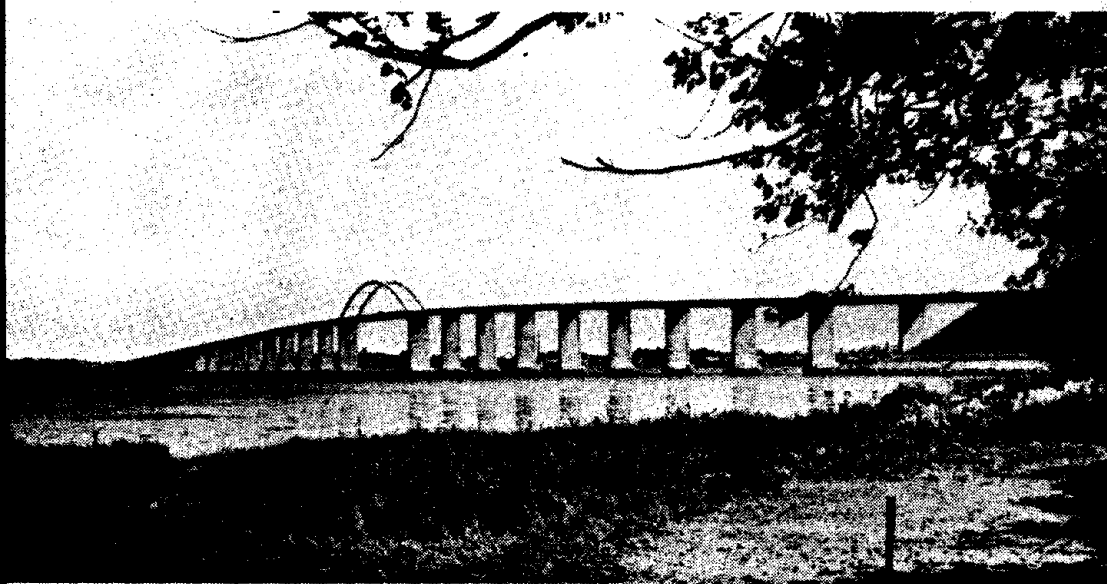


Dansk
Betonforening

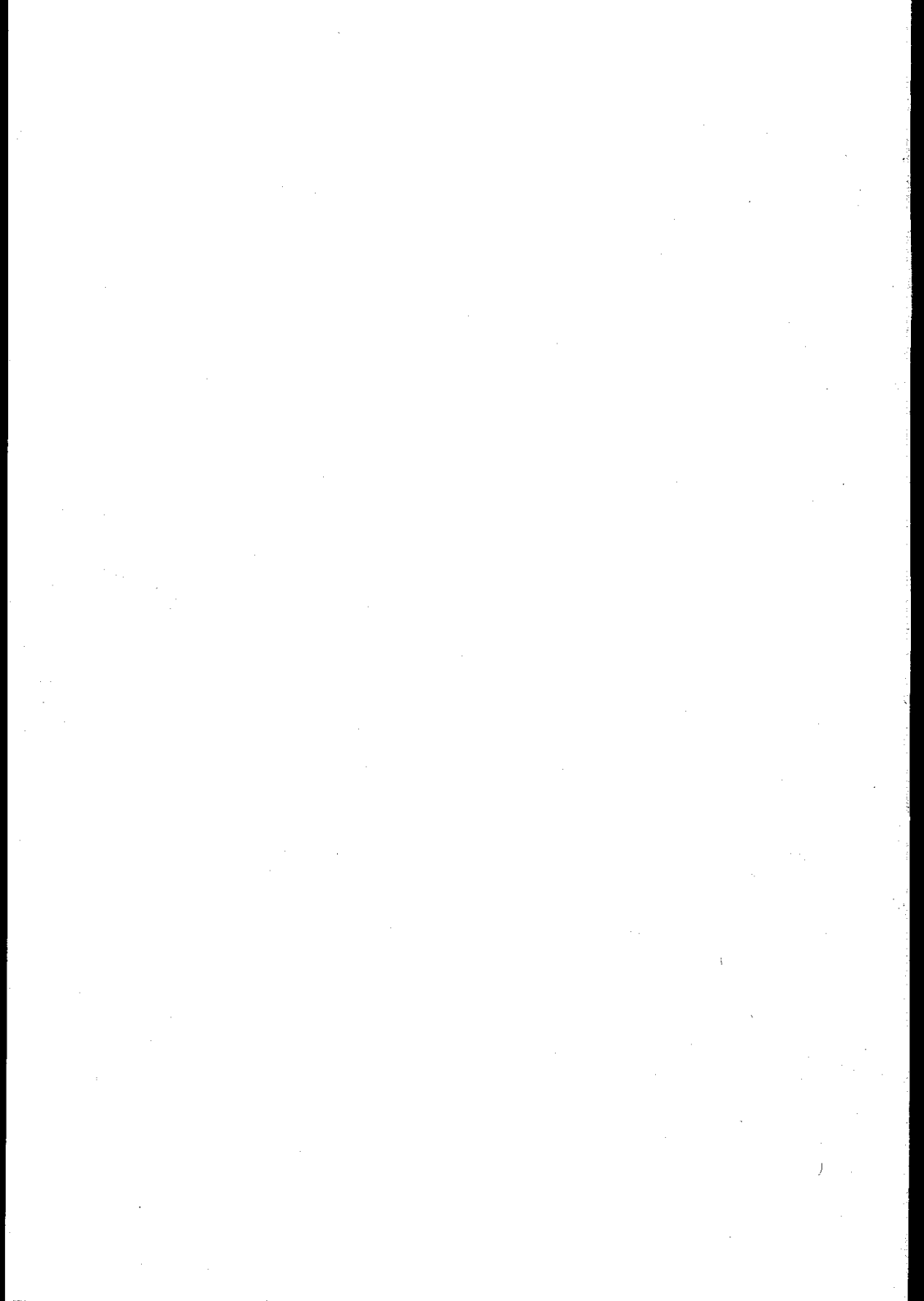
db
f



Dansk Betondag 1983

Publikation nr

18



Dansk
Betonforening



Dansk Betondag 1983

Publikation nr

18

INDHOLD	<u>Side</u>
G.M. Idorn:	
<u>Alkalier i beton</u>	5
Steen Rostam:	
<u>Betonbygværker i international belysning</u>	11
K. Bergholt:	
<u>Ny betonnorm DS 411</u>	41
Flemming Nielsen:	
<u>Betonbygværkers holdbarhed</u>	53
Chr. Munch-Petersen:	
<u>Hærdeteknologi - Bygherrekrav</u>	75
Per Fogh Jensen:	
<u>Hærdeteknologi hos betonelementproducenter</u>	87
K. Roger Henriksen:	
<u>Hærdeteknologi - Bygherrekrav - Dokumentation</u>	95
Poul A. Svane:	
<u>Byggeeksporten øges</u>	109
Flemming Holdt:	
<u>Jordskælvsbyggeri i Algeriet</u>	113
Peter Johansen:	
<u>Tilgængelighed for betonkontrol m.v.</u> <u>under brugsstadiet.</u> <u>Nogle bygherreovervejelser</u>	121

G.M. IDORN CONSULT ApS

ALKALIER I BETON

af

G. M. Idorn

SEPTEMBER 1983

ALKALIER I BETON

Opsummering og vurdering efter DBF's konference
på DTH, juni da.

Den sjette internationale konference om ALKALIS IN CONCRETE, DTH, 22-25. juni, dette år, peger mere direkte end nogen af de tidligere på generelle løsninger for de problemer, som alkalier i beton kan medføre i form af skadelige alkali-grus reaktioner.

Det skyldes navnlig at:

- o problemerne med skadelige alkali-grus reaktioner i beton-bygværker er blevet mere omfattende og dyrere i det ti-år, konferencerne har omfattet,
- o det er blevet dyrere for cementindustrierne at fabrikere lav-alkali cement

og i særdeleshed, at

- o flyveaske og højojnsslagge har vist sig i store mængder på markedet som generelle løsningsmuligheder - og som komponenter i beton, der kan medføre bedre betonegenskaber i kraft af reaktioner med alkali-indholdet i betonen.

Flyveaske og højojnsslagge kan forbedre den friske betons bearbejdelse, og under hærdeningen reducere temperaturstigninger og samtidig binde alkalier i cementpastaens struktur og gøre den hærtnede cementpasta og dermed betonen tættere og generelt kemisk modstandsdygtig. Hermed bliver betonens alkali-indhold nyttiggjort.

Konferencen gav ikke færdige ingeniørmæssige beregningsløsninger udfra disse grundsynspunkter. Tværtimod må man sige, at de fleste forskningsindlæg var koncentreret om diverse teoretiske delproblemer, prøvningsudvikling etc. vedrørende skadelige virkninger af alkalier, ligesom det har været tilfældet på de forudgående fem konferencer.

Til gengæld var indlæggene fra ingeniørpraksis med beskrivelser af alkali-grus reaktioner i betonbygværker i flere lande end tidligere mere omfattende og vejledende i problemanalyserne, end vi før har set. Dette illustrerer det stigende behov fra praksis for assistance fra forskningen til realistiske løsninger på problemerne.

På en måde er det oliekrisen og energiprisernes himmelflugt, der bevirker, at anvendelse af flyveaske og højojnsslagge i beton er ønskværdigt i sig selv af miljøhensyn og for at udnytte den hydrauliske energi i disse materialer. Det er en ekstra gevinst, at dette repræsenterer muligheder for at udnytte alkali-indholdet i beton til forbedring af holdbarheden.

Konferencen var den 6. i en række af møder om "alkalis in concrete" siden 1974.

Den første konference blev arrangeret af BFL på Hotel Hvide Hus i Køge. Der var inviteret 25 udenlandske og danske forskere i fortsættelse af et forskningsprogram fra 1973 med professor Sidney Diamond som gæsteforsker. Dette program havde vist os, at der var uløste problemer vedrørende den fundamentale natur af alkaliers reaktion med reaktive bjergarter, som det var værd at arbejde med. Samtidig var der en tendens til bekymring over stigende antal af skadelige alkalireaktioner i bygværker i flere lande, eksempelvis i Nordtyskland.

Det næste møde var i Island året efter, hvor man havde alvorlige skader på huse og bygninger i Reykjavik-området.

I 1976 var mødet i England samtidig med, at de første tilfælde af skadelige reaktioner i betonbygværker på øen Jersey og ved Plymouth blev erkendt.

I 1978 blev den fjerde konference holdt i USA og i 1981 den femte i Cape Town, Sydafrika, hvor alvorlige skader var erkendt med bjergarter, som ikke viste reaktivitet med de kendte prøvninger.

Samtlige konferencer har været arrangeret på initiativ af deltagere i dem, mest forskere der har arbejdet på grund af problemer med skadelige alkalireaktioner i deres egne lande. Der har ikke været internationale organisationer som CEB, RILEM, ACI, ASTM etc. inde i billedet, og derfor har det været et ti-år uden organisations- og administrationsbesvær, dvs med små "overheads" på forskningen, og med helt fri videnskabelig og ingeniørfaglig udveksling af erfaringer indenfor en fåtallig, men verdensomfattende kreds af forskere (maksimalt 30-50) med meget forskellige forudsætninger, plus nogle interesserede civilingeniører og cementindustri-medarbejdere.

Hvis man tænkte sig et firma etableret med det formål at løse problemerne med skadelige alkalireaktioner mod at få procenter af de sparede reparationsomkostninger, ville firmaledelsen nok ikke have valgt at afholde de seks konferencer og se hvad, der kunne komme ud af det. Snarere ville man efter de to første møder have pillet en snæver gruppe af de bedste forskere ud, analyseret problemerne i praksis, vurderet behovet for at tilkoble anden specialforskning - og så lavet en arbejdsplan. - Og holdt en ny konference når løsningen på problemerne var nået og skulle sælges.

Sådan er det altså ikke gået. De 5 bind "Proceedings", der repræsenterer den fremlagte viden på møderne, er tilsammen et glimrende udgangsmateriale for en samlet, varig anvisning på, hvordan man undgår skadelige alkalireaktioner. Den kan imidlertid ikke direkte "trækkes ud" af de publicerede 10 års forskningsresultater. Men den kunne nu udarbejdes af en ledet gruppe af specialister med klar målsætning.

En del af årsagen til, at Proceedings ikke kan læses som anvisninger er, at meget af forskningen egentlig går ud på at belyse problemer udsprunget af lokale forhold i praksis mange forskellige steder i verden, eller er baseret på forskernes personlige uddannelse, instrumenter, finansieringsmuligheder eller på organisationsønsker eller markedspolitiske forhold etc. - dvs at målsætningen for meget af forskningen er at nå frem til nogle delløsninger på delproblemer. Det fører ofte til den konklusion, at mere forskning er nødvendig, uden at der søges mod fælles, samlede ingeniørvenlige løsninger og teknologisk udvikling.

Den eksisterende mangel på fælles-styring af den internationale indsats har sine fordele - vidt forskellige tankegange og udgangspunkter bringer mere nyt frem, end programlagt, komite-styret virksomhed erfaringsmæssigt inspirerer til.

For Danmarks vedkommende er gevinsten ved tilknytning til de afholdte konferencers forskningsudveksling og kontakt en betydelig tilførsel af viden udefra, som vi i den nuværende situation har stor gavn af, og ikke kan producere selv.

- 000 -

Den væsentligste svaghed ved den omtalte forskningsstruktur er nok, at den ikke leder frem til en frugtbar udvikling af teoretiske forklaringer på alkaliers virkninger i beton, henholdsvis positive og negative. Det skyldes også, at den samlede forskningsindsats i realiteten er meget sparsom og spredt.

Den fysisk/kemiske natur af reaktionerne mellem alkalier og "de mineralske tilsætningsstoffer" i beton er kun studeret af nogle få forskere i de sidste år. Det er navnlig forskning og udvikling vedrørende anvendelse af flyveaske og højovnsslagge i udlande som Holland, Frankrig, England, Kina og USA, der har fremmet disse studier, bl.a. på grund af kraftværkernes interesser og de stigende kapitalomkostninger ved cementfabrikation.

Den særlige interesse for betonbyggeriet i denne udvikling ligger i, at de traditionelle forholdsregler mod skadelige alkali-grus reaktioner: lav-alkali cement eller inaktive sand/stenmaterialer ikke mere er økonomiske eller giver den ønskede sikkerhed. Skader kan optræde med lav-alkali cement, og flere bjergarter har vist sig mere reaktive end man oprindeligt regnede med. Beton i aggressive miljøer er generelt også mere fysisk/kemisk reaktiv end tidligere.

- 000 -

Konferencen på DTH i juni var anderledes end de forudgående ved, at den omfattede en session om undervisningsaspekter.

Formålet hermed var at få diskuteret, hvordan forskningens tilvækst af ny viden kan indkorporeres i ingeniøruddannelserne. Det er sjældent uddannelsens udvikling bliver diskuteret

på forskningskongresser, til trods for at mange forskere også er professorer eller lektorer etc. Der var da også kun to bidrag foruden det indledende, til denne session - men til vores overraskelse kom næsten hele den afsluttende sessions diskussioner til at handle om behovet for at udvikle ingeniøruddannelserne, og læreanstaltens problemer med at finde plads og tid til at omforme ny forskningsviden og indpasse den i de knapt tilmålte kursusperioder.

Den store interesse for denne del af problemerne med at udnytte alkalier i beton fordelagtigt og undgå skadelige virkninger understregede, at de nødvendige kundskaber omfatter mere om kemi i beton, end de fleste af dagens bygningsingeniører har læst og husket. Det gælder iøvrigt andre aspekter af betons holdbarhed i lige så høj grad, og det må være en spore for dem, der vil gøre sig konkurrencedygtige i de kommende år.

DANSK BETONFORENING

Cowiconsult
Rådgivende Ingeniører AS
Teknikerbyen 45
2830 Virum

Telefon (02) 85 73 11

BETONBYGVÆRKER I INTERNATIONAL BELYSNING

Holdbarhed; CEB-RILEM Workshop; Eurocodes. Danmarks placering

af
Steen Rostam

AUGUST 1983

<u>INDHOLD</u>	<u>Side</u>
<u>HOLDBARHED</u>	13
- udgangspunkt i bygværket	13
- levetidsdimensionering	13
- et internationalt problem	15
- nationale løsninger og internationalt samarbejde	17
<u>COMITE EURO-INTERNATIONAL DU BETON (CEB)</u>	18
- CEB-Task Group "Durability"	18
- CEB-RILEM	18
- international workshop	18
- CEB-RILEM-ABK-DTH	19
- workshoppens hovedemner	19
- rapportering	20
<u>WORKSHOPPENS HOVEDEMNER</u>	21
- permeabilitet	21
- kvalitetsstyring (QA)	22
- revner	23
- alkali-kisel reaktioner, substitutionsmaterialer	24
- miljøpåvirkninger	25
- konstruktiv udformning; arkitekter	26
- restbæreevne af skadede/reparererede konstruktioner	27
- "expert-systemer"	27
- praktisk anvendelig viden; working guides	29
<u>HVOR STÅR DANMARK I CEB, - OG I EUROPA</u>	30
- Danmarks interesser	30
- CEB's indsats	32
- Eurocodes	32
<u>FREMTIDIGE AKTIVITETER</u>	35
- tværfagligt problemkompleks	35
- udviklingstendenser	36
- balancegang	36
<u>REFERENCER</u>	37
<u>APPENDIX A</u>	38

BETONBYGVÆRKER I INTERNATIONAL BELYSNING

Holdbarhed; CEB-RILEM Workshop; Eurocodes. Danmarks placering

HOLDBARHED

-- udgangspunkt i bygværket

Beton vil med tiden ældes, forvitre og henfalde i dets grundbestanddele, præcis som alle andre bygningsmaterialer.

Hastigheden, hvormed denne uundgåelige proces sker, er betinget af de direkte ydre påvirkninger. Hertil spiller konstruktionens udformning en afgørende rolle, hvorfor løsningen af holdbarhedsproblemet bør tage sit udgangspunkt i konstruktionens samspil med de ydre påvirkninger.

Når der således tales om et problem med betons holdbarhed, er dette ret besat et bygværksproblem, mere end det er et materialproblem. Dette skal forstås således, at en beherskning af de rent materialteknologiske nedbrydningsfænomener alene, ikke nødvendigvis løser holdbarhedsproblemet, men at de konstruktionsbestemte forudsætninger for en nedbrydning også skal indgå, for at en løsning skal fungere i praksis, ref. / 1 /.

-- levetidsdimensionering

Betonbygværker projekteres og udføres med henblik på at kunne opfylde nogle nærmere beskrevne funktionskrav i et

givet tidsrum, uden at der i denne periode kræves uforudsete udgifter til vedligehold og reparation. Dette tidsrum betegnes bygværkets forudsete levetid og udgør altså dets optimale økonomiske levetid, - ikke at forveksle med den rent tekniske levetid, som kan være meget længere end den økonomiske, ref. / 2 /.

Dette levetidsbegreb omfatter holdbarhedsproblemet i mere generel form, idet hele det forventede samspil mellem bygværket og dets omgivelser indgår i vurderingen på lige fod med den oprindelige materialsammensætning og konstruktionsudformning.

Den økonomiske levetid fremstår således som resultatet af en samlet økonomisk optimering, omfattende udgifter til såvel projektering og udførelse som til funktionsperioden inklusiv udgifter til eftersyn, vedligehold, reparation og endelig til konstruktionens demolering og til en eventuel ny konstruktion. Ud fra en på forhånd valgt levetid for et planlagt bygværk vil sammenlignelige priser til det initiale valg mellem alternative løsningsmuligheder fremkomme ved, at skønnede fremtidige udgifter til løbende driftsudgifter, eftersyn, vedligehold, reparation og til demolering og ny konstruktion, tilbagediskonteres til nutidsværdi med anvendelse af skønnet eller (politisk) valgt diskonteringsrate.

Heraf fremgår, at holdbarhedsproblemet er økonomisk i den forstand, at udfaldet af den overordnede økonomiske optimering er afgørende for, hvor meget der ofres på at sikre bygværkerne gode initielle holdbarhedsegenskaber. Det kan for bygherren være en økonomisk optimal løsning at spare på kvaliteten af udgangsmaterialerne og så acceptere en lidt større løbende driftsudgift til eftersyn, vedligehold m.v.

- et internationalt problem

De senere års erkendelse af, at betonbygværker af og til udviser en utilfredsstillende holdbarhed, er ikke kun et hjemligt dansk fænomen, men så sandelig også et internationalt problem, - hvilket man især i den senere tids offentlige debat i Danmark ikke har været opmærksom på.

Danmark ligger klimatisk set meget ugunstigt (høj luftfugtighed, rigelig nedbør og mange frysepunktpassager), vore sand- og grusforekomster er for den største del affaldet fra de nordiske fjelde og som sådan mindre gode til traditionel betonfremstilling, og i en lang vinterperiode benytter vi i udstrakt grad salt i glatførebekæmpelsen.

Dette har naturligt nok givet os en del holdbarhedsproblemer, men det er problemer, der relativt set er beskedne i forhold til, hvad der opleves i udlandet - på trods af, at de enkelte hjemlige tilfælde af skadede bygværker, isoleret set, er økonomisk meget kostbare at reparere. Det må dog huskes, at størrelsen af årlige vedligehold- og reparationsomkostninger kun kan vurderes i det rette perspektiv, hvis de sammenlignes med den i bygningsmassen investerede kapital, f.eks. udtrykt ved genanskaffelsesværdien.

Som eksempler på skadernes alvor i udlandet skal blot nævnes, at

- i England er meget store betonboligenheder, hver med over tusinde lejligheder, blevet jævnet med jorden ved sprængning mindre end 10 år efter, de blev bygget. Årsagen var dårlig kvalitet og byggesjusk, som medførte ringe holdbarhed og uskøn forvitring med efterfølgende udvikling til socialt ghetto. En bortsprængning af disse boligkomplekser var eneste realistiske løsning - for ét af kompleksernes vedkommende efter at man forgæves havde søgt at sælge det for 1 £ (!).

- i USA er man først sent blevet opmærksom på, at betonbroer skal efterses og vedligeholdes. Man har derfor en brobestand, der er forfaldet i uhyggelig grad, hvilket fremgår af, at der for tiden lukkes i gennemsnit 2 broer (!) om dagen på grund af hel eller delvis sammenstyrtning forårsaget af ælde, funktionssvigt af lejer eller overbelastning. For det meste er der tale om små vandløbsbroer, men eksempler på kollaps af større broer forekommer også. På nogle motorveje kører man under broer med net spændt neden under - for at hindre, at man får betonstykker i hovedet fra den smuldrende bro.

Meget omfattende rehabiliteringsprojekter er igangsat, men problemets omfang kan ses af, at man allerede i 1979 havde akut behov for investeringer på 22 milliarder \$ til udskiftning af de allermest miserable broer, og for yderligere 11 milliarder \$ til øvrige reparations- og forstærkningsarbejder. Derudover kræver hovedvejsnettet tilsvarende investeringer til rehabiliteringsarbejder.

Fra 1983 er der over en 5-årig periode lagt en særskat på 5 cents på hver gallon benzin - med et årligt provenu på ca. 13 milliarder \$ - for at bidrage til finansieringen af disse store reparationsarbejder.

- i Mellemøsten er der især problemer med kloridindholdet i tilslaget, i blandevandet og i den fugtige luft. Sammenholdt med den høje temperatur, - hvorved nedbrydende korrosionsprocesser forløber mange gange hurtigere end under hjemlige forhold - er der områder (f.eks. Bahrain), hvor den forventede levetid af betonbygværker har været 10 - 15 år, med eksempler på, at fleretages beboelsesejendomme efter kun 7 år måtte demoleres.

Også de meget store døgn- eller årstidsmæssige temperaturvariationer virker fremmede på betonkonstruktionernes nedbrydning, både holdbarhedsmæssigt og funktionsmæssigt (f.eks. på fugers og lejers funktionsevne). Alligevel er beton det dominerende bygningsmateriale i Mellemøsten, da udgifterne ved indkøb, transport, forarbejdning og vedligehold af alternative byggematerialer ikke kan svare sig.

I dag er en række forholdsregler taget i brug, bl.a. i forsøg på at reducere kloridproblemet, men der er endnu ingen langvarige erfaringer hermed.

- nationale løsninger og internationalt samarbejde

Holdbarhedsproblemet er således internationalt, og det er nærliggende at samarbejde gennem de internationale tekniske organisationer i bestræbelserne på i fællesskab at løse problemerne. Dog egner ikke alle problemerne sig for en fælles international indsats.

En række specifikke nationale forhold må naturligt løses i en national indsats, da forhold som tilslagets sammensætning, nationale byggetraditioner, national byggelovgivning, lokale klimatiske (hygro-termiske) forhold, brugen af optøningskemikalier etc. er af så lokal karakter, at de må løses nationalt.

På den anden side er den videnskabelige udredning af de grundlæggende nedbrydningsmekanismer, deres eventuelle gensidige indflydelse samt identifikationen af de væsentligste styrende parametre så fundamentale problemer, at de med betydelig fordel kan løses i et udbygget internationalt samarbejde.

COMITÉ EURO-INTERNATIONAL DU BÉTON (CEB)

- CEB - Task Group "Durability"

Comité Euro-International du Béton (CEB) nedsatte i 1979 en arbejdsgruppe vedrørende betonkonstruktioners holdbarhed. Arbejdsgruppens medlemmer kommer fra Østrig, Belgien, Vest-tyskland, Danmark (der besætter formandsposten), England og Holland samt fra Norge og Sverige, der kom til i 1982.

Dette var første gang, CEB antog holdbarhedsproblemet som en integreret del af sit arbejde, og som det første mål udarbejdedes en staderapport over holdbarhedsproblemet.

Denne staderapport udkom i 1982, ref. / 2 /, trykt for CEB af Statens Byggeforskningsinstitut.

- CEB-RILEM

CEB's naturlige indgang til problemet er fra bygværkssiden (macro-niveau), idet CEB's aktiviteter er koncentreret om projektering og udførelse af bygværker, herunder også udarbejdelsen af normer for betonbygværker.

Den internationale materialorganisation RILEM beskæftiger sig derimod med alle udgangsmaterialerne og deres forhold, primært på micro-niveau.

En rationel behandling af holdbarhedsproblemet må naturligt kæde disse to organisationers aktiviteter sammen.

- international workshop

CEB's arbejdsgruppe om holdbarhed anbefalede i sin rapport, ref. / 2 /, afholdelsen af en international workshop om betonbygværkers holdbarhed. Denne workshop skulle arrangeres i samarbejde med RILEM for at sikre den nødvendige sammenhæng mellem materialteknologien og materialets funktion i bygværket. I modsætning til sædvanlige internationale møder, hvor enkeltemner tages op - ude af deres naturlige

sammenhæng - og gives en detailbehandling, der i en større sammenhæng kunne virke overdimensioneret, skulle denne workshop behandle betonbygværkers holdbarhed i bred forstand, i forsøg på at få en afbalanceret behandling af det store spektrum af problemer, der optræder i forskellige sammenhænge.

- CEB - RILEM - ABK - DTH

Der forelå en invitation fra Afdelingen for Bærende Konstruktioner på DTH (ABK) til at holde mødet på DTH i Lyngby.

