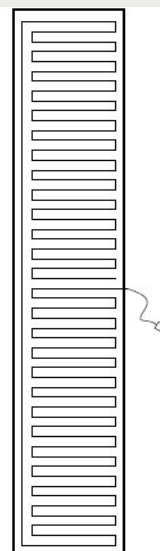


Värmematta avsedd att begränsa temperatursprickor vid gjutning av betongkonstruktioner

Vid gjutning av betongkonstruktioner, så som tunnlar, broar, stödmurar, kraftverk, kajer etcetra, riskerar betongen att spricka till följd av de temperaturrelaterade rörelser som uppkommer vid betongens härdning. Om rörelsen mothålls av en motgjuten konstruktionsdel uppkommer risk för "genomgående temperatursprickor". Vanligen minskas den risken genom att antingen kyla den nygjutna betongen eller förvärma motgjutningen. Genom förvärmning innan gjutning kan den motgjutna konstruktionsdelen förlängas och rör sig därmed i samma riktning med avsväljande nygjuten betong. Detta minskar spänningarna och därmed sprickrisken. Oftast används ingjutna värmekablar som förvärmningsmetod. De har nackdelarna att de lätt skadas och inte går att lägga in i efterhand. På många arbetsplatser finns tjältiningsmattor som skulle kunna användas som förvärmningsmetod. Men de är mindre lämpade på grund av att deras höga effekt dels drar mycket ström, dels riskerar att spräcka den uppvärmda delen samt riskerar att värma upp den nygjutna betongen för mycket. I detta SBUF-projekt har en lågeffektsvärmematta tagits fram och testats för att utöka möjligheterna till förvärmning.



Bakgrund

Genomgående temperatursprickor i konstruktionsdelar av betong är ett problem inom anläggningsbyggnaderna främst eftersom sprickorna riskerar att orsaka minskad beständighet. Vid sprickbildning påbörjas de nedbrytningsprocesser som påverkar beständigheten negativt potentiellt sett snabbare. För att begränsa risken för temperatursprickor behövs åtgärder göras i många fall, som till exempel den i projektet framtagna värmemattan.

Syfte

Syftet med projektet var att ta fram en ny temperaturspricksbegränsande metod - uppvärmning av motgjuten konstruktionsdel med hjälp av värmemattor. Enligt svenska normer ska temperatursprickrisken analyseras före gjutning av anläggningskonstruktioner. För att detta ska vara möjligt att genomföra med värmemattan

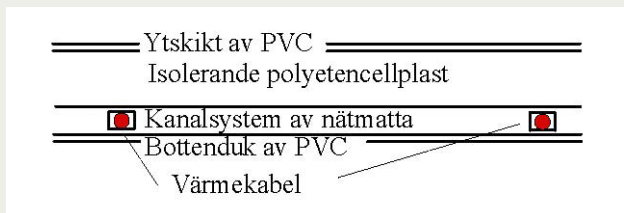
behöver den provas i praktiken och parametervärden för tillförd effekt och värmekonduktivitet behöver fastställas.

Genomförande

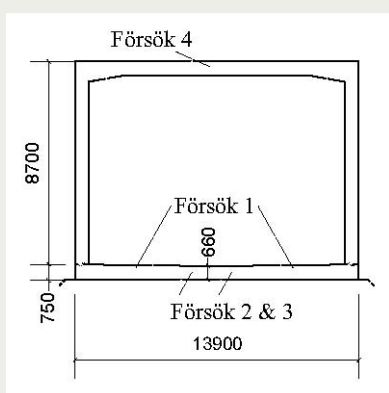
Med stöd från SBUF har arbetet utförts av en arbetsgrupp bestående av medarbetare från Betong & Stålteknik och Svevia. En referensgrupp från Svevia, Trafikverket, Skanska och Betongindustri har bistått under arbetet.

Värmemattor med måtten 5 x 1 m som har låg och kontinuerlig effekt (590 W), se *Figur 1*, har utvecklats och testats vid byggandet av en 640 m lång järnvägstunnel i Gamla Uppsala. Sammanlagt gjöts 61 parvisa väggetapper under varierande omständigheter, från september 2014 till februari 2016. Vid de flesta gjutningar har en kombination av värmemattor och värmekablar använts för att begränsa temperatursprickrisken.

Fyra testförsök där mattans förmåga att värma upp underliggande betong genomfördes, se *Figur 2*. Mattorna täcktes med 10 mm cellplast för att öka den uppvärmande förmågan och fungerade även som skydd mot mekanisk påverkan. Temperaturgivare placerades på 5 – 6 olika djup per försök och temperaturen mättes upp till 14 dygn efter aktivering av mattorna. Mattorna var påslagna mellan 4 – 7 dygn. I programmet ConTeSt anpassades sedan parametervärden för mattan utifrån de uppmätta temperaturerna vid testförsöken.



Figur 1. Principiell uppbyggnad av värmemattan.



