



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



**Rapport**

**R53:1978**

**Tätning av läckande  
betongkonstruktioner  
utsatta för höga  
vattentryck**

**Klas Cederwall  
Gösta Werner**



**Byggforskningen**

R53:1978

TÄTNING AV LÄCKANDE BETONGKONSTRUKTIONER  
UTSATT FÖR HÖGA VATTENTRYCK

Klas Cederwall  
Gösta Werner

Denna slutrapport hänför sig till forskningsanslag 770052-1  
från Statens råd för byggnadsforskning till Inst. för vatten-  
byggnad, KTH, Stockholm.

I Byggeforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

Nyckelord:

betongkonstruktioner  
dammar  
grundmurar  
vattentäthet  
läckor  
reparationer  
läggning  
tätning  
tätskikt  
material  
arbetsmetoder

UDK 699.82  
69.059.25  
693.5

R53:1978

ISBN 91-540-2876-0  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1978 854992

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD . . . . .	4
SAMMANFATTNING . . . . .	5
1 INLEDNING . . . . .	7
2 SKADETYPEN . . . . .	8
3 LAGNINGSMETODER . . . . .	9
3.1 Sprickor utan rörelse . . . . .	9
3.11 Åtgärder mot fuktfläckar . . . . .	9
3.12 Tätning av betongytan nedströms . . . . .	9
3.13 Drevning av sprickor nedströms . . . . .	10
3.14 Injektering . . . . .	10
3.2 Rörelsesprickor, dilatationsfogar . . . . .	12
3.21 Tätning med nytt fogband . . . . .	13
3.22 Tätning med "tätlist" . . . . .	14
3.23 Tätning enligt Vattenfall . . . . .	14
3.24 Åtgärder för tätning av dilatationsfog som läcker p g a otät ingjutning av fogband (fogbleck) . . . . .	15
3.3 Otät betong . . . . .	15
4 MATERIAL FÖR INJEKTERING . . . . .	16
5 UTRUSTNING FÖR PLASTINJEKTERING . . . . .	17
6 KONTROLL AV UTFÖRANDET . . . . .	18
7 EKONOMI . . . . .	19
8 ANGELÄGEN FORSKNING . . . . .	20
REFERENSER . . . . .	23
B. Intervjuer . . . . .	24

## FÖRORD

Föreliggande skrift utgör slutrapport till Statens Råd för Byggnadsforskning enligt kontrakt nr 770052-1.

Ägare av byggnadsverk utsatta för ensidigt vattentryck har ofta anledning bekymra sig över läckage genom sprickor och fogar i betongen. Under åren har framkommit ett antal mer eller mindre lyckade metoder att tätta läckande betongkonstruktioner. I dag anser man att man behärskar de flesta förekommande fall. Dagens metoder är i vissa fall patenterade och bygger i regel på erfarenhet och hantverksskicklighet hos den personal som utför arbetet.

Föreliggande skrift är en sammanställning av en litteratursökning avseende svensk och utländsk litteratur samt intervjuer med ett antal i branschen verksamma konsulter, entreprenörer och egenregibyggare. Skriften är i första hand tillägnad beställare av reparationsarbeten. Det visar sig nämligen ofta att anbudsunderlag är vagt formulerade och i vissa fall föreskriver metoder och material som inte är förenliga med god praxis. En sammanställning av förekommande metoder och deras förutsättningar bör vara till god hjälp vid framställningen av anbudsunderlag liksom senare vid upphandling och genomförande.

Stockholm i februari 1978

Författarna

### Sammanfattning

Läckande betongkonstruktioner måste förr eller senare tätas för att förhindra uppkomsten av skador p g a urlakning, rost och frost. Uppgiftens syfte var att sammanställa litteratur om och erfarenheter av metoder för tätning av betongkonstruktioner.

Rapporten bygger på en inventering av svensk och utländsk litteratur i ämnet jämte intervjuer med i Sverige verksamma personer i branschen.

En läckande betongkonstruktion tätas i regel säkrast från uppströms- sidan och helst sedan betongen fått torka. Ur driftssynpunkt är arbete från nedströmssidan (luftsidan) med kvarstående vattentryck att föredra, ibland rent av nödvändigt. Rörelsefria sprickor kan med fördel injekteras - grova sprickor med cement, fina (<1,0 mm) med epoxiplast - alternativt överbryggas med någon form av yttätning.

Läckvattnet måste avledas tills en provisorisk tätning kunnat anbringas. Vid plastinjektering används dräneringsslangen för tillförsel av injekteringsvätska.

Rörliga sprickor skall normalt inte injekteras utan förses med en dilaterande tätlist i den uppbilade sprickan. Injektering med mjukgjord epoxi i en vidgad spricköppning provas f n på sprickor med liten rörelse. Otät (porös) betong kan ibland injekteras men måste oftast förses med helt täcksikt. Detta kan, som det skyddas mot frost, oftast placeras på luftsidan.

