



Svensk Djupstabilisering
Swedish Deep Stabilization Research Centre

Arbetsrapport 32
2003-11

Kalkcementpelare som jord- förstärkning – hur kan vi åstadkomma rätt funktion?

Projektering, utförande och kontroll

Workshop

Göteborg 3 december 2002

Stockholm 24 april 2003

Niklas Dannewitz

Bengt Rydell

Svensk Djupstabilisering

Svensk Djupstabilisering (SD) är ett centrum för forskning och utveckling inom djupstabilisering med kalk-cementpelare. Verksamheten syftar till att initiera och bedriva en branschsamordnad forsknings- och utvecklingsverksamhet, som ger säkerhetsmässiga, funktionsmässiga och ekonomiska vinster som tillgodoser svenska intressen hos samhället och industrin. Verksamheten baseras på en FoU-plan för åren 1996 – 2004. Medlemmar är myndigheter, kalk- och cementleverantörer, entreprenörer, konsulter, forskningsinstitut och högskolor.

Verksamheten finansieras av medlemmarna samt genom anslag från Byggforskningsrådet/Formas, Svenska byggbranschens utvecklingsfond och Kommunikationsforskningsberedningen.

Svensk Djupstabilisering har sitt säte vid Statens geotekniska institut (SGI) och leds av en styrgrupp med representanter för medlemmarna.

Ytterligare upplysningar om verksamheten lämnas av SD:s projektledare Göran Holm, tel: 013–20 18 61, 070–521 09 39, fax: 013–20 19 14, e-post: goran.holm@swedgeo.se, internet: www.swedgeo.se/sd.

Swedish Deep Stabilization Research Centre

The Swedish Deep Stabilization Research Centre coordinates research and development activities in deep stabilization of soft soils with lime-cement columns. A joint research programme based on the needs stated by the authorities and the industry is being conducted during the period 1996 – 2004. Members of the Centre include authorities, lime and cement manufacturers, contractors, consultants, research institutes and universities.

The work of the Swedish Deep Stabilization Research Centre is financed by its members and by research grants.

The Swedish Deep Stabilization Research Centre is located at the Swedish Geotechnical Institute and has a Steering Committee with representatives chosen from among its members.

Further information on the Swedish Deep Stabilization Research Centre can be obtained from the Project Manager, Mr G Holm, tel: +46 13 20 18 61, +46 70 521 09 39, fax: +46 13 20 19 14 or e-mail: goran.holm@swedgeo.se, internet: www.swedgeo.se/sd.



Svensk Djupstabilisering
Swedish Deep Stabilization Research Centre

Arbetsrapport 32
2003–11

**Kalkcementpelare som jordförstärkning
– hur kan vi åstadkomma rätt funktion?**

Projektering, utförande och kontroll

Workshop

Göteborg 3 december 2002

Stockholm 24 april 2003

Niklas Dannewitz
Bengt Rydell

Förord

Svensk Djupstabilisering (SD) baserar verksamheten på sin FoU-plan som bl a innehåller ett antal stora FoU-projekt. För att öka underlaget för dessa forskningsprojekt satsar SD på kompletterande mätningar/analyser i lämpliga förstärkningsprojekt. Redovisningen av dessa mätningar /analyser granskas ej av SD utan redovisade resultat och framförda åsikter är författarens. Redovisningarna är arbetsrapporter inom SD. Även delredovisningar av FoU-projekt inom SD sker i SD:s arbetsrapportserie. Rapporter i SD:s arbetsrapportserie skall endast användas internt inom SD och ej spridas utanför SD.

I föreliggande arbetsrapport redovisas resultatet av två workshops anordnade för att belysa frågeställningar vid upphandling, kvalitetsfrågor, olika entreprenadformer etc vid djupstabilisering som ett led i implementeringen av SD:s verksamhet.

Linköping i november 2003

Göran Holm
Projektledare för SD

Arbetsrapport

Beställning
(endast för
medlemmar av SD)

Svensk Djupstabilisering
c/o Statens geotekniska institut
581 93 Linköping

Tel: 013-20 18 42
Fax: 013-20 19 14
E-post: birgitta.sahlin@swedgeo.se

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Förord SD

1	Sammanfattning	4
2	Bakgrund och syfte	6
3	Genomförande av workshops	7
4	Workshop i Göteborg	8
5	Workshop i Stockholm	14
6	Sammanfattande slutsatser	21

Bilagor

Workshop i Göteborg den 3 december 2002	25
Workshop i Stockholm den 24 april 2003	59

Kalkcementpelare som jordförstärkning – hur kan vi åstadkomma rätt funktion?

Projektering, utförande och kontroll

Workshop

Göteborg 3 december 2002 och Stockholm 24 april 2003

1 SAMMANFATTNING

Kalkcementpelare är i många fall en effektiv metod för att förstärka lös jord. För att förstärkningen skall få avsedd funktion när det gäller sättningar och stabilitet är det viktigt att alla ingående led från projektering till utförande hanteras korrekt. Det finns behov av ökad kunskap om metoden för att kunna handla upp tjänster och produkter inom djupstabilisering inklusive kvalitetskrav och kontroll.

För att öka förståelsen för upphandling och kvalitetsfrågor samt ge alla parter möjlighet att utbyta erfarenheter och ge förslag till förbättringar inbjöd Svensk Djupstabilisering till två workshops i Göteborg respektive Stockholm under temat ”Kalkcementpelare som jordförstärkning – hur kan vi åstadkomma rätt funktion?”.

Deltagarantalet vid respektive workshop var 40-50 personer och såväl beställare, myndigheter, konsulter, entreprenörer och projektledare fanns representerade vid båda tillfällena.

Erfarenheterna från de båda workshops har sammanställts i denna arbetsrapport, som innehåller en sammanfattning av utförda presentationer och förberedda inlägg samt en dokumentation av diskussioner. Flertalet presentationer finns redovisade i sin helhet i bilagor.

Med utgångspunkt från dessa erfarenheter har ett förslag till fortsatta insatser sammanställts i en handlingsplan.

Förslag till handlingsplan

Det finns behov av att fortsätta utvecklingen av former för projektering, utförande och kontroll av jordförstärkning med kalkcementpelare. Utifrån de synpunkter som framkommit under genomförda workshops föreslås följande handlingsplan med åtgärder i syfte att förbättra upphandlingsförhållandena och åstadkomma rätt funktion. Nedan ges även rekommendationer på vilken part som bör ansvara för respektive åtgärd.

Problemställning	Åtgärd	Ansvar
Projektering och förfrågningsunderlag		
Dimensionering Nuvarande modeller är för konservativa (framför allt när det gäller sättningar).	Dimensioneringsmodeller anpassas genom att ta tillvara ny kunskap. Erfarenheter från bl.a. SD:s FoU-projekt och utvärdering av verifieringsprojekt implementeras.	Svensk Djupstabilisering
Förfrågningsunderlag måste vara entydigt och kalkylerbart.	Ange tydligt t.ex. pelarnummer, nomenklatur, entreprenadförutsättningar etc.	Konsulter/projektörer
Helhetssyn Oklara entreprenadgränser skapar brister i utförande med risk för tvister	Ange hur t.ex. övergång mellan pelarförstärkt jord och bankfyllning skall utföras, pelarlängder och ersättningsprinciper	Konsulter/projektörer
Mät- och ersättningsregler är inte anpassade till jordförstärkningsarbeten	MER 2002 bör revideras och anpassas för KC-pelarentreprenader. Förslag till ändring av mätreglerna bör lämnas till Svensk Byggtjänst.	Entreprenörer
Brister i upphandling av konsultarbete på grund av tidsbrist medför otillfredsställande lösningar	Erforderlig omfattning på projektering för att klargöra lämpligheten och beakta ”kända osäkerheter och okända osäkerheter” i marken	Beställare
Entreprenadform		
Funktionsentreprenad kan vara ett sätt att effektivisera KC-pelarförstärkning	Prova funktionsentreprenad vid KC-pelarförstärkning. Inledningsvis bör beräkningsmodellen vara styrd, men dimensionering, inblandningsrecept och installationsparametrar kan överlätas till entreprenören.	Beställare
Separat jordförstärkningsentreprenad kan medföra tids- och kostnadsbesparingar	Prova separat upphandling och utförande av jordförstärkningsarbeten.	Beställare
Brister i upphandling av entreprenörer på grund av tidsbrist medför otillfredsställande lösningar	Lämplig metod och utförande kan bedömas genom att klargöra osäkerheter i utförandet genom undersökningar och provpelare	Beställare
Kontroll och kvalitet		
Otillräcklig kontroll innebär att optimala konstruktioner inte utförs	Installation av provpelare ger möjlighet att verifiera funktion	Beställare och entreprenör
Kontrollmetoder behöver vidareutvecklas	Provningsmetoderna utvecklas så att de väsentliga parametrarna hållfasthet och deformationsegenskaper kan bestämmas både i enstaka pelare och i en större volym av förstärkt jord.	Svensk Djupstabilisering

