



NIRAS

Fuldskala belastnings- og bæreevneforsøg med AKR skadet 3-fags bro

Christian von Scholten
2011

Indlæggets indhold

Indledning, baggrund og formål

Forsøgets gennemførelse

Resultater

Konklusioner

Indledning og baggrund

- Sidste år brugte VD 38 mio. kr til udskiftning af 3 AKR broer
- Omkring 500 broer er på VD's AKR liste
- AKR broer
- Forsøg med AKR bjælker 90'erne
- Problemstillinger ved AKR skadede broer

AKR broer



Brodag 2011



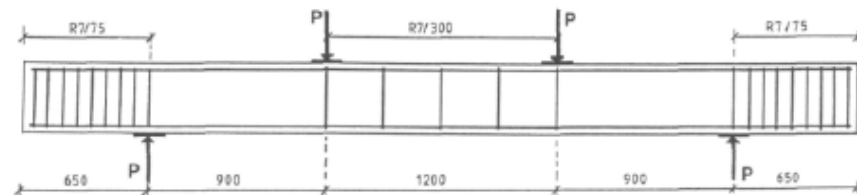
Forsøg med AKR bjælker 90'erne

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)



Problemstillinger ved AKR skadede broer

- Ekspanderer, delaminerer og revner
- 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



Forsøgets formål

Formålet med forsøget er at opnå erfaringer med gennemførelse af belastningsforsøg og bæreevneforsøg for et AKR skadet brodæk i forhold til forskydningsbrud.

–Belastningsforsøget illuderer køretøjsbelastninger fra køretøjer A og B, jævnfør Annex A til EN 1991-2 DK NA:2009. Brodækket er fuldt intakt. Belastningen øges stepvist op til minimum klasse 50. Brud i dækket ønskes ikke.

–Bæreevneforsøget havde til formål at bestemme broens forskydningsbæreevne ved at føre brodækket til forskydningsbrud gennem stepvis øgning af belastningen indtil brud.

Broen over Skovvejen var velegnet til forsøg, fordi:

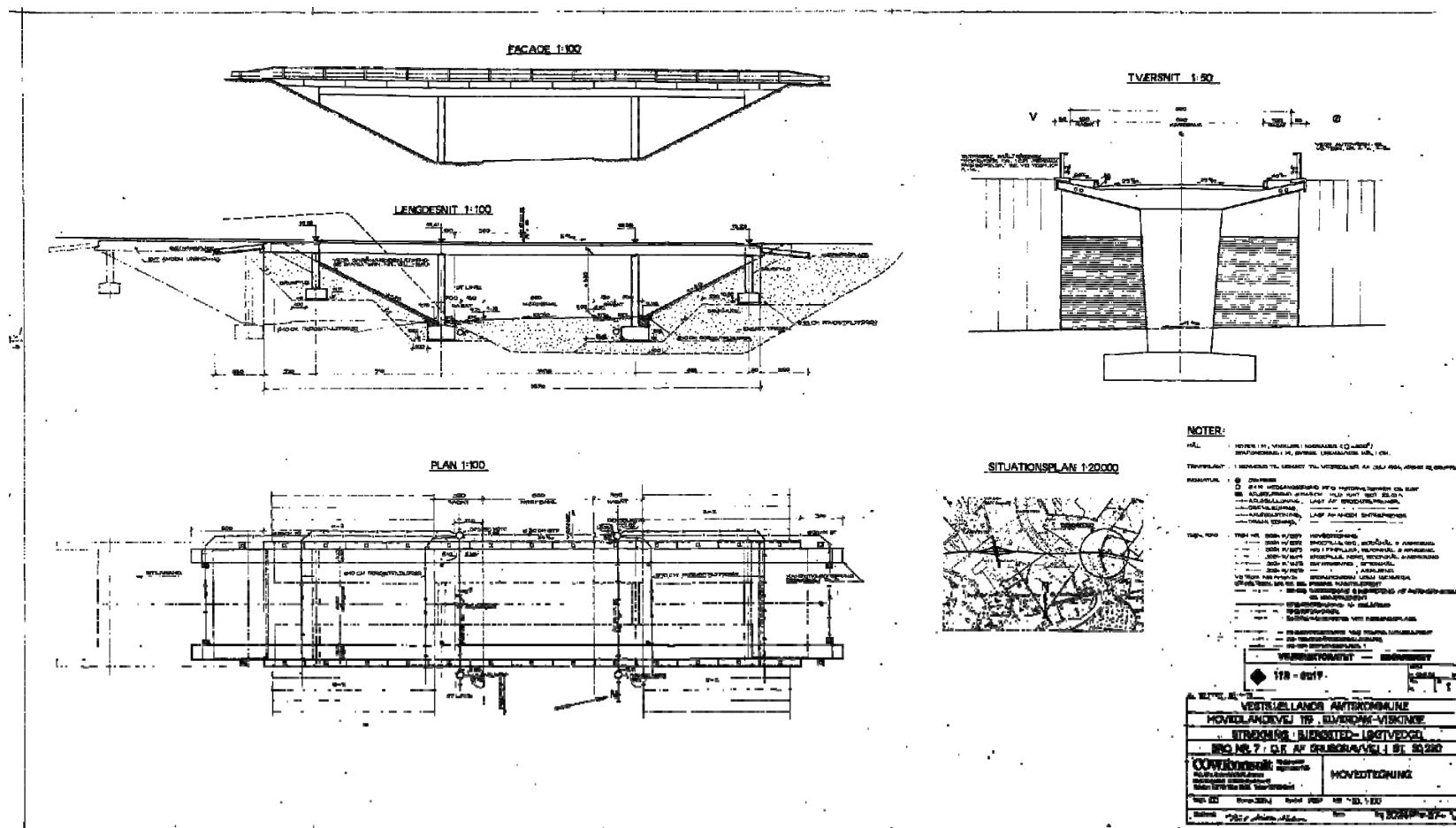
- Veludviklede AKR skader i hele brodækkets højde
- Relativ lille bro, to kørebaner
- Ingen forspændingskabler
- Ingen forskydningsarmering