Uppgifter för forskning inom området finns t ex vad avser material, där man efterfrågar en mindre toxisk ersättare till epoxiplast. Vidare borde kriterier formuleras för ett tidigt beslut om reparation i de fall en mindre läcka kan förväntas leda till omfattande skador längre fram. På metodsidan efterfrågas en metod att anbringa tätskikt på uppströmssidan under vattnet.





Behov av lämplig metodik för tätning av läckande betongkonstruktioner sammanhänger bl a med ett ökande intresse för istandsättning och upprustning av befintliga äldre dammbyggnader och andra vattenbyggnadskonstruktioner. Tätning är också aktuell i samband med grundvatteninläckning genom husgrunder. Läckaget skapar inte bara olägenhet för husägaren utan kan även bidra till grundvattensänkning, speciellt i områden där infiltrationsmöjligheterna är små. Det genomsipprande vattnet verkar i allmänhet förstörande på betongen genom utlösning av kalciumbikarbonat. Samtidigt rostar förefintlig armering med sektionsförlust och eventuell lossprängning av täckskikt som följd. I konstruktioner utsatta för kyla ökar dessutom risken för frostskador.

Viljan att reparera en skada styrs av å ena sidan angelägenhetsgraden som kan variera alltifrån behov av omedelbar åtgärd p ga fara för konstruktionens bestånd till rent estetiska synpunkter på betongytornas utseende - i vissa fall kan krav på reparation vara dikterade av myndighet eller hot om skadeståndsanspråk från tredje man - och å andra sidan kostnad och tillgängliga resurser.

Det är sannolikt att antalet utförda reparationer kommer att öka under kommande år. För detta talar dels det i största allmänhet ökande intresset för renovering av äldre byggnadsverk, dels det självklara faktum att det alltsedan seklets tidiga decennier ökade betongbyggandet medfört att alltfler konstruktioner nu börjar nå en ålder då skador uppträder i besvärande omfattning. Till detta kommer att nya material som t ex PVC-fogbanden, vilka blev vanliga på 60-talet, från början i vissa fall hade åldringsegenskaper som med ett försiktigt uttryck kan betecknas som otillfredsställande. Särskilt i kombination med ett felaktigt montage kan försprödningen efterhand helt äventyra funktionen hos ett tätningsband i en dilatationsfog. Risken ökar genom att fogen öppnar sig som mest i kyla då även PVC:n är som sprödest.

Tätning av en läckande betongkonstruktion utsatt för högt vattentryck utförs med fördel på trycksidan. Där är i allmänhet chansen att lyckas störst genom att vattentrycket hjälper till att hålla tätningsmedlet mot betongen. Mot detta förfarande talar att trycksidan i vissa fall (t ex tunnelinfodringar) är fysiskt helt oåtkomlig, och för övrigt i allmänhet är åtkomlig först efter dyrbara åtgärder för torrläggning. Föreliggande skrift behandlar därför väsentligen sådana tätningsåtgärder som kan utföras från nedströmssidan - "luftsidan" - av konstruktionen.

Innan man angriper ett läckage måste man göra klart för sig vilken typ av skada som orsakat läckaget. Man kan skilja mellan tre huvudtyper.

1. Spricka utan rörelse (orsak: krympning, tillfällig överbelastning, även s k temperatursprickor, felaktigt utförd gjutfog).
2. Spricka med fortsatt rörelse, även dilatationsfog (orsak: temperaturrörelser, sättningar, fel utförd eller skadad tätning i dilatationsfog).
3. Otät betong (orsak: ofullständig komprimering, "mager" betongsammansättning, kemikalieangrepp).

De lagningsmetoder som beskrivs i det följande är väsentligen relaterade till symptomen - dvs läckaget och dess omedelbara orsak. Det är självklart att, om den djupare orsaken till skadan består, en lagning får ett i motsvarande mån begränsat värde. Stora fortgående sättningar, t ex, bör givetvis hejdas eller begränsas, vid äventyr lagningen måste upprepas inom kort.

### 3 LAGNINGSMETODER

#### 3.1 Sprickor utan rörelse

Vad avser åtgärder kan sprickor delas in i mycket fina (sprickvidd  $< 0,1$  mm) och övriga. De finaste sprickorna behöver normalt inte behandlas alls då de brukar "självläka" p g a karbonatutfällning, varvid eventuellt vattenflöde avstannar. Eventuella besvärande fuktfläckar kan dock ofta tas om hand, se nedan.

Sprickor grövre än 0,1 mm kräver ofta åtgärder. I princip kan man tänka sig att försegla endera uppströms- eller nedströmsytan, att dreva sprickan på endera sidan, eller att injektera sprickan. Alla dessa metoder har i och för sig tillämpats. Tätning från uppströmssidan brukar gå bra, om betongen först får tillfälle att torka ut. Metoder finns beskrivna t ex i [10, 11]. Här nedan behandlas endast sådana åtgärder som kan utföras från luftsidan.

