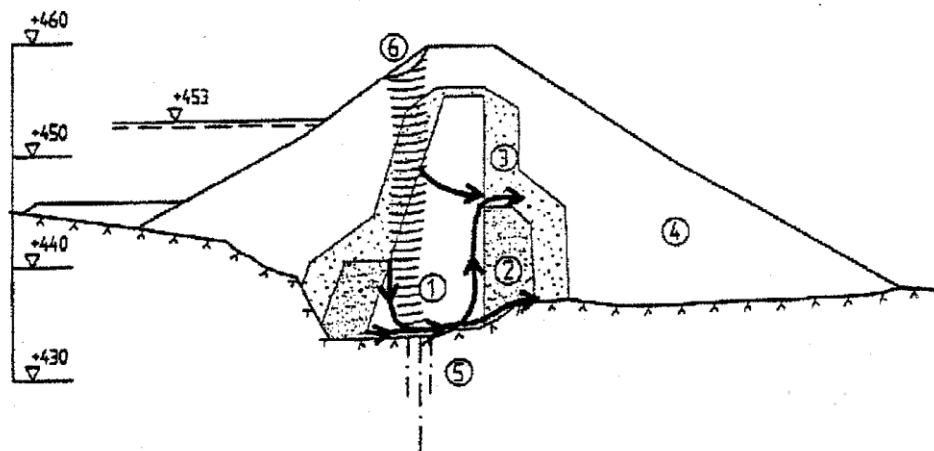


Exempel på reparationsinjektering

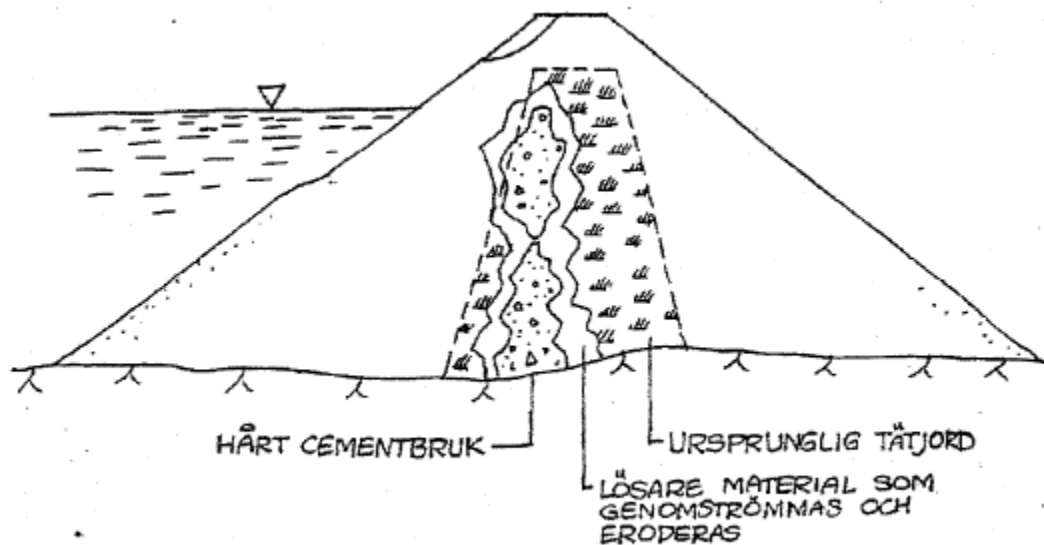
Swedcold 2016-10-25 Peter Wilén



Exempel på skadesituation



- | | |
|---------------------|----------------------------------|
| 1 Täckärna av morän | 4 Stenfyllning |
| 2 Finfilter | 5 Injekteringsridå i berggrunden |
| 3 Grovfilter | 6 Sjunkgrop |



Från Elforsk 07/53, 99/48

Injektering i fyllningsdammar

- Skador i tät kärna, sjunkgrovar, läckage
- Jordinjektering
 - Permeationsinjektering
 - Jetinjektering
 - (Uppspräckningsinjektering, kompaktinjektering)
- Berginjektering + kontakrzon jord/berg
 - Kontakt mellan filter och tätjord och spricksystem/krosszoner i berg
- Injekteringsmedel
 - Cement med olika tillsatser Permeationsinjektering
 - Cement-Bentonit
 - Bentonit
 - Kemiska injekteringsmedel (PU)
 - Silica Sol