Fortsatt utveckling		
Erfarenhetsåterföringen behöver förbättras	En erfarenhetsbank upprättas för att dokumentera utförda projekt, från projektering till utförande och kontroll. Eventuellt byggs vidare på befintlig erfarenhetsbanken inom SD.	Vägverket och Banverket i samarbete med entreprenörer.
Ansvar och former för fortsatt utveckling av KC-pelarmetoden	Klargör hur fortsatt utvecklingsarbete skall genomföras efter SD, ansvar och finansiering.	Statliga beställare och Svensk Djupstabilisering.

2 BAKGRUND OCH SYFTE

Kalkcementpelare är i många fall en effektiv metod för att förstärka lös jord. För att förstärkningen skall få avsedd funktion när det gäller sättningar och stabilitet är det viktigt att alla ingående led från projektering till utförande hanteras korrekt. Det finns behov av ökad kunskap om metoden för att kunna handla upp tjänster och produkter inom djupstabilisering inklusive kvalitetskrav och kontroll. Möjligheter och begränsningar samt förståelse för hela systemet jordförstärkning med kalkcementpelare är också viktig att känna till.

Myndigheter, kommuner och industrin är beställare av förstärkningsarbeten med intresse av att ha kompetenta leverantörer och verka för en sund konkurrens på marknaden. Projektledare och byggledare har här en viktig funktion vid projektering och utförande. En annan grupp är de upphandlingsenheter som finns hos vissa myndigheter. Entreprenörer för markarbeten har också en avgörande roll eftersom djupstabilisering ofta upphandlas som en del i en större entreprenad.

För att öka förståelsen för upphandling och kvalitetsfrågor samt ge alla parter möjlighet att utbyta erfarenheter och ge förslag till förbättringar har Svensk Djupstabilisering anordnat två workshops i Göteborg respektive Stockholm under temat ”Kalkcementpelare som jordförstärkning – hur kan vi åstadkomma rätt funktion?”.

3 GENOMFÖRANDE AV WORKSHOPS

Deltagarantalet vid respektive workshop var 40-50 personer och såväl beställare, myndigheter, konsulter, entreprenörer och projektledare fanns representerade vid båda tillfällena.

Workshopen var indelad i nedanstående avsnitt som var och ett inleddes med en ca 20 minuters introduktion följt av ett eller flera korta förberedda inlägg och därefter fria diskussioner.

- Beställarnas krav på funktion
- Beställarkrav i produktionsmiljö
- Projektering – underlag för upphandling
- Kvalitetssäkrat utförande – hur kan det upphandlas
- Kontroll och uppföljning – kvalitetskrav

Erfarenheterna från de båda workshops är sammanställt i denna arbetsrapport, som innehåller en sammanfattning av utförda presentationer och förberedda inlägg samt en dokumentation av diskussioner. Flertalet presentationer finns redovisade i sin helhet i bilagor (föredragshållarnas dokumentation utan redigering).

Med utgångspunkt från dessa erfarenheter har ett förslag till fortsatta insatser sammanställts i en handlingsplan.

4 WORKSHOP I GÖTEBORG

Beställarnas krav på funktion

Introduktion: Jan Ekström, Vägverket Region Väst

Enligt SGF:s rapport 2:2000 skall beställaren ange vilka krav som gäller för en konstruktion i brott- och bruksgränstillstånd. I rapporten hänvisas till Vägverkets och Banverkets krav. Gällande krav med avseende på livslängd, säkerhet mot stabilitetsbrott, geotekniska klasser, toleranskrav och sättningar redovisades och det konstaterades att kraven beror av typ och funktionssätt hos den aktuella jordförstärkningskonstruktionen samt omfattning av kontroll och granskning.

Det konstaterades att även andra intressenters krav borde tillgodoses, t.ex. beträffande spridning (läckage) av bindemedel med höga pH-värden. I bästa fall står det i handlingarna att utläckande ”kalk skall vattenbegjutas...”, vilket inte är bra då detta bara underlättar spridningen av det starkt basiska bindemedlet.

Bilder av de första kalkpelarmaskinerna och blandningsverktyg samt utdrag från gamla projekteringsanvisningar visades. Det konstaterades att det varit stor utveckling beträffande den maskinella utrustningen, men att dåvarande blandningsverktyg är identiskt med nuvarande standardverktyg. Vad gäller de tidigare dimensioneringsprinciperna så tilläts max 40 kPa spänning i pelarna och kryplasten fick inte överskridas. Å andra sidan antogs modulen vara $250 \cdot \tau_{fu,pel}$, vilket är högre än vad vi förutsätter idag.

Vidare konstaterades att uppmätta sättningar ofta är mindre än beräknade sättningar, vilket indikerar brister i dagens dimensioneringsmodeller. Exempel på resultat från sättningsmätningar i ett verkligt projekt redovisades. Med ökad förståelse för hur sättningar utbildas på olika djup så kan man optimera en konstruktion genom att variera pelarnas längd och placering.

Diskussion:

Beträffande dagens dimensioneringsmetoder konstaterades att det pågår många projekt inom Svensk Djupstabilisering, där resultat och teorier skall verifieras genom mätningar bl.a. i provbankar.

Vid t.ex. tunnelprojekt krävs vattendom vilket automatiskt innebär krav på bl.a. pH-värde. Motsvarande krav kanske borde ställas även för kalkpelarprojekt i framtiden.

Beställarkrav i produktionsmiljö

Introduktion: Rolf Jädersten, Swepro Projekt Management AB (se även bilaga 1:1)

Definition av markyta och nivå för avlutning av pelare ifrågasattes. Ofta står det i handlingar att inledningsvis skall matjord schaktas bort. Därefter skall pelare installeras och väg- eller järnvägsbank byggas upp. Förstärkningseffekten uteblir vanligtvis närmast markytan p.g.a. för låg vertikalspänning och risk för spridning av bindemedel, vilket innebär att ett ca 0,5 m tjockt ostabiliserat skikt av lös jord kommer att finnas direkt under bankfyllningen. Dessutom uppstår praktiska problem när man tar bort den sammanhållande matjorden och skall stå med maskiner och arbeta direkt på den lösa jorden. Ett bättre arbetsförfarande är att lägga ut en geotextil och ca 0,5 m arbetsbädd efter att matjorden schaktats bort. Därefter installeras pelarna genom arbetsbädden och avslutas i

nivå med geotextilen. Denna procedur är dock sällan beskriven – vem skall stå för mer-kostnaden?

Vidare konstaterades att där pelare installeras i samband med skärningar uppstår ofta tveksamheter om hur långa pelare som skall installeras, dess effektiva längd och tomborrlängd. Installeras onödigt många meter pelare p.g.a. av ovanstående oklarheter?

Diskussion:

Nomenklatur i samband med pelarinstallation finns redovisad i en SD-rapport. Det är viktigt att de som upprättar handlingar entydigt använder dessa benämningar för att eliminera oklarheter.

Det är viktigt att det finns förklarande principsektioner/ - skisser i handlingarna för att underlätta tolkningen för entreprenören, som ofta skall beräkna effektiv pelarlängd och mängd tomborring.

Enligt gällande mätregler skall effektiv pelarlängd ersättas, tomborring ersätts ej.

