

Utvärdering av injekteringsbruks egenskaper över tiden

Två praktiska försök på injekteringsbruks egenskaper har genomförts på plats i befintliga tunneldrivningsprojekt i Stockholmsområdet. Ändamålet med studien har varit att undersöka hur viskositet, densitet och flytgräns ändras med tiden hos injekteringsbruk för att på så sätt få bättre kontroll på hur bruk åldras. Bättre förståelse leder i förlängningen till att injekteringsarbeten i tunnlar blir mer tids- och kostnadseffektiva.

Bakgrund

Ökade krav på täthet hos tunnelkonstruktioner leder till ökade krav på resultaten vid injekteringsarbeten. För att säkerställa ett gott resultat vid tätning av tunnlar krävs att man ökar förståelsen för hur injekteringsbruks egenskaper förändras under den tid som injekteringsarbetet pågår. Härdningsprocessen, som startar direkt när cement och vatten blandas, kommer att påverka brukets flytegenskaper och därmed också dess möjlighet till inträngning i öppna sprickor.

Tidigare studier i ämnet har adresserat problematiken kring hållfasthetstillväxt och härdningsförlopp hos bruk ute i produktion. Exempelvis observerades i en studie långa uppehållstider i omröraren, upp till 2 timmar, med påföljande konsekvenser för håll med samband (härdande bruk) och trolig nedsatt förmåga till inträngning i sprickor. I denna rapport beskrivs tester som bygger på tidigare erfarenheter och visar på betydelsen av tiden i omröraren för egenskaperna hos injekteringsbruket (test 1).

Andra studier har visat på problematik och omfattning av hål med förbindelse. Ett enklare test för att simulera stillastående bruk i ett borrhål utfördes (test 2).

Samtliga tester utfördes i fält och med fältmässig utrustning. Kontraktsenliga mätmetoder till exempel "mud balance" och "marshkon" användes.



Syfte

Syftet med projektet var att undersöka hur injekteringsbruk beter sig och hur dess egenskaper (viskositet, densitet och flytgräns) förändras med tiden. Bättre förståelse för hur bruk åldras och nämnda parametrar ändras, ger bättre kontroll på och ökar förutsägbarheten av exempelvis spridning av och hållfasthetstillväxt hos bruk vid injekteringsarbeten. Ökad kontroll och förutsägbarhet i sin tur leder till en mer tid- och kostnadseffektiv injekteringsprocess samt höjer kvaliteten på utfört arbete.

Genomförande

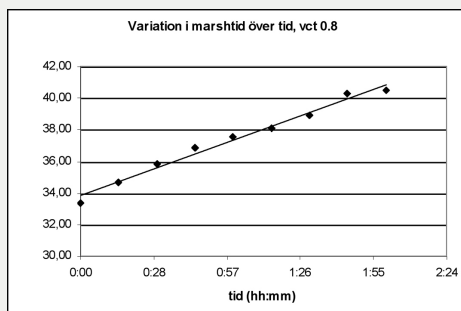
Med stöd från SBUF, Skanska Sverige och Veidekke har arbetet utförts av Björn Stille, Andrea Bruno och Jaana Vuorinen. Proving gjordes på injekteringsriggen i tunnelmiljö med "normalt" injekteringsbruk. För provningarna blandades cirka 100 liter bruk även det med tanke att efterlikna riktiga injekteringsförhållanden. Prov gjordes med två olika tester:

- Test 1: Brukets åldrande under omrörning
- Test 2: Simulering av stillastående bruk i borrhål

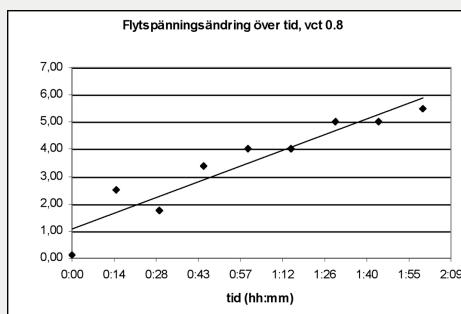
Resultat och Slutsatser

Exempel av provresultaten redovisas i figurerna nedan. Notera att testerna genomfördes med två olika vct, 0,8 respektive 1,0.

Vct 0,8 Bruk i omröraren

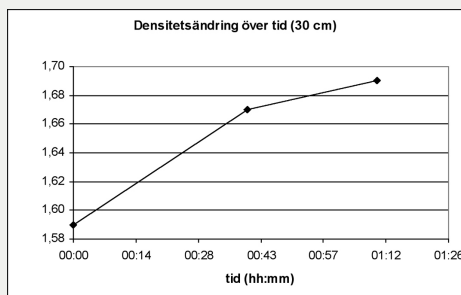


Figur 1. Förändring av marshtid som funktion av tid i omröraren.

