



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

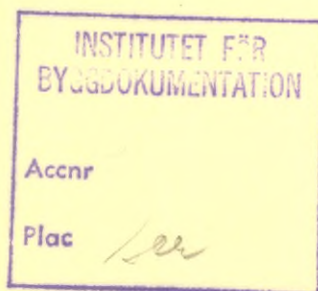
This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Jetinjektering

För jordförstärkning och tätning

Ulf Eriksson
Per L Svensson



R143:1980

JETINJEKTERING

För jordförstärkning och tätning

Ulf Eriksson
Per L Svensson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 790265-3
från Statens råd för byggnadsforskning till Statens geo-
tekniska institut, Linköping.

I Byggeforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R143:1980

ISBN 91-540-3380-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1980 057364

INNEHÅLL

	FÖRORD.....	5
1	TEKNIK - VAD GÅR DET UT PÅ.....	7
1.1	Jetstrålar, funktion och tillämpning.....	7
1.2	Injekteringsförfaranden.....	9
1.21	Jetskärmarm.....	10
1.22	Jetpelare.....	11
1.23	Ving-jet.....	12
1.24	Tillverkningsutrustning.....	13
1.3	Användningsområden.....	14
1.31	Jetskärmarm.....	14
1.32	Jetpelare.....	15
1.33	Ving-jet.....	17
1.34	Fördelar.....	17
2	UTFÖRANDE - RESULTAT - KONTROLL.....	18
2.1	Injekterings- och slamvolymmer.....	18
2.2	Den injekterade zonens storlek.....	19
2.3	Den injekterade jordens hållfasthet.....	20
2.4	Den injekterade jordens deformations- egenskaper.....	21
2.5	Konstruktionsförutsättningar, dimensionering.....	21
2.6	Kontroll.....	22
2.61	Resultatkontroll.....	22
2.62	Utförandekontroll.....	23
3	UTFÖRDA PROJEKT I JAPAN.....	23
3.1	Jetskärmarm.....	23
3.11	Muramatsu.....	23
3.12	Okayama.....	25
3.2	Jetpelare.....	27
3.21	Gyotoku.....	27
3.22	Okaka.....	28
3.3	Ving-jet.....	29
3.31	Stockyard-Okayama.....	29
4	KAPACITETER OCH KOSTNADER.....	31
5	PROJEKT I SVERIGE.....	35

6	FRAMTIDA ANVÄNDNING I SVERIGE.....	37
6.1	Jetskårmar.....	37
6.11	Användningsområde.....	37
6.12	Kostnader.....	38
6.13	För- och nackdelar.....	38
6.14	Utveckling.....	39
6.2	Jetpelare.....	39
6.21	Användningsområde.....	39
6.22	Kostnader.....	40
6.23	För- och nackdelar.....	40
6.3	Ving-jet.....	41
6.31	Användningsområde.....	41
6.32	Kostnader.....	41
6.33	För- och nackdelar.....	41
6.34	Utveckling.....	42
7	SAMMANFATTNING.....	43
8	REFERENSER.....	44
	BILAGA: RESERAPPORT.....	45

FÖRORD

Behovet av nya skonsammare grundläggningsmetoder speciellt för innerstadsarbeten har uttalats i många sammanhang de senaste åren. Inte minst i Byggeforskningsrådets "Geoplan 80" och STU's satsning på "Grundläggning i tätort" kommer detta till uttryck. När därför en japansk firma vid den 9'e internationella världskonferensen i geoteknik 1977 i Tokyo presenterade en radikalt ny metod för injektering av jord var det naturligt att någon svensk delegat skulle nappa på idén. Denna någon blev Per L Svensson vid Statens geotekniska institut (SGI).

Vid ungefär samma tidpunkt som BFR beviljade anslag till en studie av metoden fick ett svenskt företag Geo-Projektering Bygg AB licensrättigheten för metoden i Sverige. Utan de kontakter och uppgifter som förmedlats via Geo-Projektering och dess chef Göran Jonsson hade denna rapport sannolikt blivit åtskilligt tunnare.

När Per L Svensson efter cirka ett års arbete med projektet lämnade geotekniska institutet ankom det på undertecknad att för SGI's del slutföra och avrapportera forskningsarbetet. Till alla som bidragit, och framför allt till referensgruppen bestående av

Bengt Bergvall	Byggnadsstyrelsen
Lars Hellman	SGI
Göran Jonsson	Geo-Projektering AB
Bertil Nord	Bicon
Sven-Erik Rehnman	Statens Planverk

framför jag härmed ett varmt tack.

Linköping 1980-08-29

Ulf Eriksson

1. TEKNIK - VAD GÅR DET UT PÅ?

1.1 Jetstrålar, funktion och tillämpning

Jetinjekteringstekniken går ut på att med hjälp av en högtrycksvattenstråle lösgöra jordpartiklar för att på så sätt kunna injektera cement (eller något annat ämne) i jorden. En vattenstråles förmåga att erodera och skära genom hårda material är ett sedan länge känt fenomen. Appliceringen till byggnadsteknik gjordes dock inte förrän på 1960-talet vid Kajima Institute of Construction Technology i Japan.

En jetstråles skärförmåga i jord är en funktion av kavitation, dynamiskt tryck, enskilda vattendroppar stötkraft, jordens hållfasthet för pulserande last och dess fysiska och dynamiska egenskaper. Det axiella dynamiska trycket är dock den mest betydelsefulla faktorn.

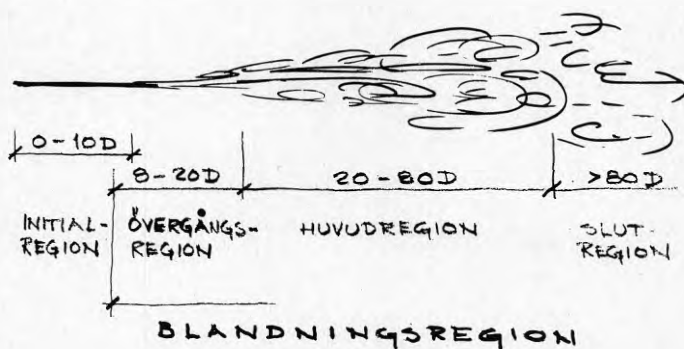


Fig. 1 Jetstråle av samma medium som omgivningen. Indelning i regioner.

En jetstråles struktur kan delas in i två huvudregioner. Initial- och blandningsregionen (se fig 1). Blandningsregionen kan i sin tur delas in i övergångs-, huvud- och slutregionen. Längden av de olika regionerna ändras med det medium som strålen färdas i. För en vattenstråle är initialregionens längd betydligt större om strålen färdas i luft än i vatten. Effekten i vatten kan dock förbättras avsevärt om vattenjetstrålen omges av en koncentrisk luftstråle (se fig 2). Det är anledningen till att man vid jetinjekteringar, som till stor del utförs under grundvattenytan, utnyttjar en luft-vattenstråle för att lösgöra jorden.

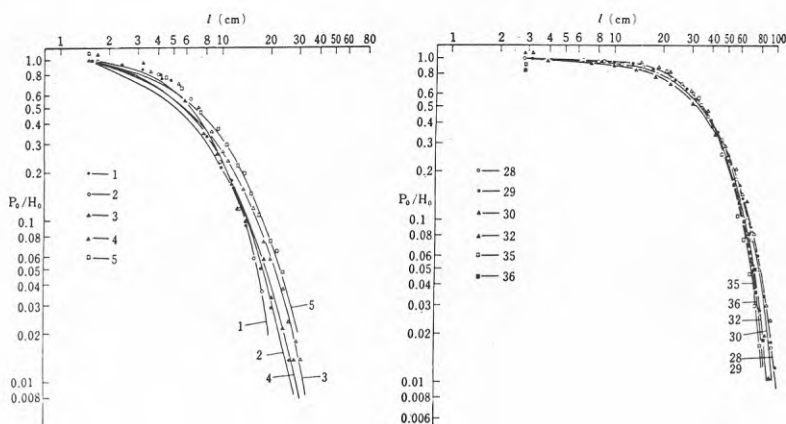


Fig. 2 Förhållande mellan trycket i jetstrålen P_0 och initialtrycket H_0 vid olika avstånd från munstycket för en vattenstråle i vatten, vänstra figuren, och för en vatten-luftstråle i vatten, högra figuren. Ur (2).

Uppfinnaren till metoden, Teruo Yahiro, har låtit utföra omfattande undersökningar av yttre faktors inverkan på jetstrålen. Dessa visar att vattentrycket längs strålens centrumaxel endast i ringa grad förändras om jetstrålen färdas i vatten eller bentonitslurry. Överhuvudtaget påverkar inte en viskositetsförändring mellan 100-800 cp i det omgivande mediet resultatet nämnvärt. Där emot påverkar varierande yttre hydrostatiskt tryck resultatet, en effekt som dock till stor del kan upphävas av en koncentrisk luftstråle. Fig 3 visar stråltryckets förändring på olika avstånd från munstycket vid olika luftinblandningsmängder.

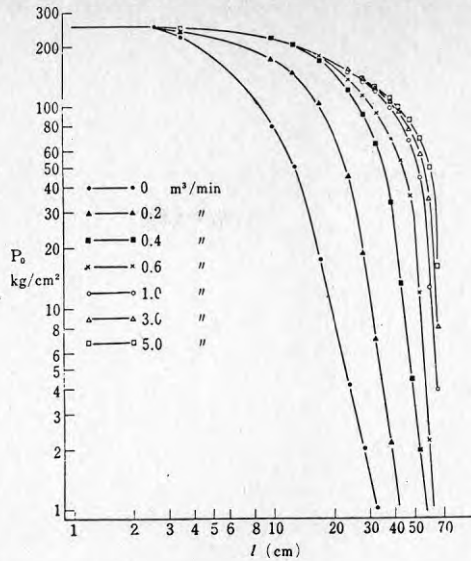


Fig. 3 Stråltryckets ändring i en vatten-luftstråle på olika avstånd från munstycket vid olika luftinblandningsmängder. Ur (2).

1.2 Injekteringsförfaranden

Jetinjekteringar utförs i Japan av Chemical Grouting Co ingående i Kajima Corporation. För att utföra jetinjekteringar har speciella injekteringshuvuden, "monitors", utvecklats. Dessa har tre olika munstycken, ett vattenmunstycke med 1-2 mm diameter, ett luftmunstycke samt ett injekteringsmunstycke, se fig 4. Vatten, luft och injekteringsmedel matas från markytan till monitorn genom "trio-pipes", dvs rör med tre separata kanaler.