Projektering – underlag för upphandling

Introduktion: Bo Orre, Bo Orre Markråd AB (se även bilaga 1:2)

Föredraget behandlade definition och beskrivning av de två entreprenadformer som står till buds – utförandeentreprenad och total-/funktionsentreprenad - samt diskussion vad avser möjligheten att åstadkomma ”rätt” funktion med respektive entreprenadform.

Presentationen finns dokumenterad i sin helhet i bilaga 1:2 och ger en tydlig bild av de båda entreprenadformerna, dess innebörd, vilka handlingar som skall ingå i ett förfrågningsunderlag etc.

Förberett inlägg: Lennart Blom, SGI (se även bilaga 1:3)

Tillgängliga projekteringshjälpmedel är SGF:s anvisningar (vägledning, ej handbok), egna erfarenheter samt beräkningsprogram, vilket inte känns tillräckligt. Bristfälliga utförandekontroller ökar osäkerheten.

Teorier och beräkningsmodeller har inte utvecklats i takt med tillämpning av metoden. I teorin förutsätts att pelare och jord skall samverka och att $c_{u,pel}$ ska vara max 150 kPa. I praktiken blir $c_{u,pel}$ ofta högre än 200 kPa, vilket innebär att förutsättningarna inte gäller. Detta innebär också att förstärkt jord alltmer liknar pågrundläggning.

Metoden utnyttjas för hårt p.g.a. beställarens önskemål och tekniskt överutnyttjande (höga bankar på singulära pelare).

Laboratorieförsök skall bekräftas med fältförsök. Provpelare borde därför ingå i projekteringsarbetet.

Brister i teoretisk kunskap kan kompenseras med kontroller, men där saknas bra verktyg. I byggskedet/kontrollskedet är projektören sällan med och ansvaret för kontrollen vilar på beställarens bygglédare. Kontrollmetoder är ett problemområde.

Två olika typer av entreprenadformer:

1. Entreprenören ansvarar för utförande, konsulten ansvarar för projektering, beställaren ansvarar för samordning
2. Entreprenören ansvarar för projektering + utförande, konsulten ansvarar för funktionskrav, beställaren ansvarar för samordning

Diskussion:

Eftersom det finns stor osäkerhet i metoden måste beställaren ha ansvaret för att det är rätt metod som används.

Totalentreprenader gynnar utvecklingen enligt entreprenörernas uppfattning.

Jordförstärkning kan vara separat entreprenad (totalentreprenad), övriga arbeten kan utföras som utförandeentreprenad. Detta är dock inte alltid möjligt då ”renodlade” jordförstärkningsarbeten är sällsynta. Jordförstärkning är ofta del av större arbeten som t.ex. ombyggnad av vägar, där pelarinstallation måste samordnas med vägomläggningar, schakter för ledningsarbeten etc.

Det finns inga hinder att jordförstärkningen utförs som en totalentreprenad inom en större generalentreprenad – jämför med brobyggnader som alltid är totalentreprenader.

Provpelare i projekteringsskedet i syfte att bestämma lämplig typ och mängd bindemedel, stigningshastighet etc. är inte ekonomiskt försvarbart.

Kvalitetssäkrat utförande – hur kan det upphandlas

Introduktion: Göran Hamberg, Hercules Grundläggning AB (se även bilaga 1:4)

Erfarenheter från utlandsprojekt (England, Holland, Polen, USA och Vietnam) visar att det ställs högre krav på verifiering av antagna pelaregenskaper (t.ex. E-modul, friktionsvinkel, permeabilitet) än i Sverige och kunden följer upp att den beställda produkten levererats.

I Sverige är nästan alla projekt utförandeentreprenader. Man kan vinna en anbudstävling antingen genom att ha lägsta pris tack vare hög produktivitet eller genom att bryta mot arbetstids- och arbetsmiljölagar, använda enkla maskiner med bristfällig styrning och dokumentation samt chanstagning (fusk).

Fusk – t.ex. för hög stigningshastighet, för lite bindemedel, otillräcklig blandning – upptäcks vanligtvis aldrig p.g.a. överdimensionering och bristfällig kontroll. Exempel på överdimensionering är att pelarnas hållfasthet vid projektering begränsas till t.ex. 100 kPa men är i verkligheten starkare och därmed styvare. Dåligt utförd pelare ger därför inte upphov till otillåtet stora sättningar.

Utförandeentreprenader kräver anbudshandlingar som är korrekta, kalkylerbara och konkurrensneutrala. Detta innebär att förfrågningsunderlaget skall vara kalkylerbart och därför inte innehålla obestämd stignings- och rotationshastighet utan ange relevant mått på blandningsenergi (kombination av blandningsverktyg och stigningshastighet).

Entreprenören bör ersättas för verkligt utfört arbete, d.v.s. provning, etablering, antal pelare, antal meter verklig längd (inklusive bindemedel), förändring efter utförda prov-

pelare om dessa visar att beställd blandningsenergi och/eller bindemedelsmängd inte är tillfyllest.

Uppmuntra entreprenadbolagens egna tekniska alternativ. Funktionsentreprenad efterlyses där beställaren tillhandahåller riktiga förutsättningar och entreprenören ansvarar för design, utförande och kontroll av jordförstärkningen. Spetskompetens för jordförstärkning finns huvudsakligen hos entreprenadföretagen.

Provningsmetoderna måste utvecklas så att de väsentliga parametrarna hållfasthet och deformationsegenskaper kan bestämmas samt att produktionstestpelarna inte är förutbestämda.

Förberett inlägg: Vesa Zajdel, Skanska

Ett exempel på regleringproblem presenterades. Vid ett aktuellt projekt vill beställaren reglera varje enskild pelare. I handlingarna har för varje pelare angivits en bedömd längd mot vilken verklig utförd längd skall regleras. Vidare anges i handlingarna att reglering inte görs om avvikelsen är $\pm 1,0$ m. Beställaren gör sedan tolkningen att om en bedömd 3-meterspelare blir 4,3 m fås endast extra betalt för 0,3 m.

Alla var överens om att detta regleringssätt inte följer gällande mätregler. Totalt antal och total pelarlängd bör regleras och eventuellt även tomborring.

Förberett inlägg: Juha Helin, LCM AB

Ett förslag är att sätta "0-mängd" på tomborring men att detta ingår i förfrågningsunderlaget. Det uppstår ofta ändrings- och tilläggsarbeten, där tomborring förekommer och detta måste då kunna regleras.

Konsulten skriver ofta att hela lerdjupet skall stabiliseras, men att pelarna skall avslutas 0,5 m under markytan – svårt att utföra för maskinisten.

Kontroll och uppföljning – kvalitetskrav

Introduktion: Leif Säfsström, Vägverket Region Mälardalen

Kontroll = trygghet?

I Vägverkets projekt utförs vanligtvis produktionskontroll i 0,5% av de totalt installerade pelarna. Om stor spridning förekommer utökas provningen till 1,0 % av antalet pelare.

Provpelare skall alltid utföras av utsedd entreprenör. Det finns exempel från projekt, där utmatningsdiagram för bindemedel visar oacceptabelt stor spridning.

Förberett inlägg: Anders Hallinberg, Banverket Västra Banregionen (se även bilaga 1:5)

Resultat från spårlägesuppföljningar av KC-pelarförstärkta sträckor redovisades och man kan konstatera att resultatet varierar kraftigt mellan olika delsträckor. Inom delsträckor där det funnits problem med flytjord och/eller kraterbildning kan man ofta konstatera brister i spårläget. Där man å andra sidan haft goda installationsförhållanden och produktionen genomförts från en arbetsbädd eller där avschaktning utförts till "friska" pelartoppar uppvisas i stället låg felfrekvens för spårläget. Detta visar att installations-

förfarandet är mycket viktigt för kvaliteten i de övre delarna av pelarna vilket också konstaterades under avsnittet *Beställarkrav i produktionsmiljö*.

Vidare nämndes några alternativa användningsområden för kalkcementpelare, bl.a. grundläggning av plattamsbroar. Resultatet bedöms vara mycket bra och det är fördelaktigt att använda samma förstärkningsmetod under både spår och bro. Ytterligare användningsområde för KC-pelare är förstärkning i skjuvzonen mellan befintlig järnväg och ett vattendrag. För att kompensera eventuella brister i kontakten mellan pelarskivor och underliggande fast botten har jordspikar installerats. Provdrastring med avseende på utdrags hållfastheten i pelarmaterialet visar på tillfredsställande resultat.