Skønt der ikke er udpræget tradition for aktivt indbyrdes samarbejde mellem de store internationale tekniske organisationer, opnåedes et særdeles godt samarbejde mellem CEB og RILEM ved denne lejlighed, og workshoppen fandt sted på DTH, 18. - 20. maj 1983, med deltagelse af 78 inviterede deltagere fra ialt 18 forskellige lande, omfattende i det væsentlige internationalt anerkendte specialister på området inklusiv rådgivende ingeniører og entreprenører med betydelig erfaring fra praksis.

Workshoppen blev planlagt og gennemført med betydelig økonomisk støtte fra følgende fonde, nævnt i alfabetisk rækkefølge: Cowifonden, Knud Højgaards Fond og Thomas B. Thriges Fond.

- workshoppens hovedemner

Workshoppen deltes i tre hovedemner, behandlet hver sin dag:

- staderapportering. Sammenfatning om, hvad vi ved i dag omkring fysisk, kemisk og biologisk nedbrydning af beton og om korrosion af armering.

- vejledninger for byggeriet på kort sigt (her-og-nu-løsninger). Hvorledes sammenfattes den eksisterende viden, så den på kort sigt kan nyttiggøres i projekterings- og byggefasen.
- fremtidige aktiviteter. Hvorledes får vi i fremtiden formuleret en holdbarhedsfilosofi, indenfor hvilken en rationel holdbarhedsteknologi kan nyttiggøres gennem principperne i en generaliseret levetidsdimensionering; hvilke metoder kan tænkes frugtbare, hvor er øget forskning påkrævet, og hvilken rolle skal et udbygget internationalt samarbejde spille.

- rapportering

En række særligt indbudte indledningsforedrag blev samlet i en Introductory Report indeholdende ialt 11 rapporter og 3 separate bidrag, ref. / 3 /. Denne rapport udsendtes til deltagerne inden mødet.

Med udgangspunkt i indledningsforedragene var en række af deltagerne inviteret til at forberede reaktioner og oplæg til diskussioner inden for udvalgte emner. Hertil er modtaget ca. 30 skriftlige indlæg til workshoppen.

Alle skriftlige bidrag til workshoppen, inklusiv indledningsforedragene, samt en sammenfatning af diskussioner og konklusioner vil blive udgivet som selvstændig engelsksproget rapport i løbet af efteråret 1983. Rapporten bliver 4-500 sider lang og kommer at indeholde en værdifuld sammenfatning af den eksisterende - såvel praktiske som teoretiske - viden om emnet Betonbygværkers Holdbarhed. Efter udgivelsen vil rapporten kunne købes ved henvendelse til Afdelingen for Bærende Konstruktioner på DTH.

WORKSHOPPENS HOVEDEMNER

En række af workshoppens vigtigste erkendelser skal kort omtales i det følgende. Denne sammenfatning er på ingen måde dækkende for alle workshoppens resultater, men peger på nogle få udvalgte emner, der skønnes at have almen interesse. ATV's ny-etablerede udvalg vedrørende Betonbygværkers Holdbarhed har rekvireret en sammenfatning og vurdering af workshoppens resultater, og denne mere dækkende rapport på dansk vil foreligge i løbet af efteråret 1983.

--permeabilitet

Betonen kan nedbrydes på to principielt forskellige måder:

- på grund af reaktioner forårsaget af, at de aggressive stoffer er blandet ind i betonen fra starten. Denne indre nedbrydning er mindst almindelig, - skønt alkali-kisel reaktioner er et velkendt eksempel herpå, specielt set med danske øjne.
- på grund af udefra kommende aggressive angreb virkende på betonens overflade, d.v.s. på et overfladelag af få mm's tykkelse.

Sidstnævnte type nedbrydning er mest almindeligt forekommende, og metoder til forbedring af kvalitet og tæthed af dette yderste lag bør udvikles. Samtidig bør der udvikles prøve- og kontrolmetoder til verifikation af disse egenskaber.

Netop betonens permeabilitet bliver dermed en afgørende parameter ved vurdering af betonens holdbarhed - eller til vurdering af nedbrydningshastigheden. Denne parameter har ikke i praksis været dyrket før.

Det vides, at netop afbindings- og hærdningsforholdene har afgørende indflydelse på en eventuel mikro-revnedannelse i betonoverfladen, hvorfor dette bliver afgørende forhold at styre i byggeprocessen. Dette er for så vidt gammelkendt viden, som dog i en årrække har været trængt i baggrunden af industriens behov for besparelser gennem højere effektivitet i udførelsen og indførelsen af masseproduktion.

I de senere år har betonens afbindings- og hærdningsforhold fået fornyet - international - aktualitet i holdbarhedssammenhæng, og efter udviklingen af Freiesleben Hansens hærde-teknologi og dens udformning i en for byggepladsforhold direkte anvendelig form, står danske ingeniører med et konkurrencedygtigt værktøj i eksportsammenhæng, hvilket der burde gøres mere for at fremhæve. Betingelsen for at kunne overbevise udlandet om, at dette let håndterlige værktøj er de i udlandet udviklede metoder overlegent på grund af sit videnskabelige og rationelle grundlag er, at hærde-teknologien og dens anvendelse snarest præsenteres på engelsk. I denne sammenhæng er SBI-anvisning 125 om vinterstøbning af beton, ref. / 4 /, også en velegnet publikation at søge oversat til engelsk.

- kvalitetsstyring (QA)

I overensstemmelse med hjemlig erfaring er der almindelig enighed om, at kvaliteten af selve udførelsesprocessen har en dominerende indflydelse på den efterfølgende holdbarhed/levetid af det færdige betonbygværk. Der tilstræbes kvalitetsarbejde - hvilket i praksis vanskeliggøres/umuliggøres af en lavtuddannet håndværkerstab - der udvikles styrings- og kontrolsystemer, og den nye modedisciplin er blevet kvalitetsstyring (QA). Det erkendes dog, at ingen formelle kontrolsystemer m.v. kan kompensere for en grundig uddannelse af arbejderstaben på pladsen - med formanden i

spidsen - suppleret med en effektiv motivering (betaling, professionel ambition) af arbejderne til at levere et godt produkt.

- revner

I årevis har der været sat lighedstegn mellem holdbarhed - specielt i form af armeringskorrosion - og revnevidder, således at man i aggressivt miljø krævede små revnevidder m.v. Denne sammenhæng er i de senere år blevet mere og mere diskutabel, og der synes hverken at være forsøgsmæssig eller erfaringsmæssig belæg for fortsat at hævde denne sammenhæng. Tværtimod kan rigoristiske krav til beregnede revnevidders begrænsning medføre anvendelsen af mange armeringsjern med lille diameter og at anvende lille dæklag, hvor dette vides at være korrosionsmæssigt langt farligere end få jern med større diameter og anvendelsen af passende store dæklag.

Det kan hér have interesse at citere - i oversættelse - et forslag til et normafsnit i en kommende udgave af CEB Model Code, et afsnit, som for tiden er under diskussion, og som skulle dække hele afsnittet om revneviddeberegning:

"I områder, der kan blive udsat for trækpåvirkning, vil det i normale tilfælde være tilstrækkeligt at anordne en passende minimumsarmering, som er tilstrækkelig til at forhindre dannelse af ukontrollerede enkeltrevner. Forudsat sådan en armering ilægges, vil der ikke være behov for en direkte revnevidde eftervisning. Der kan være særlige tilfælde, hvor revnevidder er af betydning (f.eks. hvor der er behov for lyd- eller lufttæthed). I sådanne tilfælde kan der kræves særlige forholdsregler overholdt."

Det skal understreges, at ovennævnte forslag kun er et diskussionsoplæg.

- alkali-kisel reaktioner, substitutionsmaterialer

Alkali-kisel problematikken er som bekendt et af de store, stadigt uafklarede problemer vedr. betons holdbarhed, DBF's nyligt afholdte alkali-konference på DTH fokuserede på problemets kompleksitet - og på dets praktiske alvor i en lang række lande.

Særlig interessant bliver denne problemstilling, når hollandske forskere og praktikere - bl.a. ved CEB-RILEM workshopen - påstår, at alkali-kisel problematikken er løst, når man benytter højovnsslaggecement.

En sammenfatning i en for praksis forståelig form af hele viden- og erfaringsgrundlaget omkring de nye cementtyper med substitutionsmaterialer (flyveaske, slagge, silikastøv m.v.) synes påkrævet, for at sikre byggebranchen et dokumenteret grundlag, ud fra hvilket disse materialer kan benyttes. Hvis dette ikke tilvejebringes, må det frygtes, at betegnelsen "rottekrudd" bliver mere udbredt, hvilket vil være en urimelig nedvurdering af produkter, der synes at indeholde et betydeligt potentiel i retning af forbedring af fremtidige betonbygværkers holdbarhed. Den nye håndbog i tilsætningsstoffer, ref. / 5 /, fremstår som et godt eksempel på, hvorledes et meget uoverskueligt emne inden for betonområdet kan behandles og præsenteres samlet i en for praksis velegnet form.

Disse nye betoners materialteknologiske og rheologiske forhold må klarlægges for at sikre, at gangse beregningsmodeller fortsat er gyldige, eller om reviderede modeller skal udvikles og afprøves (jfr. f.eks. Densit).

- miljøpåvirkninger

Ved dimensionering af betonkonstruktioner indgår der som bekendt en belastningsdel og en bæreevnedel.

I forbindelse med vurdering af holdbarhed har "bæreevne-delen" d.v.s. modstandsevnen overfor nærmere definerede typer nedbrydning været omfattende studeret.

Omvendt har vi et meget sparsomt kendskab til "belastnings-delen", altså til den type og intensitet, hvormed de virkelige omgivers nedbrydende stoffer angriber betonkonstruktioner. Specielt mærkværdigt er det, at næsten ingen af de mange internationale organisationer, som dækker betonområdet, har ofret energi på denne side af problemet. Det på trods af, at måske halvdelen af løsningen på vore holdbarhedsproblemer ligger i en nærmere forståelse af påvirkningssiden.

Den Internationale Standardiserings Organisation ISO har udarbejdet et forslag vedr. "Classification of Environmental Conditions affecting Concrete". Beklageligvis er det sket i et sekretariat i Rusland uden tilpasning til international erfaring på området. Resultatet er eksempelvis, at udendørs beton ikke bør benyttes i store dele af Vesteuropa (og Østeuropa?) inklusiv Danmark, uden sekundær beskyttelse i form af maling, imprægnering, afdækning eller lignende, da regnvandets pH er under 5,0 (i Danmark målt ned til mellem 3,5 og 4,5). Dette på trods af årelang god erfaring med udendørs beton i disse områder.

Der er således et latent behov for at få klarlagt klimaets nedbrydende virkning på beton, og her specielt at analysere micro-klimaets relation til macro-klimaet og til micro-klimaets indflydelse på nedbrydningsmekanismerne i beton.

En systematisk opstilling og klassifikation af miljøets reelle aggressivitet efter disse retningslinier synes påkrævet, og en udbygning af miljøklasse-begrebet kunne være en måde at håndtere dette i praktisk projektering.

- konstruktiv udformning; arkitekter

Som nævnt indledningsvis bør en løsning på holdbarhedsproblemet tage sit udgangspunkt i bygværket og ikke i materialet. En hensigtsmæssig konstruktiv udformning med fald, afløb, afdækning m.v. (vis vand væk) er fortsat erkendt som alfa og omega i holdbarhedsproblemet. Herunder skal specielt konsekvenserne af svigtende funktion af afløb, fuger, inddækninger m.v. vurderes, og der bør konstruktivt tages højde herfor.

Et tilsyneladende overset element i denne problemkreds er den betydelige rolle, arkitekten spiller, i bygværkets overordnede udformning. Selv i dag bygges der moderne, prestigeprægede betonbygværker, hvor udragende, bærende elementer sammenskæres med søjler eller vægge udvendigt, så vandfælder tydeligt kan udpeges. Afløb og dræning af disse mange små fuger er umulig, de bliver fyldt med støv og skidt, og misfarvning og frostskeer m.v. er uundgåelige efter få år.

Parallelt hermed har ingeniørerne naturligvis en forpligtelse til at orientere om mulige holdbarhedsproblemer, at søge dem løst i samarbejde med arkitekten, eller i givet fald at sige fra over for løsninger, der ikke i holdbarhedsmæssig henseende kan gives en tilfredsstillende udformning.

Der ligger dog en stor (efter)uddannelsesopgave i at orientere arkitekter om materialernes teknologi og om ansvarlig konstruktiv udformning baseret på dagens dyrt indvundne

erfaringer. Som første led bør arkitekterne bringes til at erkende deres del af ansvaret i holdbarhedsproblemkomplekset - som i dette tilfælde rækker ud over de rene betonproblemer.

- restbæreevne af skadede/reparerede konstruktioner

Et særligt og meget presserende problem, knytter sig til vurderingen af eksisterende konstruktioners tilstand. Dette emne fik betydelig interesse ved workshoppen, hvilket vil fremgå af den endelige rapport. Vurderingen af bæreevne og sikkerhed af eksisterende konstruktioner, for hvilke en fremadskreden holdbarhedsmæssig nedbrydning er konstateret, skønnes fremover oftere at skulle gennemføres. Tilsvarende vil reparerede og forstærkede konstruktioner skulle nyberegnes, og pålidelige vurderinger af sikkerhed, funktions- evne og restlevetid skal kunne gennemføres.

De bæreevнемæssige og sikkerhedsmæssige konsekvenser af reducerede materialstyrker forårsaget af en tidsmæssig fremadskridende nedbrydning af materialerne kan i dag ikke behandles med gangse beregningsmetoder, men der pågår undersøgelser i CEB-regi med henblik på at opstille rationelle metoder hertil.

De hjemlige aktiviteter omkring tilstandsanalyser af beton, så som morfologiske undersøgelser og tyndslibsteknik m.m. synes værdifulde i denne sammenhæng. Dog er der fortsat behov for at dokumentere et meget beskedent antal lokalt udtagne prøvers evne til på repræsentativ vis at afdække en større betonmasses sammensætning, styrke og tilstand.

- "expert-systemer"

Som en særlig indgang til holdbarhedsproblematikken skal nævnes amerikanske bestræbelser på at opbygge et EDB-baseret "Expert System", hvor grundlæggende holdbarhedsmæssig viden sammen med nøgleoplysninger fra en lang række erfaringer fra konkrete skadessager lægges på en stor database.

Metoden synes interessant, og da der efter de samme retningslinier er meget gunstige erfaringer med EDB-baserede Expert Systemer for to så forskellige grene som lægevidenskaben (diagnose) og flyindustrien (eftersyn og vedligehold), bør man fremover følge med i udviklingen af disse generelle systemer.

På den hjemlige front har Vejdirektoratet oprettet en EDB-baseret Brodatabank, i hvilken samtlige broer under Vejdirektoratets administration registreres, med systematisk angivelse af bygværkets placering, geometriske opbygning og eventuelle broklasse (d.v.s. bæreevneklasse).

I tilknytning til Brodatabanken er der oprettet en Broskadebank, hvor der for hvert bygværk foretages en detaljeret systematisk registrering af observerede skader. Broskadebanken er under opbygning, og vil løbende blive opdateret. Den vil blive benyttet til styring af Vejdirektoratets systematiske eftersynsrutiner, til udvælgelse og prioritering af vedligehold- og reparationsaktiviteter med henblik på økonomisk optimering og til den overordnede budgettering af eftersyns-, vedligehold- og reparationsaktiviteter. Som en væsentlig funktion af Broskadebanken kan denne benyttes til tværgående analyser af skadestyper og skadesårsager m.v., og med de meget store erfaringer, der således akkumuleres i Broskadebanken, vil denne udgøre et avanceret "Expert System" på det specielle område, som udgøres af vejbroerne.

Et andet og mere generelt område, hvor man i Danmark kunne forestille sig et "Expert System" opbygget, udgøres af betonborekerneanalyser. En systematisk EDB-baseret sammenstilling af det betydelige antal mikro- og makroskopobservationer af betonborekerner, som prøvningsinstitutter som Teknologisk Institut ligger inde med, vil kunne udgøre et

betydeligt erfaringsgrundlag til gavn for fremtidige holdbarhedsanalyser. En sådan ajourført database på betonborekerneområdet ville formentlig kunne udnyttes med fordel i de kommende års voksende indsats omkring tilstandsvurdering af betonbygværker.

Tidsfaktoren i form af f.eks. nedbrydningshastighed eller restlevetid er en væsentlig faktor i disse tilstandsvurderinger. Desværre negligeres tidsfaktoren delvist i de sædvanlige borekerneanalyser, men kunne tænkes inddraget i vurderingsgrundlaget ved sammenligning med centralt registrerede erfaringer fra sammenlignelige prøver.

- praktisk anvendelig viden; working guides

Endelig fremgik det af workshopen som den væsentligste konklusion, at der er et meget stort behov for at få præsenteret den eksisterende viden og erfaring i en sammenfattet form, som er direkte anvendelig i praksis.

CEB's arbejdsgruppe om betonbygværkers holdbarhed har allerede en "Working Guide for Durable Concrete Structures" under udarbejdelse. Det første samlede afsnit omhandler beskyttelse af armering, og et udkast hertil blev fremlagt ved workshopen og blev meget positivt modtaget. Dette afsnit er nu færdigskrevet og påtænkes udgivet separat i løbet af efteråret, ref. / 6 /.

Denne vejledning er inddelt i tre kapitler, 1. kapitel orienterer om de elementære kemiske og fysiske processer, 2. kapitel giver en grov kvantificering af de afgørende parametre, som influerer korrosionsprocessen, og 3. kapitel giver praktiske anvisninger, baseret direkte på resultaterne af de to foregående kapitler.

Den didaktiske præsentation er også speciel, idet højre side hele vejen igennem indeholder en simpel figur, et diagram, en tegning eller lignende og venstre side en meget kortfattet, let tilgængelig tekst. Som eksempel er som Appendix A vist anvisningen vedrørende hældning.

Denne første del af CEB's "Working Guide for Durable concrete Structures" vil danne model for de resterende afsnit, som bl.a. vil omfatte fysisk, kemisk og biologisk nedbrydning af beton, udførelse og efterbehandling af beton og principper for hensigtsmæssig konstruktiv udformning af betonkonstruktioner. Disse resterende afsnit ventes at udkomme i løbet af 1984.

HVOR STÅR DANMARK I CEB, - OG I EUROPA

- Danmarks interesser

Danmarks interesser i at deltage i CEB-arbejdet kan sammenfattes i to hovedpunkter:

- Gennem deltagelsen i arbejdet i CEB's kommissioner og arbejdsgrupper opnår vi en værdifuld udveksling af faglig viden og erfaring med førende betonspecialister fra en stor del af verden. Skønt CEB har sit tyngdepunkt i Europa, er CEB verdensomspændende med gode kontakter til Det Fjerne Østen, Nord- og Sydamerika og til adskillige lande i den tredje verden. Den deraf følgende brede internationale kontaktflade sikrer danske deltagere faglig inspiration og løbende ajourføring af viden om internationale aktiviteter inden for deres fagområde.
- Ved at deltage i normorienteret arbejde som en naturlig fortsættelse af det rent faglige og videnskabelige arbejde i CEB, opnår danske normprincipper at få indpas fra første færd i konciperingen af internationale normtekster inden for CEB.

Danske normprincipper går i korthed ud på

- at tilstræbe korte normer indeholdende grundlæggende funktionsbestemte tekniske krav formuleret således, at et konkret problem inden for normens område kan løses efter normens hensigt mere end dens bogstav,
- at adskille norm- og vejledningsstoffet, så normen kan anvendes uden brug af f.eks. vejledning eller kommentarer,
- at tillade afvigelser fra normens krav, såfremt det kan dokumenteres, at afvigelsen er forsvarlig.

Erfaringsmæssigt kan vor indflydelse på det internationale normarbejde blive ganske stor - på trods af Danmarks beskedne størrelse - forudsat der lægges et aktivt engagement i arbejdet.

En indsats med at fremme danske principper i international normtekst på betonområdet skønnes at have langt større gennemslagskraft i denne konciperingsfase end senere forsøg på at indføre radikale ændringer til normteksten, når denne først foreligger f.eks. som CEB - Model Code og eventuelt antages af Fællesmarkedet i næsten uændret form som Eurocode, se det efterfølgende afsnit om Eurocodes.

En forudsætning for stærk fremføring af hjemlige ideer og principper er, at disse på hjemmefronten er tilstrækkelig éntydigt formuleret, så de danske CEB-deltagere har klart for sig, i hvilken retning der skal trækkes. I de foregående år har der ikke været fuld koordinering mellem danske initiativer i

henholdsvis CEB og i EF-Bruxelles, men Dansk Betonforening har sammen med det permanente beton-normudvalg NAS for ca. tre år siden nedsat "Udvalget vedrørende dansk deltagelse i CEB", der bl.a. har til opgave at prioritere danske CEB-aktiviteter og dermed også at sikre en vis koordinering af indsatsen på norm området.

- CEB's indsats

Med hensyn til CEB's indsats på holdbarhedsområdet består denne i at bygge bro over den formidlingskløft, der eksisterer mellem resultaterne af materialteknologernes fysisk-kemiske forskning på det microstrukturelle niveau - bl.a. kanaliseret igennem RILEM - og bygningsingeniørernes latente behov for materialdata, formuleret på konstruktionsniveau. Ved at koncentrere sig om denne tværdisciplinære videnformidling adskiller CEB sig principielt fra alle de øvrige internationale organisationer på betonområdet. Vurderet med normudarbejdelse i tankerne skønnes denne målrettede formidlingsindsats at være den mest værdifulde egenskab ved CEB's aktiviteter.

- Eurocodes

I forbindelse med foranstående omtale af dansk deltagelse i CEB's normarbejde, synes det naturligt at omtale sammenhængen med og stedet for de ventede Fælleseuropæiske beton-normer.

Inden for EF søges de tekniske handelshindringer nedbrudt, bl.a. ved at udarbejde fælles konstruktionsnormer, Eurocodes. Tilsvarende bestræbelser på harmonisering af normer og standards søges fremmet ved en GATT-aftale fra 1979, hvori det fastslås, at internationale standards skal lægges til grund for udformningen af tekniske forskrifter.

Foruden at Eurocodes skulle være fællesnormer for de 10 medlemslande i Fællesmarkedet, har der også fra byggebranchen været rejst ønsker om, at en sådan fælles-europæisk norm skulle kunne anvendes som operationelt teknisk normdokument uden for Fællesmarkedet, f.eks. ved bygge- og anlægsarbejder i udviklingslandene. Dette ville give en vis modvægt til den dominerende indflydelse, nogle få landes nationale normer (ACI, DIN, BS) har ved internationale licitationer i bl.a. udviklingslandene.

Arbejdet med Eurocodes startede i 1979, og følgende normer er planlagt, idet dog kun nr. 1, 2 og 3 og jordskælvsnormen for tiden er under udarbejdelse:

Eurocode 1:	Last og sikkerhed; grundlæggende principper
Eurocode 2:	Betonkonstruktioner
Eurocode 3:	Stålkonstruktioner (incl. aluminium)
Eurocode 4:	Kompositkonstruktioner (stål/beton)
Eurocode 5:	Trækonstruktioner
Eurocode 6:	Murværk
Eurocode 7:	Fundering

Desuden er en jordskælvsnorm planlagt, men har endnu ikke fået officielt nummer.

Inden for byggebranchen har der længe hersket usikkerhed med hensyn til disse Eurocodes, deres indhold, deres legale status og tidspunktet for deres indførelse. Disse forhold er fortsat uafklarede, men et billede synes at tegne sig.

Eurocode 2 omhandlende betonkonstruktioner har i nogle år været under udarbejdelse i EF-kommissionens regie. Grundlaget har været CEB-FIP Model Code, 1978, som med minimale indholdsmæssige ændringer, men i omdisponeret form, pr. juli 1983 er færdigudarbejdet og udsendes i løbet af efteråret 1983 til medlemslandene som Teknisk Rapport. Eurocode 3 er i samme fase.

Eurocode 1 foreligger ikke i selvstændig form men ventes indarbejdet i Eurocode 2 (og 3).

De danske deltagere i styrekomiteen for Eurocode 2 finder det nuværende oplæg alt for detaljeret og for omfangsrigt til at kunne tjene som norm; forslaget bryder fundamentalt med de grundlæggende danske normprincipper. Den fremførte kritik har endnu ikke vundet gehør, men har været medvirkende årsag til at forslaget udsendes som Teknisk Rapport, og dermed foreløbig bliver uden legal status.

Det må dog formodes, at de enkelte medlemslande vil blive bedt om officielt at kommentere forslaget, inden det færdigbehandles og sendes til Ministerrådet til endelig godkendelse som Eurocode.

Den endelige legale status af Eurocodes er ikke afklaret endnu, men det tilstræbes fra EF-Kommissionens side, at Eurocodes bliver "optional", d.v.s. gjort ligeberettigede med medlemslandenes nationale normer, og som sådan skal accepteres fuldt ud på linie med nationale normer, f.eks. ved licitationer, kontraktforhandlinger m.v.

Det vil desuden være sandsynligt, at de enkelte lande vil kunne vedtage individuelle numeriske værdier for f.eks. partialkoefficienter, lastkombinationsfaktorer m.v. ved anvendelse af Eurocodes. Det er nemlig en harmonisering, EF tilstræber, i overensstemmelse med en resolution fra 1971, og ikke uniformisering landene imellem.

Med hensyn til tidspunktet for ikrafttræden af Eurocodes står dette fortsat helt åbent. Men med en normal proces vil det vare mindst 3 år fra udsendelsen af draft, til at kritikfasen er overstået, og en ministerrådsgodkendelse foreligger, og det kan udmærket vare længere.

På denne baggrund er det både relevant og aktuelt, at Dansk Ingeniørforening nu står foran udsendelse af en ny og ajourført udgave af Den Danske Betonnorm DS 411. Her vil danske normprincipper fortsat kunne tilgodeses fuldt ud, og hvis DS 411 snarest oversættes til engelsk, vil dette være et meget værdifuldt værktøj for danske Eurocode forhandlere, når de i de kommende år skal søge vore norminteresser fremmet i kritikperioden for Eurocode 2.

FREMTIDIGE AKTIVITETER

- tværfagligt problemkompleks

Holdbarhedsproblemet er et langt mere tværfagligt problemkompleks end de problemer, vi som bygningsingeniører normalt beskæftiger os med.

Forskningsmæssigt stiller det store krav til en bred faglig grundviden samt åbenhed til at inddrage andre fagdiscipliner end de sædvanlige, f.eks. spiller kemi, energibetraktninger, reaktionskinetik, transportmekanismer og termodynamik betydelig rolle i de videnskabelige løsningsmuligheder.

Behovet for større kemisk forståelse og intensiveret beton- og cementkemisk forskning blev klart understreget ved workshopen af dr. techn. G.M. Idorn, som mødte stor forståelse herfor.

Undervisningsmæssigt - set på bygningsingeniørniveau - må et traditionelt fag som betonkonstruktionslære suppleres med en udbygget viden om varmelære, fugtmekanik og kemi. Dette skal forstås således, at bygningsingeniørerne har behov for at få en forøget viden om disse fagområder for at kunne vurdere bygværkernes holdbarhedsmæssige forhold og for at kunne kommunikere med materialteknologerne.

