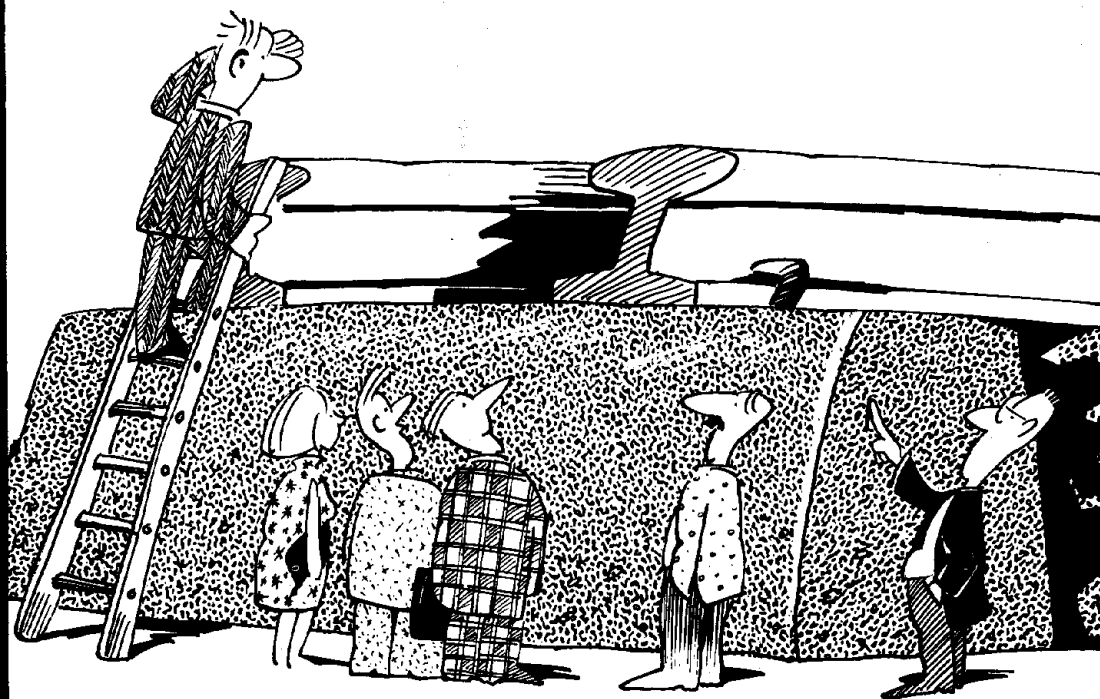
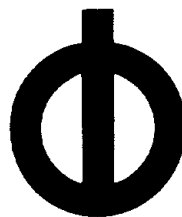
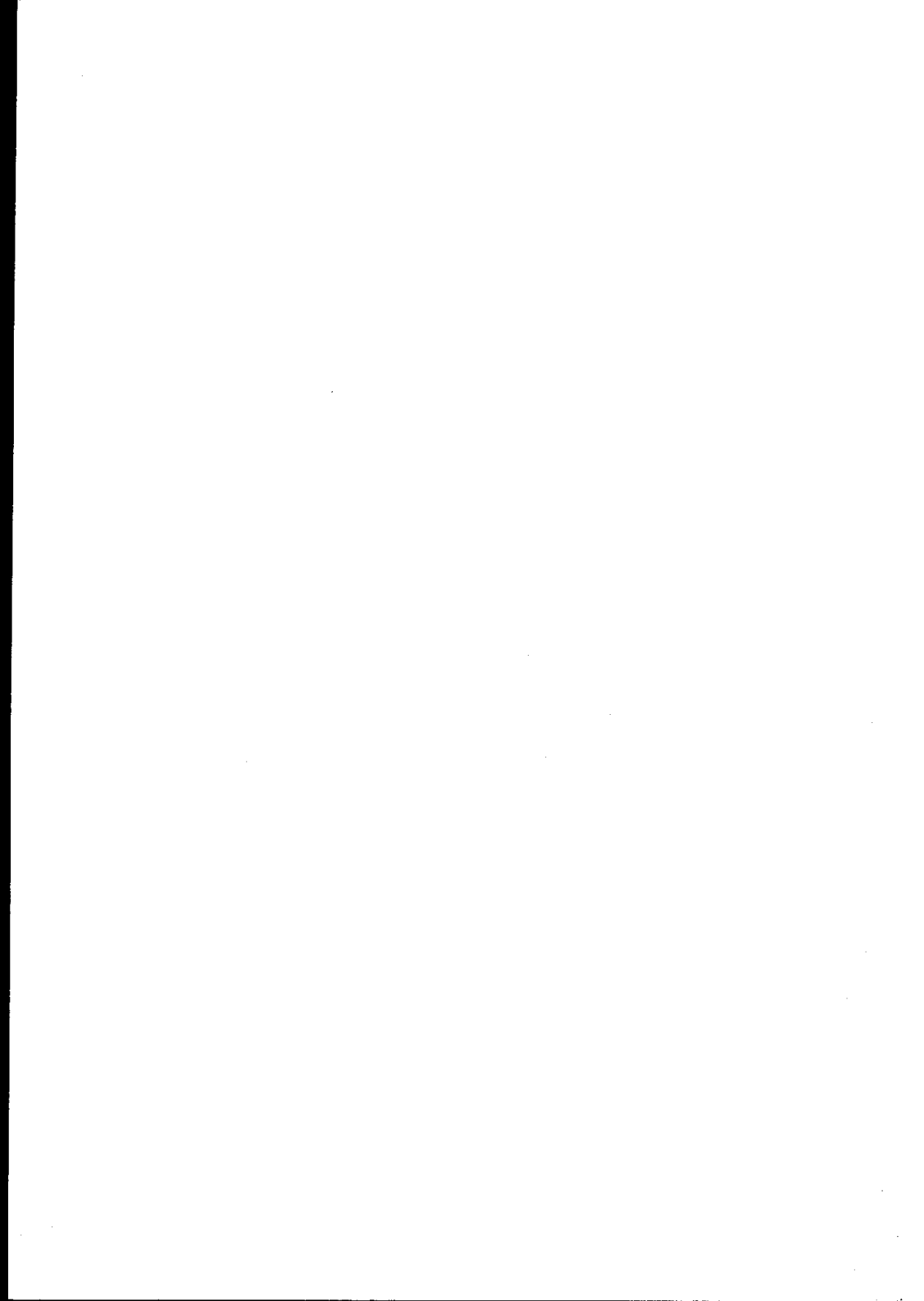


Dansk Betonforening



**Dansk Betondag 1989**

Publikation nr. **33**



Dansk Betonforening



# Dansk Betondag 1989

Publikation nr. **33**

Publikation nr. 33:89

Denne publikation indeholder  
indlæggene fra

Dansk Betondag 1989

der blev afholdt  
den 7. september 1989  
på Vingstedcentret  
(ml. Billund og Vejle)

Forsidetegning

af Lars Refn

Publikationen er udgivet af:

Dansk Betonforening  
c/o Dansk Ingeniørforening  
Vester Farimagsgade 29, 1606 København V  
Tlf.: 33 15 65 65

<u>Indhold:</u>	<u>Side</u>
H.P. Forum Jensen:	
STORSTRØMSBROENS HISTORIE	
SET I ET BREDT PERSPEKTIV .....	5
 Bjørn Lassen:	
STORSTRØMSBROENS REPARATIONER	
- HVAD KAN VI LÆRE? .....	11
 Otto Bojesen:	
ET LIV MED ANLÆGSKONSTRUKTIONER	
- ER VI SÅ MEGET KLOGERE/DYGTIGERE I DAG? .....	23
 Ole Zacchi:	
ET LIV MED BOLIGER	
- HVAD HAR VI GJORT, HVORFOR GJORDE VI DET?	
HVAD GØR VI NU, OG HVAD VIL VI GØRE I FREMTIDEN	35
 Rolf Jensen:	
HVORFOR SAMARBEJDER BOLIG- OG ANLÆGSFOLK IKKE?	
- HVORDAN HÆNGER DET HELE SAMMEN MED FREMTIDEN? ..	39