Forsøgets gennemførelse

- Overvejelser vedr. lastplacering og laststørrelse
- Indledende feltundersøgelser
- Forsøgsopstilling
- Belastningsforsøget
- Bæreevneforsøget

Overvejelser vedr. lastplacering og laststørrelse



Indledende feltundersøgelser og planlægning



Cylindertrykstyrke, MPa	
Målt gennemsnit for 7 prøver	19,2
Største værdi	26,9
Mindste værdi	16,1
Projekteret værdi	30,0
Forventet karakteristisk for uskadet beton	45 (+/-5)

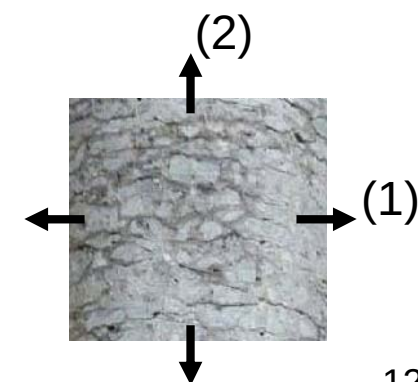
19,2/0,86 ~ 22

45/2,1 ~ 21

Spaltetrækstyrke, MPa	Vandret træk/ Træk parallel med revner (1)	Lodret træk/ Træk vinkelret på revner (2)
Målt gennemsnit for 7/6 prøver	1,63	1,25
Største værdi	2,20	1,65
Mindste værdi	1,30	0,90

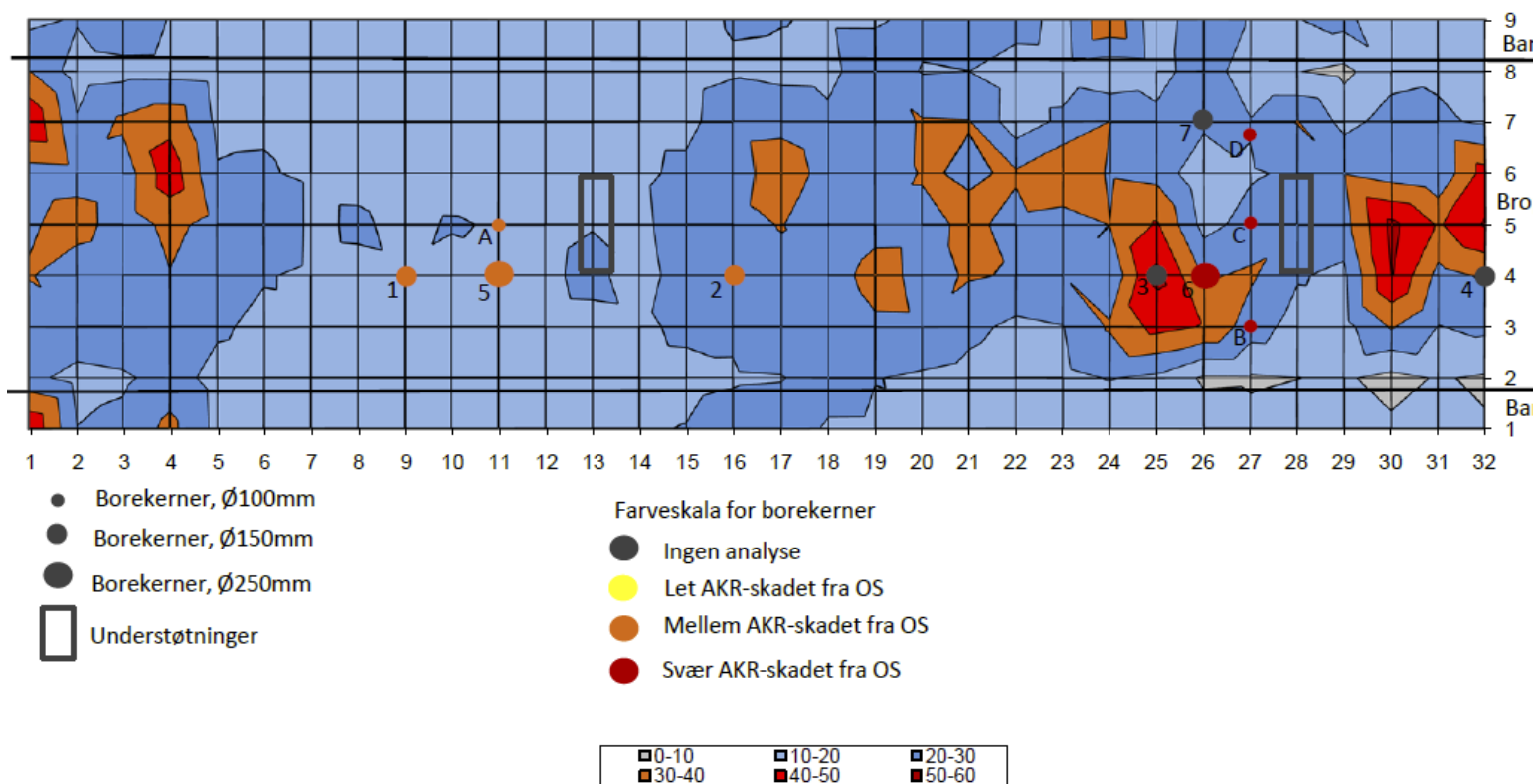


En-akset trækstyrke, MPa Beregnet som 0,6 x spaltetrækstyrken	Vandret træk/ Træk parallel med revner (1)	Lodret træk/ Træk vinkelret på revner (2)
Beregnet gennemsnit for 7/6 prøver	0,98	0,75
Forventet karakteristisk for uskadet beton	2,1	2,1