Det står således i dag klart - også internationalt - at der er et behov for at uddanne deciderede betoningeniører med særlig kompetance på beton- og betonkonstruktionsområdet, idet beton - realistisk set - fortsat vil være vor langt vigtigste byggemateriale internationalt.

--udviklingstendenser

Det må erkendes, at udviklingen inden for betontechnikken og betontechnologien i en længere årrække (årtier) har stået i stampe, samtidig med at de fleste andre ingeniørdiscipliner undergik en rivende udvikling.

Vurderet ud fra dagens forsknings- og udviklingsindsats, sammenholdt med de store erkendte problemer, som skal løses, tyder alt på, at vi står midt i startfasen af en intensiv udviklingsperiode på måske et eller to årtier, hvor beton og dets behandling vil undergå en radikal udvikling. De superplastificerende tilsætningsstoffer er under indarbejdelse; substitutionsmaterialer som flyveaske, slagge, silikastøv m.v. står foran almindelig udnyttelse, og rationelle forskningstiltag er igangsat eller planlagt i bestræbelserne på, over en kortere årrække, at have vort viden-niveau vedr. materialet beton, dets hensigtsmæssige udnyttelse i konstruktionerne og konstruktionernes samspil med omgivelserne.

--balancegang

Vi står midt i en spændende og krævende udviklingsperiode for beton, hvor vi må bevare velerhvervede erfaringer og viden til gavn for det løbende byggeri i ind- og udland, samtidig med at vi tilstræber at udvikle de nye betoner og deres anvendelse, så de kan overtage det ry, den gamle beton havde, som værende

p å l i d e l i g o g f o r u d s e e l i g .

REFERENCER

- / 1 / Udvalget vedrørende Betons Holdbarhed under Statens
 Teknisk-Videnskabelige Forskningsråd og Teknologi-
 rådet:
 Udredning om F & U, oktober 1980.
- / 2 / Comité Euro-International du Béton (CEB), Task
 Group Durability:
 Durability of Concrete Structures, State-of-the-Art
 Report.
 CEB-Bulletin d'Information No. 148, februar 1982.
- / 3 / CEB-RILEM International Workshop. Durability of
 Concrete Structures. 18th - 20th May 1983, Techni-
 cal University of Denmark.
 Introductory Report. Department of Structural
 Engineering, May 1983.
- / 4 / Per Freiesleben Hansen og Erik Jørgen Pedersen:
 Vinterstøbning af beton. SBI-Anvisning 125, Statens
 Byggeforskningsinstitut, 1982.
- / 5 / Ulla Kjær: Tilsætningsstoffer til Beton. En Hånd-
 bog. Beton- og Konstruktionsinstituttet, rapport 1,
 september 1982.
- / 6 / Peter Schiessl: Working guide for Durable Concrete
 Structures. Protection of Reinforcement. Final
 Version, Institut für Betonstahl und Stahlbetonbau
 e.v. München samt CEB Task Group Durability, august
 1983.

APPENDIX A

(uddrag af ref. / 6 /)

3.3.2 Curing of concrete

The curing measures must achieve, that early drying out of the concrete surface is not allowed to take place.

The following measures are possible:

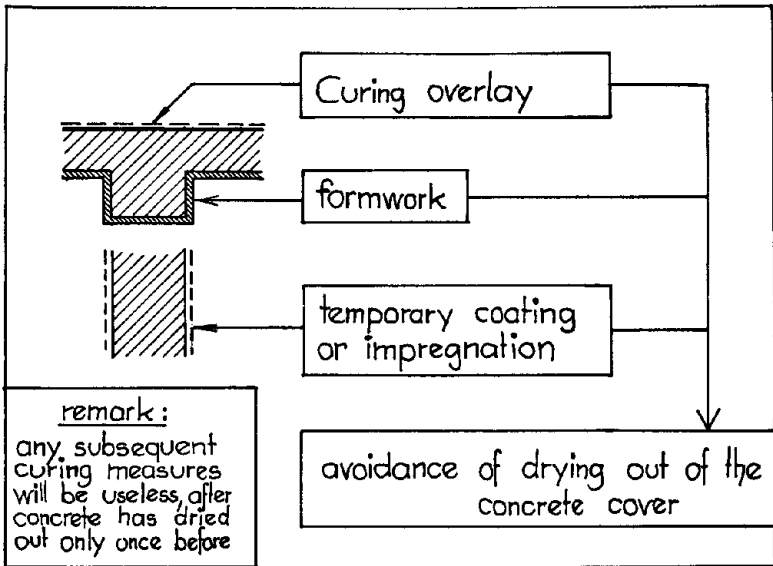
- formwork
- covering of surfaces without formwork
(curing overlays)
- temporary coatings or impregnations

The required curing time depends on several parameters.
The main ones are

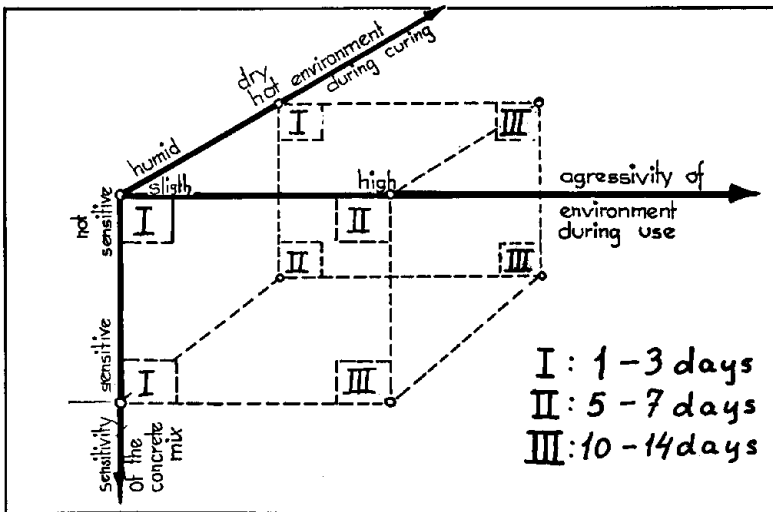
- aggressivity of environment during use
- environment during curing
- curing sensitivity of the concrete mix
(type and amount of cement, w/c-ratio)

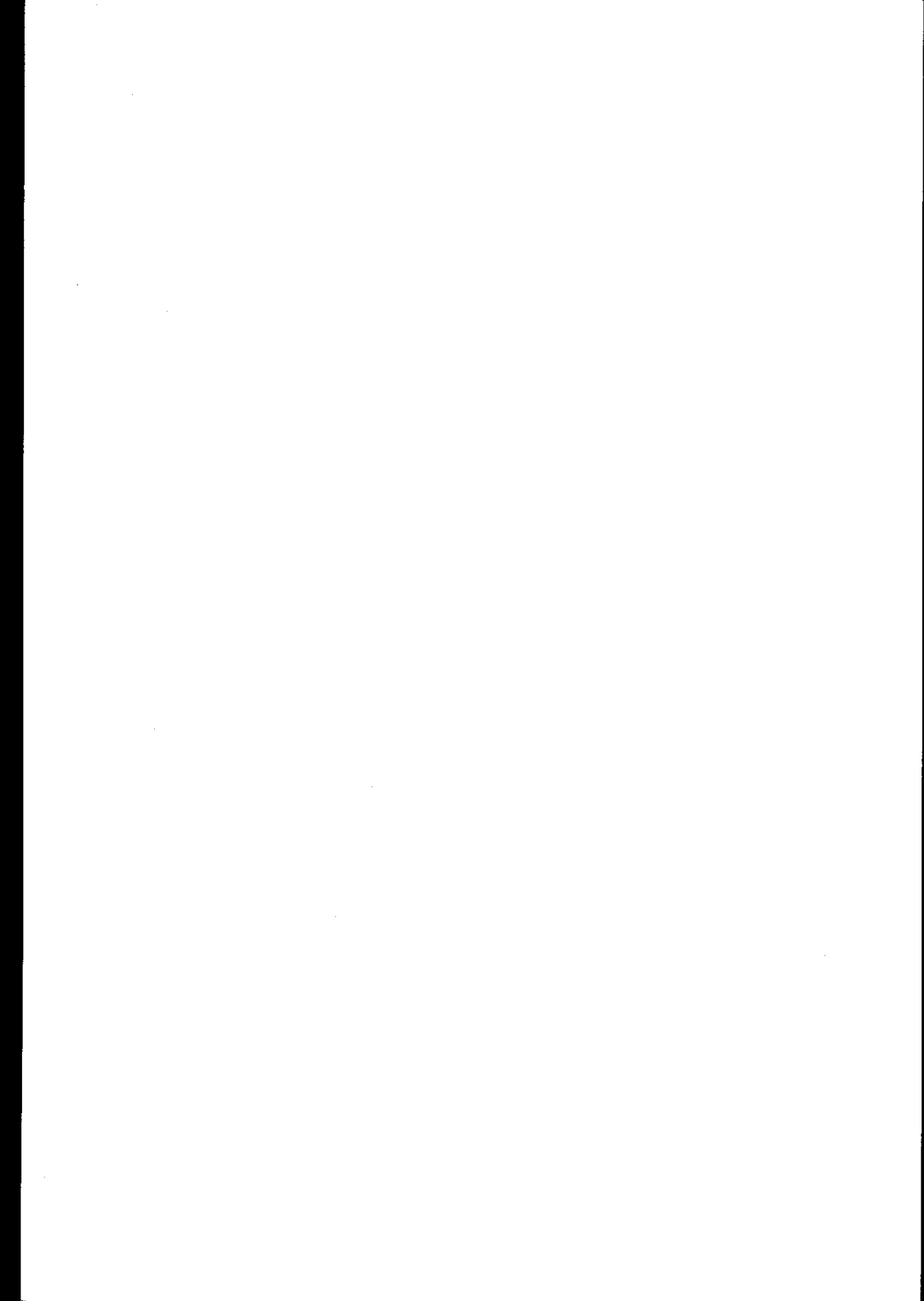
The three-dimensional diagram on the opposite gives an advice for the required curing time depending on these main parameters.

Curing measures



Duration of curing





COWiconsult
Rådgivende Ingeniører AS

NY BETONNORM DS 411

Af
K. Bergholt

September 1983

NY BETONNORM DS 411

Foredrag 8/9-83: DBF - Odense

Efter at vi har hørt formiddagens to første foredrag, der jo har drejet sig om betonforskningens front, så bliver det vist et antiklimaks, at jeg skal berette om den revision af den danske betonnorm DS 411, som nu nærmer sig sin afslutning.

Når jeg siger antiklimaks ligger det i, at et normarbejde påvirkes af et meget stort antal ingeniører med vidt forskellig indfaldsvinkel og det, de kan blive enige om som rimelige forskrifter for tusinder af normbrugere med vidt forskellige kvalifikationer, halter naturligvis et godt stykke efter den videnskabelige udvikling. Det normarbejdet dog har fælles med betonforskningen er, såvidt jeg kan se, at der til begge forehavender kræves en uendelig tålmodighed.

Der er nok mange her i salen, som har arbejdet efter betonnormen fra 1949 og som kan huske, at der måtte mange, mange forslag og voldsomme meningsudvekslinger til, inden vi fik 73-normen, der jo så til gengæld repræsenterede et virkeligt udviklingsspring, ja så stort et spring at mange mener, at denne norm endnu ikke er kommet helt ind i rygmarven på mange projekterende og entreprenører.

Det er da et godt spørgsmål hvorfor vi allerede nu - i de sidste fire år - har arbejdet på en revision af 73-normen. Svaret er at normstyrelsen bestemte sig til omkring 1977, at alle konstruktionsnormer skulle koordineres med udgangspunkt i fælles sikkerhedsbestemmelser - nu kaldet D.S. 409 - og fælles lastbestemmelser - DS 410.

Der var nok mange der ikke kunne se visdommen heri, men der var sikkert få, der forudså hvor store problemer dette ønske skulle give de enkelte konstruktionsnormers arbejdsudvalg. Blot forhandlingerne om en fælles indholdsfortegnelse på en halv snes punkter varede et års tid.

Det som imidlertid pressede koordinationen frem og som var retfærdiggørelsen for den var at Normstyrelsen anså det for vigtigt at indføre principperne fra de nordiske (NKE) sikkerhedsbestemmelser og derved sikre ensartede konkurrenceforhold for de forskellige konstruktionsmaterialer.

Det kommissorium, som det arbejdsudvalg, der blev nedsat under det permanente betonnormudvalg i 1979, lød i koncentrat:

"At skabe konsistens med fællesnormens sikkerhedsbestemmelser.

At bygge på den eksisterende norm i alle principielle forhold, men dog at tage hensyn i muligt omfang til igangværende nordisk og internationalt arbejde på betonnormområdet.

At indføre regler for brandteknisk dimensionering."

Det var en forudsætning, at der ikke måtte forekomme overlapninger i stoffet mellem fællesbestemmelserne (DS 409 - DS 410) og den enkelte konstruktionsnorm og det vanskeliggjorde derfor arbejdet i betydelig grad, at fællesbestemmelserne først blev forhandlet færdig i begyndelsen af 1982.

Derefter har Arbejdsudvalget for DS 411 arbejdet intensivt med at besvare en meget omfattende skriftlig kritik og med at få forslaget endelig godkendt af det repræsentative udvalg for denne norm. Det sidste møde i dette udvalg fandt sted for en uge siden og vi kan nu love, at den nye norm kommer i handelen til foråret 1984.

Jeg skal i dag beskrive ændringerne fra 73-normen og når jeg gør det vil I undre jer over, at vi har kunnet bruge 4 år på så beskedne forandringer.

Der forekommer to radikale ændringer dels hvad angår beregning af forskydning og vridning, dels beslutningsreglen ved behandling af kontrolresultater for betontrykstyrke. Alt andet nyt kan bedst beskrives som uddybninger stramninger og korrektioner. Nyt bliver det, at vejledningsstoffet, punkt for punkt, kommer i samme bog som normen, som man nu kender det fra de seneste normudgivelser.

Det mest irriterende, som brugerne af den nye norm vil registrere, er en total ombrydning og flytning af stoffet, der i første række skyldes koordinationskravet. Så må man i øvrigt også lære, at det ikke mere hedder "brudtilstand" men "brudgrænsetilstand" og det hedder ikke mere "brugs-tilstand" men "anvendelsesgrænsetilstand".

KOMMISSORIUM:

UDVALGET SKAL I SIT FORSLAG SØRGE FOR
KONSISTENS MED DEN FÆLLES NORM FOR
BÆRENDE KONSTRUKTIONER.
FORSLAGET SKAL I ØVRIGT BYGGE PÅ DEN
EKSISTERENDE NORM I ALLE PRINCIPIELLE
FORHOLD, IDET DER DOG I MULIGT OMFANG
TAGES HENSYN TIL IGANGVÆRENDE NORDISK
OG INTERNATIONALT ARBEJDE PÅ BETON-
NORMOMRÅDET.
RESULTATERNE AF ARBEJDET I ARBEJDS-
UDVALGET, VEDRØRENDE BRANDTEKNISK
DIMENSIONERING SKAL INDGÅ I DET
REVIDEREDE NORMFORSLAG.

1. INDLEDNING
2. GENERELLE PRINCIPPER
3. KARAKTERISTISKE VÆRDIER
4. REGNINGSMESSIGE VÆRDIER
5. KONSTRUKTIONSVURDERING
6. BEREGNINGERNES UDFØRELSE
7. KONSTRUKTIVE REGLER
8. MATERIALER OG UDFØRELSE

For at få lidt overblik skal vi se på forskellen i opbygningen af 73 normen og det nye normforslag. Først 73-normens hovedafsnit, som er velkendt. Lad mig blot minde om afsnit 2: Generelle principper der indeholder metoder til sikkerhedsvurdering (brudnorm, vurdering ved beregning eller prøvning), hensyntagen til usikkerheder (herunder hvordan acceptkriteriet er for at kravet til karakteristisk værdi er overholdt) og endelig hensyntagen til miljø, miljøklasser. Afsnittene 3 og 4 behandler materialestyrker og -arbejdslinier samt materialepartialkoefficienter. Et annex fastlagde de dengang nødvendige lastregneregler og partialkoefficienter for last.

Går vi over til det nye normforslag, ser inddelingen sådan ud. Det må noteres, at der nu optræder et afsnit om forundersøgelser, at materialeafsnittet logisk er placeret før sikkerhedsvurdering og beregning, at der er et selvstændigt udførelsesafsnit og at kontrol er blevet et hovedafsnit. Afsnit 9, Særlige forhold, drejer sig om udmattelsespåvirkning og brandpåvirkning. Der er også et lastafsnit, men både dette og forundersøgelsesafsnittet er praktisk kun henvisning til sikkerhedsbestemmelser og lastnorm. Det forhold, at man har både ultrakorte og uhyre lange hovedafsnit, afspejler klart vanskeligheden ved at have fælles hovedopdeling for en hel række konstruktionsnormer med vidt forskellig vægt på mange forhold.

Vi skal nu gå mere ind på detaljerne i de enkelte afsnit.

I Indledningen skal vi hæfte os ved de grundlæggende begreber: Klasser. Medens der tidligere blev brugt tal og bogstaver til at markere den af en af eller grund så populære tredeling, har man nu vedtaget at bruge adjektiver. Derfor hedder det for kontrolklasser skærpet, normal og lempet kontrol. For miljøklasser hedder det aggressiv, moderat og passiv miljøklasse.

Men nu optræder der en ny og tredje klassesdeling: Sikkerhedsklasser. I DS 411 optræder de kun i afsnittet om materialepartialkoefficienter medens selve definition og opdeling af bygværker i lav, normal og høj sikkerhedsklasse fremgår af sikkerhedsbestemmelserne DS 409. Vi betonfolk har ikke haft særlige ønsker om komplikation, som sikkerhedsklassebegrebet introducerer og vi har brugt vor indflydelse ved udformningen af sikkerhedsbestemmelserne til at få de flest mulige konstruktioner placeret i normal sikkerhedsklasse.

Tilbage til miljøklasserne. Der er nogle ændringer i vejledningsstoffet, hvoraf de væsentligste er, at broer er opprioriteret til højeste miljøklasse (agressiv) og fundamenter (konstruktioner i jord) er nedprioriteret til laveste miljøklasse (passiv).

I Indledningen er der også det stormomsuste afsnit om symbolerne. Her kan alle være med i debatten.

I grove træk må man sige, at der er to modstridende holdninger. Den ene er repræsenteret af internationalisterne d.v.s. CEB, ISO, Eurocode forkæmpere, der følger sig overbevist om, at CEB-symboler vil blive brugt i disse nye normer, hvoraf jo ingen er vedtaget endnu. Den anden holdning, den konserverende, støttes af lærebogsforfattere og af den menige ingeniør, der ikke så gerne ser forandringer for hurtigt. I må blive holdt på pinebænken lidt endnu, kampen er hård, det er ganske tankevækkende, at denne formelle bagatel kan give en så voldsom debat.

I materialeafsnittet skal vi kort beskæftige os med armeringsståltyper og mere omfattende med betonkvalitet.

For armeringens vedkommende er 73-normens noget diffuse gruppe b delt i tre undergrupper: glatte stål for sig og varmvalsede ribbestål i to grupper afhængig af flydestyrke, kulstofindhold og kulstof ækvivalent (nyt begreb i betonnormsammenhæng).

Når vi går over til materialeafsnittets betondel er der en række modifikationer.

For såvidt angår betonens styrkeprøvning angiver normen nu, at styrkekravet skal være opfyldt efter 28 døgn og at prøvningen normalt skal foretages efter 28 døgn. Andre prøvningstidspunkter kan anvendes, såfremt relationen mellem de herved konstaterede trykstyrker og den krævede 28 døgns styrke kan dokumenteres. Vi opgiver altså den særlige danske regel om 14 døgnskravet for hurtigthærdende cement med de fordele og ulemper dette kan medføre.

Når kravet til trykstyrken kan eftervises ved måling på prøver udtaget af den færdige konstruktion, skal der som hidtil dokumenteres en relation mellem de således bestemte værdier og den krævede cylinderstyrke, men nu regnes kravet opfyldt, hvis der er dokumenteret karakteristisk styrke på 80% af kravet cylinderstyrke, ikke som hidtil 90%.

I lempet kontrolklasse, der jo tidligere hed kontrolklasse III, godkendes ikke mere, at visse standardblandingsforhold automatisk fører til angivne karakteristiske trykstyrker.

Medens der tidligere i de tre miljøklasser for så vidt angår betonens sammensætning kun stilledes krav til v/c-tal bliver reglerne på dette område skærpet derhen, at der i de to miljøklasser stilles krav både til maksimalt v/c-tal og til minimal karakteristisk trykstyrke. Oversigtligt ser kravene således ud:

Udover de nye styrkekrav er v/c-tallene skærpet men bemærk, at der nu tales om maksimale, ikke karakteristiske v/c-tal. Der stilles ikke krav til v/c-tal i passiv miljøklasse.

Den nye norm tager højde for anvendelsen af Portland Flyveaske Cement efter ny DS 427, ligesom Flyveaske og Silica tillades tilsat betonen under

visse forudsætninger. I vejledningsstoffet er angivet at Flyveaske + Silica ikke må overstige 35% af den samlede mængde af Cement, Flyveaske og Silicastøv. Tilsvarende begrænsning for Silica er 10%.

TABEL 3.1.3.2 KRAV TIL v/c OG f_{ck}

MILJØKLASSE	MAKSIMAL VÆRDI af v/c	MINIMAL VÆRDI AF FORESKREVEN f_{ck} (MN/m ²)
AGGRESSIV	0,50	30
MODERAT	0,60	25
PASSIV		15

Lastafsnittet i betonnormen er meget kort, idet det kun slås fast, at fugtændringer (d.v.s. svind) og temperaturændringer er at betragte som last, og endvidere at lastforudsætninger kan forenkles, når det er vurderet, at forenklingen er på den sikre side. Betydningen heraf vil forstås, når vi nu skal tale om lastkombinationer og regningsmæssig last.

Det hører sådan set ikke til i DS 411, men i Sikkerheds- og lastbestemmelserne. Imidlertid får det væsentlig betydning for enhver jernbetonberegning fremover og skal derfor omtales. Medens beregninger i anvendelsesgrænsetilstanden vil være mindre almindelige, så er beregninger i brudgrænsetilstanden for betonkonstruktioner ganske afgørende. Sagen er nu, at alle permanente laster har partialkoefficienten 1,0 medens man for variable laster skal tildele en af disse lastpartialkoefficienten 1,3 medens de øvrige tildeles en partialkoefficient, en faktor (mindre end 1,0) der repræsenterer sandsynligheden af lastværdien, kaldet sædvanlig last. Altså skal ihvertfald teoretisk, mange lastkombinationer sammenlignes. Derfor tilbuddet om at forenkle lastforudsætningerne.

Begrebet ulykkeslast blev, som bekendt, indført i lastnormen 1977 og det nye i betonnormen er nu, at det i lastkombination 3.1, hvor man vurderer konstruktionen udfra den antagelse, at en eller flere konstruktionsdele er ødelagt, definerer at ødelæggelsen omfatter alle konstruktionsdele indenfor et vilkårligt placeret volumen, 5 m vandret i ydervæggens retning, 3 m vinkelret på ydervæggen og een etagehøjde lodret. Den tidligere "deemed to

satisfy" regel i vejledningen (30 KN/m) er skærpet og udvidet betydeligt og det bliver næppe populært blandt elementbyggerne.

I sikkerhedsafsnittet anføres materialepartialkoefficienterne i afhængighed af sikkerhedsklasse og kontrolklasse. I normal sikkerhedsklasse og normal kontrolklasse er partialkoefficienten for armering 1,4 og for beton 1,8 d.v.s. ganske som hidtil. Valg af partialkoefficienterne for anden sikkerhedsklasse og anden kontrolklasse fremgår af disse formler og de i tabellerne angivne faktorer.

$$\gamma_s = 1,4 \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_5$$

$$\gamma_c = 1,8 \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_5$$

γ_1 I AFHÆNGIGHED AF SIKKERHEDSKLASSEN

SIKKERHEDSKLASSE

LAV	NORMAL	HØJ
0,9	1,0	1,1

γ_5 I AFHÆNGIGHED AF KONTROLKLASSEN

KONTROLKLASSE

SKÆRPET	NORMAL	LEMPET
0,95	1,0	1,1

Arbejdsudvalget har gennemført en række konsekvensberegninger for typiske konstruktioner og hvis man antager samme variable last som før, fører de nye lastkombinationer for brudgrænsetilstanden til ret betydelige armeringsbesparelser - typisk 10%-20% - for plader og bjælker, hvorimod søjler og vægge praktisk talt får samme armering som hidtil.

Ved denne revision har hovedlinien, som i 1973, været at betonnormen er en norm for brudsikkerhed og anvendelsesgrænsetilstanden behandles kun i det omfang det er nødvendigt, for at forudsætningerne for brudvurderingen er rimeligt opfyldt. Den hårdere udnyttelse af materialerne, der nu normsættes, vil sikkert ved næste normrevision føre til, at holdbarhedsspørgsmålet kommer i focus i helt anden grad end hidtil.

Det meget store kapital 6 om beregning og konstruktion er opdelt i følgende 4 hovedafsnit:

- 6.1 Bestemmelse af lastvirkninger
- 6.2 Brudgrænsetilstande
- 6.3 Anvendelsesgrænsetilstande
- 6.4 Konstruktionsudformning

Bestemmelse af lastvirkninger er kun revideret i sproglig henseende. Det dominerende delafsnit om brudgrænsetilstande har følgende opdeling:

- 6.2.1 Bøjning og bøjning med normalkraft
- 6.2.2 Forskydning
- 6.2.3 Vridning
- 6.2.4 Koncentreret last
- 6.2.5 Instabilitet og andre 2. ordens effekter
- 6.2.6 Forankring og stød af armering

Man vil nikke genkendende til afsnittet om bøjning med eller uden normal-kraft, som stadig behandles efter både metode A og B. Vejledningen i metode A er dog illustreret mere generelt med forspænding. Der har været til-løb til at fjerne metode B helt, men hensynet til søjleafsnittet har med-ført at metoden bibeholdes.

Forskydningsafsnittet er radikalt ændret. Forskydningsarmerede bjælker og plader beregnes nu efter diagonal-trykmetoden med valgfrihed for beton-trykkets vinkel med længdeaksen indenfor visse grænser. Det er en forud-sætning, at der anvendes lodrette eller skrå bøjler. Normstoffet stiller krav til den skrå betontryksspændings beregning og begrænsning, medens vejledningen behandler konsekvenserne for trækarmeringen.

Den tidligere beregningsmetode er placeret i et annex og tillades således stadig anvendt.

For ikke forskydningsarmerede bjælker og plader er i vejledningen anført de tidligere regler, hvor den regningsmæssige formelle forskydningsspæn-ding sættes i relation til betonens regningsmæssige trækstyrke.

Vridningsafsnittet er omskrevet således, at det konsekvent tilpasser sig forskydningsafsnittet.

I afsnittet om koncentreret last er vejledningens formel ændret og der er givet en mindre konservativ begrænsning af den maksimale regningsmæssige trykstyrke i lejebladen.

Den gamle norms afsnit om instabilitet er flyttet sammen med afsnittene om centralt belastede og ekscentrisk belastede søjler og vægge til et afsnit benævnt instabilitet og 2. ordens effekter, men indholdet af disse afsnit er i det store og hele uændret.

