

# Plastiska krympsprickor - materialsammansättning och arbetsplatsåtgärder

Tidig uttorkning av betongen kan orsaka omfattande sprickbildning. Det är därför av stor vikt att utveckla provningsmetoder och utarbeta riktlinjer för proportionering och hårdning av betongen för att minimera risken för plastiska krympsprickor.

## Bakgrund

Att tidig uttorkning, då betongens mekaniska egenskaper fortfarande är relativt lite utvecklade, kan orsaka omfattande sprickbildning är väl känt. Många upplever krympning och sprickbildning som ett allt större problem. Minskad stenandel, ökad andel finmaterial, tillsatsmedel med retarderande effekt, ökad andel bindemedel samt brisfällig täckning och hårdning är alla faktorer som bidrar till problematiken med tidig krympning och sprickbildning. Den plastiska krympningen antas oftast enbart bero på avdunstningen och dess hastighet. De åtgärder som normalt rekommenderas är tidig vattenbegjutning, täckning eller membranhärdning. För högpresterande betonger, som exempelvis snabbtorkande, höghållfast, självkompakterande (SKB) och smalslångsbetong, är tidigt skydd mot avdunstning många gånger inte tillräcklig för att förhindra uppkomsten av plastiska sprickor. I dessa fall är det ofta den s.k. autogena (förseglade) krympningen som främst orsakar den plastiska sprickbildningen, varför åtgärder även måste inriktas på materialsammansättningen.

## Syfte

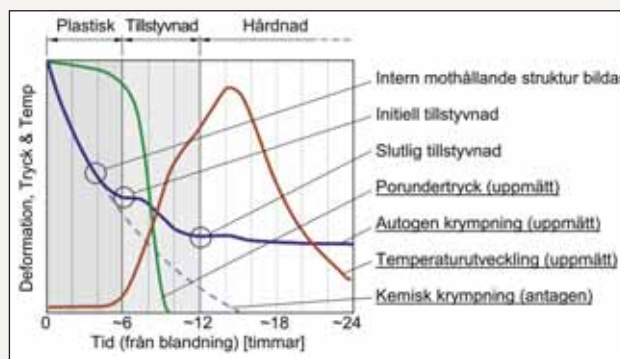
Syftet med projektet var att studera och kvantifiera effekten av den tidiga (<24 timmar) autogena och plastiska krympningen hos SKB, samt att utveckla en provningsmetod och utarbeta riktlinjer för proportionering och hårdning av betongen för att minimera risken för plastiska krympsprickor.

## Genomförande

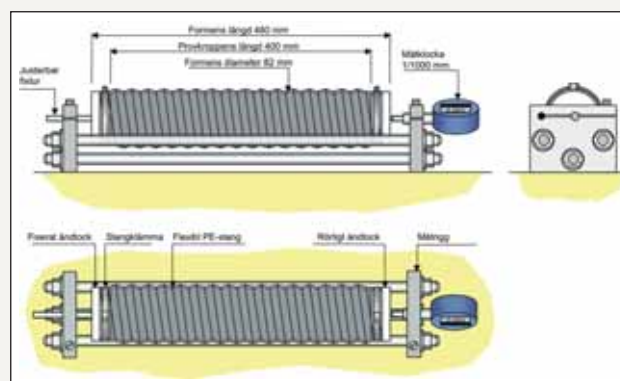
Med stöd från SBUF och Färdig Betong AB har utvecklingsarbetet utförts inom FoU-Väst vid Chalmers tekniska högskola och TCG (C-lab).

En speciellt utvecklad mätmetod, en betongdilatometer, har använts för mätning av den autogena deformationen (se figur 2). Med betongdilatometern kunde längdförändringen hos de täta flexibla provkropparna med betong mätas med stor noggrannhet redan från 30 minuter efter blandning.

