højstyrke samling

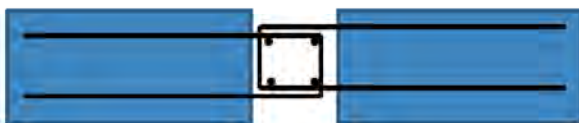


Laboratorieforsøg Samlinger

Traditionel samling

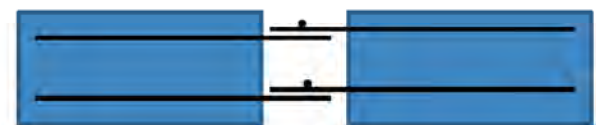
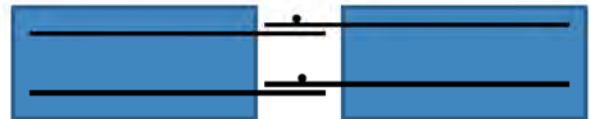


Ru



Glat

Højstyrke samling



Laboratorieforsøg Samlinger

Traditionel samling

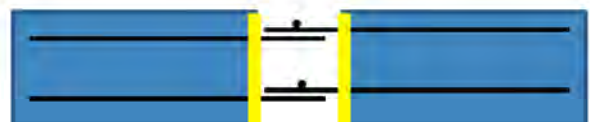


Ru



Glat

Højstyrke samling



Laboratorieforsøg

Mix design



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Højstyrkebeton

Joint Cast fra Hicon inkl. 363 kg fibre pr. m³

Traditionel beton

Aggressiv 35 MPa v/c forhold 0,4

Laboratorieforsøg

Udstøbning



TEKNOLOGISK
INSTITUT



Traditionel samling

Højstyrke samling



Forsøgsopstilling

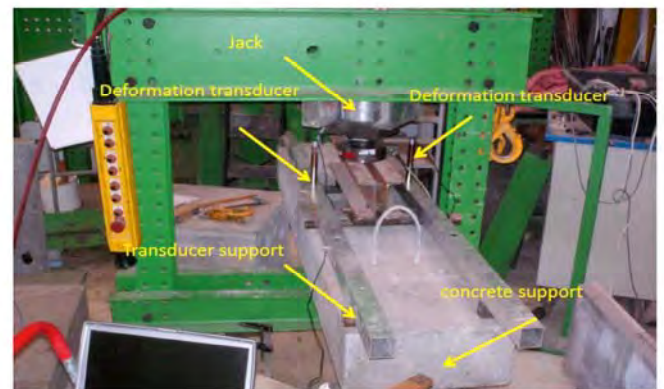
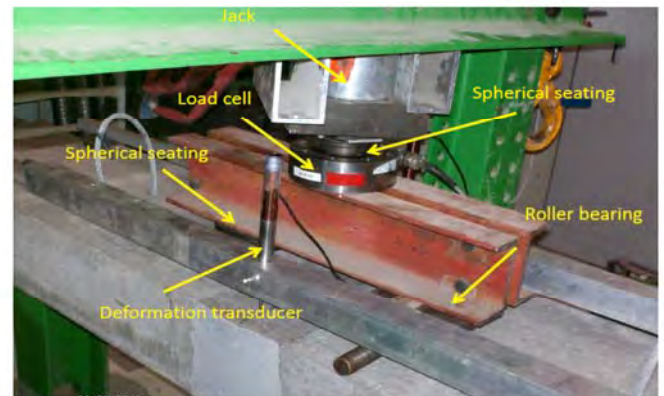
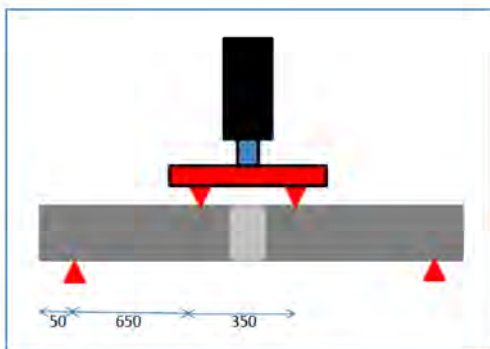


