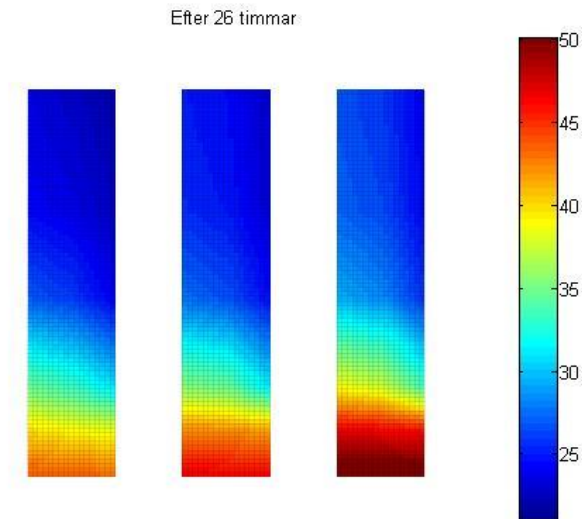


Temperaturberäkningar i betongkonstruktioner

- en jämförelse mellan beräkningar med olika typer av indata

Vid cementtillverkning värms lera och kalksten upp till 1450 °C. Denna tillverkningsprocess innebär stora koldioxidutsläpp från både förbränningen av bränslet och från kalkstenen då den avger koldioxid. Efter hand som det blir större krav på att minska koldioxidutsläppen utvecklas nya cementsorter som förutom cement innehåller tillsatsmaterial. Dessa tillsatsmaterial är restprodukter från industrier, vilket innebär att användning av dessa inte bidrar till ytterligare koldioxidutsläpp. Tillsatsmaterialen påverkar vissa av cementets egenskaper vilket betyder att man behöver göra tester på de nya cementsorterna för att ta reda på dessa ändrade egenskaper. En av de egenskaper som påverkas av inblandning av tillsatsmaterial är hur mycket värme som utvecklas när cementet reagerar med vatten och blir hårt. Denna egenskap är viktig för att kunna förutsäga temperaturutvecklingen vid gjutning av grova konstruktioner för att t.ex. undvika att det blir sprickor i betongen.

Den metod som används idag för att beräkna temperaturer i gjutna betongkonstruktioner använder indata som är framtagna med semi-adiabatisk kalorimetri. Vid denna mätmetod låter man betong reagera i en isolerad form och mäter temperaturen under reaktionsförlopet. Sedan använder man en matematisk modell för att ta fram parametrar för cementet. Dessa parametrar använd sedan i beräkningsprogrammet för att beräkna hur varmt det blir vid gjutning av en verklig betongkonstruktion. Användningen av denna metod begränsas bland annat på grund av att den kräver en stor mängd hållfasthetsprov för att ta reda på hur reaktionshastigheten påverkas av temperaturen. Tryckhållfastheten mäts därför regelbundet under härdningsprocessen för att man ska få reda på hur långt reaktionen har kommit vid olika tider och temperaturer. I detta exjobb har ett beräkningsprogram med indata som istället är framtagen med en annan metod som kallas isoterm kalorimetri undersökts för att se om detta kan komplettera eller ersätta delar av de traditionella mätningarna. Med denna alternativa metod mäts hur mycket värme som utvecklas när små prov av cement och vatten reagerar vid olika konstanta temperaturer. Eftersom den utvecklade värmen är proportionell mot hållfastheten behöver det endast utföras enstaka hållfasthetsprov.



Figur 1 Detta är en jämförelse av den uppmätta temperaturen i pelaren (till vänster), den traditionella versionen av beräkningsprogrammet (i mitten) och den nya versionen av programmet (till höger). Man kan se att den nya versionen av beräkningsprogrammet ger högre temperaturer än de andra i den nedre delen av pelaren, där den var isolerad.

En rund pelare med diametern 34,6 cm, höjden 100 cm göts i med en betong som hade ett vattencementtal, vct på 0,55. Pelaren isolerades i den nedre delen för att få olika temperaturer i olika delar av pelaren. Temperaturen mättes på 21 ställen i pelaren för att se om beräkningsprogrammen kunde beräkna temperaturutvecklingen i en härdande betongkonstruktion. Det traditionella beräkningsprogrammet kunde anpassas till mätningen genom att vindhastigheten sattes till 6 m/s, men det kunde inte den nyutvecklade versionen av beräkningsprogrammet. Resultatet visade att den nya versionen av beräkningsprogrammet gav bra resultat för temperaturer mellan 20 och 40 °C, men gav för höga temperaturer vid i de delar av pelaren som blev varmare än 40 °C, se figur 1. Skillnaderna kan möjligtvis förklaras med att de reaktioner som sker mellan cement och vatten har ett historieberoende. Detta skulle kunna vara att det som bildas i reaktionerna får lite olika innehåll beroende på vilka temperaturer betongen haft tidigare. Om det sker en reaktion som bildar en viss mängd värme när reaktionen sker vid en konstant temperatur på 50 °C så kan en reaktion som först reagerar vid en lägre temperatur, men att temperaturen ökar till 50 °C succesivt under reaktionen bilda lika mycket värme. Resultaten visar att beräkningsmodellen för den nya versionen av programmet ger en högre maxtemperatur än det verkliga temperaturförloppet i mätningen. Om man kommer på hur cementets reaktion förändras beroende på vilka temperaturer den reagerar i, så skulle man kunna använda den nya versionen av indata i en modell som kompenserar för att reaktionerna sker på ett annat sätt i en verklig gjutning jämfört med vid en konstant temperatur.