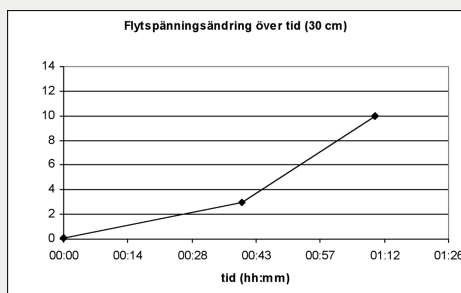


Figur 2. Förändring av flytpänning (flytgräns, yield limit) som funktion av tiden i omröraren.

Vct 1.0 Stillastående bruk



Figur 3. Densitetsändring som funktion av tiden (stillastående bruk 30 cm från ytan).



Figur 4. Ändring av flytpänning för stillastående bruk som funktion av tiden (30 cm från ytan).

Yield stick

Resultaten från Yield stick-mätningen i vct 1.0 är tveksamma. Det är troligt att mätmetoden inte lämpar sig för mätning i bruk med låga flytgränser. Baserat på dessa mätningar verkar den mätgränsen ligga kring 1-2 Pa, i detta fall motsvarande vct 1.0 eller större.

Mud balance

Under tiden bruket är i omröraren noterades inga systematiska variationer i densitet. Det troliga är att mätmetoden, mud balance-mätning, i sig verkar ha en noggrannhet på cirka 0.01 g/cm³.

Test 1 (Brukets åldrande under omrörning). För vct 0.8 visar mätningarna en ökning av både flytpänning och marshtid med tiden. För vct 1.0 visar marshtiden ett tydligt tidsberoende medan flytpänningen inte är mätbar med den använda mätmetoden.

Resultaten (konstant densitet över tid) visar att omröraren i god utsträckning motverkar sedimentations- och konsolideringsprocesserna i bruket. Däremot motverkar omröraren inte hydrationsprocesserna som orsakar förändringar hos flytpänning och viskositet hos bruket. En slutsats blir att motståndet mot inträngning i sprickor kommer att öka med tiden eftersom flytpänning och viskositet påverkar brukets flytförmåga och därmed dess inträngningsförmåga.

Test 2 (Simulering av stillastående bruk i borrhål). Testet utfördes för vct 1.0. Bruket i mätcyllindern sedimenterade och konsoliderade mellan 10 och 40 minuter till en relativt stabil densitet i alla tre nivåerna. Förändringen i flytgräns var betydande för mellannivån (30 cm) och ännu större för nedre nivån (10 cm, särskilt om sista mätningen extrapoleras).

För vct 0.8 genomfördes endast ett enkelt test, efter 2 timmar kunde mätcyllinder vändas upp och ner utan att bruket rann ur mätglaset.

En rimlig tolkning av resultaten är att ett bruk som legat i ett borrhål i längre tid än 40 min har egenskaper som kraftigt avviker från det ursprungliga. Detta stämmer troligen även på andra egenskaper som penetrationsförmåga (ex. b_{crit}). Förändringen kommer att ha en stor negativ effekt på inträngningsförmågan när hålet senare trycksätts.

Sammanfattning

Resultaten från testerna (Brukets åldrande under omrörning och Simulering av stillastående bruk i borrhål) visar att omrörning av bruk i god utsträckning motverkar sedimentationsprocesser. Omrörning av injekteringsbruk visar dock en begränsad förmåga att motverka förändringar hos flytpänning och viskositet. Stillastående bruk visar en signifikant ändring i densitet redan efter kort tid (10-40 min). Vidare visar också stillastående bruk en betydande förändring av flytpänning över tiden. Injekteringsbruk som har stått länge i borrhål kommer således att ha egenskaper som skiljer sig ifrån de ursprungliga, och då flytpänning och viskositet påverkar brukets flytförmåga, så kommer inträngningen av bruket i sprickor sannolikt att variera över tiden. I slutändan påverkas bergmassans täthet.

Ytterligare information

Kontaktperson:

Björn Stille, Vattenfall Power Consultant, tel 08-7395000, e-post: bjorn.stille@vattenfall.com.

Litteratur:

- Utvärdering av injekteringsbruks egenskaper över tiden (av Björn Stille och Jaana Vuorinen, 15 sidor kan laddas ner från www.sbuf.se under Projekt 12117.