TEKNOLOGISK
INSTITUT

4 punkt bøjning

Registreret parametre

- Last
- Nedbøjning
- Revnedannelse



Billeder fra forsøg



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Brud er i alle 4 tilfælde observeret i interface mellem element og sammenstøbning

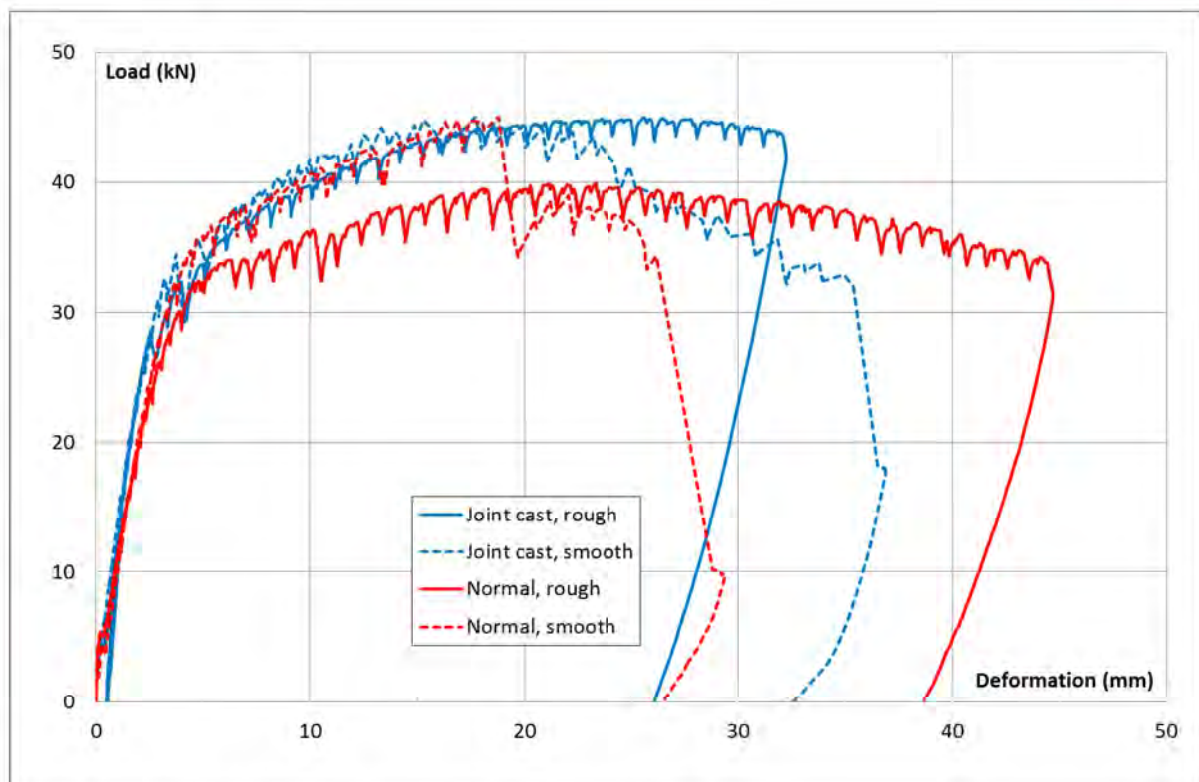


Billeder fra forsøg



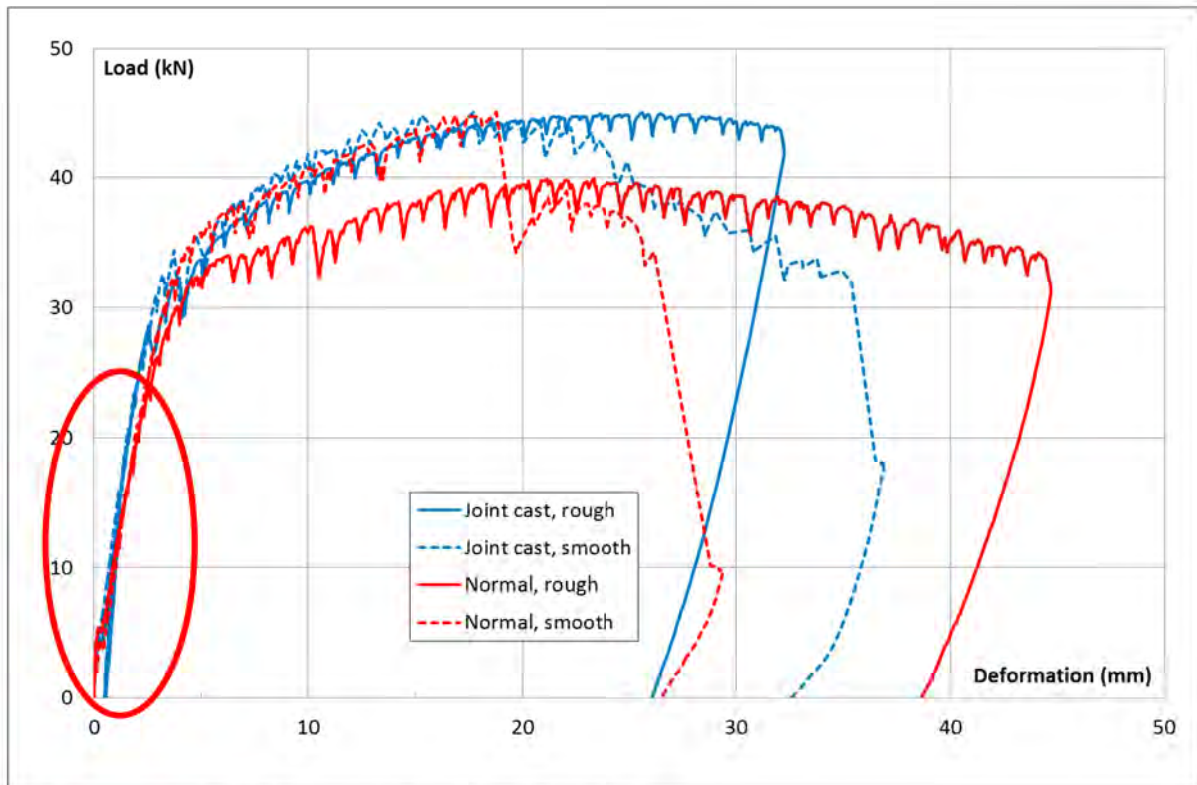
For den traditionelle samling med ru overflade blev der observeret knusning af betonen i oversiden