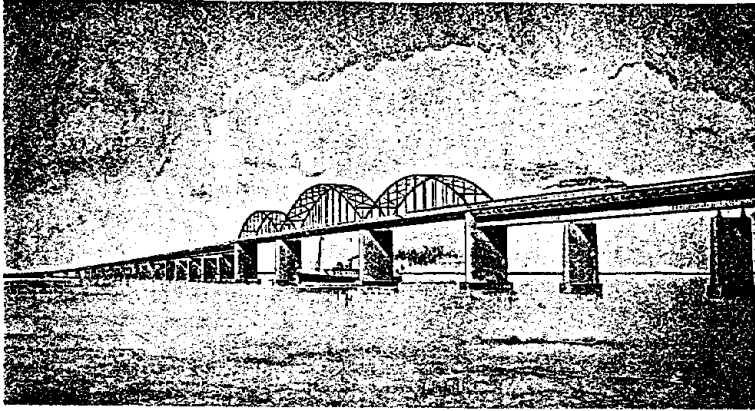
DSB  
Projekttenesten  
Vedligeholdelse  
Pilestræde 58, 2.  
1112 København K

Storstrømsbroens historie  
set i et bredt perspektiv

Civilingeniør  
H.P. Forum Jensen

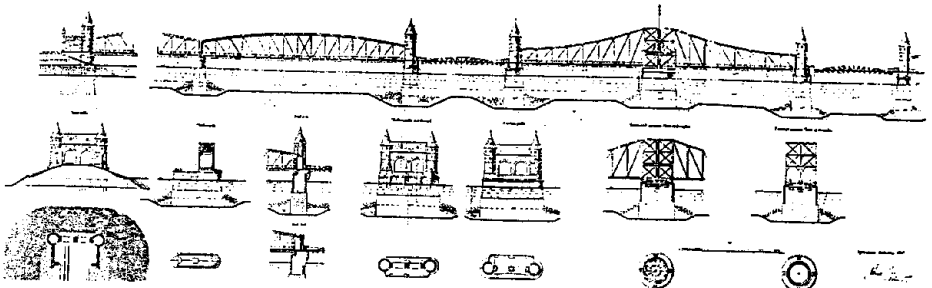
Juli 1989

### STORSTRØMSBROEN



Som det er sket med alle store anlægsarbejder var der en lang beslutningsproces før arbejdet med broforbindelse mellem Masnedø og Falster over Storstrømmen blev påbegyndt og fuldført.

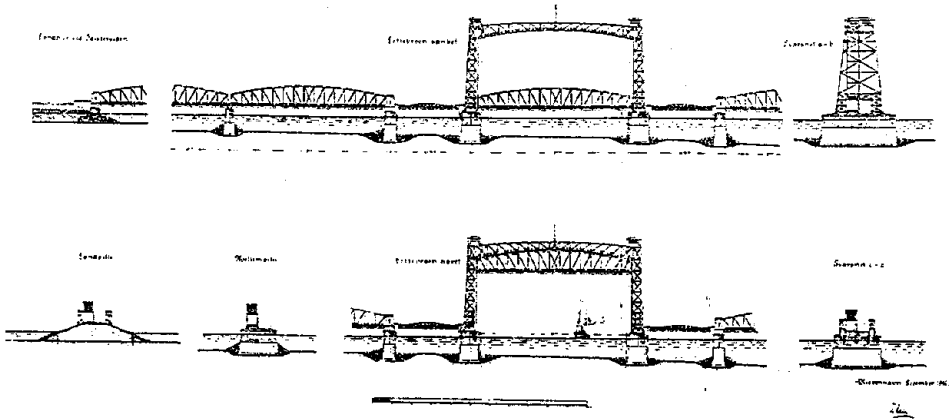
Allerede i 1887 blev det første projekt udarbejdet til en jernbaneforbindelse. Efter at DSB havde forpagtet Falsterbanen i 1893 blev projektet genoptaget, men det var først efter at færgeruten fra Gedser til Warnemünde blev åbnet i 1903, der for alvor kom gang i sagerne, og det første lovforslag om en broforbindelse blev fremsat i 1908. Dette lovforslag forkastedes i 1910 og blev med eneklite ændringer genfremsat i 1916, hvor en af rigsdagen nedsat kommission forlangte nye undersøgelser.



Statsbanernes Lavbro-Forslag af 1909.  
Svingbrofagets 2 Aabninger har hver 44 m fri Bredde.



De fleste tidligere lovforslag omhandlede en lavbro med overbygning af stål-gitterdragere på betonpiller, der ved nogle forslag skulle forsynes med smukke murstenstårne. Skibene kunne passere broen gennem drejefag eller løftefag. Der blev herudover udarbejdet forslag til højbro og til tunnel. DSB så helst en lavbro, der gav små stigninger for jernbanen og navnligt tunnelprojektet ville give store vanskelige sider for togdriften, der dengang foregik med damplokomotiver.



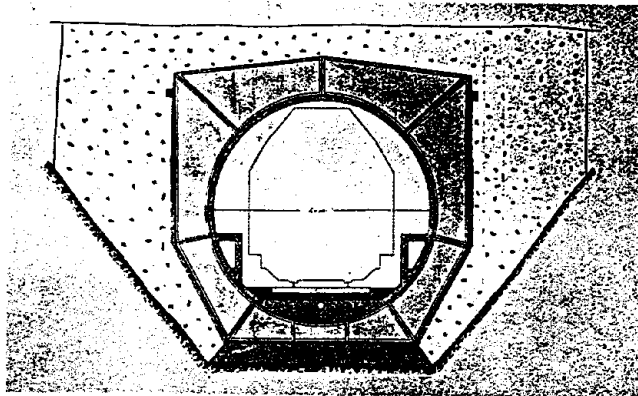
Statsbanernes Forslag af 1916 til en Lavbro med Løftefag. Den fri Bredde af Gennemsejlingsaabningen er 75 m, den fri Højde er 33 m.

Under første verdenskrig arbejdede flere kommissioner, men naturligt nok gik sagen lidt i stå. Fra begyndelsen af tyverne koncentrerede man sig mest om Lillebæltsbroen, som regnes for den vigtigste forbindelse for landets infrastruktur.



Statsbanernes Højbroprojekt af 1909. De 5 Gennemsejlingsfag har hver 100 m fri Bredde og 33,5 m fri Højde.

Det blev den voksende biltrafik, der gav det endelige stød til beslutningen om at udføre Storstrømsbroen, der nu planlægges som en fælles jernbane- og vejforbindelse. I 1931 påbegyndtes forundersøgelser af jordbund, strøm- og isforhold samt skibstøtning.



Statsbanernes  
Tunnelprojekt.  
Tværprofil.

Endeligt i 1932 blev loven om Storstrømsbroen som højbro vedtaget med en anslået pris på 36,5 mio kr inklusiv landanlæg og en ny Masnedsundbro. Udgifterne fordeltes således, at DSB skulle betale 15,7 mio kr, Maribo og Præstø anter 2,9 mio kr medes resten regnes dækket af en afgift på 1 øre pr liter bensen.

