

VERIFIERING AV RTGC-METODEN I FÄLT

Almir Draganović, KTH

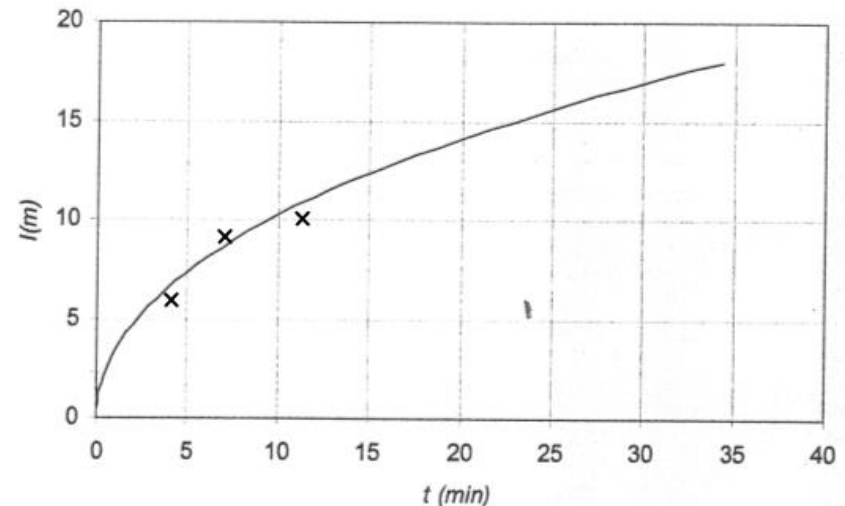
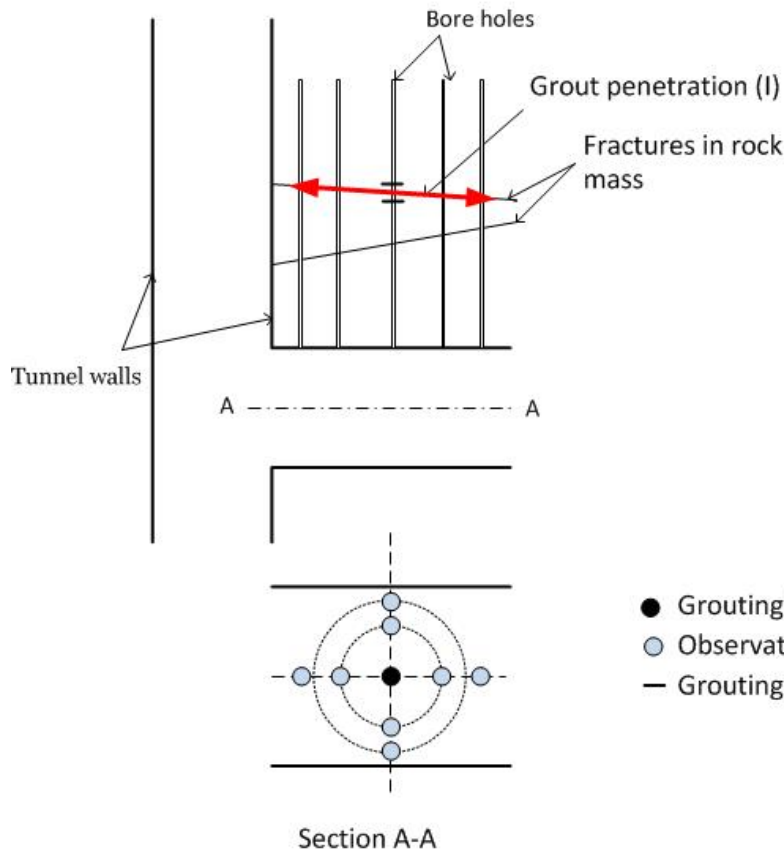


Inledning

1. Real Time Grouting Control (RTGC) metod är det senaste utvecklade konceptet för optimering av injekteringsprocessen. Med denna metod kan man bestämma brukets spridning i bergssprickor i tid och på så sätt optimera injektering.
2. Målet med detta projekt var att verifiera spridningsmodellen byggd på RTGC metoden i fält där spridningen av bruk i sprickor ska både mätas och beräknas.
3. Projektet finansierades av Trafikverket, SBUF och Stiftelsen Bergteknisk Forskning (BeFo).

Metoden för verifiering av RTGCM i fält

Figuren visar en spricka i en tunnelvägg nära en tunnelkorsning. Man injekterar sprickan och följer/observerar spridningen av bruket genom sprickan från borrhålet till tunnelväggen genom observationsborrhål. Resultatet blir några observerade punkter av spridningen i tid samt en beräknad kurva vilka ska jämföras.