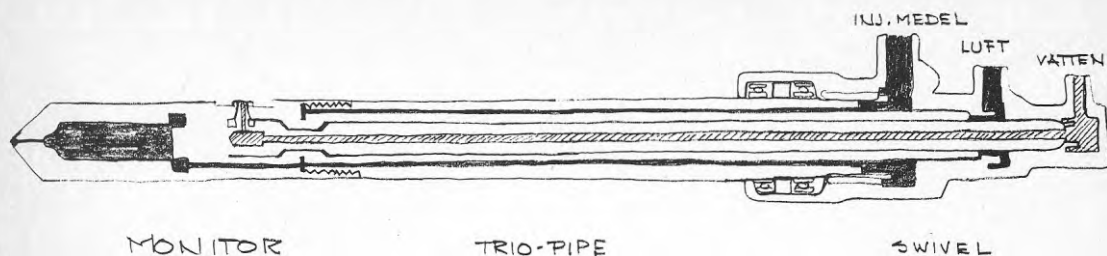


Fig. 4 "Monitor", sektion.

1.21 Jetskärmar

Ursprungligen utfördes endast "panel-jet injection" på svenska jetskärmar. Denna ger en injekterad skiva i jorden som resultat. Tillvägagångssättet framgår av figur 5. En rad styrhål borras med konventionell jordborrningsutrustning längs den blivande injekteringslinjen. Därefter injekteras etappvis varje skiva mellan två hål. Jetstrålen av vatten och luft skär upp en slits i jorden när monitorn sakta lyfts upp ($\sim 0,3-0,5$ m/min). Överskottsslam, bestående av jord, vatten och injekteringsmedel, trycks upp till markytan genom intilliggande hål där det pumpas bort. Injekteringsmedlet tillförs under jetstrålen, i botten på monitorn. Resultatet av jetskärminjektering visas i fig 6 där injekterade väggar framschaktats.

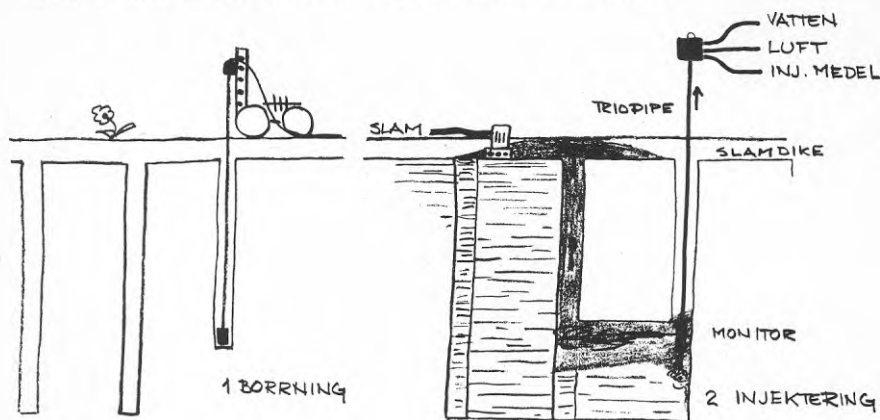


Fig. 5 Tillverkning av jetskärm, princip.

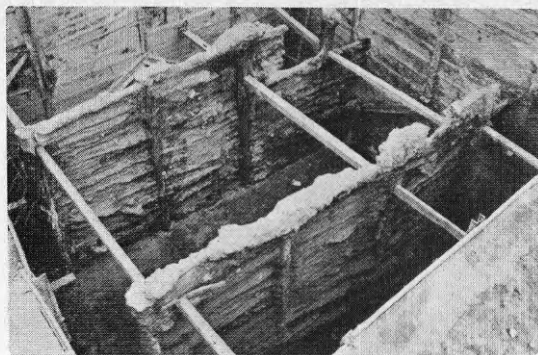


Fig. 6 Bild av framschaktade jetskärmar.

1.22 Jetpelare

"Column-jet injection", jetpelare, är en vidareutveckling av jetskärminjektering där monitorn roteras under uppdragningen. På detta sätt fås en injekterad pelare i jorden. Lyfthastigheten vid jetpelarinjektering är 0,03-0,05 m/min. För att injektera en större jordvolym kan flera pelare placeras intill varandra. Som framgår av figur 7 transporteras slammet i detta fall upp till markytan genom samma hål som monitorn nerförts genom. Fig 8 visar en framschaktad jetpelare.

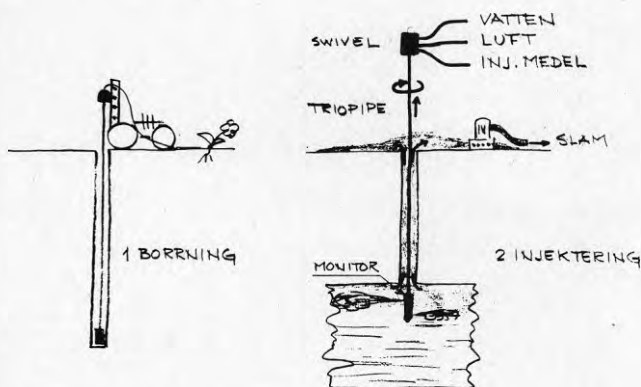


Fig. 7 Tillverkning av jetpelare, princip.

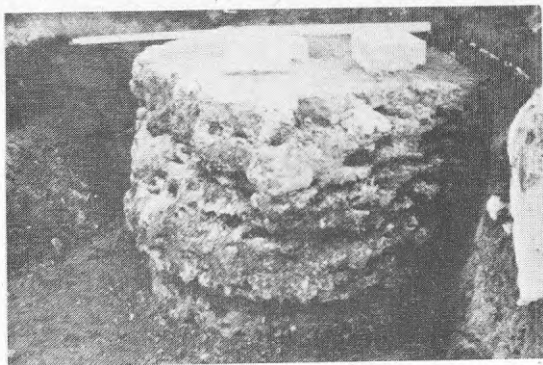


Fig. 8 Bild av framschaktad jetpelare.

1.23 Ving-jet

En tredje variant är "Wing-jet injection" där monitorn försetts med två eller tre munstycken ca 45° förskjutna i förhållande till varandra. Detta möjliggör att en sektor kan injekteras utan att monitorn behöver roteras (med de svårigheter som detta innebär). Även i detta fall transporteras slammets upp genom samma hål som monitorn installerats genom. Lyfthastigheten är ca 0,3-0,5 m/min. Fig 9 visar en framschaktad ving-jet injektering mellan stålrörspålar.



Fig. 9 Bild av framschaktad ving-jet injektering.

1.24 Tillverkningsutrustning

Den utrustning som krävs för att utföra en jet-injektoring är:

- Borrmaskin för foderrörsborrning $\phi 135$ - $\phi 150$ mm eller annan jordborrningsutrustning $\phi 150$ - $\phi 200$ mm med i de flesta fall bentonitutrustning för stabilisering av borrhålen. I lös lera och sand kan monitorn användas även för borrning.
- Injekteringsutrustning bestående av högtryckspump för vatten (ca 40 MPa), kompressor för tryckluft (~ 4 m³/min) och pump för injekteringsmedel (1-4 MPa). För injekteringen fordras vidare injekteringshuvud (monitor), rör (trio-pipes) och koppling (swivel) mellan rör och slangar för vatten, luft och injekteringsmedel samt utrustning som kan lyfta och rotera injekteringsutrustningen med hög precision.

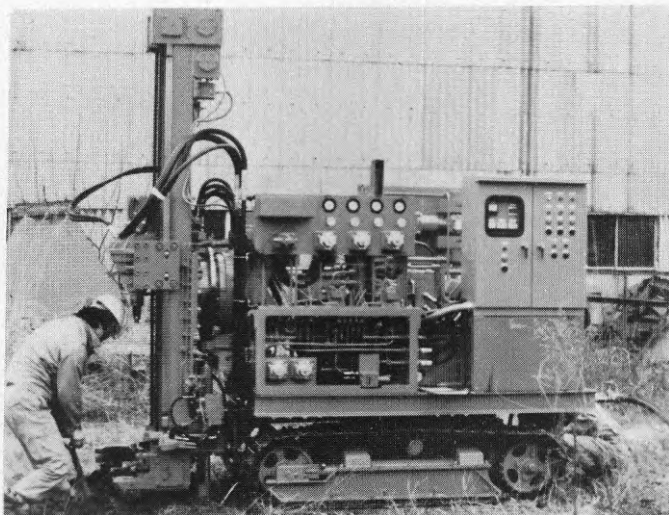


Fig. 10 Japansk jetinjekteringsmaskin

- Slambehandlingsutrustning för att samla upp och eventuellt rena slammet samt transportera bort överskottsjorden för deponering. Slammet tas omhand på något av nedanstående tre sätt beroende på kostnad för transport och deponering, utrymme på arbetsplatsen samt typ av jordart:

1. Den mest använda metoden är att pumpa slammet till lastbil (slam- eller betongbil) för transport till tipp. Den är också den dyraste. Nedanstående kostnader baserar sig på denna slamhantering.
2. Om utrymme finns kan slammet pumpas till uppgrävda schaktgropar, där slammet stelnar inom 6-8 timmar. Vattnet (10-15%) avskiljs och den stelnade massan schaktas upp med grävmaskin och körs bort till tipp eller används som fyllningsmassa.
3. I det senaste projektet, grundförstärkning av banken i Osaka, arbetar man med återvinning av slammet. Jordpartiklarna avskiljs i skakbord och injekteringsmaterialen separeras och återanvänds. Metoden uppges fungera i friktionsjord men ännu ej i kohesionsjord.

1.3 Användningsområden

Efter en genomförd jet-injektering består den injekterade zonen av en blandning mellan jordpartiklar och injekteringsmaterial. Metoden innebär således snarare ett utbyte av material än en konventionell injektering. I sand kan utbytesprocenten bli 90-95% medan utbytesprocenten i kohesionsjord stannar vid 50-75%.

1.31 Jetskärmar

Jetskärmar används för att förhindra vattenläckage kring t ex schakter, ledningar eller under dammkonstruktioner. Vidare som stödkonstruktion där befintliga installationer, t ex ledningar omöjliggör annan teknik (fig 11).

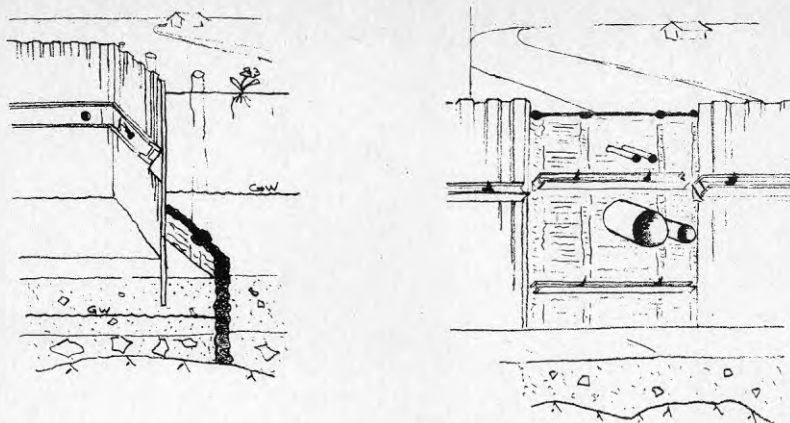


Fig. 11 Användningsområden för jetskärmar.

