

# Betongs hållfasthet vid moderata temperaturbelastningar

Betongen i en reaktorinneslutning i ett kärnkraftverk utsätts för förhöjda temperaturer under drift. Enligt den amerikanska standarden ACI 349, som även används i Sverige, bör två gränsvärden på temperaturer beaktas noggrant. Dessa temperaturer är 66°C (150°F) och 93°C (200°F). Tidigare studier på betongs påverkan vid temperaturhöjningar fokuserar oftast på hur betongen påverkas vid ett brandförlopp, därmed är just de tidigare nämnda moderata temperaturbelastningarna inte studerade med hänsyn till hur betongen påverkas.

Syftet med examensarbetet är att sammanställa olika studier i ämnet samt utföra tester på betong som utsatts för moderata temperaturbelastningar, mellan 20 – 120 °C. Detta ska ge en bättre bild på hur betongen i reaktorinneslutningar påverkas i drift. Det är främst tryck- och draghållfasthet som undersökts men även elasticitetsmodulen och viktminskningen har mätts. Förutom de uppmätta egenskaperna har en tunnslipsanalys utförts för att studera och jämföra sprickförekomst och hydratation för prover temperaturbelastade i 20, 66 och 93°C.

Totalt gjordes tre olika gjutningar med samma betongrecept. Detta recept är samma som använts vid tidigare gjutningar på LTH och ska generera betong med hög hållfasthet. Äldre betongprover som ingått i studien tillverkades under 2007 och 2009.

De nygjutna provkropparna utsattes efter 28 dagars härdning för temperaturbelastningar på 20°C, 66°C, 93°C och 120°C medan de äldre betongproverna belastades med temperaturerna 20°C, 66°C och 93°C. Provkropparna som utsattes för 20°C fungerade som referensgrupp.

Tabell 1 – Olika gjutningar (Batcher)

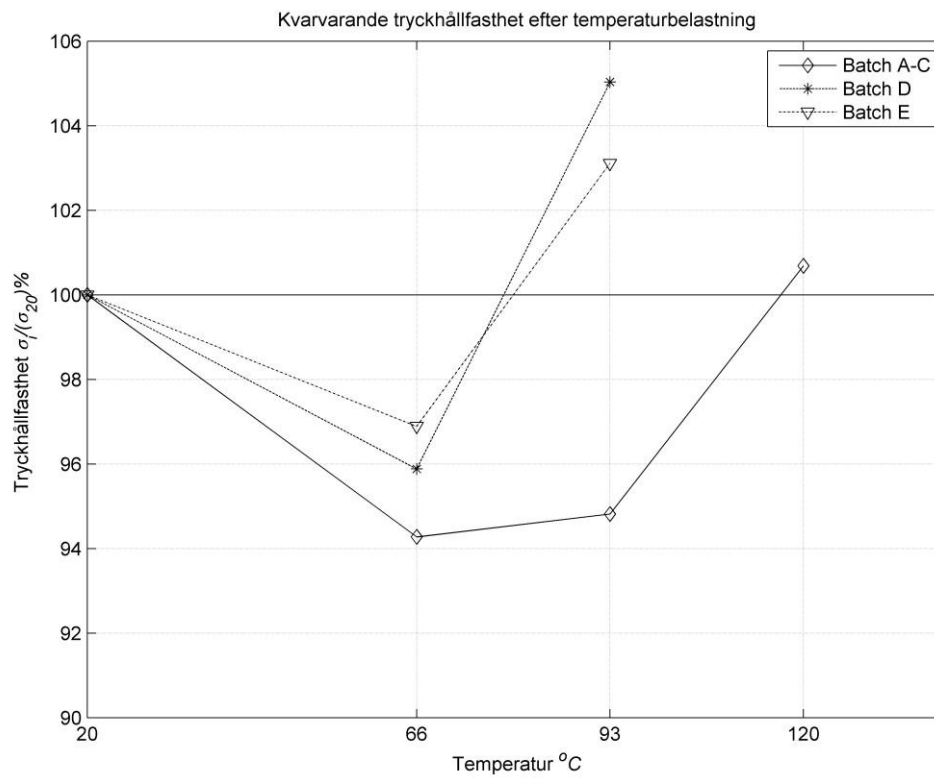
|         |   |
|---------|---|
| Batch A | Egen gjutning november 2012 (Kuber och cylindrar) |
| Batch B | Egen gjutning november 2012 (Kuber och cylindrar) |
| Batch C | Egen gjutning december 2012 (Kuber och cylindrar) |
| Batch D | Gammal betong 2007 (Kuber)                        |
| Batch E | Gammal betong 2009 (Kuber)                        |
| Batch F | Gammal betong 2009 (Cylindrar)                    |