- Grouting bore hole
- Observation bore hole
- Grouting packer

Resultat från hydrauliska mätningar genomförda i Nacka gruvan

- Fem platser med sprickor har hyttas i Nacka gruvan för fältförsök.
- På dessa platser fem borrhål ha borrats och hydrauliska mätningar per en meter långa sektioner har genomförts.
- Flödena var små. De motsvarar hydrauliskasprickvidder mellan 25-30 μm .
- Sådana små sprickor var inte lämpliga för injekteringsförsök.

Transmissivity tests of bore hole G0 in Nacka main									
Borehole secti	Time	Time	H water	H water	Δh	Vol	Vol	Δt	Q
[m]	strat logg	stopp log	start [cm]	stopp [cm]	[cm]	cylin. [l]	logac [l]	[min]	[l/min]
1	13.2-12.2	10:01:49	10:31:00	104	100,7	3,3	1,518	9,8	29,18 0,052
2	12.2-11.2	10:44:36	11:17:15	98,6	97	1,6	0,736	5,7	32,65 0,023
3	11.2-10.2	12:43:04	13:10:15	123	122,3	0,7	0,322	4	27,11 0,012
4	10.2-9.2	13:27:00	13:49:43	120,8	119,7	1,1	0,506	3,7	22,70 0,022
5	9.2-8.2	14:02:30	14:29:00	115,8	114,8	1	0,46	3,6	26,50 0,017
6	8.2-7.2	14:48:00	15:16:00	135,1	134,6	0,5	0,23	4,6	28,00 0,008
7	7.2-6.2	09:29:00	09:58:00	105,1	104,8	0,3	0,138	3,8	29,00 0,005
8	6.2-5.2	10:09:00	10:29:00	100,7	99,5	1,2	0,552	2,9	20,00 0,028
9	5.2-4.2	10:45:00	11:04:00	90,2	89,3	0,9	0,414	2,8	19,00 0,022
10	4.2-3.2	11:13:00	11:29:30	86,3	85,1	1,2	0,552	2,3	16,50 0,033
11	3.2-2.2	11:37:00	11:52:00	81,1	80,5	0,6	0,276	1,9	15,00 0,018

Transmissivity tests of bore hole G1 in Nacka main									
Borehole secti	Time	Time	H water	H water	Δh	Vol	Vol	Δt	Q
[m]	strat logg	stopp log	start [cm]	stopp [cm]	[cm]	cylin. [l]	logac [l]	min	[l/min]
1	14.36-13.36	14:39:00	15:05:00	144,3	143,0	1,3	0,598	3,6	26,0 0,023
2	13.56-12.36	15:21:00	15:45:00	131,7	130,9	0,8	0,368	3,1	24,0 0,015
3	12.36-11.36	08:58:00	09:21:00	96,8	95,5	1,3	0,598	3,4	23,0 0,026
4	11.36-10.36	09:39:00	10:03:00	93,4	92,4	1,0	0,46	3,6	24,0 0,019
5	10.36-9.36	10:16:00	10:39:00	130,5	127,2	3,3	1,518	5,0	23,0 0,066
6	9.36-8.36	11:01:00	11:24:00	131,7	130,9	0,8	0,368	3,4	23,0 0,016
7	8.36-7.36	12:43:00	13:05:00	113,7	113,5	0,2	0,092	2,9	22,0 0,004
8	7.36-6.36	13:16:00	13:38:00	106,8	106,1	0,7	0,322	3,2	22,0 0,015
9	6.36-5.36	13:47:00	14:14:00	100,5	99,2	1,3	0,598	3,6	27,0 0,022

Transmissivity tests of bore hole G2 in Nacka main									
Borehole secti	Time	Time	H water	H water	Δh	Vol	Vol	Δt	Q
[m]	strat logg	stopp log	start [cm]	stopp [cm]	[cm]	cylin. [l]	logac [l]	[min]	[l/min]
1	10.56-9.56	10:36:00	11:05:00	97,6	97	0,6	0,276	3,6	29,00 0,010
2	9.56-8.56	12:31:00	12:47:00	127	126,3	0,7	0,322	3,4	16,00 0,020
3	8.56-7.56	13:10:00	13:35:00	127,5	126,4	1,1	0,506	3,2	25,00 0,020
4*	7.56-6.56	13:48:00	14:18:00	110	98	12	5,52	8,8	30,00 0,184
5*	6.56-5.56	14:41:00	15:09:00	120,2	109,8	10,4	4,784	7,9	28,00 0,171
6*	5.56-4.56	15:32:00	16:04:00	127,3	120	7,3	3,358	7,2	32,00 0,105
7	4.56-3.56	09:06:00	09:33:00	101,8	100,7	1,1	0,506	3,9	27,00 0,019