1.32 Jetpelare

Jetpelare kan användas både vid nyproduktion och vid förstärkning av befintlig grundläggning. Vid nyproduktion används de framför allt för att förstärka lösa jordlager under grundläggningsnivån, och som jordförstärkning inför schaktningsarbeten till stora djup under grundvattenytan. Metoden har i ett fall använts för att förstärka jorden under en befintlig byggnadsgrund. Upphovsmännen anger vidare att metoden borde kunna användas för att överbrygga svaghetszonen i en ruttnande träpålgrundläggning mellan friskt pålvirke och pålfundament. Slutligen kan metoden användas vid saneringsarbeten för befintliga byggnader medan nygrundläggning pågår intill på en kanske lägre nivå (fig 12 och 13).

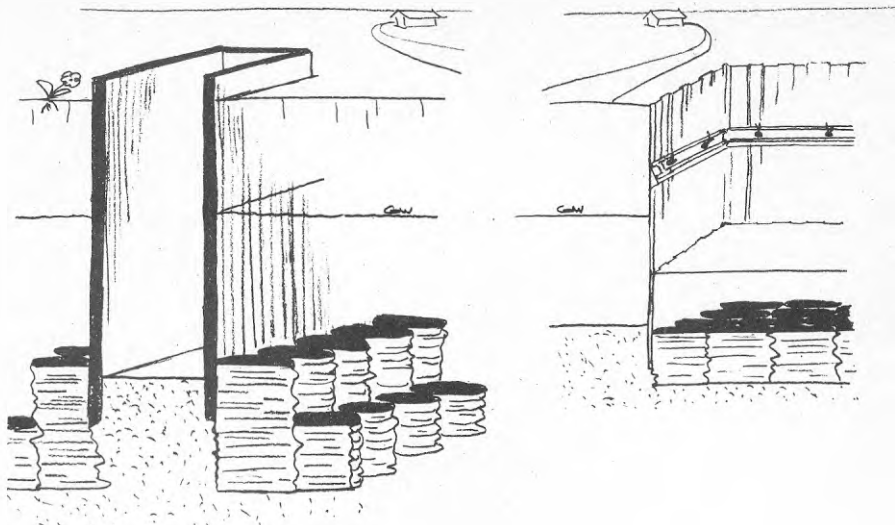


Fig. 12 Användning av jetpelare vid schaktningsarbeten.

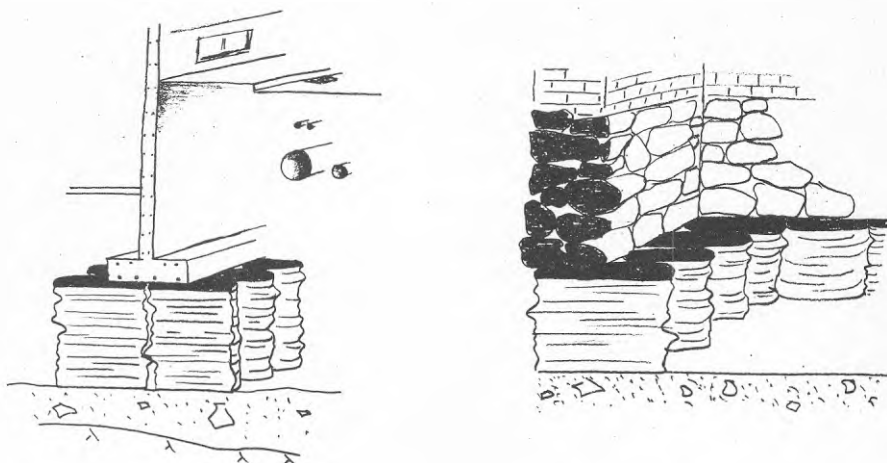


Fig. 13 Användning av jetpelare vid grundläggnings- och grundförstärkningsarbeten. Japanska erfarenheter av problem p g a kapillär vattensugning saknas.

1.33 Ving-jet

Ving-jet injektering används t ex för tätinjektering av skarvar mellan grävpålar eller stålbalkar vilka används som stöd för schakter eller som tätskärmar (fig 14).

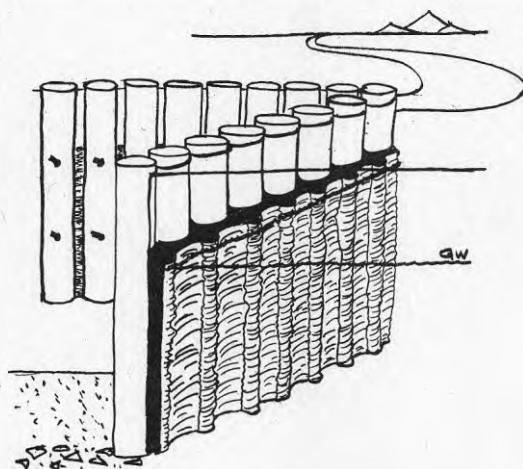


Fig. 14 Användning av ving-jet injektering för tätning.

1.34 Fördelar

Jetinjekteringsteknikens främsta meriter kan sammanfattas i följande punkter.

- Injekteringsmedlet tillsätts efter att jorden luckrats upp inom en förutbestämd geometriskt väldefinierad zon. Injekteringsmedlet kan således fördelas jämnt inom den injekterade zonen oavsett eventuella svaghetsskikt i jordlagerföljden.
- Alla injekteringsmedel är användbara. Den stora åtgången av injekteringsmedel gör dock endast cement ekonomiskt möjligt i de allra flesta fall.
- Funktionen kan kontrolleras direkt från slammets utseende. Slammets utseende visar om utrustningen fungerar på avsett sätt. Om funktionen ej är den rätta kan lyfthastighet, mängd vatten, luft eller injekteringsmedel

ändras. Genom erfarenhet eller prov bestäms på förhand inställningen av dessa parametrar för rätt funktion. Lyfthastighet samt mängden vatten, luft, injekteringsmedel och slammäts kontinuerligt under utförandet och protokollförs.

- Tekniken ger små vibrationer och låg ljudnivå och ger enligt uppgift mindre sättningar i färdig konstruktion än konventionella injekteringsmetoder.
- Injektering kan utföras i torv, lera, silt, sand, grus, fyllningsjordar och lösa bergarter (såsom "mudstone").

2. UTFÖRANDE - RESULTAT - KONTROLL

2.1 Injekterings- och slamvolym

Den cementvälling som används vid injekteringen har normalt vatten-cementtalet $v_{ct} = 1$. Volymen injekteringsmedel som skall tillföras jorden beräknas enligt

$$Q = \frac{H}{L_S} \cdot q$$

där Q = total volym injekteringsmedel (m^3)
 H = injekterad längd (m)
 L_S = lyfthastighet av monitor (m/min)
 q = injekteringskapacitet (m^3 /min)

Den slamvolym som fås vid injekteringen beräknas enligt

$$V = (q' + q) \cdot t \cdot H(1 + \alpha)$$

där V = total volym slurry (m^3)
 q' = jetstrålekapacitet vatten (m^3 /min)
 q = injekteringskapacitet (m^3 /min)
 t = lyfttid per meter injekterad längd (min/m)
 H = injekterad längd (m)
 α = rundströmningsfaktor

Faktorn α varierar med framför allt jordmaterialet men uppges till 0,2-0,3 för alla typer av injekteringar i silt och sand.

2.3 Den injekterade jordens hållfasthet

Även den injekterade jordens hållfasthet beror av lyfthastighet och injekteringsmängd. Om monitorns lyfthastighet ökas, minskar hållfastheten hos jetpelaren. I lerig jord erhålls en ofullständig injektering om mängden injekteringsmedel är mindre än den totala injekterade jordvolymen. En ökning av injekteringsmängden från 200 l/min till 300 l/min resulterade vid ett försök i ca 10% hållfasthetsökning.

Hållfastheten bestäms erfarenhetsmässigt med utgångspunkt från injekterad jordart. Man kan i viss mån förbättra hållfastheten genom att modifiera arbetsutförandet. I fast kohesionsjord kan t ex "rinsing" utföras, då jorden en första gång luckras upp med enbart luftvattenstrålen varefter monitorn åter sänks ner och injekteringen görs på konventionellt sätt. Figur 16 visar i diagramform resultaten från tryckhållfasthetsprov på cylindrar tagna i olika injekterade jordarter. Spridningen i värdena är som synes stor. Chemical Grouting uppger att för "lös svensk lera" kan medeltryckhållfastheten väntas bli ca 2 MPa och för sand 3-7,5 MPa. Chemical Grouting menar att medeltryckhållfastheten, däremot aldrig lägsta hållfastheten, kan beräknas.

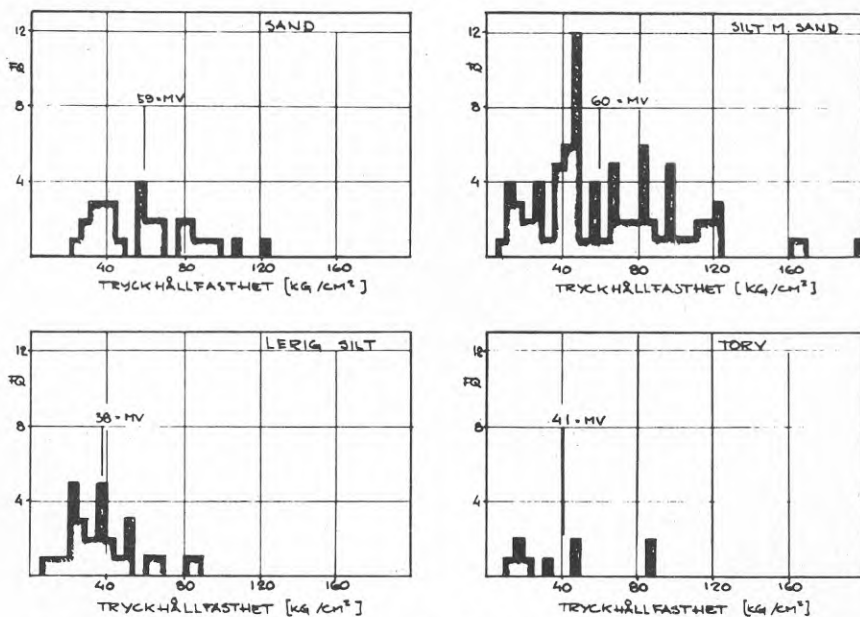


Fig. 16 Tryckhållfasthet för jetinjekterad jord.

2.4 Den injekterade jordens deformationsegenskaper

Den injekterade jordens deformationsegenskaper har bestämts i ett par fall. Företrädare för Chemical Grouting menar dock att den injekterade jordens deformation är så liten att detta ej är något praktiskt problem. Normalt kontrollerar man inte deformationsegenskaper utan endast hållfasthetsegenskaper. Vill man beräkna sättningen i pelarna kan man använda vanliga undersökningar såsom hejarsondering, pressometermätning eller kompressionsförsök på borrhärlor.

Pressometermätningar i en injekterad fyllningsjord bestående av en blandning av slagg och sandsten resulterade i pressometermoduler mellan 20-50 MPa. Normalt kan i t ex fast lagrad sand förväntas deformationsmoduler i storleksordningen 15 MPa vid pressometerförsök.