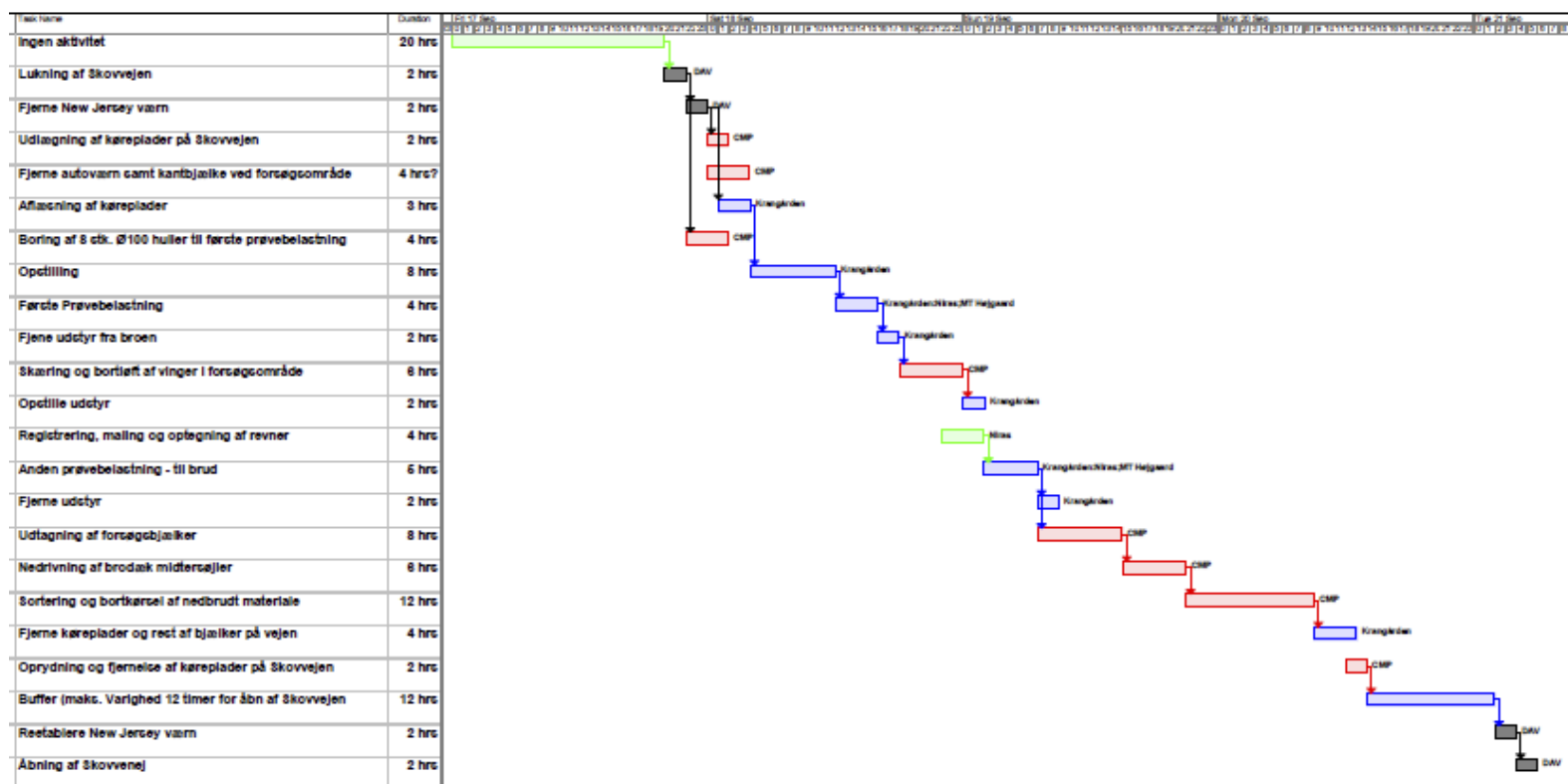


Indledende feltundersøgelser og planlægning

sMASH - målinger



Id	Opgavenavn	Varighed	Startdato	Slutdato	06. sep 10							13. sep 10						
					m	t	o	t	f	i	s	m	t	o	t	f		
1	Affræsning af asfalt og membran	3 dage	to 09-09-10	ma 13-09-10														CMP
2	Fastlægning af armering	0,5 dage	ma 13-09-10	ti 14-09-10														MT Højgaard
3	Afsætning til forsøgsbjælker	0,5 dage	ti 14-09-10	ti 14-09-10														MT Højgaard
4	Skæring af langsgående snit i forsøgsbjælker inkl. boring	2 dage	ti 14-09-10	to 16-09-10														CMP
5	Opklodsning brovinger	1 dag	fr 10-09-10	ma 13-09-10														MT Højgaard
6	Delvis boring af 8 stk. Ø100 huller til første brudforsøg	1 dag	ma 13-09-10	ti 14-09-10														CMP
7	Etablering af orienteringslys og velfærdsforanstaltninger	1 dag	ti 14-09-10	on 15-09-10														MT Højgaard
8	MASH måling	1 dag	ma 13-09-10	ti 14-09-10														Cowl
9	Forberede måleudstyr	1 dag	ma 13-09-10	ti 14-09-10														Niras
10	Levering af afretningsgrus	1 dag	ti 14-09-10	on 15-09-10														MT Højgaard



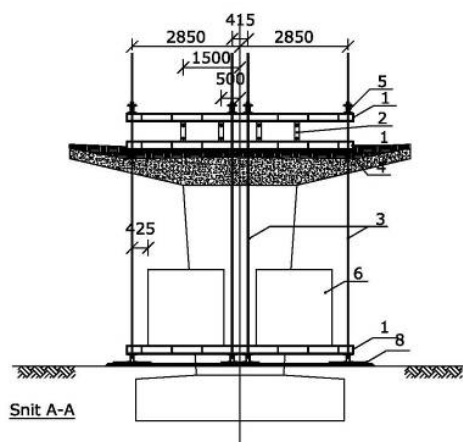
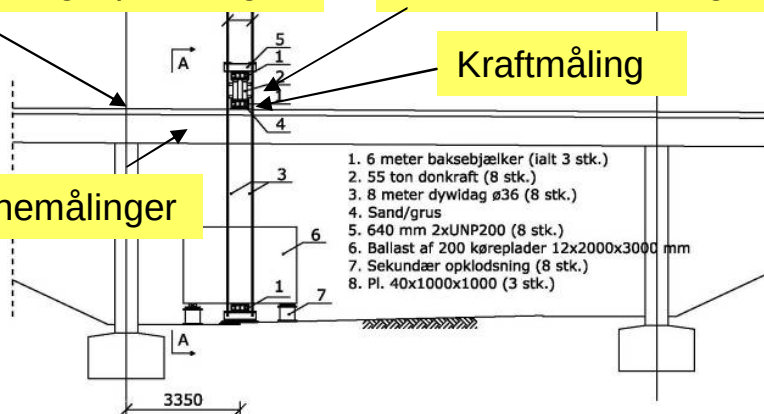
Forsøgssopstilling