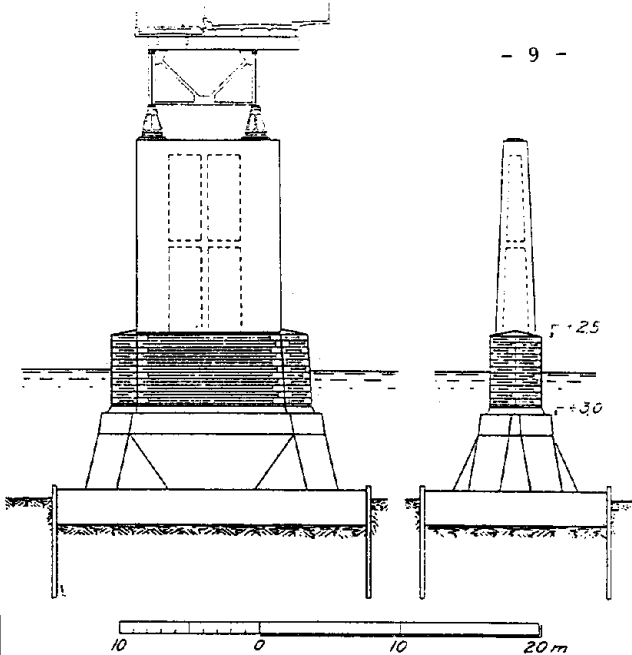
Firmaet Dorman, Long og Co, der havde tilbudt at financiere en del af byggeriet, fik kontrakt i maj 1933 med Christiani og Nielsen som underentreprenør for betonarbejde samt arbejde på pladsen. Stålstøbegods til lejer mv blev fremstillet hos B & W. Arbejdet blev fuldført på ca 4 1/2 år og broen blev taget i brug i 1937.

Broen består af tre gennemsejlingsfag på 104 m, 138 m og 104 m med en højde over vandet på 26 m. Overbygningen her er udformet som Langerske dragere (pladejernsdragere med stangbuer).

På hver side af gennemsejlingsfagene er der 21 tilslutningsfag med spændvidde på ca 60 m og her er overbygningen udformet som fortløbende gerberdragere i stål.

Broens samlede længde er 3200 m og den var i mange år Nordeuropas længste bro.

Over (i tilslutningsfagene) og imellem (i gennemsejlingsfagene) er der pr 4,65 m indlagt tværdragere, som via sekundære længdebjælker bærer sporkassen (i gennemsejlingsfagene er der direkte sporbefæstigelse) og vejbanen. Brodækket består således af en enektsporet jernbane, en kørebane på 5,6 m bredde og et fortorv på 2, 5 m.



Tværsnit og  
Længdesnit  
i en Pille  
for Tilslut-  
ningsbrofagene.

Pillerne, som på nær en er direkte funderede, er udført i beton og består af en 2,5-4,3 m tyk fundamentsplade, der er overgivet af jernspunsvæg til sikring mod underskæring. Fra øverste fundamentsplade og til kote -2,5 er udført en pyramidestub som pillefod. Disse konstruktioner blev udført i tør byggegrube, der blev tilvejebragt ved nedrammede spunsvægge eller ved særligt fremstillede universalsenheder. For 6 pillers vedkommende blev fundamentspladen dog udført som undervandsbeton efter contractor metoden.

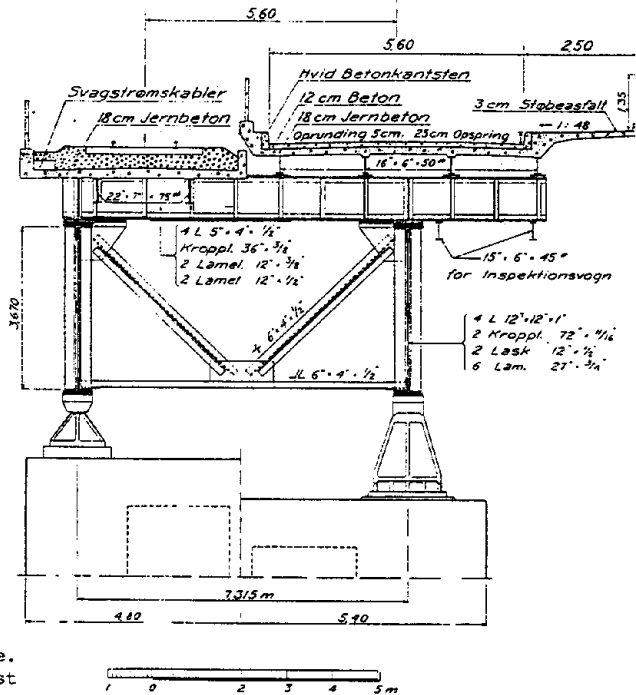
Den nederste del af selve pillerne fra kote -2,5 til kote +2,5, blev fremstillet på land med granitbeklædning for beskyttelse mod isgang. Delene blev fragtet på plads og placeret på pillefoden, hvorefter udspæringer blev fyldt med beton på stedet.

Den afsluttende pilleled til lejeniveau blev udført i glideforskalling.

Buefagernes stålkonstruktion blev bygget på stedet ved hjælp af hjælpetårne, medens sidefagernes stålkonstruktion blev samlet på land og placeret på pillerne ved hjælp af en til formålet bygget flydekran.

I tilslutningsfagene består sporkassen af en jernbetonkonstruktion, der bærer ballast og sporkonstruktion. Vejbanen er ligeledes udformet som jernbetonkonstruktion med en kørebanelægning som også er af jernbeton. Den sidstnævnte er, hvilket var ret nyt på udførelsetidspunktet, vibreret.

Såvel sporkasse som vejkasse er isoleret med "tyk isolation", dvs en jutearmeret bitumenisolering fremstillet på stedet. Denne isolering er meget vellykket og stadig tæt i sporkassen, medens der i mange år har været kraftig vandgennemsvining i vejassen. Dette har medført at konstruktionbetonens trykstyrke er meget reduceret forhold til sporkassens beton. Endvidere har vejassens konstruktionsbeton vandrettet revner. Betonens rustbeskyttende evne er dog stort set bibeholdt, hvorfor armeringen i store træk er intakt.



Tværsnit i Tilslutningsfagene. I venstre Side er vist et fast Leje, i højre side et bevægeligt leje.

Prøvebelastninger på vejassen, der synes at være en simpel statisk konstruktion, har vist at bæreevnen af den nedbrudte betonkonstruktion er langt større end den ved beregningen oprindeligt forudsatte.

Dette skyldes sandsynligvis, at rundjernsarmering med forankringskroge holder godt sammen på konstruktionen, der ved prøvebelastningen viste sig først at bære som plade, derefter som bue mellem de sekundære længdebjælker og endeligt som skal mellem tværbjælkerne, elastisk understøttet på længdedragerne.

B. Højlund Rasmussen  
Rådgivende ingeniører A/S  
Nørregade 7 A  
1165 København K

STORSTRØMSBROENS REPARATIONER, HVAD KAN VI LÆRE?

af  
civilingeniør  
Bjørn Lassen

JULI 1989

INDHOLD	Side
Indledning	3
Fortovspladen	4
Kørebanebeton	5
Piller	8
Hvad kan vi lære?	11

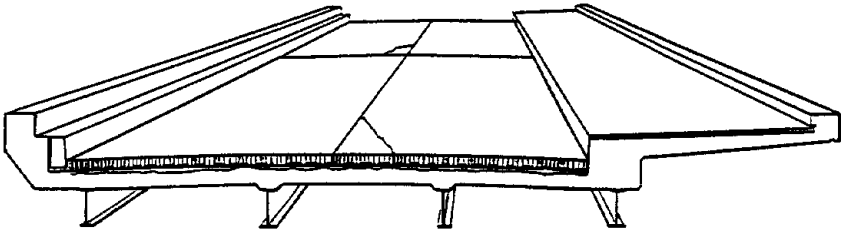
## STORSTRØMSBROENS REPARATIONER, HVAD KAN VI LÆRE?

