



KUNGL
TEKNISKA
HÖGSKOLAN

A

06066

Metodik vid förinjektering i uppsprucket hårt berg

Martin Brantberger

Stockholm 2000

Licentiate Thesis 2056
Division of Soil and Rock Mechanics
Department of Civil and Environmental Engineering
Royal Institute of Technology

Sammanfattning

Trots en ökad kunskapssystematisering och teoriutveckling av t ex Cambefort (1977), Bergman & Nord (1982), Lombardi (1985), Houlsby (1990), Hässler (1991), Håkansson (1993), Janson (1998) samt erfarenheter från ett antal tunnelprojekt av t ex Palmqvist (1983), Stille et al (1993) och Sturk & Nelson (1996) är frågorna många beträffande valet av injekteringsmetodik. Då injekteringsarbetena vid svenskt undermarksbyggande i vissa fall står för en betydande del av den totala kostnaden för bergarbetena identifierades därför ett behov av ytterligare kunskapsuppbyggnad. Viktiga frågeställningar som borde belysas ytterligare ansågs t ex vara hur olika faktorer påverkar slutresultatet, hur injekteringsmetodiken ska väljas utifrån olika förutsättningar och krav samt hur injekteringsförloppet skulle kunna styras utifrån information från den pågående injekteringen.

Målet för forskningsprojektet är att:

- utveckla en metod för styrning av injekteringsprocessen.

Injekteringsprocessen omfattar i den föreliggande licentiatavhandlingen både valet av injekteringsmetodik samt styrningen av injekteringsförloppet.

Syftet med licentiatavhandlingen är att beskriva och analysera:

- olika krav och förutsättningar som påverkar valet av injekteringsmetodik samt utvärderingen av data registrerade under injekteringsförloppet.
- dagens kunskap om hur olika faktorer relaterade till valet av injekteringsmetodik påverkar injekteringsresultatet.
- dagens kunskap och morgondagens möjligheter om hur injekteringsförloppet kan styras under den pågående injekteringen.

Licentiatavhandlingen baseras i huvudsak på litteraturstudier samt erfarenheter från injekteringsarbeten på några tunnelprojekt i Sverige. Några enklare laboratoriestudier utfördes också. Omfattningen avgränsas av följande.

- I huvudsak förinjektering med cementbaserade injekteringsmedel i uppsprucket hårt berg studerades.
- Utgångspunkten för arbetet har varit förutsättningar och krav relaterade till svenska förhållanden.
- Endast krav relaterade till täthet och produktionseffektivitet har beaktats. Således har t ex ej miljö- och arbetsmiljökrav studerats.

En slutsats från de utförda analyserna är att valet av en optimal injekteringsmetodik utifrån bergmassans egenskaper samt olika krav på injekteringen är svårt. Ett flertal faktorer kan varieras i olika utsträckning och kunskapen om hur dessa påverkar injekteringsresultatet är mycket skiftande. Flertalet publicerade mer vetenskapliga studier beskriver olika egenskaper hos injekteringsmedlet men endast få referenser behandlar övriga faktorer t ex injekteringsstrycket och skärmgeometrin. Detta innebär att en viss samsyn finns men att antalet avvikande åsikter också är många.

Exempelvis finns inga entydiga svar på följande frågeställningar.

- Hur ska injekterings-skärmen borras för att på bästa sätt träffa öppna delar av de vattenförande sprickorna och därmed möjliggöra en effektiv injektering ?
- Hur ska en prioritering av bruksegenskaper göras ?
- När ska höga eller låga tryck användas och ska trycket byggas upp snabbt eller långsamt ?
- Vilka stoppkriterier ska användas ?
- Vilken betydelse har det om ett eller flera hål injekteras samtidigt från en pump ?
- Vilken betydelse har injekteringsordningen ?

Då något entydigt svar på dessa frågor inte finns i dagsläget blir valet av injekteringsmetodik i stor utsträckning baserad på erfarenheter och subjektiva värderingar. Det bör emellertid tilläggas att den praxis som normalt tillämpas vid svenska förhållanden ofta ger tillfredsställande resultat avseende tätheten. Däremot finns potential att förbättra produktionseffektiviteten och därmed minska kostnaderna för injekteringsinsatserna, varför en ökad kunskapsuppbyggnad även fortsättningsvis bör eftersträvas. En rekommendation är att valet av injekteringsmetodik görs med ett systematiskt angreppssätt bl a innehållande mål för injekteringen, någon modell för bergmassan ur injekterings synpunkt, upprättande av en strategi och prioritering av krav på injekteringsmetodiken. På grund av problemets komplexitet bör också någon form av aktiv design filosofi tillämpas. En sådan aktiv design filosofi innebär att injekteringsförloppet aktivt styrs och successivt uppdateras under den pågående injekteringen.

Flera olika metoder för att styra injekteringsförloppet, som identifierats i litteraturen, har beskrivits och analyserats i avhandlingen. Samtliga metoder har svagheter i form av teoretiska brister eller andra begränsningar. Framför allt beaktas inte variabiliteten i bergmassans – och injekteringsbrukets egenskaper tillräckligt och metoderna är generellt känsliga för variationer i indata. Med kännedom om dessa brister är dock bedömningen att de har potential för praktisk tillämpning. Vid praktisk tillämpning är det i många fall fullt tillräckligt att en metod ger underlag för ingenjörsmässiga bedömningar och ungefärliga resultat, även om metoden inte är entydigt verifierad och kan ge exakta resultat.

De metoder som beskrivits och analyserats har utvecklingspotential, men ytterligare studier krävs för att kunna värdera användbarheten. Några punkter som bedöms vara viktiga i ett framtida arbete är att:

- studera effekten av att variabiliteten i bergmassans – och injekteringsbrukets egenskaper inte fullständigt beaktas.
- detaljformulera en metod för styrning av injekteringsförloppet.
- med utgångspunkt från metoden formulera en eller flera hypoteser.
- testa hypoteser genom jämförelser med numeriska beräkningar, laboratorie och / eller fältstudier.