Armeringsspændinger

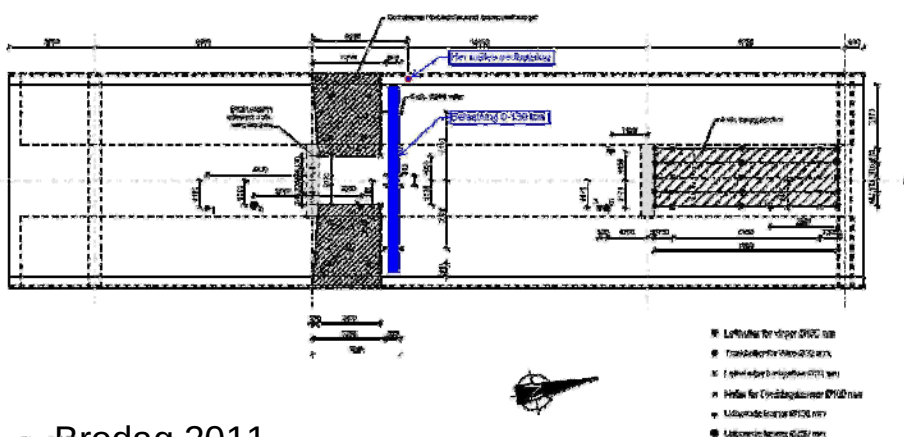
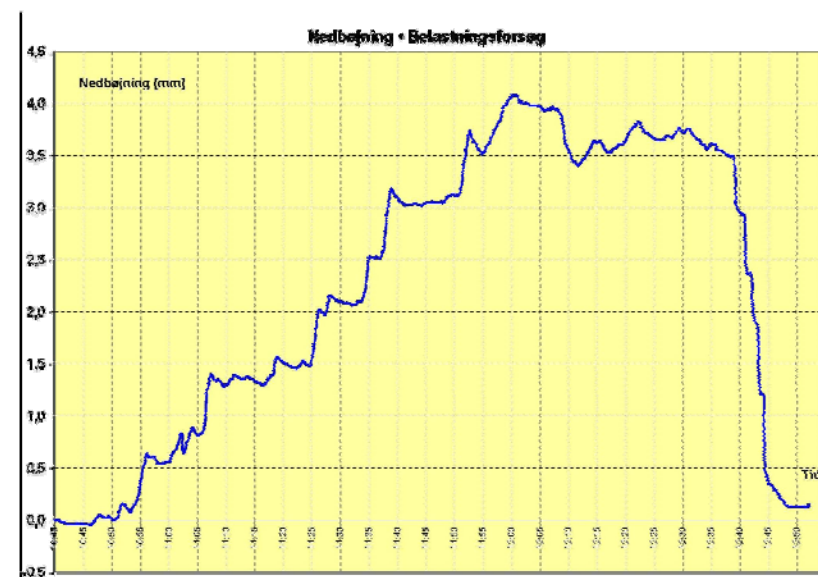
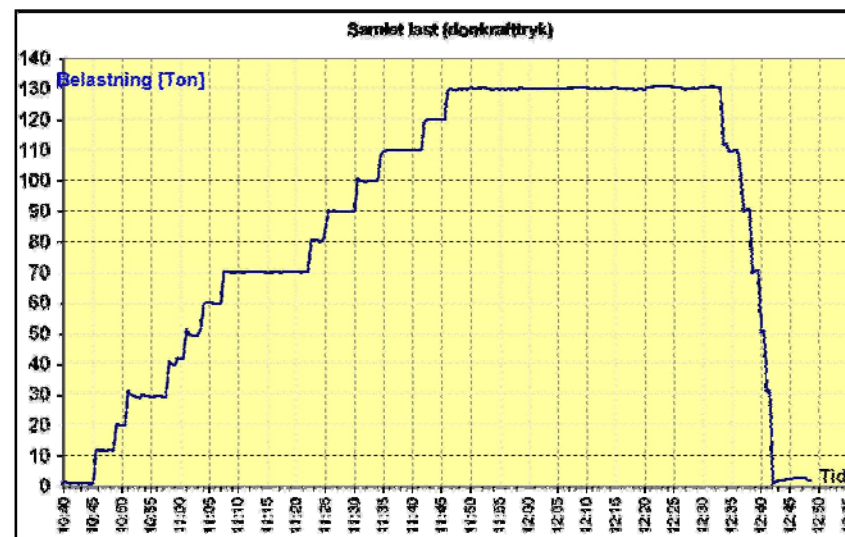
Deformationsmåling