Ett enhetligt beteckningssystem för KC-pelare efterlystes. Detta skall användas genom hela processen för både provpelare och produktionspelare och för såväl ”vanliga” pelare som för pelare som kontrolleras. Det är viktigt att resultat från provning är spårbara så att man kan dra nytta av dessa vid kommande utbyggnader, forskning och motsvarande.

Sammanfattande diskussion

Diskussionerna sammanfattades i följande punkter, som måste beaktas vid upphandling för att åstadkomma rätt funktion vid jordförstärkningsarbeten:

1. **Tydlighet:** pelarnummer, nomenklatur, entreprenadform, startmöte.
2. **Upphandling av konsulter och entreprenörer:** ibland tidsbrist – måste vara möjligt att utreda lämpligheten; brist på undersökningar pga. tillstånd för tillträde till mark inte finns; man måste bedöma och beakta ”kända osäkerheter och okända osäkerheter” i marken.
3. **Helhetssyn:** det är viktigt att övergången mellan pelarförstärkt jord och bankfyllning blir korrekt utförd.
4. **Optimering:** optimering av jordförstärkt konstruktion måste sättas i relation till risken att något går snett.
5. **Kontroll:** det är viktigt att utföra provpelare; dagens kontrollmetoder är inte tillfyllest; man kan optimera konstruktionen om man har tillförlitliga kontrollmetoder; har vi för hög tilltro till metoden när vi använder den utan förbelastning?
6. **Entreprenadform;**
 - Är det lämpligt att övergå till funktionsentreprenad? I så fall viktigt att beställaren endast beskriver funktionskrav och inte lägger sig i detaljer.
 - Upphandling av entreprenör skall göras utifrån bästa pris med hänsyn till alla tänkbara faktorer.
 - Underentreprenörer skall medverka i bygg- och teknikmöten.
 - Om det är en fördel att jordförstärkning inte ingår i en annan entreprenad bör branschen arbeta för detta.

Avslutningsvis förtecknades för- och nackdelar med att utföra jordförstärkning som separat entreprenad:

- + Endast ett led i upphandling och produktionsskede; beställarens experter får komma i direkt kontakt med entreprenörens experter utan några mellanled.
- + Sannolikt mer ekonomiskt fördelaktigt.
- + Förstärkningsentreprenaden kan påbörjas tidigt medan projektering av övriga delar pågår.
- Det kan bli problem med gränsdragning mellan olika entreprenader och ansvarsområden.
- Detaljstyrd tidplan försvårar för jordförstärkningsentreprenören att veta optimal tidplan, t.ex. avseende masshantering.
- KC-entreprenören är specialist på jordförstärkning och är inte vägbyggare, vilket kan leda till problem med arbetsvägar etc.

Med utgångspunkt från ovanstående sammanställning konstaterades att det vore intressant att prova separat jordförstärkningsentreprenad i vissa projekt.

5 WORKSHOP I STOCKHOLM

Beställarnas krav på funktion

Introduktion: Lars Bjerin, Vägverket Region Stockholm (se även bilaga 2:1)

Entreprenörerna har bäst förutsättningar att bygga upp en erfarenhetsbank och borde ta ett större ansvar. Som beställare vill man egentligen inte bry sig om på vilket sätt en markförstärkning utförs så länge man får den produkt som efterfrågas.

Enligt ATB Väg finns övergripande krav beträffande stadga (hållfasthet och deformation), beständighet, miljö och omgivning, arbetsmiljö och samhällsekonomi.

Beträffande stadga konstaterades att kravet på säkerhetsfaktorn är kopplat till säkerhetsklassen, och att hållfastheten i pelarna begränsas till 100-150 kPa trots att dem ofta har högre hållfasthet. Om pelarna dimensioneras som pålar ökar stabiliseringseffekten snabbare än om man ser pelarna som jordförstärkning – kan vi tillåta/nyttja högre skjuvhållfasthet än 150 kPa?

Beträffande beständighet finns stor erfarenhet från stabilisering med kalk och cement i lera och siltiga leror. På senare tid har andra stabiliseringsmedel börjat användas, framför allt i organiska och sulfidhaltiga jordar. Har vi tillräcklig kunskap för att bedöma beständigheten för dessa stabiliseringsmedel och jordar?

Vidare skall arbetsmiljön enligt ATB Väg vara godtagbar, metoden skall vara neutral för miljö och omgivning samt vara samhällsekonomiskt positiv.

Några av svårigheterna idag är att det finns en svag koppling mellan laboratorieresultat och fältinstallation och att det saknas en verifieringsmetod för kontroll av helheten. Vidare behöver vi ökad kunskap om funktion, miljöpåverkan och beständighet för alternativa material (restprodukter).

Utvecklingen av metoden bör fokuseras på att kunna tillåta högre pelarhållfasthet, ökad användning av restprodukter samt relevanta kontrollmetoder. Ökad konkurrens från andra metoder, t.ex. vertikaldränering vid längre byggtider (bl.a. Arlanda, infart Nynäshamn, förbifart Uppsala), medför att metoden måste utvecklas. Länsstyrelserna, framförallt den i Stockholm, är kritiska till användande av restprodukter.

Diskussion:

Entreprenören kanske har bäst underlag att upprätta en erfarenhetsbank, men det är ägaren, dvs. beställaren, som har nytta av en sådan och borde därför ta ansvar för att en erfarenhetsbank upprättades.

Om högre hållfasthet skall användas i pelarna bör dessa dimensioneras som pålar. Det är sannolikt mer ekonomiskt att dimensionera pelarna som jordförstärkning.

Laboratorieundersökningar bör endast användas för att ge indikation om en viss jord kan stabiliseras med ett visst bindemedel och eventuellt att jämföra stabiliseringseffekten av olika bindemedel. Dock bör inte eftersträvas att utveckla en metod för att på laboratoriet ta fram dimensionerande hållfasthetsvärden för fält. Blandningsprocessen är alltför komplex och förhållandena mellan blandning i laboratorium och fält är alltför olika.

Inom EuroSoilStab-projektet har ett stort antal inblandningsförsök utförts och utvecklingen av alternativa material är mycket viktig.

Beställarkrav i produktionsmiljö

Introduktion: Bo Falge, Banverket Östra Banregionen (se även bilaga 2:2)

I produktionsmiljö ställs olika typer av krav:

- **Tekniska krav:** c/c-avstånd, installationsordning, pelardiameter, inblandningsverktyg, bindemedel, pelardjup, rotations- och stigningshastighet, säkerhetskrav (arbete intill järnväg), dokumentation. Det konstaterades att alla entreprenörer har olika blandningsverktyg.
- **Kvalitetskrav:** bindemedel, mängd/m, pelarlängd, homogenitet, tillväxt i pelarna, entreprenörens egenkontroll, underlag för relationshandlingar.
- **Miljökrav:** maskiner – oljeläckage, miljövänlig hydraulolja, godkända uppställningsplatser, åtgärdsprogram vid oljespill, minimera neddamning vid påfyllning, avsluta inblandning på förutbestämt djup.
- **Tidskrav:** tidplanen hålls, ev. provpelare hinner utföras och utvärderas, arbetstid med hänsyn till buller. Ofta är man sent ute i projekten så provpelarna blir en del av produktionspelarna. Detta innebär att stora delar av markförstärkningen är utförd när man får resultaten från ”provpelarna”.
- **Ekonomiska krav:** reglerbara mängder, å-priser.
- **Krav på kontroll:** redovisning av använd mängd bindemedel per m, pelarsondering av entreprenören respektive beställaren, homogenitet, tillväxt, skjuvhållfasthet.

För att undvika fel vid upphandling och utförande av markförstärkningsentreprenader bör följande punkter beaktas:

- Tydliga handlingar vad som skall utföras.
- Ange utvärderingskriterier.
- Kraven i handlingarna skall vara kalkylkerbara.
- Handla upp entreprenör i god tid så att provytor hinner utvärderas.
- ”Känna av” marknaden att maskiner finns tillgängliga. Begränsat antal maskiner i landet gör att tillgång och pris varierar kraftigt.
- Ange krav på skjuvhållfasthet i stället för krav på noggrant recept.
- Bättre testmetoder önskvärt.