Reparationsinjekteringar Utförda i Sverige, exempel

Bastusel 1993	cementbruk, vattenglas, bentonit
Hällby 1986	cement, bentonit, silikatbruk
Näs 1989	cement, bentonit, kem
Porjus 1976-93	cement, sand/bentonit/cement
Rengård 1983/93	cement, cement/bentonit
Ringdalsdammen 1999	cement, bentonit
Rätan 1994	cement/bentonit
Suorva 1983	cement, bentonit, silikat
Lilla Edet 2006	cement

Några av dessa finns beskrivna i olika Elforsk rapporter
Allmänt injektering av dammar, Elforsk 12/65, 07/53, 99/48, mfl

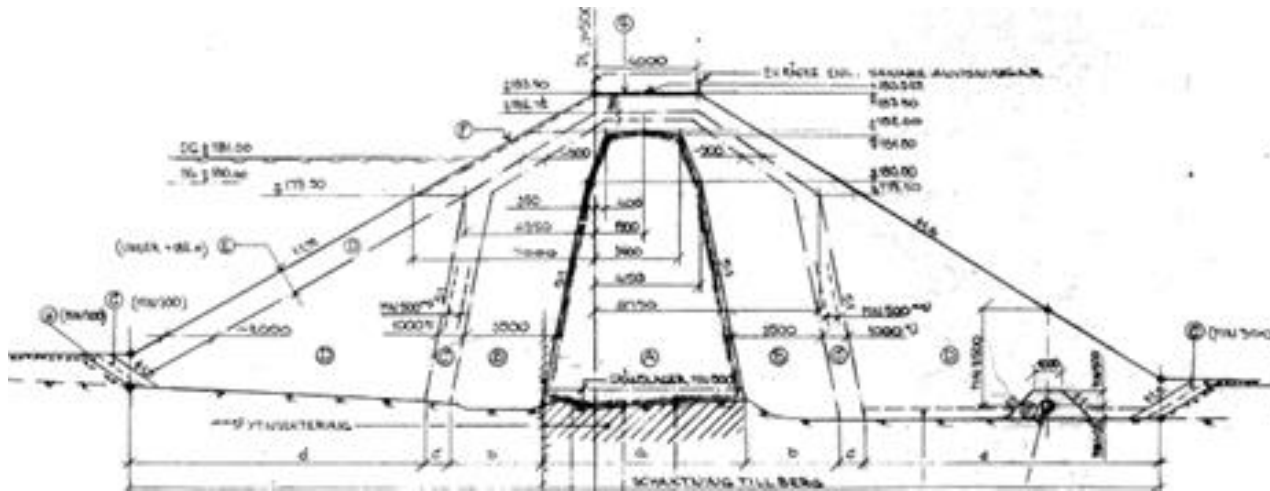
Injektering som reparationsmetod?

- Risker vid injektering - skapa nya läckagevägar
- Osäkerhet när det gäller resultat
- Vad händer under injekteringen?
- Injektering - en svartkonst (berginjektering i undermarksbyggande)
- Vad sker på längre sikt? Livslängd på reparationsåtgärd
- Krav på uppföljning av förändringar när det gäller läckage mm.
- Identifiering felmoder baserat på inträffade skador och resultat av reparationsinjektering, Felmodsbaserad övervakning och framtagande av åtgärdsplaner

SLUTSATSER: RESULTATET ÄR EN TÄTKÄRNA SOM ÄR EN MIX AV OLIKA MATERIAL MED OLIKA EGENSKAPER

KANSKE LITE TVEKSAM REPARATIONSMETOD PÅ LÅNG SIKT

Exempel på reparationsinjektering



- I huvudsak bra berg, förekomst av sprickzoner och lerslag i berg
- Stödfyllning av sprängsten medför hög gradient
- Sjunkgropar och ökande läckage
- Skadad tätkärna och håligheter i tätkärnan närmast bergytan
- Reparation med jord- och berginjektering
- Materialtransport till stor del via sprickor i kontaktzonen jord/berg och i bergsprickor
- Åtgärderna är 20-30 år nu – fortfarande god funktion