För att utvärdera den plastiska spricktendensen användes en modifierad Nordtest ringtestmetod (se figur 3). Metoden bygger på att betong, som gjuts mellan två koncentriska stålringar, tidigt exponeras för uttorkning. Den inre mothållande ringen skapar tangentiella spänningar, som genererar sprickbildning, om de är tillräckligt stora. Sprickbenägenheten utvärderades genom att



1. Autogen (förseglad) deformation, temperatur och porundertryck, kopplat till betongens strukturutveckling, uppmätt på SKB med vct 0,45



2. Betongdilatometer för mätning av autogen deformation hos betong

mäta sprickarean (sprickvidd × spricklängd) och redovisades som ett medelvärde (medelsprickarean) från mätningar av tre parallella uppsättningar.

Ett stort antal försök med olika delmaterial och sammansättningar av SKB har genomförts. De studerade parametrarna var: vct från 0,38 till 0,67, varierande stenandel, inblandning av silika, flygaska, extra vatten, olika cementtyper, tillsatsmedel (accelerator, retarder, krympreducerare, luftporbildare, flytmedelsdos) och fibrer. Försöken kompletterades med fältförsök på ett representativt urval av betonger för att verifiera utrustning och mätresultat, där provplattor med parallella ringförsök utfördes vid tre gjuttilfällena utomhus under maj månad 2005.

## Resultat

Resultaten visar tydligt på vikten av att skydda betongen från avdunstning men även på hur stor inverkan betongsammansättning har på sprickbenägenheten. De olika undersökta delmaterialen och sammansättningarna hade en tydlig påverkan på den autogena deformationen och den plastiska sprickbildningen. Resultaten från studien indikerar att:

- En hög spricktendens genererades när betongen hade: stor autogen krympning (silikatillsats, lågt vct, hög andel finmaterial, låg stenhalt) hög avdunstning av vatten (høgt vct, extra vatten, låg andel finmaterial).
- Både den autogena krympningen och avdunstningen ökade vid retardation (t ex genom retarder, långsamt hårdnande cement, hög flytmedelsdos, eller efterdosering av flytmedel), varför spricktendensen också blev hög.
- Vid vct 0,55 var sprickbildningen som minst.
- Sprickbildning startade i samband med betongens initiaella tillstyvnande (4-6 timmar från blandning).
- Spricktendens kunde effektivt minskas med:
  - krympreducerare
  - accelerator
  - luftporbildare
  - fibertillsats
  - membran, främst vaxbaserat
- Standardbetongen var mer sprickbenägen än SKB då dess avdunstning var större (framförallt vid høga vct).

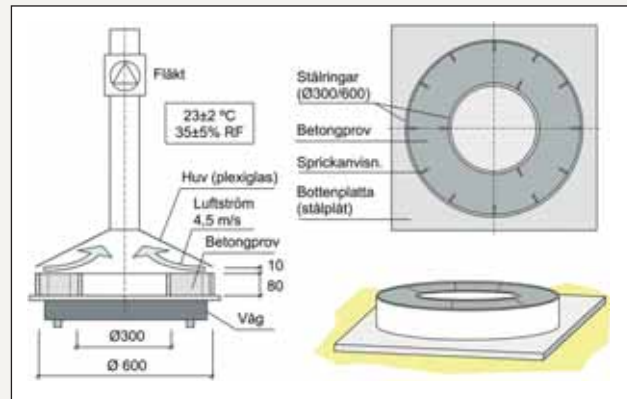
Resultaten pekar på att det är två olika mekanismer som främst avgör den plastiska sprickbildningen. För betonger med høga vct (>0,55) visade sig betongens avdunstning vara avgörande, medan för låga vct (<0,55) var det den autogena deformationen (se figur).

Genom fältförsök kunde ringtestmetoden och de experimentella resultaten tydligt verifieras. Dessutom bekräftade försöken att omgivande väderförhållanden, såsom vindhastighet, temperatur och RF, har stor inverkan på avdunstningen och därigenom på sprickbildningen.