Projektering – underlag för upphandling

Introduktion: Bo Orre, Bo Orre Markråd AB (se även bilaga 1:2)

Föredraget behandlade definition och beskrivning av de två entreprenadformer som står till buds – utförandeentreprenad och total-/funktionsentreprenad - samt diskussion vad avser möjligheten att åstadkomma ”rätt” funktion med respektive entreprenadform.

Presentationen hölls även i Göteborg och finns dokumenterad i sin helhet i bilaga 1:2 och ger en tydlig beskrivning av de båda entreprenadformerna, dess innebörd, vilka handlingar som skall ingå i ett förfrågningsunderlag etc.

Diskussion:

Är det att föredra att jordförstärkning utförs som en separat entreprenad? Vissa beställare var tveksamma till detta, eftersom jordförstärkningen endast är en liten del av projektet. Dock bör underentreprenörens representanter delta i de tekniska diskussionerna vid byggmöten, men ej de ekonomiska.

För att kunna reglera tilläggsarbeten föreslog deltagande entreprenörer att följande arbetsmoment bör vara angivna med nollmängder i å-prislista;

- Tomborring
- Ometablering
- Ökad respektive minskad mängd bindemedel (olika pris vid olika totalmängder)
- Meterpris för olika kombinationer av stignings- och rotationshastighet
- Pris för olika blandningsförhållande mellan ingående material (t.ex. KC 50/50, KC 75/25 etc.)

Vissa beställare påpekade att det även finns nackdelar med nollmängder, då dessa till stor del beror på vilken mängd som tillkommer eller avgår. Man blir lätt bunden vid ett pris som ej är relevant för omfattningen av det aktuella ändrings- eller tilläggsarbetet.

Förberett inlägg: Per Löfving, Vägverket Konsult (se även bilaga 2:3)

En sammanställning visades över vilka ansvarsområden respektive part – beställare, projektör och utförare – borde ha. Vidare listades följande kritiska moment vid KC-pelarförstärkning, se även bilaga 2:3:

- Finna svårstabiliserad jord
- Kontrollera utförandet; förprovning representativ för produktion?
- Kontrollera skjuvhållfasthet och komplettera med pelare: tillförlitlig och representativ provning? Karakteristiska värden för grupp av pelare med varierande egenskaper? Tillväxt – möjlighet att prova, utnyttja och komplettera.
- Utvärdera deformationer och portryck; bekräfta beräkningsmodeller (sättning, att pelaren bär last), säkra stabilitet i byggskede och styra förbelastning.

Finns det skillnader i kvalitet/kostnad/utveckling vid olika entreprenadformer? Vilken entreprenadform gynnar utvecklingen av metoden?

Diskussion:

Krav och ansvarsområde för förstärkningen kan påverka val av entreprenadform.

Det börjar bli dags att prova funktionsentreprenad! Funktionsentreprenad gynnar utvecklingen eftersom entreprenören har vinstintresse och incitament för att utveckla metoden. Entreprenörernas kunskaper kan tillvaratas.

Vid en funktionsentreprenad borde entreprenören få utnyttja sin erfarenhet, t.ex. typ av beräkningsmodell skall ej vara specificerat utan skall kunna väljas.

Ett första steg till funktionsentreprenad kan vara att styra beräkningmodellen, men att blandningsrecept och installationsparametrar överläts till entreprenören. Möjligt att i ett nästa steg även överlåta val av beräkningsmodell till entreprenören.

Kvalitetssäkrat utförande – hur kan det upphandlas

Introduktion: Göran Hamberg, Hercules Grundläggning AB (se även bilaga 1:4)

Presentationen hölls även i Göteborg (jfr avsnittet ovan) och finns dokumenterad i sin helhet i bilaga 1:4.

Diskussion:

Hur lång skall garantitiden vara för en funktionsentreprenad? Kan entreprenören ta ansvar för konstruktionen på samma sätt som t.ex. Vägverket och Banverket gör idag motsvarande 40 respektive 100 års garantitid).

Medför funktionsentreprenad att beställaren kommer att minska på omfattningen av geotekniska undersökningar? Skall entreprenören komplettera med ytterligare undersökningar?

Vid en normal utförandeentreprenad har entreprenören alltid möjlighet att komma med sidoförslag, vilket i praktiken blir det samma som en funktionsentreprenad om det föreslagna sidoalternativet accepteras av beställaren. Dock innebär detta dubbelt projektarbete som medför högre total kostnad.

Förberett inlägg: Vesa Zajdel, Skanska

Banverket hänvisar ofta till mät- och ersättningsreglerna MER 2002 beträffande reglering av KC-pelare. Detta innebär att varje enskild pelare skall regleras med avseende på verklig längd, vilket blir mycket tidsödande och därmed i slutändan dyrare för beställaren.

Det är orimligt att använda samma regleringssätt för KC-pelare som för pålar. Totalt antal pelare och total pelarlängd bör regleras.

Diskussion:

Som beställare kan man skapa en egen mätregel genom att göra avsteg från MER 2002. Någon beställare hävdade att man helst inte gör avsteg från mätregler, då dessa ofta blir av stor omfattning i större projekt. Det går att påverka utformningen på MER genom ansökan hos Svensk Byggtjänst.

Kontroll och uppföljning – kvalitetskrav

Introduktion: Leif Säfström, Vägverket Region Mälardalen

Kontroll = trygghet?

I Vägverkets projekt utförs vanligtvis produktionskontroll i 0,5% av de totalt installerade pelarna. Om stor spridning förekommer utökas provningen till 1,0 % av antalet pelare.

Provpelare installeras alltid i grupper om minst ca 4-5 pelare, för att ge ”statistiskt” underlag för utvärdering av resultaten.

Inom Vägverkets projekt utförs ofta slangställningsmätning för att kunna följa ställningsutvecklingen under lång tid (hela garantitiden).

Enligt Vägverket skall utmatad bindemedelsmängd, stigning etc. dokumenteras och redovisas i digital form.

Provpelare skall alltid utföras av utsedd entreprenör. Det finns exempel från projekt, där utmatningsdiagram för bindemedel visar oacceptabelt stor spridning.

Diskussion:

Kan vi känna oss trygga med dagens kontrollmetoder? Samtliga var överens om att så inte är fallet utan att kontrollmetoderna måste utvecklas.

Redovisade utmatningskurvor som visade stor spridning var ”skräckexempel” och återger inte normala spridningsintervall för KC-pelare.

Förberett inlägg: Anna Gjers, Banverket Östra banregionen (se även bilaga 2:4)

En utförd markförstärkning för dubbelspårutbyggnad i Uppsala presenterades. Vid installation av KC-pelare uppstod stora problem med markrörelser som även påverkade befintliga spår. Avståndet mellan befintliga och planerade spår var mindre än 5 m och marken utgjordes av låg- till mellansensitiv lera med skjuvhållfastheten 20-25 kPa och vattenkvoter och flytgränser som varierade mellan 60 och 100 %. Förstärkningen utfördes av pelare med diametern 800 mm och total mängd bindemedel var 46 kg/m bestående av kalk/cement i proportionerna 40/60.

Kvaliteten på pelarna uppfyllde kravet på dimensionerande skjuvhållfasthet 100 kPa. Dock uppstod upp till 8 cm sidoförskjutning av befintliga spår som skall jämföras med tillåtna 0,5 cm. För att minimera markrörelserna styrdes installationsordningen så att pelare närmast befintliga spår installerades först. Man utförde även avschaktningar inom stabiliseringsområdet för att på så sätt försöka styra rörelserna bort från befintliga spår. Vidtagna åtgärder förhindrade dock inte markrörelserna. Det blev därför nödvändigt att forcera arbetet under rigorös bevakning och hastighetsnedsättning för tågen och därefter utföra erforderliga spårjusteringar. Åtgärderna medförde ökade kostnader och problemen skapar lätt dåligt renommé för metoden.