2.5 Konstruktionsförutsättningar, dimensionering

Jetpelare har utförts i de flesta jordarter från torv, lera, silt, över sand och grus till lösa bergarter såsom mudstone. Det bästa resultatet (bäst hållfasthetsökning) fås dock i sandiga jordar. Jetpelare skall inte betraktas som pålar utan som en volym förstärkt och förtätad jord. Chemical Grouting uppger att man vid jetpelarförstärkningar använder hållfasthetens medelvärde för dimensionering. Eftersom pelarna ofta tillverkas så att man med föreskriven medeldiameter får en viss överlappning mellan olika pelare får lokala svaghetszoner ingen större betydelse, utan den injekterade jordens genomsnittliga hållfasthet blir dimensionerande. Vid upphandling av jet-injekteringsarbeten i Japan svarar entreprenören för att minst föreskriven medeldiameter och medelhållfasthet uppnås.

Dimensionering av jetpelare görs av entreprenören, dels m h a erfarenhetsvärden och dels genom pilotförsök på aktuell arbetsplats.

Lastöverföringar mellan injekterad jord och en befintlig grundkonstruktion kan ibland vara svåra att få tillfredsställande. Det normala förfarandet vid ett sådant fall är att utföra två saker, separat eller tillsammans, beroende på förutsättningarna:

1. Jetinjektering utförs till minst en meter över underkant av befintlig grundkonstruktion.
2. Efterinjektering med konventionell utrustning utförs vid anslutningen mellan injekterad jord och befintlig grundkonstruktion tidigast ett dygn efter avslutad jetinjektering.

Om en pågående jetinjektering måste avbrytas återupptas injekteringen från en nivå 0,1-0,2 m under avslutningsnivån.

2.6 Kontroll

2.6.1 Resultatkontroll

Att uppställda förutsättningar uppfyllts kontrolleras i Japan normalt på 5-10% av utförda jetpelare. Kontrollen omfattar praktiskt taget enbart hållfastheten och kan utföras på olika sätt.

- Kärnbörning. Kärnor med ca 50 mm diameter borrar ur den injekterade jorden och undersöks med avseende på tryckhållfasthet. Någon gång bestäms även densitet, portal och våghastighet i den injekterade jorden. Normalt undersöks tre prover från varje injekterad pelare. Prov tas i pelarnas centrum och 80 cm från centrum.
- Sondering. Standard penetration test används för att bestämma fasthetsökningen i injekterad jord jämfört med före injekteringen.
- Geofysisk logging. I ett hål, lämpligen kärnborrhålet, utförs sonometrisk- och neutronsondering för att bestämma jetpelares densitet och porositet samt våghastighet i den injekterade jorden. Dessa kontrollåtgärder utförs med hänsyn till de japanska jordbävningsnormerna och torde ej vara aktuella i Sverige.

- Resultatkontroll för tätskärmar utförs genom pumpförsök.

2.62 Utförandekontroll

Under det löpande arbetet kontrolleras förbrukade mängder av vatten, luft och injekteringsmedel samt att det använda injekteringsmedlet håller avsett vct (kontroll av densiteten). Dessutom protokollförs lyft- och rotationshastigheten samt erhållen slammängd. Slamanalyser görs för kontroll av funktionen.

3. UTFÖRDA PROJEKT I JAPAN

Nedan redovisas fem utförda injekteringsprojekt i Japan. Dessa fem ger exempel på olika injekteringsteknikers skiftande möjligheter.

3.1 Jetskärmar

3.11 Muramatsu

Syftet med injekteringen var att skydda en öppen schaktgrop från grundvatteninströmning samt hindra erosion i schaktslänter.

Från början projekterades grundvattensänkning med wellpoints men på grund av dels svårigheter att suga vatten i gränszonen mellan grus och berg och dels svårigheter att transportera bort schaktmassor genom en wellpointanläggning övergavs den tanken delvis. Wellpoints kom nu att användas där grundvatteninströmningen var minst medan schaktens ena långsida, med mycket inströmmande grundvatten, tätinjekterades. Därvid åstadkoms även en fri utfart för de stora schaktvagnar som skulle användas. Se figur 17.

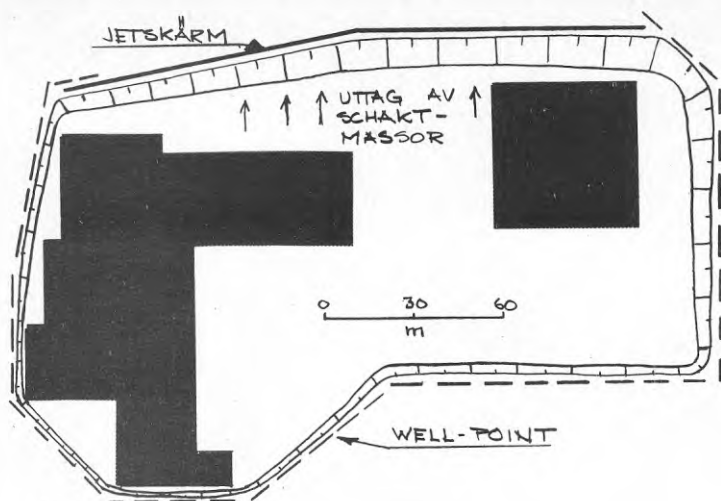


Fig. 17 Tättningsåtgärder Muramatsuprojektet, plan.

Jorden bestod av ca 4 m sand på 1 m grus och därunder "mudstone". Sonderingsmotståndet i sandlagret $N = 10-25$ slag/0,3 m mätt med standard penetration test. Gruslagret var fastare, $N > 50$, och innehöll även stenar med ca 150 mm diameter. Jordlagerföljd och placering av jetskärmen framgår av fig 18.

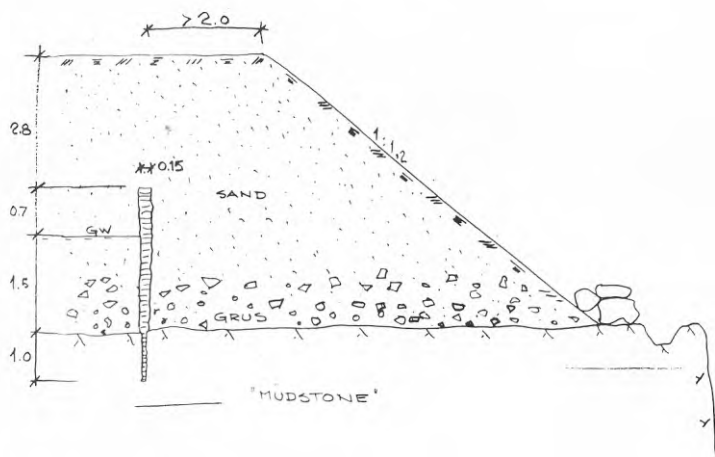


Fig. 18 Jordförhållanden och jetskärm, Muramatsuprojektet.

För att minska borrhningstiden för styrhålen gjordes dessa med $\phi 400$ mm auger utan bentonitstabilisering. Monitorn pressades sedan ner i hålet samtidigt som jetstrålen startades. Styrhålsavstånden valdes, på grund av borrhningmetoden, till 1,0 m i stället för planerade 1,2 m. Totalt gjordes en 182 m lång tätskärm med arean 630 m^2 . Den tätskärm som bildades i sanden var mellan 5-15 cm tjock.

Två månader efter schaktningen märktes endast mindre vattenläckage på några ställen längs schaktväggen. Mängden inläckande vatten var totalt inte mer än 4 l/min ($0,04 \text{ l/min, m}$). Permeabilitetskoefficienten minskades genom injekteringen från 10^{-3} till $6,5 \cdot 10^{-6}$, dvs mer än 100 gånger.

3.12 Okayama

Syftet med injekteringen var att på en 91,5 m lång sträcka tillverka en tätskärm till skydd för intilliggande konstruktioner mot högt tidvatten.

Jorden bestod av ca 6 m sand på silt till stort djup. Tätskärmens utförande och dimensioner i den omgivande jorden visas i figur 19.

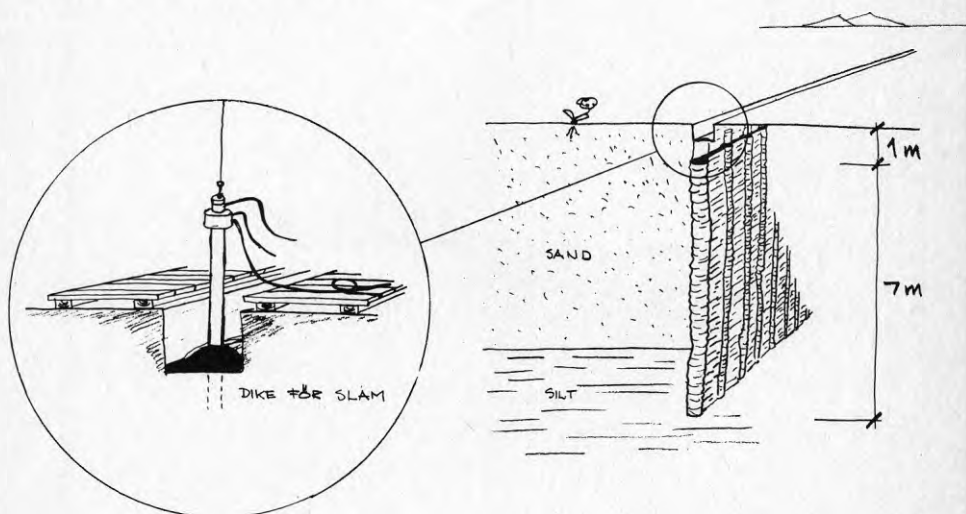


Fig. 19 Jordförhållanden och jetskärm Okayamaprojektet.

En rad styrhål med 115 mm diameter borrades c/c 1,5 m. Injekteringen utfördes med en blandning av asfalt, cement och vatten i proportionerna 611 kg cement, 611 kg asfalt och 202 kg vatten per m³ injekteringsmedel. Asfalt användes för att göra skärmen "segare" vid jordbävning. Den utrustning som användes framgår av nedanstående tabell.

Typ	Kapacitet	Vikt (kg)	Effektbehov (kW)
Vattenpump	67 l/min 35-49 MPa	1850	55
Borrmaskin	115 mm	1800	11
Hydraulpump till borrmaskin	40-100 l/min 7-3 MPa	250	7,5
Injekteringspump		250	7,5
Blandare för in- jekteringsmedel	350 l x 2	700	4
Vattenpump	200 l/min	38	1,5
Slampump	1000 l/min 0,7 MPa	150	11
Kompressor	4 m /min	3000	-
Kran	15 ton	-	-
Generatör	100 kVa	-	

Data för injekteringen framgår av nedanstående tabell.

