

Dam Langevann. Del 2: Reparasjoner av damplater og skader i reparasjoner.

Viggo Jensen, dr techn. *Norsk betong og tilslagslaboratorium AS*

Gerhard Kurszus, Vassdragsteknisk ansvarlig, Tyssefaldene / Statkraft

I Betongindustrien nr 1 2002 ble ”Skader forårsaket av glidestøp og utluding” i dam Langevann beskrevet. Disse skadene ble første gang observert i 1996. På vannsiden av stort sett alle damplatene ble det observert mange store langsgående sprekker. Enkelte steder ble det observert utstående og blottlagt armering, groper og smuldrende betong. Skadene ble vurdert ikke å utgjøre noen risiko for dammens sikkerhet. På lengre sikt, og i tilfeller tiltak ikke ble iverksatt, kunne det derimot ikke utelukkes at en fortsatt nedbryting og utluding av betongen kan få sikkerhetsmessige konsekvenser. AS Tyssefaldene utførte derfor selv 7 reparasjoner i de mest skadede områder i 1996. Året etter ble reparasjonsarbeidet satt bort i entrepriser til en entreprenør men arbeidet ble ikke ferdig. Allerede året etter ble det observert at noen av reparasjonene var skadet og ikke hadde god nok kvalitet.

Reparasjoner

Reparasjonene på dam Langevann er utført på tradisjonell måte:

- Reparasjonsområder ble valgt utefra visuell vurdering og hammerprøving (bom betong)
- Skadet betong ble fjernet ved mekanisk opphugging til under armeringsjern
- Armeringsjern ble sandblåst
- Det ble brukt 2 typer ferdig blandede reparasjonsmørtler (tilsat fibre og silikastøv), en normal herdende reparasjonsmørtel og i mindre ukjent omfang en hardigherdende reparasjonsmørtel, begge norsk produsert (anonymisert i artikkelen)
- Det ble anvendt heftbro mellom betong og reparasjonsmørtel
- Større reparasjonsområder ble utført med forskaling mens mindre reparasjoner ble utført for hånd

Befaring i 2000

Den 11. juli 2000 ble det foretatt en befaring av reparasjonene på damplatene, dam 1. Formålet med befaringen var å vurdere omfanget og årsaker til skader i reparasjonene der ble utført i 1996 og 1997.

Ved befaringen av damplatene ble det brukt tau for å inspisere reparasjonene. Hovedparten av inspeksjonene foregikk dog på isen foran dammen. På grunn av de spesielle forholdene ble kun enkelte tilgjengelige reparasjonsområder befart.

De forskjellige reparasjonsmetodene var synlige ved fargeforskjeller og overflatestrukturer:

- Reparasjoner der det var brukt forskaling fremstod oftest lysegrå og ensfargede med glatt overflate (foto 1)
- Håndutførte reparasjoner fremstod med fargenyanser fra lys grå til mørk brun og i flere tilfeller med ujevn og ”skadet” overflate (foto 2 og 3)
- Reparasjoner der det var brukt forskaling var øverst og i overgangen til damplaten utført for hånd

Følgende generelle betraktninger vedrørende reparasjonene kunne stilles opp:

En generell vurdering antyder at reparasjoner utført ved hjelp av forskaling har tilfredsstillende kvalitet og styrke. Derimot er mange av de håndutførte reparasjonene av dårlig kvalitet og utilfredsstillende styrke (gjelder ikke alle). Flere av de håndutførte reparasjonene er gruslignende, usammenhengende og inneholder ofte opp til 2 cm store pellets-lignende partikler.

I forbindelse med befaringen ble det merket opp prøvesteder for uttak av borkjerner. De etterfølgende laboratorieundersøkelser hadde som formål å vurdere kvaliteten og styrken av reparasjonsmørtelen og finne ut årsaken til observerte "smuldrende konsistens" og forekomsten av de pellets-lignende partikler.

