

Forskningsprosjektet: Sikkerhet av betongkonstruksjoner

Viggo Jensen, seniorforsker, SINTEF Bygg og miljø

Sammendrag

Innenfor prosjektet er det foretatt en større spørreundersøkelse vedrørende norske betongdammers tilstand, skadeomfanget og reparasjoner. Undersøkelsen har gitt viktige statistiske data om disse forhold og om forventet skadeutvikling i tiden framover. Prosjektet har inneholdt langtidsmålinger av fuktighet og ekspansjon med hensyn på bestandighet av betong. Nedbrytning av betong i norske betongdammer skjer hovedsak av to prosesser: Alkalireaksjon (kjemiske - fysisk reaksjon) og fryse tine (fysisk prosess). Begge prosessene krever et høyt fuktinnhold i betongen i tillegg til en ugunstig betongsammensetning. Prosjektets undersøkelser viser at regnvann er en meget viktig kilde til vann/fukt i betong og at fuktprofiler er alminnelige. Fullskalaforsøk har vist at overflatebehandling eller impregnering med vannavvisende stoffer (monosilan) er i stand til å redusere betongens relative fuktighet til under et kritisk nivå. Overflatebehandling eller impregnering er derfor metoder som bør overveies brukt til rehabilitering eller som preventivt tiltak med mål å forlenge konstruksjoners funksjonstid og evt. sikkerhet. Dette forutsetter av fuktforholdene i hele konstruksjonen er blitt kartlagt og at vanninnholdet ytterst i betongen er under en kritisk grense. Befaringer av norske dammer viser at langtidsholdbarheten av dagens overflatebehandlinger (tykkfilm) i de fleste tilfeller er utilstrekkelig. Ved overflatebehandling er det derfor viktig å anvende de riktige produkter på de riktige konstruksjoner under de mest optimale forhold. F. eks er impregnering med vannavvisende stoffer (monosilan) en interessant produktgruppe.

1 Innledning

Foredraget gir resultater fra forskningsprosjektet "Sikkerhet, konstruksjoner i vassdrag, delprosjekt 2 "Sikkerhet i betongkonstruksjoner" (www.bygg.ntnu.no/ivb/forskn/nfrprosjekt/ghm/). Forskningsprosjektet var finansiert av Norges forskningsråd, "Grunnleggende energiforskning" som er et kompetanseoppbyggende program. Prosjektperioden var fra 1 juli 1997 til 31 desember 2000. I 1998 og 1999 omfattet prosjektet forfatterens postdoktorprosjekt. Innenfor prosjektet er det to hovedtemaer, nemlig 1) vurdering av tilstanden av norske betongdammer og 2) grunnleggende undersøkelser vedrørende fukt og effekt av overflatebehandling på betongkonstruksjoner. Foredraget omhandler hovedsakelig sist nevnte forskningsområde. Undersøkelse av fukt og effekt av overflatebehandling er dokumentert i form av in-situ målinger (relativ fugtighet, temperatur og rissviddemålinger) utført over flere år på forskjellige typer betongkonstruksjoner (cases: Dam, bru, kontorbygg, jernbanesviller) og mørtelprismer). I Norge er det begrenset dokumentasjon om fuktforholdene i betongkonstruksjoner og om overflatebehandling er i stand til å redusere betongens fuktighet. I et nylig avsluttet FoU prosjekt "Bestandige Betongkonstruksjoner" med prosjektledelsen av Statens vegvesen ble flere typer tykkfilm og impregneringer med vannavvisende stoffer undersøkt på flere marine brukonstruksjoner. Resultatene av undersøkelsene viste at impregnering med

vannavvisende stoffer (silan/siloksan) på betong med en vannmetningsgrad under 80% og påføring av tykkfilm var i stand til å redusere inntrenging av klorider i betongen. Derimot kunne det ikke måles noen reduserende effekt med impregnering av silan/siloksan i ”våt” betong med 100% vannmetning. Undersøkelsene har vist at betongens vannmetningsgrad er en meget viktig parameter for inntrenging av silan/siloksan. Resultatene antyder også det finnes en ”kritisk” vannmetningsgrad for impregnering med silan/siloksan som er større enn 80% og mindre enn 100%. Denne verdien er nødvendigvis ikke den samme for alle produkttyper og betongsammensetninger.