### Indledning

Storstrømsbroen er opført i 1930'erne, indviet i 1937.

Broen er en kombineret vej- og jernbanebro. Den er 3.200 m lang og hviler på 49 strømpiller og 2 landfæster.

Pillerne samt jernbane- og vejbanekonstruktion er i beton, mens den bærende overbygning er i stål.



Figur 1. Udsnit af vejbanekonstruktion med fortovsplade.

Der er gennem de seneste årtier gennemført en række undersøgelser og reparationsarbejder på betonkonstruktionerne.

Der er fundet udbredt nedbrydning af betonen i vejbane og fortov samt i pilleskafter.

Det viser sig imidlertid, at man i meget stor udstrækning kan leve med den forvitrede beton. I det følgende belyses dette nærmere.

### Fortovspladen

I den udkragede fortovsplade er forankringen af oversidearmeringen afgørende for bæreevnen.

Forankringen i indspændingssnittet er sikret ved en gennemgribende reparation i 1978-79.

### Skader

Ved undersøgelser af pladen - senest i 1985 - er fundet, at betonen er stærkt forvitret over det øverste armeringslag og lagdelt herunder. Forankringen af armeringsjernene (rundstål) i betonen er derfor tvivlsom. Derimod er der kun fundet ubetydelige rustangreb på armeringen.

Som følge af den fremskredne nedbrydning har det været på tale at nedrive fortovspladen og lægge cykel-/gangsti på det nuværende vejareal. Vejtrafikken skulle så overføres i eet spor (med lysregulering). Da dette dels er meget dyrt, dels medfører store trafikale gener, ønskes fortovspladen bevaret så længe som det er forsvarligt.

Armeringen i pladen består af et net af rundstål i over- og underside. Armeringsstængerne er forsynede med kroge i enderne, og nettene er forbundet med hårnålebøjler i hvert andet krydsningspunkt. Udover at optage forskydningskræfter medvirker bøjlerne til hovedarmeringens forankring.

### Prøvebelastning

For at få bekræftet, at fortovspladen har den fornødne bæreevne trods nedbrydningen, gennemførtes i 1987 en prøvebelastning af pladen i dens fulde længde (3.200 m). Belastningen



blev påført ved, at et tog bestående af betonelementer på ruller langsomt blev trukket hen over broen. Toget blev standset før og efter alle dilatationsfuger, og der blev målt nedbøjninger.

Belastningen gav momenter og forskydningskræfter svarende til den krævede bæreevne med en sikkerhedsfaktor på 1,56.

De målte nedbøjninger var i samme størrelsesorden, som det forventedes efter statiske beregninger, der blev foretaget under forudsætning af et revnet tværsnit. Der fandtes ingen tegn på begyndende brud.

### **Konklusion**

Konklusionen er, at oversidearmeringens forankring p.t. er tilstrækkelig, og at betonen trods forvittringer og revner har tilstrækkelig styrke.

Det forudsættes, at prøvebelastningen gentages med jævne mellemrum. Ind til videre regnes med et interval på ca 3 år.

For at sinke den fremtidige nedbrydning er der efter prøvebelastningen udført en overfladebehandling af fortovspladens belægning med det formål i størst mulig udstrækning at bremse vandgennemsvivning.

### **Kørebanebeton**

Belægningen på Storstrømsbroens kørebane består af 12 cm armeret beton, udlagt i felter på 20m x 2,8m, adskilt af bitumenfuger. Betonen er udført med tilslag af knust granit, og den er vibreret, hvilket var nyt på den tid.

Fugtisoleringen ("Tyk isolation"), der findes ovenpå den underliggende konstruktionsbeton, er formentlig perforeret allerede under udførelsen af kørebanebetonen. Dette har sammen med utætte bitumenfuger mellem belægningsfelterne medført, at

der altid har været en stor vandbelastning på konstruktionsbetonens overside.

### Skader

Konstruktionsbetonen er nu så nedbrudt, at den ikke danner et tilstrækkeligt underlag for kørebanebetonen, mens kørebanebetonen i sig selv er bemærkelsesværdigt hård og stærk.

I perioden indtil Farøbroerne blev åbnet, bar Storstrømsbroen en meget betydelig lastbiltrafik, og det var for meget for den dårligt understøttede kørebanebeton. Den revnede simpelthen. En typisk skade begyndte som en fin revne diagonalt over et hjørne af betonpladen (se figur 1). I løbet af få dage eller uger kunne hjørnet være knækket af og knust under de mange lastbilhjul, der passerede, med et dybt og farligt slag hul i vejbanen til følge.

En anden typisk skade bestod i, at stålfugekonstruktioner, der er forankrede i betonen, raslede løs som følge af den voldsomme dynamiske belastning kombineret med betonens nedbrydning. Det er sket nogle gange, at et fugeprofil pludselig er "svippet op", når den sidste forankring i betonen i den ene side har sluppet. I disse tilfælde er der straks foretaget en nødreparation bestående i, at der er boltet en stålplade på vejbanen.

### Reparationer

Reparation af brud i kørebanebetonen er sket ved, at betonen er fjernet i hele den pågældende kørebanehalvdels bredde. (Og i en længde svarende til skaden). Samtidig er den underliggende forvitrede kørebanebeton fjernet ned til oversidearmeringen. Herefter er udstøbt en ny, armeret kørebanebeton, dimensioneret så den kan bære trafiklasten uden hjælp fra konstruktionsbetonen. Der er ikke udført ny fugtisolering.

Ved svigtende forankring af fugekonstruktioner er både konstruktionsbeton og kørebanebeton udskiftet indtil en meter fra fugen.

### Trafikafvikling

Alle disse reparationer er gennemført, mens der har været trafik på broen. Det vil sige, at det kun har været muligt at afspærre det ene kørespor ad gangen. I sommerferieperioden måtte der kun være afspærring om natten, og hele året skulle det hver morgen være muligt at få overført brede transportere.

Til det formål er bygget et system af flytbare ramper, der kunne føre de brede transportere over reparationerne, indtil betonen havde opnået tilstrækkelig styrke.

I sommerferieperioden blev betonreparationer overdækket af stålplader, boltede til betonen og båret af et net af dorne, forankrede i konstruktionsbetonen. Herefter kunne trafikken ledes over en kun få timer gammel beton.

### Udvikling

Ved de mange undersøgelser og reparationer, der er foretaget, er fundet et meget ensartet billede, der viser, at konstruktionsbetonen overalt er nedbrudt i oversiden. Det blev derfor antaget, at der også fremover ville være en meget stor skadehyppighed med hensyn til knækkede hjørner og løse fugekonstruktioner. I det mindste så længe, man kun har repareret en lille brøkdelen af broens samlede antal betonhjørner/fuger.

Da Farøbroerne blev åbnet i 1985, indførte Vejdirektoratet en grænse på 10 t totalvægt for kørsel på broen (med dispensation for enkelte lokale virksomheder og lokalbusser). Og det havde en fantastisk virkning. Siden den dag har det ikke været nødvendigt at reparere en eneste skade på kørebanebetonen.

Det er altså lykkedes at reducere skadehyppigheden dramatisk ved at nedsætte belastningen. (Dette har selvfølgelig først og fremmest kunnet lade sig gøre, fordi det har været muligt at lede den tunge trafik uden om broen.)

Herved har man kunnet udskyde en kostbar hovedreparation i adskillige år, hvilket betyder en meget stor økonomisk besparelse.