Gemensamt för alla lagningsmetoder är att all defekt betong måste huggas bort. Annars fäster inte lagningsmaterialet eller också uppstår nytt läckage vid sidan om lagningen.

#### 3.11 Åtgärder mot fuktfläckar

Självläkningen kan i vissa fall påskyndas genom uppvärmning och ventilation av betongytan. Därvid ökar avdunstningen vid ytan vilket i sin tur leder till snabbare utfällning av kalciumkarbonat som tätar porerna.

En annan metod som har provats med framgång [11] går ut på att åstadkomma ett tätskikt längre in i betongen. Runt omkring fuktfläcken borras ett antal hål c/c ca 100 mm  $\phi$  8 à 10 mm, ca 100 mm djupa. Härigenom ökas vattenflödet mot det fuktiga området. Kalkutfällningen ökar men koncentreras ett stycke in i betongen. När hålen börjar verka torra har ett tätande skikt utbildats inne i betongen och hålen kan proppas igen. Förfarandet upprepas eventuellt med en inre ring. Fuktfläcken brukar sedan inte återkomma.

#### 3.12 Tätning av betongytan nedströms

Metoden att täta själva betongytan har ett antal nackdelar. Om ytan kommer att utsättas för frost är den direkt olämplig. Det fria vattnet omedelbart innanför ytan kommer förr eller senare att frysa loss lagningen. Problemet kan naturligtvis kringgås genom uppvärmnings- och isoleringsåtgärder. I vissa typer av konstruktioner måste det ökade upptrycket vid nedströmsytan beaktas ur stabilitetssynpunkt (gäller i första hand horisontella sprickor eller förgrenade spricksystem). Arbetsgången är följande:

1. Sprickan huggs upp och tätas provisoriskt med snabbbindande bruk. Vid höga tryck eller stora flöden kan en tillfällig dränering behöva läggas in i sprickan.

2. Sprickan och ev ytskador lagas ut. Materialvalet beror något av vilka volymer det är fråga om liksom av vilket permanent tätningssystem som används. I regel används epoxiprimer i botten, därefter ifyllnad med cement eller epoxibruk.
3. Tätskiktet appliceras. Detta kan bestå av en hårdplast (företrädesvis epoxi) oftast med mjukgörare. Platen läggs på till föreskriven tjocklek (ofta 2-5 mm) och kan eventuellt armeras med t ex glasfiber. Platen kan t ex läggas i dubbla skikt med det undre skiktet mjukgjort, varvid förmågan att överbrygga sprickor med små rörelser förbättras [I] .

Som alternativ till plast finns system med cementbaserad slamma och armeringsmatta (kanadensiskt patent) [I]. Inom Vattenfall [II, IV] har även använts ett danskt system, Vandex, vilket bygger på en omvandling av kalken i betongens ytskikt till ett tätt olösligt skikt. Systemet förutsätter att betongytan är öppen, varför alltså epoxispackling skall undvikas. Vandexmetoden synes vara avsedd i första hand för tätning av hela ytor och inte specifikt för sprickor. Även en "orörlig" spricka kan öppnas något och då är sannolikheten stor att en ytlig cementlagning slår upp igen.

### 3.13 Drevning av sprickor nedströms

Olika varianter av drevning, även fogmassa, har prövats för permanent tätning, nästan alltid med nedslående resultat. Tätningen fryser ut, vattnet letar sig fram vid sidan om, massan släpper p g a dålig vidhäftning etc. Arbetet måste förberedas ungefär som en injektering och blir dyrbart, varför det i allmänhet torde vara klok politik att kosta på sig en injektering direkt.

### 3.14 Injektering

Injektering är den metod som på senare år blivit dominerande vad avser lagning av djupa sprickor i betong. I motsats till tidigare refererade metoder kan injekteringen även återställa konstruktionens statiska verkningsätt vilket i många fall är den dominerande bevekelsegrunden. Injektering av vattenbyggnadskonstruktioner i betong (eller murverk) utförs med i huvudsak två materialtyper, nämligen cement resp hårdplast (i regel epoxi, se nedan under material).

Cement (SH-cement + tillsatsmedel) kan normalt användas för sprickor >1,0 mm. Numer finns dessutom en extremt finmalen och vindsiktad cementsort av engelsk tillverkning med kornstorlek ca 30  $\mu$ m, vilken kan användas för injektering ned till 0,3 mm sprickvidd. Prov pågår f n med sprickvidder nedemot 0,2 mm. Resultaten avses redovisas under våren 1978. Cement kan ej användas i vattenförande sprickor p g a risken för urspolning. [VI, I] .

Plast av tvåkomponenttyp kan användas för normalt förekommande

sprickvidder ( $>0,1$  mm). Vid grova sprickor kan plasten ges en inblandning av filler för att sänka materialkostnaden. Numer finns plast som fäster vid betong och härddar även i närvaro av vatten. Plasten blandar sig ej med vattnet varför en måttlig vattenföring i kontaktytan är betydelselös.