Aktivitet	Kapacitet (l/min)	Tryck (MPa)
Vattenjetspolning	60-70	30-40
Luftspolning	1000	0,5-0,7
Injekteringsmedel	60-70	0-0,2
Lyfthastighet	0,3-0,5 m/min	

Totalt var jetskärmens area $91,5 \times 7 = 640,5 \text{ m}^2$. Dess tjocklek i sandlagret blev i medeltal 0,2 m och i siltlagret 0,15 m. Totalt åtgick 152 m^3 injekteringsmedel och 460 m^3 slam fick tas omhand.

3.2 Jetpelare

3.2.1 Gyotoku

Syftet med injekteringen var att förstärka jorden inför schakt för tunnelpåslag. Totalt skulle betongkassunen för påslaget schaktas ner ca 27 m under markytan. De första 8,5 m av schakten gjordes inom spont. Spontschaktens dimensioner i plan var 9,1 x 9,4 m och genom schaktläget gick en $\phi 1300$ ledning som var i drift under hela byggnadsperioden. Se figur 20.

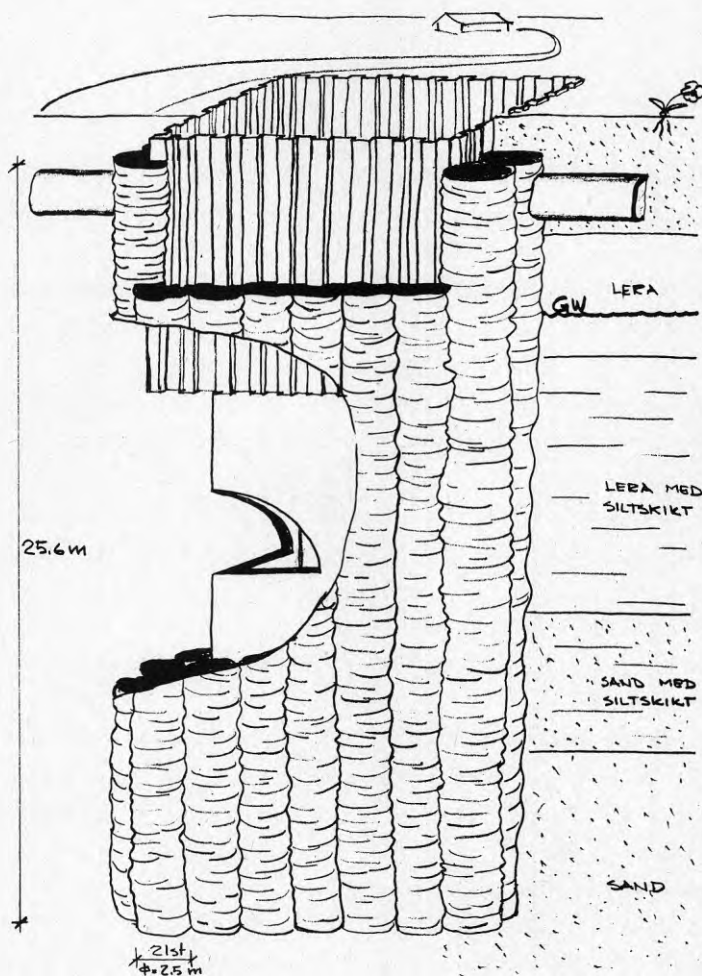


Fig. 20 Jordförhållanden och förstärkningsåtgärder Gyotokuprojektet.

Jorden bestod ner till 18 m djup av lera som mellan 8 och ca 18 m innehöll siltskikt. Mellan 18 och 23,5 m djup bestod jorden av siltskiktad sand och under 23,5 m av ren sand. Sonderingsmotståndet mätt med standard penetration test var 5-10 i leran, 0-2 i den siltskiktade leran, 0-1 i den siltskiktade sanden och 1-3 i sanden.

21 st jetpelare med medeldiametern 2,5 m tillverkades runt schaktningsområdet. Centrumavstånd mellan pelarna var 2,0 m. Total injekterad pelarlängd var 502,8 m. Till denna injektering förbrukades 2365 m³ cementvälling och 3494 m³ slam forslades bort.

3.22 Osaka

Syftet med arbetena var att förstärka jorden under en befintlig bankbyggnad för att dels stoppa pågående sättningar och dels medge senare tillskottslast från en planerad ombyggnad. Två tidigare etapper hade omfattat förstärkning av jorden under djupa tillbyggnadsdelar.

Jorden bestod av sand och grus till ca 5 m under den gamla byggnadens grundläggningsnivå. Därunder fanns ett ca 4 m tjockt lager silt som vilade på sand till okänt djup. Sonderingsmotståndet mätt med standard penetration test var ca 10-30 i det övre sandlagret, 3-4 i siltlagret och ca 20-50 i det undre sandlagret. Jordlagerföljd och principen för grundförstärkningsarbetets etapp 3 framgår av figur 21.

Grundförstärkningens etapp 3, som utfördes juni 1980, omfattade förstärkning av jorden under yttre bärande väggar till ett djup av 13 m under grundläggningsnivån. Arbetet utfördes från utsidan och alldeles intill ytterväggar. Se även bilagda reserapport.

Ettapp 4 utförs 1981 inuti bankbyggnaden då bankens innandöme har rivits. En ny tjock bottenplatta gjuts och jorden förstärks med fristående jetpelare.

Till detta projekt valdes jetpelare framför grävpålar på grund av mindre risk för skador och buller.

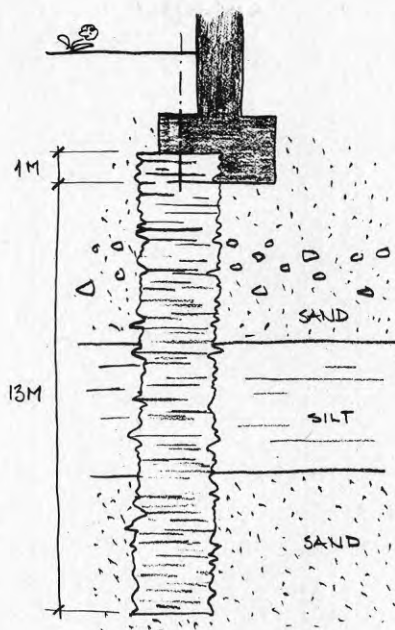


Fig. 21 Jordförhållanden och förstärkningsåtgärder
Osakprojektet etapp 3.

3.3 Ving-jet injektering

3.31 Stockyard-Okayama

Syftet med detta arbete var att åstadkomma tätning mellan stålörspålar ingående i en kajkonstruktion. Kajplanet skulle byggas upp av industriavfall och för att hindra utläckning av skadliga ämnen i vattnet måste kajkonstruktionen göras helt tät. Konstruktionsprincipen framgår av figur 22.

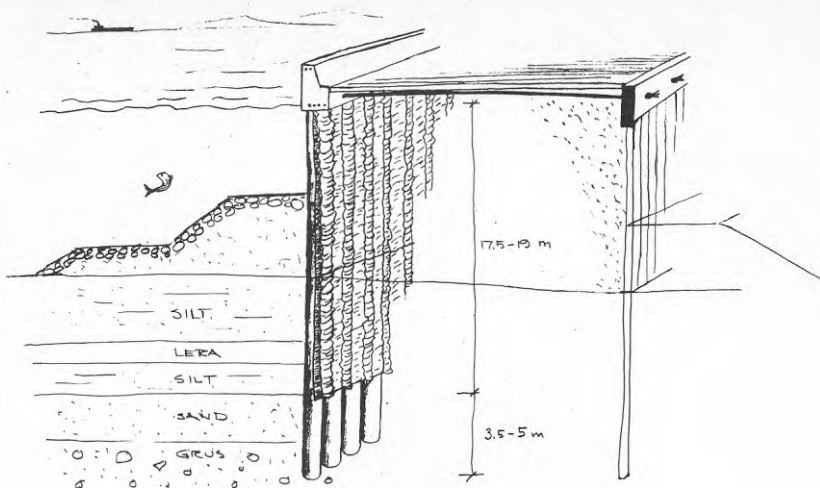


Fig. 22 Ving-jet injekterad kajkonstruktion Stockyard-Okyama.

Den naturliga jorden bestod av ett ca 9 m tjockt lager silt med enstaka lerskikt. Under 2-3 m sand fanns ett stenigt gruslager på vilket stålörspålar grundlades.

Stålörspålar hade dimensionen $\phi = 1,20$ m och installerades c/c 1,50 m. I mellanrummet mellan örspålar utfördes injektering enligt figur 23. Som mothåll för injekteringen installerades klenare stålör i mellanrummen. Ving-jet injekteringen gjordes i 114 mm förborrade styrhål. Teoretisk injekteringsvolym var $0,24 \text{ m}^3$ per meter ving-jet. Totalt gjordes 1573 st ving-jet injekteringar varierande i längd mellan 17,5 och 19 m. Den injekterade volymen uppgick sammanlagt till 8952 m^3 .

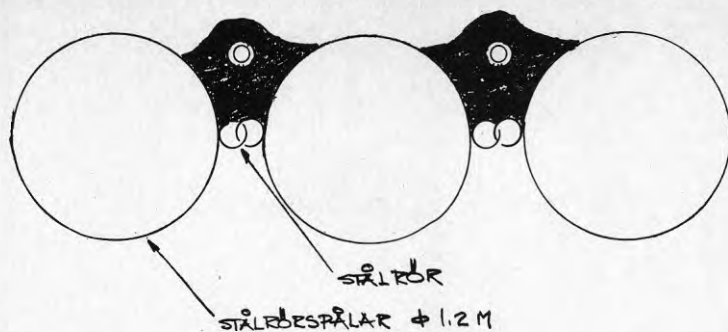


Fig. 23 Ving-jettätning mellan rörpålar i kajkonstruktionen Stockyard-Okayama. Snitt genom konstruktionen.

4. KAPACITETER OCH KOSTNADER

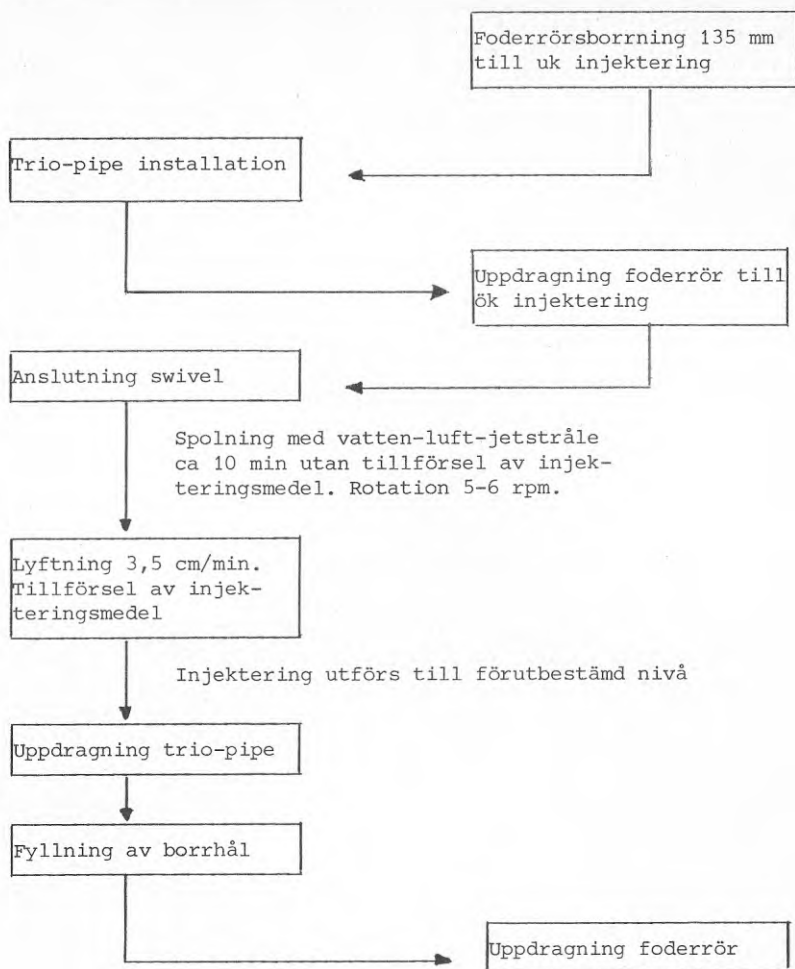
Exemplet på kapaciteter och kostnader för olika arbetsmoment kommer från den japanska entreprenören Chemical Grouting och gäller för jetpelare vid det tidigare redovisade projektets, Nippon Bank Osaka, etapp 2.