Strukturanalyser og trykkstyrke av borkjerner

Resultater fra strukturanalyser og trykkprøving viste en klar sammenheng mellom redusert trykkstyrke, innhold av pellets og høyt luftinnhold, se tabell 1 og foto 4.

Tabell 1 Undersøkellesparametere for reparasjonsmørtelen utført med forskaling og hånd

Parameter	Kjerne 1	Kjerne 2	Kjerne 3		Kjerne 5	Kjerne 6
	Hånd	Forskal	Hånd	Forskal	Hånd	Hånd*
Trykkfasthet (MPa)	31	58	26		70	19
Pellets	ja	nei	ja	nei	nei	ja
Udisp.mikrosilika	ja	ja	ja	ja	ja	ja
D _{max} (mm)*	4	4	4	4	4	4
Vann/sementforhold	<0,35	0,45	<0,35	0,45	<0,35	<0,35
Luftinnhold %	6 – 13	1	11	2	6	14-19
Sammenhengende luftporer	ja	nei	ja	nei	nei	ja
Heft til damplate	god	god		god	god	dårlig
Heftforbedrer (slemmelag)	ja			ja	ja	ja

*som for normal herdende reparasjonsmørtel

Det ble målt et meget lavt vann/sementforhold i reparasjonsmørtel utstøpt for hånd. Dette antyder det er brukt mindre vann til blandingen enn det som er angitt som maksimum tilsetning i bruksanvisningen, selv vann-/sementforholdet ikke er oppgitt. Pellets ble kun observert i mørtel utført for hånd. Alle undersøkte reparasjoner er normal herdende type.

Blandeforsøk

Det ble utført flere blandeforsøk (frittfaldsblander) med mål å vurdere mørtelens konsistens i forhold til tilsatt vann og vurdere kvaliteten og styrken av mørtelen. Spesiell viktig var det å dokumentere dannelsen av pellets under laboratorieforhold. Blandeforsøkene i laboratoriet ble utført i henhold til produktbeskrivelsene ved temperaturen 20 C°. Det er viktig å bemerke at produsenten kun angir maksimum tilsetning av vann per sekk og ikke minimum tilsetning av vann. Resultatene av forsøkene er gitt i tabell 2.

Tabell 2 Resultater fra blandeforsøk, trykkfasthet og bøyestrekfasthet etter 28 døgn

Bl. nr.	Vann (liter)	Konsistens	Forsøk (MPa)		Produsent (MPa)	
			Trykk	Bøye-strekk	Trykk	Bøye-strekk
1a	2,7	Pellets, formbare	28,3	3,6	45-50 (3,2 liter vann)	Ingen data
1b	3,0*	Pellets, formbare, men hardere	11,2	1,6		
3	3,5*	Jordaktige og formbar	52,0	7,8	65 ved 3,3 liter vann	8,5 ved 3,3 liter vann
4a	2,4	Pellets, formbare	60,4	6,4		
4b	2,8	Klumper, formbare	66,2	7,5		

* Maksimum tilsetning av vann

Blanding 1 er hurtigherdende mørtel mens blandningene 3 og 4 er normal herdende mørtel. Bemerk at pellets ble dannet i flere av blandningene, foto 5. For hurtigherdende mørtel ble pellets dannet selv ved produsentens anbefalte maksimum tilsetning av vann. Trykkfasthetsresultatene for flere av blandningene viser betydelig reduksjoner i forhold til produktinformasjonen.

Vurdering av laboratorieforsøk

Laboratorieundersøkelsene av borkjernene viste meget varierende trykkfasthet og luftinnhold. Det ser ut som om reparasjoner utført med forskaling gir reparasjoner med tilfredsstillende kvalitet. Videre ser det ut til det er mulig å utføre tilfredsstillende reparasjon for hånd, som resultatet av undersøkelsene av kjerne 5 antyder (selv det i felt ble observert sprekke-dannelser).

