

VEJDIREKTORATETS AKR-BROER

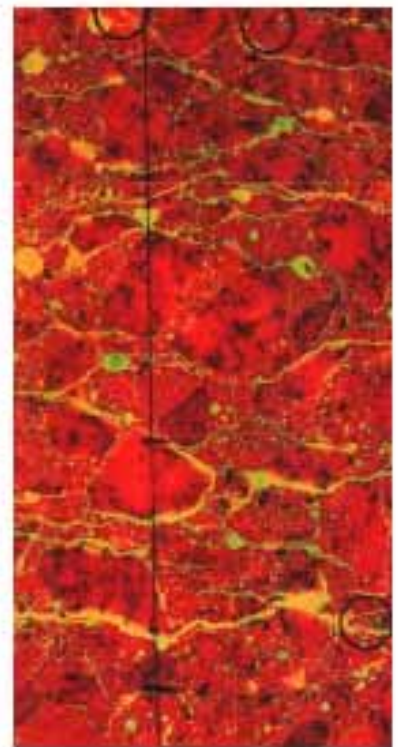
ERIK STOKLUND LARSEN, VEDLIGEHOLDELSCHEF



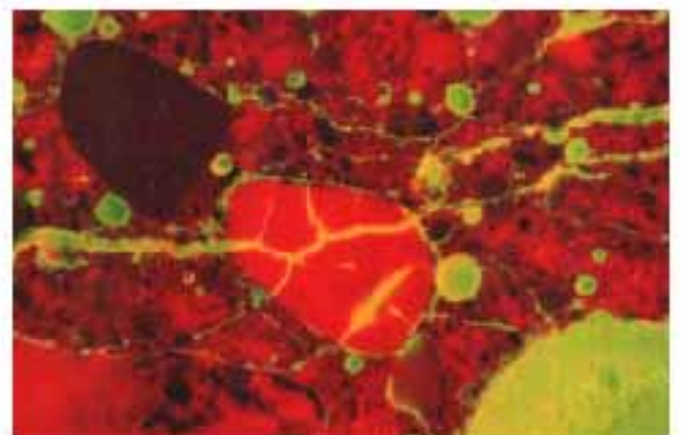
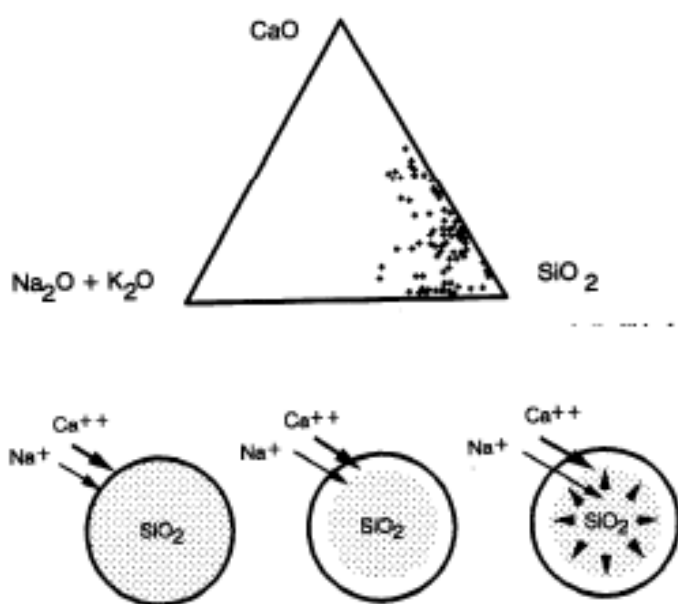
»Man kan roligt betegne det som en tikkende bombe. En meget stor del af betonbroerne fra denne periode vil gå i forfald, så snart der går hul på fugtisoleringen«
Ingeniøren 31.8.2012

Formål:
at udføre en screening af mindre broer opført i perioden 1960-1986

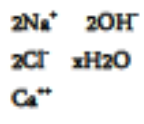
VD-undersøgelse 2009 (Rambøll)



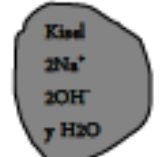
MEKANISME



Matrix



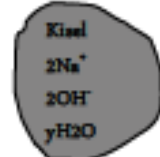
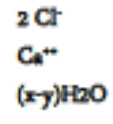
Partikel



Startsituation



Reaktion



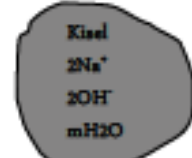
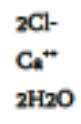
Indledende ekspansion i fast fase og selvudtørring



$y < m$



Fugtindtrængning og -optagelse



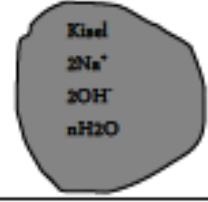
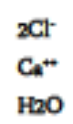
Fornyset ekspansion



