

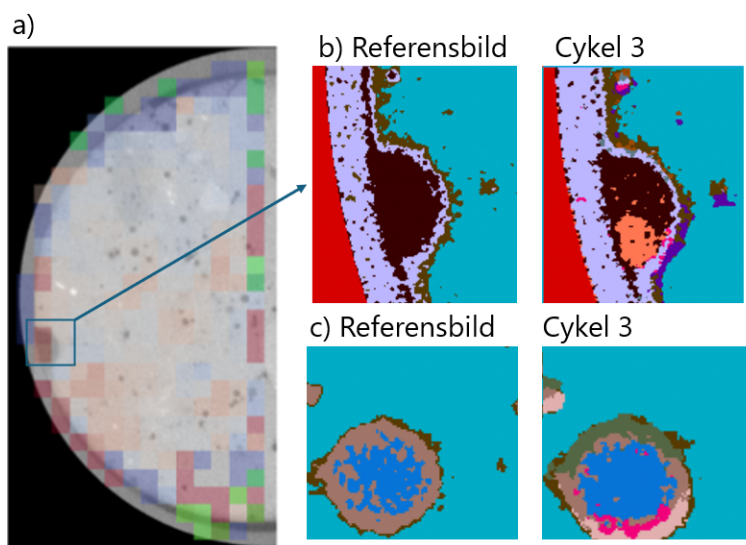
Röntgentomografi av cementbruk under upprepad frysning och upptining

En populärvetenskaplig sammanfattning

Tanja Peric

18 Juni 2026

Har du någon gång undrat varför betong spricker och vittrar efter en kall vinter? En av de främsta orsakerna är vatten inuti materialets minsta hålrum, som fryser och långsamt tär på det inifrån.



Figur 1: Resultat från analysen. En cykel är en frysning följt av en upptining. **a)** En bild över var materialet rör sig och deformeras; ju mer färg, desto större förändring, tätast längs den yttre kanten. **b)** En segmenterad por nära ytan, vid start (referensbild) och efter tre cykler: det bruna vattnet har till stor del ersatts av orange luft, poren har tömts. **c)** En segmenterad por längre in mot mitten, vid start och efter tre cykler – den ser nästan likadan ut.

Betong är, näst efter vatten, det mest använda materialet på jorden och bär, bland annat, upp våra hus, broar och vägar. I kallt klimat är vatten en fiende. Inuti materialet finns en mängd små porer som suger åt sig fukt. När vattnet fryser utvidgas det med ungefär en tiondel av sin volym och trycker utåt mot porernas väggar. Frys, tina och upprepa, vinterdag efter vinterdag, så spricker och vittrar materialet långsamt sönder. Dessa skador sker i det dolda och förkortar livslängden på konstruktioner och kostar stora summor att reparera.

För att se vad som faktiskt händer inuti materialet användes röntgentomografi, samma princip som en datortomograf på sjukhuset. En liten cementcylinder, stor som en sockerbit, placerades i en temperaturstyrd rigg och skannades om och om igen medan den frystes och tinades. Medan provet roterar tas hundratals genomlysningar, som räknas samman till en serie tvärsnittsbilder av insidan. Försöket gjordes vid forskningsanläggningen ILL i Frankrike, där provet avbildades med både röntgen och neutroner. Neutroner är särskilt känsliga för vatten, men i detta arbete låg fokus på röntgendatan.

Utmaningen ligger i att tolka de stora mängderna bilddata. Detta examensarbete utvecklade därför ett analysflöde i programspråket Python. Först riktas alla bilder in mot varandra och sedan mäter man hur materialet förskjuts och deformeras mellan tillfällena med så kallad digital volymkorrelation. Därefter segmenteras och undersöks också ett antal porer noggrannare utifrån deras innehåll och hur detta förändras under cyklerna.

Innan materialet kunde studeras behövde metodens inställningar provas fram så att mätningarna blev tillförlitliga.

Analysen kunde peka ut var materialet deformeras och spricker, framför allt nära provets yttre kant (Figur 1a). Rött betyder att materialet har töjts ut och blått att det har tryckts ihop. De gröna rutorna är ställen där metoden inte kunde räkna fram något säkert svar, oftast vid kanter med lite information eller just där materialet spruckit.

Porerna närmast ytterkanten drabbades mest (Figur 1b). En sådan por var till en början fylld med vatten (brunt), men efter några cykler hade sprickor släppt ut vattnet och luft (orange) tagit dess plats. Poren hade därmed till stor del tömts på vatten, där vattnet tycktes tränga ut i sprickorna intill.

Porer längre in påverkades mindre (Figur 1c). En inre por ser nästan likadan ut före och efter; den är mestadels luftfylld och utan synliga sprickor. De rosa fläckarna visar var vatten övergått till luft: det lilla vatten som finns har flyttat på sig något, kanske i utbyte med porer i närheten. De gröna och beige tonerna kommer av att hela poren förskjutits en aning mellan bilderna, en liten brist i mätuppställningen snarare än en verklig skada. Vattnet rör sig också upp och ner med temperaturen: det sjunker mot botten när det fryser och stiger mot toppen när det tinar, en återkommande rörelse kopplad till temperaturförändringarna.

Att förstå var och hur skador uppstår hjälper ingenjörer att bygga mer hållbart och att förutsäga hur konstruktioner åldras. Dessutom finns ett miljöincitament, då cementtillverkning står för en stor del av världens koldioxidutsläpp, och ju längre en konstruktion håller, desto mer sällan behöver den gjutas om.

Slutsatsen från detta arbete är att provets yttersida är mest utsatt. Det beror troligen både på att den påverkas mest av temperaturväxlingarna och på att porerna närmast ytan generellt sågs innehålla mer vatten, vilket gör dem mindre uthålliga mot temperaturcyklingen. Någon säker slutsats om enskilda porer går ännu inte att dra, men arbetet lägger en grund för vidare studier, till exempel att jämföra resultaten med neutrontatan och analysera fler porer och prover.