Under brudgrænsetilstande er endelig placeret beregning af forankring og stød af armering og under dette repræsenteres fornyelsen af regler for bestemmelse af forankringslængden ved svejste net af ribbestål.

Anvendelsesgrænsetilstande er behandlet i en omredigeret form og det understreges, at beregning af lastfremkaldte revnevidder og grænserne for de maksimale beregnede revnevidder er beskrevet som en mindre eksakt procedure end tidligere, idet det fastslås, at der ingen klar sammenhæng er mellem revnevidder og korrosion.

MILJØKLASSE	DÆKLAG	
	MINIMAL TYKKELSE	FORESKREVET TYKKELSE
AGGRESSIV	30 mm	30 mm + TOLERANCETILLÆG
MODERAT	20 mm	20 mm + TOLERANCETILLÆG
PASSIV	10 mm	10 mm + TOLERANCETILLÆG

Under konstruktionsudformning har diskussionen om dæklagskravene været det springende punkt og medens man før normrevisionen var gået over til at stille krav til dæklagets karakteristiske værdi har drøftelserne i det repræsentative udvalg og kritikken medført, at man vender tilbage til absolut krav til dæklagets minimale tykkelse, hvortil skal lægges en tolerance - mindst 5 mm - og dette fører til dæklagets foreskrevne tykkelse. I de forskellige miljøklasser ser nu ud som vist på dette skema og som det ses betyder dette en skærpelse i forhold til 73-normen.

Samtidig med tolerancen på dæklag er tolerancen på armeringens placering taget op og vi har forsøgt bedre at klargøre, hvorledes de forskellige tolerancer indgår i fastlæggelsen af et betontværsnits effektive højde.

Afsnittet om bøjler er udvidet med bøjler med ombukkede ender placeret ved modstående sideflader, ligesom stuksvejsning af bøjler er mere afklaret end i de tidligere normfortolkninger.

Et meget omdiskuteret punkt har været minimumsarmering, herunder spørgsmålet om pludseligt brud. Et forslag til minimumsarmering for bjælker og plader i form af vejledningstekst mødte kraftig modstand fra funderings-specialisterne, der ønsker at udføre store jernbetonfundamentsklodser med den begrænsede armering, man i disse tilfælde kan regne sig til og ikke være tvunget til at bruge den minimumsarmering, som sikrer en bæreevne, der svarer til den tilsvarende urevnede og uarmerede konstruktions bæreevne. Behandlingen af dette problem, specielt formuleringen "fare for pludseligt brud", er p.t. det eneste uafklarede punkt i DS 411.

Kapitlet om udførelse er bortset fra redaktionelle forbedringer ret uændret, dog findes under hærkning og efterbehandling en vejledningstekst dels om beskyttelse mod udtørring og frysning, dels om forholdsregler mod revnedannelser på grund af temperaturforskelle i konstruktionsdelene.

Vi har også fundet nødvendigt at stramme afsnittet om løftebøjler op.

I kontrolkapitlet er det især beslutningsreglen for accept, der er ny. Denne regel skal sikre, at den opnåede middelværdi ligger passende i forhold til den krævede karakteristiske værdi under hensyn til bl.a. den ønskede sikkerhedsklasse jvf. DS 409. Det er ikke så slemt, som det lyder. Det nye består i, at man før, ved vurderingen af den målte middelværdis placering i forhold til den krævede karakteristiske værdi, benyttede antallet af prøver og standardafvigelsen, hvor man nu skal have fat i prøveantallet og variationskoefficienten.

Denne sidste kan man - hvis der ikke er dokumentation for andet - udtage af et skema som funktion af den karakteristiske betontrykstyrke. Derefter findes det såkaldte kontroltal fra et andet skema, hvor man går ind med variationskoefficient og prøveantal. Kontrollen går nu - lige så enkelt

som før - på at sammenligne målt middelværdi med kontroltal gange krævet karakteristisk værdi.

I vejledningen findes nogle rabatordninger for en grundig dokumenteret variationskoefficient, der baserer sig på mindst 40, henholdsvis 100 prøveresultater fra samme blandinger som tilstræbt og produceret på samme anlæg i en given periode.

I afsnittet om udførelseskontrol er kontroljournalen, der skal føres ved normal og skærpet kontrol, fremhævet stærkere end før og under materialekontrol er kravene til dokumentation af grusmaterialernes egnethed nu lige store for normal kontrolklasse som for skærpet kontrolklasse d.v.s. certifikat eller prøvning.

Afsnit 9: Særlige forhold omhandler udmattelsespåvirkning og brandpåvirkning.

For udmattelsespåvirkningens vedkommende har vi fundet det ønskeligt at samle de spredte informationer i 73-normen på eet sted, hvor man i vejledningsform kan give retningslinier for vurdering af, om en bestemt betonkonstruktion, der udsættes for vekslende påvirkninger, falder indenfor normens gyldighedsområde. Det reelle indhold af dette afsnit er dog uforandret.

I henhold til sikkerheds- og lastbestemmelserne skal alle konstruktionsnormer indeholde et brandafsnit, der tillader en beregning af om en konstruktion kan modstå en lastkombination, hvor der tages hensyn til den termiske brandlast, som er angivet i DS 410, og tages hensyn til de temperaturafhængige materialeparametre. Det har været hensigten at præsentere et alternativ til bygningsreglementets brandregler, og selv om der har været nogen modstand mod denne nye "komplikation" af betonnormen har afsnittet nu fået så operationel og lettilgængelig udformning, at der synes at være bred tilfredshed med denne nydannelse.

Til slut vil jeg endnu engang understrege, at den nye betonnorm ikke indeholder mange store nyannelser, men efter vor opfattelse en stramning af stoffet, der forhåbentlig vil blive værdsat af de mange brugere i det næste årti.

(arbejdsnotat)

BETONBYGVÆRKERS HOLDBARHED

Rammesystem for kvalitetsstyring

ATV-udvalget vedr. Betonbygværkers Holdbarhed

september 1983

INDHOLDSFORTEGNELSE

1. FORORD
2. FORMÅL
3. KVALITETSSPEJLET
4. BYGGERIETS PROCES - PAR/FRI's FASEMODEL
5. KVALITETSSTYRINGENS FASEMODEL
6. KVALITETSSTYRINGENS ORGANISATION OG AKTIVITETER
7. BETONKONSTRUKTIONERS HOLDBARHED SOM KVALITETSEGENSKAB
8. VIDENNØGLE

Bilag 1 - Terminologiliste

Bilag 2 - Eksempler på kvalitetsegenskaber

Bilag 3 - Vidennøgle

Bilag 4 - Projektets organisation

Nærværende redegørelse er et udpluk af et arbejdsnotat vedr. "Rammesystem for kvalitetsstyring af betonbygværkers holdbarhed" udarbejdet af en projektgruppe under ATV-udvalget vedr. betonbygværkers holdbarhed (Adapting).

Arbejdsnotatet er udarbejdet inden for følgende målsætning udarbejdet af ATV-udvalget.

- a) at integrere indsatsen i en overordnet kvalitetsstyring for produktion af betonbygværker, og herunder søge at nyttiggøre den eksisterende viden om kvalitetsstyring.
- b) at udarbejde et rammesystem for denne kvalitetsstyring, som kan benyttes ved identificering af problemer, ved prioritering af forholdsregler, ved specifikation af krav og ved kontrol af byggeprocesser.

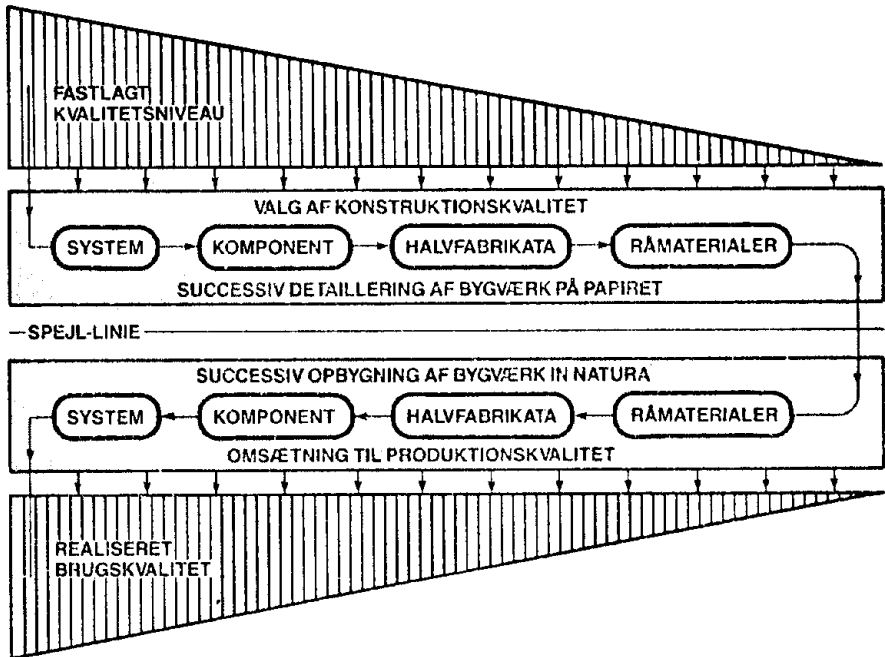
Under hensyntagen til ovennævnte pkt. a) blev der allerede ved projektgruppens etablering taget hensyn til koordinering med andre projekter, specielt et nystartet BUR-projekt iværksat efter BUR's debatemøde vedr. Byggeriets Kvalitets-sikring i december 1981.

Også nærværende projekts følgegruppe er sammensat under hensyntagen til den ønskede integration af eksisterende viden om kvalitetsstyring.

2. PROJEKTETS FORMÅL OG AFGRENSNING

Formålet med projektet er at etablere et rammesystem for kvalitetsstyring i forbindelse med planlægning, projektering, udførelse og drift af bygværker i beton.

Det er hensigten at udforme rammesystemet således, at det får karakter af et *værktøj*, som bl.a. kan benyttes ved en systematisk identificering af årsagen til holdbarhedsproblemer, og ved prioritering af den nødvendige forskning og udvikling på holdbarhedsområdet. Rammesystemet søges endvidere udformet således, at det kan tjene som *nøgle* for branchens indsats på kvalitetsstyringsområdet, bl.a. gennem nyttiggørelse af eksisterende viden vedr. kvalitetsstyring



FIGUR 1 "KVALITETSSPEJLET"

fra andre industrigrene.

Et rammesystem for kvalitetsstyring af opførelse af holdbare betonkonstruktioner bør indeholde en oversigt over et procesforløb, en anførelse af hvor i procesforløbet der bør sættes ind med forebyggende eller kontrollerende kvalitetssikringsaktiviteter, samt hvilke hjælpemidler, der kan trækkes på.

En beskrivelse af en sådan systematik bør derfor ikke indeholde tekniske vejledninger i form af materialespecifikationer, vejledende betonrecepter eller optimale konstruktioner. Vedligeholds- og reparationsforskrifter er også uden for et sådant system.

3. KVALITETSSPEJLET

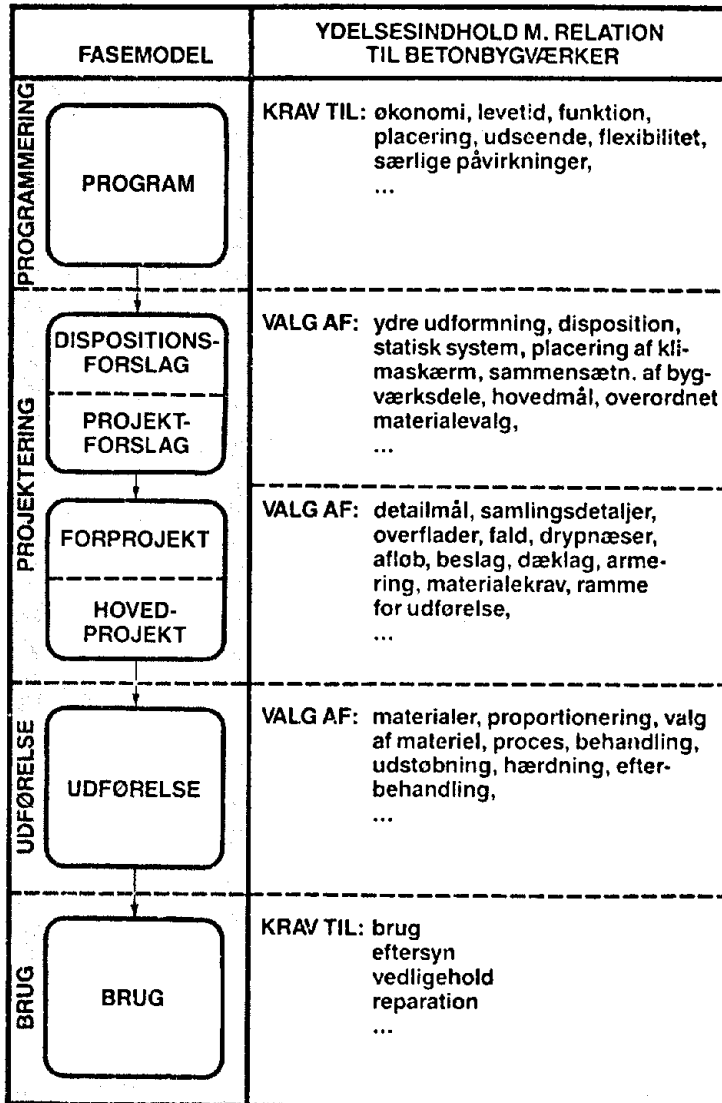
Kvalitetsterminologien der anvendes i dette projekt fremgår af bilag 1.

Kvalitetens indbygning i bygningsplanlægningsprocessen kan visuelt symboliseres via "kvalitetsspejlet" som vist på fig. 1.

Startende fra fastlæggelse af bygningsværkets kvalitetsniveau - målsætning for bygværkets kvalitet - sker der under projekteringen en successiv konkretisering af bygværket, idet dette på papiret nedbrydes fra system via komponenter, halvfabrikata til råmaterialer. På denne måde vælges den såkaldte konstruktionskvalitet.

Bygherrens mulighed for at kommunikere sine forventninger til kvalitetsniveau videre til projektgruppen og dermed øve indflydelse på projekteringsresultater er som vist med den øverste trekantede figur normalt aftagende hen igennem projekteringsforløbet og afsluttet ved start af udførelsen.

Det udarbejdede projekt danner grundlag for bygværkets udførelse og er som sådan det kvalitetsniveau, entreprenøren styrer efter. Udførelsesprocessen er i princippet en gentagelse af projekteringsprocessen i modsat retning, idet der her sker en successiv opbygning af bygværket in natura



FIGUR 2 PAR /FRI'S FASEMODEL

fra råmaterialer til system. Under denne proces opbygges efterhånden grundlaget for brugskvaliteten som vist med den nederste trekantede figur.

Den kvalitetsoplevelse, der kommer frem i procesforløbet er i første omgang ofte et spørgsmål om, i hvor stor udstrækning produktionskvaliteten (det udførte) svarer til konstruktionskvaliteten (det projekterede). Men i sidste ende er kvalitetsoplevelsen for bygherren/brugeren en sammenligning mellem brugskvalitet og fastlagt kvalitetsniveau.

Den optimale kvalitet synes at være nået, såfremt brugskvaliteten er et sandt "spejlbillede" af det fastlagte kvalitetsniveau. Det vil sige, når den nederste trekant på figuren er spejlbillede af den øverste.

4. BYGGERIETS PROCES - PAR/FRI's FASEMODEL

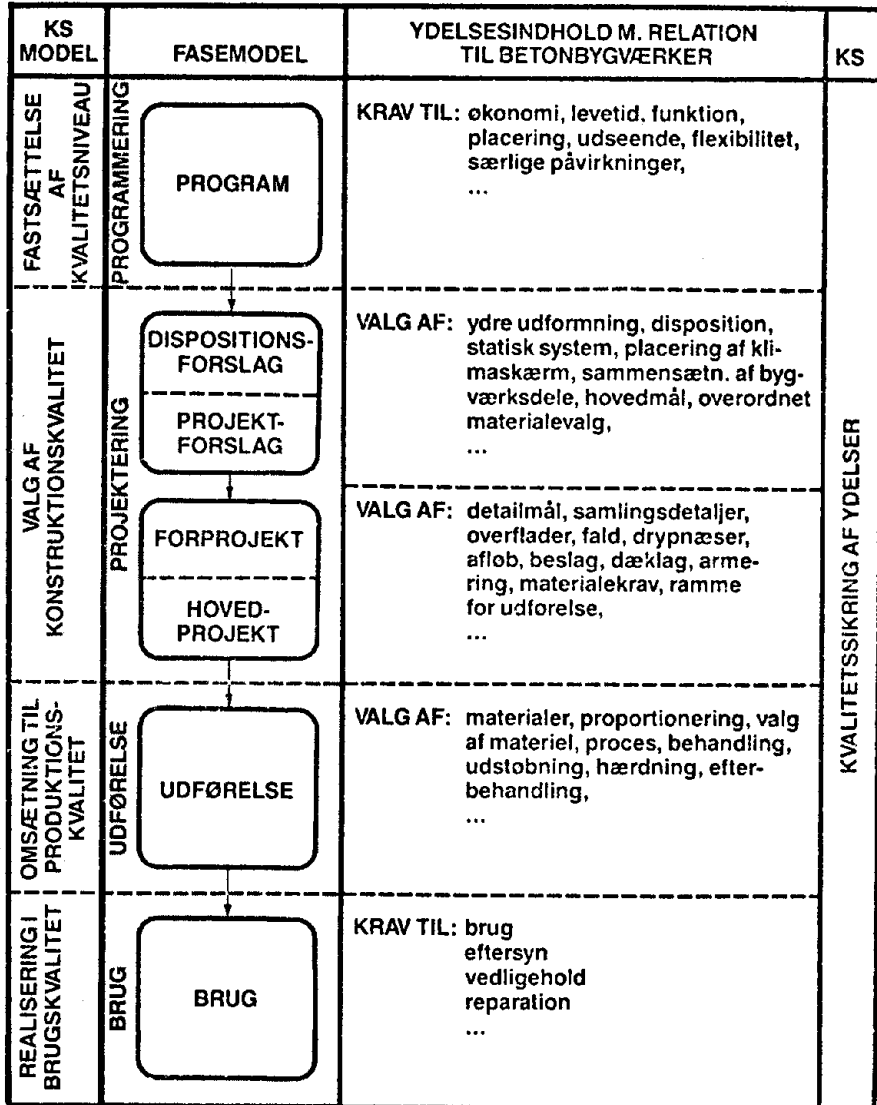
Byggebranchen er karakteriseret ved, at der ofte udføres eengangssopgaver, hvortil der er knyttet et stort antal personer med vidt forskellig baggrund, viden og mål og som ofte er sammen for første gang. En sådan skiftende organisationsstruktur kræver i høj grad styring for at sikre, at bygherrens forventninger til pris, tid og kvalitet bliver opfyldt.

PAR/FRI's fasemodel er et hjælpemiddel til denne styring, idet den beskriver desuccessive mål, der skal opnås af de enkelte parter i et projektforsløb.

Fasemodellen er illustreret på fig. 2.

Ved fasemodellen med tilhørende normale ydelsesindhold er der skabt en fælles terminologi for parterne i byggeprocessen.

Fasemodellen beskriver en successiv projektdetaillering og giver dermed også bygherren en mulighed for at overbevise sig om, at hans mere eller mindre veldefinerede forventninger vil blive tilgodeset i projektet, endnu inden der er ofret for store omkostninger. En bygherreprogrammering



FIGUR 3 KVALITETSSTYRINGENS FASEMODEL

gennem dialog i de indledende faser er således et middel til successivt at klarlægge de reelle kvalitetsforventninger hos bygherren.

For at have det rette grundlag at styre ud fra, må der, så tidligt som muligt, ofres stor omhu for at få defineret kvalitetsmålsætningen for bygværket entydigt.

Et element, der ikke hidtil har haft en fremtrædende plads i fasemodellen, er driften eller brugsfasen. Fasemodellen slutter normalt ved udførelsen, men da kvaliteten af bygværket først fuldt ud vil fremgå i brugsfasen, må fasemodellen, for at kunne anvendes i kvalitetsstyringssammenhæng, også omfatte denne. Dette gælder fremfor alt, når der er tale om begrebet holdbarhed, som jo er en egenskab, der er tæt knyttet til tid (levetid).

5. KVALITETSSTYRINGENS FASEMODEL

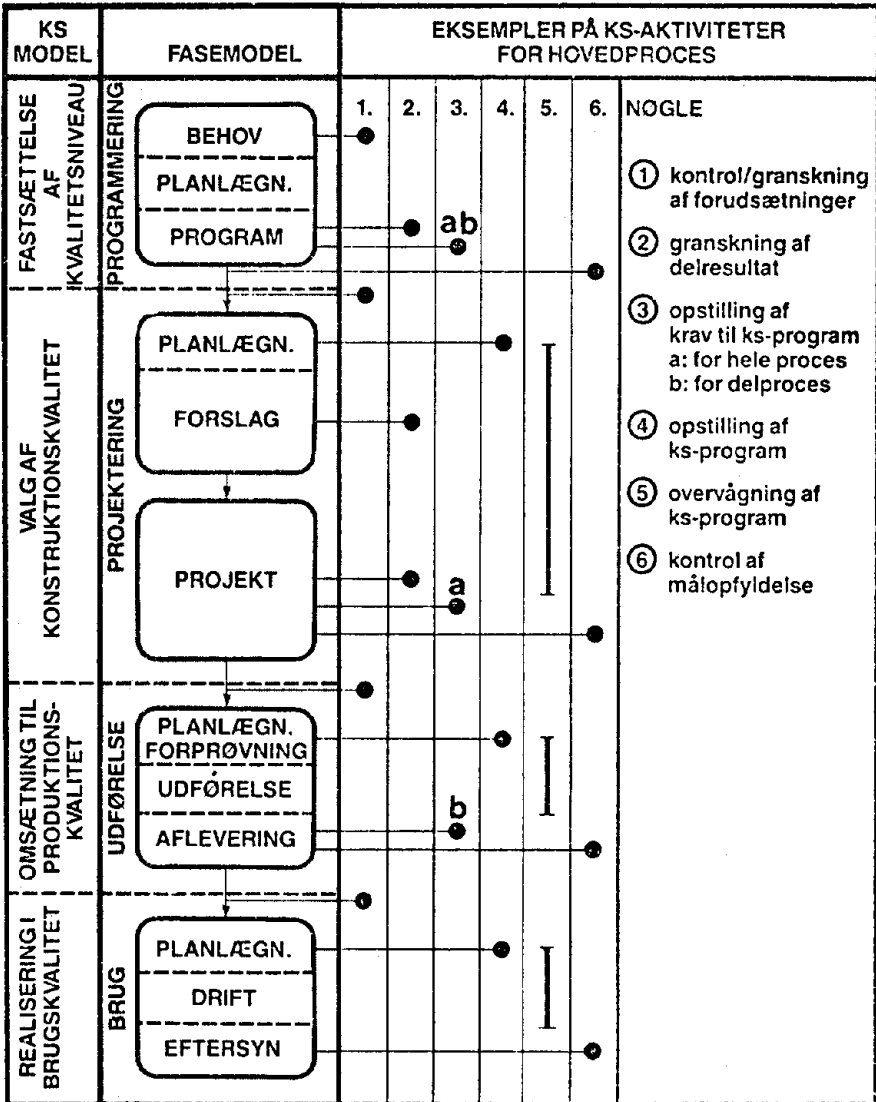
Kvalitetssikring af en proces kan defineres som en styret aktivitet (enten forebyggende eller kontrollerende) der sikrer, at en gennemløbet proces er udført overholdende den fastsatte kvalitetsmålsætning. Med andre ord må et kvalitetssikringssystem for byggeri opbygges som en kvalitetssikring af samtlige delprocesser og tilhørende procesovergange, som er indeholdt i PAR/FRI's fasemodel.

Et rammesystem for kvalitetsstyring for byggeri må derfor som den ene dimension have fasemodellen, brugt på den måde at processerne i de enkelte faser skal kvalitetssikres.

Ydelsesindholdet i fasemodellen skal omformuleres, som angivet på figur 3 til at være kvalitetssikring af ydelserne. Kvalitetsstyringens fasemodel er vist til venstre på figuren.

6. KVALITETSSTYRINGENS ORGANISATION OG AKTIVITETER

Som nævnt i afsnit 2 bør et rammesystem for kvalitetsstyring indeholde procesdiagrammer for at skabe overblik, kvalitetsstyringsaktiviteter indplaceret i procesforløbet, hvor der kan påregnes størst resultat samt endelig nye hjælpemidler til at gøre systemet operationelt.



FIGUR 4 EKSEMPLER PÅ KS-AKTIVITETER FOR HOVEDPROCES

Et eksempel på et overordnet procesdiagram er fasemodellen for byggeprocessen, som vist på figur 4. På denne figur er der endvidere anført eksempler på en række overordnede kvalitetsstyringsaktiviteter, som dels skal tjene til sikring af de enkelte processer og dels skal tjene til sikring af procesovergangene.

Til brug for gennemførelse af KS-aktiviteterne må der gøres brug af en række hjælpemidler. Til sikring af overgangen mellem delprocesserne kan standardiserede KS-håndbøger tages i anvendelse som middel til at sikre, at der vælges delta-gere, der har den tilstrækkelige kvalitetsbevidsthed og som er motiveret til at gennemføre kvalitetssikringer af arbejdet. Til granskninger kan der f.eks. tænkes udarbejdet checklister, og til opstilling af KS-programmer kan der f.eks. tænkes udarbejdet paradigmaer for hovedproces og delprocesser.

I forbindelse med udarbejdelse af kvalitetsstyringsprogram kan der som praktisk værktøj endvidere tænkes anvendt den på figur 5 viste nøgle for valg af kontrolniveau og kvalitetsstyringsorganisation.

Den enkelte bruger har ved benyttelse af fig.5 et værktøj, der gør det muligt for hver konstruktionsdel at planlægge hvorledes kvalitetssikringen af denne skal finde sted.

Gennem skemaet tvinges man til at beslutte, hvorledes man vil kombinere brugen af forebyggende og kontrollerende kvalitetsstyring.

Information, uddannelse, jobtræning, motivation og andre præventive midler må i god tid besluttet, idet disse midler er en forudsætning for, at begreber som intern kontrol og operatørkontrol er anvendelige. Alene at lade en kvalitetssikring bygge på en ekstern kontrolorganisation er traditions-mæssigt det, man tidligere primært forstod ved kvalitets-sikring. Samtidig er det vel erkendt af alle, der har arbejdet med emnekredsen, at en kvalitetssikring alene byg-gende på en kontrollerende stabsfunktion er et meget tungt og dyrt værktøj at arbejde med.

På fig. 6 er skitse-mæssigt vist et eksempel på et styret KS-tiltag i en af delprocesserne, nemlig udførelsesfasen.