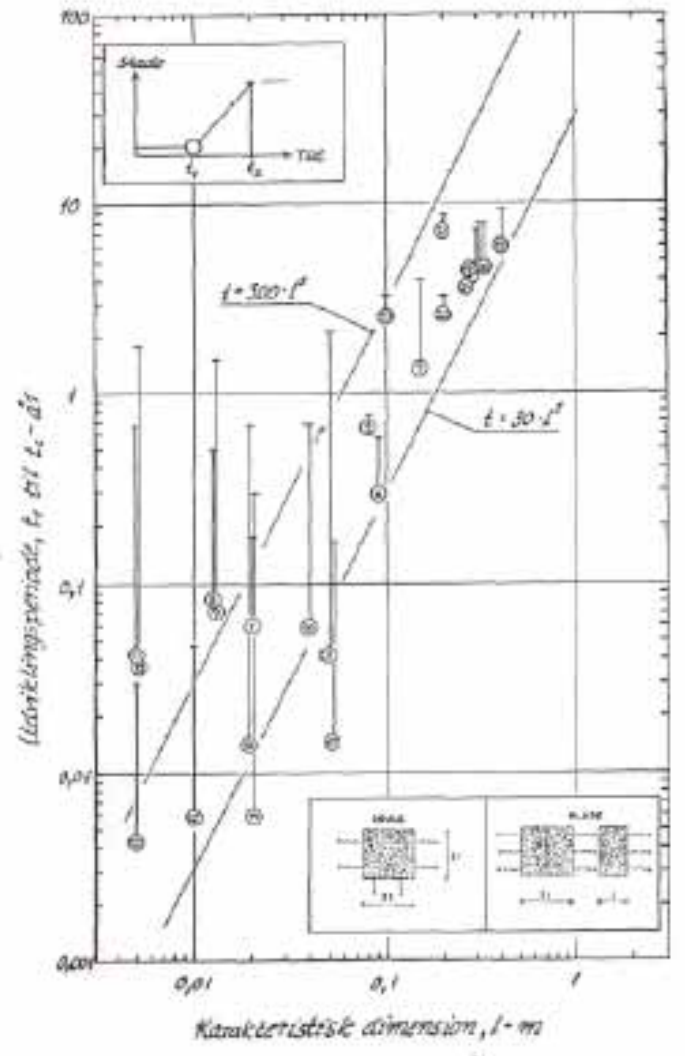
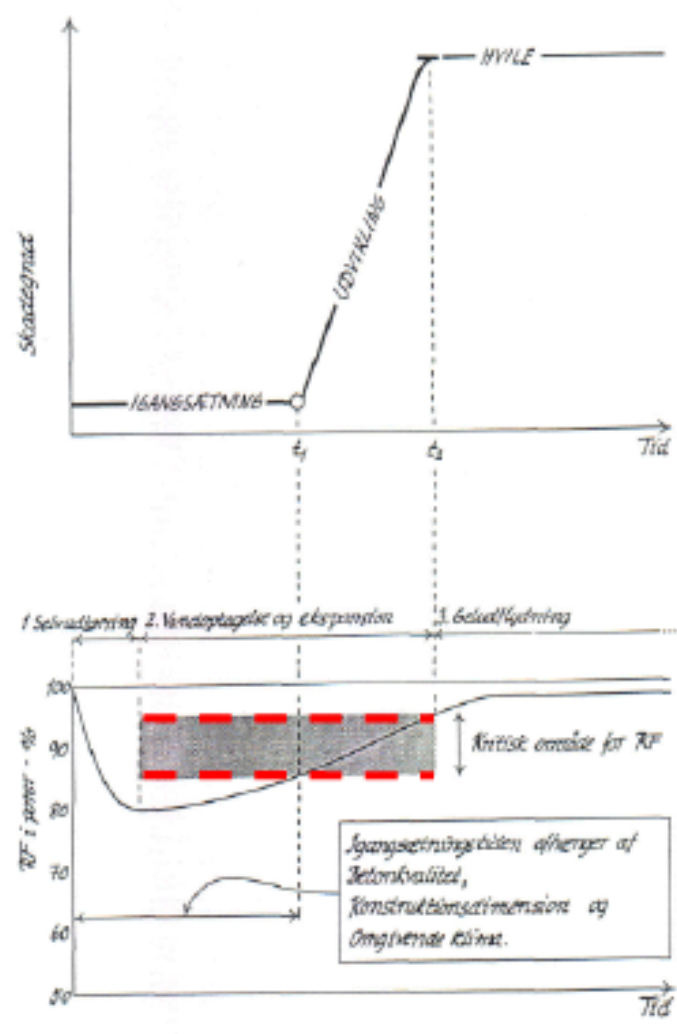
$m < n$