Tabell 2 - Tidsschema

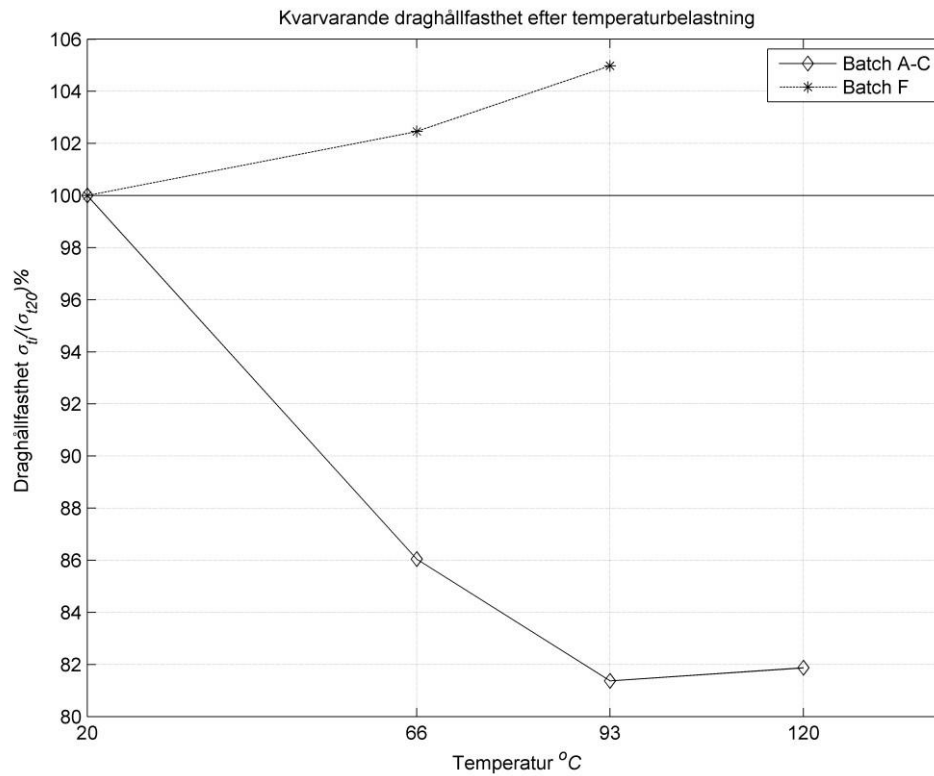
|                           | <b>Batch A</b> | <b>Batch B</b> | <b>Batch C</b> |
|---------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Tid i formar under plast  | 1 dag          | 2 dagar        | 1 dag          |
| Tid i vattenbad           | 24 dagar       | 22 dagar       | 24 dagar       |
| Torkning i rumstemperatur | 3 dagar        | 3 dagar        | 3 dagar        |
| Temperaturbelastning      | 17 dagar       | 17 dagar       | 17 dagar       |
| Nedkylning/återhämtning   | 4 dagar        | 4 dagar        | 4 dagar        |

Resultaten, figur 1 och figur 2, visar tydligt att den nygjutna betongen uppvisar en större hållfasthetsminskning än den äldre betongen. Det var inga stora hållfasthetsminskningar som uppvisas i tryck och det kan till och med urskiljas en ökning i tryckhållfasthet vid en temperaturbelastning på 93°C respektive 120°C. Draghållfastheten uppvisade en minskning för de nygjutna provkropparna medan den äldre betongen fick en svag hållfasthetsökning.

Resultaten för de nygjutna betongproverna stämmer bra överens med tidigare studier inom området.