Uppkomna rörelser kan bero på följande orsaker:

- Olämplig installationsordning
- För låg bank
- Installationsmönster
- Inblåsning av luft i jorden
- Torr sommar
- Inblandningshastighet
- ”Uppsalalerans” unika deformationskänslighet
- Inblandningsverktyg

- Volymökning

Banverket planerar många liknande projekt i framtiden med utbyggnad av nya spår intill befintliga. Vad kan vi lära av detta projekt och hur kan vi lösa problemen nästa gång? Finns ytterligare förklaringar till observerade markrörelser?

Diskussion:

Det konstaterades att tidigare erfarenheter i andra projekt visat att sidorörelserna ofta är mycket ytliga, mindre än 0,5 m. Det är möjligt att det gått att styra rörelserna bort från befintliga spår genom att utföra ytterligare avschaktningar på motstående sida av planerade spår.

Om orsaken till sidorörelserna är volymökning och rörelserna är ytliga kan man avsluta pelarna på något större djup och åtgärda den översta delen genom utskiftning.

Det varma och torra vädret hade sannolikt stor påverkan på resultatet.

Frysning av marken kunde vara ett möjligt alternativ. Erfarenheten visar att det kan uppstå sättningrörelser när marken tinar.

Sammanfattande diskussion

Workshopen sammanfattades följande viktiga punkter som måste beaktas vid upphandling för att åstadkomma rätt funktion vid jordförstärkningsarbeten:

1. Funktionsentreprenad:

- Det börjar bli dags att prova funktionsentreprenad! Denna entreprenadform gynnar utvecklingen.
- Ett första steg till funktionsentreprenad kan vara att styra beräkningsmodellen, men att val av blandningsrecept och installationsparametrar överläts till entreprenören.
- Kommer beställaren att utföra samma omfattning av geotekniska undersökningar vid en funktionsentreprenad som vid en utförandeentreprenad? Skall entreprenören ha mer att säga till om beträffande typ och omfattning av geotekniska undersökningar?
- Garantitid för funktionsentreprenad?

2. Separat entreprenad:

- Problem kan finnas med gränsdragning mellan entreprenader, svårt att fastställa t.ex. sättningskrav för en stabiliserad undergrund innan exempelvis vägbanken är uppbyggd.
- Att jordförstärkning upphandlas som separat entreprenad medför sannolikt ekonomiska och tidsmässiga besparingar. Beställaren kommer i direkt kontakt med experter inom jordförstärkning.
- Inom Vägverket Region Stockholm vill man generellt inte ha många små entreprenader eftersom det leder till ökat samordningsansvar.
- Separata jordförstärkningsentreprenader har utförts inom bl.a. Arlandabanan och Svealandsbanan med gott resultat.

- Svårt att definiera krav för separat totalentreprenad – om allt ingår i samma entreprenad är det lättare att definiera t.ex. jämnhetskrav.
 - Typ av projekt och användningsområde för förstärkningen påverkar val av lämplig entreprenadform.
3. **MER 2002:** mätreglerna är inte anpassade för jordförstärkningsentreprenader. Det går att påverka utformningen på MER genom att ansöka hos Svensk byggtjänst.
 4. **Kontrollmetoder:** dagens kontrollmetoder är inte tillfyllest. Provningsmetoderna måste utvecklas så att de väsentliga parametrarna hållfasthet och deformationsegenskaper kan bestämmas, inte bara i enstaka pelare utan i en större volym av förstärkt jord. Ett projekt beträffande seismisk kontrollmetod för förstärkt jord planeras inom SD.
 5. **Överdimensionering:** kan tillåtna hållfastheter i pelarna ökas till mer än 150 kPa? Många olika utredningar har utförts inom SD och skall verifieras i kommande provbanksprojekt. Hur går vi vidare med utvecklingen?
 6. **Kritiska punkter:** kritiska punkter vid projektering av jordförstärkning framgår av Per Löflings sammanställning, se bilaga 2:3.
 7. **Erfarenhetsåterföring:** vem skall ta ansvar för att upprätta/bibehålla en erfarenhetsbank?
 8. **Övrigt:**
 - Hur påverkar stora beställare utvecklingen?
 - Inblandningsverktyg – arbetsrapport finns inom SD där man studerat olika installationsparametrar.
 - Funktionen beror av jorden och pelarna – delat ansvar pga beställaren äger jorden och entreprenören ansvarar för pelarna.

6 SAMMANFATTANDE SLUTSATSER

Resultaten från de båda workshops framgår i detalj av redovisningar från de båda tillfällena i föreliggande text och bilagor. Sammanfattningsvis finns anledning att lyfta fram dels diskussioner kring entreprenadform, dels förslag till fortsatta insatser i en handlingsplan.

6.1 Entreprenadform

En fråga som diskuterades var hur olika entreprenadformer kan medverka till ökad effektivitet och förbättringar av KC-pelarförstärkningar. De två entreprenadformer som behandlades var funktionsentreprenad och utförandeentreprenad, där jordförstärkning upphandlas som en separat entreprenad).

Sammanfattningsvis framfördes följande aspekter för de båda alternativen. Generellt gäller att typ av projekt och användningsområde för förstärkningen påverkar val av lämplig entreprenadform.

Funktionsentreprenad

- Det börjar bli dags att prova funktionsentreprenad! Denna entreprenadform gynnar utvecklingen.
- Ett första steg till funktionsentreprenad kan vara att styra beräkningsmodellen, men att val av blandningsrecept och installationsparametrar överläts till entreprenören.
- Kommer beställaren att utföra samma omfattning av geotekniska undersökningar vid en funktionsentreprenad som vid en utförandeentreprenad? Skall entreprenören ha större inflytande beträffande typ och omfattning av geotekniska undersökningar?
- Vid funktionsentreprenad är det viktigt att beställaren endast beskriver funktionskrav och inte lägger sig i detaljer.
- Det måste klargöras vilken garantitid som skall gälla för funktionsentreprenader.

Utförandeentreprenad med separat förstärkningsentreprenad

I detta fall upphandlas och genomförs jordförstärkning som en särskild entreprenad och inte som underentreprenad till andra markarbeten.

- Problem kan finnas med gränsdragning mellan entreprenader, svårt att fastställa t.ex. sättningskrav för en stabiliserad undergrund innan exempelvis vägbanken är uppbyggd.
- Att jordförstärkning upphandlas som separat entreprenad kan medföra ekonomiska och tidsmässiga besparingar.

- Endast ett led i upphandling och produktion; beställarens experter får komma i direkt kontakt med experter inom jordförstärkning.
- Det kan vara svårt att definiera krav för separat totalentreprenad – om allt ingår i samma entreprenad är det lättare att definiera t.ex. jämnhetskrav.
- Många små entreprenader innebär större insatser hos beställaren för samordning.
- Förstärkningsentreprenaden kan påbörjas tidigt medan projektering av övriga delar pågår.
- Det kan bli problem med gränsdragning mellan olika entreprenader och ansvarsområden.
- Detaljstyrd tidplan försvårar för jordförstärkningsentreprenören att veta optimal tidplan, t.ex. avseende masshantering.
- KC-entreprenören är specialist på jordförstärkning och är inte vägbyggare, vilket kan leda till problem med arbetsvägar etc.

Med utgångspunkt från ovanstående sammanställning konstaterades att det vore intressant att prova såväl funktionsentreprenad som separat jordförstärkningsentreprenad i vissa projekt.

6.2 Förslag till handlingsplan

Det finns behov av att fortsätta utvecklingen av former för projektering, utförande och kontroll av jordförstärkning med kalkcementpelare. Utifrån de synpunkter som framkommit under genomförda workshops föreslås följande handlingsplan med åtgärder i syfte att förbättra upphandlingsförhållandena och åstadkomma rätt funktion. Nedan ges även rekommendationer på vilken part som bör ansvara för respektive åtgärd.