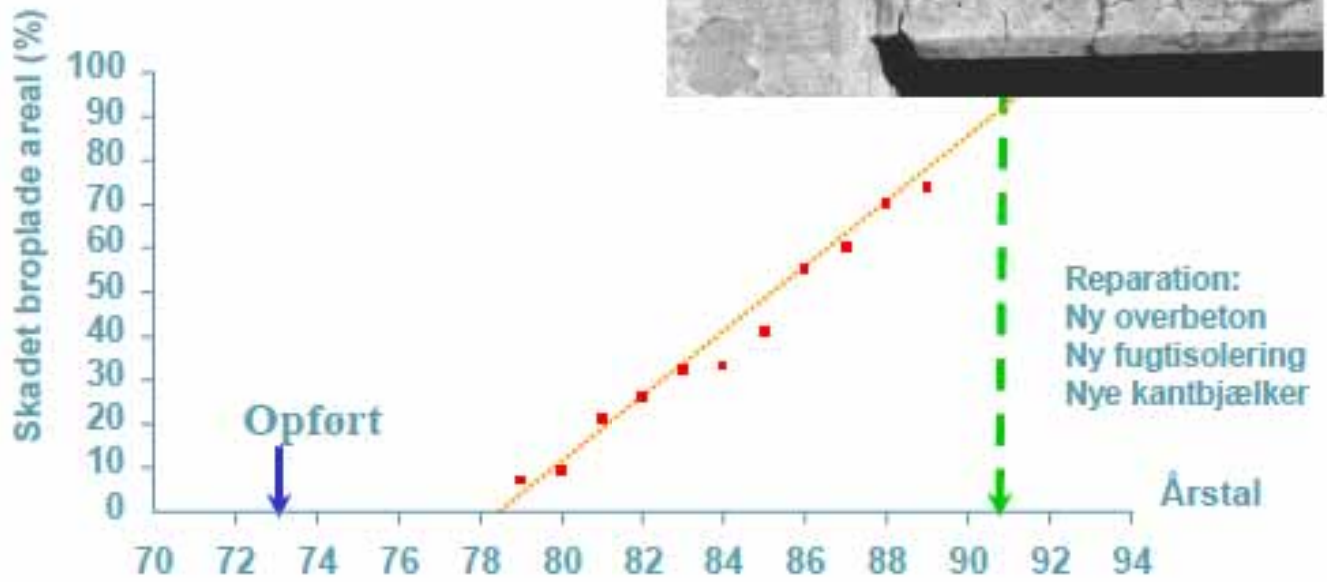
Forsat vandoptagelse



Slutsituation med eventuel udflydende gel



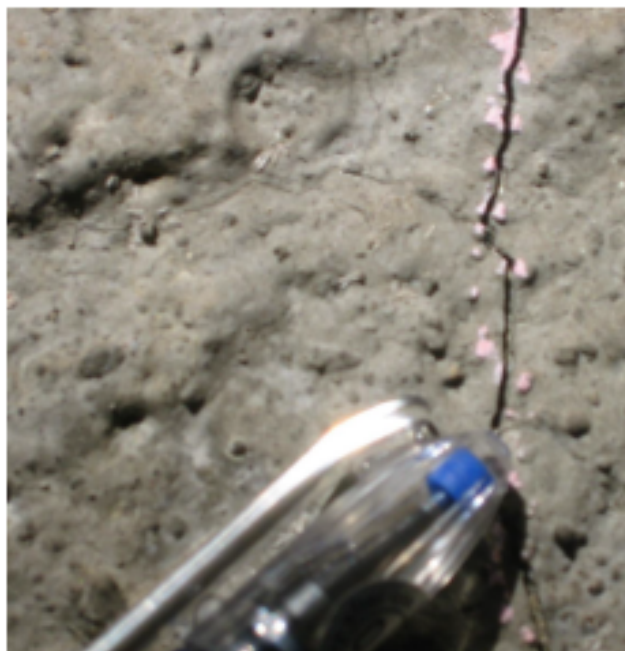
BRO NR. 136-008 VED ØLSTYKKE UDVIKLING I ALKALIKISELREAKTIONER



REVNEDANNELSE OG NEDBRYDNING



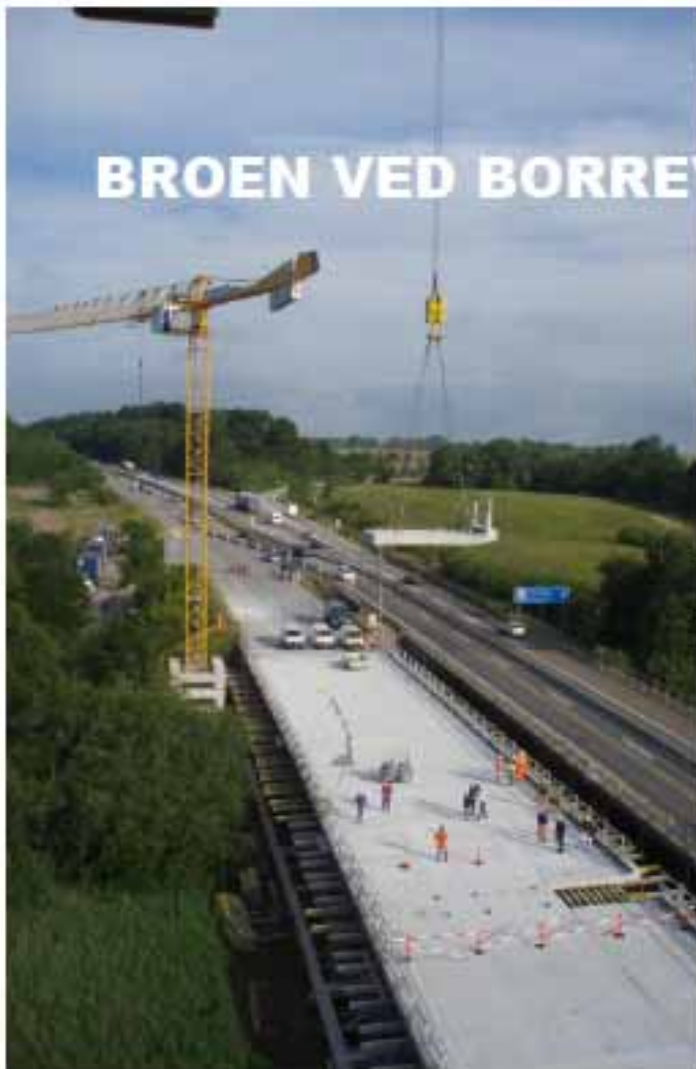
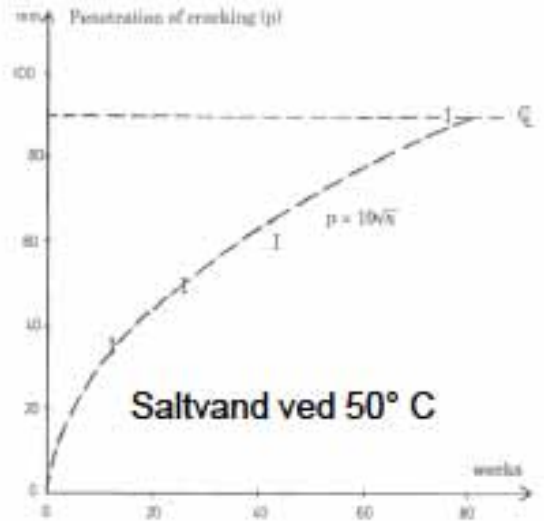
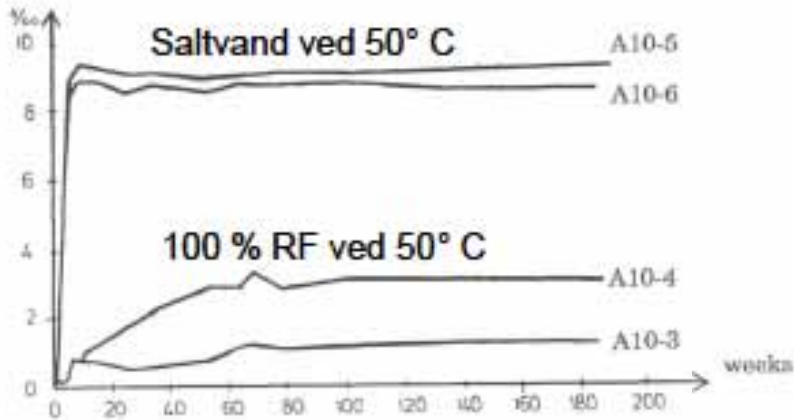
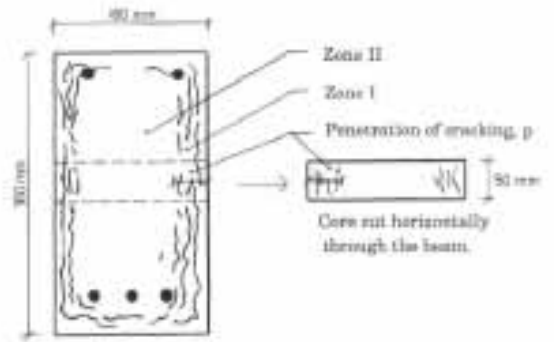
REVNEDANNELSE