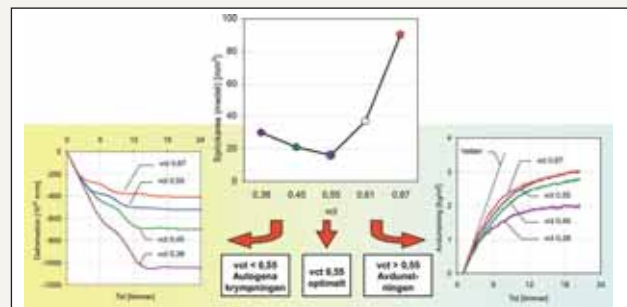
## Slutsatser

Sprickrisken kan som regel minskas genom att tidigt förhindra avdunstningen, men med fördel även genom att optimera betongsammansättningen. Ett optimerat recept vad gäller bland annat bra packning och låg cementmängd, tillsammans med en hög stenandel, ger förutsättningar för att minska den autogena krympningen och därigenom den plastiska sprickbildningen. Mängden flytmedel och retarder bör i största mån hållas nere och ej efterdoseras. Anläggningscement, flygaska och silika bör användas med försiktighet. Grusfukten och mängden tillsatt vatten bör vara väl kontrollerade. Finmaterialets inverkan är både positiv och negativ, eftersom den minskar avdunstningen men även ökar den autogena krympningen. I de fall då avdunstningen kan förhindras bör därför mängden finmaterial hållas låg. Vid klimat och betongsammansättningar där avdunstningen bedöms vara stor är det viktigt att betongen tidigt täcks eller att effektiv membranhardning (om möjligt vax) appliceras, gärna direkt efter utläggning. Eventuell retardation bör i möjligaste mån undvikas. Det bör dessutom påpekas att varmt klimat nödvändigtvis inte är mer kritiskt, då hög temperatur har en accelererande effekt på betongen. Kallt och torrt klimat kan vara nog så illa eftersom betongen retarderas och avdunstningen kan vara relativt stor. För att minska de plastiska krympsprickorna vid tillfällen där den autogena krympningen och/eller avdunstningen är stor, kan krympreducerare och fibrer med fördel användas. Även luftporbildare och accelerator kan ha en positiv effekt.

Med utgångspunkt från resultaten i projektet kan följande övergripande rekommendationer ges för att minska risken för



3. Ringtestmetoden för att utvärdera sprickbenägenheten hos betong



4. Sprickbenägenheten (sprickkoefficient) uppmätt i ringtestförsök med olika vct, och kopplingen till avdunstningen respektive den autogena (försiglade) krympningen mätt med betongdilatometer

plastiska krympsprickor:

1. Välj en betong med vct nära 0,55.
2. Vidtag mycket tidiga åtgärder för att undvika avdunstningen, framför allt vid høga vct (> 0,55).
3. Proportionera väl med avseende på den autogena krympningen, framför allt vid låga vct (< 0,55).
4. Proportionera för minsta möjliga retardation.
5. Välj hög stenhalt.
6. Håll grusfukt och vattentillsats under kontroll.
7. Efterdosera inte flytmedel.
8. Vid behov använd fibrer och/eller krympreducerare.

## Ytterligare information

### Kontaktpersoner:

**Oskar Esping**, Chalmers / Färdig Betong, tel: 0706 714045,

e-post: oskar.esping@bt.chalmers.se

**Ingemar Löfgren**, TCG, tel: 0702 317272,

e-post: ingemar.lofgren@tcg.nu

### Litteratur:

- Crackin due to plastic and autogenous shrinkage – Investigation of early age deformation of SCC (Chalmers, Publ nr 05:11, av O. Esping & I. Löfgren, 95 sidor) kan beställas från Chalmers / Byggnadsteknologi, tel 031-772 23 07, ingela.gustafson@chalmers.se
- Sprickbildning orsakad av plastisk krympning hos självkompakterande betong. (FoU-Väst Rapport 0506, av O. Esping och I. Löfgren, pris exkl. moms 250 kr). Kan beställas från Sv. Byggindustrier, tel 031-708 41 00, fou@bygg.org, www.bygg.org

### Internet:

[www.chalmers.se/cee/SV/avdelningar/byggnadsteknologi](http://www.chalmers.se/cee/SV/avdelningar/byggnadsteknologi)