2 Mål

Prosjektets første mål var å få en landsdekkende oversikt over tilstanden, skader og reparasjoner i norske damkonstruksjoner. En annen viktig del av prosjektet var å vurdere tiltak for å redusere omfanget av skader forårsaket av alkalireaksjoner/frost. Spesielt viktig var det å kartlegge betongens fukttilstand i konstruksjoner og dennes variasjon over tid og sted. Dette da vann er en viktig parameter for nedbrytingsprosessene. Det skulle undersøkes om overflatebehandling var en egnet metode til å redusere eller stoppe nedbrytingen av betongen og derved forleng levetiden og opprette sikkerheten av skadede konstruksjonene. Holdbarheten av overflatebehandlinger på norske betongdammer skulle undersøkes. Utenlandske erfaringer innenfor rehabilitering og overflatebehandling av skadde konstruksjoner skulle implementeres i prosjektet.

3 Innhold

3.1 Spørreundersøkelse

For å vurdere tilstanden, skader og reparasjoner i norske damkonstruksjoner ble det utformet et spørreskjema sendt ut til alle vassdragsteknisk ansvarlige personer (VTA) i Norge (220 personer). Det skal her nevnes at VTA'er skal være godkjent av Norges Vassdrags - og energidirektorat (NVE), og for klasse 3 og 2 dammer være sivilingeniør med minst 3 år erfaring innenfor damsikkerhet samt godkjent damsikkerhets kursus. VTA personenes kompetanse var en forutsetning for spørreundersøkelsen. Spørreskjemaet inneholdt spørsmål vedrørende betongdammer, kraftverker, relaterte betongkonstruksjoner samt fyllingsdammer. Kun resultater fra betongdammer blir omtalt i foredraget. I 1998 ble det mottatt besvarelser fra 432 betongdammer, hvorav 287 av disse var klassifisert som hovedtyper. Dette tilsvarer 27% av alle registrerte betongdammer som er under offentlig tilsyn i Norge (NVE). Det store antall dammer antyder at spørreundersøkelsen er representativ for betongdammer i Norge.

3.2 Overflatebehandling på norske betongdammer

I prosjektet er flere norske og 2 svenske dammer befart. I Sverige er alkalireaksjon nylig blitt dokumentert å forekomme i betongdammer og det er begrenset viten om dette problemet. Flere av de norske dammer var tidligere overflatebehandlet med diverse typer

malingsfilm og mørtellag for å redusere skader forvoldt av alkalireaksjon. Formålet med befaringsene var å vurdere tilstanden av overflatebehandlinger og rehabiliteringer. Følgende dammer ble befart sammen med dameiere: I Norge: Hunderfossen dam, Valmen reguleringsdam (Osenssjøen), Embretsfoss dam, Skarfossen dam og Mæland dam i Rjukan og i Sverige: Gævundadammen og Store Skedvik dam.

3.3 Fullskala forsøk (cases)

For å vurdere fuktforholdene i betongkonstruksjoner er det utført flere fullskalaforsøk i samarbeide med konstruksjonseiere. Da undersøkelsene er av mer grunnleggende og generell karakter og ikke eksplisitt vedrører damkonstruksjoner inngår flere forskjellige typer betongkonstruksjoner i forsøkene som nevnt i det etterfølgende. I alle konstruksjonene blir relativ fuktighet og temperatur målt ved raminpinnemetoden og rissekspansjon ved trepunktmålinger (SINTEF rapport STF 22 A96807 og STF22 A97873). På betongkonstruksjonene foretas fuktmålinger i 2 dybder fra betongoverflaten. Flere typer overflatebehandlingssystemer ble testet for evne til å redusere fuktinnhold og rissviddeekspansjon i betongen. Alle forsøkene løper over flere år. Følgende konstruksjoner (cases) inngår i prosjektet:

- Veritas hus i Oslo, skadet av alkalireaksjoner hvor det testes 6 forskjellige overflate behandlingssystemer og det er montert 31 målesteder. Alle målesteder er på prefabrikkerte søyler og bjelker med tverrsnitt 33 cm.
- Jernbaneverket, sviller skadet av alkalireaksjoner. 2 prøveområder hver med 21 sviller som testes med 19 forskjellige overflatebehandlings-produkter. I alt 128 målesteder er etablert. I hver prøveområde er det 2 referenssviller. For å vurdere omfanget av skader og utviklingen av riss på skadde sviller er det forsøksvis opprettet 2 måleområder (hver med 100 sviller) hvor rissvidden blir målt på overflaten av sviller. Ved å gjenta målingene med års intervall er det mulig å beregne hvor hurtig ris ”vokser”.
- Dam Embretsfos skadet av alkalireaksjon. In-situ målinger på 10 målesteder i dammen (i tillegg er det montert målesteder i kraftstasjonen). Dammen er mekanisk reparert og forsøk med elektrokjemisk uttørring foregår (Elektropuls teknologier as)
- Elgeseter bru, Trondheim skadet av alkalireaksjon. In-situ målinger av fukt og dilatasjon på 19 målesteder. Dokumentasjon av raminpinnemetoden, fuktprofiler og test av 3 monosilan-produkter påført 3 søyler.

3.4 Laborieforsøk.

Det er utført et omfattende laborieprogram hvor 21 forskjellige overflatebehandlings produkter (inkl litium) og 3 forskjellige pozzolan blandinger eksponeres utendørs over lang tid. Alkalireaksjon er blitt akselerert i varierende grad før overflatebehandling. I alt er det framstilt 252 prizmer støpt med 0-8 mm reaktiv kataklasitt og industrisement. Ca 3 timer før overflatebehandling/impregnering ble prismene tatt ut av lagringskaret hvor

prismen var eksponert i 100% relativ fuktighet. Ekspansjon og relativ fuktighet blir målt over flere år i tillegg til visuelle undersøkelser. Det er videre framstilt blandinger med industrisement og reaktiv kataklasitt tilsatt 5% respektivt 10% silikastøv (av sementvekten) eller hvor industrisementen er erstattet med norsk flygeaskesement (20% flygeaske), i alt 45 prizmer. Alle prismene er eksponert ved 80 grader og 1 normal NaOH i 0 dg, 14 dg, 28 dg og 56 dg (kun pozzolanforsøk) og heretter satt ut for utendørs langtidseksponering.

3.5 Erfaringer fra utlandet

Rehabilitering og overflatebehandling av skadde betongkonstruksjoner skadet av alkalireaksjon og frost er foretatt i utlandet, med og uten suksess. For å implementere utenlandske erfaringer i prosjektet ble det derfor foretatt reiser til utenlandske forskningsmiljøer og firmaer som arbeider med samme problemstillinger. Det ble videre befart er meget stort antall skadde og rehabiliterte betongkonstruksjoner i utlandet.

4 Resultater

4.1 Spørreundersøkelsen

Resultatene av spørreundersøkelsen vedrørende betongdammer, kraftverker og andre betongkonstruksjoner er meget detaljert og omfattende. Det skal presiseres at etterfølgende resultater er basert på besvarelser av spørsmålene i spørreundersøkelsen.