Injekteringsmetoder - utveckling

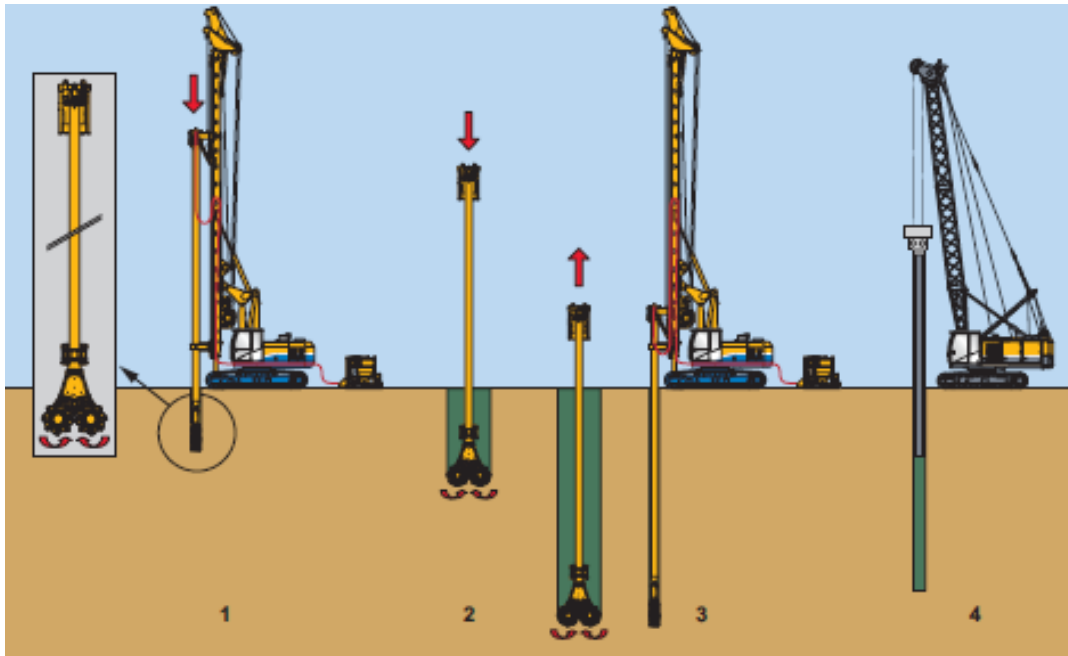
- Injektering av porer och sprickor – konventionell jordinjektering
- Injektering och samtidigt ersätta den skadade tätzonen
 - Jetinjektering
 - ”Nya metoder” – ”Jord-slurry blandning” ”Slurry diken”
(Soil mixing, Cutter Soil Mixing, Trench Mixing)

Jetinjektering att spola ur jord och ersätta bedöms tveksamt ur dammsäkerhetssynpunkt vid utförande. Svårkontrollerat

Mekanisk inblandning – Insitu (Soil mixing, Trench mixing)
Ej utfört i Sverige/Norge?

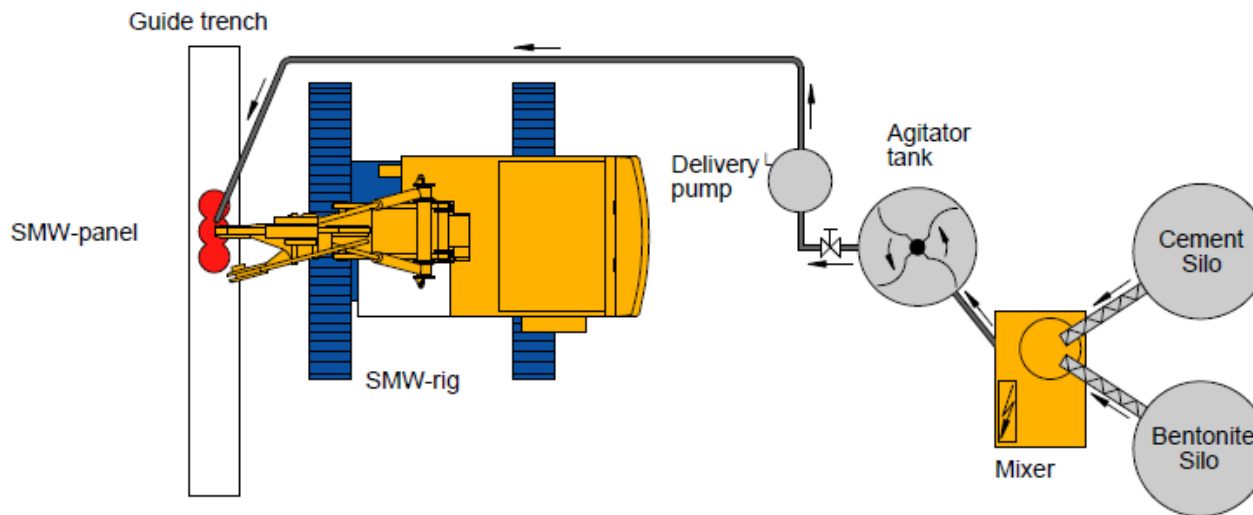
Cutter Soil Mixing - GeoMix

- Verktøget skär och roterar med flera klingor ned, samtidigt som injekteringsmedel tillförs vid neddrivning och upptag av verktøget. Maximalt djup 20-60 m beroende på utrustning



Soil Mixing Wall

- Soil Mixing Wall – vertikal borrning med en skruvborr och samtidigt inblandning av injekteringsmedel, vid borrning ned och drivning upp. Metoden kan utföras på djup mellan 6 - 15 m.



