



 INGENIØRFORENINGEN I DANMARK 

Den reelle bæreevne af en AKR-skadet bro ? Prøvning i fuld skala

Christian von Scholten
3. oktober 2013



Indlæggets indhold

- Indledning, baggrund og formål
- Forsøgets gennemførelse, fuldskalaforsøg med bro 017 Gammelrand på Skovvejen, september 2010
- Resultater
- Konklusioner



DBF 3. oktober 2013 2



NIRÅS

Indledning og baggrund

- I 2010 brugte VD 38 mio. kr til udskiftning af 3 AKR broer
- Omkring 600 broer er på VD's og BDK's AKR lister
- Forsøg med AKR bjælker 90'erne
- Problemstillinger ved AKR skadede broer

DBF 3. oktober 2013

3



NIRÅS

AKR broer



4



NIRÁS



DBF 3. oktober 2013

5



NIRÁS

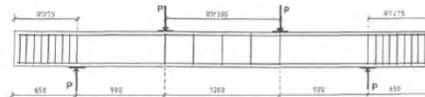
Forsøg med AKR bjælker 90'erne

Laboratorieforsøg

Lagring ved 50 °C og i saltvand

Resultater:

- Reduktion af trykstyrken med 1/3-del
- Forskydningsstyrken er ikke reduceret
- De revnede bjælker udviste øget sejhed ved brud
- Forankringsstyrken af armeringen var reduceret med godt 20 %
- At de fysiske egenskaber ikke er reduceret, søges forklaret ved at der kan være sket en forspænding af hovedarmeringen
- At revnemønstret resultere i øget sejhed og derved mere effektiv spændingsfordeling i forskydningszonerne (bue virkning)



DBF 3. oktober 2013

6



NIRÅS

Problemstillinger ved AKR skadede broer

- Ekspanderer, delaminerer, revner og nedbrydes
- Betonens træk- og trykstyrke reduceres
- Er forskydningsbæreevnen ok ?
- Er bøjningsbæreevnen ok ?
- Hvorledes opfører AKR-broen sig ved brud ?
- Hvornår har AKR-broen ikke tilstrækkelig bæreevne



DBF 3. oktober 2013

7



NIRÅS

Forsøgets formål

Formålet med forsøget var at opnå erfaringer med gennemførelse af belastningsforsøg og bæreevneforsøg for et AKR skadet brodæk i forhold til forskydningsbrud med særligt henblik på

- *om man ved belastningsforsøg kan bestemme en "nedre" bæreevne dvs. bestemme en klasse for et standardkøretøj som er ønskelig/tilstrækkelig på den pågældende lokalitet på vejnettet. Det er således ikke målet at bestemme broklassen ("øvre bæreevne") for det tungeste standardkøretøj, der kan passere broen.*

DBF 3. oktober 2013

8



NIRÅS

- *at udvikle en metode, hvor man ud fra undersøgelser af en aktuel AKR skadet bros tilstand, f.eks. ved hjælp af udborede betonkerner, kan bestemme sammenhæng mellem den aktuelle AKR skadesgrad og betonens styrkeparametre (tryk, træk og forskydning), således at en aktuel bros restbæreevne/broklasse kan bestemmes.*

DBF 3. oktober 2013

9



NIRÅS

Broen over Skovvejen var velegnet til forsøg, fordi:

- Veludviklede AKR skader i hele brodækkets højde
- Relativ lille bro, to kørebaner
- Ingen forspændingskabler
- Ingen forskydningsarmering (pladebro)
- Allerede besluttet at den skulle udskiftes