Vid Nippon Bank etapp 2 var i medeltal borrhningsdjupet för de 123 pelarna 13,1 m varav 0,2 m i betong, 4,0 m i lera och 8,9 m i sand. Injekteringslängden var i medeltal 5,2 m.

Arbetsgången vid denna etapp framgår av nedanstående schema.

INJEKTERINGSARBETE

BORRINGSARBETE



Data för injekteringsarbetet framgår av nedanstående tabell.

Aktivitet	Kapacitet l/min	Tryck MPa
Vattenspolning	60-70	30-40
Luftspolning	2000-3000	>0,7
Injekteringsmedel	180-200	3-4
Uppdragn/rotation	0,035 m/min, 5-6 rpm	

Entreprenörens redovisade tider och mängder redovisas i tabellen nedan.

Moment	Del	Kapacitet/Tid	Längd (m)	Tid (min)
Borrning av styr- hål φ135 mm	Betong	180 min/m	0,2	36
	Lera	19,5 min/m	4,0	78
	Sand	26 min/m	8,9	231
	Tot	-	13,1	345
Column- jet- injec- tion	Förbe- redelse	50 min	-	50
	Montering Trio-pipes	2 min/m	15	30
	Foderrörs- dragning	5 min/m	13	65
	Injekte- ring	28 min/m	5,2	146
	Uppdrag- ning	2 min/m	9,8	20
	Tot	-	-	311

Med i genomsnitt 6,5 effektiva arbetstimmar per dag kan arbetskapaciteten beräknas till 1,13 styrhål per dag och maskin samt 1,25 jetpelarinjekteringar per dag och maskin. Med en tillgänglighetsgrad på 85% kunde arbetet, med två bormaskiner och två injekteringsaggregat, utföras på:

styrhål 123 st/1,13·2·0,85 = 64 dagar
injektering 123 st/1,25·2·0,85 = 58 dagar

Erforderlig kvantitet cementvälling beräknas enligt

$$Q = \frac{H}{L_s} \cdot q$$

$$Q = \frac{5,2}{0,035} \cdot 0,2 = 29,7 \text{ m}^3/\text{pelare}$$

dvs totalt 3653 m³ cementvälling eller 2776 ton standard-cement.

Mängden slam beräknas enligt $V = (q' + q) \cdot t \cdot H \cdot (1 + \alpha)$

$$V = (0,07 + 0,2) \cdot 28 \cdot 5,2(1 + 0,2) = 47,2 \text{ m}^3/\text{pelare}$$

dvs totalt 5805 m³ slam.

Med kursen 1,80 kr för 100 yen kan kostnaderna för detta arbete i 1979 års japanska priser beräknas till:

Arbetare 20 st · 75 dagar · 300 kr/dag	=	45.000:-
Maskinhyror	=	461.000:-
Injekteringsmedel 3653 m · 170 kr/m ³	=	621.000:-
Slamhantering 5805 m · 110 kr/m ³	=	638.000:-
Förbrukningsmaterial	=	45.000:-
Platsomkostnader	=	<u>93.000:-</u>
		2.308.000:-

Detta innebär med japansk prisnivå 753 kr/m³ injekterad jord belägen på 8-13 m djup. Som jämförelse kan nämnas att konventionell kemisk injektering kostar mellan 1400-2700 kr/m³ i Japan.

Följande överslagsmässiga kapacitets- och kostnadsuppgifter för jetpelare erhöles från H Kubo, chef för jet grout-sektionen vid Chemical Grouting, Kajima Corporation vid besök i juni 1980.

Diameter	φ2 m	φ1 m
Cementvällingmängd /m pelare	4 m ³	1 m ³
Slammängd/m pelare	6,5 m ³	3 m ³
Kostnad i kr/m pelare vid kurs 1,80 kr/100 yen	3240 kr	2160 kr
Kostnad i kr/m ³ injekterad volym	1031 kr	2750 kr

Som kommentar till dessa siffror kan sägas att japansk kringutrustning såsom bormaskiner inte har samma kapacitet som svenska. Utnyttjande av maskiner och människor är inte lika hög som i Sverige. I gengäld är arbetskraften billigare i Japan. Priset i Sverige bör därför bli samma eller något lägre än i Japan. En kostnad i Sverige på ca 1000 kr/m³ injekterad jord är trolig.

Man har nyligen utvecklat en minijetpelarutrustning för injektering i lös lera för pelare med diametern 60-100 cm. Man räknar för denna maskin med endast halva kostnaden, dvs ca 500 kr/m³ injekterad jord. Med diametern 1 m skulle kostnaden per m pelare då bli ca 400 kr/m.

5. PROJEKT I SVERIGE

Den japanske entreprenören har studerat möjligheten att tillämpa tekniken på två projekt i Sverige, dels Katarina Norra skola i Stockholm och dels ett träpålgrundlagt bostadshus.

Katarina Norra skola är grundlagd på djupa träpålade fundament där de befintliga träpålarna hotas av röta sedan grundvattennivån i området sjunkit. Chemical Grouting Co har gjort ett förslag till förstärkning av grundläggningen. Principen framgår av fig 24.

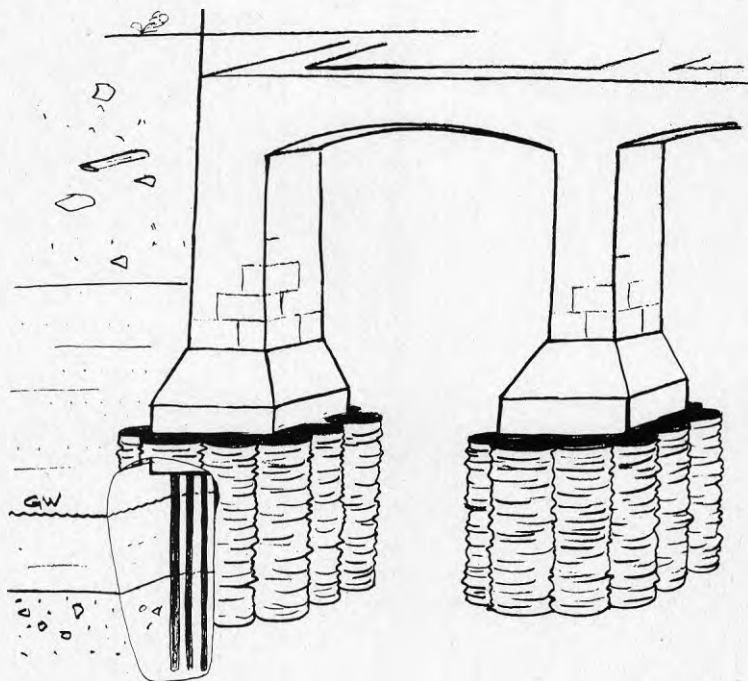


Fig. 24 Katarina Norra skola där pålavskärningsnivån ligger 9 m under markytan. Den lösa siltiga sanden runt och under pålfundamenten injekteras till nivån för bärkraftigare jord ca 3 m där-
under.

Den aktuella byggnadsytan är ca 1100 m² och inalles skulle 32 st fundament förstärkas med 6-10 jetpelare var. En japansk kostnadsberäkning för detta arbete stannar i 1978 års priser vid 2.105.000 kr med samma valutakurs som ovan. Detta motsvarar alltså en grundförstärkningskostnad på 1830 kr/m² by eller 1000 kr/m³ injekterad jord belägen 7,5-11,5 m under markyta och golvnivå.

Bostadshuset är ett av dessa allt vanligare 30-talshus med rötskadad träpålgrundläggning. Konstruktionen och det japanska förstärkningsförslaget framgår av fig 25.

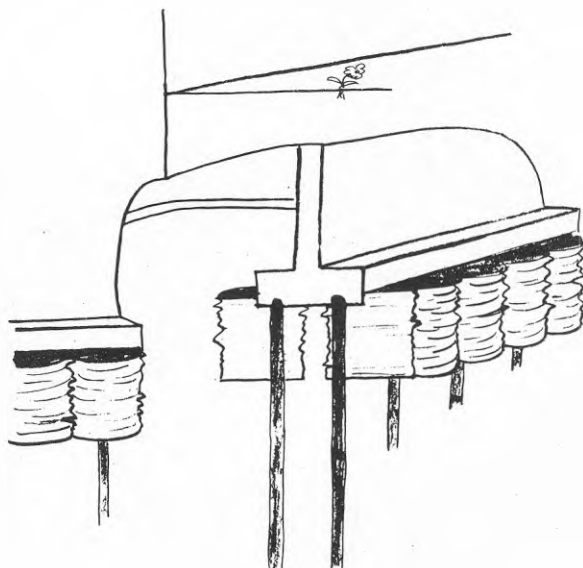


Fig. 25 Grundförstärkning av ett relativt modernt bostadshus med betongstomme grundlagt på träpålar. Lasten från byggnaden förs via den injekterade jorden ner till friskt pålvirke under grundvattenytan.

Den aktuella förstärkningsytan är ca 270 m² och förstärkningen är projekterad med 116 st ϕ 2 m jetpelare, var och en med 1,2 m höjd. Med kostnaden 1000 kr/m³ injekterad jord skulle detta projekt belöpa sig till 440.000 kr eller 1620 kr/m² by.

6. FRAMTIDA ANVÄNDNING I SVERIGE

Jetpelartekniken är en relativt ny teknik som ännu till viss del präglas av pionjärtidens problem och utvecklingsarbete. Den teknikdel som är bäst utvecklad är jetskärmtekniken där ett stort antal referensobjekt finns. Under senaste året har dock även ett stort antal jetpelarprojekt utförts.