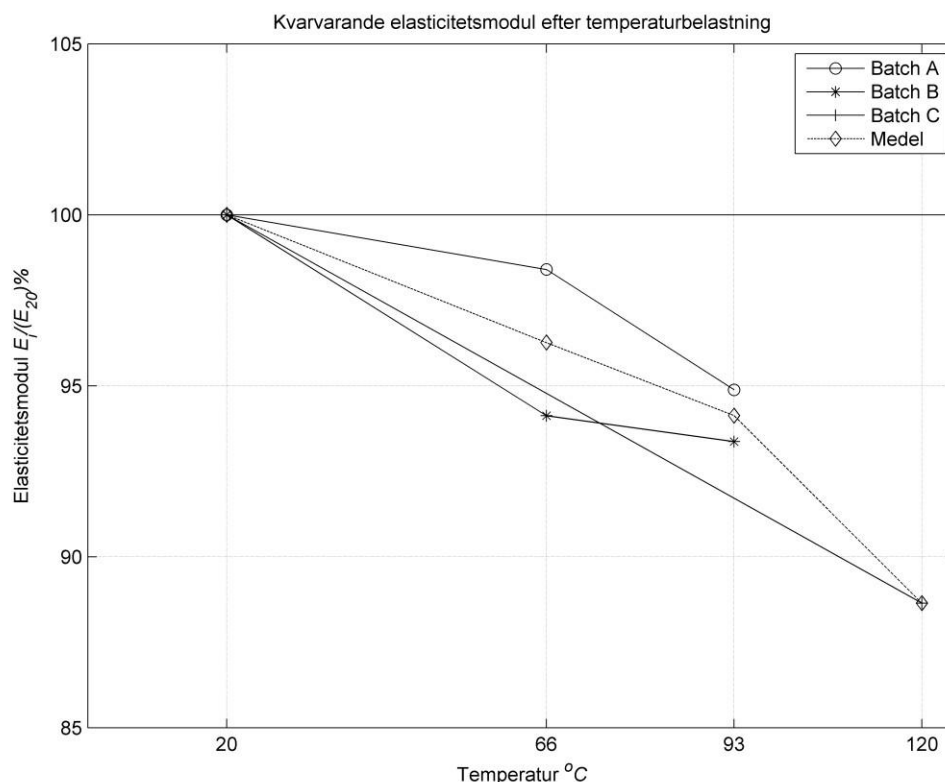


Figur 1 – Kvarvarande tryckhållfasthet, förhållandet avser kvoten för temperaturlastade prover gentemot referensgruppen i 20 °C, efter temperaturlastning, kall testning. Medelvärde för de nygjutna batcherna A-C redovisas



*Figur 2 – Kvarvarande draghållfasthet, förhållandet avser kvoten för temperaturlastade prover gentemot referensgruppen i 20 °C, efter temperaturlastning, kall testning. Medelvärde för de nygjutna batcherna A-C redovisas*

Elasticitetsmodulen minskade med en ökande temperatur. Denna egenskap är starkt kopplad till vikten som även denna minskade med höjning av temperatur och beror på avdunstning av vatten, figur 3.



Figur 3 - Kvarvarande elasticitetsmodul, förhållandet avser kvoten för temperaturlastade prover gentemot referensgruppen i 20 °C, efter temperaturlastning

Vid temperaturlastning genomgår betong och dess beståndsdelar många processer. De viktigaste med hänsyn till hållfasthetsegenskaper är accelererande hydratation, inverkan av fukt samt längdutvidgning av de olika beståndsdelarna. En accelererande hydratation stärker hållfastheten hos betongen medan fukttransporten och olika längdutvidgningsegenskaper mellan cement och ballast medför inre spänningar som leder till mikrosprickor i betongen. Dessa mikrosprickor har negativ effekt för hållfastheten. Men även en inverkan från fukt påverkar då fukten i dess uppvärmda tillstånd sväller och ger oregelbundna inre spänningar som inverkar negativt på tryckhållfastheten. Denna effekt avtar då fukten avdunstar.

En tunnslipsanalys har utförts för att ge svar på vilka effekter som påverkar mest. Temperaturerna 20, 66 och 93°C studerades och resultaten pekar på att fukt är den påverkande faktorn vid temperaturer upp till 93°C

Slutsatsen är att det är viktigt att välja rätt beståndsdelar och proportioner mellan dem vid tillverkning av reaktorinneslutningar. Dessutom bör fukten beaktas och betongen bör inte temperaturlastas i tidig ålder d.v.s 28-90 dagar.

Henrik Jönsson och Robert Tornberg 2013-04-02