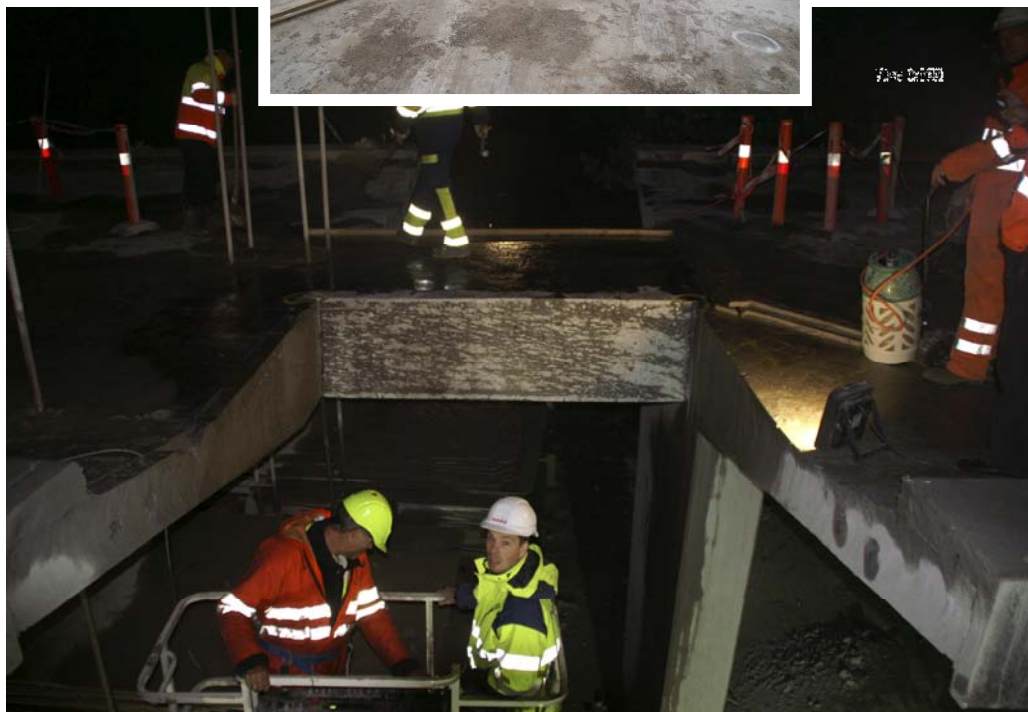
Kraftmåling

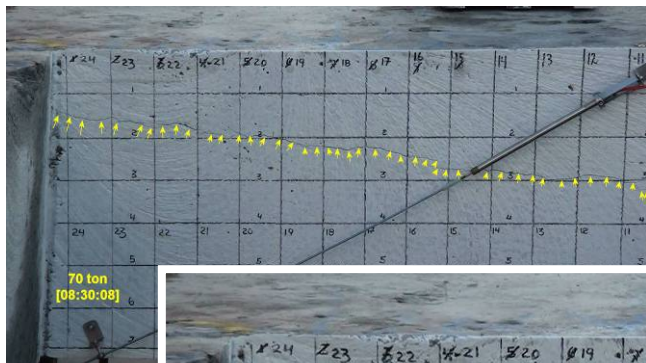
Revnemålinger



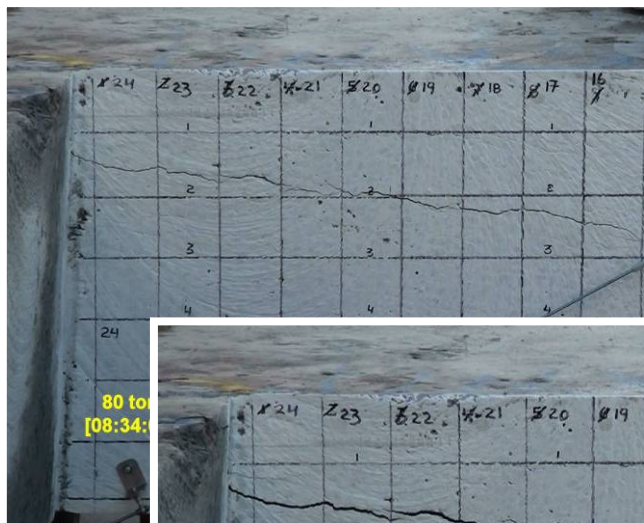
Belastningsforsøg



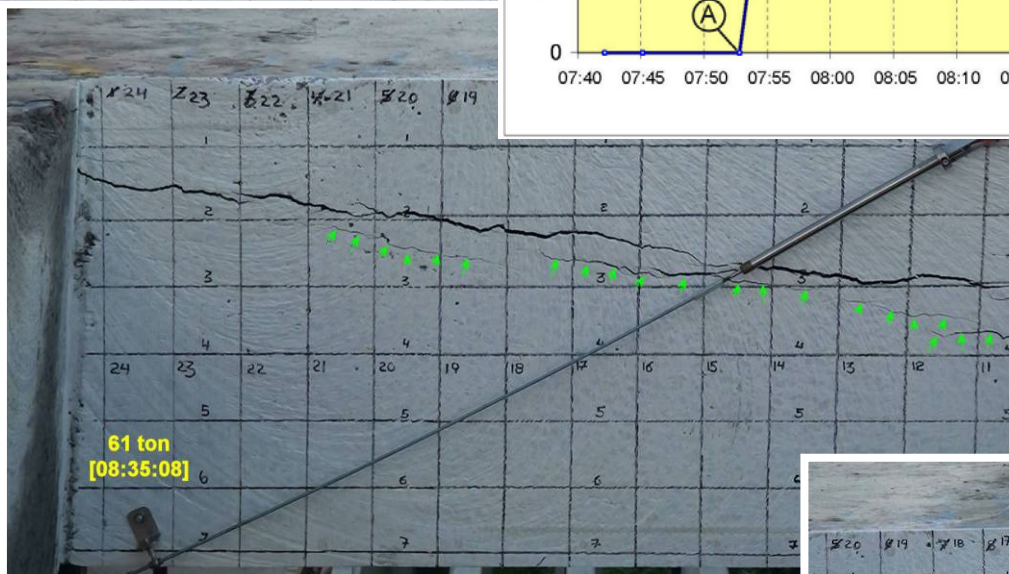
[illegible]