### Piller

Storstrømsbroens pilleskifter er støbt i grovbeton, idet der dog 5-6 cm fra overfladen er indlagt en svindarmering bestående af 5/8" lodrette rundstål pr. 30 cm og 1/2" vandrette rundstål pr. 20 cm.

I begyndelsen af 1950'erne blev gennemført en reparation af grove svindrevner og områder med løst betondæklag på alle pilleskifter. Dårlig beton blev udhugget, og der blev genopstøbt med sprøjtebeton.

### Skader

I begyndelsen af 1980'erne blev der ved eftersyn igen fundet store områder med løst betondæklag. Der er herefter foretaget reparationer på en pille i 1986, to piller i 1987 og tre piller i 1988.

Ved eftersynene og ved reparationerne er foretaget omfattende målinger af kloridindholdet i betonen i varierende dybder, ligesom der er foretaget målinger af det elektrokemiske potentiale (EKP-målinger). Der viste sig en stor overensstemmelse mellem de områder, hvor kloridindholdet var højt, de områder, hvor EKP-målingerne viste tegn på stor korrosionsaktivitet og de områder, hvor betonen lød hult ved hammerslag. Ved ophugning viste der sig svære grubetæringer på armeringen i de samme områder, og betonen var lagdelt ved en overfladeparallell revne ved armeringen.

Det viste sig, at svær korrosion optræder, hvor kloridindholdet overstiger 0,15 - 0,20 %, målt som vægt-%  $\text{Cl}^-$  i forhold til betonvægten.

### Statisk betydning af skaderne

Armeringen er en svindarmering, der ikke er regnet med i de statiske beregninger. Yderligere beregninger har vist, at man statistisk set kan undvære indtil 12 cm beton hele vejen rundt om pillerne, uden at der opstår bæreevneproblemer.

Det betyder, at man kan tillade sig at lade skaderne udvikle sig forholdvis meget, før en reparation er påkrævet. Og det er en stor fordel, da denne form for skader ikke kan ses på afstand og derfor kun kan afsløres, når man er helt tæt på pillen.

### Strategi

Når man standser igangværende korrosionsangreb ved at udskifte betonen omkring armeringen i de værst skadede områder, ændres korrosionsstrømmene i hele pillen. Det kan medføre, at korrosionsangreb starter/forstærkes andre steder, specielt ved tilstedeværelse af klorider i betonen. Disse andre steder er ikke nødvendigvis umiddelbart grænsende op til de reparerede områder. Erfaringerne viser da også, at de fundne svære tæringer ligger tilfældigt i forhold til tidligere udførte reparationer. Der er dog en tendens til, at skaderne koncentrerer sig på pillernes nederste halvdel (hvor kloridbelastningen på grund af opsprøjtet havvand er størst).

Når man skal vælge reparationsstrategi for pillerne, er man forholdvis frit stillet, da man som nævnt kan tillade sig at lade skaderne udvikle sig forholdvis længe, før man reparerer.

Erfaringer fra de første reparationer skulle bruges til at opstille en økonomisk og teknisk fordelagtig strategi for reparation af alle 49 piller.

Som eksempel ses på reparation af pille 7.

Her blev ved eftersyn fundet  $19 \text{ m}^2$  hule eller gennemrevnede områder. I disse blev betonen hugget bort indtil 3 cm bag armeringen. Reparationsområdet blev så udvidet i kanten, til man fandt armering uden rustangreb. Dette medførte en udvidelse til i alt  $26 \text{ m}^2$ . Kloridindholdet i armeringens niveau blev ved kanten af reparationsområdet målt til 0,10 - 0,22%  $\text{Cl}^-$ /betonvægt.

Hvis man havde valgt at udvide reparationsområdet med 0,5 m hele vejen rundt, eller hvis man konsekvent havde valgt at reparere alle steder, hvor kloridindholdet var over 0,15% i armeringens niveau, ville reparationsområdet være blevet på ca.  $40 \text{ m}^2$ .

Der er gået ca. 30 år fra den sidst udførte reparation i 1950'erne, og det antages, at der om yderligere 30 år igen vil være behov for en reparation i samme størrelsesorden. (Og igen efter endnu 30 år).

Hvis man sammenligner de tilbagediskonterede udgifter ved en strategi, der indebærer reparation af ca  $25 \text{ m}^2$  hvert 30. år med en strategi, hvor man reparerer  $40 \text{ m}^2$  med det samme og herefter slet ikke reparerer mere, fås at de to strategier har samme nutidsværdi. Det vil sige, at de er økonomisk ligeværdige.

Det betyder igen, at hvis man i dag udvider reparationsområdet til de  $40 \text{ m}^2$ , skal man være sikker på, at man dermed har sikret sig mod fremtidige skader indenfor planlægningshorisonten, der i regneeksemplet er sat til 50 år.

Tilsvarende beregninger for piller med større og mindre skadeomfang viser samme billede.

## Konklusion

Det vil sige, at i dette tilfælde, hvor man kan tillade en høj grad af nedbrydning af beton og armering, før der er fare for konstruktionens sikkerhed, er det økonomisk fordelagtigt ikke at udføre "forebyggende reparationer", men at reparere så lidt som muligt.

## Hvad kan vi lære?

Skadebilledet, skadeudviklingen og de reparationer, der er udført på Storstrømsbroens betonkonstruktioner, viser, at man kan leve med endog meget svær nedbrydning af betonen i længere tid.

Det betyder dog ikke, at dette også gælder mere moderne konstruktioner. Når det går godt, er det blandt andet fordi de ældre konstruktioner ikke udnytter betontværsnittet og armeringen så hårdt, som man gør i mange nyere konstruktioner. Det spiller også ind, at god gammeldags blød armering med kroge i enderne holder sammen på selv en meget ringe beton.





**OTTO BOJESEN**

Sundtoften 12

2960 Rungsted Kyst

Tel. 42 86 30 17

Et liv med anlægskonstruktioner.  
Er vi blevet så meget klogere/dygtigere i dag?

af

Otto Bojesen

JUNI 1989



## ET LIV MED ANLÆGSKONSTRUKTIONER

### ER VI BLEVET SA MEGET KLOGERE/DYGTIGERE I DAG

af Otto Bojesen

Mit liv med anlægskonstruktioner har, efter de første vaklende skridt som nybagt ingeniør, strakt sig over næsten 40 år som ansat hos Christiani & Nielsen.

Det var hovedsageligt broer, sænketunneler, havne, fyrtårne og lignende, marine konstruktioner jeg har haft fornøjelsen af at beskæftige mig med i en snes lande fordelt over samtlige kontinenter med undtagelse af Antarktika.

Samt, oven i købet, Danmark.

Jeg har været engageret i rollerne både som entreprenør og som rådgivende ingeniør.

Det burde jo have givet nogen indsigt og erfaring i udviklingen inden for:

#### Anlægsprocessens faser

Projektering

Licitation

Entreprise

Tilsyn

Efterbehandling

samt, hvad der vel interesserer forsamlingen mest:

Betonteknologi.

Jeg fik imidlertid lidt af et chock, da jeg fik mit emne udleveret: Er vi så meget klogere/dygtigere i dag?

For jeg måtte jo begynde med mig selv og spørge: Er jeg blevet klogere/dygtigere i løbet af de 40 år?

Jeg er overbevist om at der her i salen er nogen, som mener at vide, hvordan det spørgsmål skal besvares. Men jeg vil forsøge selv alligevel.

Det er jo meget godt med mange års erfaringer. Men at skulle udmønte den i konklusioner er en svar og ømfindtlig opgave. For det første kunne det virkelig være, at jeg ikke er blevet klogere, og for det andet kunne det medføre, at jeg kom til at træde nogen over tærne.