- Hovedparten av alle dameiere oppfyller kravene stilt av NVE vedrørende periodisk tilsyn og hovedtilsyn.
- På betongdammer er det 4 % til 5 % ”mange” skader forårsaket av alkalireaksjon, frostnedbryting og dårlig utførelse av betongarbeidet
- Større dammer (høyere enn 15 meter) er tilsynelatende litt mer ”skadet” enn mindre dammer, spesielt i fuger og samlinger.
- Dammer bygd omkring 1950 –1960 har tilsynelatende flest skader.
- 40 % av dammer vurderes reparert mens 44% allerede er blitt reparert. 10 % av eksisterende reparasjoner er blitt reparert flere ganger.
- Planlagte reparasjonskostnader er oppgitt til 2538 mill NOK (12 % svar) og det er allerede reparert for 21115 mill NOK (36 % svar).
- Tilstanden i dammene og omfanget av skader kan medføre at 5 % til 9 % dammer i nær framtid skal rives eller bygges om eller det er risiko for driftstopp eller for sikkerheten
- Hvis skadene utvikler seg over tid er det risiko for driftstopp eller for sikkerheten for 5% små og 6 % store dammer innenfor 10 år, og 13 % små og 8 % store dammer etter mer enn 10 år
- Kraftverk er tilsynelatende mindre ”skadet” enn dammer, mens andre betongkonstruksjoner tilsynelatende er mer ”skadet” enn dammer.

Spørreundersøkelsen har gitt viktige informasjon om norske dammers nåværende tilstand og behov for tiltak i framtiden.

4.2 Dokumentasjon av fuktmålesystem

Betongens fuktighet er bestemmende for de fleste nedbrytingsprosesser f eks alkalireaksjon og frost. For alkalireaksjon anvendes en grenseverdi på 80% relativ fuktighet mens en "kritisk" vannmetningsgrad for frostnedbryting gjerne ligger omkring 95%. For dokumentasjon av fuktighet i betong og eventuell effekt av overflatebehandling har det i alle fullskalaforsøk og langtidseksponeerte mørtelprismer vært anvendt samme metode for måling av relativ fuktighet, nemlig "raminpinne metoden". Metoden ble utviklet under et tidligere NFR støttet forskningsprosjekt ved SINTEF "Alkalireaksjon i Nord-Norge" i 1993-1996. I prosjektperioden er det i felt foretatt korrelasjon mellom raminpinne montert i søyler på Elgeseter bru i Trondheim i 1995 og et svensk fuktmålesystem "Humi Guard". Målinger har dokumentert at raminpinnene fortsatt er pålitelige fuktsensorer ved høy fuktighet, selv etter 5 års kontinuerlig bruk. Samme resultat ble tidligere dokumentert mellom raminpinne og Ahead Hygro Temp fuktsensorer etter 3 års bruk. Variasjonen av relativ fuktighet over en periode på 5 år er beregnet til 1,6% standardavvik (Elgeseter bru).

4.3 Fullskala langtidforsøk, cases

4.3.1 Elgeseter bru

In-situ målinger i Elgeseter bru har dokumentert fuktprofiler i søylene med høyeste fuktighet i vestvendte flater hvor det også er størst påvirkning av regn. I vestvendte flater finnes også flest sprekker og de største rissvidder. I søyler/bjelke varierer relativ fuktighet fra 100% til 85%. Det kan ikke måles "dags - eller årsvariasjoner" i relative fuktighet 5 cm inne i betongen. Videre er det ikke signifikant forskjell på temperaturen på overflaten og 25 cm inne i betongen. Dilatasjonsmålinger har vist at sprekker er "levende" og utvider seg med varierende tilvekst helt opp til 0,15 mm om året.

I 1999 og 2000 ble 3 søyler overflatebehandlet med 3 forskjellige typer monosilan (hydrofoberende impregnering). Målinger høsten 2000 viser at ett av produktene har redusert fuktigheten i søylen og at det er en tendens til redusert fuktighet i søylen impregnert med et av de andre produktene. Målinger bør fortsett over lengre tid for å dokumentere denne vurdering.

