

## Het voorkómen van temperatuurscheuren in massieve bouwwerken

In een uitvoerig gedocumenteerd artikel in onderstaand tijdschrift wordt nader ingegaan op de maatregelen, die genomen kunnen worden tegen het optreden van temperatuurscheuren. De schrijver steunt hierbij voor een belangrijk deel op onderzoeken, die verricht werden door het U.S. Bureau of Reclamation te Denver (U.S.B.R.), dat 50 jaar ervaring heeft bij de bouw van stuwdammen. Hoewel veel dat genoemd wordt wel algemeen bekend is, worden er enkele onderwerpen belicht die nadere vermelding waard zijn. Ten aanzien van de verschillende mogelijkheden om de hydrateringswarmte te beperken, worden onder meer genoemd:

### 1. De betonsamenstelling

Aanbevolen wordt het gebruik van een zo gering mogelijke hoeveelheid cement per  $m^3$  en van cementen met geringe hydrateringswarmte. De korrelgrootte van de toelag is bepalend voor de cementbehoefte voor het bereiken van een bepaalde druksterkte. Met 270 kg cement per  $m^3$  wordt bij een max. korrelgrootte van 30 mm een zelfde druksterkte behaald als met 175 kg cement per  $m^3$  bij een max. korrelgrootte van 150 mm.

### 2. Verdeling in meer storten

De lage waarde van beton voor de warmtegeleidingscoëfficiënt, nl. 1,2 – 3,2 kcal/mh  $^{\circ}C$  (staal 40 à 50) vraagt om een verdeling van een constructie in verschillende storten. Bij een verdeling met verticale voegen ontstaan krimpnaaden, doch kan worden doorgestort. Bij horizontale stortnaaden ontstaan geen krimpnaaden, doch moeten tussen de storten wachttijden worden ingevoerd. De ervaring heeft geleerd, dat, indien de wachttijden te kort zijn, de temperatuurstijging t.g.v. hydratering van de opvolgende lagen gesommeerd wordt.

Gemeten werd een temperatuurverhoging in een plaat van 0,75 m dikte van  $9^{\circ}C$ , idem bij 1,5 m dikte van  $16^{\circ}C$  en bij 3 m dikte van  $23^{\circ}C$  (zie figuur 6). Zou een dikte van 9 m gestort moeten worden, dan maakt het weinig verschil of 3 maal 3 m in 8 dagen wordt gestort of 12 maal 0,75 m in dezelfde tijd. Bepalend zijn dan de stortcapaciteiten en de andere omstandigheden.

### 3. Buiskoeling

Bij stuwdammen wordt reeds gedurende tientallen jaren gebruik gemaakt van koeling d.m.v. ingebetonnerde stalen buizen. De koeling is grafisch weergegeven in figuur 7. Het beton moet worden gekoeld tot ca.  $1^{\circ}C$  beneden de laagste temperatuur die het beton t.g.v. de klimatologische omstandigheden kan krijgen, opdat de geïnjecteerde verticale stortvoegen na stopzetten van de koeling worden dichtgedrukt. Bij de grote hoeveelheden beton van een stuwdam zijn de kosten 3 à 4 gulden per  $m^3$  beton. Meestal wordt (worden) toegepast:

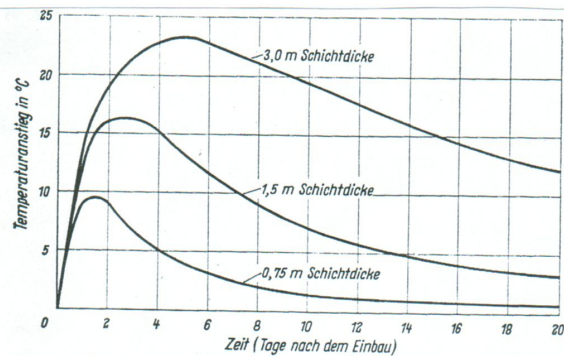


Fig. 6. De temperatuurverhoging in betonnen platen van verschillende dikte.

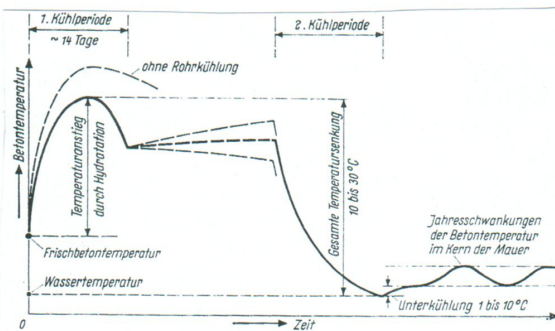


Fig. 7. Het verloop van de temperatuur in een betonnen stuwdam met koeling d.m.v. ingebetonnerde buizen.



- een buisdiameter van 1" tot 2"
- een wanddikte van de buizen van 1,5 mm
- metalen buizen
- buig lengten van 200 m
- een waterstroomsnelheid van 12,7 cm/s in 1" buizen en van 6,3 cm/s in 2" buizen.