REVNEDANNELSE OG UDVIDELSE

- Udvidelse sker fra overfladen og indetfer
- Derved dannes indre spændinger i betonen
- Spændinger udløses ved revnedannelse – primært som overfladeparallelle revner



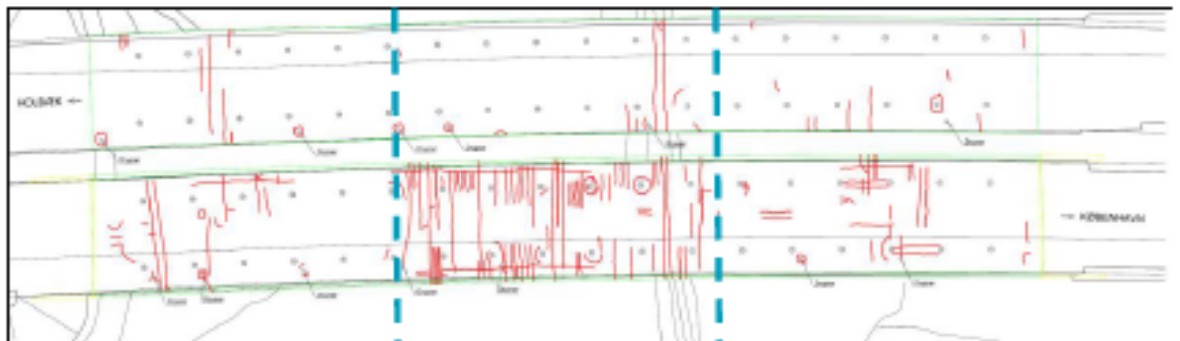
BROEN VED BORREVEJLE VIG



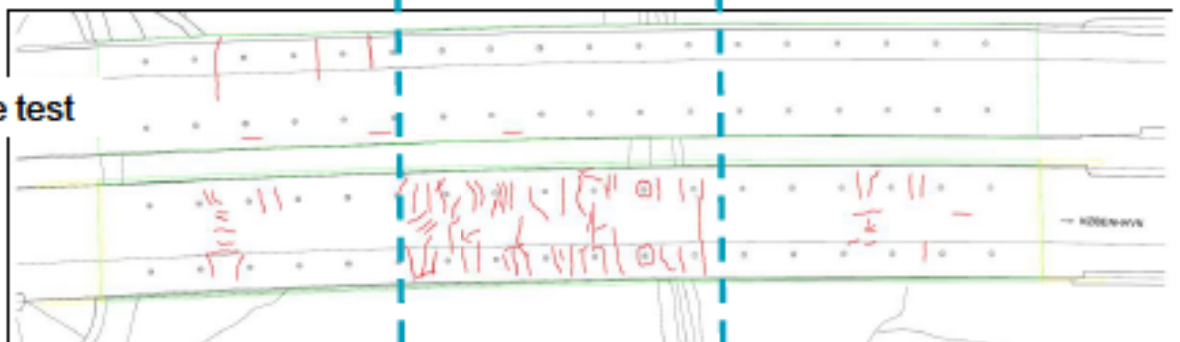
15 KERNER UDBORET MED HENBLIK PÅ KALIBRERING - GOD OVERENSSTEMMELSE MED SMASH-MÅLINGERNE



