

# DAM LANGEVANN

## Skader forårsaket av glidestøp og utluting (Del 1)

AV VIGGO JENSEN, DR. TECHN SENIORFORSKER, SINTEF BYGG OG MILJØ

16. juni 1996 foretok damvokteren fra A/S Tyssefaldene en rutinemessig befaring og tilsyn av Langevann dam. Da vannstanden i magasinet var lav og det samtidig var lite snø og is i fjellet, var det mulig å inspisere dammens vannside fra terrenget hvilket ikke hadde vært mulig tidligere. Til sin store overraskelse kunne han se utstående og blottlagt armering, mange store langsgående horisontale sprekker, samt groper og betongklumper på stort sett alle damplatene.

Damvokteren klatret ned til et av de skadde områdene for nærmere inspeksjon. Her kunne han observere at betongen flere steder var helt eller delvis disintegret til grus som kunne graves bort med hånden.

### Byggeperioden

Dam Langevann er eid av A/S Tyssefaldene og ligger sørøst for Tyssedal ved Sørfjorden. Dammen var en gang Norges største platedam (31 m høy og 300



FIGUR 1 Dam Langevann, dam 1, fotografert fra helikopter sommeren 2000. Merk feltene med reparasjoner som ble utført i 1997.

m lang) og ble bygd i perioden 1965-1967. Dammen ligger i et utilgjengelig fjellområde 1190 meter over havet og består av en stor betongplatedam (Dam 1) og en noe mindre betongplatedam med overløpsdel (Dam 2), se fig. 1.

Betongtilslaget stammer fra et uttak cirka 100 meter nord for dammen. Bergarten, en gneis, ble knust på stedet og det ble produsert både knust sand og pukk. Sementen kom fra Dalen (filmopptak). Kravet til betongen i damplater var betongkvalitet B300, v/c-forhold mindre enn 0,55, luft 4,5 % og 7-10 cm slump. Betongen ble blandet i en 750 liter blandemaskin med satser på 0,5 m<sup>3</sup> Støpearbeidet kan rekonstrueres ut fra arkivmateriale og filmopptak fra byggeperioden:

- Det ble brukt fast underforskaling for damplaten og glideforskaling for oversiden. Helningen på damplaten er ca 50°.
- Glideforskalingen var delt i 3 seksjoner som hver var cirka 5 meter lang og cirka 3 meter høy.
- Betongen ble pumpet og fordelt til tre støperør som var plassert cirka midt i hver seksjon av glideforskalingen. Betongen ble vibrert under støpingen.
- Under glideforskalingen ble overflaten glittet for å skjule sprekker og sår.



FIGUR 2 Opphugging av betongen sommeren 1996. Merk de horisontale sprekker og frilagt armering flere steder.

Ifølge notatene fra byggekontrollen, skal det ha vært store problemer med å pumpe betongen. Ved stopp i pumpen gikk

man over til å støpe med kran. Det har også vært problemer med å holde støpearbeidet i kontinuerlig drift.

### Efter byggeperioden

Allerede tidlig etter byggeperioden ble det observert mange lange horisontale riss på luftsiden av damplater. Rissene ble i begynnelsen fotografert og registrert men utover økende kalkutfellingene ble det ikke observert noen utvikling av disse over tid. Lekkasje har blitt karakterisert som små og moderate. Vannsiden av damplater kunne ikke inspiseres på grunn av vannstand, is- og snøforhold.

### Feltbefaring 1996

7. juli 1996 foretok S.A. Strokkenes og P. J. Sandven, A/S Tyssefaldene og V. Jensen, SINTEF en befaring av dam Langevann med formål å vurdere omfanget av sprekker og skader i damplatene. Spesielt var det SINTEFs oppgave å finne ut årsaken til skadene som var blitt observert tre uker tidligere. I forbindelse med befaringene ble det merket opp for uttak av seks borkjerner.

- På luftsiden av damplatene (i galleriet) ble det observert mange lange horisontale riss med og uten kalkutfelling (riss oppstått tidlig i byggeperioden). Kun nederst i noen damplater var rissene våte. Det er uvisst om rissene går helt gjennom damplatene. Generelt sett virket dammen tett og tørr.
- På vannsiden kunne det observeres mange lange, litt ujevnt forløpene horisontale sprekker i stort sett alle damplatene. Tilsynelatende finnes sprekker hovedsakelig i de nedre deler av platene og ikke i de øvre deler. Flere steder var det avbrutt større eller mindre områder/groper, og armeringen var også stedvis blottlagt, se fig. 2.