Resultater



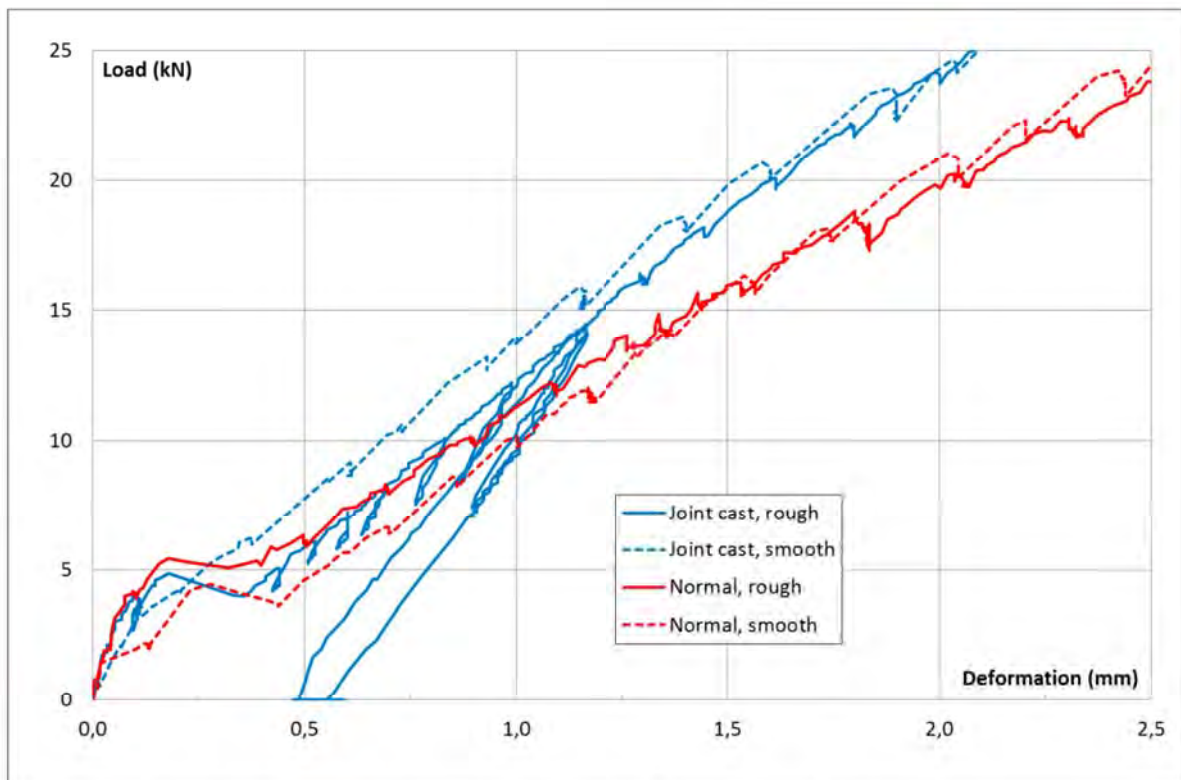
Last versus gennemsnitsnedbøjning

Resultater



Last versus gennemsnitsnedbøjning

Resultater



Last versus gennemsnitsnedbøjning (i begyndelsen)

Resultater



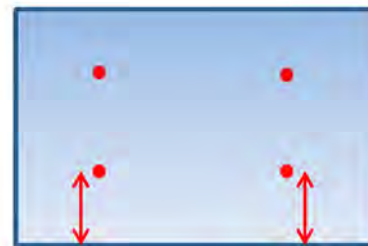
TEKNOLOGISK
INSTITUT

Type og overflade	Last ved første observeret revne [kN]
JointCast med ru overflade	30
Traditionel samling med ru overflade	18
Traditionel samling med glat overflade	24
JointCast med glat overflade	33

Last ved første observeret revne

	Joint Cast	Joint Cast	Traditionel samling	Traditionel samling
	Ru	glat	Ru	glat
dæklag 1	46 mm	50 mm	40 mm	44 mm
dæklag 2	46 mm	50 mm	51 mm	46 mm
Gennemsnit	46 mm	50 mm	46 mm	45 mm
Armeringstykkelse revne 1	9,43 mm	10,72 mm	10,12 mm	10,25 mm
Armeringstykkelse revne 2	8,67 mm	7,32 mm	7,92 mm	10,09 mm

Verifikation af armerings placering i brudzone



Dæklag 1

Dæklag 2

Fuldskala Elementsamlinger



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- 3 stk. traditionelle samlinger
- 2 stk. joint cast samlinger.



Fuldskala elementsamlinger



TEKNOLOGISK
INSTITUT



JointCast blandet i 300 liters tvangsblender



Fibrene der doseres til JointCast



JointCast støbes fra trillebør. Håndvibrator



Traditionelle samlinger. Fabriksbeton fra bånd

Fuldskala elementsamlinger



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Armeringsarbejdet blev ca. halveret ved JC samling.
- Udstøbningen tog til gengæld 3 gange så lang tid.
- JC er en hel del dyrere end fabriksbeton både i indkøb og udstøbning.
- Ikke en ideel bro til anvendelse af JC.