Eftersyn



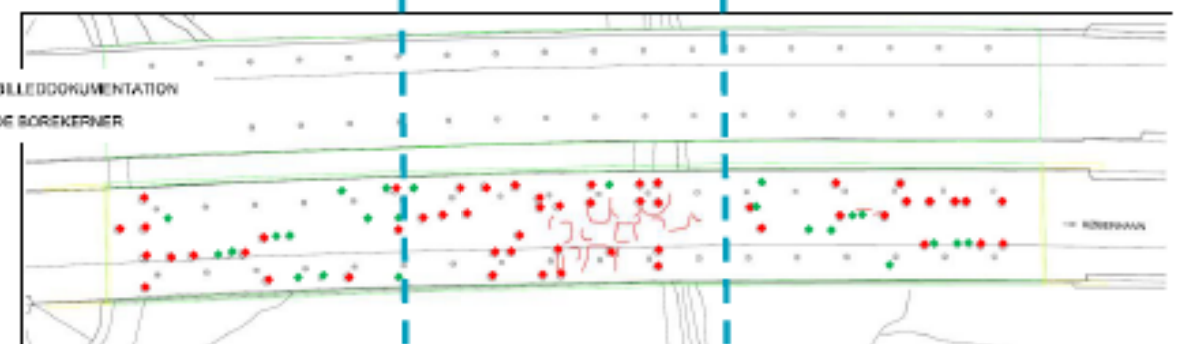
Impuls reponse test



- ✱ BOREPRØVER MED BILLEDDOKUMENTATION
- ⊙ USAMMENHÆNGENDE BOREKERNER

Kerner

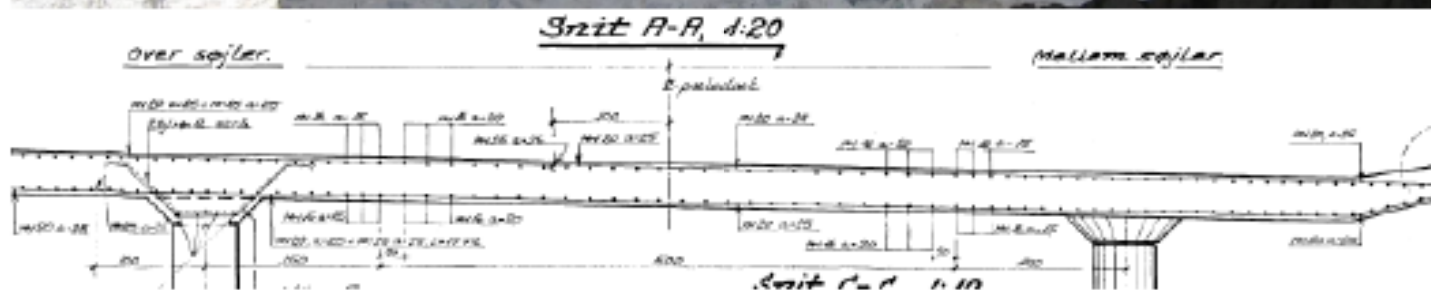
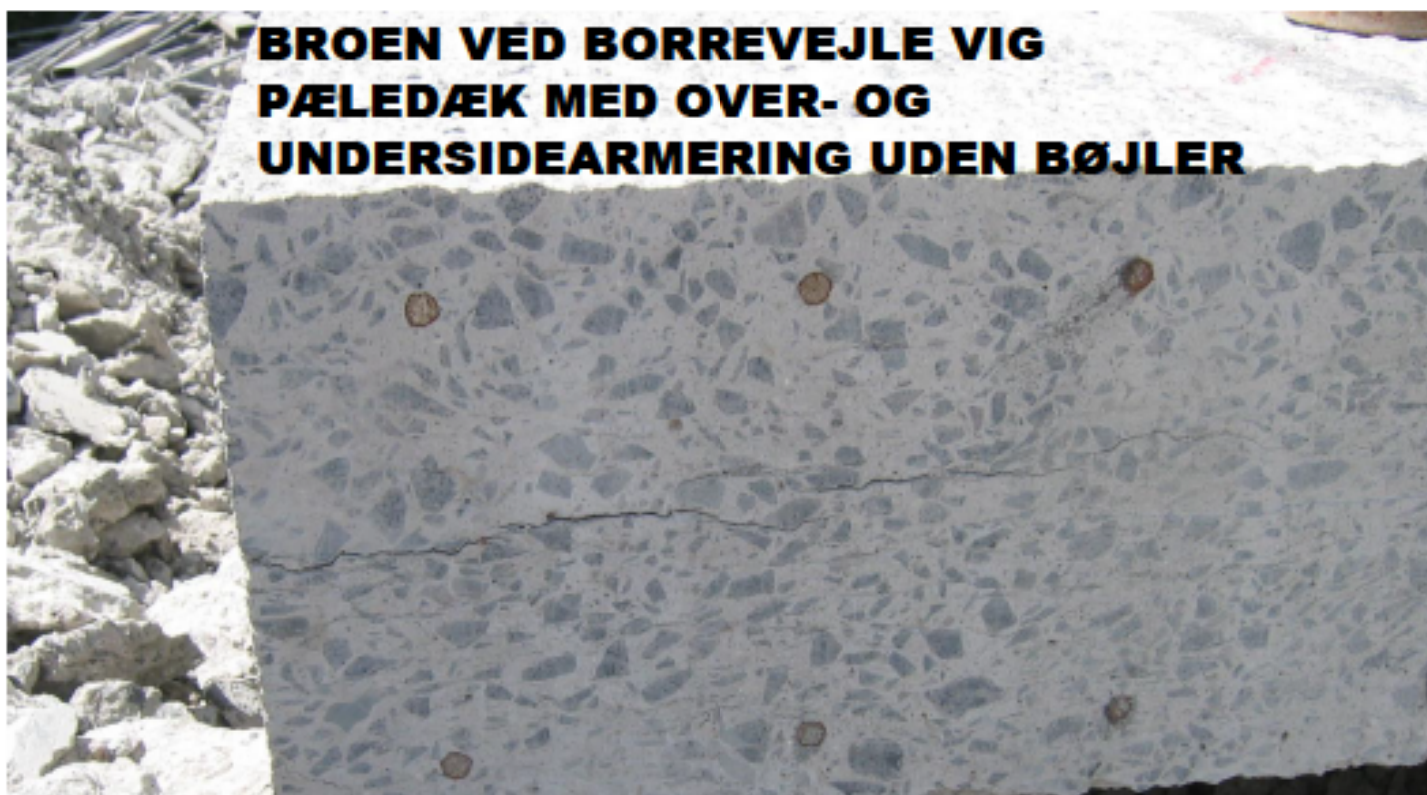
COWI, 2004-2007