4.3.2 Embretsfoss dam

In-situ målingene i Embretsfoss dam viser relativ fuktighet fra 98% til 100% i betongen. Fuktprofiler er ikke observert. Dilatasjonsmåling viser varierende "rissvidde tilvekst" helt opp til 0,25 mm per år. Overflatebehandling med en silikatmaling har ikke redusert betongens relative fuktighet. En pilar er mekanisk reparert og injisert med epoksy. Etter 3 år er det antydninger til at nye riss har oppstått i betongen. Elektrokjemisk uttørking i et forsøksfelt i samme pilar ble startet opp i desember 2000. Fuktmålinger etter ca 6 måneder viser en liten reduksjon av relativ fuktighet i målesonder (fra 100% til 96%). Vannmetningsgraden er ikke blitt målt.

4.3.3 Det Norske Veritas hus

I Det Norske Veritas Hus i Høvik ble in-situ målinger og forsøk med 6 typer overflatesystemer startet opp i 1998. Resultater av fuktmålinger etter mindre enn 2 år har dokumenter fuktprofiler og at overflatebehandling effektivt kan redusere betongens relative fuktighet fra ca 97% til ca 80%, 4-5 cm fra overflaten Dette er dokumentert på et stort antall målesteder (31) og sammenlignet med referanser uten overflatebehandling. Det kan ikke måles noen signifikante forskjeller mellom de forskjellige produkter. Resultatene av forsøkene ble i 2001 anvendt av DNV som beslutningsgrunnlag for overflatebehandling av hele byggverkkomplekset.

4.3.4 Jernbanesviller

Målinger av riss i jernbanesviller skadet av alkalireaksjon har vist at rissvidder økes over tid. Videre at det finnes en sammenheng mellom rissvidde og tilvekst. Større riss oppnår større tilvekst av rissvidde enn mindre riss. Gjennomsnittlig økning varierer fra 0,2 mm til 0,1 mm med enkeltmålinger helt opp til 0,75 mm per år. Forsøk med 19 forskjellige overflatebehandlingsprodukter (tykkfilm og vannavvisende stoffer) ble startet opp i perioden 1998 til 2000 men en eventuelle konklusjon på virkning kan først forventes etter lengre tid. Tabell 1 viser en oversikt over produkter som er påført sviller i prøveområde ”Trofors”. Samme produkter er påført sviller i prøveområde ”Fauske”.

Tabell 1. Oversikt over sville nr, produkter, typer og påføringsdato i prøveområde Trofors

Sv. nr	Firma	Produkt	Produkttype	Dato
1	SYLAN	Dynasytan BHN	<i>Isobutyl-tri-ethoxysilan</i>	1999-07-20
2	SYLAN	Dynasytan 100NK	<i>Isobutyl-tri-ethoxysilan med katalysator</i>	1999-07-20
3	Referanse	Ingen		
4	Rescon A/S	Primer E-10 + CEM-elastic	<i>Akryl emulsjon + Elastisk sement latex</i>	1999-08-16
5	Rescon A/S	Silimp 100 + Protect Coat.	<i>Silanblanding (ikke spesifisert) + metakrylat maling</i>	1999-08-16
6	Rescon A/S	Epoxy L	<i>Epoxy</i>	1999-08-16
7	Scancem A/S	Scansilan 240	<i>Alkyl alkoksysilan</i>	1999-08-16
8	Scancem A/S	Scansilan 241	<i>Alkyl alkoksysilan 40% i white spirit</i>	1999-07-19
9	Scancem A/S	Sil-imp 150	<i>Alkyl alkoksysilan + 20% oligomer siloxan i white spirit</i>	1999-08-16
10	Industrivern A/S	Tevekasil	<i>Alkyl alkoksysilan 60% i Isopropanol</i>	1999-07-19
11	Industrivern A/S	EverCrete	<i>Natriumsilikat i vann</i>	1999-08-16
12	Industrivern A/S	Decothane HS	<i>Polyurethane</i>	1999-07-19
13	SIKA A/S	Purigo Sol	<i>Alkalisilikat og polymerdispersjon</i>	1998-09-14
14	SIKA A/S	Pronto 19	<i>Metakrylat</i>	1999-10-19
15	SIKA A/S	Conservado 30	<i>Oligomer-siloxan med isopropanol (% ukjent)</i>	1998-09-14
16	Radcon A/S	Formula #7	<i>Dinatriummetasilikat</i>	1999-08-20
17	Radcon A/S	Penetron	<i>Sementprodukt</i>	1999-07-29
18	Masterbuilders	Master Seal SI 40	<i>Organosilan ester 40% oppløsning i Isopropanol</i>	1999-08-20
19	HALFEN-FRIMEDA	WP-55 + Technoriv AC 100	<i>Siloxan kompleks i løsemiddel + Akryl oppløsning (maling)</i>	1999-09-28
20	Optiroc	Wacke cream imp.	<i>Silan (ikke spesifisert)</i>	1999-09-28
21	Referanse	Ingen		