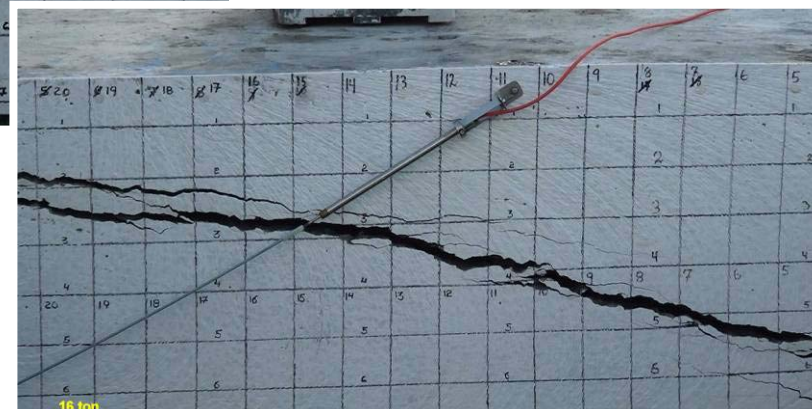
F



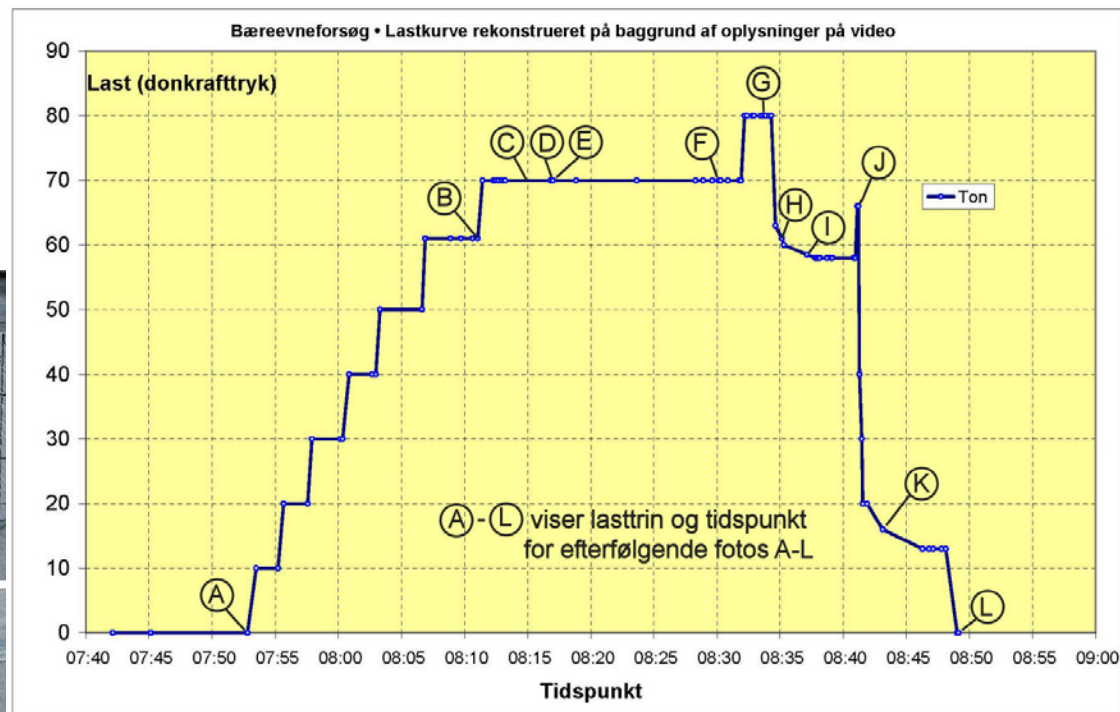
G



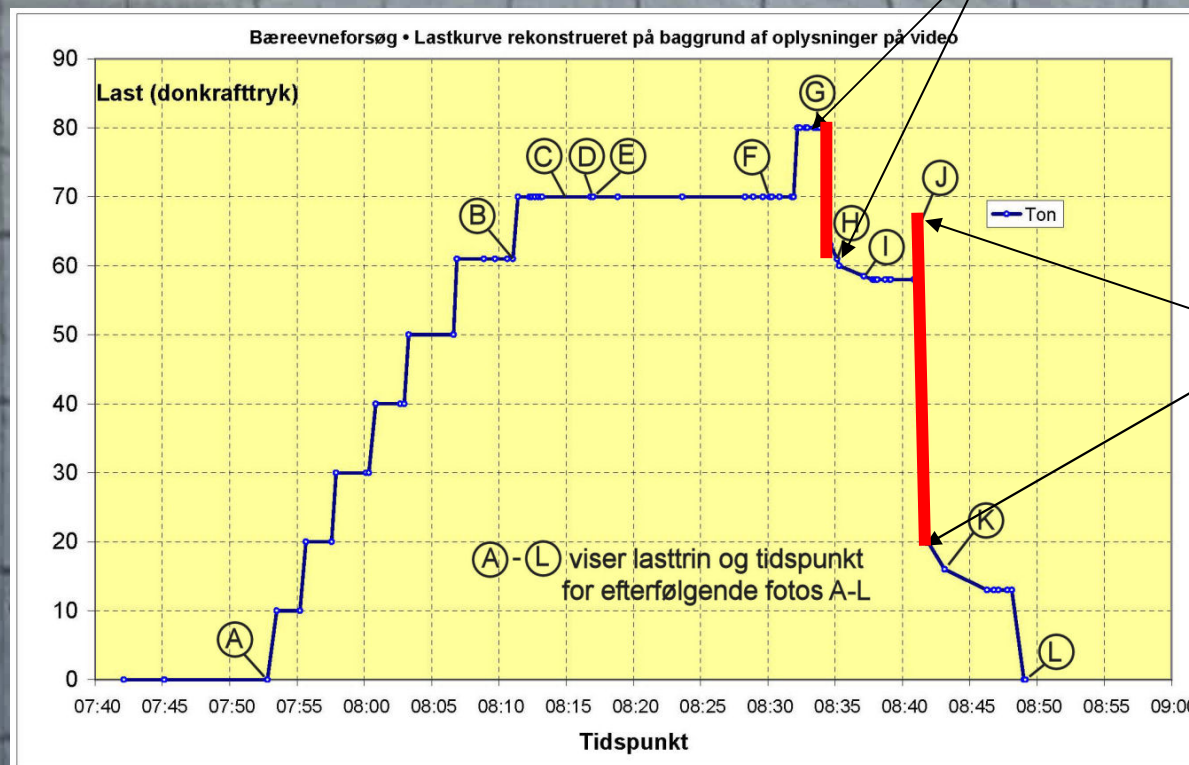
H



K



Brodag 2011



Vurdering af broklasse opnået gennem belastningsforsøget

	BROKLASSE, BK	BELASTNING	Q_P / Q_{BK}
Belastningsforsøg (gennemført)		P+G = 133 ton + G	
Normal passage	BK50	1,25x1,3xK50+1,25xK50+G	1,3
Normal passage	BK70	1,25x1,3xK70+1,25xK50+G	1,2
Normal passage	BK 100	1,25x1,3xK100+1,25xK50+G	1,1
Normal passage	BK 125	1,25x1,3xK125+1,25xK50+G	1,0
Betinget passage III	BK50	1,3xK50+G	2,0
Betinget passage III	BK100	1,3xK100+G	1,6
Betinget passage III	BK 125	1,3xK125+G	1,4