KONTROL NIVEAU → FASE ↓		EXTERN KONTROL-ORGANISATION		INTERN KONTROL-ORGANISATION		OPERATØR KONTROL		
		DOKUMENT. APPROVNING	VISUEL INSPEKTION (TILSYN)	DOKUMENT-KONTROL (MÅLING)	VISUEL INSPEKTION	MÅLINGER (CHECK)	VISUEL KONTROL	
FASTSÆTTELSE AF KVALITETSNIVEAU	PROGRAMMERING	PROGRAM	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1
	VALG AF KONSTRUKTIONSKVALITET	DISPOSITIONS-FORSLAG PROJEKT-FORSLAG	1.2	2.2	3.2	4.2	5.2	6.2
FORPROJEKT HØVED-PROJEKT		1.3	2.3	3.3	4.3	5.3	6.3	
UDFØRELSE		PLANLÆGNING FREMSTILLING AFLEVERING	1.4	2.4	3.4	4.4	5.4	6.4
			1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5
		1.5A						
REALISERING I BRUGSKVALITET	BRUG	DRIFT EFTERSYN	1.6	2.6	3.6	4.6	5.6	6.6
			1.6A					

FIGUR 5 NØGLE FOR VALG AF KONTROLNIVEAU

Procesdiagrammet er suppleret med eksempler på KS-aktiviteter. Sammenholdt med fig. 5 er den viste kvalitetssikring planlagt i projektfasen og udføres i udførelsesfasen. Organisatorisk spænder de enkelte KS-aktiviteter over flere niveauer fra ekstern kontrolorganisation (dokumenteret afprøvning) f.eks. 1, til operatørkontrol (visuel kontrol) f.eks. 5.

7. BETONKONSTRUKTIONERS HOLDBARHED SOM KVALITETSEGENSKAB

Betonkonstruktioners holdbarhed er en kvalitetsegenskab, som i sig selv er vanskelig at konstatere tilstedeværelsen af. Det man oplever, er manglen på holdbarhed og det sker ved konstatering af mangelsymptomer som f.eks. revner, afskalninger og almindelig nedbrydning af beton i konstruktionen. Fælles for mange af disse symptomer er, at de kan konstateres relativt tidligt i bygværkets levetid omend i svag form.

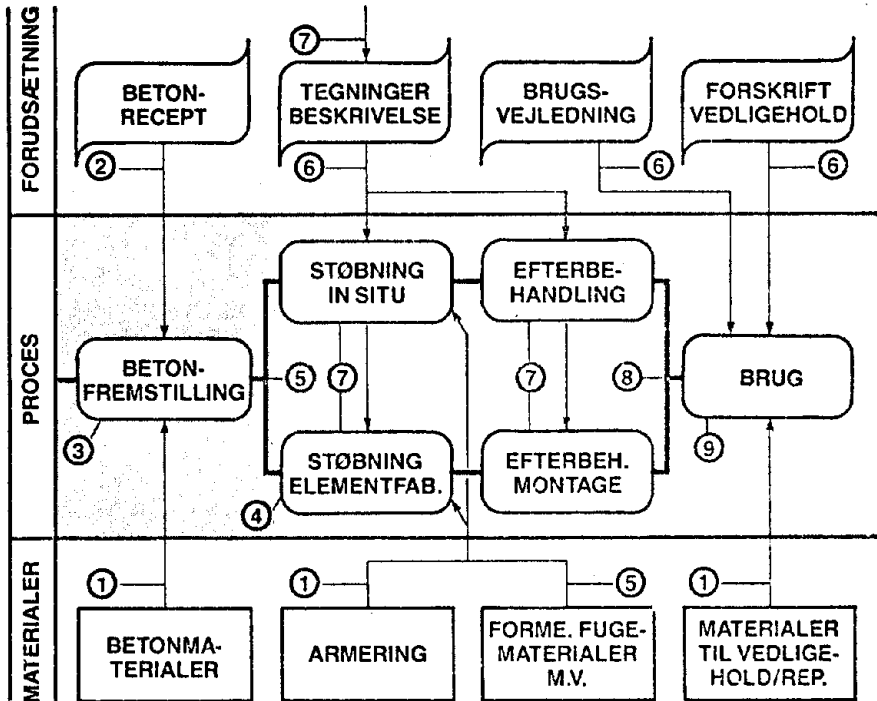
Hvis der ikke gribes ind, vil disse symptomer udvikle sig til den totale smuldring, og sammenfald af konstruktionsdelen.

Disse mangelsymptomer er derfor både et mål for holdbarheden samtidig med, at de f.eks. i revnernes tilfælde ofte er initierende for andre skadesmekanismer som alkali-reaktioner, armeringskorrosion og frostnedbrydning.

Det er derfor nødvendigt, hvis et bygværk skal opfylde bestemte holdbarhedskrav, at man gør sig disse sammenhænge bevidste og fjerner årsagen til, at symptomerne opstår.

Beton vil f.eks. bevæge sig med temperatursvingninger. Man må derfor enten leve med disse revner eller give konstruktionen mulighed for at bevæge sig uden revner ved at placere dilatationsfuger de rigtige steder.

På bilag 2 er opstillet en liste over kvalitetsegenskaber for beton og betonbygværker, mangelsymptomerne i relation hertil, mulige årsager og en angivelse af i hvilken "fase" kvalitetsbristen er indbygget i byggeprocessen.



**EKSEMPLER PÅ
KS-AKTIVITETER**

- ① VAREDEKLARATION/CERTIFIKAT
- ② AFPRØVNING
- ③ FÆRDIGBETON - KONTROLORDNING
- ④ BETONELEMENT - KONTROLORDNING
- ⑤ MODTAGEKONTROL
- ⑥ GRANSKNING
- ⑦ PROCESKONTROL
- ⑧ SLUTKONTROL (AFLEVERING)
- ⑨ OVERVÅGNING AF EFTERSYN/VEDLIGE-HOLD

**FIGUR 6 EKSEMPLER PÅ KS-PROCESDIAGRAM
FOR UDFØRELSE OG BRUG**

Som det ses af bilag 2 er det af stor vigtighed, at byggeriets parter hver især er deres rolle bevidst i relation til at skabe holdbare betonbygværker. Hver af parterne i processen må sidde inde med den tilstrækkelige viden, der i hovedtrækket er anført på figur 7.

Denne viden kan bruges til på forskellig vis at indbygge holdbarheden under procesforløbet, idet der som vist kan anvendes en række styringsvariable i hver af faserne. Resultatet af faserne er endelig anført til højre på figuren. Det skal således f.eks. bemærkes, at den robusthed, der indbygges i projekteringsfasen, i høj grad spiller ind på den mulige variabilitet i udførelsesfasen og dermed på bygværkets pålidelighed i hersende til holdbarhed.

8. VIDENNØGLE

Holdbarhed af betonbygværker er som kvalitetsbegreb ensbetydende med evnen til at modstå nedbrydende påvirkninger. Følgerne af manglende modstandsevne er velkendte fra de senere års konstaterede skader. Årsagerne til de utilsigtede skader er som regel blevet klarlagt, og herigenem er det konstateret, at kvalitetsbrister kan henføres til såvel fastlæggelse af konstruktionskvalitet, produktionskvalitet som brugskvalitet, ja endog af og til som følge af det fastlagte kvalitetsniveau, uden at bygherren dog egentlig har været klar herover.

Det er ofte blevet påpeget, at såfremt den rigtige viden havde været tilgængelig hos de rette personer på det rette tidspunkt, ville skaderne kunne være undgået.

Forudsætningen for, at et kvalitetsstyringssystem vil være effektivt, er således at de indgående parter besidder viden og har ansvarsfølelse. Disse egenskaber kan bibringes dels gennem information om forudsætninger, mål og midler og dels gennem motivation til anvendelse af disse i rette kombination. På figur 8 er der vist eksempler på, hvordan det kan sikres, at deltagerne besidder ajourført grundviden og anvender denne korrekt på den konkrete sag.

KS MODEL	FASEMODEL	VIDEN	STYRINGSVARIABLE	RESULTAT
FASTSÆTTELSE AF KVALITETSNIVEAU	PROGRAMMING PROGRAM	levetid og levetidssomkost- ninger	valg af levetid og levetidsom- kostninger	FORUDSÆTNIN- GER FOR BYGVÆRKETS HOLDBARHED
VALG AF KONSTRUKTIONSKVALITET	PROJEKTERING DISPOSITIONS- FORSLAG PROJEKT- FORSLAG FORPROJEKT HOVED- PROJEKT	betonkemi	materialevalg	ROBUSTHED PÅLIDELIGHED HOLDBARHED
		friskbeton - egenskaber	konstruktions- udformning	
		mekaniske og fysiske egenska- ber af hærdnet be- ton	miljøpåvirkning	
			vedligehold	
OMSÆTNING TIL PRODUKTIONS- KVALITET	UDFØRELSE UDFØRELSE	proces teknologi	kapabilitet af processer	VARIABILITET
REALISERING I BRUGSKVALITET	BRUG BRUG	arbejds metode	instruktion og jobtræning	TILSTANDS- CYKLUS TOTAL LEVETID
		vedligeholdelses- teknologi	tilstand vedligehold. metode	
		reparations- teknologi	skadesårsag metoder/materialer	
		destruktion/gen- brugsteknologi	oparbejdnings- processer	

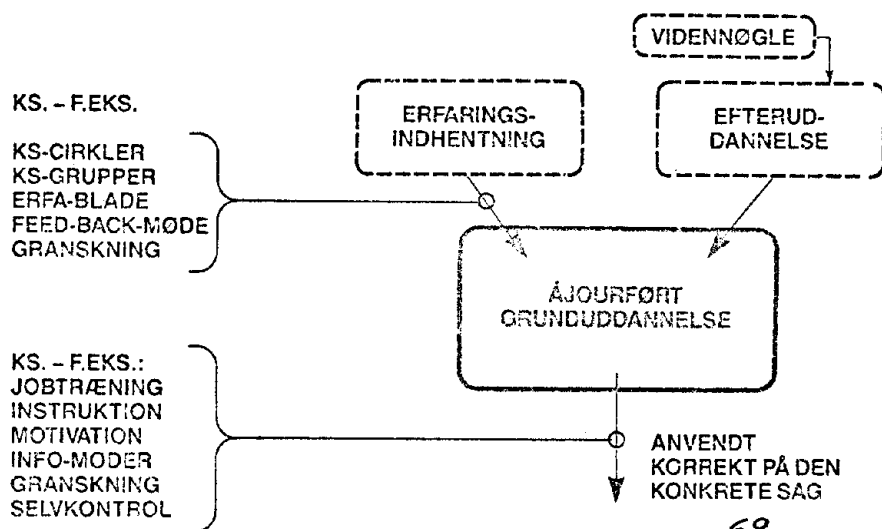
FIGUR 7 OVERSICHT OVER VIDENBEHOV OG STYRINGS-
VARIABLE I BYGGEPROCESSEN.

Hvilken viden det drejer sig om, når der er tale om betonbygværkers holdbarhed, fremgår indirekte af de på bilag 3 viste skemaer, vidennøgler.

Skemaerne kan tænkes anvendt af den projekterende som checklister ved granskning af forslag og/eller projekt eller af de udførende ved granskning af den foreliggende konstruktionskvalitet (projekt) før opstart af udførelsen. Denne anvendelse skulle sikre, at der ved beslutninger af forskellig art med relation til holdbarhed tages hensyn til de relevante nedbrydningsmekanismer, således at der sker en forebyggelse mod kvalitetsbrist.

Skemaerne kan også tænkes anvendt som grundlag for opbygning af en fælles vidennøgle i byggebranchen til gavn for alle parter, idet der kan tænkes udarbejdet et datablad svarende til hvert krydsningspunkt i skemaerne beskrivende den nyeste og ajourførte viden om den pågældende påvirknings indflydelse på den valgte resistensparameter. Altså et blivende indsatsmønster i branchen for at skabe forståelse for holdbarhedsforhold. (F.eks. i beg. styret af ATV-udvalget).

Vidennøglen kan endvidere tænkes anvendt som indikator for, hvor der er forskningsbehov med henblik på tilførsel af manglende viden omkring sammenhænge mellem handlingsparametre og nedbrydningsmekanismer.



FIGUR 8 VIDEN, TRÆNING OG MOTIVATION

- KVALITET: Graden af opfyldelse af brugerens forventninger. (Registrering af brugerens forventninger i byggeprogrammet en nødvendig forudsætning for kvalitetssikringen).
- KVALITETS-EGENSKABER: De specifikke egenskaber ved et produkt, som påvirker graden af brugerens tilfredshed.
- KONSTRUKTIONS-KVALITET: Den kvalitet, som grundlægges i byggeprogrammet og fastlægges under projekteringen ved endeligt valg mellem konstruktioner og installationer samt resourcerne hertil.
- PRODUKTIONS-KVALITET: Graden er overensstemmelse mellem det, som er beskrevet/tegnet i projektdokumenterne, og det som er opnået/udført i produktionsfasen.
- BRUGSKVALITET: Graden i hvilken drifts- og vedligeholdelsesforskrifter og brugsforudsætninger viser sig tilstrækkelige til at opretholde forudsat ydeevne.
- KVALITETS-STYRING: Styling (dvs. planlægning og overvågning af kvaliteten teknisk og økonomisk i hele produktforløbet, fra idé til destruktion.
- KVALITETS-SIKRING: System af aktiviteter, som har til formål at sikre og dokumentere over for bruger/køber, at kvalitetsstyringen udføres effektivt.
- KVALITETS-NIVEAU: Ved produktion antal fejlfemner eller fejlprocent. Ved konstruktion eller programlægning valg af konstruktionskvalitet, ydeevne eller udstyrsniveau.
- ROBUSTHED: En konstruktions evne til at optage procesvariationer uden tab af ydeevne.
- VARIABILITET: Naturlige variationer under fremstillingsprocessen.
- PÅLIDELIGHED: En konstruktions evne til at udføre en given funktion under specificerede omstændigheder over en tidsperiode.
- HOLDBARHED: Et mål for et materiales eller konstruktionsdels modstandsevne over for mekanisk, kemisk eller fysisk påvirkning.

P.S. Jf. DS 2163, side 22, Anneks A, er kvalitetssikring indeholdt i begrebet kvalitetsstyring.

Kvalitetssikringen er med andre ord den del af et kvalitetsstyringssystem, der resulterer i den dokumentation, bruger/køber kan påregne som bevis for, at kvalitetsstyringen udføres som forudsat.

Afgøres ved fastlæggelse af:

Kvalitets-egenskab	Mangel-symptom	Årsag for mangel	Kon-struk-tions-kvali-teter	Pro-duk-tions-kvali-teter	Brugs-kvali-teter
Holdbarhed	Revner: a) enkelt	Temperaturbevægelser	x	(x)	
		For tidlig belastning		x	
		Konstruktionsudformning	x		
		For stor belastning			x
	b) net	Udtørring		x	
		Temperaturdifferens		x	
		Frostskader	x	(x)	(x)
		Kemisk reaktion (fx. al-kaliskisel)	x		(x)
	Afskalninger	Frostskader	x	x	(x)
		Fugtoptagelse	x		
		Armeringskorrosion	x	x	x
	Nedbrydning	Frost	x		(x)
		Erosion	x		
		Kemiske reaktioner	x		
		Gennemsivning	x	x	x
Udseende	Misfarvning	Udludning	x	x	
		Smudsning	x		x
	Stenreder	Bearbejdning		x	
		Forkert sammensætning		x	
	Lufthuller	Bearbejdning		x	
	Niveauspring	Formarbejde		x	
Styrke	Manglende styrke (lave værdier)	Forkert recept	x		
		Forkert blanding		x	
Bearbejdelighed	Konsistens	Tilsætningsmidler	x		
		Materialesammensætning (forkert recept)	x		

Eksempler på nogle kvalitetsegenskaber ved beton og betonkonstruktioner

BILAG 2

VURDERING:

VIDEN/MANGLENDE VIDEN

NØGLE			Nedbrydnings- mekanismer	FYSISKE, BETON								KEMISKE, BETON				ARMERING				BIO		
				a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q		
Stor			lille			ved ikke																
PARAMETER																						
hovedområde																						
Konstruktions udformning																						
1	Geometri																					
1.1	Støbevenlighed			Form og armering																		
1.2	Vandafledning																					
1.3	Fuger																					
1.4	Støbeskel																					
1.5	Inspektions-mulighed																					
1.6	Andet (art anføres i r)																					
2	Konstruktiv tilpasning til:																					
2.1	Naboelementer																					
2.2	Tvangs-bevægelser																					
2.3	Andre materialer																					
2.4	Miljø																					
3	Overflader																					
3.1	Overflade-struktur																					
3.2	Overflade-behandling																					

VIDENNØGLE FOR KONSTRUKTIONSUDFORMNING. TILSVARENDE NØGLE UDARBEJDES FOR: MILJØFAKTORER, BETON-RECEPTER, BETONMATERIALER, BLANDING/UDSTØRNING, HÆRDNING EFTERBEHANDLING, DRIFT/VEDLIGEHOLD.

PROJEKTETS ORGANISATION:

PROJEKTGRUPPE:

ARKITEKT BØRGE KJÆR
INGENIØR HALLDOR GUDMUNDSSON
OVERINGENIØR FLEMMING NIELSEN
CIVILINGENIØR LEIF J. VINCENTSEN
AKADEMIINGENIØR P. FREIESLEBEN HANSEN

STYREGRUPPE:

ATV-UDVALGET F. ADAPTERING: PR. 1.9.83

CIVILINGENIØR PAUL FRANCK
INGENIØR LEIF AARSLEFF
MAG. SCIENT, PREBEN CHRISTENSEN
AFDELINGSINGENIØR P. AVNSTRØM
PROFESSOR JOHS. F. MUNCH-PETERSEN
CIVILINGENIØR P. NEPPER-CHRISTENSEN
OVERINGENIØR FLEMMING NIELSEN
CIVILINGENIØR SVEND PETERSEN
CIVILINGENIØR LEIF J. VINCENTSEN
AKADEMIINGENIØR P. FREIESLEBEN HANSEN
CIVILINGENIØR CHR. MUNCH-PETERSEN

FØLGEGRUPPE:

CIVILINGENIØR HELGE POVLSEN
CIVILINGENIØR F. BRINK LAURSEN
ARKITEKT BØRGE T. LORENTZEN
AKADEMIINGENIØR IB STEEN OLSEN

B. HØJLUND RASMUSSEN
Rådgivende Civilingeniører

HÆRDETEKNOLOGI
BYGHERREKRAV

Af civilingeniør
Chr. Munch-Petersen

September 1983

BYGHERREKRAV TIL HÆRDETEKNOLOGI

Hærdeteknologi er i de senere år blevet en stadig vigtigere del af betonarbejdet. Det skyldes, at dårlig holdbarhed ofte kan føre til mishandling af betonen under hærdningen.

Det er derfor naturligt, at bygherren stiller krav til hærdbetingelserne.

Indlægget omhandler bygherrekravene, specielt inden for anlægsområdet.

Jeg vil fortælle om baggrunden for kravene til maksimal temperaturdifferens, hvorledes det i praksis kan opfyldes, og hvad det koster. Hertil nogle tanker om formuleringen af bygherrens krav i betingelserne.

Til slut gives der et upædagogisk eksempel på, hvorledes man også kan styre hærdbetingelserne, taget fra et større broarbejde.

Generelt skal den hærdnende beton beskyttes imod udtørring, frost og for store temperaturdifferencer.

Udtørring

Hvis betonen bliver for tidligt afforskallet eller ikke ordentligt afdækket, vil de frie overflader tørre ud og blive porøse. Det kan medføre, at karbonatiseringshastigheden fordobles og konstruktionens levetid nedsættes.

Frost

Desuden er det vigtigt at sikre betonen mod frysning i hærdperioden. Der kan henvises til SBI-anvisning nr. 125, Vinterstøbning af beton, der på fremragende vis behandler problemet.

Temperaturdifferenser

Det normale bygherrekrav er i dag 20° C. Det vil sige, at temperaturen under hele hærningen ikke må variere mere end 20° C målt som forskellen mellem koldeste og varmeste punkt.

En betonmasse, der udstøbes i en form, vil udvikle varme. Da formen virker som isolering, vil temperaturen i væggen være næsten konstant. Når formen fjernes, vil de yderste lag afkøles, og efter nogen tid vil der udvikle sig en tilstand, hvor temperaturfronten over tværsnittet bliver cirka parabelformet.

Kravet svarer da til, at højden af parablen ikke må være større end 20° C. Det er klart, at forholdene i komplicerede tværsnit er mere indviklede.

Når overfladen afkøles, trækker den sig sammen, og da midten forbliver varm, vil der komme tøjninger i overfladen. Når disse tøjninger overstiger brudtøjningen, revner overfladen.

Baggrund for kravet

Baggrunden for temperaturdifferenskravet er nogle store forsøg, der blev udført i 1979 hos det daværende BKF-centralen, nu BKI. Forsøgene var en del af forundersøgelserne til Storebæltsbroen.

Man udstøbte en serie prøveemner, udsatte dem for differenser af forskellig størrelse og målte revnedannelsen dels visuelt dels med lydtransducere. Når en revne dannes i betonen, giver det et lille knæk, som forplanter sig i lydbølger ud i betonen. Lyden opfattes af transduceren, en mikrofon, antallet og styrken af de små knæk er da et udtryk for revnedannelsen. Metoden kaldes akustisk emission.

Resultaterne blev opsamlet på to måder. Dels som forskellen mellem det koldeste sted og middeltemperaturen, dels som forskellen mellem koldeste og varmeste sted.

Begge opsamlinger viser, at revnedannelsen tager til ved 13-15° C forskel mellem koldeste og middel og ved cirka 20° C forskel mel-

lem koldeste og varmeste.

Resultaterne fra emissionsmålingen blev støttet af den visuelle kontrol og ved mikroskopundersøgelser. Det er iøvrigt tankevækkende, at revnerne kun var synlige i en kort periode, idet de efter afkøling forsvandt. Men mikroskopundersøgelsen viste, de stadig var i betonen, og nedbrydningsmekanismerne kan i de kommende år bruge disse revner som angrebsveje.

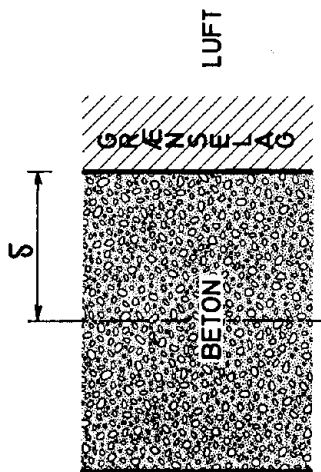
Relevans

Er kravet relevant? Ja, helt afgjort. Det er et letforståeligt krav. Det er let måleligt, og det er videnskabeligt underbygget. At man så kan vise, at specielle konstruktioner og lidt ældre beton kan tåle lidt større differenser, medfører ikke, at kravet er dårligt. Det er tværtimod et krav, der er formuleret på en måde, så alle kan være tilfredse, især entreprenøren. En del af modstanden mod kravet skyldes formentlig, at det er så let at eftervise, når det ikke overholdes.

Kravets relevans understreges af, at det normalt er meget let at overholde. Let forstået på den måde, at det kan kræve ressourcer, men teknisk set er det let opfyldeligt for normale konstruktioner.

For at dokumentere dette, kan vi forestille os to betontværsnit, et tyndt og et tykt med ens overfladeforhold, f.eks. afforskallede overflader, med samme maksimumtemperatur i midten og stående i luft med samme temperatur, hvilket tværsnit vil da have den største differens?

Den ydre modstand er ens, det er den samme overflade. Den indre modstand i betonen er selvfølgelig størst i det tykke tværsnit. Da det imidlertid er den samme temperaturdifferens, der driver varmetransporten, giver Ohms lov da, at spændingsfaldet, i vores tilfælde temperaturfaldet, i overgangslaget er størst, når strømmen er størst, dvs ved det tynde tværsnit. Dvs, at det tynde tværsnit har en forholdsvis større del af temperaturfaldet



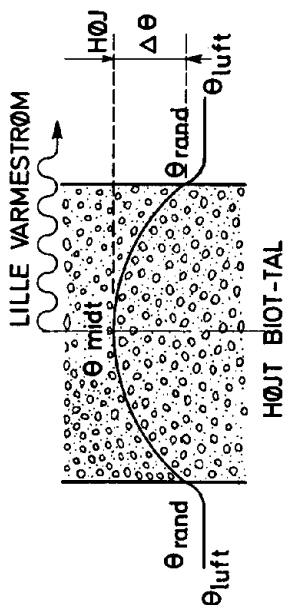
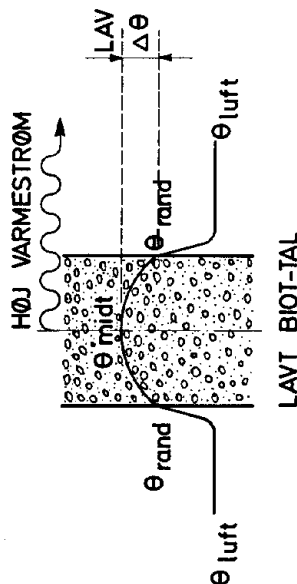
TEMP: θ_{midt} θ_{rand} θ_{luft}

MODSTAND: $\frac{\delta}{\lambda}$ $\frac{1}{k}$
 INDRE YDRE

BIOT-TAL = $\frac{\text{INDRE MODSTAND}}{\text{YDRE MODSTAND}}$

Fig. 1:

Regnestørrelsen, Biot-tallet er forholdet mellem den indre modstand og den ydre modstand. Den ydre modstand opstår ved, at der dannes et grænselag af luft, hvori der sker et temperaturfald.



OVERSLAGSFORMEL

$$\theta_{\text{midt}} - \theta_{\text{rand}} = (\theta_{\text{midt}} - \theta_{\text{luft}}) \frac{Bi}{Bi+2}$$

Fig. 2:

Ved en tynd væg er der forholdsvis mere temperaturfald i grænselaget end i en tyk. Det kan indses ved at betragte varmemstrømmen og så bruge Ohm's lov.

i grænselaget end i det tykke tværsnit.

Temperaturfaldet i grænselaget skader ikke betonen, det er temperaturfaldet i selve betonen, der er problemet. Det betyder, at det må forventes, at tynde vægge giver færre problemer end tykke vægge.

Det gennemgåede eksempel svarer til den normale byggepladsopgave. Hvor varm må en væg være i forhold til luften, for at forskallingen kan fjernes uden fare?

I SBI-anvisning 125, Vinterstøbning i beton, tabel 3, er et skema, der netop giver svar på dette spørgsmål. Det ses, at f.eks. en 40 cm væg ved en vindhastighed på 5 m/s kan tåle 38° C forskel mellem beton og lufttemperatur. Dvs en frostdag med -1° C kan betonen være 37° C varm, når forskallingen fjernes.

Hvis betonen efter afforskallingen dækkes af bare en pressenning eller et lag plastic - og det skal den alligevel for at imødegå udtørring - så viser skemaet, at vores væg fra før kan være 47° C varm selv med -1° C i lufttemperatur. Og så varm bliver den slet ikke. Så for en sådan væg under de omtalte forhold er temperaturdifferenskravet ikke afgørende.

Problemerne og diskussionerne kommer kun ved sammensatte tværsnit og ved tykke massive tværsnit.

Omkostninger

Hvad koster så disse foranstaltninger i virkeligheden? Hvad koster det bygherren, og hvad koster det entreprenøren?