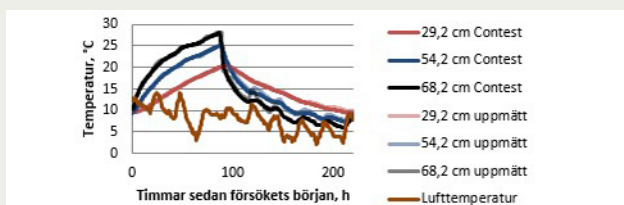
Figur 2. Mätseriernas placering i tunneltvärsnittet.

Vissa av väggetapperna sprack och spänningsberäkningar upprättades (i ConTeSt) för att analysera hur väl en beräkningsmodell med värmemattparametrar kan uppskatta verklig sprickbildning.

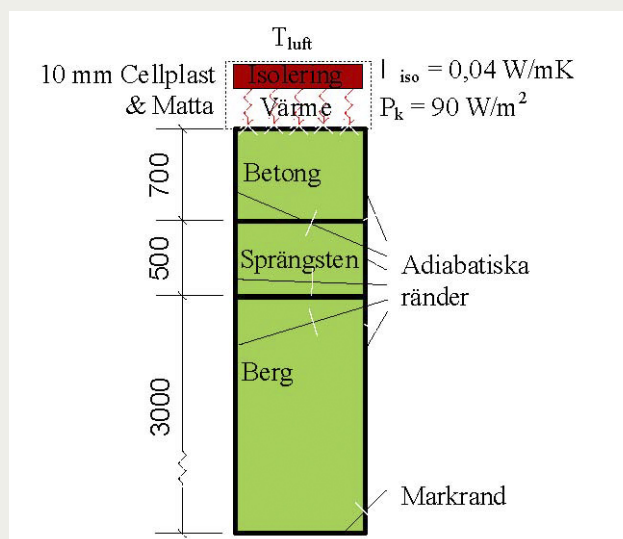
Resultat

En jämförelse mellan mätta och beräknade temperaturer för försök 1 ses i *Figur 3*.

Motsvarande jämförelser gjordes även för de övriga försöken, och i samtliga jämförelser uppvisas mycket god överensstämmelse efter parameteranpassning av tillförd värmeeffekt och isoleringsförmåga hos mattan. I *Figur 4* åskådliggörs schematiskt, för temperaturberäkningar gjorda i 2D FEM, den geometriska beräkningsuppställningen och ansatta randvillkor. Mattan är modellerad som ett randvillkor med variabel lufttemperatur (T_{luft}). Parameteranpassningen visade att det är lämpligt att tillföra effekten $P_k = 90 \text{ W/m}^2$ och att ansätta värmekonduktiviteten till $\lambda_{iso} = 0,04 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ vid modellering av värmematta plus 10 mm cellplast.



Figur 3. Uppmätta och beräknade temperaturer vid olika höjder i bottenplattan.



Figur 4. Beräkningsmodell för uppskattning av värmeflöde i betongen

Jämförelser gjorda mellan efterkalkyler för sprickrisken och verklig sprickbildning visar att samtliga väggar där höga spänningar förekommer uppvisar sprickor med sprickvidder $\geq 0,1 \text{ mm}$. En ekonomisk jämförelse mellan användning av värmekablar och värmemattor visar att mattorna blir lönsamma efter uppskattningsvis 5 till 30 användningar, beroende på omständigheterna.

Slutsatser

Värmemattan (5 x 1 m) är lämplig som en temperaturspricksbegränsande åtgärd, åtminstone för väggar gjutna på fritt grundlagda bottenplattor med tjocklek upp till minst 750 mm. Värmemattans effekt på temperaturen i bottenplattan kan beräknas med tillfredställande precision. Dessutom kan temperatursprickrisken beräknas tillförlitligt. Även om värmekablar används som sprickriskbegränsande metod vid ett större betongarbete är det mycket lämpligt att ha några värmemattor att använda vid händelse av icke-fungerande redan ingjuta kablar.

Ytterligare information

Kontaktpersoner:

- Anders Hösthagen**, Betong & Stålteknik / LTU, tel 073-9012965, e-post: anders.hosthagen@bostek.se
- Vilmer Andersson-Vass**, SVEVIA, tel: 072-5445323, e-post: Vilmer.Andersson-Vass@svevia.se
- Carsten Vogt**, Betong & Stålteknik, tel 070-1643434, e-post: carsten.vogt@bostek.se

Litteratur:

- Värme ett alternativ till kyla; Metodutveckling och ny teknik. SBUF projekt ID:13046. Kan hämtas på www.sbuf.se – Projekt 13046
- Temperatursprickor i betong. Metodutveckling för sprickbegränsning och uppföljning av uppsprickning i en tunnelkonstruktion (KTH, TRITA-BKN examensarbete 470, av Vilmer Andersson-Vass, 149 sidor), Vilmer.Andersson-Vass@svevia.se, www.diva-portal.org/smash/get/diva2:873217/FULLTEXT01