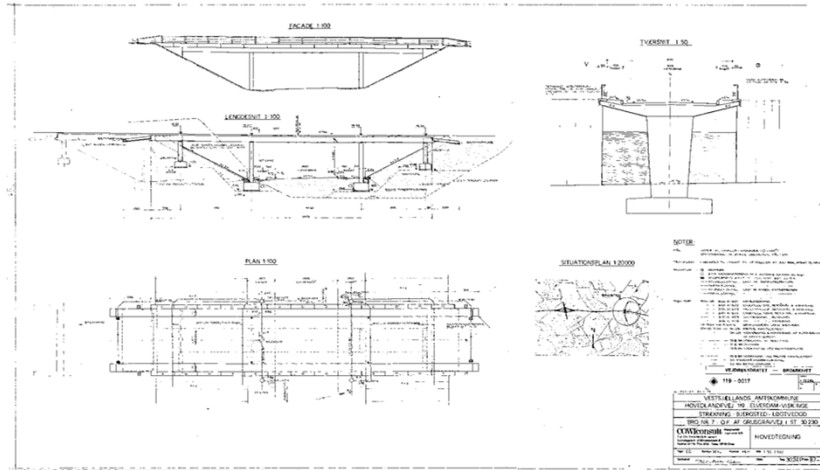
DBF 3. oktober 2013

10



NIRÁS

Overvejelser vedr. lastplacering og laststørrelse



DBF 3. oktober 2013

11





NIRÁS

Indledende feltundersøgelser og planlægning




DBF 3. oktober 2013


12

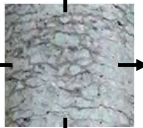
Cylindertrykstyrke, MPa	
Målt gennemsnit for 7 prøver	19,2
Mindste/største værdi	16,1 / 26,9
Karakteristisk trykstyrke (DS/EC)	12,9/13,1
Projekteret værdi, oprindeligt	30,0
Kar. styrke, uskadet beton (styrkeudv.)	45 (+/-5)





Spaltetrækstyrke, MPa	Vandret træk/ Træk parallel med revner (1)	Lodret træk/ Træk vinkelret på revner (2)
Målt gennemsnit for 7/6 prøver	1,62	1,26
Mindste/største værdi	1,28 / 2,22	0,90 / 1,66
Karakteristisk værdi (DS/EC)	1,09 / 1,05	0,84 / 0,79



En-akset trækstyrke, MPa Beregnet som 0,6 x spaltetrækstyrken	Vandret træk/ Træk parallel med revner (1)	Lodret træk/ Træk vinkelret på revner (2)
Beregnet gennemsnit for 7/6 prøver	0,97	0,76
Kar. styrke, uskadet beton (styrkeudv.)	2,1	2,1

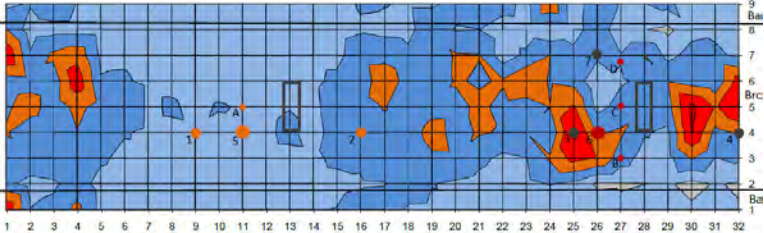


DBF 3. oktober 2013 13

Indledende feltundersøgelser og planlægning

sMASH - målinger



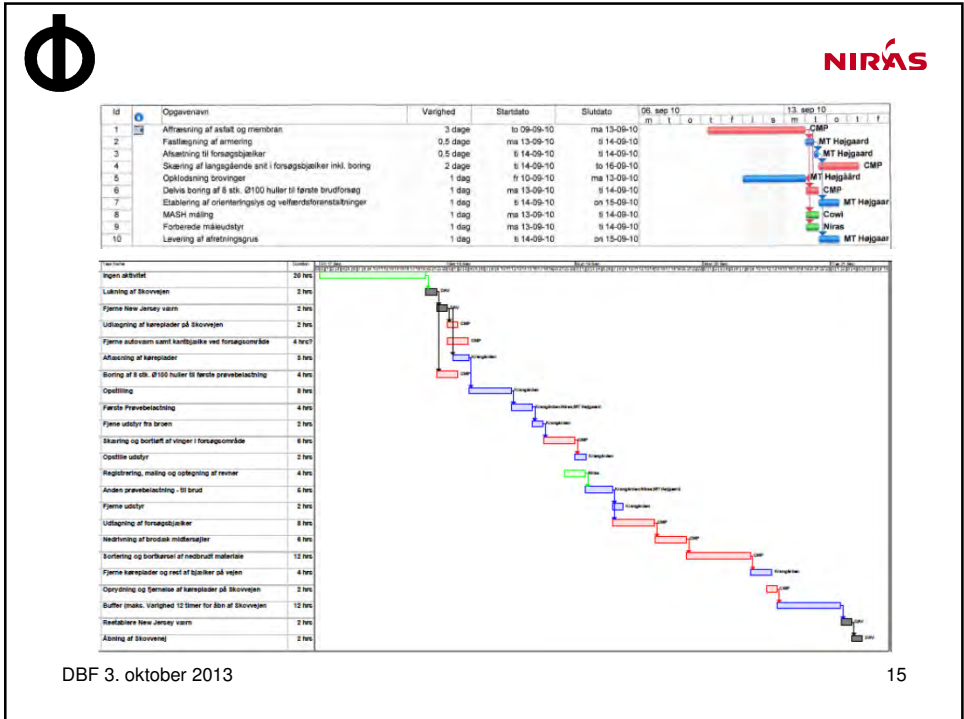
- Borekerner, Ø100mm
- Borekerner, Ø150mm
- Borekerner, Ø250mm
- Understøtninger

Farveskala for borekerner

- Ingen analyse
- Let AKR-skadet fra OS
- Mellem AKR-skadet fra OS
- Svær AKR-skadet fra OS

