

Populärvetenskaplig sammanfattning

Det moderna samhället är beroende av dammar för förnybar vattenkraft, vattenförsörjning och översvämningsskontroll. I takt med att klimatförändringarna ökar frekvensen av extrem nederbörd och översvämningar, och efterfrågan på förnybara energikällor fortsätter att växa, blir det allt viktigare att säkerställa säkerheten hos dessa kritiska strukturer. Ett av de allvarligaste och mest svårupptäckta hoten i fyllningsdammar är intern erosion – en långsam process där finpartiklar sköljs bort inuti dammen, vilket kan leda till läckage, sättningar eller till och med haveri. Denna process är svår att upptäcka med traditionella visuella inspektioner, vilket gör att ingenjörer söker nya innovativa metoder för att övervaka dammars hälsa.

Arbetet är en del av ett svenskt forskningsprojekt där avancerade geofysiska tekniker har undersökts för att upptäcka intern erosion i fyllningsdammar. De metoder vi testat kallas Elektrisk Resistivitetstomografi (ERT) och Inducerad Polarisation (IP). Dessa är icke-invasiva tekniker som fungerar som en slags "medicinsk skanning" av dammar. Elektroder placeras i och runt dammen för att mäta hur lätt elektrisk ström passerar genom dammstrukturen. Genom att analysera både resistivitet och laddningsförmåga (hur material tillfälligt lagrar elektrisk laddning) kan vi skapa tredimensionella bilder av dammens inre och få insikter om både fukttinhåll och kornstorlek – faktorer som är avgörande för att bedöma erosion och materialens tillstånd.

För att testa ERT och IP i verkliga förhållanden och jämföra dem med andra övervakningstekniker byggdes en 4 meter hög testdamm i Älvkarleby, Sverige. Dammen innehöll sex medvetet inbyggda men dolda defekter – såsom zoner med krossad sten och inlagda främmande materialblock – som simulerade skador som kan byggas in eller uppstå naturligt över tid. Dessa defekters placering var okänd för övervakningsteamet, vilket skapade realistiska förhållanden för att testa teknikerna.

Mellan 7 500 och 14 000 mätpunkter med ERT och IP registrerades dagligen och bearbetades med tredimensionella inversionsmetoder för att skapa modeller av resistivitet och laddningsförmåga över tid. Den kombinerade metoden visade sig vara kraftfullare än var och en av teknikerna för sig.

Resultaten är lovande. Både ERT och IP lyckades initialt identifiera två av de fem defekterna i dammens kärna – en horisontell och en vertikal zon med krossad sten. En tredje defekt, ett betongblock i kärnan, kunde svagt urskiljas av ERT-metoden, dock med viss positionsfel. En fjärde defekt, ett träblock i kärnan, blev synlig först efter tre års övervakning. Den femte defekten – en krossad sten-zon vid dammens anslutning mot berg (abutment) – förblev oupptäckt, sannolikt på grund av dess lilla storlek och den låga dataupplösningen i området. Detta understryker en viktig utmaning: god täckning med elektroder och hög upplösning är avgörande för att upptäcka defekter, särskilt i fullskalig tillämpning. Defekten i det fina filtret identifierades efter två års drift, då den visade sig som en stor anomali med hög resistivitet och låg laddningsförmåga.

Dessutom hjälpte den kombinerade användningen av ERT och IP till att identifiera anomalier som inte var relaterade till de avsiktliga defekterna. När dammen demonterades kunde flera av dessa zoner bekräftas vara områden med intern erosion, vilket ytterligare visar värdet av dessa metoder.

En annan viktig insats i detta arbete var integrationen av geofysiska data i modeller för genomströmning (läckage). ERT-data förbättrade materialkaraktiseringen av dammen avsevärt och gjorde det möjligt att mer noggrant avgränsa flödesvägar. Detta ledde till förbättrade genomströmningsmodeller och mer tillförlitliga förutsägelser av potentiella läckagezoner och svaga punkter i dammen. Genom att kombinera geofysisk avbildning med traditionell hydraulisk modellering visade studien hur ERT kan stödja mer tillförlitliga säkerhetsbedömningar av dammar.

Trots att inte alla defekter kunde upptäckas under den inledande övervakningsperioden – och vissa först blev synliga efter flera år – visar resultaten att ERT, IP och kombinationen med

genomströmningsmodellering är kraftfulla verktyg för långsiktig övervakning av dammar och för förbättrad karakterisering av dammarnas material.