Beroende på vattentryck, sprickvidd och betongens beskaffenhet m m används i Sverige normalt endera av lågtrycks- resp högtrycksmetoden för injektering. Den förra, enklare, metoden kan användas i fall med inget eller ringa vattentryck medan högtrycksmetoden måste tillgripas vid högt ensidigt vattentryck. Förfarandet skiljer sig inte nämnvärt mellan olika entreprenörer. Metoderna beskrivs härnedan i korthet.

#### Lågtrycksmetoden

1. Injekteringsnipplor limmas eller borraras fast tvärs över sprickan. Avståndet mellan nipplorna bestäms av sprickvidden och konstruktionens tjocklek, vanligen 10-30 cm.

Finare sprickor måste vidgas i V-form så att tätningsbruket får fäste i sprickan (gäller ej torra sprickor).

2. Sprickan spacklas över med snabbbindande bruk, varvid sprickvattnet dräneras genom nipplorna (för torra sprickor används härdplastspackel).
3. Injektering utförs med hjälp av handpump, alternativt tryckkärl och kompressor, vanligen med tryck understigande 100 kPa ( $1 \text{ kp/cm}^2$ ). Injektering sker i ett hål i taget - med start i lågpunkt - tills injekteringsmedel tränger ut i det framförvarande. Färdigt hål pluggas och injekteringen fortsätter i framförvarande.
4. Efter härdning avlägsnas nipplorna och betongytan återställs.

[I , VI , 12 + flera utländska källor t ex 6] .

#### Högtrycksmetoden

1. Spricköppningen bilas ur i V- eller U-form ca 50 mm djupt.
2. I botten på sprickan placeras en slang, öppen mot sprickan (halvslang eller perforerad). Slangen förses med anslutningar för injektering. Var och en av dessa skall sedan förses med högtrycksventil.
3. U-öppningen spacklas igen med snabbbindande spackel. Slangen, som har utlopp genom anslutningarna, fungerar nu som dränering medan spacklet binder.
4. Sprickan injekteras i princip nedifrån. Slangen fungerar som tryckfördelare men trycket kontrolleras på



flera nivåer och injektering kan utföras genom flera anslutningar samtidigt. Vid genomtryckning (tryckförlust) kan arbetet behöva avbrytas för att återupptas efter partiell härdning. Injekteringsstrycket kan stiga till 2 à 3 MPa (20 à 30 kp/cm<sup>2</sup>).

5. Efter partiell härdning eftertrycks för kontroll.
6. Ytan efterlagas med cementbruk eller epoxibruk (ersätter spacklet).

[I , II , III , V , VI , 3 , 12 , 14]

Varianter på nämnda metoder förekommer i utländsk litteratur. En vanlig metod förefaller vara att helt försegla sprickan (utan dränering). Därefter borras injekteringshål snett från sidan så att de korsar sprickan ca 150-200 mm innanför ytan. Injekteringen måste bedrivas ett hål i taget (som låg-trycksinjekteringen) för att säkerställa att injekteringsmaterialet bryggas över hela sträckan mellan angränsande hål. [7 , 10].

### 3.2 Rörelsesprickor, dilatationsfogar

En spricka med rörelsefunktion kan inte lagas med injektering i vanlig mening - nya sprickor slår ofelbart upp antingen i injekteringsmaterialet, i gränsytan eller i betongen intill, var beror på de relativa styrkeförhållandena. Man torde inte heller lyckas ens med mjukgjorda fogfyllnader. Med en fogrörelse i samma storleksordning som sprickvidden eller större lär man svårigen finna ett tätande injekteringsmaterial med erforderlig styrka, elasticitet och vidhäftning.

Den åtgärd som normalt står till buds är att bygga om sprickan till en "äkta" dilatationsfog. Här nedan refereras tre principiellt olika metoder. Samtliga kan med fördel appliceras även på uppströmssidan, varvid dock i förekommande fall beaktas risken för is- eller andra mekaniska skador.

En dilatationsfog med fogband (fogbleck) som läcker har i regel drabbats av en eller flera av nedanstående åkommor.

1. Ofullständig kringgjutning av fogbandet, t ex p g a otillräcklig vibrering, otillräcklig stagning i formen, betongseparation, asymmetrisk montering (se 2).
2. Fogbandet avslitet p g a felaktig montering (t ex dilatationsdelen fastgjuten). Dessutom försämrade ingjutning på ena sidan, se fig 1.

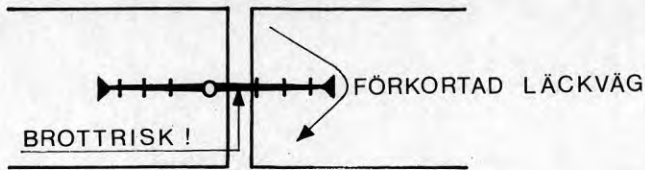


Fig 1. Felaktigt monterat fogband.