**HVORDAN GÅR
BROERNE SÅ I
STYKKER?**



**BROEN VED BORREVEJLE VIG
PÆLEDÆK MED OVER- OG
UNDERSIDELARMERING UDEN BØJLER**

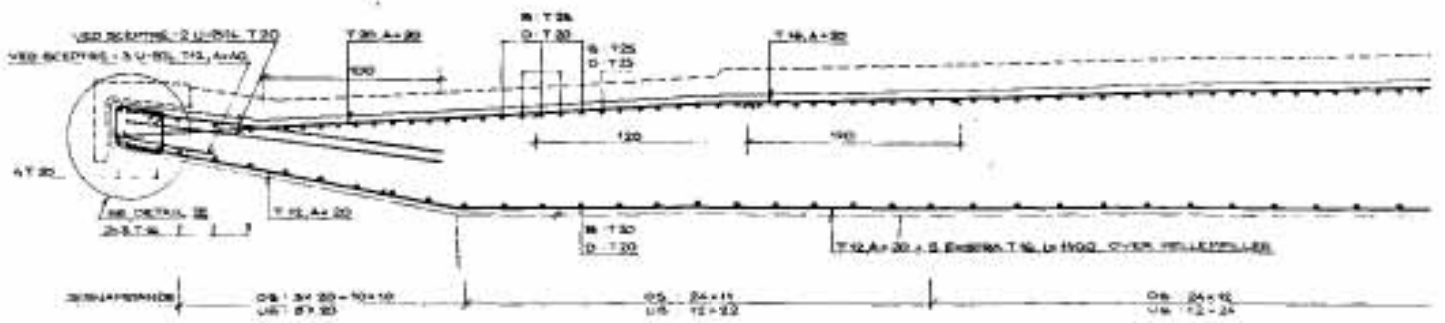




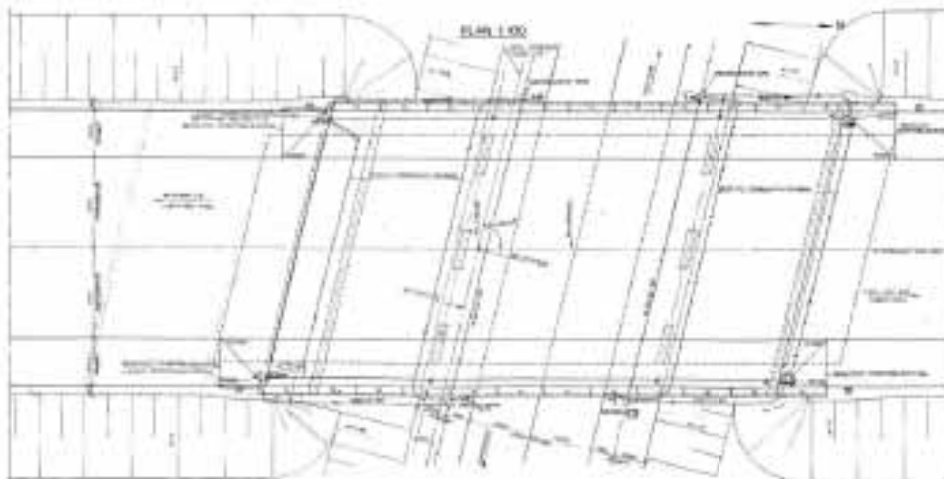
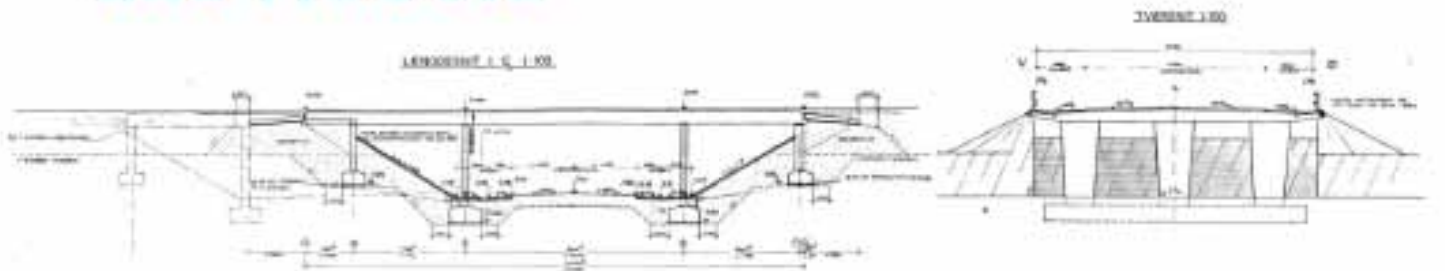




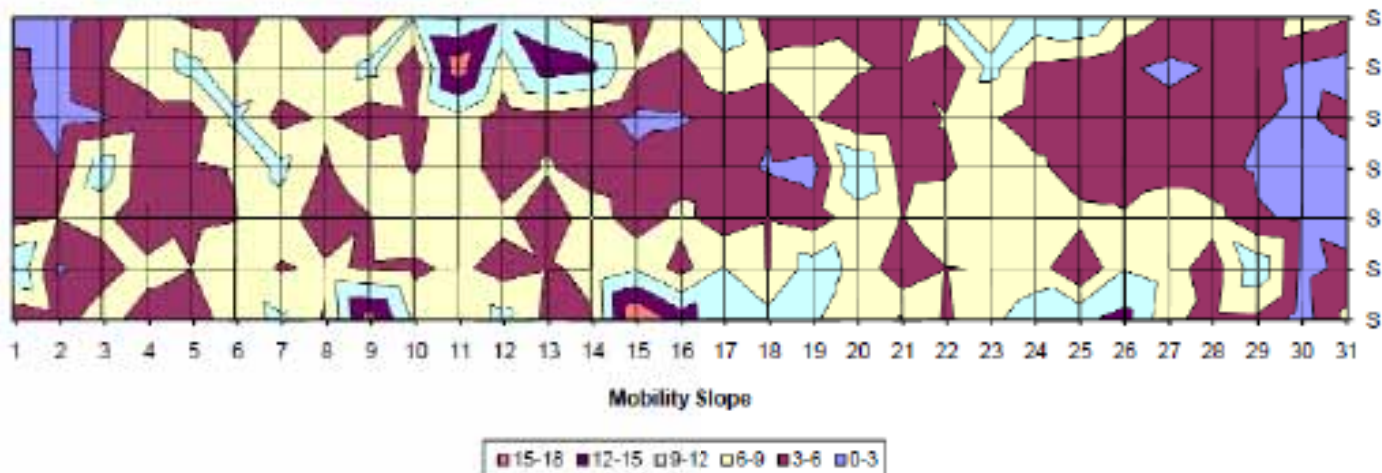
BROERNE VED SKOVVEJEN MOD KALUNDBORG (119-0-017 OG -018)



BRO 119-0-018



BRO 119-0-018 - SKOVVEJEN



Alt under 3 er i orden – dvs. stort set intet!

FILM!