Et av produktene (silan) har en signifikant mindre rissvidde tilvekst enn andre produkter, etter ca 1 år. Fuktmålinger viser relativ fuktighet fra 100% til 86% med en del variasjoner i fuktigheten mellom sviller

4.4 Langtids mørtelprismeforsøk

Langtidsforsøk av utendørseksponerte mørtelprismer overflatebehandlet med samme 19 produkter som på sviller ble startet opp i 1999. Foreløpige resultater antyder at prizmer behandlet med monosilan oppnår størst reduksjon av relativ fugtighet sammenlignet med referanser og andre produkttyper. To malingsprodukter oppnår høye fuktigheter og i tillegg ekspanderer mørtelprismene. Foreløpige resultater antyder at produkttypene har varierende effekt på relativ fuktighet og ekspansjon. Tilsetning av 10% silikastøv og 20% flygeaske av sementvekten hindrer alkalireaksjon effektivt selv i et meget sterkt aggressivt miljø som den Sør Afrikanske mørtelprismemetode i 56 dager.

4.5 Befaring av Norske dammer

Befaringene av norske overflatebehandlede dammer viste en generell dårlig holdbarhet av produktene. Verst skadet var overflatebehandlingene på Hunderfossen dam påført i 1990 og Valmen reguleringsdam med produkttypen polyurethane påført i 1989. Best observert holdbarhet var produktet "Miracote" (sement/mineraler i en urethane emulsjon) påført dammer i Rjukan området for ca 15 år siden. Epoksymenbranen på vannsiden av damplater i Skarfossen dam (1989) i Rjukan var kun litt skadet av isskuring men ellers intakt under vannivå.

4.6 Erfaringer i utlandet

Erfaringer i utlandet med hensyn på rehabilitering og overflatebehandling av betongkonstruksjoner skadet av alkalireaksjon og frost er ikke entydige. I mange land (f. eks Island, England, Danmark, Japan, New Zealand, Australien og Canada) er betongkonstruksjoner blitt overflatebehandlet på kommersiell basis eller i form av forskningsforsøk. Meget få av disse betongkonstruksjoner er blitt dokumentert mhp effekt av overflatebehandling eller langtidsholdbarhet. Forskningsforsøk ble i mange tilfeller avsluttet uten dokumentasjon av resultater når prosjektets finansiering var oppbrukt (f. eks forsøk på Charles Car Park og Exceter hospital i England). Det finnes dog eksempler på at overflatebehandling er blitt fulgt opp over lengre tid.

- I Danmark ble flere motorveisbruer skadet av alkalireaksjon overflatebehandlet med en elastisk akrylmaling. Bestandigheten av overflatebehandlingene 15 år etter påføring viser en generell god holdbarhet men i flere tilfeller er malingen sprukket opp og i enkelte tilfeller er betongen helt smuldret på grunn av frost.
- I Quebec city, Canada ble forsøk med monosilan impregnering av glidestøpt betongautovern skadet og uskadet av alkalireaksjon iverksatt i 1991. In-situ måling av ekspansjon av sprekker og relativ fuktighet viser at ekspansjonen av sprekker

forårsaket av alkalireaksjon er betydelig redusert og at betongens relative fuktighet er redusert selv etter 6 år. I betong uskadet av alkalireaksjon på påføringstidspunktet har overflatebehandling med monosilan redusert skadesomfanget (sprekker) betydelig i forhold til ubehandlet betong som i dag fremstår oppsprukket. Videre oppnås en estetisk gevinst da misfarging og sprekker blir mindre synlige.