	BROKLASSE, BK	BELASTNING	Q_P / Q_{BK}
Belastningsforsøg (tænkt)		P+G = 160 ton + G	
Normal passage	BK50	1,25x1,3xK50+1,25xK50+G	1,5

	NORMAL PASSAGE	BETINGET PASSAGE, I, II og III
Klassificering, uskadet	BK80	BK80, BK100 og BK100

Sammenligning af brudbæreevne og forventet beregnet bæreevne

Hypoteser	Beton-tryk-styrke	Beton-træk-styrke	Forskydningsbæreevne - τ		
			DS 411	Plastisk for-skydnings-brud	Revneglid-ningsteori
	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
Betontrykstyrke som projektet oprindeligt har forudsat (karakt)	30	1,7	0,6	0,81	0,64
Betontrykstyrke som trykprøvninger af aktuelle kerner fra broen	19,2	1,4	0,5	0,65	0,51
Betontrækstyrke som trækprøvninger af aktuelle kerner fra broen		0,87	0,31		

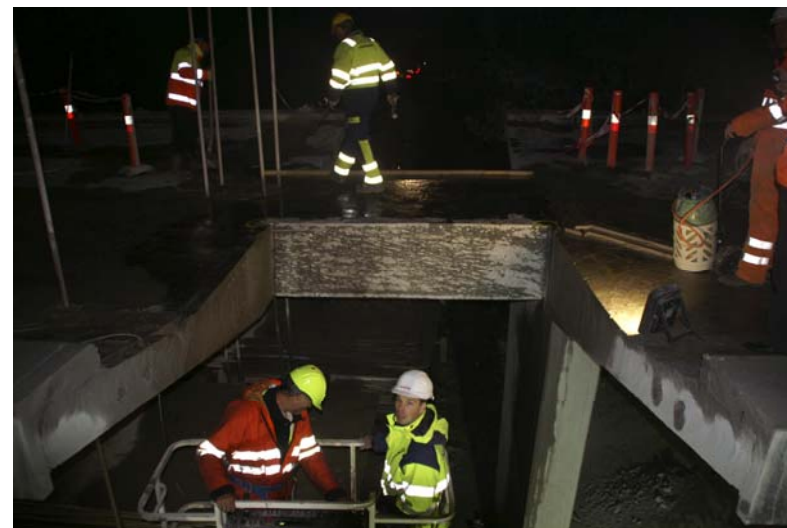
Eventuel forspændingsbidrag på grund af AKR ekspansion er ikke indregnet i bæreevnen.



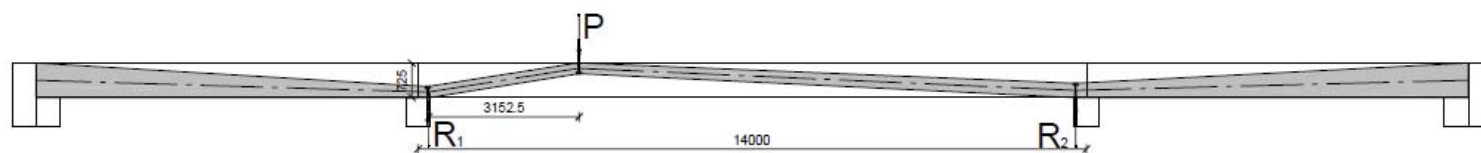
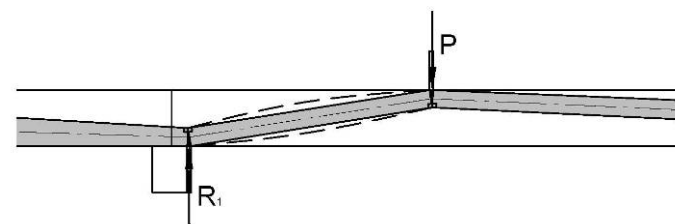
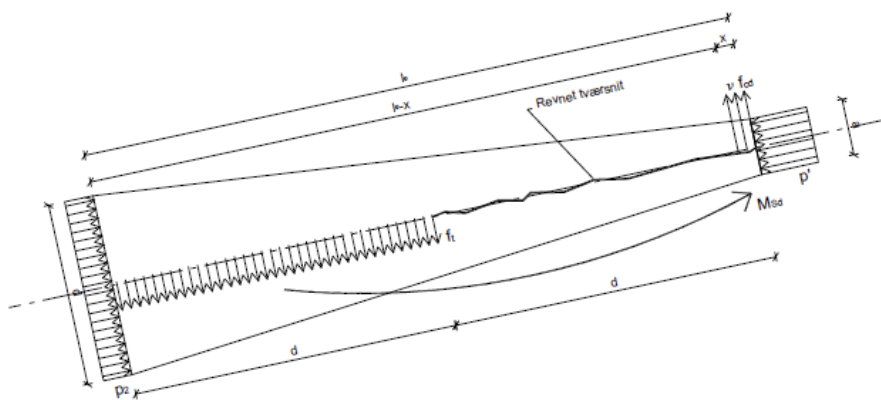
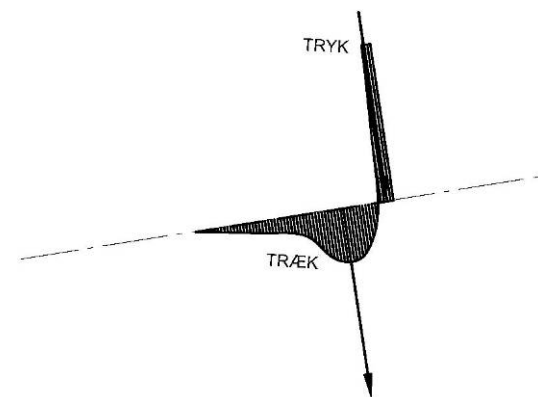
Den beregnede formelle forskydningsspænding i forskydningsbjælken fra brudlasten (80 ton) samt broens egenvægt er beregnet/vurderet til, (MPa):