Niras, 2011



FULDSKALAFORSØG AF BRO 119-0-017

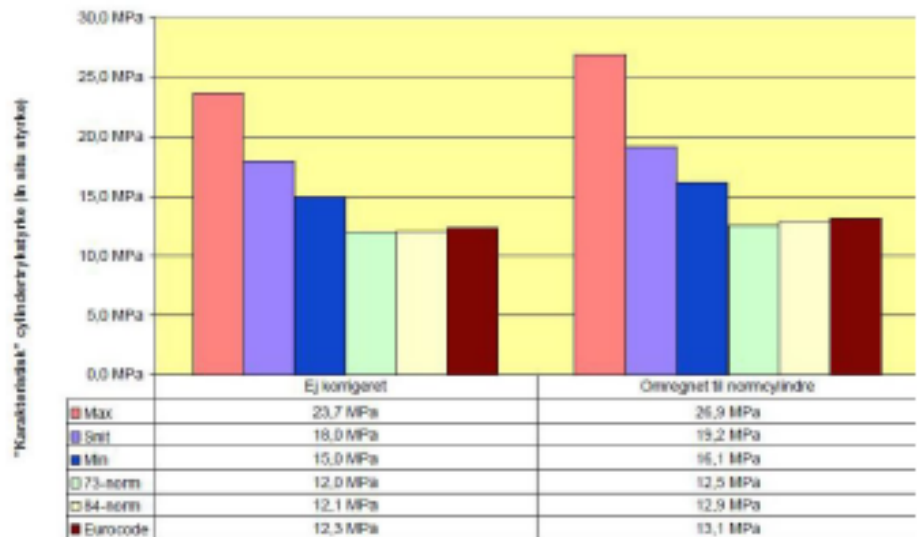


Niras, 2011



FULDSKALAFORSØG AF BRO 119-0-017

- Undersøgelser af brodækket viste at hele brodækket var kraftigt AKR skadet med delamineringer/revner i hele brotværsnittets højde.
- Betonens tryk-og trækstyrke er kraftigt reduceret som følge af AKR skaderne. De karakteristiske styrker er reduceret til 30-40 % af de oprindelige karakteristiske design styrker.

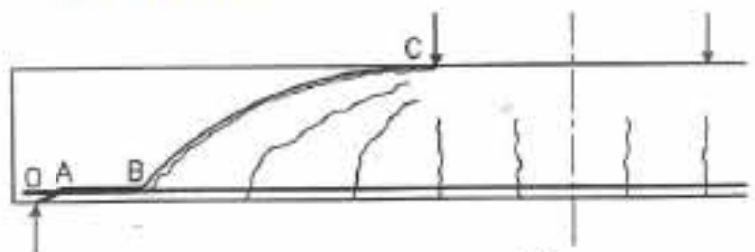
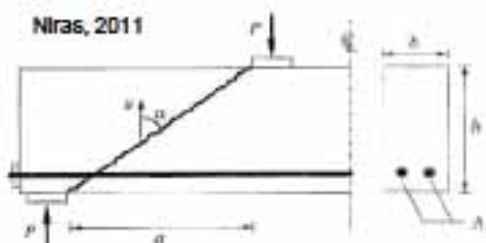


Niras, 2011



FULDSKALAFORSØG AF BRO 119-0-017

- Broen er oprindeligt klassificeret til klasse 80 ved normalpassage og klasse 80, 100 og 100 for betingede passager 1, 2 og 3, hvad angår alle brudgænsetilstande (forskydning, gennemlokning, bøjning, etc).
- Brodækket blev udover broens egenvægt belastet med en linielast på 130 ton + udstyr på 2,7 ton. Forsøget viser, at broklassen samlet set er større end klasse 50 (50 tons) for normal passage, med en sikkerhed på materialesiden som er større end 1,3.
- Belastningsforsøget alene viser ikke, om den samlede sikkerhed er tilstrækkelig i normmæssig henseende.
- Ud fra den aktuelle bæreevne fundet ved det efterfølgende bæreevneforsøg samt viden om hvorledes fordelingen af forskydningskraften er mellem brobjælken og brovinger, kan det estimeres, at broklassen er større end klasse 50 for normal passage med en sikkerhed på ca. 1,8 på materialesiden.



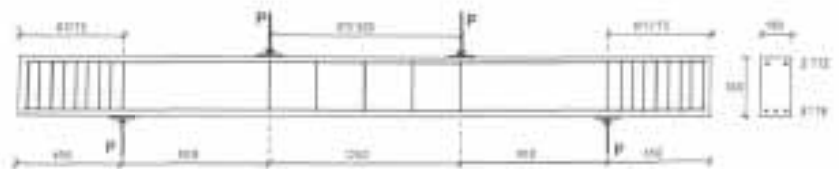
AFPRØVNING AF BJÆLKER I LABORATORIET

Laboratorieforsøg

Lagring ved 50 °C og i saltvand

Resultater:

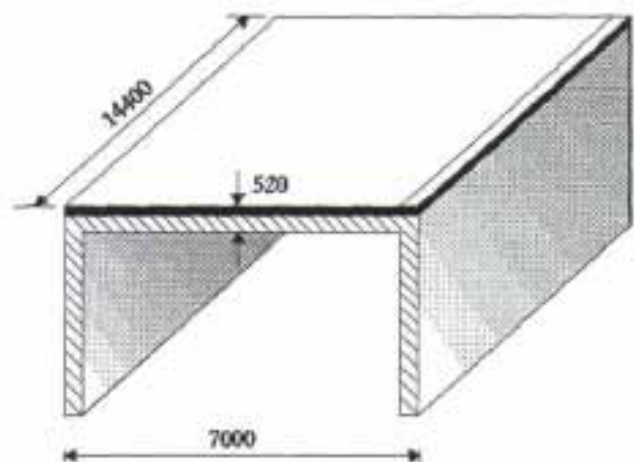
- Reduktion af trykstyrken med 1/3-del
 - Forskydningsstyrken er ikke reduceret
 - De revnede bjælker udviste øget sejhed ved brud
 - Forankringsstyrken af armeringen var reduceret med godt 20 %
- At de fysiske egenskaber ikke er reduceret, søges forklaret ved at der kan være sket en forspænding af hovedarmeringen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



DTU/Vejdirektoratet, 1987-1990



104-003 SALPETERMOSEVEJ



- 1977: Opført
- 1982: Mange fine grovmaskede revner på facaderne
- 1985: Revnerne havde bredt sig ind i dækket og der konstateres hvide udfældninger. Årsagen blev fastlagt til AKR.
- 1986-1992: Broen blev holdt under observation. Skaderne breder sig til vederlag og fløje.
- 1992: Det besluttedes at udskifte bropladen og reparere vederlag.
- 1993: Bropladen blev skåret til bjælker der afprøvedes på DTU