Til sagen.

Anlægsprocessens parter er:

Bygherre  
Rådgivere  
Entreprenør

Bygherrens opgave er at finde ud af, hvad han vil ha, såvel af kvantitet som kvalitet.

Da vi byggede broer for Kungliga Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen i Sverige for 40 år siden, var systemet såre enkelt.

Udbudsprojektet bestod af en plan og et tværsnit af älven med vejens linjeføring og længdeprofil. Varsågod hr. entreprenør, projekter en passende bro og giv os et tilbud på udførelsen.

Det gav bygherren noget at vælge imellem. Og ofte billige broer. Men ikke altid lige kønne og vedligeholdelsesvenlige.

Alle parter må imidlertid være tilfredse med en stadig større erkendelse fra bygherreside af, at veldefinerede krav medfører mere hensigtsmæssige konstruktioner og mindre økonomisk risiko.

Rådgiverens rolle er at oversætte bygherrens ønsker til et sprog, der kan forstås af entreprenøren, og at så vidt muligt sikre mod tekniske og økonomiske overraskelser.

Det har medført at specifikationer og beskrivelser blevet mere og mere omfattende. De er vokset ved knopskydning. Når nogen mener at være blevet klogere, fatter man saks og klisterpote og indføjer den sidste geniale begrænsning i entreprenørens udskejsesmuligheder et passende sted.

Det er imidlertid sådan, at jo mere detaljeret en kontrakt er, så forøges mulighederne for forskellige fortolkninger af teksten - til glæde for jurister og voldgiftsret.

Jeg mener, at det burde undersøges om ikke tiden er moden til at gøre et forsøg på at stramme specifikationer og betingelser op, for at opnå kortere og klarere tekster og større overskuelighed.

Hvad angår projekteringen af de store anlægsarbejder burde, ved siden af konstruktionsberegninger og æstetiske hensyn, endvidere udførelsesmetoder, entreprenørmateriel og praktisk erfaring have en afgørende indflydelse på et projekts udformning og økonomi.

Det er som om dette ikke rigtigt anerkendes. Her i Danmark er det sædvanen, at bygherren engagerer en rådgivende ingeniør, som i løbet af måske flere år udarbejder et detaljeret udbudsprojekt, som entreprenørerne får nogle måneder til at afgive tilbud på.

En væsentlig årsag til at Christiani & Nielsen rundt om i verden kunne opnå entreprisekontrakter på mange store arbejder skyldtes en egen, stærk teknisk afdeling, der var i stand til at udarbejde attraktive alternative projekter til det udbudte projekt. Det er jo ikke alle entreprenører, der

har mulighed for en sådan indsats. Det er jo et kostbart hasardspil.

Jeg synes, vi måske kunne være tjent med at de rådgivende ingeniører fandt ud af, at hvis de kombinerede deres viden med entreprenørernes under projekteringsfasen, så kunne der opnås mere realistiske og gennemarbejdede projekter at give tilbud på. Ja, det ville endda kunne fremme mulighederne for udvikling, fornyelse og fremskridt, såvel teknisk som økonomisk.

Hvad entreprenørerne angår, så er det jo i virkeligheden dem, der står med det endelige ansvar, såvel teknisk som økonomisk. Det burde måske nok anerkendes i højere grad.

Jeg har f. eks. allerede antydnet, at der ofte gives dem en meget kort licitationstid. Det indebærer en større risiko for, at der må skønnes, tages chancer. Det er der i sig selv ikke noget forkert ved, men hvem betaler, når det går galt?

Og, som sagt, hvorfor ikke i højere grad søge samarbejde med de rådgivende ingeniører? Så vil de danske entreprenører kunne stå stærkere i konkurrencen med de store, europæiske entreprenører, der kan det hele selv.

Så jeg vil, med hensyn til disse almene bemærkninger, konkludere:

Bygherren kan være tjent med at stille klare, veldefinerede krav.

Rådgiveren burde overveje at frigøre sig for den traditionelle, eensidige afhængighed af bygherren og lejlighedsvis samarbejde med entreprenørerne.

Entreprenøren, ja han må jo affinde sig med de levevilkår, som bygherren dikterer. Og hvad angår de danske entreprenørers muligheder for at kunne konkurrere med de europæiske storentreprenører, forefalder et større samarbejde, ikke mindst med vore rådgivende ingeniører, at være naturligt.

Hvis vi så går over til betonteknologien, hvad har jeg så lært i løbet af de 40 år?

Vi kan dele spørgsmålet op i 5 dele:

Form  
Armering  
Beton  
Støbning  
Efterbehandling

For 40 år siden arbejdede jeg med brobygning i Sverige.

Dengang var forspændt beton kun lige på trapperne, og prefabricerede overbygningsselementer, bygget på fabrik og samlede på byggepladsen var ukendte.

Broen blev bygget på stedet.

Formen var af ru brædder, som regel bygget succesivt op samtidig med støbningen.

Armeringen var oftest st. 44, men også kamstål var med dengang.

Betonen blev fremstillet ved maskinblanding af cement, sand, sten og vand. De vigtigste elementer for at opnå en tæt og stærk beton ansås at være et tilstrækkeligt stort cementindhold, en passende kornkurve og et lavt vandindhold.

Betonens egenskaber med hensyn til hårdning, støbelighed, vandtæthed, frostsikkerhed og styrke kunde fremmes ved tilsætning af f. eks. filler og kalciumklorid, luftporedannende preparater som harpiks og æggehviteoffer samt varmeregerende isolering.

Cementen var normalt Portlandcement, men højevns cement og specialcement som f. eks. den hurtighærdende aluminatcement var til rådighed.

Hvad angår svind og krybning, var disse fænomener velkendte, men deres årsag var ikke tilstrækkeligt klarlagt. Det var en udbredt opfattelse, at det ikke så meget var cementmængden som cementens finhed, der havde indflydelse på svindets størrelse. Finmalet cement skulle medføre større svind end grovere malet. I øvrigt forsøgte man at undgå svindets konsekvenser ved en passende udformning af konstruktionerne.

Støbningen kunne foregå ved håndstamping og fodtrampning men oftest ved vibrering med stavvibrator.

Efterbehandlingen bestod af afdækning mod nedbør, blæst og sol, samt vanding i mindst 2 uger, og derefter yderligere en periode med afdækning mod udtørring. Det var ikke unormalt at formen først blev fjernet efter en uges tid for at hindre udtørring.

Er vi så blevet klogere og dygtigere, end her beskrevet?

Formarbejdet er totalt ændret. Der bruges nu næsten udelukkende vandtætte forbelegninger i stedet for ru brætter. Økonomisk er det vel fordelagtigt, men teknisk og æstetisk mener jeg, at det er et alvorligt tilbageskridt. De ru brætter gav den hårdnende betongoverflade de bedste betingelser for at overskudsvand kunne opsuges i den porøse forbelegning. Desuden kunne betonen let holdes fugtig under hårdningen ved at holde formen fugtig ved vanding udefra. Dermed mindskedes risikoen for de i dag så almindeligt kendte overfladerevner. Og endelig fik betonen et smukt udseende.

Armeringen er selvfølgelig revolutioneret med udviklingen af den forspændte beton, som bl.a. kan eliminere betonens trækspændinger.

Betonens egenskaber ved vi meget mere om idag. Det er jo glædeligt, at netop danske forskere er pionerer i dette arbejde.



Specielt ved vi meget mere om, hvordan alkali/kisel reaktioner kan undgås, og hvordan hårdeprocessen kan styres.

Med hensyn til årsagen til svind og krybning ved vi idag vel også noget mere end for 40 år siden. Men elimineret disse uheldige egenskaber, har vi ikke. Så det gælder stadig om at projekttere sine konstruktioner med tanke på at begrænse virkningerne af svind og krybning mest muligt.