3. Svetskarvar (lödskarvar) i fogbandet felaktigt utförda.
4. Lokal skada på fogbandet p g a mekanisk åverkan, t ex av betongspill i fogen.
5. Dilatationen har varit av annan storlek och/eller riktning än av konstruktören förutsatt. Fogbandet avslitet.
6. Fogbandet har haft dåliga åldringsegenskaper och förspödats. Går efterhand sönder på flera ställen.

Skadefall 1 ovan är troligen det vanligaste. För detta fall beskrivs två tätningssåtgärder som har lyckats i vissa fall. I övriga skadefall måste fogen betraktas som en läckande spricka m.a.o. måste tätningen ersättas i sin helhet. Fenomenet med åldring av PVC-fogband är känt. Det är troligt att antalet läckage av denna anledning kommer att öka.

Nedan refererade spricklagningsmetoder (1-3) förutsätter dels att all förstörd betong avlägsnas dels att vattenflödet stoppas med tillfällig tätning. Vid behov monteras dräneringsrör genom tätningen.

### 3.21 Tätning med nytt fogband

Betongen på ömse sidor om fogen gjuts på med längsgående klackar ca 20 cm höga, innehållande nytt fogband. Motgjutna ytor prepareras med renbilning, s k uppruggning. Eventuella förankringsjärn sätts i cementbruk, alternativt epoxi. Ytan, som skall vara torr, prepareras med epoxi omedelbart för gjutningen, (fig 2). En variant på denna metod är att sätta ett fogband av typ "utanpåliggande" direkt i epoxispackel tvärs över sprickan. Bandet kan eventuellt förankras med ovanpåliggande plattstål, på lämpliga avstånd fastsatt med expanderbult, (fig 3).

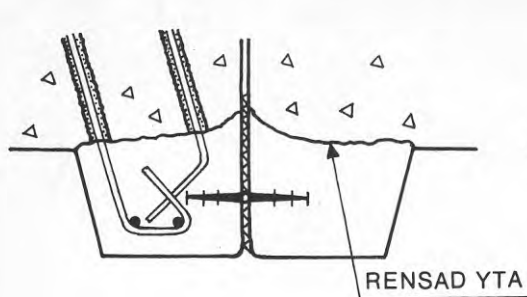


Fig 2. Pågjutning. (Armeringen visad endast på en sida.)

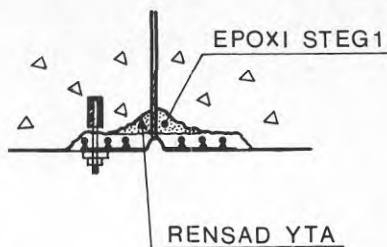


Fig 3. Utanpåliggande fogband. (Plattstålsförankring visad endast på en sida.)

Metoden är estetiskt föga tilltalande, är arbetskrävande och leder lätt till misslyckande. Ett utanpåliggande band bör helst skyddas med både isolering och mekaniskt skydd.

### 3.22 Tätning med "tätlist"

Metoden bygger på "drevning" av fogen med fabriksstillverkad specialprofil.

1. Fogen prepareras i V-form (i vissa fall U-form).
2. Sidorna i öppningen bearbetas med epoxispackel.
3. En kilformad (rektangulär) list trycks in i fogen och limmas fast mot kanterna.

Listen består av en mjuk kärna med hårda sidor av epoxiplast. Dessa fäster utan primering mot epoxispacklet. Den färdiga fogen ligger inom betongens ursprungliga sektion. Max dilatation anges till ca -10 mm (vintermontage) och +20 mm (sommarmontage) dock mycket beroende på betongkvaliteten.

Metoden är ej kommersiellt lanserad. Fullskaleförsök pågår [1].

### 3.23 Tätning enligt Vattenfall

Metoden är en injekteringsmetod och bygger på en ny typ av mjukgjord injekteringsepoxi.

1. Fogen prepareras i U-form. Bottenbredden bestäms av erforderlig dilatation.
2. Injekterings slang med efter dilatationsbehovet avpassad diameter anbringas i botten på sprickan. Slangen är av samma typ som enligt 3.14, högtrycksmetoden.



### 3-6 Fortsatt förfarande enligt 3.14, högtrycksmetoden.

Dilatationen tas upp i den vidgade delen av sprickan närmast luftsidan. Försök har hittills utförts på sprickor med ca 0,4 mm dilatation. Observationstiden är f n 1 år utan nytt läckage. Under våren 1978 kommer prov i Vattenfalls egen regi att utföras med sprickor med upp till 2 mm dilatation. [II].

#### 3.24 Åtgärder för tätning av dilatationsfog som läcker p g a otät ingjutning av fogband (fogbleck)

En äldre välkänd metod som kan användas i de fall fogen är försedd med dubbla fogband och mellanrummet är åtkomligt går ut på att injektera mellanrummet med asfalt. Vattenfalls dammar är ofta från början försedda med injekteringsrör för ändamålet. Dessutom ingår en värmekabel som håller asfalten mjuk vintertid. Asfalttätningen kräver en del underhåll och är föga populär bland användarna. [3 , III , IV] .