Målet er selvfølgelig, at det ikke koster bygherren noget på langt sigt, ved at han får et bedre og mere holdbart produkt. For entreprenøren er målet, at kravene er så vel beskrevne, at de kan prissættes. Hvis de er det, kan entreprenøren tjene penge på temperaturforanstaltninger ligesom på alt andet.

Hvad angår udformningen af beskrivelserne, er det givet, at bygherren og hans rådgiver ofte forsynder sig ved ikke at definere det ønskede tydeligt nok.

Det skyldes ofte usikkerhed, og det er et spørgsmål, om ikke projektmagerne i højere grad skal tage temperaturbetingelser ind i deres projekt, gennemregne situationerne og fastlægge mængder og art af de nødvendige foranstaltninger.

Herved ville man få et veldefineret afregningsgrundlag. Samtidig ville projektmagerne blive konfronteret med vurdering af de praktiske muligheder og kunne undersøge, om særlige forhold gør sig gældende.

Det vil ligeledes være en god ide direkte i SAB at angive mellem hvilke punkter, man ønsker temperaturkravet overholdt. Dvs, at man definerer, hvordan kravet skal forstås, hvilket er meget vigtigt ved komplicerede tværsnit. Selve temperaturkravet bør altid defineres som krav til differens mellem højeste og laveste temperatur. Krav mellem laveste og middel er langt sværere at håndtere, da middeltemperaturen så skal defineres.

Ved udformningen af beskrivelsen skal man tænke på, at noget af den bedste afdækning mod både udtørring og temperaturproblemer er forskallingen selv. Isoleringsmæssigt er formen ofte perfekt, idet den tillader varmen at slippe væk, men samtidig isolerer tilstrækkeligt til, at temperaturdifferenskravet ikke giver problemer. Kun ved meget tykke vægge er det nødvendigt at supplere med yderligere isolering.

Overvej derfor at stille krav til at væggen ikke må afforskalles, inden temperaturen i betonen er faldet til et sikkert niveau. Så kan man eventuelt lade en mulighed stå åben for entreprenøren til på eget initiativ at bevise, at det måske kan lade sig gøre tidligere.

Eksempel

Til slut vil jeg som lovet vise et upædagogisk eksempel på løsning af et varmemærdeproblem.

Upædagogisk fordi det går mod reglen om, at temperaturstyring kan klares med passende isolering, hvilket i praksis vil sige at lade formen sidde.

På et større broarbejde ved København, broen over Sorterende ved Kalveboderne, havde B. Højlund Rasmussen, rådgivende civilingeniør, projekteret med et tocellet kassetværsnit. Pladetykkelsen varierer mellem 20 og 60 cm, og i det normale tværsnit kan problemerne klares af formen og et lag vintermåtter på oversiden.

Men over hver søjle ligger der en tværbjælke, 2,4 m høj og 2 m tyk. Længden er 9 meter.

Denne bjælke er så tyk, at opvarmningen i midten er næsten adiabatisk, hvilket betyder betontemperaturer på cirka 60° C. Og det er vel at mærke efter flere dages forløb. Dvs at ved hver søjle ville brotværsnittet blive opvarmet på midten til 60° C, og kantbjælkehjørnet ville ikke med rimelig afdækning kunne holdes på 40° C i lige så lang tid.

I stedet for at holde resten af broen varm, valgte man at køle tværbjælkerne. Kølingen blev foretaget med indstøbte rør, hvori der pumpedes koldt havvand.

Som kølerør er det fristende at benytte stålrør - de leder jo varmen bedst. Det betyder imidlertid, at den rørnære zone bliver kold, og der opbygges indre termospændinger langs rørene.

Man valgte i stedet at benytte plasticrør. Ved at øge dimensionen lidt i forhold til stålrørene fås samme køleevne, men temperaturen på rørydersiden stiger betydeligt, hvad der fjerner de indre temperaturrevner.

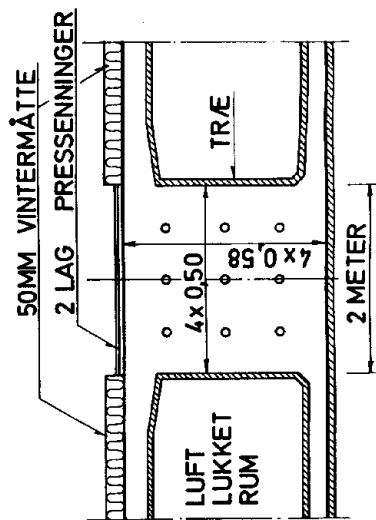
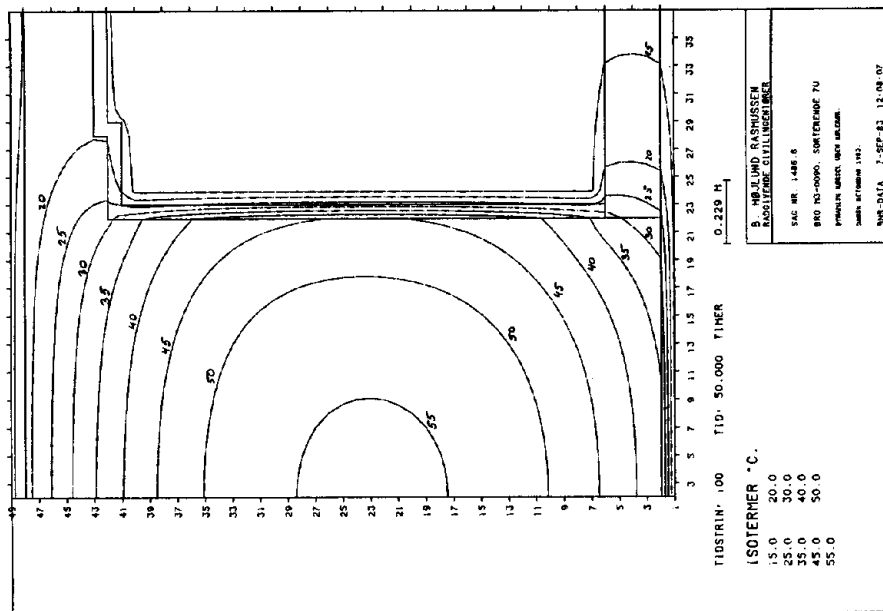


Fig. 3:

Over hver søjle var der en kraftig tværbjælke. Ved at indlægge 9 stk. kølerør kunne temperaturen holdes nede.

Fig. 4:

Maksimums-temperaturprofilen som det ville blive uden kølerør. Figuren viser kun det "halve" af fig. 3.



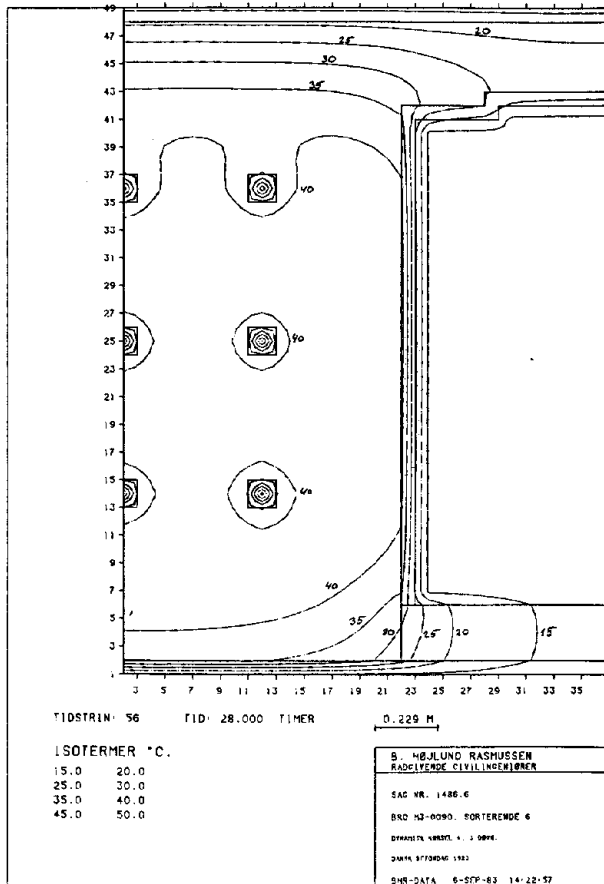


Fig. 5:

Maksimums-temperaturprofilet med kølerør. Profilet er optegnet svarende til de faktiske forhold, og det ses, at afdækningen på oversiden ikke var udført tidligt nok, hvad der medførte afkøling i oversiden.

Kølerørssystemet var simpelt. Ni rør placeredes i tværsnittet med 1/2 meters afstand. Kølevandet leveres af en normal tre-tommer dykpumpe sænket ned i havet. Der skal ikke meget vand til. Cirka 20 liter i minuttet per tværbjælke med en temperaturstigning på vandet fra 13 til 17° C.

Systemet virkede efter hensigten, idet max temperaturen faldt med næsten 15° C. Samtidig blev max opnået efter væsentlig kortere tid, hvad der gør det lettere at undgå problemer.

Konklusivt kan siges, at køling kun kan komme på tale ved sammenstøbningsproblemer, hvor et kraftigt og et tyndt tværsnit sammenstøbes. Men så er det også effektivt.

HØJGAARD & SCHULTZ A/S

VASEKÆR 9

2730 HERLEV

Hærdeteknologi hos betonelementproducenter

af

ing. Per Fogh Jensen

August 1983

Udviklingen indenfor området hærde-teknologi, når det gælder betonelementer, er idag et spørgsmål såvel om at have den tilstrækkelige afformningsstyrke, som at sikre en svind-og termorevnefri beton. Hensyntagen til disse egenskaber sker med henblik på at opnå en optimal udnyttelse af produktionsapparatet. Sidst i 1960'erne og først i 1970'erne var det almindelige niveau for hærde-teknologi et spørgsmål om at kunne afforme uden skader på betonelementerne. De redskaber, der anvendtes for at håndhæve dette, var primært:

Erfaringen om, at den type elementer plejer at kunne afformes efter "så og så" lang hærde-tid.

Anvendelsen af Schmidt-hammeren (prellhammeren) til fastlæggelse af afformningsniveauet.

Der anvendtes betoner med cementindhold, der var fra 75 til 150 kg/m³ højere, end hvad der er normalt idag. Prisen for beton var trods det højere cementindhold relativt lavere end 1 m³ beton idag.

Med P.Freisleben Hansens modenhedsteori var der udviklet et redskab, så det nu blev muligt at omsætte de tidligere tiders erfaringer om nødvendig afformningstid til en beregnet afformningstid.

Effekten af ændrede temperaturforhold i betonen relateredes til ændringer i produktionsprocessen (optimeringen). Ved hjælp af max/min-termometre samt temperaturskrivere efterkontrolleredes de kalkulerede modenheder hos betonen. Metoden udvikledes til et uundværligt redskab, når f.eks. forspændte elementer skulle forspændes.

Der blev udviklet en maturity computer, som vi anvender ved f. eks. serieproduktion af forspændte elementer efter Spiroll-metoden. Elementerne produceres i 110 m lange baner, og det er katastrofalt og meget uøkonomisk, hvis sådanne baner forspændes, når betonen ikke kan optage forspændingskræfterne. Omvendt er det også uøkonomisk, hvis de ca. 130 m² elementer ligger på formbunden en time længere end nødvendigt. Ved anvendelse af maturity computeren opnås en optimal ensartet produktion fra gang til gang.

Er modenhedskravet 26 timer, ja så alarmerer computeren, under hensyn til hærdeforholdene, når betonen har opnået dette niveau. Ved produktion af en 110 m lang bane placeres computerens føler i den sidst støbte meter, og støbemanden kan således påbegynde forspænding og afformning, når alarmen tilkendegiver det.

I slutningen af 1970'erne og begyndelsen af 1980'erne arrangeredes kurser i industriel hærdeteknologi i Betonelement-Foreningens regie. Kurserne blev gennemført af P. Freisleben Hansen og Erik Jørgen Petersen, begge BKI. Den viden, der blev behandlet på disse kurser, tager sigte på, at man for en given støbeprocess skal kunne beregne forløbet af en given hærdeprocess og evt. optimere denne. Der findes færdigsyede programmer til løsning af "regnedelen", men de data, der er basis for regneprocessen samt eventuelle justeringer af data, er det op til den enkelte betonelementproducent at fremskaffe.

RESULTATER FRA HÆRDEMÅLING

SAGS NUMMER:

ELEMENT NUMMER:

FORM NUMMER:

BETON BLANDE NUMMER:

BETONENS UDSØBNINGS TEMPERATUR

GRADER CELSIUS

FORM MATERIALE:

STØBEDATO:

KL.:

MODENHED VED AFFORMNING:

M20 TIMER

MODENHED VED UDKØRSEL TIL LAGERPLADS:

M20 TIMER

MAXIMAL TEMPERATURDIFFERENS:

GRADER CELSIUS

TIDSPUNKT FOR MAXIMAL TEMPERATURDIFFERENS:

KL:

Ved hjælp af denne "planlægnings" metode har vi optimeret nogle af vores betonrecepter udfra procestidskrav og afformningsstyrken.

Ændret hærdebetingelser på vor batteri vægstøbeprocess.



Tidligere udstøbtes med høj betontemperatur, og temperaturen søgtes bevaret ved opvarmning af støbeformene (batterierne) ved et radiatorsystem.

Idag tilføres formene kun varme i nødstilfælde, idet temperaturen søges holdt oppe ved en effektiv isolering af formene. Sigtet er at komme så tæt på en adiabatisk støbeprocess som mulig.

Ved udsatte konstruktioner er der idag krav til max.tilladelige temperaturdifferenser. Vi har systematiseret vort kontrolsystem, således at vi også dækker dette område. Omend endnu i beskedent omfang så tilstræber vi at registrere forløbet af støbeprocessen mindst hver anden uge for særligt udsatte konstruktionsdele. Registreringer sker i form af en måling af temperaturforløbet under hærdeprocessen og en bearbejdning af målinger jfr. omstående skema.

At vi i betonelementbranchen idag har så enkle redskaber/metoder, der sætter os i stand til at styre vor hærdeproces, skyldes først og fremmest det forarbejde, P. Freisleben Hansen og Erik Jørgen Petersen har udført.

HØJGAARD & SCHULTZ A/S DATO 83.05.18 INT:FGA SIDE 1

KONTROLPROCEDURE FOR HARDEMALING

ELEMENTTYPER: FACADEFORPLADER OG ALTANPLADER/-VÆGGE

DER MALES MINIMUM 1 ELEMENT AF HVER TYPE EEN GANG OM MÅNEDEN.
DER TILSTRÆBES DOG AT CA. 2% AF DEN SAMLEDE PRODUKTION MALES,
DVS. HVER 50. FACADEELEMENT OG HVER 25. ALTANPLADE/-VÆG.

TIL MALING ANVENDES CHINO 12 PUNTSSKRIVER MODEL EH 100-12,
TYPE T MED EN FEJLVISNING PÅ 0,5%, OG ET DIGITALTERMOMETER,
MODEL 8000. BEGGE ER INDKØBT HOS FRODE PETERSEN & CO A/S,
ØSTERBROGADE 43, 2100 KØBENHAVN.
FØLERTRAD ER 2X0,7MM KØBBER/CONSTANTAN TERMOELEMENTLEDNING,
PVC ISOLERET. NKT VARENUMMER 3035448210.

DER PLACERES EEN FØLER I BUND, MIDTE, TOP I FARLIGSTE TVÆRSNIT
AF ELEMENTET. HAL-TEMPERATUREN REGISTRERES MED EN AF DE ØVRIGE
FØLERE.

FRA UDSTØBNING TIL AFFORSKALLING ANDVENDES 12 PUNKTSKRIVEREN,
DEREFTER ANVENDES DIGITALTERMOMETERET INDTIL TEMPERATURDIFFE-
RENCEN MELLEML MIDTE OG YDERSIDER ER MINDRE END 10 GRADER CELSIUS

FØLGENDE REGISTERES:

STØBEDATO OG TIDSPUNKT
SAGS NUMMER
ELEMENT NUMMER
FORMNUMMER
BETONBLANDINGSNUMMER
FORMMATERIALE TRÆ/JERN
OM ELEMENT AFDÆKKES ELLER CURES, HVIS JA NOTERES AFDÆKNINGS-
PERIODEN.
AFFORMNINGSDATO OG TIDSPUNKT
DATO OG TIDSPUNKT FOR UDKØRSEL TIL LAGERPLADS
ONGIVELSERNES TEMPERATUR, SAMT ET SKØN OVER VINDHASTIGHEDEN

FØLGENDE BEREKNES:

MODENHED VED AFFORMNING
MODENHED VED OVERFØRELSE TIL LAGERPLADS
DEN MAXIMALT MÅLTE TEMPERATURDIFFERENS OG TIDSPUNKTET HVOR
DEN FREMKOM.

HØJGAARD & SCHULTZ A/S KONTROLAFDELINGEN HERLEV INT.: *RE*

RESULTATER FRA HÆRDEMÅLING

SAGS NUMMER:	<i>1071 / Jeredau</i>
ELEMENT NUMMER:	<i>E 10.01</i>
FORM NUMMER:	<i>2</i>
BETON BLANDE NUMMER:	<i>1231 - B31</i>
BETONENS UDSØBNINGSTEMPERATUR:	<i>53°C</i>
FORMMATERIALE:	<i>Staal</i>
STØBEDATO:	<i>83-5-26 kl 14³⁰</i>
MODENHED VED AFFORMNING:	<i>74 M₂₀ / min</i>
MODENHED VED UDKØSEL TIL LAGERPLADS:	<i>81,1 M₂₀ / min</i>
MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENS:	<i>11°C</i>
TIDSPUNKT FOR MAXIMAL TEMPERATURDIFFERENS:	<i>83-05-26 - kl 17⁴⁵</i>

Foredrag på
Dansk Betondag 1983
Udvikling og fremskridt
8-9. september 1983
i Odense

Hærdeteknologi

Bygherrekrav - Dokumentation

K. Roger Henriksen

Temaet for Dansk Betondag 1983:

Udvikling og fremskridt

leder naturligt tankerne hen imod en form for status for den betonteknologiske viden i dag. Med udgangspunkt i den sted-fundne udvikling, som er sket inden for det område, som her skal behandles, nemlig HÆRDETEKNOLOGI, vil det i lyset af de igangværende bestræbelser på at klarlægge de faktorer, der øver indflydelse på betonbygværkers holdbarhed, være naturligt at pege på et enkelt af de projekter, der er i gang for at frembringe ny viden. Det drejer sig om BKI's projekt om fugt-forholdene i betonens unge alder.

Jeg kan starte med at konstatere, at det er nøjagtig 7 år siden, jeg stod - dog ikke på dette sted, men på et andet hotel i Odense - og talte om hærdeteknologi i forbindelse med opførelsen af Sallingsundbroen.

Nu i 1983 er vi ved at have afsluttet betonarbejdet på Farøbroerne.

Lad os et øjeblik kaste blikket på de bygherrekrav, der blev stillet i forbindelse med opførelsen af disse store anlægsarbejder, hvor Sallingsundbroen i hærdeteknologisk sammenhæng markerer starten på den entreprenørmæssige anvendelse af et egentligt hærdeteknologisk system på anlægssiden, og Farøbroerne tilsvarende skulle fremstå som resultatet af de indhøstede erfaringer siden da og samtidig være et eksempel på, hvorledes man i dag fra et hærdeteknologisk synspunkt bestræber sig på at frembringe en holdbar betonkonstruktion.

Hvori ligger forskellen fra dengang til nu - hvis der da overhovedet findes nogen?

Lad os se på de respektive arbejdsbeskrivelser.

Det fremgår klart af disse beskrivelser, at man kan sammenfatte kravene i to hovedgrupper, som i øvrigt er fælles for begge beskrivelser, nemlig

- termorevner

- udtørring.

Kravene har fået følgende formuleringer:

	<u>termorevner</u>	<u>udtørring</u>
Sallingsund:	revnefri	7 døgn
FARØ :	revnefri	7 maturity-døgn

På baggrund heraf kunne man fristes til at fremsætte den påstand, at der på det hærde teknologiske område ikke synes at være sket nogen udvikling siden 1976, hvilket de sidste tiders betonskader kunne være en bekræftelse på

eller:

en anden påstand kunne være, at den eksisterende viden ikke er blevet kommunikeret ud til brugerne, måske fordi disse ikke har været motiveret for at bruge den. Diskussionen omkring skadelige alkaliske reaktioner tyder på, at det sidste forhold kunne være en mulighed.

Jeg skal ikke her kommentere kravene nærmere udover at konstatere, at ud fra et holdbarhedsmæssigt synspunkt forekommer en revnefri beton - i hvert fald for broer - at være

foredraget tage kravet op til en kritisk vurdering, og det vil blive gjort ud fra den helt klare filosofi, at sådan som man i dag bliver præsenteret for krav om fugtigholdelse, bidrager dette i vid udstrækning til at skabe en misstemning mod hærde-teknologiske foranstaltninger blandt entreprenører, især på arbejdspladserne:

når "de" stiller sådanne åndssvage fugtkrav,
kan "de" også godt beholde deres 20°C.

Lad os herefter vende os mod dokumentationsfasen, idet der måske her ligger en forskel, der kunne begrunde, at der trods alt har fundet en udvikling sted siden 1976.

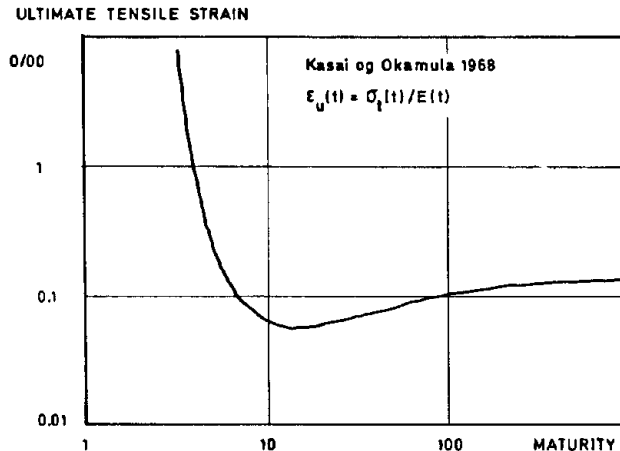
Problemet i dokumentationsfasen er helt klart dette;

Omsætning af kvalitative/kvantitative bygherrekraft
til entreprenørmæssige styringsparametre.

Som et overordnet krav skal den udførende dokumentere, at en valgt hærdeproces ikke vil føre til kritiske temperaturspændinger, der fremkalder revner i betonen.

En egentlig dokumentation af dette forhold kan - om overhovedet - kun undtagelsesvis gennemføres med den viden, der i dag foreligger om egenskabsudvikling og relaksationseffekter i ung, hårdnende beton. Man har derfor suppleret dette overordnede krav med en adgang til at dokumentere kravets overholdelse gennem kontrol af visse maksimale temperaturdifferencer i de hårdnende tværsnit. De herunder formulerede krav er simple og operationelle for den udførende - men samtidig kan de i enkelte situationer været strengere, end det tilsvarende overordnede krav. De principielle overvejelser, der ligger til grund for krav, relateret til maksimale temperaturdifferencer, er:

- 1) i tværsnit, hvor de maksimale differenstøjninger er mindre end betonens trækbruddeformation ved korttidsbelastning, kan der ikke fremkomme trækbrud.
- 2) betonens termiske udvidelseskoefficient har efter betonens afbinding en næsten konstant og velkendt værdi.
- 3) betonens trækbruddeformation ved korttidsbelastning har efter afbindingen og under hærdeningen en relativ konstant og veldokumenteret værdi.



På dette grundlag kan der opstilles sikre øvre værdier for tilladelige temperaturdifferencer i hærdenende betontværsnit. Når disse krav i visse tilfælde er på den sikre side, beror det på følgende forhold:

- relaksationseffekter i en spændingspåvirket, hærdenende beton vil generelt reducere de opbyggede spændinger og forøge tøjningen i brudtilstanden.
- de maksimale differenstagninger i et tværsnit vil ikke i alle tilfælde blive påført betonen som en tvangstagning i fuldt omfang.

Med henvisning til disse to forhold vil man naturligvis føle sig ansporet til at forøge sin viden om den hærdenende betons egenskabsudvikling og om dens relaksationsforhold, samt til at udvikle operationelle numeriske beregningsmetoder til analyse af spændingstilstanden i hærdenende betonkonstruktioner; herved kan der i enkelte situationer opnås lempelser i kravene til udførelsen.

Når jeg understreger dette forhold så kraftigt skyldes det, at jeg for tiden har en diskussion med Stig Bernander omkring afkøling af beton og 20°C-kravet, hvor Bernander sætter spørgsmålstegn ved 20°C-kravet generelle gyldighed. Denne diskussion er foranlediget af min artikel i Nordisk Betong 1:83 om køling med flydende kvælstof. Stig Bernander har indsendt et diskussionsindlæg, som vil blive bragt i Nordisk Betong 5:83, hvor BKI og jeg samtidig vil give vort svar herpå.

Grundlaget for valget af temperaturen som styringsparameter hviler som sagt på det forhold, at trækbruddeformationen har en velkendt, veldokumenteret værdi.

Anvendes dette som basis for en analyse af spændingstilstanden, blev de hærdeteknologiske forhold valgt således på de to broer

$$\text{Sallingsund: } \frac{\sigma}{\sigma_{sp}} \leq 1,2$$

$$\text{Farø: } \frac{\sigma}{\sigma_{sp}} \leq 1,0$$

Når spændingsforholdet kunne akcepteres at ligge 20% højere på Sallingsund end på Farø, skyldes det ikke alene, at vi havde brug for det, men at afformningen skete, når betonen var ganske ung (ca. 15 maturity-timer), og på grund af de tynde dimensioner betød dette også, at de største temperaturdifferencer indtraf på dette tidspunkt.