0-10	10-20	20-30
30-40	40-50	50-60

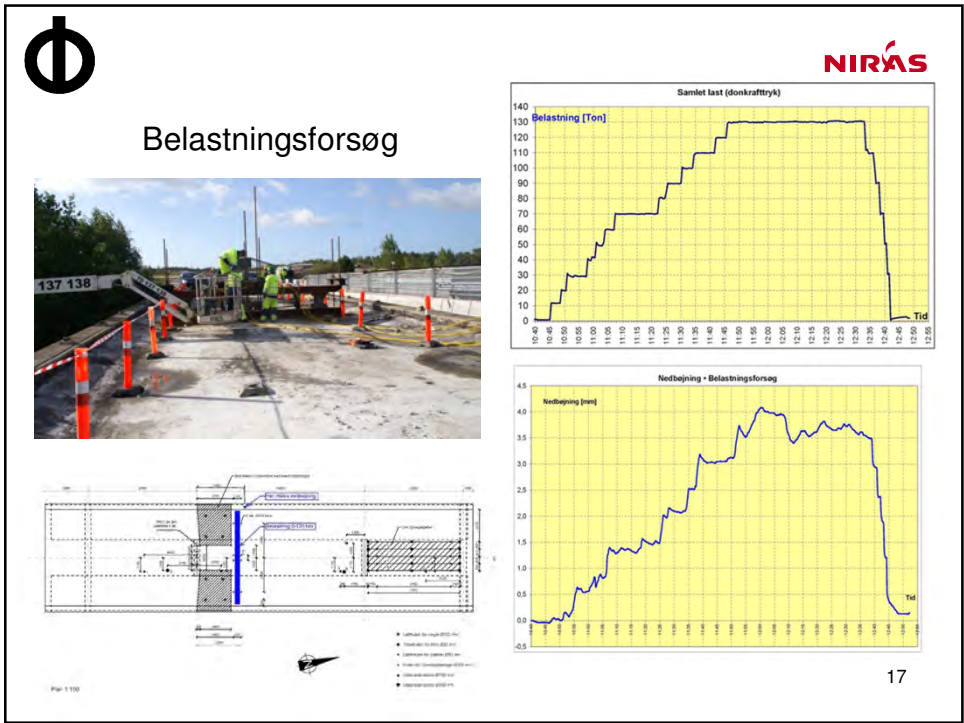
DBF 3. oktober 2013 14

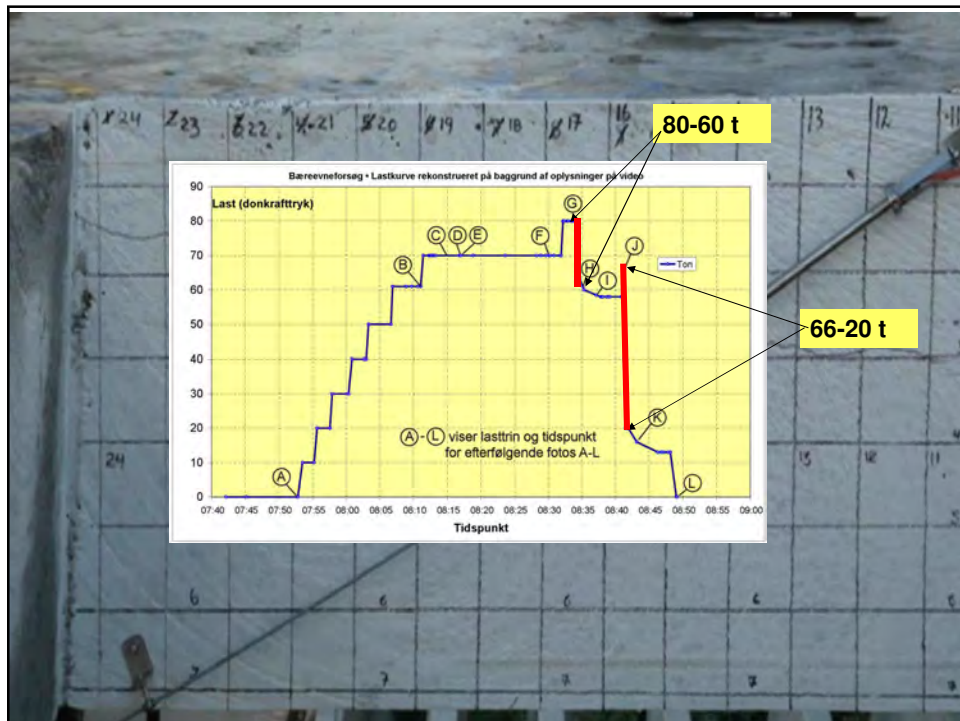
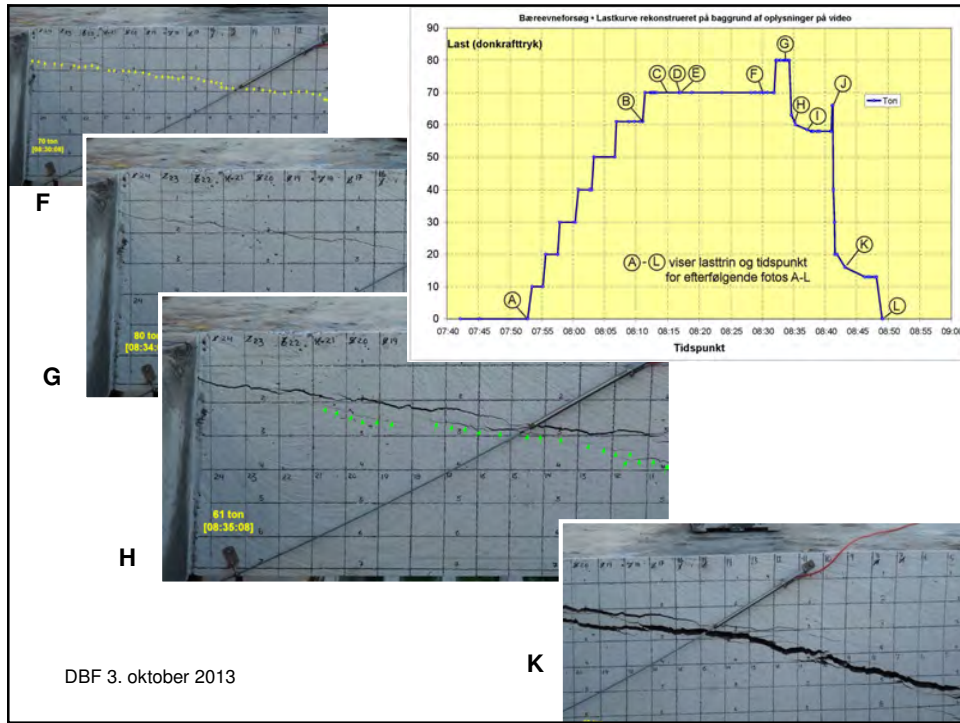