Valget mellem cementtyper er noget større idag, så det skulle være lettere at vælge en passende type til forskellige formål. Det forefalder imidlertid at være vanskeligt at sikre en eensartet cementleverance til anlægsarbejder, der jo kan strække sig over flere år. Det indebærer f. eks., at man kan risikere at der benyttes cement med forskellig formalingsgrad fra den, som benyttedes ved bestemmelsen af betonblandingerne med risiko for varierende betonegenskaber bl. a. med hensyn til hardning og svind.

Hvis cementproducenten ikke kan garantere en eensartet leverance til en bestemt arbejdsplads, så må man i det mindste have oplyst, hvad man får, så at der kan træffes de nødvendige forholdsregler mod en svingende kvalitet.

Hvad tilsætningsstoffer angår, så er der i dag meget mere at vælge imellem - og der kommer stadig nye produkter på markedet. Jeg kan kun sige, at mange af disse stoffer har vist sig egnede til at forbedre nogle af betons specifikke egenskaber. Deres langtidsvirkning på betonen kan dog ikke være fuldstændigt kendt. Så det må være rimeligt at understrege, at store anlægsarbejder med forudsat lang levetid egner sig ikke til eksperimenter.

Støbearbejdet er den proces, der indebærer den største risiko for, at menneskelige fejl på arbejdspladsen kan forringe betonkvaliteten. Trods en fortløbende udvikling af steds flere og flere kemiske produkter til fremme af bearbejdigheden, er det stadig sådan at veluddannede - og velmotiverede - betonarbejdere er den eneste virkelige garanti for et vellykket resultat.

Efterbehandlingen bliver let stedbarnet i arbejdsprocessen. Den økonomiske fordel ved en kort anlægstid kan medføre, at man negligerer det faktum, at efterbehandlingen har den største betydning for arbejdets kvalitet.

Jeg vil konkludere:

I løbet af de sidste 40 år er vi blevet meget klogere med hensyn til at formulere en optimal betonblanding, og at styre hærdeprocessen.

Vi har udviklet den forspændte beton, som også har medført muligheden af en rationalisering af byggeprocessen ved hjælp af prefabrikation af store elementer af høj kvalitet.

Krav om lav anlægsudgift har imidlertid medført en rationalisering af forarbejdet og en forcering af arbejdsprocessen, som indebærer en betydelig risiko for en forringet kvalitet.

Det er glædeligt, at man nu er begyndt at indse, at æstetiken skal med i anlægsprocessen. Ikke blot som en sminkning, der smøres på til sidst, men som et ligeværdigt element i projekteringen fra starten.

Det er ikke let at finde balancen mellem pris, byggetid og teknisk og æstetisk kvalitet. Det nuværende system herhjemme er måske ikke det mest velegnede til dette formål.

Af og til er det sundt at sætte sig ned og i ro og mag tænke over tingene. Det kunne jo være, at med de erfaringer, vi har i dag, og ikke mindst i erkendelse af, at man tidligere ikke har behandlet kvalitetsbegrebet tilstrækkeligt seriøst, så var det måske muligt for anlægsprocessens parter i fællesskab at forsøge at forny systemet?

Og til slut:

Hvad beton angår, så har en imponerende forskningsindsats, ikke mindst i Danmark, i de forløbne 40 år forøget vor viden

på mange områder. Der er dem, der påstår, at af alle de betonforskere, der har eksisteret gennem tiderne, så er de 90% nulevende. Så det skulle jo gerne give resultater. Imidlertid er det jo stadig sådan, at når vi med sikker stemme udtaler, at vort projekt kan holde i 100 år, så må dette udsagn være baseret på formodninger og ikke på fakta. Dette understreges af, at forskerne i visse tilfælde ikke er enige om, hvad der er sandheden.

Er vi da blevet klogere og dygtigere? Tja.....

Klogere er vi blevet, men er vi blevet dygtige nok til at forstå og at udnytte vor viden på rette måde?

Det må være spændende at skulle være med til de næste 40 år.

God fornøjelse!



Boligministeriet  
Departementschefen  
Slotsholmsgade 12  
1216 København K

Et liv med boliger

Hvad har vi gjort, hvorfor gjorde vi det?  
Hvad gør vi nu, og hvad vil vi gøre i fremtiden?

v/departementschef  
Ole Zacchi

Juli 1989

Vi har ikke modtaget noget indlæg fra Ole Zacchi  
men bringer fra DBF's årsberetning for 1984  
en side med avisudklip fra Ole Zacchi's indlæg  
på Dansk Betondag 1984.

Boligministerens førstemand:

# Beton er en klods om benet på dansk byggeri

- I mange tilfælde kunne det i virkeligheden bedre bet sig at rive de skadede beton-bygninger ned i stedet for renovere dem. Men vi gør det ikke, fordi det ville være en politisk skandale at nedrive så nyt byggeri

Med udtalelser som denne hjalp boligministerens førstemand, Ole Zacchi, deltagere på Betondag 1984.

# I oldtiden blev byggeføj straffet med halshugning

— Beton er en klods om benet på dansk byggeri, sagde departementschef i boligministeriet, Ole Zacchi, på Dansk Betondag forleden, men tilføjede dog at man i ministeriet godt er klar over, at det kun er en lille del af den samlede betolvolumen, der er ramt af skader

Dansk Betonforening afholdt Dansk Betondag 1984 i Vesterbro

til være en politisk skandale hvis vi skulle nedrive nyt byggeri fra jorden



OLE ZACCHI

— Vi må forebygge skadernes og sørge for bedre vedligeholdelse af vores bygninger

## Ingenkøben

### Selvskatte fagfolk: Nu kan beton holde

Århus betongruppe var i modstand mod de foreslåede ændringer i de foreslåede nye regler for maks. omfang af betongulv. Mange af de manglende repræsentanter, som bl.a. var arkitekter, ingeniører, konstruktører og andre, var mødt op til mødet i Aarhus.

Det blev besluttet at gøre sig til gæster på Betondag 1984. De blev mødt af Ole Zacchi, der var i gang med at gennemgå de foreslåede ændringer i de foreslåede nye regler for maks. omfang af betongulv. Mange af de manglende repræsentanter, som bl.a. var arkitekter, ingeniører, konstruktører og andre, var mødt op til mødet i Aarhus.

Det blev besluttet at gøre sig til gæster på Betondag 1984. De blev mødt af Ole Zacchi, der var i gang med at gennemgå de foreslåede ændringer i de foreslåede nye regler for maks. omfang af betongulv. Mange af de manglende repræsentanter, som bl.a. var arkitekter, ingeniører, konstruktører og andre, var mødt op til mødet i Aarhus.

Engang var Danmark foregangsland med hensyn til betonbyggeri. Udenlandske ekspertes hastede hertil for at hente erfaringer. Sådan er det ikke længere. I dag ligger f.eks. Brøndby Strand hen som et andet anlæg, siger boligministeriets departementschef Ole Zacchi. — Foto: Lars Skoaning.