Jeg kan ikke lade være med at mindes, at Ervin Poulsen på betondagen 1976 sekunderede mig ved at sige, at det måske ikke var spaltetrækstyrken, man skulle anvende, men snarere bøjningstrækstyrken, hvor han elegant kunne vise følgende:

$$\frac{\sigma}{\sigma_m} \leq 1,0$$

da $\sigma_m = 2 \cdot \sigma_t = 2 \cdot (0,6 \cdot \sigma_{sp}) = 1,2 \sigma_{sp}$, fås

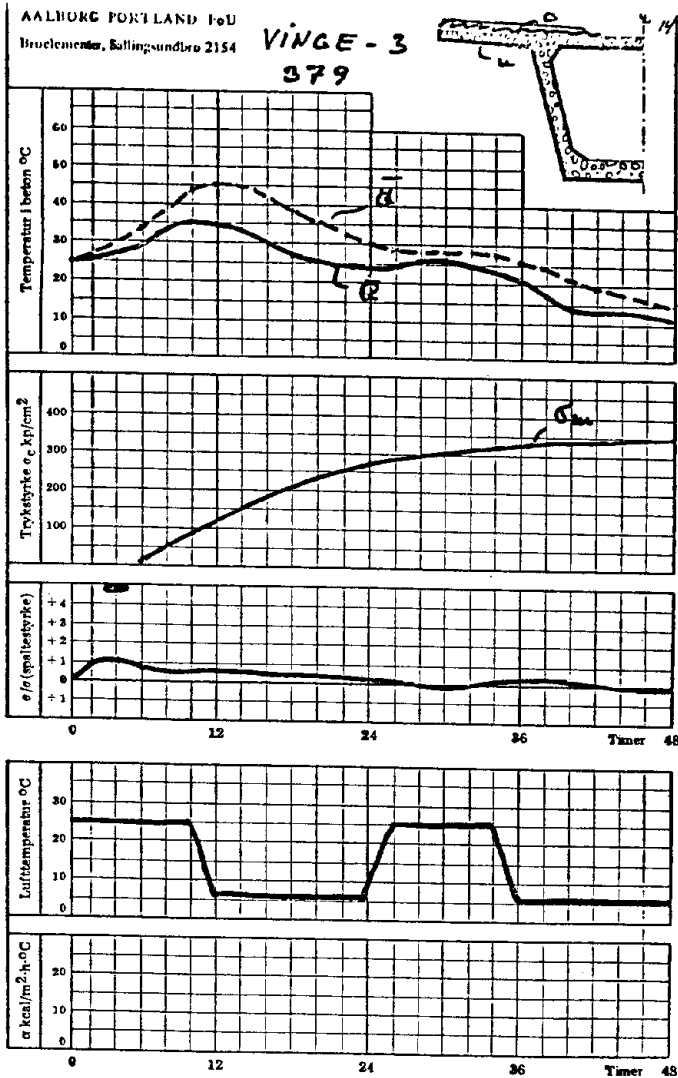
$$\frac{\sigma}{1,2 \sigma_{sp}} \leq 1,0 \Rightarrow$$

$$\frac{\sigma}{\sigma_{sp}} \leq 1,2$$

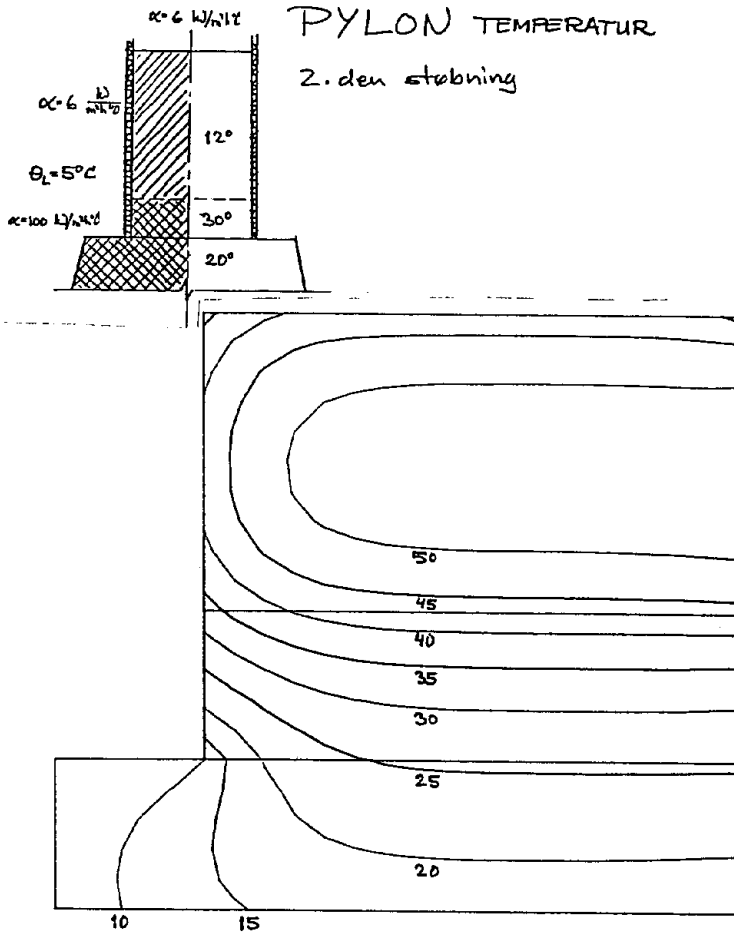
Ud fra den betragtning var grænseværdien korrekt valgt.

Vi har nu siden fastholdt spaltetrækstyrken.

På Sallingsund så simuleringen af hærdeprocessen for overbygningselementerne eksempelvis således ud:

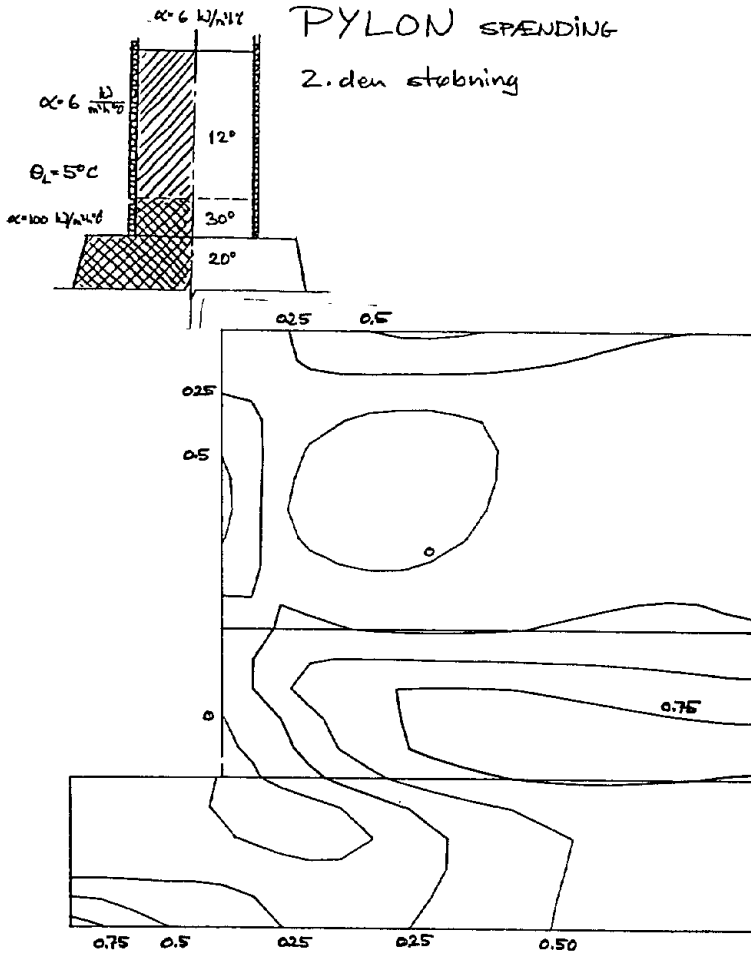


og tilsvarende for pylonskiftet på FARØ:



TEMPERATUR -- INTERVAL 5.00 -- MIN/MAX 18.00/ 50.00

TSSP/TV2 - ISOTHERMER -- 05.10.81 -- TID 02.7 -- KØRSEL PY2



SPENDING -- INTERVAL 0.25 -- MIN/MAX 0.80/ 0.75

TSSP/TV2 - ISOTHERM - 05.10.01 -- TID 83.7 -- KERSEL PY2

Den anden problemkreds, der som tidligere nævnt var fælles for kravet til betonen for de to broanlæg, var udtørningsproblematikken. På Sallingsund var kravet 7 døgns fugtigholelse, medens man på Farø har specificeret 7 maturitydøgn.

Allerede på Sallingsund påpegede vi dette fugtkravs mere eller mindre tilfældige niveau set i relation til den beton, der blev anvendt (lavt vand-cement-tal: 0,40) og især til den minimale, i visse tilfælde tvivlsomme gevinst, der lå i at opretholde en så lang periode som 7 døgn.

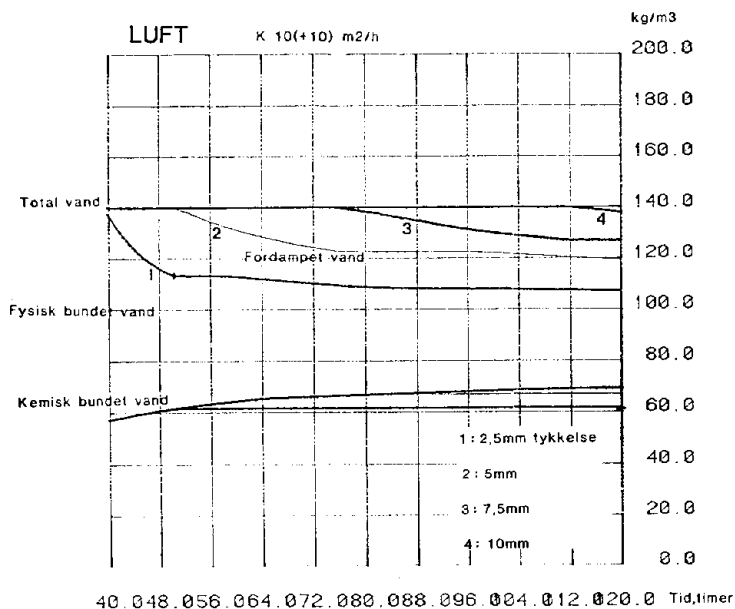
Den diskussion er blevet videreført på Farø. Resultatet af disse overvejelser blev følgende:

Sallingsund	formsatte flader:	curing membran påføres ved afformning (15 maturity-timer)
	ikke formsatte flader:	curing membran påføres umid- bart efter støbning
Farø	formsatte flader:	formen fjernes tidligst efter 120 maturitytimer
	ikke formsatte flader:	afdækning kan fjernes efter 120 maturitytimer

FORUDSÆTNING: Temperaturkravet overholdes.

Fremkomsten af grænsen på 120 maturitytimer er sket ved en gennemregning af fugtforholdene, der vil blive nøjere beskrevet i et kommende nummer af Nordisk Betong, 1:1984.

Med BKI har vi gennemregnet virkningen på betonen til forskellige tidspunkter som følge af fordampning fra en fri overflade, fra en overflade dækket med plastik og fra en overflade behandlet med en curing membran. Billedet for en fri overflade afformet efter 40 klokketimer, der i dette tilfælde også svarer til 40 maturitytimer, så således ud:



Heraf fremgår, at virkningen koncentrerer sig om de yderste 5-7 millimeter. I øvrigt har denne undersøgelse givet anledning til, at der på BKI er et forskningsprojekt i gang om plastisk svind, hvor disse forhold vil blive behandlet i en større sammenhæng.

Hvilke "gener" påfører disse krav nu entreprenøren. Er det nu blevet umuligt at fremstille beton i Danmark på en økonomisk forsvarlig måde.

En kravsanering, der medfører, at kun relevante krav opstilles og gøres operationelle, vil være en forudsætning for, at der skabes en positiv holdning over for hærde teknologien.

Det viser sig nemlig, at man i langt de fleste tilfælde, hvor der er tale om tynde konstruktioner, vil kunne opfylde de stillede krav uden den ofte radikale ændring i arbejdsmetoderne, som de tilsvarende krav som regel medfører ved massive konstruktioner. Til gengæld er det ved disse sidste konstruktioner absolut nødvendigt at iværksætte - til tider omfattende - foranstaltninger for at sikre en tilfredsstillende betonkvalitet.

Dokumentation - et eksempel

Som et eksempel på, hvordan en dokumentation kan se ud, gennemgås et konkret eksempel fra Farøbroerne. Dette skal ikke være en gennemgang af det hærde teknologiske system i detaljer, idet en sådan beskrivelse vil fremgå af den rapport, som nu er ved at blive udarbejdet af Vejdirektoratet om betonarbejderne på Farøbroerne. Hensigten er, at rapporten skulle være færdig omkring årsskiftet.

Jeg skal koncentrere mig om den dokumentation, der ligger forud for en støbetilladelse. I arbejdsbeskrivelsen står der:

"Ved planlægningen forud for arbejdets udførelse skal det ved beregninger på grundlag af resultaterne af prøvestøbningerne med de valgte betonblandinger dokumenteres, at de planlagte foranstaltninger er egnede til at sikre de krævede hærdningsbetingelser under de vejrforhold, som kan forventes at råde under de forskellige udførelsesfaser."

Denne dokumentation foreligger i form af et udførelsesprojekt, der skal fremsendes senest 6 uger, før støbningen skal foregå. Dispositionen i et sådant udførelsesprojekt er følgende:

Problemstilling
Form
Beton
Arbejdsprocedure
Hærdeforløb
Afformningstidspunkt
Efterbehandling
Hærdekontrol

AFSLUTNING

Nu da temaet for betondagen er

udvikling og fremskridt

vil jeg gerne på baggrund af, hvad der er sagt i det foregående, fremsætte en profeti om, hvad der kunne blive inkorporeret i en fremtidig betonbeskrivelse. Hvis dette skulle blive tilfældet, betyder det i mange tilfælde et rigtigt skridt frem mod holdbare betonkonstruktioner, både fordi

- gennemførelse af kravet i sig selv er medvirkende hertil
- men i lige så høj grad er det et udtryk for en erkendelse af og forståelse for, hvad hærdeteknologi er:

DER SKAL UDFØRES VINTERFORANSTALTNINGER OM SOMMEREN,
OG DISSE BETALES SÆRSKILT.

Formuleringen virker måske lidt kryptisk og selvmodsigende, men rent faktisk udføres disse foranstaltninger i hvert fald på Farøbroerne, og pengene hertil: "de er med i tilbuddet" siges det.

B Y G G E E K S P O R T R Å D E T

Nyropsgade 18, 7.

1602 København V.

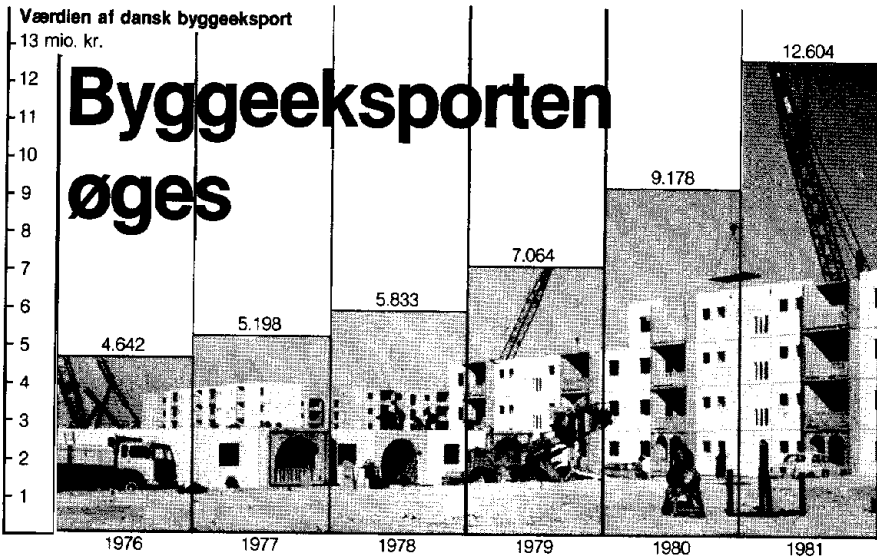
BYGGEEKSPORTEN ØGES

af

Poul A. Svane

arkitekt, m.a.a.

September 1983



Danmarks byggeeksport er blevet fordoblet siden 1979 fra 7,064 mia. kr. til 13,600 mia. kr., en stigning der har påvirket hele byggeindustrien.

Denne fremgang har berørt alle sektorer inden for byggeindustrien, men det er især værd at bemærke, at entreprenørernes eksport er vokset med ca. 100%. Denne stigning stammer først og fremmest fra de betydelige kontrakter, der er hentet hjem på de nordafrikanske markeder, hvor Algeriet alene i 1982 tegnede sig for 351 mio. kr.

Byggeeksportrådet betragter en øgning af eksporten som en mulig kompensation for et svigtende hjemmemarked, en udvikling der har ændret nogle virksomheders struktur fra at have været rent hjemmemarkedsorienteret til nu primært at være eksportorienteret med hovedvægten af aktiviteter liggende fjernt fra Danmarks grænser. Denne strukturændring har stillet store krav til de pågældende virksomheder. I mange tilfælde har både ledelse og ansatte måttet omstille sig til fremmedartede kulturer, sprog og arbejdsformer.

Den økonomiske krise er ikke kun begrænset til Danmark. Mange af vore vigtigste markeder, dette er især gældende for nærmarkederne, oplever ligeledes reduceret byggeaktivitet. Det er derfor blevet vanskeligere for danske virksomheder at finde afsætningsmuligheder for deres produkter, en udvikling der har bevirket, at virksomhederne har måttet søge nye markeder med den usikkerhed, dette kan indebære.

Byggeeksportrådet har i sine snart 10-årige eksistens assisteret de eksporterende virksomheder med identifikation af nye markeder. I tilknytning til denne identifikation er der blevet foretaget indgående markedsundersøgelser i de enkelte lande. Der afholdes kurser og møder både i Danmark og udlandet med såvel danske som udenlandske deltagere, og der iværksættes præsentation af danske byggeeksporttilbud på messer og udstillinger rundt omkring i verden.

Byggeeksportrådet tilskynder danske arkitekter, ingeniører og entreprenører til hver for sig eller sammen i hold at deltage i udvalgte konferencer, og så fremdeles. Alt i det øjemed at gøre omverden opmærksom på, hvad byggebranchen i Danmark har at tilbyde af know-how og kvalitet. Det er vigtigt for byggesektoren hele tiden at have antennerne ude for at fornemme, dels hvor i verden at netop nu det er opportunt at forsøge at foretage eksportfremstød, dels hvilke former for byggeeksport, der netop nu har størst chance på de pågældende markeder.

Byggeeksportrådet opererer med en opdeling af eksportmarkeder på henholdsvis nær- og fjernmarkederne.

Til nærmarkederne hører de skandinaviske og næreuropæiske lande, og til fjernmarkederne hører den øvrige verden.

Eksporten til nærmarkederne er domineret af typehuse, byggesæt, bygningskomponenter, døre og vinduer m.v., og en helt ny eksportartikel er carporte til Tyskland, der her tidligere var ukendt.

De fjernere markeder er derimod helt domineret af rådgiverydelser, med undtagelse af eksporten til Algeriet, hvor der bliver eksporteret store mængder bygningslementer.

I de seneste halve snes år har eksporten til Mellemøsten været den mest dominante, men efter en vis afmatning i dette område, har Byggeeksportrådet på et tidligt tidspunkt haft undersøgelser i gang i Fjernøsten, hvor markeder som Malaysia, Indonesien, Philippinerne, tegner til at blive nye interessante eksportmarkeder for byggeindustrien.

På indeværende tidspunkt ser det også ud som om det amerikanske kontinent kan blive et muligt eksportmarked. Her tænkes særligt på USA, hvor behovet for boliger er stort, men hvor den industrielle fremstilling af byggeri af god kvalitet er en mangelvare. I særlig grad vil der her være mulighed for underleverancer af bygningskomponenter med et lille volumen og en høj forarbejdningsgrad.

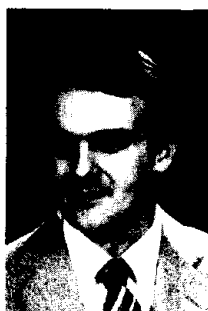
Fremtidsmulighederne for eksport af dansk byggeindustri synes lovende, og det er Byggeeksportrådets håb, at danske virksomheder vedbliver med at tage nye udfordringer op med samme entusiasme, som de har vist i de seneste år.

Jordskælvsbyggeri i Algeriet

af Akademiingeniør Flemming Holdt, Birch & Krogboe K/S
og
Civilingeniør Erik S. Sørensen HD, Rasmussen & Schiøtz A/S



Flemming Holdt



Erik S. Sørensen

Beliggenhed:
Ech-Chellif (El Asnam),
Algeriet.

Totalentreprenør:
Joint-venture bestående
af

Modulbyg Grenaa ApS,
Intertec Contracting A/S,
Hellebo Export A/S,
Rasmussen & Schiøtz
A/S.

Art og omfang:
10 sunhedscentre, 15
polyklinikker, ialt 19.000
m².

Råhusleverandør:
RK Betonelementer
A/S.

Rådgivere:
Arkitekt Carl Funch,
M.A.A.,

Dangroup International
A/S ved Birch & Krogboe,
rådgivende ingeniørkon-
tor K/S.

Bygherre:
Ministeriet for udenrigs-
handel og Boligministeri-
et, Algeriet.



Byggeopgaven:
Den 10. oktober 1980 ødelagde et jordskælv en stor del af bygningerne i El-Asnam (nu Ech-Chellif) samt flere mindre byer og landsbyer i omegnen. Mange blev dræbt og endnu flere, ca. 150.000 blev hjemløse.

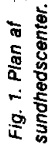
Kontrakten blev indgået i oktober 1981 og var effektiv fra februar 1982, hvor finansieringsaftalen mellem Algeriet og Danmark var færdigforhandlet.

Sundhedsklinikkerne på ca. 350 m² (fig. 1) indeholder i den ene fløj konsultation for almindelige helbredsundersøgelser samt for jordemoderundersøgelser, i den anden fløj apotek og administration.

Polyklinikkerne på ca. 1.030 m² indeholder desuden fødeklinik med 12 senge, konsultation for hals-næse-øre-læge, øjenlæge og tandlæge samt røntgenafsnit og analyselaboratorier.

Bygningerne er opført med et bærende hovedsystem af præfabrikerede betonelementer. Tagkonstruktionen er udført med 220 mm forspændte hulplader med et maksimalt spænd på 12,0 m. Tagpladerne er af hensyn til tagafvandingen oplagt med et minimumsfald på 1,5%. Tagdækningen er udført som bitu-montage af mineraluldsbaserede tagelementer

Facade- og gavlelementer er udført i 2,4 m's modulbredde, og er udviklet af RK Betonelementer A/S til eksport. Element-



terne er udført som betonsandwich-elementer med en tykkelse på 260 mm. Heraf udgør den bærende bagstøbning 160 mm. Facadernes k-værdi er 0,50 W/m²°C

Den udvendige overfladestruktur fremstår som en hvid afkostet beton, hvilket harmonisk falder ind i den lokale byggestil.

Terrændæk og fundamenter er støbt på stedet, og den nødvendige fugtisolerung er foretaget under gulve og udvendigt på fundamentene.

Skillevægssystemet er udviklet og udført af Hellebo Export A/S som 600 mm bygningshøj elementvægge (fig. 3). Vægkonstruktionen på 70 mm består af 2 gipsplader, hvorimellem der er opskummet polyurethanisolering. Stabiliteten af væggen sikres af de fra fabrikken indstøbte lodrette stålkanter samt ved på stedet monterede styreskiner ved gulv og loft. Der er fremstillet specialelementer med indstøbte afstivninger for op-hæng af håndvasker o.lign.

Vinduer og udvendige døre er i en aluminiumskonstruktion og specielt er udviklet forskydelige vinduesskodder som i lukket stilling desuden fungerer som tyverisikring.

Gulve og sokler er overalt udført som marmor-split-gulve.

Installationer er efter krav fra bygherren overalt udført synligt, samt alle specialophæng, bøjninger m.v. er værkstedsfremstillede i Danmark.

Konstruktive krav, normgrundlag:

Bygningerne er beregnet for jordskælvspåvirkninger i hen-

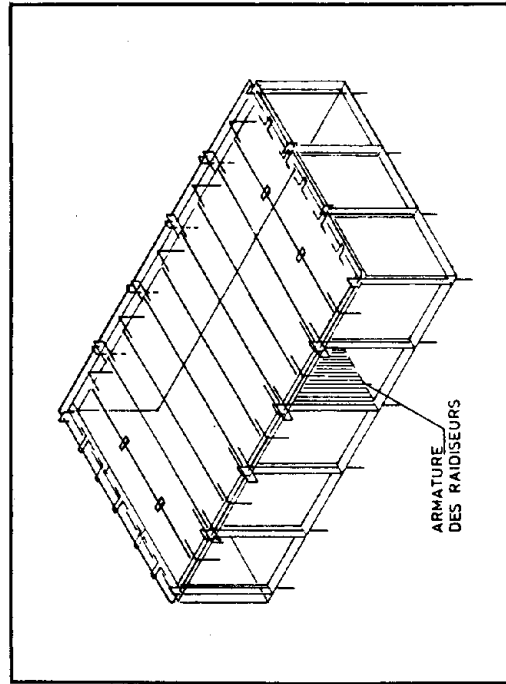


Fig. 4. Isometri af en stabil bygningskrop med angivelse af princippet i tugearmeringen.

hold til den franske »Règles Parasismique 1969, Septembre 1976« suppleret med den algeriske »Complément aux Règles Parasismiques« (provisoire), C.T.C., Alger Février 1981«. I henhold til disse normer beregnes den statisk ækvivalente jordskælvkraft som:

$$S_H = \alpha \times \beta \times \gamma \times \delta \times W$$

α er en intensitetskoefficient, som afhænger af bygningernes anvendelse og beliggenhed. For det aktuelle byggeri - sundhed-

scentre beliggende i El Asnarr antager α den størst forekomende værdi nemlig 2,6.

β er en dæmpningskoefficient, der for et skivebyggeri som det aktuelle kan sættes til 0,130.

γ er en distributionskoefficient, der for én etages byggeri antager værdien 1,0.

δ er en funderingsfaktor, der i det aktuelle tilfælde med stribefundamenter og relativ blødbund antager værdien 1,25.

W er den permanente lodrette

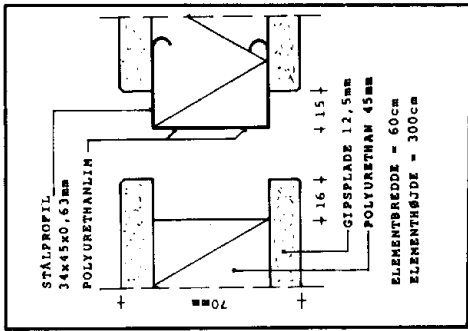


Fig. 3.

last plus 20% af den bevægelige last.

Den statisk ækvivalente jordskælvkraft andrager således i dette projekt 42% af den lodrette last.

Bygningerne er i overensstemmelse med den franske jordskælvsnorm opdelt i rektangulære bygningskroppe adskilt ved dilatationsfuger. Disse bygningskroppe er hver for sig stabile over for jordskælvskræfter. Stabiliteten sikres gennem skivevirkning i tag, facader og gavle.

Samlinger, fuger:

Jordskælvskræfter i den størrelse, der her er tale om, medfører relativt store forskydningskræfter, hvilket stiller krav til samlingerne dels mellem elementerne i hver af skiverne — og dels mellem skiverne indbyrdes.

Ved dimensioneringen af fugerne er anvendt anvisninger fra SBI-rapport nr. 97 »Keyed shear joints« suppleret med anvisninger fra M. Kavyrchine, Saint-Rémy-les-Chevreuse, idet der ikke i det franske normset findes regler for fugeberegninger.

Anvisningerne giver formler til bestemmelse af glatte og for-tandede fugers brudbæreevne.

Byggeri i Algeriet kræver godkendelse af de bærende konstruktioner hos C.T.C. (Organisation de Contrôle Technique de la Construction).

For at sikre en hurtig godkendelse hos C.T.C. blev sikkerhedsfaktorerne på brudbæreevnerne fastsat konservativt.

Med de udsigter, der er for eksport af dansk elementbyggeri er en sådan fremgangsmåde konkurrencemæssigt uheldig.

Dangroup International har derfor taget initiativ til udarbejdelse af et dimensioneringsgrundlag for forskydningspåvirkede fuger i betonelementkonstruktioner med henblik på at få dette grundlag generelt accepteret af C.T.C.