- I Sør Afrika ble en større veibru skadet av alkalireaksjon overflatebehandlet med monosilan. Etter 10 år ser det ut som overflatebehandlingen stadig virker og har redusert ekspansjonen forårsaket av alkalireaksjon.

I Japan er overflatebehandling med forskjellige malingstyper samt impregnering med Lithium og monosilan utført på flere betongkonstruksjoner skadet av alkalireaksjon. Tilstrekkelig dokumentasjon angående effekt og langtidsholdbarhet har det ikke vært mulig å framskaffe. I Japan er det stor tiltro til at impregnering med monosilan og Litium har en reduserende effekt på alkalireaksjon.

5 Konklusjon

Spørreundersøkelsen viser at hovedparten av alle dammeiere oppfyller krav stillet av myndigheter. I opp til 5% av norske betongdammer er det ”mange” skader forvoldt av frost, alkalireaksjon eller utilstrekkelig utført arbeid fra konstruksjonsperioden. I tilfeller ”skader” utvikler seg over tid, er det på kort og langt sikt risiko for driftstopp eller for sikkerheten, i et relativt stort antall små og store dammer. Nåværende og framtidig tilstand av norske betongdammer antyder nødvendigheten av stor aktivitet innenfor rehabilitering av dammer og derved betydelige kostnader for byggeiere.

Langtidsmålinger på konstruksjoner viser at mikroklimaet har stor betydningen på fuktforholdene i betong. Fuktprofiler viser at regnvann er en meget viktig kilde til vann/fukt i betong. Fuktprofiler kan også forklarer de målte variasjoner av relativ fuktighet og ekspansjon i og mellom konstruksjonselementer. Fullskalaforsøk har vist at overflatebehandling eller impregnering med hydrofoberende stoff (monosilan) er i stand til å redusere inntrenging av vann og derved redusere betongens relative fuktighet til under et kritisk nivå for alkalireaksjon. Teoretisk sett vil skader av alkalireaksjon (og frost) herved bli mindre eller eliminert. Overflatebehandling, og mest interessant impregnering med monosilan, er derfor metoder som bør overveies brukt til rehabilitering, eller som preventivt tiltak, med mål å forlenge konstruksjoners funksjonstid. Dette forutsetter at fuktforholdene i betongkonstruksjonen er kartlagt og at andre kilder til vann ikke forekommer f. eks kapillærsug. Det er meget viktig at vannmetningsgraden er under en ”kritisk verdi” før impregnering med vannavvisende stoffer. Befaringer av norske dammer har vist at langtidsholdbarheten av overflatebehandlinger (tykkfilm og mørtellag) i de fleste tilfeller var utilstrekkelig. Ved overflatebehandling er det derfor viktig å anvende de riktige produkter på de riktige konstruksjoner under de mest optimale forhold.

6 Publikasjoner fra prosjektet

Viggo Jensen et al. 1997: ”Deterministiske modeller for beregning av restlevetid av betongkonstruksjoner” SINTEF rapport STF22 A97874, 196 sider (Avsluttet i FoU prosjektet, åpen rapport)

Viggo Jensen 1997: ”Fukt – og dilatasjonsmålinger: Dokumentasjon av metoder of langtidsmålinger i en betongbru og en betongdam”, SINTEF rapport STF22 A97873, 36 sider + 4 vedlegg, åpen rapport

Viggo Jensen 1999: “Alkalireaksjoner ikke i mål?”. Betongindustrien, nr 2, 31 årgang side 32-34

Viggo Jensen (revisjon 1999): "Regional Specification and Recommendations for avoidance of damaging alkali silica reactions in concrete: Norway", Report by CEN TC 104/SC1/TG9 (editor Philip Nixon), 70pp