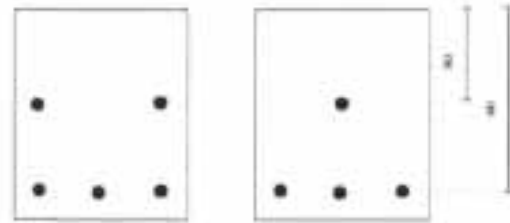
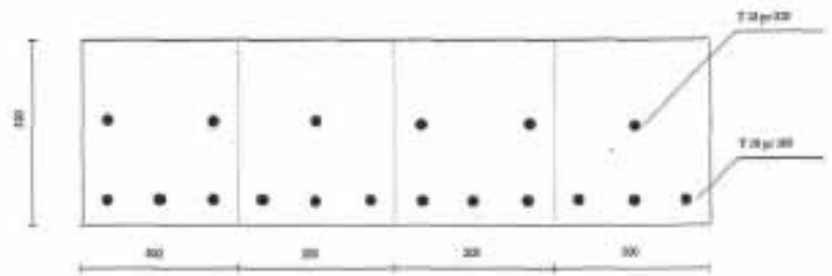
DTU/AEC/Vejdirektoratet, 1993



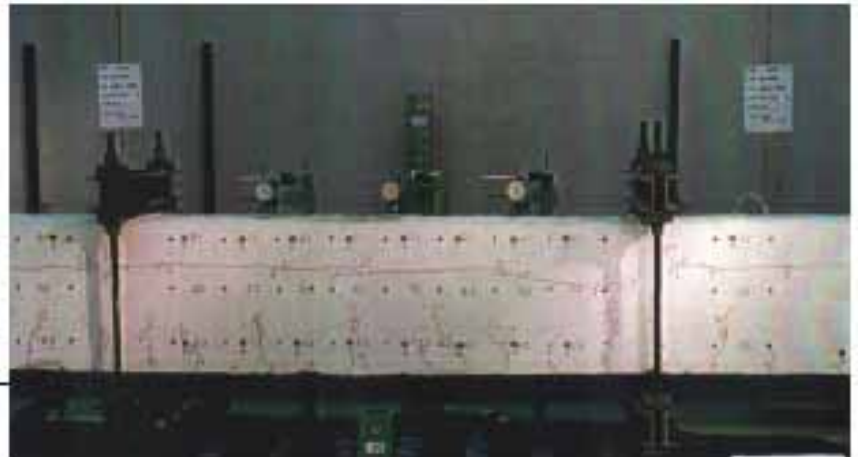
SALPETERMOSEVEJ - RESULTATER

- Trykstyrken uændret fra 1977 til 1993 (ca. 20 MPa)
- Brodækket er voldsomt revnet pga. AKR.
- Udviklingen i skader har været langsom i perioden 1985-1993.
- Revner forløber som decideret lagdeling af dækket.
- Afprøvning af statisk og dynamisk bæreevne – simpelt understøttede bjælker
- Resultatet af forsøgene viste at broens bæreevne stort set var intakt.

DTU/AEC/Vejdirektoratet, 1993



4 stk. bjælker til afprøvning



BRO 140-0-003 UF AF ISTERØDVEJEN

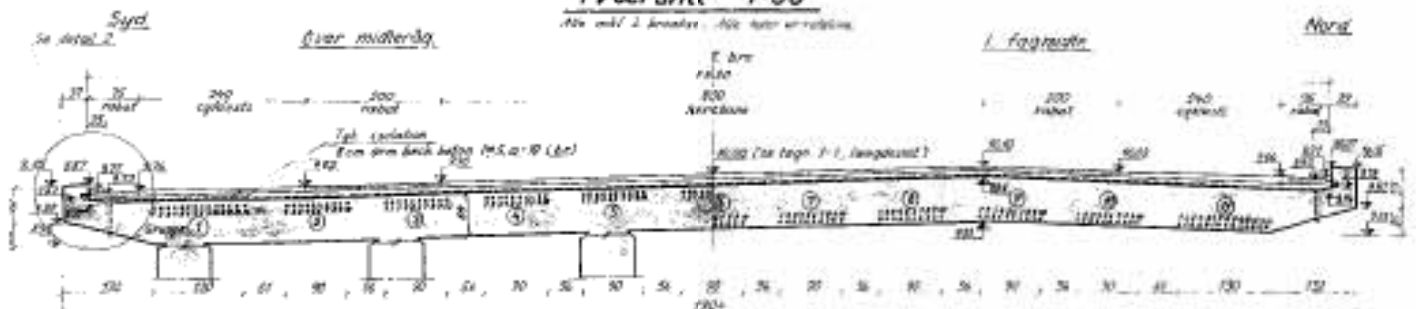
Længdesnit 1:50

Skiltebroen er afbetonet og har en længde på 140 m. Broen er understøttet af 14 søjler.



Tværsnit 1:50

Alle mål i broen. Alle mål er i meter.



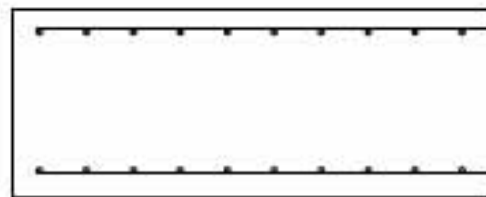
BRO 140-0-003 UF AF ISTERØDVEJEN

- Forstærkning via profileringsbeton på bropladen



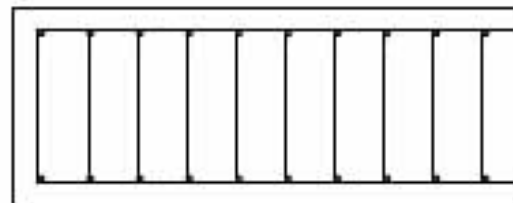
AFSLUTNING

- AKR-broer med ingen bøjler eller ringe sammenhæng i armering skal have speciel opmærksomhed og udskiftning bør overvejes.



Disse broer bør holdes under skærpet opsyn!

- AKR-broer med armeringsnettet bundet godt sammen kan med fordel repareres.



Det skal vurderes fra sag til sag om broen skal udskiftes eller repareres!

VEJDIREKTORATETS AKR-BROER

- Vi kender stort set skadesmekanismen
 - Influerende faktorer
 - Omfang og hastighed
- Vi har prøvningsmetoderne til detektering
- Efterhånden et stort antal fuldskalaforsøg og erfaringsgrundlag

- Vi mangler værktøjet til vurdering af restbæreevnen af eksisterende broer
 - Beregningsregler
 - Bæreevneforsøg