For reparasjonene der er utført for hånd, er det målt relativ lav trykkfasthet, høyt luftinnhold og sammenhengende luftporer hvilket antyder at mørtelen ikke er tilfredsstillende blandet. Det er også i disse prøvene observert pellets, noe som kan forklare det høyt luftinnhold og de sammenhengende luftporer i mørtelen. Det er i alle reparasjonene utført for hånd målt et vann/semmentforhold på < 0,35 hvilket antyder det er tilsatt mindre enn 3,5 liter vann til mørtelen.

Blandeforsøkene har dokumentert at mørtelen kan få konsistens med pellets under blandedeprosessen, selv ved å oppfylle anbefalingene gitt av produsenten. Dette skjer også under kontrollerte forhold i laboratoriet. For den hurtig herdende mørtel ble pellets dannet selv ved maksimum tilsatt vannmengde (3,0 liter). For den normal herdende mørtel ble pellets dannet ved 2,4 liter tilsatt vann. Ved å tilsette mer vann (2,8 liter) fikk mørtelen en mer klumpet konsistens. Ved tilsatt vannmengde på hhv 3,1 og 3,5 liter bestod mørtelen av en godt formbar masse uten pellets. Det skal bemerkes at produktinformasjonen fra produsenten ikke beskriver risikoen for at pellets kan bli dannet under blandedeprosessen, og den gir heller ikke noen anbefalinger om minimumsmengde tilsatt vann. Trykkfasthetsresultatene viser reduksjoner i forhold til produktinformasjon.

Reparasjoner i 2001

I forbindelse med revurdering av dammen og en naturlig fortsettelse av befaringen i juli 2000, ble en omfattende registrering av skader og reparasjoner på damplater gjennomført i 2000 og 2001. En viktig observasjon under dykkerundersøkelser i 2000 var at reparasjoner under



vannivå er mindre skadet enn over "normal" vannivå. Derimot ble større områder med bom betong først avdekket ved banking under selve reparasjonene som ble utført i perioden 21 juni 2001 til 18 september 2001..

Basert på tidligere erfaringer ble det utarbeidet eget kvalitetsopplegg for arbeidene. Alle skadene ble nummerert og omfanget også registrert. Værforhold, temperatur, mørteltyper, primere etc. ble notert. Dette for å kunne dokumentere forholdene under utstøpingene.

Ved de fleste skadene ble det bruk forskaling. De minste skadene ble utført ved hånd som tidligere. I enkelte tilfeller ble det også brukt sprøyte. En var nøye med at avslutningene mot uskadet betong hadde rett kant og ikke gikk ut i null.

Til reparasjonene i 1997 ble det anvendt 32 m³ mørtel. Ved reparasjonene i 2001 ble det anvendt tilsvarende mengder, nemlig 32,5 m³ mørtel. Av dette var ca. 2 m³ reparasjoner av tidligere reparasjoner, dvs at ca 6% av reparasjonene skulle repareres igjen etter 4-5 år. Hele dammen oppstrøms er nå reparert og utbedret areal er ca 500 m². Kostnadene for reparasjonene beløp seg til ca 7 - 8 mill kroner.

Konklusjon

Flere av reparasjonene på dam Langevann som ble utført for hånd i 1996 og 1997 er av sterk redusert kvalitet. Etter bare 4- 5 år var det nødvendig å reparere reparasjonene igjen. Årsaken til dette var utilstrekkelig blandet reparasjonsmørtel og for "lite" tilsatt vann til mørtelen hvorved pellets ble dannet. Kvalitetskontrollen under reparasjonsarbeidet har tilsynelatende ikke registrert at mørtelen inneholdt pellets eller vært klar over betydningen av dette. Laboratieforsøk har vist at pellets dannes under blandingen av mørtelen når det tilsettes mindre enn maksimum anbefalte vannmengde oppgitt av produsenten. Under dannelsen av pellets vil hovedparten av sementen, silikastøvet og finstoffet binde seg til tilslagspartikler og oppkonsentreres i separate partikler (pellets). Herved vil det ikke være tilstrekkelig med bindemiddel tilbake til å sikre en tilfredsstillende "binding" mellom partiklene. Bindingen blir ytterligere redusert i form av avlange luftporer der under blandingen oppkonsentreres om partiklene. Den reduserte bindingen og høye konsentrasjon av luft om pellets blir derfor hurtig nedbrutt og disintegret under frysetine prosesser i det fuktige miljø på dammen. Reparasjoner beliggende nederst på damplater under "normal" vannivå blir ikke nedbrutt i samme omfang som øverst på damplatene eksponert i luft.