Under befaringen arbeidet personale fra A/S Tyssefaldene med en prøveopphugging og rehabilitering av et cirka 1 m<sup>2</sup> stort område på en damplate. Før prøveopphuggingen ble det observert at betongen var bom i et område langs en horisontal sprekk. Under arbeidet viste det seg at bom betong hadde større utbredelse enn først antatt. Derfor ble det opphugde området større enn planlagt. Følgende observasjoner ble gjort:

- Ved armeringsjern var betongen usammenhengende, fuktig, brunfarget og stedvis smuldrende. Armeringsjern var kun ubetydelig angrepet av overflaterust, se fig. 3. Ved å meisle langs armeringsjern var det relativt enkelt å brette av store betongstykker. Armeringens overdekning var 10-15 cm og består av tilsynelatende god betong. Få cm under armeringen var betongen hardt klingende.



FIGUR 3  
Opphugget betong. Merket at det kun finnes begynnelsen av overflaterust på armeringen.

- Den horisontale sprekken går vinkelrett inn i betongen inn til et armeringsjern, se fig. 4. Sprekken, som på overflaten har en vidde på ca 1 cm, kan også ses ca 20 cm inn i betongen. Her er sprekkevidden cirka 0,5 cm. Sprekken er fylt av et brunfarget leirlignende materiale. Det faktum at sprekken er vinkelrett på damplaten utelukker en opprinnelse som støpeskell.

Øverst på damplater og overløpet ble det observert enkelte krakeleringsriss. På gangbaner ble det observert enkelte mindre avskallinger, noe som antyder begynnende fryse-tine-nedbryting av betongen.

Ut fra geologien omkring Dam Langevann kan det ikke utelukkes at gneisen anvendt til betongtilslag er påvirket av deformasjon (mylonittisert).

### Laboratorieundersøkelser

Noen viktige resultater av laboratorieundersøkelsene kan trekkes frem.

- En av borkjernene er boret langs en horisontal sprekk og bekrefter at denne finnes minst 40 cm fra overflaten (borkjernens hele lengde).
- Strukturanalysene av utborede kjerner

har vist at betongen har et vann/sement-forhold på 0,55 (og høyere). Betongen langs sprekker er blitt utlutet. Det er i alle prøvene observert alkalireaktive bergarter av typene mylonitt og mylonittisert gneis. Det er ikke funnet noen tegn på alkalireaksjon.

- XRD-analyse av et leirlignende materiale som er funnet inne i betongen består av mineraler som å finnes i naturlige leirer.
- Analyseresultater av vann fra magasinet kan klassifiseres som «mineralsurt» og derfor aggressivt overfor betong (ihtl Tillman – Heubleins diagram).

### Hypotese vedr. skadeårsaker

Det er ofte vanskelig i ettertid å dokumentere årsakene til skader og sprekkdannelser i eldre betongkonstruksjoner. Skadene i Dam Langevann, og det store omfang av skader, er også usædvanlig og ikke sett tidligere. Sett i lys av feltbefaringen, resultater fra laboratorieundersøkelsene og historikken fra byggeperioden (filmopptak og arkivmateriale) er den mest sannsynlige årsaken til sprekken

(Fortsetter neste side)



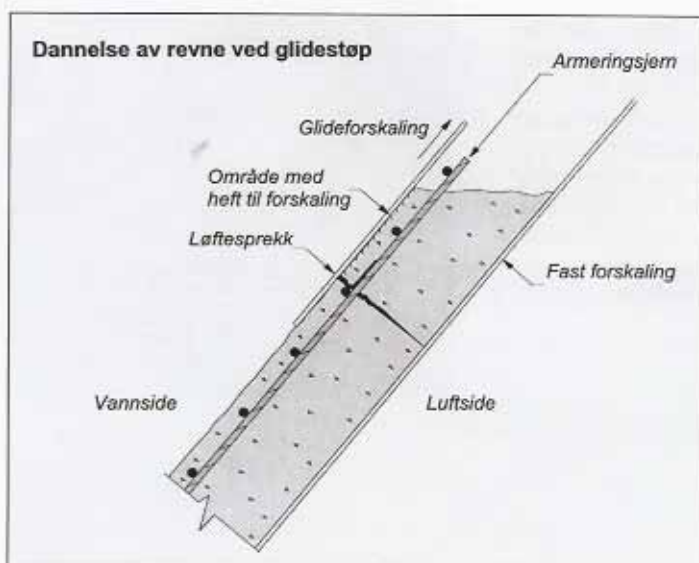
FIGUR 4  
Detalj av opphugget og spylt betong. Merket sprekken under armeringen (brunfarget).