# Betonbyggeriet burde jævnes med jorden

Den billigste løsning siger departementschef

At Leif G. Borchelsen

Beton er en klods om benet på dansk byggeri. Mange betonbyggerier fra 60'erne og 70'erne burde man faktisk jævne med jorden i stedet for at blive ved med at reparere på dem. Det ville være både nemmere og billigere. Så kortant karaktariserede boligministeriets departementschef, Ole Zacchi, situationen, da han på Dansk Betondag 1984 gav sin vurdering af betonbyggeriets fremtid. Departementschefen lagde ikke fingre imellem over for de ca. 200 deltagende branchefolk, og hans indlæg blev fortalt med omdiskuterede på mødet. — I ministeriet driver vi på en slags betonforståelse. Vi lever statisk, og jeg kan sige, at det står temmelig lænt til. Ofte er vi nødt til at sætte os ned med reparationsud-

gifter, der er større end de beløb, de enkelte bygninger er værdset til, sagde Ole Zacchi. — Men vi renoverer dem. Hvorfor? Fordi det ville blive en politisk skandale, hvis vi skulle til at fjerne så nyt byggeri fra jordens overflade. Det ville rent politisk blive meget vanskeligt. Beton er dog ikke ene om at skabe problemer i byggeriet, fortsatte departementschefen. Dårige fugtetætmembraner og de såkaldte 'rod' tage, der var i god periode, giver os også, bemærkede Ole Zacchi. Derfor findes der et kæmpemarked for rygtagstæner i betonbyggeriet. — Hvad kan vi gøre? spurgte Ole Zacchi henvendt til deltagendene deltagere. — Vi kan jo ikke spørre teknikerne ind i håb om, at så holder problemerne op. Det hjælper formentlig heller ikke at spørge jer 200 inde. Ganske vist ville I så være færdige med at lave ulykker, men for-

tiden indhenter os jo selv. — Vi kan kun håbe på, at indlænder sig på altsammen under dem, når disse falder ned. Men jeg vil sige formlingen den mindre gyldige mistede arkitektarbejdet, hvis deres byggestyretede samsporede Ole Zacchi med et glimt i øjet sagde i ministeriet ved følgende god, at det er en lille del af den samlede betolvolumen, der er ramt af skader. Men det er vigtigt for dem, det er, og politisk er skadningen ganske alvorlig. — Vi kan kun håbe på, at indlænder sig på altsammen under dem, når disse falder ned. Men jeg vil sige formlingen den mindre gyldige mistede arkitektarbejdet, hvis deres byggestyretede samsporede Ole Zacchi med et glimt i øjet sagde i ministeriet ved følgende god, at det er en lille del af den samlede betolvolumen, der er ramt af skader. Men det er vigtigt for dem, det er, og politisk er skadningen ganske alvorlig.

Heretter består departementschefen, boligministeriets plan til afhjælpning af problemerne — Fremtiden skal planlægges. Det gør vi ved at forebygge skader og sørge for en bedre vedligeholdelse, fastslog Ole Zacchi, der gennemgik ministeriets planer om en ny ansvarsreform i boligbyggeriet.

## Ny ansvarsreform

En reform, der skal sikre, at der er ansvar for vedligeholdelse af bygninger.

vedligeholdelse i forbindelse med ansvarsreformen.

## De eksisterende bygninger skrottes

På etværsbygningerne omkring de nye indlænder, at der skal skabes 1-1/2 mill. nye arbejdspladser, hvor der vil komme til at foregå en anden type af arbejde end den, der er i dag.

# Boligministeriets førstemand: Meget betonbyggeri burde rives ned

— For at undgå politisk skandale renoverer vi mange bygninger, der burde rives ned, sagde Ole Zacchi. — Større end det, de enkelte bygninger er værdset til, siger departementschef Ole Zacchi.

— Vi kan jo ikke spørge teknikerne ind i håb om, at så holder problemerne op. Det hjælper formentlig heller ikke at spørge jer 200 inde. Ganske vist ville I så være færdige med at lave ulykker, men for-

— Vi kan jo ikke spørge teknikerne ind i håb om, at så holder problemerne op. Det hjælper formentlig heller ikke at spørge jer 200 inde. Ganske vist ville I så være færdige med at lave ulykker, men for-





Instituttet for  
Fremtidsforskning  
Løngangstræde 25  
1468 København K

Hvorfor samarbejder bolig- og anlægsfolk ikke?

Hvordan hænger det hele sammen med fremtiden?

Direktør Rolf Jensen

Juli 1989

Hvorfor samarbejder bolig-anlægsfolk ikke? Hvordan hænger det hele sammen med fremtiden? v/Rolf Jensen, direktør, Institutet for Fremtidsforskning.

\* Samarbejde har vist sig at være en svær kunst. Størrelsesproblemet kan derfor ventes løst på anden vis, nemlig gennem opkøb og fusioner.

\* Fremtidens struktur er derfor - realistisk set - de store kapitalkæder, der er internationale og ofte udenlandsk ejede - eller fondsejede.

\* Fremtidens byggeri til erhverv og bolig. Det nye træk vil være symbolbyggeri og smart-houses, d.v.s. byggeri med indlagt elektronik.

\* Kan danske virksomheder klare sig i en situation, hvor man bliver mere udlandskonkurrerende end idag - og hvor byggeri bliver mere videntung og automatiseret. Kravene til investeringer i udvikling vil øges. Kan danske virksomheder klare det, når udgangspunktet er en beskedent aktivitet i Danmark - også i de kommende år.

DBF-publ.

" 4:77	"The Role of Ready mixed Concrete in constr.indust"	Kr. 15,-
" 6:77	"Seminar om BRUDMEKANIK" Afh. 29.sept. 1977	" 60,-
" 2:78	"Flydebeton" af B. Hysten og H.H. Bache	" 20,-
" 3:78	"Dansk Betondag 1978" Samtlige foredrag	" 20,-
" 4:78	"Prøvningsmetoder for beton" Møde 1.3.78	" 40,-
" 5:78	"Beton i svømmebade" (Anders Nielsen&Sv.E.Petersen)	" 30,-
" 6:79	"Betonuddannelserne i Danmark" (C de Fontenay)	Gratis
" 7:79	"Dansk Betondag 1979" Hovedparten af indlæggene	Kr. 55,-
" 8:79	"Nedbrydn.af beton & svingn.påvirkn.af bygværker"	" 35,-
" 9:80	"Farø broerne" Møde 3.okt. 1979	" 45,-
" 11:81	"Brandpåvirkede betonkonstruktioner" Møde 21.1.81	" 35,-
" 12:81	"Tilsætningsstoffer til beton" Datablad II.udg.81	" 30,-
" 14:81	"Luftindblanding i beton" Debatmøde 26.11.1980	" 25,-
" 15:82	"Plastificering af beton" Møde 30.9.81	" 35,-
" 17:83	"Holdbare svømmebassiner" (Sv. E. Petersen)	" 45,-
" 18:83	"Dansk Betondag 1983"	" 70,-
" 19:83	"Proportionering af holdbar beton"	" 60,-
" 20:84	"Demolering og genbrug af beton"	" 45,-
" 21:84	"Dansk Betondag 1984"	" 45,-
" 22:85	"Beton og frost" Nordisk Workshop okt. 1984	" 95,-
" 23:85	"Dansk Betondag 1985" Hovedparten af indlæggene	" 50,-
" 24:85	"Betonelementer - Europæisk udvikl" Møde 18.10.85	" 60,-
" 25:85	"In-situ ikke-destruktiv prøvning" Møde 6.11.1985	" 55,-
" 26:86	"Dansk Betondag 1986"	" 50,-
" 27:86	"Chlorider i armeret beton" Møde 11.12.86	" 55,-
" 28:86	"Luftporestruktur" Møde 22.1.86	" 70,-
" 29:87	"Dårlig beton - hvad nu?" Møde 18+25.3.87	" 70,-
" 30:87	"Store bro- og tunnelprojekter" Møde 26.11.86	" 60,-
" 31:87	"Dansk Betondag 1987"	" 55,-
" 32:88	"Dansk Betondag 1988"	" 60,-
Uden nr.	Kontroljournaler 1988 - Blanketter m/vejledn.	" 75,-