I vissa fall har man med epoxiinjektering kunnat täta fogar som läcker p g a otät betong närmast fogbandet. Platen förs in i hela fogen under tryck, varvid den impregnerar otätheter i betongen. En del plast blir givetvis kvar i själva fogspalten. Enligt erfarenhet uppstår dock brott i betongens ytskikt inne i fogspalten då fogen vidgar sig. Om å andra sidan fogen går igen krossas epoxin lätt p g a sin sprödhet. Fogen kan alltså fungera normalt. [I].

### 3.3 Otät betong

Med otät betong avses här betong som läcker diffust, dvs läckaget är ej koncentrerat till väl definierade sprickor. Denna typ av läckage förekommer särskilt i äldre dammbyggnader. Läckaget har ofta pågått under lång tid varför betongen troligtvis är ganska urlakad. De metoder som står till buds är dels injektering, dels tätning av ytor.

1. Injektering. Cement är i regel otänkbart som injekteringsmaterial p g a sin dåliga inträngning. Däremot finns ofta hyggliga förutsättningar att lyckas med epoxiinjektering, i varje fall i grova konstruktioner. Arbetet utförs systematiskt i omgångar med olika håldjup.
2. Tätning av betongytan. Beträffande yttätning gäller vad som sagts under 3.12. Tätning av ytan på luftsidan kräver (för vissa lagningsystem) att denna är torr och i varje fall att trycket avlastas. Detta kan vara svårt att åstadkomma om läckan är diffus.

För grövre sprickor (>1,0 mm) används med fördel cement, specialsorter kan eventuellt användas för sprickor så fina som 0,3 à 0,2 mm. Cement är billigt jämfört med hårdplast och har vissa arbetshygieniska fördelar. Dessutom har cement genom sina alkaliska egenskaper en rostningsförhindrande inverkan på armeringsstål. (Plast förhindrar rostning endast i den mån den utestänger fukt). Se även avsnitt 3.14 om användningsområden.

Vad avser plaster används för vattenbyggnadsändamål praktiskt taget endast epoxiplast. Övriga material (polyuretan, polyester, akrylat etc) är alla känsliga för fukt under hårdprocessen. Epoxi har liten krympning, är alkaliresistent, kan med lämplig hårdare härda i närvaro av vatten, blandar sig ej med detta, har god vidhäftning och inträngning och har vid temperaturer över 10°C låg viskositet. Epoxin fungerar som lim och impregnering, men har alltså i motsats till cement inga specifikt rostskyddande egenskaper.

Bas och hårdare blandas omedelbart före användning enligt fabrikantens anvisningar. Därvid förekommer olika kombinationer med inom vida gränser varierande bindetid (Pot-life = den tid man har på sig att arbeta vid en given temperatur och satsstorlek) och viskositet. Allmänt gäller att epoxi har hög viskositet och hårdar mycket långsamt vid låga temperaturer (lägre än 10° à 5°C). Betongtemperaturen bör alltså helst inte understiga 10°C. Injekteringsmaterialet kan förvärmas men får absolut inte förtunnas med någon form av lösningsmedel.

Epoxin kan förses med mjukgörare. Vad gäller dessa är åldringsbeständigheten ett problem. Tiokoll (polysulfidplast) förefaller dock ha acceptabla egenskaper härvidlag (10-årigt prov fortfarande mjukt [I]).

[I , 8 , 11 , 12 , 14 , I , VI , VII , VIII].

(Utrustning för cementinjektering är väl känd och förbigås här.) En enkel injekteringsutrustning för mindre arbeten och lågt tryck kan bestå av blandningskärl, handpump med manometer och slangar.

För större arbeten, särskilt högtrycksarbeten, när materialåtgången är stor och dessutom osäker, när man måste arbeta med förvämt material (som ger kortare pot-life) eller på annat sätt snabbbindande system, finns mera sofistikerad utrustning. Denna består av separata tempererade förvaringskärl för bas och härdare, högtryckspumpar och ett blandningsmunstycke som blandar delmaterialen i rätt proportion omedelbart innan injekteringsvätskan pressas in i sprickan. Denna utrustning medger injektering i för objektet anpassat tempo utan hänsyn till avbrott för tillredning av nya injekteringssatser etc.

Emellan ytterligheterna finns utrustningar med olika grad av förfining. Ur arbetshygienisk synvinkel är slutna system att föredra framför öppna.

En första förutsättning för en meningsfull kontroll av arbeten av den komplicerade natur som betongreparationer innebär är att alla arbetsmoment noga protokollförs. T ex vad gäller injektering skall kontinuerligt anges injekteringsställe, injekteringstryck och injekterad mängd (vägning av kärnen, observation av eventuell utläckning). Dessutom anges yttre omständigheter (väder, temperatur) och eventuella observationer i övrigt. Protokollförda uppgifter jämförs under arbetets gång med teoretiskt bedömda. Eventuella större avvikelser noteras.