## Dam langevann

Forts fra side 11

dannelsene en kombinasjon av løfteriss/sprekker forårsaket av glidestøpet og utluting av betongen pga. mineralsurt vann som er kommet inn i betongen via sprekker. Sprekkene som er observert i damplatene har sprekkvidder omkring 1 cm. Det er lite sannsynlig at sprekker av slike dimensjoner ikke ble observert og registrert i forbindelse med kontroll av støpearbeidet. Ihht støpeprotokollen (og vist i et filmopptak) er støpesår og sprekker blitt reparert/glittet straks etter glidestøpet var utført. Som en følge av dette vil riss/sprekker som finnes lenger inn i betongen ikke kunne observeres på overflaten. Det er også sannsynlig at sprekkene/rissene går gjennom hele damplaten men er blitt lukket av kalsiumkarbonat på luftsiden. I det følgende er det stilt opp en sekvens av hendelser og prosesser som kan ha ført til de observerte skader i damplatene:

- 1 Horisontale riss/sprekker vinkelrett på damplatene og overflateparallele løfteriss blir dannet av glidestøpen, se fig. 5.
- 2 Tyngden av overliggende ny betong medfører at «hevet» betong synker ned igjen med den følge at riss/sprekker lukkes. Synlige sprekker blir like etter støpearbeidet glittet.
- 3 Riss/sprekker dannet av glidestøpen åpnes eventuelt pga. betongens svinn.
- 4 Vann fra magasinet trenger inn i betongen via sprekker. I sprekker som går helt gjennom damplatene utfelles kalsiumkarbonat ut på luftsiden og lukker sprekkene (self healing).
- 5 I åpne sprekker på vannsiden av damplater blir leirmateriale med opprinnelse i vannmagasinet utfelt (sedimentert).
- 6 Utluting, pga. surt vann, bryter ned betongens bindemiddel. Dette er en langsom prosess som foregår på overflaten av damplater og inne i betongen langs åpne sprekker, se fig. 6. Betongens høye vann/semnt - forhold er videre en medvirkende årsak til utluting av betongens bindemiddel.
- 7 Over vannnivå vil fryse-tineprosesser (frostsyklus) bryte ned betongens overflate og inne i betongen langs sprekker. Fryse-tineprosesser vil også medføre at overdekningslaget blir bom eller løsner. Betongens høye vann/semnt - forhold samt at betongen ikke er luftinnblandet er videre en medvirkende årsak til redusert frostmotstand.
- 8 Isskuring påvirker damplatenes overflater og medfører at bom og løs betong fjernes mekanisk og stedvis frilegger armeringen.

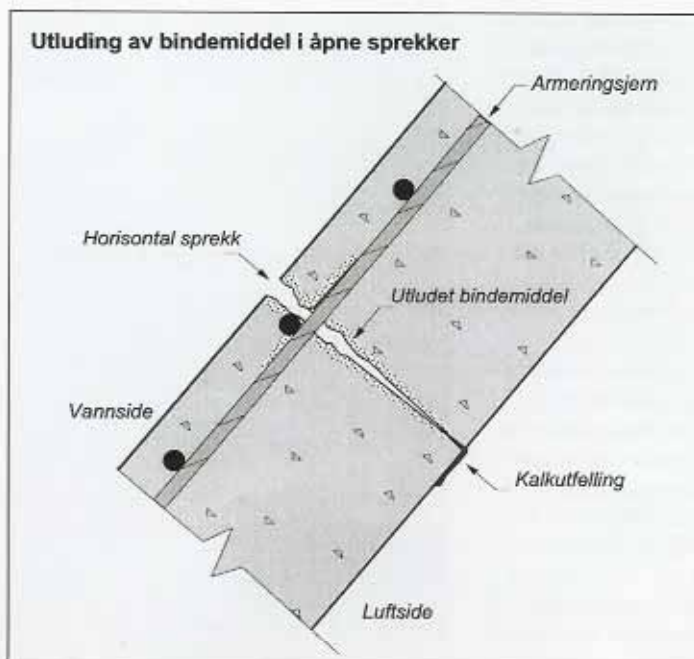


FIGUR 5  
Skisse som viser dannelsen av en løftesprekk under glidestøpet.

### Reparasjoner

Skader og sprekker på damplatene utgjør ikke noen risiko for dammens sikkerhet i dag. På lengre sikt, og dersom tiltak ikke iverksettes, kan det derimot ikke utelukkes at en fortsatt nedbryting og utluting av betongen kan få sikkerhetsmessige konsekvenser. Stedvis på noen av damplatene ble det vurdert at reparasjoner var nødvendig for å begrense ytterligere skader. A/S Tyssefaldene utførte derfor selv sju prøvereparasjoner på de mest skadde platene sommeren 1996. I 1997 ble reparasjonsarbeidene satt bort i entrepris til en entreprenør. Arbeidet ble ikke ferdig denne sesongen. Året etter viste det seg at noen av de utførte reparasjonene ikke hadde god nok kvalitet. De var oppløst og hadde smuldrende konsistens. Nye undersøkelser ble utført

og reparasjonsarbeidet ble tatt opp igjen sommeren 2001. Da ble de områder som ikke holdt kvalitetsmessige mål reparert og reparasjon av områder som en ikke ble ferdige med i 1997 ble slutført. Dette arbeidet vil bli nærmere beskrevet i en etterfølgende artikkel «Dam Langevann. Del 2: Reparasjoner og skader i reparasjoner».



FIGUR 6  
Skisse av løftesprekk hvor betongens bindemiddel utludes langs sprekker inne i betongen. Det er ikke vist leirmaterialet som er utfelt i sprekkene.