

Beskyttelse mot frostsprengning i tunneler

SINTEF Byggforsk

www.sintef.no/byggforsk

Kontaktperson

Eivind Grøv

eivind.grov@sintef.no, t: 73 59 47 10

Hvor dypt inn i bergmassen kommer frostinntrengningen når lufttemperaturen i en tunnel synker? Hvordan utveksles varme mellom bergmassen og tunnelen gjennom vann- og frostsikringselementene?

Betydningen av frostmengde og kunnskapen om varmeutveksling mellom den varme bergmassen og den kalde tunnel luften er ikke godt nok vitenskapelig dokumentert i dag. Håpet er at ny kunnskap vil bidra til å optimalisere installasjonene av vann- og frostsikring. Ønske om mer kunnskap på dette feltet var en av grunnene til at frostlaboratoriet ved SINTEF ble bygd.

Frostlaboratoriet

Frostlaboratoriet består av et tunnelrom, et bergrom, isolerte vegger, gulv og tak, og en steinblokk av storegranitt midt i modellen. Mellom steinblokken og tunnelrommet er det montert to lag sprøytebetong og ett mellomliggende lag Masterseal; totalt 12,5 cm tykkelse.

Et kjøleaggregat gjør det mulig å endre temperaturen i de to rommene. Temperaturen i bergrommet holdes konstant på 8–10 °C, mens temperaturen i tunnelrommet kan justeres ned til -20 °C. Målepunkter i steinblokken registrerer hvordan berget responderer på temperaturendringene i tunnelrommet.

Vellykket modell

De første testene i frostlaboratoriet viser at den fysiske modellen fungerer godt i forhold til forventningene, og at den reagerer realistisk på temperaturendringer og -laster. Forsøkene viser god korrelasjon mellom testene i frostlaboratoriet, de numeriske modellene og analytiske teorier/modeller.

Temperatur viktigere enn frostmengde

Resultater fra ett års testing av BASF Masterseal i frostlaboratoriet viser at det muligens finnes en kritisk frostmengde som gir en stabil utvikling av 0-isotermens utbredelse. Denne kritiske frostmengden er avhengig av laveste temperatur som opptrer i en gitt tidsperiode i en tunnel, bergmassens termiske egenskaper og dens temperatur.

Utover denne kritiske frostmengden er frostmengdebegrepet uegnet til å beskrive 0-isotermens utbredelse i berget. Det er temperaturen, og ikke varigheten, som er den drivende kraften i inntrengningen. Varigheten kan være uendelig, og frostinntrengningen vil likevel

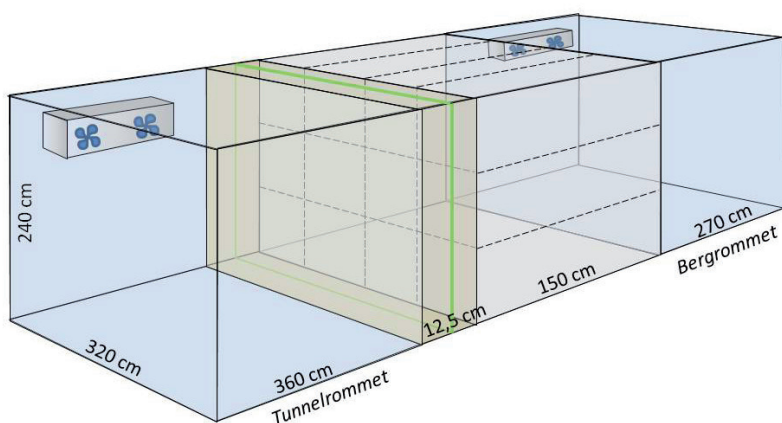
ikke endres så lenge temperaturen ikke senkes. Dette gjelder for frostmengder og temperaturer innenfor det som det er rimelig å operere med ved veg- og jernbanetunneler jevnlig utsett for normale klimatiske endringer.

Varighet har også betydning for å opprettholde en stabil situasjon. Hvis varigheten av en kuldeperiode er kort, responderer bergmassen med å skyve 0-isotermen tilbake mot tunnelrommet.

BASF Masterseal 345 som beskyttelse mot frostsprengning

Testene viser at kombinasjonen av BASF Masterseal og sprøytebetong slik det er utført i frostlaboratoriet, ikke utgjør en spesielt effektiv barriere for å beskytte mot frost, men det gir en liten forsinkelse av frostinntrengningen. Forsinkelsen er avhengig av laveste temperatur i en syklus. Selv med et beskjedent antall kuldegrader ble det målt negative temperaturer bak membranen. Det var for øvrig ikke meningen at konseptet skulle ha stor isolerende effekt; hensikten var å forhindre fritt vann å komme inn i tunnelen. Vannsikringsegenskapene er ikke testet i frostlaboratoriet. Men dersom kombinasjonen av Masterseal og sprøytebetong forhindrer fritt vann i tunnelen, vil det ikke bli noe problem med is i tunnelen. Et annet spørsmål er om vann som fryser bak vann- og frostsikringen kan ødelegge den eller berget på noen måte. Ut i fra de foreløpige resultatene vi har, tyder det ikke på at slik sprengning vil påføre konstruksjonen skade.

I den fysiske modellen er det også boret fire hull tvers igjennom steinblokken. Hullene ble i en test fylt med vann under moderat trykk. Vannforsøkene viser at de målte bevegelsene er så små at de sannsynligvis skyldes målefeil. Vi har ikke kunnet registrere frostsprengning med den målenøyaktigheten som det aktuelle utstyret har, men målenøyaktigheten anses å være tilstrekkelig for dette formålet.



▲ Skisse av frostlaboratoriet med den 150 cm brede steinblokken midt i og Masterseal inn mot tunnelrommet
Illustrasjon: Solveig Vassenden