Byggmarknaden i Sverige under 1980-talet kommer att ändras. I stället för stora områden med nyexploatering kommer kompletteringar inom tätorter att öka liksom bevarande av gamla byggnader. Det kommer att ställa nya krav på grundläggningsmetoder och metoder att styra och reglera grundvattennivån. Jetinjektering är en sådan metod.

Utvecklingen går också mot grundläggningsmetoder med mindre buller, bättre arbetsmiljö och som inte vållar skador på omgivande byggnader. Detta talar även för jetinjekteringstekniken.

Injektering av jord är relativt lite använt i Sverige, dels beroende på att de flesta svenska jordarter ej lämpar sig för konventionell injektering, dels på svensk grundläggningstradition.

Jetinjekteringstekniken, som är användbar i de flesta jordar, är konkurrenskraftig mot traditionella grundläggningsmetoder under vissa förhållanden. För att bättre kunna bedöma kostnaderna för metoden i Sverige och för att anpassa den till svensk grundläggningsteknik och svenska maskiner borde pilotförsök eller referensarbete utföras.

6.1 Jetskärm

6.11 Användningsområde

Som tätskärm mot vatten.

Användningen av tätskärmar är för närvarande inte särskilt stor i Sverige men väntas öka bl a i samband med

ökad kontroll av grundvattennivån vid innerstadsarbeten.

Jetskärmar kan användas:

- som tätskärmar för permanent kontroll av grundvattennivån vid befintlig eller planerad bebyggelse.
- I samband med schaktning för att antingen förhindra en grundvattensänkning eller undvika bottenuppluckring eller bottenuppträckning vid schakt under grundvattenytan.
- I stället för spont i lägen för ledningar.
- För att stänga inne förorenat grundvatten.
- Som tätning under dammkonstruktioner.
- Vid kajkonstruktioner.
- Som vibrationsdämpande skärm.
- Som tätskärm vid värmelagring i aqviferer.

6.12 Kostnader

Det är svårt (se ovan) att ange kostnader för ett svenskt projekt, men den torde ligga i intervallet 300-600 kr/m². Huvuddelen av kostnaden belöper sig på styrhålsborrningen, varför rätt borrningsteknik är viktig. Slamhanteringen inverkar även i hög grad på kostnaden.

6.13 För- och nackdelar

Konkurrerande metoder i dag är:

- Konventionell injektering som medför svårigheter att få tillfredsställande resultat i skiktad jord.
- Bentonitskärm utförd genom grävning från grävmaskin vilken är billig men endast kan utföras till begränsat djup.
- Slitsväggar vilka kan utföras till relativt stort djup men är dyra.

Jetskärmens fördelar är:

- Den kan utföras i de flesta jordar.

- Man kan utföra den exakt på den nivå man önskar.
- Den är geometriskt väldefinierad.
- Den kan utföras även där ledningar eller andra hinder finns.
- Den orsakar små vibrationer och relativt lite buller.

Nackdelarna är:

- Teknik och kostnader okända i Sverige.
- Slam måste tas om hand.

6.14 Utveckling

I Japan bedrivs utveckling efter flera linjer.

- Att ersätta borrarbetet med nedtryckning av monitorn under vattenspolning. En ny maskin är i drift med denna metod.
- För schaktning av slitsar, där man kan ställa spont, slitsväggselement, eller dränerande material.
- Armering med stålfibrer. Det krävs dock relativt omfattande utvecklingsarbete men man kan då erhålla skärmar med betydligt större hållfasthet.

6.2 Jetpelare

Jetpelare har i Japan används huvudsakligen som jordförstärkning under planerade eller befintliga byggnader, vid tunnelanslutningar samt för att förstärka underjordskonstruktioner mot horisontalkrafter och mot bottenuppträckning.

6.21 Användningsområde

Vid nybyggnation

- Förstärkning av jord under byggnader särskilt där konventionella metoder som pålning kan orsaka skador på närliggande bebyggelse.
- I kombination med ovanstående och som skydd mot bottenuppträckning vid schakt.

- Grundförstärkning av anslutande byggnader.
- Jordförstärkning och tätning vid övergång mellan tryckt ledning och bergtunnel, eller vid tunnel-påslag.

Som grundförstärkning

- I stället för undergjutning vid litet avstånd till fast botten eller i stället för kapning av ruttna träpålar och undergjutning. Speciellt intressant vid naturstenmurar, där konventionell förstärkningsmetodik är kostsam.

6.22 Kostnader

Även här är det svårt att ange kostnaden för ett svenskt projekt. Som riktvärde kan anges 1000 kr/m³ förstärkt jord. Cementmängden blir ca 950 kg/m³ förstärkt jord. Slammängderna blir 1,5-1,8 m³/m³ förstärkt jord. En produktiv slam användning och effektiv reningsmetod är viktig för att minska kostnaden. Vid grundförstärkning med dagens jetpelarteknik blir de förstärkta volymerna i många fall onödigt stora.

6.23 För- och nackdelar

Konkurrerande metoder i dag är:

- Konventionell injektering med dess svårigheter att få ett bra resultat speciellt i skiktad jord.
- Pålningmetoder som i allmänhet är billigare men orsakar mer vibrationer och buller.

Jetpelarnas fördelar är:

- De kan utföras i alla jordar.
- De kan utföras mellan i förväg bestämda nivåer.
- De ger små vibrationer och lite buller.
- De kan utföras under befintliga konstruktioner och i trånga utrymmen.

Nackdelarna är:

- Kostnader svåra att beräkna för svenska projekt.
- Stor mängd injekteringsmedel.
- Stora slammängder som måste tas omhand.

6.24 Utveckling

- Utveckla lämpligare bormaskiner och övrig kringutrustning.
- Förenkla och förbilliga slamhantering.
- Minska mängden injekteringsmedel genom ändrat förfarande.

6.3 Ving-jet

Ving-jet används i Japan som tätning och förstärkning mellan grävpålar och stålrörspålar samt tätning av stålspont.

6.31 Användningsområde

Samma som i Japan.

6.32 Kostnader

Uppskattningsvis 500-1000 kr/m.

6.33 För- och nackdelar

Ving-jet teknikens fördelar är:

- Grävpålar kan utföras glesare i en grävpålevägg med samma krav på täthet.
- Stålspont kan tätas och användas både som temporär stödkonstruktion och permanent tätskärm.

Nackdelarna är:

Samma som för jetskärmar.

6.34 Utveckling

Man borde kunna utföra undergjutning av befintliga konstruktioner med ving-jet. Kostnaderna för en sådan undergjutning skulle bli betydligt mindre än undergjutning med jetpelare.

6.4 Byggnadslov

Vid en framtida bygglovsbehandling för metoden i Sverige får det inledningsvis förutsättas att entreprenören svarar för dimensionering och utförande av injekteringen, så att av beställaren uppställda funktionskrav uppfylls. De funktionskrav som kan ställas är att en viss erforderlig medelhållfasthet och en viss förstärkningsvolym uppnås samt att anslutningar mellan befintliga konstruktioner och injekterad jord ej uppvisar några svaghetszoner. Då metoden är helt ny får man räkna med att byggnadsnämnden vill ha en lång handläggningstid av ärendet för att kunna inhämta sakkunnigutlåtande och diskutera ärendet med byggherre, entreprenör och andra berörda.

Detta förfarande kräver att kontroll- och övervakningsprogram inledningsvis måste vara relativt omfattande. De bör förslagsvis innefatta kärnprovtagning och hållfasthetsbestämning i jetpelare, kontroll av täthet i jetskärmar, kontroll av dimensioner och anslutningar, dokumentation av arbetsutförande, dvs borrprotokoll och injekteringsprotokoll för varje enskild pelare eller skärmlamell.

Resultatkrav och kontrollprogram får bestämmas från objekt till objekt men bör, åtminstone till en början, ingå i byggnadslovet. Så småningom, när större praktiska erfarenheter vunnits, kan möjligen funktionskraven ersättas av utförandespecifikationer och kontrollinsatserna därmed minskas.

7. SAMMANFATTNING

Med jetinjektering kan man med hjälp av en högtrycks-vattenstråle omgiven av en koncentrisk luftstråle, lösgöra jordpartiklar för att på så sätt åstadkomma ett hålrum i jorden och injektera cement. För att utföra jetinjekteringar har speciella injekteringshuvuden "monitors" utvecklats. Dessa har tre olika munstycken för vatten, luft och injekteringsmedel, vilka matas från markytan genom "trio-pipes", dvs rör med tre separata kanaler. Med injekteringen kan man utföra väggar eller pelare i jord.

Väggarna används huvudsakligen som tätskärmar för kontroll och styrning av grundvattennivån. Pelarna används som jordförstärkning vid nybyggnad eller som grundförstärkning vid befintlig bebyggelse.

Injektering kan utföras i de flesta jordar och löst berg. Man får en förutbestämd, geometriskt väldefinierad zon med medeltryckhållfasthet 2-7,5 MPa. Tekniken ger små vibrationer, låg ljudnivå. Sättningarna i färdig konstruktion blir oftast mindre än vid konventionell injektering.

Jetskärmar och jetpelare dimensioneras utifrån erfarenhet av jordart samt pilotförsök på aktuell arbetsplats.

Monitors och trio-pipes förs ned i marken oftast genom förborrade hål med en speciell bormaskin. För injekteringen erfordras högtryckspump, konventionell kompressor och injekteringsutrustning. En bormaskin lämpad för svenska förhållanden saknas dock i Japan.

Kontroll utförs dels som utförandekontroll, dels som resultatkontroll. Resultatkontroll omfattar upptagning av borkärnor i 5-10% av jetpelare som provtrycks. Jetskärmar kontrolleras genom provpumpning.

Metoden bör vara ekonomiskt konkurrenskraftig i Sverige.

För tätskärm beräknas kostnaden vara 300-500 kr/m² och för jetpelare ca 1000 kr/m³. För den vanligaste pelardimensionen ϕ 2 m kan kostnaden uppskattas till 3000 kr/m pelare eller 1000 kr/m³ injekterad jord.

Vid byggnadslovsgivning för metoden i Sverige bör funktionskrav och kontrollinsatser anges för varje enskilt objekt. Så småningom, när större praktiska erfarenheter vunnits, kan möjligen funktionskraven ersättas av utförandespecifikationer.

För att få dimensionerings- och kostnadsunderlag för metoden bör pilotförsök i svenska jordar utföras. Vidare bör en lämplig bormaskin tas fram.

8. REFERENSER

- (1) SHIBAZAKI, M. Personligt samtal.
- (2) YAHIRO, T., YOSHIDA, H., NISHI, K. On the characteristics of high speed water jet in the liquid and its utilization on induction grouting method. Kajima Inst. Constr. Technol. Rep. 19. Tokyo 1974.
- (3) YAHIRO, T., YOSHIDA, H., NISHI, K. Soil improvement method utilizing a high speed water and air jet. Kajima Inst. Constr. Technol. Rep. 33. Tokyo 1980.
- (4) Ground Engineering Review. Tunnelling in soft ground. Information from the specialty session No.1 in Tokyo. London 1978.
- (5) Water Power and Dam Construction. February 1974.