Exempel Soil Mixing

Herbert Hoover Dike (Lake Okeechobee, Florida)

- Slurrydike utförd i en lagerföljd av sand/grus – torv – sand/silt – kalksten
- Djup ned till ca 36 m
- Slitsbredd av 0,45 – 0,9 m, längd 1,8 - 2,4 m.
- Panelerna utfördes med överlapp, för att skapa en sammanhängande tätvägg.

Utförande i fyra steg:

1. Positionering av skärverktyget
2. Vertikal neddrivning (med samtidig inblandning av bentonitslurry)
3. Upptagning samtidigt med inblandning av cementslurry med tillsatsmedel
4. Återfyllning, återställning

Herbert Hover dike Florida

Vid arbetet utfördes en kontinuerlig registrering av följande parametrar:

- Rotationshastighet på skärverktyget
- Neddrivningshastighet
- Volym slurry vid neddrivning
- Uppdragningshastighet
- Volym cementslurry vid uppdragning

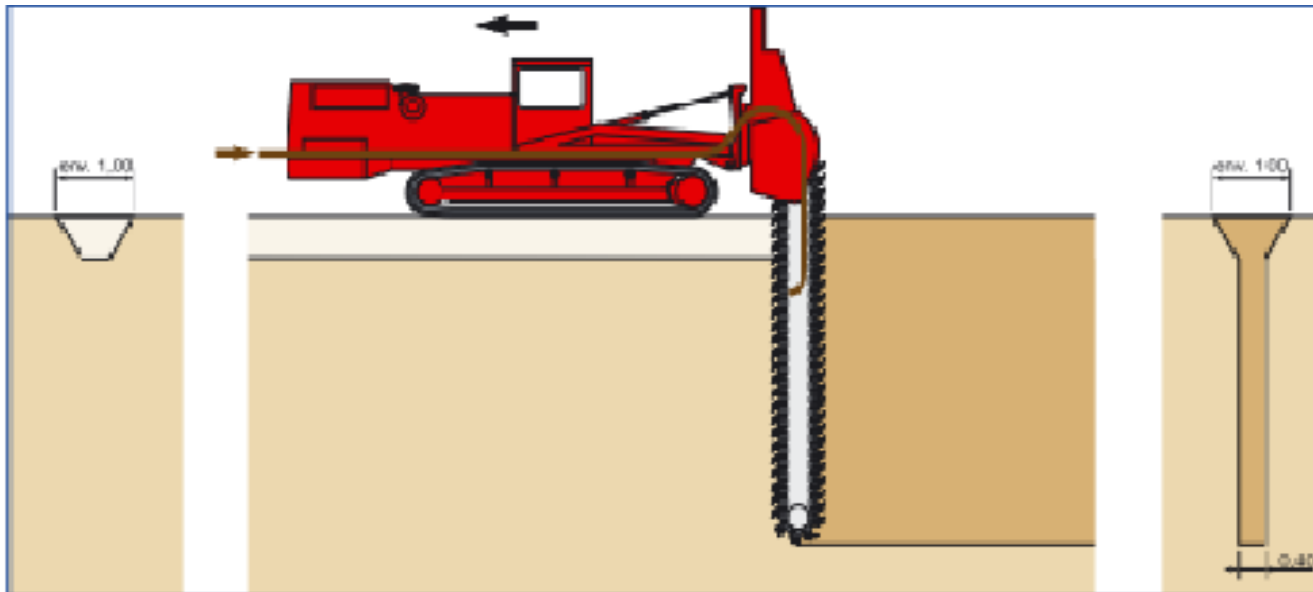
Kontrollhål (borrkärnor) utfördes för kontroll av resultatet ned till 0,6 m ovanför panelens grundläggningsnivå.

Kärnorna kontrollerades och provtagning utfördes.

Hydraultester utfördes för att kontrollera den hydrauliska konduktiviteten (medelvärde uppmättes till 6×10^{-10} m/s).