DBF 3. oktober 2013

15








NIRÁS

Sammenligning af brudbæreevne og forventet beregnet bæreevne

Hypoteser	Betontrykstyrke	Forskydningsbæreevne – τ		
		DS 411	EC2	Revneglidningsteori
	Mpa	Mpa	Mpa	MPa
Bidrag fra AKR længde ekspansion på 1%, $0,15 \sigma_{cp} = 0,15 E E_s A_s / A_c$		0,3	0,3	
Betontrykstyrke som oprindeligt projektet, karakteristisk	30	0,58	0,70	0,64
Betontrykstyrke, gennemsnit af aktuelle kerner fra broen	19,2	$0,47+0,3=$ 0,77	$0,60+0,3=$ 0,90	0,51
Betontrykstyrke, karakteristisk af aktuelle kerner fra broen	13	$0,39+0,3=$ 0,69		

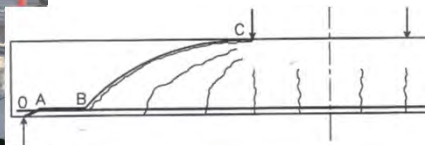
Den beregnede formelle forskydningsspænding i forskydningsbjælken fra brudlasten (80 ton) samt broens egenvægt er beregnet/vurderet til, (MPa):	0,75
---	-------------

DBF 3. oktober 2013

21


NIRÁS

Brudfigur



NIRÁS

Stringermodel

DBF 3. oktober 2013

NIRÁS

Vurdering af broklasse opnået gennem belastningsforsøget

	Broklasse BK	Belastning	Forholdet mellem forskydningskræfterne Q_p / Q_{BK}	
			Belastningsforsøg $P=133 t+G$	Pladevirkning og bæreevneforsøg
Normal passage	BK50	$1,25 \times 1,3 \times K50 + 1,25 \times K50 + G$	$> 1,3$	1,8
Betinget passage III	BK50	$1,3 \times K50 + G$	$> 2,0$	2,7

$\gamma_c = 1,6 / 2,25$ (armeret beton / uarmeret grovbeton) når styrkens karakteristiske værdi er bestemt ud fra prøvning jvnf. VD, Beregn. af eksisterende broers bæreevne

Plade/bjælke virkning
20 / 80 %

24



Konklusioner

- AKR betonens styrkeforhold
- Broklasse fundet ved belastningsforsøg
- Brudbæreevne og brudmekanisme
- Perspektiver
- F&U, Vejdirektoratet og forsøg på DTU

NIRÅS



DBF 3. oktober 2013

Tak for opmærksomheden

26