Ved den fysiske udformning af samlingerne har vægten været lagt på, at de anvendte standardforme i så lille udstrækning som muligt skulle perforeres for at give plads til udragende strutter og lignende.

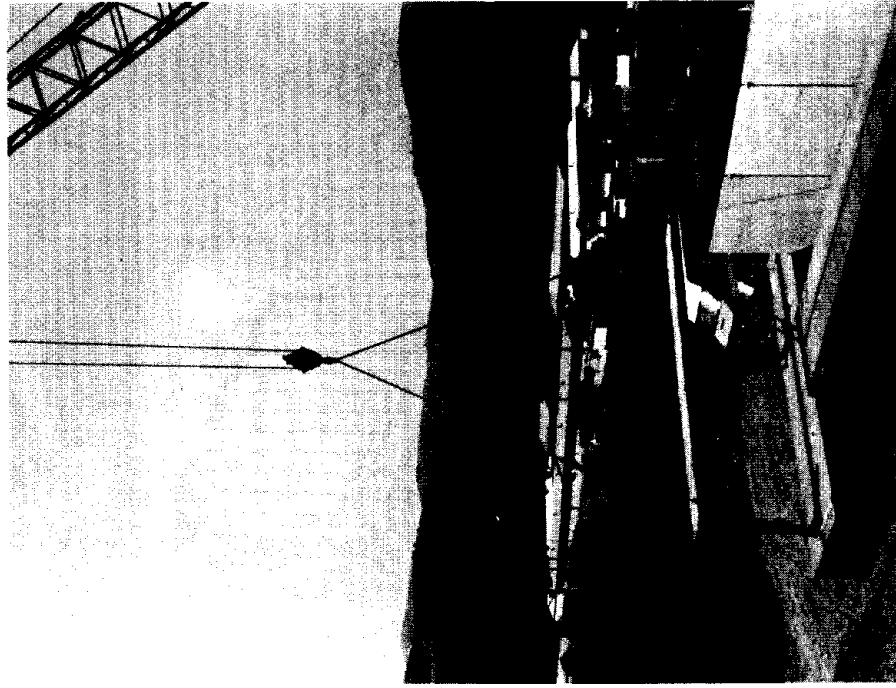


Fig. 5.

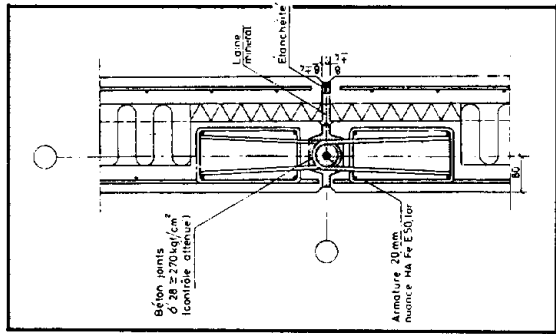


Fig. 7.

Fig. 6 viser samlingen mellem facadeskiven og fundament. Tværarmingen for den vandrette fuger er koncentreret til de lodrette fuger. Forankringen i fundamentet sker ved udstøbning af et korrugeret stålør.

Fig. 7 viser et vandret snit i en lodret fuger mellem to facadeelementer. Denne fugetype er den eneste, hvor det har været nødvendigt at etablere tværarmring

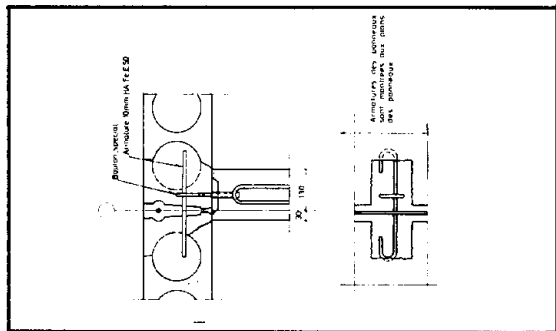


Fig. 9.

ved hjælp af udragende stritter. Fig. 8 viser fugen mellem tag-skive og facadeskive. Snittet er beliggende i en vægfuge/dækfuge, hvor tværarmringen alene består af armering i disse fuger.

I fuger, hvor der er behov for mere tværarmring end der er plads til i fugerne anvendes indsats og øjebolte som vist på fig. 9.

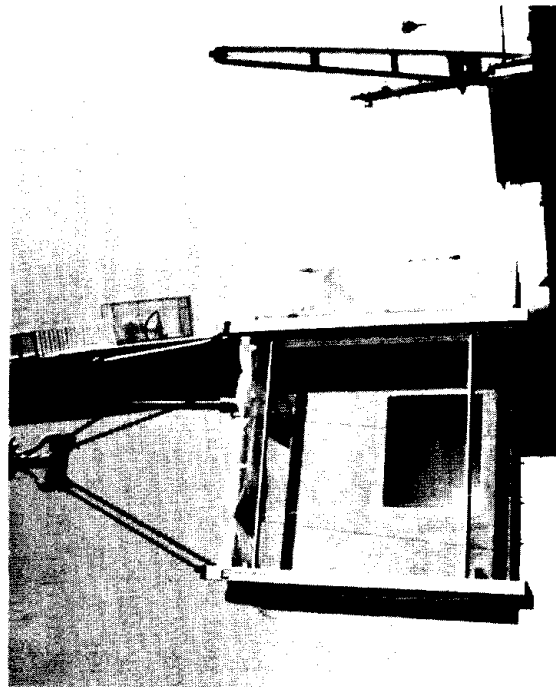


Fig. 10.

Opgavens gennemførelse:

Næsten alle de komponenter, der indgår i byggeriet er fremstillet i Danmark og transporteret ad søvejen til Mostaganem havn, og herfra ved landtransport til mellemagre beliggende centralt i bygeområdet. Herfra er den lokale transport til selve byggepladserne udført. Ialt er transporteret omkring 17.000 tons komponenter, heraf ca.

13.000 tons betonelementer.

Til transport af specielt facadelementer har RK Betonelementer A/S udviklet et containersystem, således at elementerne kan pakkes med et mindsteforbrug af transportvolumen og således at elementerne er sikret uskadede helt frem til byggepladsen. Systemet er adskilleligt af hensyn til en billig returtransport. Se fig. 10.

Væsentlig for betonarbejdets kvalitet var kontrollen med betonens delmaterialer. Den lokalt producerede cement blev fremstillet under streng kontrol af japanske teknikere og gav ikke anledning til problemer. Knaphed på cementen gjorde dog, at det var nødvendigt at importere en del spansk cement.

Tilslaget var nedknust klippe-materiale og flodlejesand fra områdets lokale producenter. På grund af det geologiske dannelsesmønster var det nødvendigt nøje at kontrollere specielt indholdet af zeolitminerale og lersten, idet større mængder af disse virker kvalitetsnedsættende på betonen. Endelig kunne det være svært at få rigelige mængder af alle grusfraktioner. Med de inhomogeniteter og kvalitetsforskelle, der var i materialerne, var det umuligt at opnå et ensartet produkt, men ved at udføre en forsøgsrække i det medbragte betonlaboratorium, hvor de forskellige inhomogeniteter blev simuleret for at klarlægge, hvilke styrker der kunne opnås, lykkedes det at komme frem til et anstændigt produkt.

Ved fugeudstøbningerne imellem de monterede elementer

var der ikke tilsvarende problemer, idet forundersøgelsen havde vist, at til disse operationer ville det sikreste være at hente tørblandet mørtel i Danmark og transportere det til byggepladserne. Kravene til udførelsen af disse udstøbninger er naturligvis ikke mindre end til det øvrige betonarbejde, og da temperaturen om dagen når op på 50°C, blev disse udstøbninger foretaget fra kl. 5 om morgenen til kl. 11 om formiddagen. Umiddelbart efter udstøbningen blev der udført coating og afdækning.

Selve montagen af råhusene var gennemprøvet hjemmefra, idet der på elementfabrikken blev udført en prøveopstilling, hvor de forskellige samlinger indgik.

Der er her fokuseret meget på betonarbejdet, det skyldes, at vilkårene for gennemførelse af aputeringsarbejder og installationsarbejder ikke i dette tilfælde adskilte sig meget fra normale danske forhold, udover det varme klima. Dog er også her den detaljerede planlægning hjemmefra essentiel, da alle materialer og materiel skal frem i rette tid til byggepladserne.

Fyns Amtskommune

TILGÆNGELIGHED FOR BETONKONTROL MV.
UNDER BRUGSSTADIET.

NOGLE BYGHERREOVERVEJELSER

Af sektionsingeniør
cand. polyt. Peter Johansen

September 1983

EKSKURSIONSMÅL - OG IKKE MINDST:

TILGÆNGELIGHED FOR BETONKONTROL MV. UNDER BRUGSSTADIET.

Ekskursionens hovedmål er naturligvis Langelandsbroen, hvor der pågår store reparationsarbejder på såvel pilleskafter som på brodæksoversiden, - arbejder, der må forventes at løbe op i en udgift på ialt 30 millioner kroner.

Det er dog ikke rimeligt alene at omtale dette, men drage de bygværker ind, der i dag i denne sammenhæng kan have interesse.

Rundkørslen, hvor motorvejen syd om Odense skæres af hovedlandevej 213, Odense-Faaborg, og landevej 522, Odense-Nr.Broby.

Anlægget må forventes grundigt behandlet i Vejdirektoratets informationer om motorvejen syd om Odense og eventuelt andre steder.

Bro 213-0004, UF af Sallinge å, der har fået nye kantbjælker i 1977, hvor der er betydelige alkalikiselskader både i de kraftigt armerede kantbjælker og i de svagt armerede fløjvægge.

Gruset, der er alkalireaktivt, er hentet i Davinde på Fyn. Grus herfra anvendes ikke længere til udendørs betonkonstruktioner.

Bro 213-0005, UF af Odense å, hvor der er forsøgt forskellige ikke diffusionstøtte malinger for at imødegå vandindsivning i kantbjælkerne.

De tre store sydfynske broer, der med bemærkelsesværdig indsats blev opført af det daværende Svendborg amtsråd, i det korte åremål 1957-1966.

Broerne er i forbindelse med ændring af vejloven i 1972 overgået til Vejdirektoratet under Fyns amtskommunes bestyrelse.

Bro 205-0020, UF af Svendborgsund, Svendborgsundbroen.

Broen, der er opført i perioden 1963-1966, har en længde på 1220 meter og tværprofilopbygning - 2,50 meter fortov, 8,50 meter kørebane, 2,50 meter fortov - og rækværker, der ikke opfylder de nugældende krav om 10 tons autoværnsstyrke. Overbygningen (kassedrager) bæres af slanke søjlepar, som foroven har en skjult tværbjælke og forneden pillesokler, der er direkte/pælefunderede.

Brooversiden er mastixisoleret, idet tværribber i fortovsplanerne forhindrer en plan isolering.

Betonen er støbt af sand fra søen med under 2% flintindhold, bornholmsk granit og rapidcement samt luftindblandingsmiddel.

Inspektion af broens indre og af lejerne sker over Taasinge og Svendborgsund i indtil 315 meter lange kanaler, hvor det er muligt at gå oprejst for dværge på under 1,40 meter, men umuligt at føre større grej frem, idet passageåbninger fra kanal til kanal kun har en diameter på 60 cm og desuden er hævet over gulv.

Man skal huske at tage møtrikkerne i lommen fra indgangslugen, så drenge ikke lukker een indel

Inspektion af brolejer over Fyn sker via inspektionslemme på brodæksunderside, anbragt indtil 22 meter over terræn, og en enkelt midt over jernbanen, hvortil intet stigemateriel kan nå.

Afstanden mellem fugerne er 200 meter.

Måling af fugegab sker nu ved hjælp af indstøbte rustfrie bolte i brooversiden. Nivellement foregik tidligere alene ved hjælp af fixpunkter på pillesoklernes overside. Disse punkter fra broens bygning er dels groet fast dels gået løse og dels omsat, hvorfor det havde været en stor hjælp til fastlæggelse af bropillernes sætninger og vipninger, om det helt fra opførelsestidspunktet havde været muligt entydigt at følge broens bevægelser.

Undersøgelser i forbindelse med afrensning og maling af rullelejer har vist, at rust har hindret de forudsatte temperaturbevægelser af brodækket, men at de ved projekteringen udsete neutralpunkter nu igen er de faktisk forekommende.

Undersøgelsen er beskrevet i en specialrapport.

Fortovene er ombygget i 1979, og der blev ved denne lejlighed opstillet nye kantsten efter opskriften kvartssand, granitskærver og lavalkalicement.

Vejddirektoratets nye platforme til ophængning under brodækket har muliggjort inspektion og reparation af dette.

Svendborgsundbroens opførelse er udførligt beskrevet i Ingeniøren, Forskning nr. 9, den 15. december 1966.

Bro 206-0002, UF af Siøsund, Siøsundbroen.

Broen, der er opført i perioden 1957-1960, har en længde på 560 meter og tværprofilopbygning - 2,50 meter fortov, 7 meter kørebane, 2,50 meter fortov - og rækværker, der ikke opfylder de nugældende krav om 10 tons autoværnsstyrke.

Overbygningen, kassedragere á 27 meter med 6 tunnelrør, er simpelt understøttet. Det er en lavbro, der hviler på direkte/pælefunderede piller.

Brooversiden har fået ny belægning i 1975/76 med bitumenplader, broplast og støbeasfalt.

Betonen er støbt af sand og sten fra søen og rapid cement.

Inspektion af broens lejer sker nedefra og af broens indre ved at kravle igennem de ca. 1 meter høje kanaler med en lejevogn i institutionsmodel til værktøj og andet udstyr.

Inden man kravler op ad den medbragte stige i den ene ende, som man skal huske at trække med op kanalen, støtte den op ad nabo-kanalens væg, så den kan "fiskes" fra denne, skal man huske at skubbe en anden stige ind i kanalens modsatte ende, så man kan komme ned og op. Hvis stigerne bliver stående nede, risikerer man, at de fjernes, medens man kravler i brokanalerne.

Der er ingen dæksler, man kan komme op af undervejs, og heller ingen mulighed for at skifte fra kanal til kanal undervejs.

Målinger og afrensninger på piller sker fra båd og interimistiske stilladser.

Siøsundbroens opførelse er udførligt beskrevet i Ingeniøren, nr. 24, den 15. december 1959.

Bro 206-0003, UF af Rudkøbing løb, Langelandsbroen.

Broen, der er opført i perioden 1959-1962, har en længde på 774 meter og en tværprofilopbygning - 2,50 meter fortov, 7 meter kørebane, 2,50 meter fortov - og rækværker, der ikke opfylder de nugældende krav om 10 tons autoværnsstyrke.

Overbygningen består af 34 meter lange kassedragere med 5 tunnelrør, der er simpelt understøttede, idet gennemsejlingsfaget dog er et buefag, bestående af to store buer med hver sin underliggende afstivningsdrager - forbundet med 70 mm hængestænger.

Kassedragerens kanal 2 og 4 er støbt på stedet, og inspektion af broens indre foregår ved at fjerne et nedgangsbrønddæksel ved broens landfæste og ved buefagets ender. Der er ingen mulighed for at komme fra kanal til kanal, bortset fra disse steder, dvs. på en længde af ca. 340 meter.

Buefagets underside har først kunnet inspiceres på nært hold, efter at Vejdirektoratet har anskaffet en flytbar inspektions/reparationsplatform, der kører på skinner ophængt under kantbjælkerne og skyclimbers til pilleskafternes ender.

Man har under reparationsarbejdet på broundersiden, der har foregået siden 1977, gjort den interessante iagttagelse, at pilleskafterne, der har vejbanens bredde, med det udførte støbearbejde (tydelige og hyppige støbeskel nogle med mørtelbrømmer) har vist sig at holde rimelig godt på siden mod vest, men er en del skadet på østsiderne, og dette desto mere udtalt jo nærmere man kommer Langeland.

Det specielle skadesbillede kan forklares ved, at saltvands-sprøjt ved vinden i vest og sydvest suges op ad pillernes østside af understykket - mest hvor bølgerne er størst - og at der her sker en langsommere udtørring af betonfladerne. Skaderne er størst nær pillesoklen og aftager op ad pilleskaftet.

Der er ingen skader på pillesoklerne under vand.

Broen får ny støbeasfaltbelægning oven på bitumenplade isolering og beskyttelsesmembran på kørebanen, idet der dog i midterfaget udlægges halvt tjæreepoxy, halvt acryl for at formindske egenvægten og derved muliggøre tungere transporter mellem Fyn og Langeland, hvor Langelandsbroens midterfag er det vægtbegrænsende element. Man får herved også et erfaringsgrundlag for disse tynde belægnings holdbarhed ved tung trafikbelastning. Lejerne kan kun inspiceres og males fra hængestillads.

Til al beton er der anvendt sand fra søen med et flintindhold på under 2% og bornholmsk granit og rapidcement.

Langlandsbroens opførelse er udførligt beskrevet i Ingeniøren, nr. 19, den 1. oktober 1962.

Bro 205-0009, OF af landevej 602, Egsmarkbroen ved Ringe er om-isoleret i 1978/79.

Til betonen blev der anvendt rapidcement, hvilket har affødt en mangelfuld tæthed (det kneb med at få betonen ud af trillebørene i sommervarmen), betonen var begyndt at afbinde under komprimeringen, også på grund af den lange transportafstand på ca. 15 km fra blandestedet, hvortil kommer, at grustilslaget er alkalireaktivt.

For at få vished om, at broen fortsat kan leve op til de trafikale krav blev der foretaget ultralydsmålinger til afklaring af hulheder i dækket og eventuelle lagdelinger.

Til supplerung heraf blev broen prøvebelastet til maximal nyttelast med samtidig måling af den akustiske emission og nedbøjning på midten, hvorved det blev godtgjort, at broen ikke kom i nærheden af brudtilstand, og at broens deformation lå nær den beregnede for en uskadet bro.

Broen blev helt omisoleret og kantbjælkerne imprægneret.

Bro 205-0006, UF af kreaturgang.

Tunnelen har for svag bæreevne, men ingen revner i betondækket, hvilket viser, at den åbenbart kan klare den nuværende trafikale belastning.

Brodækket er uisoleret og med bagfald, så der står pytter af vand, men der er ingen tegn på gennemsivninger.

Betonen er støbt af alkalikiselreaktivt grus, alkalikiselreaktive sten og med lavt cementindhold, hvortil kommer, at end ikke al cementen er aktiveret ved støbningen.

Tunnelen er fra 1935.

Bro 205-0005, UF af bane Odense-Svendborg. Vejbroen, der er fra 1935, ejes af DSB og er en buebro med tynd isolering, hvorover der er grus og vejbelægning. Betonbuens beton er klangfuld og uden skader.

Betonens materialer er formentlig de samme som ved Bro 205-0006, der ligger nærved.

Ud fra de nævnte bygværker er det nærliggende at konkludere, at man bør være desto større betænkelighed ved at reparere en bro jo ældre den er - men som et nødvendigt bygherresynspunkt er det at håbe, at de mangfoldige seriøse bestræbelser for at komme alkalikiselskader til livs må resultere i, at fremtidens broer bliver lige så vedligeholdelsesvenlige og -fri som broerne fra 1935 og før.

Bro 206-0003, UF af Rudkøbing løb, Langelandsbroen

NOGLE BYGHERREOVERVEJELSER

Beslutningen om at foretage en gennemgribende reparation hviler på de iagttagelser, der er gjort ved hovedeftersyn af samtlige tilgængelige konstruktionsdele i 1975.

Det var ikke muligt at undersøge pilleskafterne, men antallet af rustmærker og begyndende afskalninger indikerede, at der var en nedbrydning i gang, der betød mere end blot æstetisk tab, og behugninger har da også siden bekræftet, at tiden var inde til at begynde et reparationsarbejde.

Man kan udtrykke det på den måde, at hovedeftersyn med ikke over 10 års interval er nødvendige for store konstruktioner for at sikre sig, at deres funktion er intakt, suppleret med mindre omfattende eftersyn af færre udpegede svage steder til støtte for bedømmelse af, hvornår en reparation optimalt bør finde sted.

Det er bygherrens opfattelse, at reparationstidspunktet er noget nær det optimale og lykkeligvis nu kan gennemføres uden urimeligt store stilladser takket være Vejdirektoratets inspektions/reparationsplatforme.

Bortset fra en for stor pillevipning ved buefaget (denne fuge er nu låst fast) er det materialenedbrydning og ikke broens bevægelser, der har initieret reparationen.

Det bør dog fremhæves, at en tilsyneladende uskyldig forlængelse i en rækværkshåndlistesamling, hvorved umalede partier kom frem, også gav stødet til særlige undersøgelser af rullelejerens stilling end målinger på de indstøbte fixpunkter omkring dilatationsfugerne - dette sagt for at ingen bør glemme at gøre små nemme iagttagelser, der kan være nok så vigtige som "skadeanmeldere".

Eftersyn af lejer, kanaler, ophugninger mv. har givet en fornemmelse af skadesalvoren, men er ikke tilstrækkeligt til helt at fastlægge reparationsomfanget; og de under arbejdet fundne skader har da også nødvendiggjort, at arbejdet på pilleskafter og brodæksunderside varer tre gange længere end forudset på licitationstidspunktet.

Ud fra tankegangen om, at konstruktionens nedre bør istandsættes først, for ikke at tilstanden dér skal vise, at reparation af dens øvre del er spildt, er pillesoklerne undersøgt først, pilleskafter og dækunderside dernæst repareret og en renovering af brodæksoverside nu iværksat, før pillereparationen er afsluttet, fordi der på dette tidspunkt var fuld klarhed over deres tilstand og en istandsættelse af brodæksoversiden ikke burde udsættes yderligere. Man måtte i så fald frygte for, at en utæt isolering på oversiden ville bevirke en accelereren af en evt. "skade på den spændte armering".

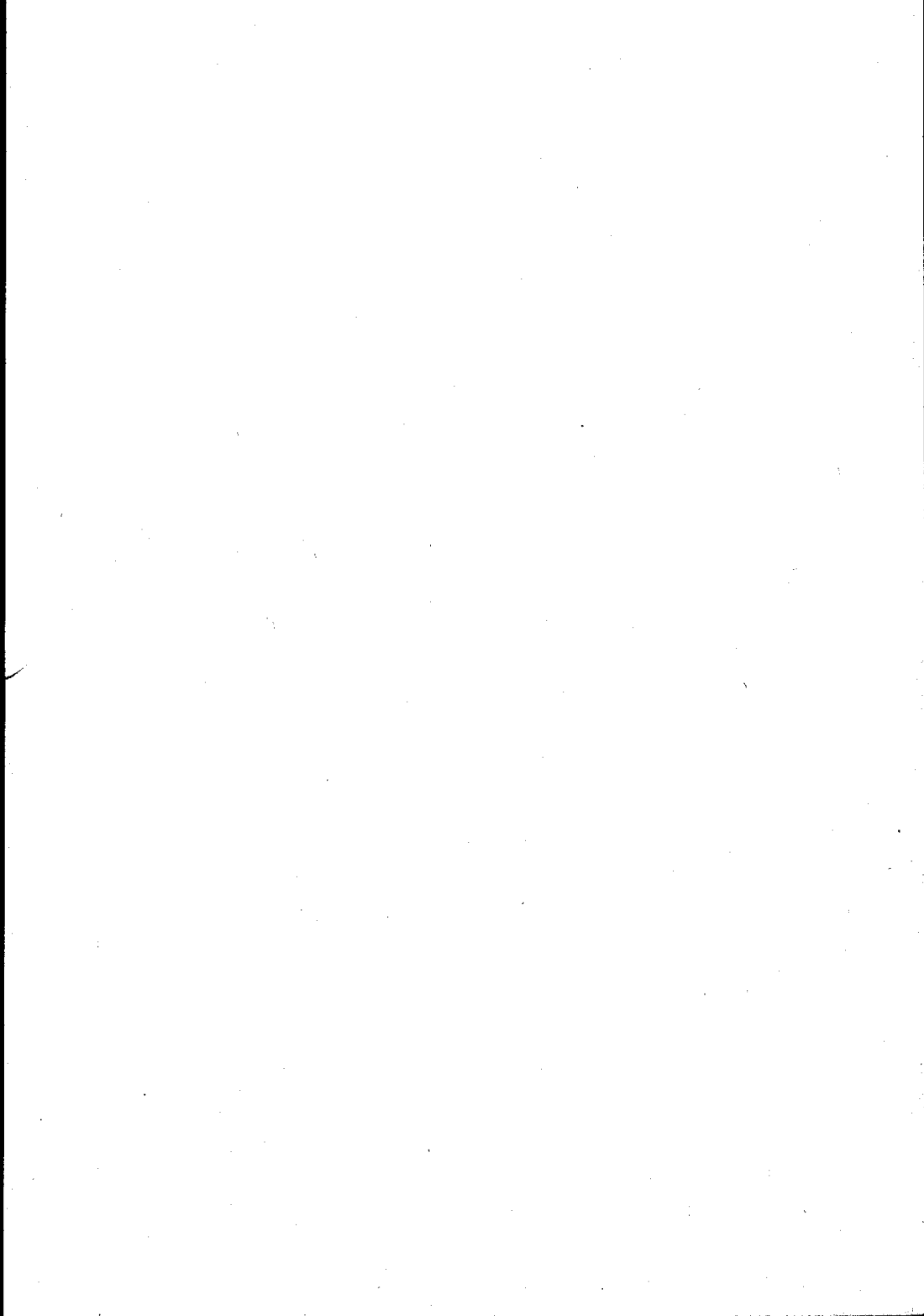
Hvor det bevillingsmæssigt kan være nødvendigt at vurdere det samlede reparationsbehov i kroner for alle landets bygværker pr. år som en procentsats af bromassens nyværdi, har det med de store variationer i materialekvalitet, arbejdsudførelse og miljø ingen rimelighed at ville forudsige det enkelte bygværks reparationsomkostning ud fra nyværdien eller sætte reparations-tidspunktet i nær relation til anlægstidspunktet.

For det enkelte bygværk kan en væsentlig øget trafikbelastning forrykke et sådant forudsagt reparationstidspunkt.

Endelig skal det nævnes, at man generelt set må regne med, at de indgående materialer, beton og belægninger mv. hver for sig har et tidsmæssigt set koncentreret ubrugelighedstidspunkt, hvorfor man ikke kan regne med at klare reparationer i småbidder. Hertil kommer, at reparation/udskiftning af noget ikke altid kan ske uden indgriben i andet.

Reparationsarbejdet synes således at pege imod, at færre og færre ting på grund af beløbsstørrelserne kan afholdes over bygværkernes driftskonti - i alt fald når det drejer sig om større bygværker - men at der i fremtiden må regnes med forholdsvis små driftsbevillinger, modsvaret af nogle hyppigt tilbagevendende større reparationsudgifter efter et mønster, der svarer til det, der gælder for længere samtidigt anlagte vejbelægninger.

Et forsigtigt gæt vil være, at den nu nær afsluttede reparation kan friholde Langelandsbroen for større reparationsudgifter i de første 20-30 år, svarende til den forventede levetid af den nu udlagte støbeasfaltbelægning på kørebanen.



dbf's nye logo og forside lay out er udarbejdet af
arkitekterne Flemming Adolph og Thorkild Simonsen

ISSN 0106-0406
ISBN 87-87823-32-2
TEKNISK FORLAG A/S - KØBENHAVN