Vad avser efterkontroll av injektering är kärnborrning en standardmetod. Omfattning och placering av provningen bestäms bl a med ledning av arbetsprotokollen. Borrkärnorna kan undersökas vad avser utfyllnadsgrad, täthet och hållfasthet i limfogen. Av naturliga skäl vill man begränsa antalet borrprover. En intressant icke förstörande provningsmetod som använts på massiva dammar bygger på mätning av ljudvågors reflektion mot respektive translation genom sprickor före och efter injektering. Den väl injekterade sprickan företer väsentligen samma egenskaper som den homogena betongen. Samma metod kan användas för detektering av sprickor. En svaghet är att man i princip bara mäter sprickor i ett plan mer eller mindre parallellt med betongytan. [3, 9].

Tätande ytskikt bör kontrolleras i flera avseenden. Utöver mera alldagliga metoder som okulärbesiktning och bomknackning utförs kontroll av täckskiktets tjocklek, täthet och vidhäftning.

Täckskiktets mätning kan utföras genom urborrning eller med oförstörande metoder, men är vansklig, emedan man i ena fallet endast mäter punktvis, i andra fallet på grund av betongytans råhet riskerar mätfel av samma storleksordning som täckskiktet.

Tätheten kan provas enligt en av Vattenfall utarbetad läckdetekteringsmetod. En spänning på 10-20 kV läggs över täckskiktet med betongen som jord och andra polen ansluten till en fuktad borste som förs över ytan. Eventuella porer genom täckskiktet ger utslag i form av läckströmmar. [1, 3].

Vidhäftningen provas genom lossdragnings av friborrade cirkulära ytor på 20 cm<sup>2</sup>. (Hinderssons metod). [1, 3].

Det är ofta omöjligt att värdera en läcka i direkta ekonomiska termer, utom t ex i sådana fall där en husägare måste avstå från hyran för en källarlokal p g a läckaget, eller när ett entreprenadkontrakt stadgar skadestånd etc. Oftare är det fråga om anteciperade svårbedömda men sannolikt mycket stora kostnader för en större reparation i en obestäm d framtid, undantagsvis måste man t o m ta med i bilden risken för total kollaps. Det är föga märkligt att betongkonstruktioner i en aggressiv miljö med tiden börjar kräva underhåll. Det är inte heller någon ny sanning att underhåll tenderar att bli dyrare och besvärligare ju längre det uppskjuts.

Med tanke på de långtgående konsekvenserna av misslyckade reparationsarbeten (det är t ex inte ovanligt att "städning" efter tidigare misslyckanden står för huvuddelen av kostnaden i ett reparationsarbete) är det angeläget att betona vikten av att reparationsgruppen - det må vara egenregipersonal eller en entreprenör - är kunnig, erfaren och förfogar över adekvat utrustning.

I valet av material bör man inte se alltför mycket till rena materialkostnader - erfarenhetsmässigt domineras kostnadsbilden nämligen av kostnader för personal och kringkostnader av typ ställningsbygge etc.

Svårigheten att från början bestämma omfattningen av ett reparationsarbete pekar på å-prisentreprenad - eller undantagsvis entreprenad på löpande räkning - som en rimlig ersättningsform. Cirkakostnaden för injektering av sprickor har (1977) [12] uppgivits till storleksordningen 100-250 kr/m för lågtrycksinjektering av en 300 mm konstruktion. Motsvarande högtrycksinjektering anges till 600-1 000 kr/m. Priserna avser en omfattning av 50-100 m spricklängd.

Kunskapen inom området betongreparationer - särskilt beträffande konstruktioner med ensidigt vattentryck - är uppenbart mycket större än vad en litteraturinventering ger vid handen. Tillgänglig litteratur avhandlar oftast "torra reparationer" av sprickor och ytskador. Hänvisningar till patenterade och/eller "hemligstämplade" (proprietary) metoder och produkter antyder att åtskillig know-how inom specialområdet "våta reparationer" finns i form av erfarenheter och interna instruktioner hos specialistföretagen. Intervjuade representanter för dylika företag har varit mycket öppna i sin redovisning av metoder och resurser. Man är medveten om de ömsesidiga fördelarna i ett informationsutbyte - både entreprenörer emellan och emellan entreprenörer och beställare. Det vore angeläget att denna attityd gav utslag i form av ökad publiceringsverksamhet inom området. En skrift har aviserats till våren 1978 [V] som åtminstone delvis avhandlar detta specialområde.

Författarna vill peka på några områden där vidare FoU är angelägen.