Problemställning	Åtgärd	Ansvar
Projektering och förfrågningsunderlag		
Dimensionering Nuvarande modeller är för konservativa (framför allt när det gäller sättningar)	Dimensioneringsmodeller anpassas genom att ta tillvara ny kunskap. Erfarenheter från bl.a. SD:s FoU-projekt och utvärdering av verifieringsprojekt implementeras.	Svensk Djupstabilisering
Förfrågningsunderlag måste vara entydigt och kalkylerbart	Ange tydligt t.ex. pelarnummer, nomenklatur, entreprenadförutsättningar etc.	Konsulter/projektörer
Helhetssyn Oklara entreprenadgränser skapar brister i utförande med risk för tvister	Ange hur t.ex. övergång mellan pelarförstärkt jord och bankfyllning skall utföras, pelarlängder och ersättningsprinciper.	Konsulter/projektörer
Mät- och ersättningsregler är	MER 2002 bör revideras och anpassas	Entreprenörer

inte anpassade till jordförstärkningsarbeten	för KC-pelarentreprenader. Förslag till ändring av mätreglerna bör lämnas till Svensk Byggtjänst.	
Brister i upphandling av konsultarbete på grund av tidsbrist medför otillfredsställande lösningar	Erforderlig omfattning på projektering för att klargöra lämpligheten och beakta ”kända osäkerheter och okända osäkerheter” i marken	Beställare
Entreprenadform		
Funktionsentreprenad kan vara ett sätt att effektivisera KC-pelarförstärkningar	Prova funktionsentreprenad vid KC-pelarförstärkning. Inledningsvis bör beräkningsmodellen vara styrd, men dimensionering, inblandningsrecept och installationsparametrar kan överlåtas till entreprenören.	Beställare
Separat jordförstärkningsentreprenad kan medföra tids- och kostnadsbesparingar.	Prova separat upphandling och utförande av jordförstärkningsarbeten.	Beställare
Brister i upphandling av entreprenörer på grund av tidsbrist medför otillfredsställande lösningar	Lämplig metod och utförande kan bedömas genom att klargöra osäkerheter i utförandet genom undersökningar och provpelare	Beställare
Kontroll och kvalitet		
Otillräcklig kontroll innebär att optimala konstruktioner inte utförs	Installation av provpelare ger möjlighet att verifiera funktion	Beställare och entreprenör
Kontrollmetoder behöver vidareutvecklas	Provningsmetoderna utvecklas så att de väsentliga parametrarna hållfasthet och deformationsegenskaper kan bestämmas både i enstaka pelare och i en större volym av förstärkt jord.	Svensk Djupstabilisering
Fortsatt utveckling		
Erfarenhetsåterföringen behöver förbättras	En erfarenhetsbank upprättas för att dokumentera utförda projekt, från projektering till utförande och kontroll.	Vägverket och Banverket i samarbete med entreprenörer. Eventuellt byggs vidare på befintlig erfarenhetsbanken inom SD.
Ansvar och former för fortsatt utveckling av KC-pelarmetoden	Klargör hur fortsatt utvecklingsarbete skall genomföras efter SD, ansvar och finansiering	Statliga beställare och Svensk Djupstabilisering

BILAGA 1

Workshop i Göteborg den 3 december 2002

Program

Workshop i Göteborg 3 december 2002**Program****Inledning**

Göran Holm
SGI

Beställarnas krav på funktion

- Övergripande krav på slutprodukt
- Utvecklingsbehov

Jan Ekström
Vägverket Region Väst

Beställarkrav i produktionsmiljö

- Att vara tydlig i upphandling och genomförande
- Hur undvika fel

Rolf Jädersten
Swepro Project Management

Projektering - underlag för upphandling

- Syfte och omfattning
- Projektspecifik design i stället för standardlösning
- Val av entreprenadform - fördelar och nackdelar

Bo Orre
Bo Orre Markråd AB

Diskussion med förberedda inlägg

Kvalitetssäkrat utförande – hur kan det upphandlas?

- Upphandlings-/entreprenadform
- Vad brukar gå fel
- Vilken kunskap kan entreprenören bidra med

Göran Hamberg
Hercules Grundläggning AB

Diskussion med förberedda inlägg

Kontroll och uppföljning - kvalitetskrav

- Vad behöver vi följa upp – helhetssyn
- Vilka metoder kan användas
- Hur ska kontroll upphandlas

Leif Säfström
Vägverket Reg Mälardalen

Diskussion med förberedda inlägg

Sammanfattande diskussion

- Hur går vi vidare?
- Är funktionsentreprenad vårt mål

Göran Holm
SGI

BILAGA 1:1

Beställarkrav i produktionsmiljö

Rolf Jädersten, Swepro Projekt Management AB

Workshop 2002-12-03 angående kalk&cementpelarinstallation

Praktiska frågor kring tolkning av handlingar i kombination med utförande.

- Det framgår av dokumentet anvisningar, kontroll och dokumentation hur projektören/Beställaren tänkt sig arbetet utföras. Tyvärr kan det missuppfattas av utförande enheter vad som sedan står på installationsritningarna där man talar om pelarlängder.

K&C-pelare vid bankfyllning

Frågeställning mot handling: Vad är kraven på kontakt mellan bankfyllnad och k&c-pelare?

- Kraven är att avsluta utmatningen av K&C 0.5 meter under markytan. (efter avbanad matjord)
- Problem uppstår då med att ca 0.5 meter av markytan blir ostabiliserad, samt omrörd.
- Viss kraterbildning kan uppstå som ibland kan bli djup ca:1 meter.
- Olika problem uppstår vid olika typer av väderlek.

Krav:?

- Om kraven finns att bankfyllning skall ha direkt kontakt med pelare måste troligen ca: 0.5 meters jordschakt ske. Förutsatt att tippområde finns i närhet intill arbetsområdet är kostnaden per bortschaktad m³ ca 70:-. Bankfyllnadsmaterial i motsvarande omfattning måste anbringas. Finns det inom AO är kostnaden ungefär densamma som för jordschakt. Om inte måste den hämtas som fall B. Detta gör för en järnvägsbank (Bredd ~14m) en kostnadsökning på 1000-1500:-/meter järnväg. Detta finns normalt inte skrivet något om i handlingar. Mängder för sådana åtgärder är inte upptagna.
- Ett annat alternativ är att lägga ut en enkel geotextil, göra en arbetsbädd med ex-vis 0-40 till en höjd av ca: 0.5 meter och sedan stabilisera. (kostnad ca: 150:- /ton + utläggning eller ca: 200-250:- /m² =1200-1500:-/meter järnväg) Kostnaderna för detta är sällan med i förfrågningsunderlaget. Våra erfarenheter är att detta fungerar bra då kraterbildningen, om än något okontrollerat, fylls igen samt att k&c inblandningen avslutas i uk arbetsbädd. Det blir en bättre kontakt mellan bankfyllningen och k&c-pelarna.

Frågeställning: Räcker det att jämna till marken efter k&c-pelarinstallationen eller måste något av ovanstående eller andra förslag tillgripas för att få en bra underbyggnad för järnvägen. Ovanstående utförande eller krav är inte entydigt föreskrivna i tidigare handlingar jag sett. (De finns dock införda i pågående projekt). Krävs ovanstående skall kostnaderna för detta tagas med i kostnaden för att stabilisera marken med övriga alternativ som finns för att stabilisera underbyggnaden.

K&C-pelare i skärning

Frågeställning mot handling: Tydliga krav på hur längder skall bestämmas. Möjliga misstag kan ske. Finns ingen standard i hur man uttrycker sig?

Klart är att det i föreskrifterna i anvisning kontroll och dokumentation står att ”angiven längd avser djup från markytan till underkant pelare”. Avser denna längd efter det att matjorden banats av?

På installationsritningar står angivet pelarlängd X meter. Detta har tolkats av våra kontrollanter inklusive entreprenören till att längden på pelaren skall vara sådan som står angivet på ritning.

De jag talat med har ”trött” att det är självklart så när vissa pelare vid en skärning i praktiken endast kan bli 2-5 meter långa beroende på hur stor tomborringen är samt hur djup skärningen är. (Detta trots att det på installationsritningen står att pelarlängden skall vara exvis. 7 meter)

Det visar sig att det vid en diskussion med konstruktör är riktigt att vissa pelare blir korta.

Vi har nu i pågående projekt informerat våra entreprenörer om detta.

Frågeställning: Krav från utförande enheter: Det måste finnas ett enhetligt otvetydigt sätt, som alla intressenter känner till, i hur man mattsätter eller beskriver en pelares längd. Utifrån var skall pelarlängden mätas: ?