Viggo Jensen (editor, main author) 2000: RILEM Recommended Test Method TC 106-1, Detection on potential Alkali-Reactivity of Aggregates: Petrographic Method – Final draft (publiseres i Rilem Materials and Structures som Rilem AAR 1 metode)

Viggo Jensen 2000: ”Det norske Veritas hus i Oslo: Vurdering av overflatebehandling med mål å minske skader forårsaket av alkalireaksjon” Postdoktorprosjekt 1998-1999, arbeidsrapport av 5 september 2000, 12 sider + 9 vedlegg, åpen rapport

Viggo Jensen 2000: “Relative Humidity and Expansion of Cracks in Protected and Non protected Structures damaged by Alkali Reaction”. 2000 International Conference – Repair, Rehabilitation and Maintenance of Concrete Structures, and Innovation in Design and Construction, Seoul, Korea – September 19-22, 2000

Viggo Jensen 2000: ”Alkalireaksjon i sviller”, Betongindustrien nr 2, 2000.

Viggo Jensen 2000: “In-situ Measurement of Relative Humidity and Expansion of Cracks in Structures Damaged by AAR”. Proceeding of the 11th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete, Quebec, Canada, 11-16 June 2000, 10pp

Viggo Jensen 2001: ”Survey about damage, Repair and Safety of Norwegian Concrete Dams”, ICOLD European Symposium, Geiranger, Norway 25-27 June 2001, 8pp

Viggo Jensen 2001: ”In-situ målinger på Veritas hus inntil 11-01-2001”, SINTEF Notat, 3 sider + 4 vedlegg, fortrolig

Viggo Jensen 2001: ”Statusrapport over tilstandsundersøkelser og reparasjonstiltak på dam Embretsfoss i perioden 1993 til 2001, SINTEF rapport STF22 A01608 , 27 sider + 3 vedlegg, åpen rapport

Viggo Jensen 2001: ”Embretsfoss kraftstasjon: Status over undersøkelser i perioden 1993 till 2001” SINTEF notat av 2001-03-23, 9 sider + 3 vedlegg, fortrolig



Norsk betong - og tilslagslaboratorium AS, Osloveien 18 B, 7018 Trondheim www.nbti.no
Norwegian Concrete and Aggregate Laboratory Ltd, Osloveien 18 B, 7018 Trondheim Norway

Viggo Jensen: "Overflatebehandling og langtidsmåling av fukt og dilatasjon på norske betongkonstruksjoner: Resultater fra et postdoktorprosjekt", (under utarbeidelse)

Viggo Jensen & Gabriel Lorenzi. 1999: "Rilem petrographic Method for Analysis of Alkali Reactive Concrete Aggregates". Proceeding of the 7th Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials, Delft, The Netherlands, June 29-July 2, p143-p153

Viggo Jensen & Benoit Fournier 2000: "Influence of Different procedures on Accelerated Mortar Bar and Concrete Prism Tests: Assessment of Seven Norwegian Alkali-Reactive Aggregates". Proceeding of the 11th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete, Quebec, Canada, 11-16 June 2000, 10pp

Viggo Jensen V & Morten Skoglund 2000: "Spørreundersøkelses vedrørende tilstanden til norske betongdammer, fyllingsdammer og kraftverker", SINTEF rapport STF22 A01603, 59 sider + 5 vedlegg, åpen rapport

Erik Thorenfeldt og Viggo Jensen 2001: "Alkalireaksjon i sviller 2000: Belastningsprøving, måleområder og prøveområder", SINTEF Rapport STF22 F01605, 34 sider + 6 vedlegg, fortrolig rapport

Gabriel Lorenzi, Eddy Poty, Viggo Jensen and Diano Antenucci 2000: "A Sedimentological Approach to predict the Reactivity of the Limestone's Regarding the ASR". Proceeding of the 11th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete, Quebec, Canada, 11-16 June 2000, 10pp