Pellets dannes når det tilsettes "for lite" vann til mørtel blandingene. Utover å redusere bestandigheten av reparasjonsmørtelen reduseres trykkstyrken og bøye-strekktyrken betydelig. Det anbefales at produsenten (som er kjent med denne undersøkelse) gjør oppmerksom på faren for dannelse av pellets og samtidig oppgir en minimum tilsetning av vann.

Tyssefaldene AS har pga erfaringene med reparasjonsarbeidene på dammen skjerpet rutine for damtilsynet. Det er nå lagt inn et ekstra sjekkpunkt mht oppfølging av de utførte reparasjoner. Inspeksjon vinteren 2002 tyder på at enkelte av reparasjonene (håndmørtling) utført i 1997 fortsetter å vise tendens til nedbryting. Våren 2003 vil en gå over dammen for å kartlegge hvordan reparasjonene utført i 2001 utvikler seg.

Note. Viggo Jensen var ansatt ved SINTEF da undersøkelsene av dam Langvann foregikk.

Fotos



Foto 1 Reparasjoner i damplater sett fra vannsiden



Foto 2 Reparasjon utført for hånd og skadet.



Foto 3 Detalj av reparasjon utført for hånd med pellets og smuldrende konsistens

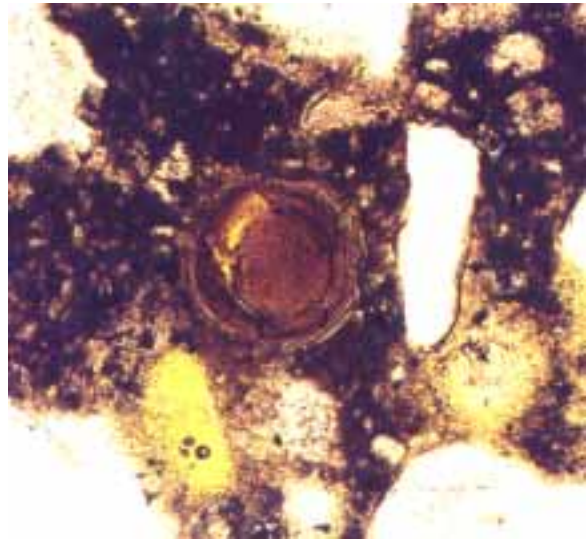
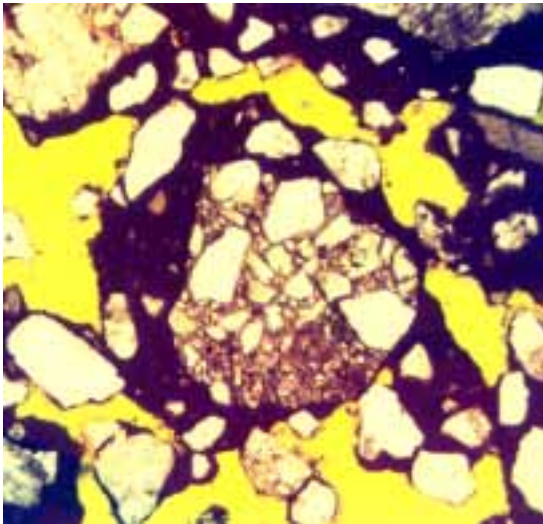


Foto 4 Mikrofoto av pellet i tynnslip (venstre) og udispergert mikrosilika partikkel (høyre)



Foto 5 Reparasjonsmørtel med pellets