De prestatie is niet groot, nl. een temperatuurverlaging van 1 tot 2 °C per dag. Veel meer mag de verlaging ook beslist niet zijn, daar anders rond de buis radiale trekspanningen op gaan treden t.g.v. temperatuurverschillen. Het is het beste om een combinatie te maken van toepassing van buiskoeling met het gebruiken van een cement, die langzaam bindt, of met een aan het mengsel toegevoegde vertrager.

#### 4. Maatregelen bij minder massieve constructies

Van belang is het te weten, dat om een verlaging van 1°C van de betonspecie te verkrijgen, onder gemiddelde omstandigheden geldt, dat dan

- de cement 10 °C in temperatuur moet worden verlaagd, of
- de toeslag 1,6 °C in temperatuur moet worden verlaagd, of
- het water 3,6 °C in temperatuur moet worden verlaagd.

Het blijkt belangrijk te zijn indien in de zomer de toeslagmaterialen door besproeiing worden gekoeld, speciaal geldt dit voor het grind. Daarna komt verlaging van de temperatuur van het aanmaakwater aan bod.

Opvallend zijn de maatregelen, die genomen zijn bij één van de drie werken, die in het artikel worden besproken, nl. de tunnel te Rendsburg. De af te zinken tunnelstukken (zie figuur 8) werden gestort in moten van 20 m lengte. De vloer werd eerst gestort en vervolgens in één keer de wanden en het dek.

Het betonmengsel bevatte ca. 290 kg C<sub>3</sub>A- vrije PZ 275 per m<sup>3</sup>. De eis werd gesteld, dat de temperatuur van de betonspecie voor de wanden en het dek 5 °C lager zou liggen dan de temperatuur van de vloer. Hiertoe werden de volgende maatregelen genomen.

- het toeslagmateriaal groter dan 7 mm werd met water van +10 tot +13 °C besproeid.
- het aanmaakwater werd tot +1 °C gekoeld met ijs in de vorm van sneeuw. Per m<sup>3</sup> werd 20 – 30 kg ijs in plaats van water daarvoor gebruikt.
- de cement werd tot +27 °C gekoeld.
- de leiding van de betonpompen werd over de lengte van 30 – 50 m met blokken ijs gekoeld.

Het resultaat is, dat volgens een berekening de nu aanwezige trekspanning 7,3 kg/cm<sup>2</sup> is in plaats van 19,5 kg/cm<sup>2</sup> indien niet gekoeld zou zijn. Dit is in figuur 9 te zien. De kosten worden niet vermeld en evenmin of altijd wel aan deze eisen werd voldaan.

R. A. T.

Beton 1964, Heft 1 en 2.

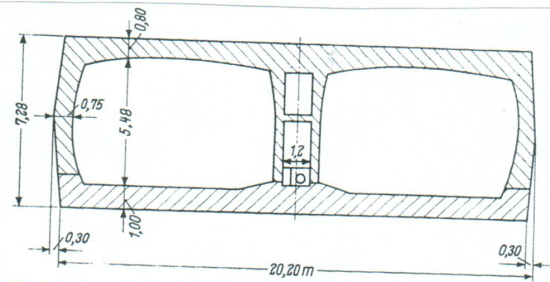


Fig. 8. Doorsnede van de wegtunnel te Rendsburg onder het Noordzee-Oostzeekanaal.

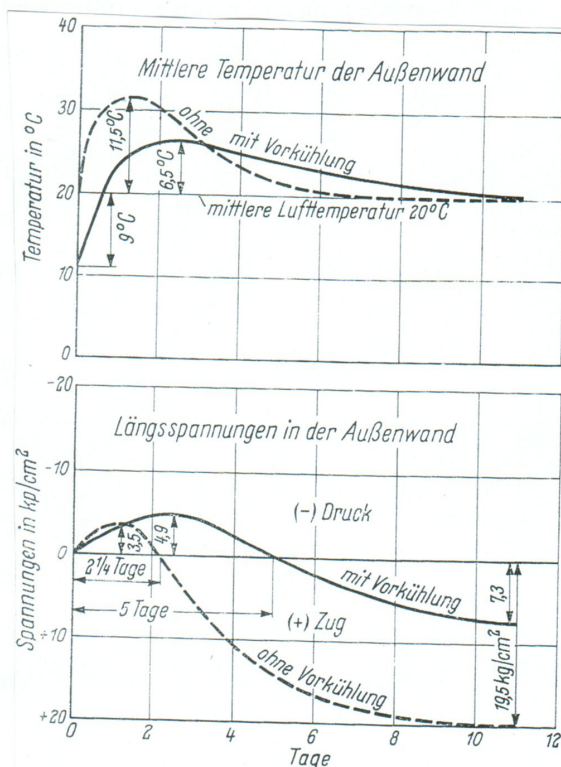


Fig. 9. Temperatur en temperatuurspanningen in een tunnelwand, met en zonder vóorkoeling van het beton.