RESERAPPORT

Redogörelse för studieresa till Japan 1980-06-13--60-20
samt studiebesök hos Chemical Grouting (CG) och deras
arbetsplatser för jetinjektering

- 1980-06-13 Avresa Norrköping via Köpenhamn till Anchorage.
- 06-14 Övernattning Anchorage på grund av flygplansfel.
- 06-15 Anländer Tokyo, inledande diskussioner med M. Kubo, chef för jet-grout sektionen vid CG.
- 06-16 Besök på CG:s kontor. Träffade N. Tsuboi, chefsgeotekniker, M. Shibazaki, vår kontaktman, M. Kubo, S. Ohta samt I. Yamaguchi från Kajima. Program för veckan lades upp. Diskussioner om kvarstående frågor. Ny film om metoden visades. Där beskrevs tätning av stålspons med ving-jet, samt den nya utrustningen för lös lera. Med denna kunde mindre och betydligt billigare jetpelare utföras. Blev intervjuad för företagstidningen av T. Kobayashi, Public Realtion Office, CG.

På kvällen japansk middag där även S. Okuda Shinwa Grouting Co deltog.

- 06-17 Efter en timmes bilresa de 5 kilometrarna till järnvägsstation gick de 56 milen till Osaka på litet drygt 3 timmar med Shinkansen, det japanska snabbtåget med maxhastighet på 250 km/tim. På tåget blev det ytterligare tekniska diskussioner med M. Kubo. Framme i Osaka besöktes CG platskontor med dess chef Momiyama. Inför studiebesöket av grundförstärkningen vid Nippon bank, Osaka, fick jag veta att fotografering var förbjuden på grund av banksekretessen och jag måste även skruda mig i CG:s arbetskläder.



Bild 1. Nippon Bank, Osaka. En gammal byggnad insprängd bland moderna hus och som grundförstärkts med jetpelare.



Bild 2. God ordning och framkomlighet karakteriserade arbetsplatsen. I förgrunden en jetpelarmaskin på medar.

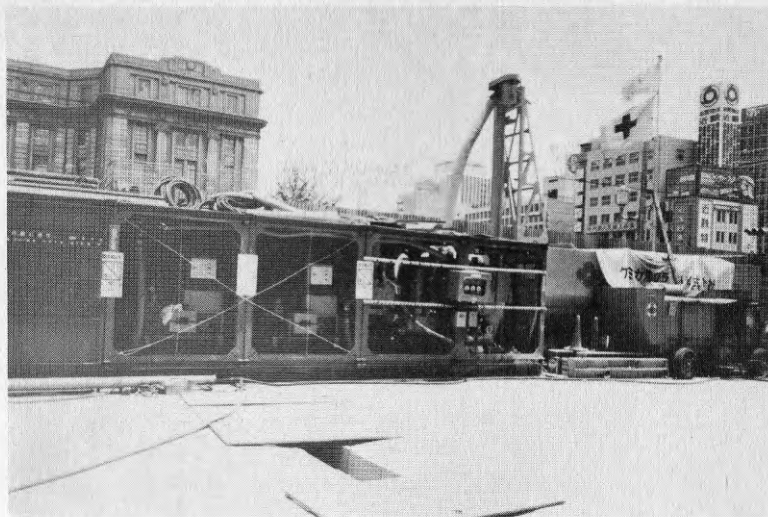


Bild 3. Pumpar, kompressorer, injekterings- och slamreningsutrustning var placerade väl skyddat avskilt från arbetsplatsen i övrigt.

Grundförstärkningen av bankhuset i denna etapp utgjordes av jetpelare placerade under bottenplattan strax utanför huset. Utrustningen manövrerades av mobilkranar. Förborring och utförande av injekteringen utfördes av tunga bormaskiner på medar! De flyttades med mobilkranar. Själva utförandet var helt automatiskt medan det vid flyttning av utrustningen krävdes stor insats av folk och maskiner som sedan var arbetslösa vid själva utförandet. En lämplig mobil bormaskin skulle spara mycket arbetskraft och även maskiner.

Utrustningen studerades. Pump, kompressor och injekteringsutrustning stod väl avskilda från utförandeplatsen. Hela processen styrdes automatiskt från utförandeplatsen. Man hade en stor skrymmande dieselgenerator beroende på att nätspänningen endast är 125

volt medan maskinerna kräver 240 volt. Injekteringsutrustningen verkade skrymmande jämfört med svensk. Av särskilt intresse här var skaksikten för skiljande av jord från bentonit. Den uppgavs fungera bra i friktionsjord men ej i kohesionsjord. När man arbetade i kohesionsjord fick man köra bort slammet i bilar.

Jetpelarna utfördes helt fristående och lasten från husväggarna fördes över till jetpelarna genom en hel tjock bottenplatta.

Ett höghus grundlagt på jetpelare besågs även.

På kvällen japansk middag med värdarna.

06-18 Besök i Kyota, Japans gamla huvudstad, på förmiddagen. Mest kultur, besök i Shogunens träpalats från 1600-talet samt buddisttempel. Kyota har relativt goda grundförhållanden. På eftermiddagen tåg tillbaka till Tokyo. Diskussioner på tåget.

06-19 Avslutande diskussioner på CG på fm. På em studiebesök vid utförandet av pipeline för flygbränsle mellan Tokyo och Narita på väg ut till flygplatsen.

En spontgrop 13 m djup i sandigt och slitigt material utfördes, varifrån rören skulle drivas. Grundvattenytan låg 2 m under markytan.

Spontgropens botten avstyvades och tätades samt skyddades mot bottenuppträckning med jetpelare 2 m hög och överlappande varandra

ca 30%. Sponten tätades utvändigt genom ving-jetinjektering från 1 m under schaktbotten upp till grundvattenytan. Åt det håll rören ($\phi 1894$ mm) skulle drivas (med tunnelmaskin samt hel inkädnad) gjordes en förstärkning med 11 jetpelare 5,5 m höga. Denna förstärkning utfördes för att kunna påbörja och styra tunneldrivningen.

På denna arbetsplats kunde en ny bandburen borrar-maskin studeras. Med denna maskin kunde man både förborra och utföra injektering i direkt följd. Monitorn var nedtill försedd med en borrhkrona med invändig högtryckspolning genom ett hål. När jetinjektering skulle utföras täpptes detta hål till med en stålkula, varefter injektering gjordes på normalt sätt. Maskinen kunde manövreras så att monitorn kunde lutas i olika riktningar.

Maskinen verkade emellertid klumpig jämförd med svenska borrar-maskiner. Se rapporten fig 10 sid 7.

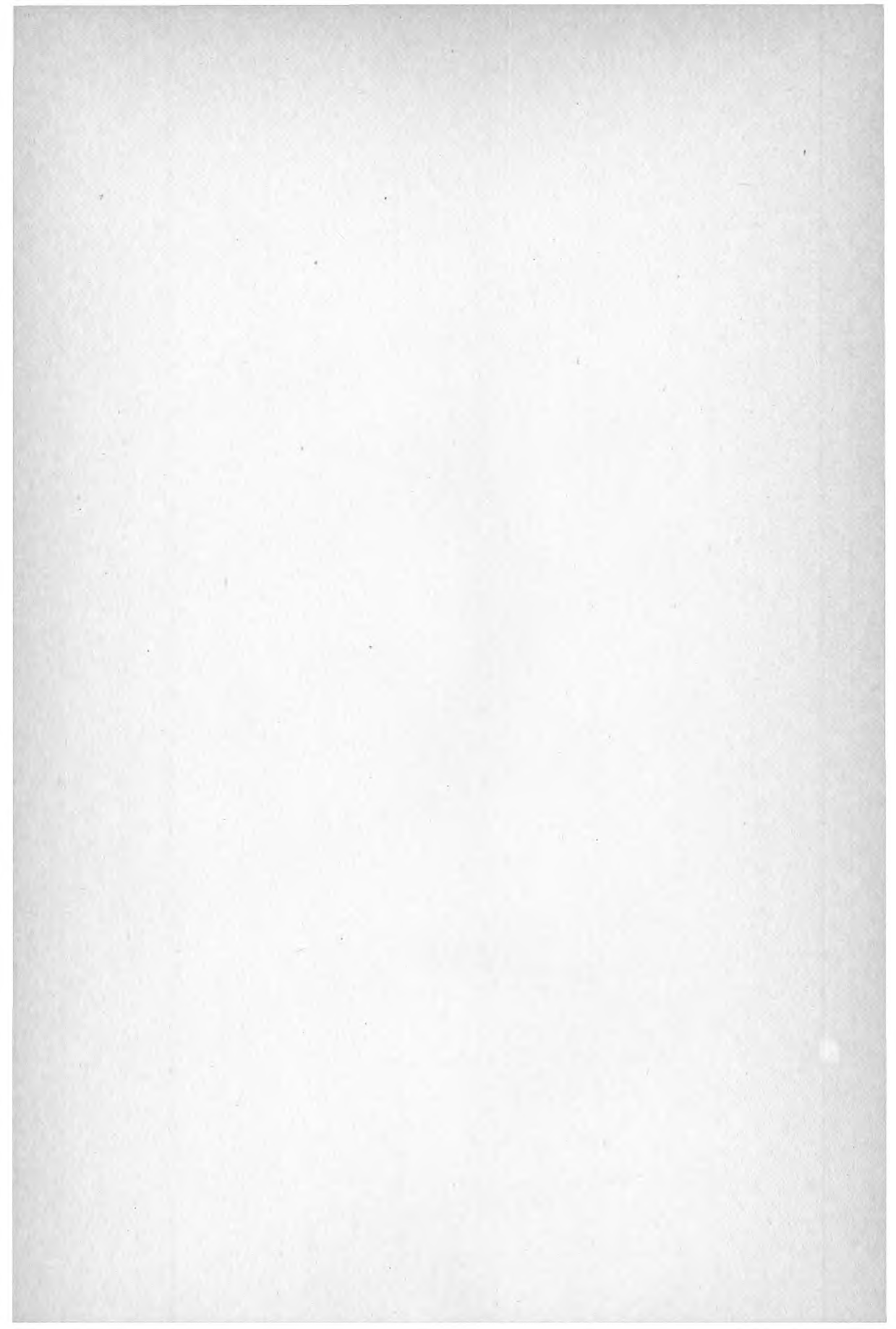
På kvällen gick färden mot Narita för vidare befordran med flyg mot Köpenhamn via Anchorage.

06-20 Ankomst Köpenhamn för vidare transport mot Sverige.

Därmed var den mycket lärorika och intressanta resan slut. Resan var mycket lyckad bl a beroende på Chemical Groutings stabs stora gästfrihet och öppenhet för tekniska diskussioner.

Linköping 1980-07-17

Per Lennart Svensson



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 790265-3
från Statens råd för byggnadsforskning till Statens geo-
tekniska institut, Linköping.**

R143: 1980

ISBN 91-540-3380-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700243

**Abonnemangsgrupp:
V. Anläggningsteknik**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirkapris: 20 kr exkl moms