### 1. Material

Epoxi har kommit att bli det allt dominerande materialet för plastinjektering resp limning av betong, särskilt i fuktig miljö. Tyvärr har materialet avsevärda yrkeshygieniska olägenheter. Det vore m.a.o. angeläget att finna något tekniskt sett likvärdigt material fritt från allergena/cancerogena egenskaper. Forskning i denna riktning sker på många ställen i världen. Under tiden bör arbeten med epoxi och besläktade produkter utvecklas mot en högre grad av slutna system och mindre manuell hantering. Materialet bör överhuvudtaget inte handhas av oinstruerad personal.

### 2. Toleranskriterier

Frågan när en läcka börjar övergå från att vara estetiskt irriterande till att bli ur beständighetssynpunkt oacceptabel är knappast tillräckligt utredd. Tex vilka sprickor självläker och vilka leder till progressiv urlakning, frostsador och armeringskorrosion under olika betingelser? Tryckgradient, sprickvidd, betongsammansättning, läckvattnets kemiska beskaffenhet samt klimatet bör vara relevanta parametrar.

### 3. Undervattensmetoder

I de fall där man trots allt är hänvisad till att utföra en yttätning på uppströmssidan av en damm och så långt det är möjligt vill undvika att sänka av reservoaren vore det naturligtvis önskvärt att kunna applicera ett tätande skikt under vattnet - stående



på dammkrönet eller/och med hjälp av dykare.

Det har - enligt uppgift med nedslående resultat (telefonförfrågan hos AB FABI) - provats metoder att applicera anti-fouling-färg på stora tankfartyg under vattnet. Om detta så småningom lyckas - med tanke på det arbete som läggs ned på att minska underhållskostnaderna inom tankfarten vore det märkligt om man inte lyckades - borde steget inte vara så långt till en "undervattensfärg" avsedd för tätning av betong.





## REFERENSER

A. Litteratur

1. Halvorsen, U, 1965, Användning av plast vid reparationer av betongskador. Cement och Betong 1965:2. (Särtryck).
2. Bellport, B, 1970, Control and Repair of Cracks in Concrete Dams. Int. Congr. Large Dams (Grands Barrages) Montreal. (Q 39, Report 12).
3. Friström, G & Sällström, R, 1967, Control and Maintenance of Concrete Structures in existing Dams in Sweden. Int. Congr. Large Dams (Grands Barrages) Istanbul. (Q 34, Report 22).
4. Sällström, R, 1967, Plastic Coatings used for sealing old Concrete Dam. Int. Congr. Large Dams (Grands Barrages) Istanbul. (Q 34, Report 21).
5. Fuller, J & Kriegh, J, 1971, Maintenance and Repair of Concrete and Masonry Structures, Epoxy Pressure Grouting. Arizona Univ, Tucson. CERL Technical Report M9, AD 734930.
6. Fuller, J & Kriegh, J, 1973, A guide for Pressure Grouting Cracked Concrete and Masonry Structures with Epoxy Resins. Arizona Univ, Tucson. CERL Technical Report M9, App, AD 755926.
7. Borden, R & Selander, C, 1972, Application of Epoxy Resins in Tunnel Lining Concrete Repair. ASCE J. Constr. Div. v 98 n C02, Sep 1972.
8. Bassie, W, 1973, Kunstharsen bij betonreparatie (Holl) Cement 25 (1973) nr 1 p 26-31, nr 2 p 70-75 (State of the Art - rapport om förekommande konsthartser).
9. Nand, K, Desai, P, Marwadi, S, Wedpathak, A & Guha, S, 1974, Sonic Method for the detection of deep Cracks in large Structures. Indian Concrete J. v 48 (1974) nr 3 p 98-102 (Vattenfalls bibl).
10. US Dept of the Interior, Bureau of Reclamation, 1975, Concrete Manual 8th ed, Washington.
11. Augustsson, C, 1977, Epoxiharts - Härdare för byggnadsindustrin, Uppl 3, Nils Malmgren AB, Kungälv.
12. Janson, L, 1977, Spricklagning genom plastinjektering, Nordisk Betong nr 1, 1978.
13. Statens Vattenfallsverk, 1972, Betonghandbok.
14. Stabilator AB, 1972, Injektering med epoxiplast, broschyr.

B. Intervjuer

I	Stabilator AB,	B. Lindersson
II	Tätis AB,	A. Dahlberg
III	Vattenfall,	J. Zsamboky
IV	Vattenfall,	O. Larsson
V	BESAB,	N-O. Sandell
VI	Granit & Beton,	L. Janson
VII	Stockholms Hamn,	H. Ryttinger
VIII	Epotex AB,	S. Svärd

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 770052-1 från  
Statens råd för byggnadsforskning till Inst. för vattenbyggnad,  
KTH, Stockholm

**R53: 1978**

**ISBN 91-540-2876-0**  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

**Art.nr: 6600753**

**Abonnemangsgrupp:**  
Ingår ej i abonnemang

**Distribution:**  
Svensk Byggtjänst, Box 1403  
111 84 Stockholm

**Cirkapris: 15 kr exkl moms**