Trench Mix

- Dikesgrävningssutustning (trencher) med inblandning av injekteringslurry som utförs i ett moment. Kan utföras ned till ca 10 m.
- Två alternativ: vått eller torrt.



Exempel Trench Mix

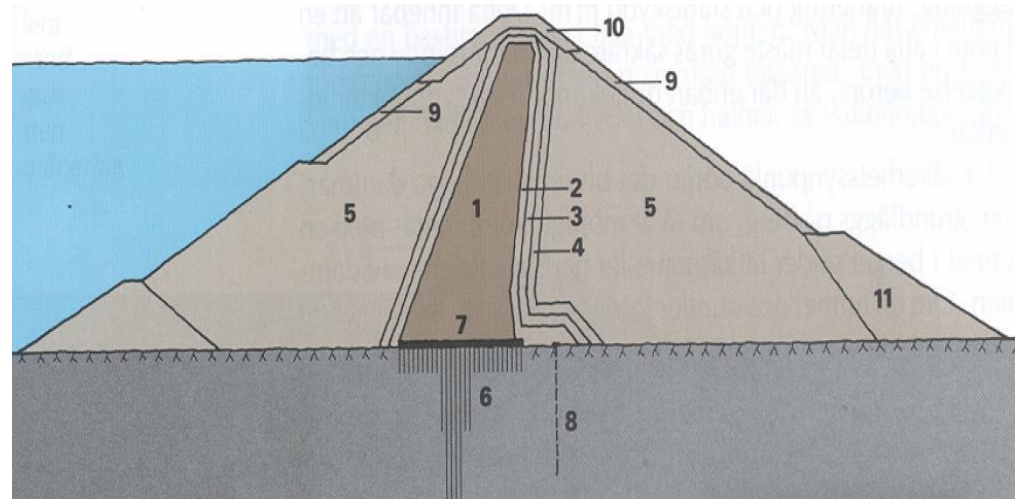
Förstärkning av en flodvall vid Wisla i Polen (2009-2010)

- Tätning och förstärkning av ett läckage vid grundläggningsnivån för flodvallar
- Ned till 6 m djup i osorterade sandiga kvartära jordlager.
- Tätningen utfördes med den våta metoden, dvs. en slurry blandades direkt på plats.
- Ursprunglig hydraulisk konduktivitet $10^{-4} - 10^{-2}$ m/s
- Krav efter utförd åtgärd $K < 10^{-8}$ m/s
- Provtagning för kontroll utfördes kontinuerligt under arbetet

Risker med olika dammtyper

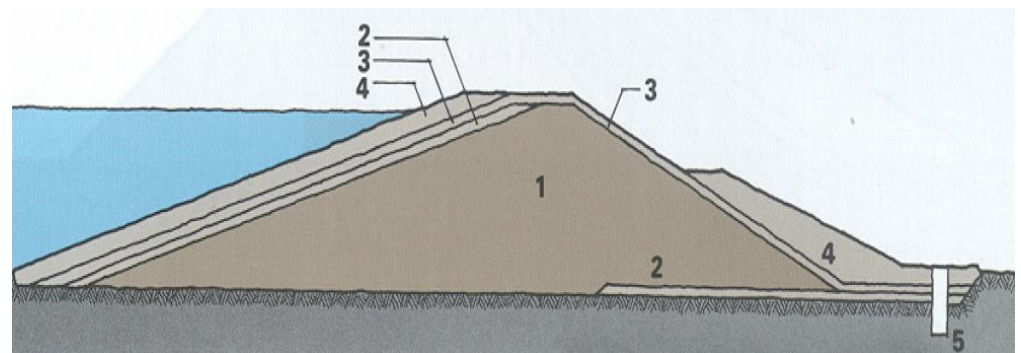
Fyllningsdamm med tätt kärna filter etc

- Stor gradient dvs hög pådrivande kraft
- Risk för materialtransport via läckage eller via berget
- Känslig vid utförandet, packning och stenseparation mm



Homogen damm

- Portrycksuppbyggnad nedströms vid läckage
- Vanligen avsaknad av filter – risk vid materialtransport



INJEKTERING I BERG

- Multikomponent cementbaserade injekteringsmedel, med låga vct (stabila bruk)
- Online-mätning och uppföljning av injekteringsprocessen, RTGC, (Real Time Grouting Control) – för kontroll av injekterad volym.
- MWD, measurement while drilling
- Vattenförlustmätning som kontroll ??



Norconsult