0,75

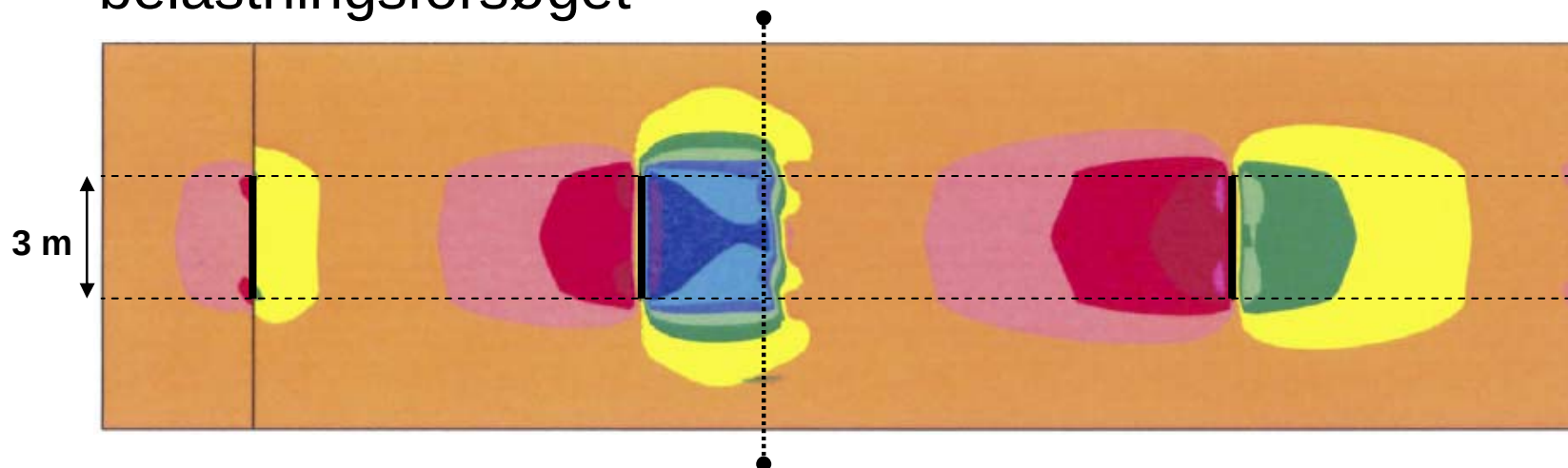
Brudfigur



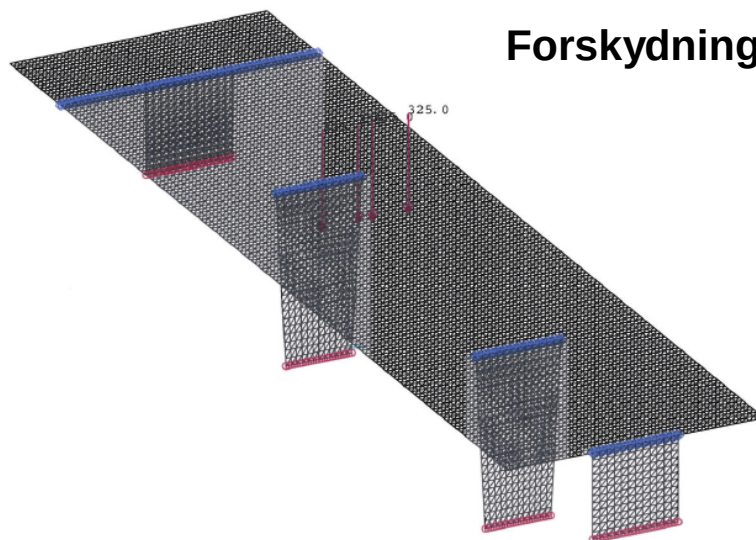
Stringermodel



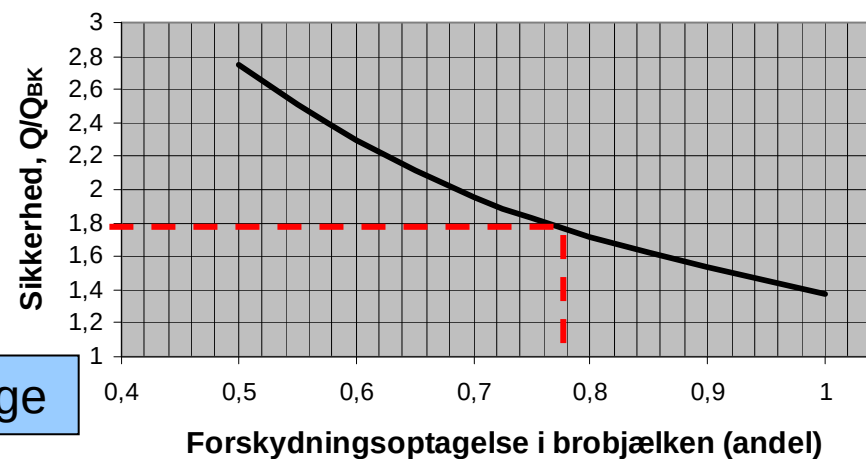
Plade/bjælke virkning i forbindelse med belastningsforsøget



Forskydnings snitkræfter for $G + P(138 \text{ ton})$



	Broklasse BK	Belastning	Q_P / Q_{BK}	
			Belastningsforsøg $P+G=133\text{ t}+G$	Pladevirkning og bæreevneporsøg
Normal passage	BK50	$1,25 \times 1,3 \times K50 + 1,25 \times K50 + G$	1,3	1,8
Normal passage	BK70	$1,25 \times 1,3 \times K70 + 1,25 \times K50 + G$	1,2	1,6
Normal passage	BK100	$1,25 \times 1,3 \times K100 + 1,25 \times K50 + G$	1,1	1,4
Normal passage	BK125	$1,25 \times 1,3 \times K125 + 1,25 \times K50 + G$	1,0	1,3
Betinget passage III	BK50	$1,3 \times K50 + G$	2,0	2,7
Betinget passage III	BK125	$1,3 \times K125 + G$	1,4	1,7



BK 50, Normal passage

Konklusioner

- AKR betonens styrkeforhold
- Broklasse fundet ved belastningsforsøg
- Brudbæreevne og brudmekanisme
- Forsøgets gennemførelse
- Perspektiver