* = water leakage from bh. Observed water droppas at one place under the inlet of the bore hole

Transmissivity tests of bore hole G3 in Nacka main									
Borehole secti	Time	Time	H water	H water	Δh	Vol	Vol	Δt	Q
[m]	strat logg	stopp log	start [cm]	stopp [cm]	[cm]	cylin. [l]	logac [l]	[min]	[l/min]
1	6.36-5.36	14:45:00	15:06:00	127,8	127,0	0,8	0,368	2,6	21,00 0,142
2	5.36-4.36	15:32:00	15:50:00	116,1	115,3	0,8	0,368	2,3	18,00 0,160
3*	4.36-3.36	09:05:44	09:38:55	133,4	129,3	4,1	1,886	5,6	33,18 0,337
4	3.36-2.36	09:40:00	09:50:00	129,3	129,1	0,2	0,092	1,1	10,00 0,084

* 9.26 observed leakage from bore hole G3 (h=129.3)

Transmissivity tests of bore hole G4 in Nacka main									
Borehole secti	Time	Time	H water	H water	Δh	Vol	Vol	Δt	Q
[m]	strat logg	stopp log	start [cm]	stopp [cm]	[cm]	cylin. [l]	logac [l]	[min]	[l/min]
1	7.61-6.61	09:52:30	10:09:00	119	117,3	1,7	0,782	2,4	16,50 0,047
2	6.61-5.61	10:24:00	10:45:00	113,7	112,5	1,2	0,552	2,6	21,00 0,026
3	5.61-4.61	12:15:00	12:42:00	110,3	108,6	1,7	0,782	3,3	27,00 0,029

Resultat från hydrauliska mätningar genomförda i Äspölaboratoriet

Bore hole	Position/ deep [m/m]	Length[m] Total nr. fractures ()	Flow [l/min], Nr. fracture per section ()						
			Section 1 [m-m]	Section 2 [m-m]	Section 3 [m-m]	Section 4 [m-m]	Section 5 [m-m]	Section 6 [m-m]	Section 7 [m-m]
BH12	249/65	9.68 (24)	8.50-7.50	7.50-6.50	6.50-5.50	5.50-4.50	4.50-3.50	3.50-2.50	2.50-1.50
			≈0 (4)	≈0 (3)	0.38 (5)	0.35 ** (4)	0.04 (2)	0.04 (3)	0.05 (3)
BH9	471/80	9.86 (16)	8.68-7.68	7.68-6.68	6.68-5.68	5.68-4.68	4.68-3.68	4.18-3.18	3.18-2.18
			≈0 (3)	≈0 (1)	0.1 unst.* (1)	≈0 (0)	0.8*** (8)	≈0 (1)	≈0 (2)
BH3	610/93	9.81 (9)	8.63-7.63	7.63-6.63	6.63-5.63	5.63-4.63	4.63-3.63	3.63-2.63	2.63-1.63
			≈0 unst* (0)	≈0 unst. (1)	0 (2)	≈0 unst. (2)	≈0 unst. (1)	0 (0)	≈0 unst. (2)
BH58	1037/145	9.63 (23)	8.45-7.45	7.45-6.45	6.45-5.45	5.45-4.45	4.45-3.45	3.45-2.45	2.45-1.45
			≈0 (3)	0.1 (4)	0.05 (1)	≈0 (4)	≈0 (2)	≈0 (5)	≈0 (4)
BH6	1194/160	4.93 (18)	3.75-2.75	2.75-1.75	2.12-1.12	-	-	-	-
			≈0 (2)	0.08 (7)	0.07 (9)	-	-	-	-

*Unstable **Dripping 1m above BH *** (0.9 for 1.4 MPa)

- Fem platser med sprickor har hyttas i Äspölaboratoriet för fältförsök.
- På dessa platser fem borrhål ha borrats och hydrauliska mätningar per en meter långa sektioner har också genomförts.
- Flödena var små, liknande de i Nacka gruvan. De motsvarande hydrauliska och fysiska sprickvidder var också väldigt små och inte lämpliga för injekteringsförsök.

Slutsatser

- Transmissivitetmätningarna av 31 sektion i Äspölaboratoriet och 34 sektioner i Nacka-gruvan visade att sprickor inte är så konduktiva som det var förväntat.
- Alla sprickor valda i Äspölaboratoriet prolangerar också genom hela tunneltacket. De är långa och därför förväntades att de prolangerar också in i tunnelväggar åtminstone 5 m.
- Sprickorna har observerats i borrhärnor och i borrhål med borrhålkamera också. Tröts det visades att majoriteten av sprickorna som finns i bergmassan inte var konduktiva. Efter 75 testade sektioner hittades ingen sektion lämplig för injekteringsförsök.