Fødselsattest



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Dokumentere hele forløbet fra produktionen af elementet på fabrikken til monteringen på pladsen
- Giver mulighed for i fremtiden at gå tilbage i dokumentet og finde svar på spørgsmål.
- Giver mulighed for at finde en forklaring på de uregelmæssigheder der senere hen observeres.

Fødselsattest				
Generel information				
Konstruktionsnavn	Bro 000-0127-0-003.00 (underføring ved sten Det Grønne Fodspor)			
Bygherre	Vejdirektoratet			
Estreter	MT Højgaard (udførelse) og COWI (rådgivning/design/lyst)			
Byggeår	2012			
Geografisk placering	Støj for Slagelse ved 56. Ringvej, se Bilag 1.			
Miljø-/eksponeringsklasse	Elektrisk aggression (E)			
Specificeret levetid	100 år			
Kortfattet beskrivelse af konstruktionen	Bro (underføring) opført i forbindelse med Vejdirektoratets anlæggelse af Slagelse Omfartsvej. Konstruktionen indgår som et demonstrationsprojekt i innovationskonsortiet "Bæredygtige betonkonstruktioner med stålfibre" og er mixet/udført med en kombination af stålfiberarmet slyngbeton og stålfiberarmet selvkompakterende beton (SPRSCC), s.d.a. med det formål at demonstrere og teste designet for SPRSCC. Broen er udført som en rammekonstruktion med et spænd på ca. 5 m og en bredde på ca. 19 m og er opbygget af følgende overordnede konstruktionsdele: Brodele, kantbjælke, tværgæb og to fundamenter. Konstruktionsregninger er vedlagt i Bilag 2-4.			
Mix design, betonegenskaber og udstøbning				
Konstruktionsdel	Brodele og kantbjælke			
Dato for støbning	4. september 2012			
Materiale	Vægt [kg/m ³]	Volumen [m ³ /m ³]		
Lavalil Portland cement, CEM I 42,5 N, HO/EA-2 (Aalborg Portland A/S)	361,4	119		
Flyvask, Type B4 (Mineral A/S)	49,6	22		
Mikrosilica (Finjord A/S)	21,4	10		
Vasket sand, 0/2 mm, K1, E, Eskelbjerg (Thomas Jull Olsen)	662	254		
Arust, 5/8 mm (Rakelfjord Stone AS)	103,7	38		
Arust, 8/16 mm (Rakelfjord Stone AS)	933,7	342		
Vand	150,8	151		
Aqua® SB 22, luftindblæsningsmiddel (BASF)	1,1	1		
Lubron N33, glideforingsmiddel (BASF)	3,2	3		
Glerium® Silv 32L, væskeplastforingsmiddel (BASF)	1,4	1		
Vand/pulver-forhold	Luftindhold [%]	Densitet [kg/m ³]	Sætnål [mm]	Flydemål [mm]
0,35 (ekvivalent)	6	2300	130-160	-
Øvrige detaljer	Betonen blev leveret af Union og er en traditionel sætnålbeton, og der er slæt 40 kg/m ³ Dramo 40 65/60 80 stålfibre (Belsart). Max. stenstørrelse i betonsblandingen er 16 mm. Brodeleket blev støbt i lag på 30 cm og blev vibreret.			

Fødselsattest for 2. demonstrationsprojekt "underføring slagelse"

Heldagskonference



TEKNOLOGISK
INSTITUT

I forbindelse med afslutningen på stålfiberkonsortiet afholdes en heldagskonference på Teknologisk Institut i Taastrup.

Konferencen giver udefrakommende mulighed for at få indsigt i det arbejde som er udført i forbindelse med udarbejdelse af en vejledning i design af stålfiberarmet betonkonstruktioner og praktiske vejledninger i håndtering af stålfiberbeton på byggepladsen.

Konferencen afholdes torsdag d. 9 januar 2014.

Mere information kan findes på: www.steelfibreconcrete.com