- Befintlig markyta
- markyta efter avbanad matjord
- markyta efter eventuell arbetsbädd
- efter nivå på terrassyta
- skall man nivåsätta var utmatningen skall påbörjas respektive avslutas
- Kommer man i framtiden att ha tillgång till GPS-mätning för att mäta in pelarens läge.
Hur skall underlaget till utförande enheter i så fall se ut.

Antal meter tomborring skall också beskrivas. Om det finns risk för kollaps i schakter där mycket tomborring har förekommit måste krav ställas på att markentreprenören gör en schaktplan, som skall upprättas i samråd med entreprenörens geotekniker, samt tillställas beställaren för kommentarer, innan arbetena påbörjas.

Finns inte handböcker som beskriver hur en måttsättning skall utföras bör detta skapas snarast så att inga missförstånd kan förekomma.

Undran. Har det felaktigt installerats alldeles för många meter K&C-pelare beroende på ovanstående oklarheter?????

BILAGA 1:2

Projektering – underlag för upphandling

Bo Orre, Bo Orre Markråd AB

Kalkcementpelare som jordförstärkning – hur kan vi åstadkomma rätt funktion?

Projektering – underlag för upphandling

I programmet för detta avsnitt finns tre delämnen:

- Syfte och omfattning
- Projektspecifik design i stället för standardlösning
- Val av entreprenadform – fördelar och nackdelar

Jag utgår från entreprenadformer och ställer frågan: vilken projektering skall utföras genom beställarens försorg och vilka handlingar skall tas fram – likaså genom beställarens försorg – för upphandling av jordförstärkning med KC-pelare?

Svaret ger oss förhoppningsvis underlag för att bedöma om det finns fördelar eller nackdelar – vad avser möjligheten att åstadkomma ”rätt” funktion med den ena eller andra av de två entreprenadformer som står till buds.

Entreprenadformer, definitioner

- Utförandeentreprenad (entreprenad eller del av entreprenad där beställaren svarar för projektering och entreprenören svarar för utförande)
- Totalentreprenad/funktionsentreprenad (entreprenad eller del av entreprenad där entreprenören i förhållande till beställaren svarar för projektering och utförande)

Förklaringar

Med ”projektering” menas tolkning, bedömning, lösande av tekniska problem, dimensionera och designa. Med ”underlag för upphandling” menas handlingar av olika slag (ritningar, beskrivning m.m.) som utarbetas av beställaren och som i form av förfrågningsunderlag tillställs ett antal företag för anbudsgivning.

Utförandeentreprenad

Allt **ansvar** för undersökningsarbeten, tolkning, bedömning, beräkning, dimensionering, design liksom utarbetande av handlingar i förfrågningsunderlag ligger **hos beställaren**. Det ankommer på beställaren och dennes resurser (vanligen konsult som komplement till eventuell egen sakkunskap) att bedöma undersökningsbehov. Vidare skall man på basis av dels inhämtad kunskap om undergrunden, dels objektets typ, dimension och funktionsrelaterade krav m.m. förstå de tekniska problemen, bedöma och besluta om tänkbar(a) lösning(ar), beräkna, dimensionera och designa. Det är alltså **beställaren själv** som bestämmer över mängden arbetsinsatser och kvaliteten på dessa.

Snålas det på något sätt i något led i projekteringsprocessen så får det självfallet kvalitetsmässiga och ekonomiska konsekvenser för slutprodukten. Om den levererade produkten har rätt (optimal) funktion till rätt (optimal) kostnad eller inte får vi väl egentligen aldrig veta. Det är dock rimligt att anta att det blir mer ”rätt” efter ambitiös projektering än efter ”snål”.

Förvisso kan det förekomma jordförstärkningslösningar, som är tillämpliga inom geotekniskt likartade områden och för likartade objekt eller ändamål men de kan knappast inte kallas för ”standardlösning” ändå. Egentligen finns det inte några ”standardlösningar” så länge vi har från fall till fall varierande ingångsparametrar. För min del är det självklart, att jordförstärk-

ningslösning skall vara objektsspecifik, vilket inte hindrar att man på vägen dit har rätt att göra fackmässiga antaganden, förenklingar och generaliseringar.

Underlag för upphandling av den av beställaren till 100% projekterade jordförstärkningen, d v s **förfrågningsunderlaget**, skall vara fullständigt och entydigt för anbudsgivning.

Förfrågningsunderlaget för en utförandeentreprenad skall omfatta:

- **Rapport** enl praxis, d v s alla undersökningar och resultat därav utan några som helst tolkningar eller värderingar.
- **Ritningar** med redovisning av för entreprenaden relevanta förhållanden och förutsättningar jämte förstärkningsgränser, c/c- avstånd m.m.
- **Teknisk beskrivning (TB)** i anslutning till AMA98 med redovisning av för entreprenaden relevanta förhållanden, förutsättningar och krav (som inte redovisas på ritning).
- **Mängder** – antingen tillsammans med TB och då bildande en mängdbeskrivning (MB) eller i en separat mängdförteckning (MF).
- **Administrativa föreskrifter** (AF-del)
- **Mät- och ersättningsregler** (MER 2002)
- **AB92**

Handlingar förtecknas enligt vedertagen praxis, d v s rangordningsmässigt omvänt mot ordningsföljden enl ovan.

För säkerhets skull påpekas här, att TB eller MB i anslutning till AMA98 ovillkorligen skall redovisa förhållanden, förutsättningar och krav för **den lösning som beställaren** genom fackmässig projektering har kommit fram till och som han **avser att köpa**. Sådan riktig beskrivning skall självfallet inte innehålla projekteringshistoria eller -dokumentation, inte heller några motiveringar, förklaringar e d. Mottagare av förfrågningsunderlag, d v s ett antal anbudsgivare, har var och en erforderlig kompetens för att dels förstå innehållet i förfrågningsunderlaget, dels utföra jordförstärkningen på det sätt som beställaren vill ha den utförd.

Anbudsgivare, som eventuellt har ambitioner att genom s k sidoanbud framföra en annan lösning än den som beställaren har projekterat, har att på basis av förfrågningsunderlagets Rapport med alla undersökningsresultat göra vilka **egna** tolkningar, värderingar, överväganden, bedömningar, beräkningar och dimensioneringar som helst med egna eller för ändamålet anskaffade resurser. För underlättande av sådant sidoanbudsarbete, som beställare ofta säger sig vilja medverka till, är det förstås lämpligt med uppgifter om vad som skall byggas på den förstärkta undergrunden (såvida det inte framgår ändå av andra handlingar i förfrågningsunderlaget). Det är således av största vikt, att sidoanbudslösningar **inte** kommer att **baseras** på beställarens tolkningar, värderingar, bedömningar etc. utan på anbudsgivares egna, fackmässiga sådana. Annars blir det med säkerhet ansvarsmässiga struligheter när det eventuellt visar sig, att upphandlad och genomförd sidoanbudslösning i ett eller annat avseende inte svarar mot beställarens förväntningar och krav.

Totalentreprenad/Funktionsentreprenad

En beställare som har för avsikt att upphandla en jordförstärkning med KC-pelare (som förutsätts vara beslutad åtgärd) på totalentreprenad bör genomföra **samma** undersökningar som om han själv skulle genomföra projektering för upphandling av en utförande-

entreprenad. Motivet för sådan ordning är förstås att en undersökningsmässigt **komplett Rapport** i förfrågningsunderlaget för den tänkta totalentreprenaden gagnar anbudsarbetet hos kreativa anbudsgivare, anbuderna i sig själva med färre oklarheter och förbehåll samt beställarens anbudsutvärderingar.

Om nu en beställare har bestämt sig för att den beslutade jordförstärkningen med KC-pelare skall genomföras i en totalentreprenad så gäller det att i en **rambeskrivning** formulera funktionskrav för det aktuella projektet. Redovisningen skall vara strikt för ändamålet och inte innehålla detaljbetonade styrningar. Beställares benägenhet att ”styra och ställa” för mycket, vilket i praktiken förekommer i allt för stor omfattning, medför dels begränsade svängrum för de tävlande, kreativa anbudsgivarna, dels felaktiga ansvarsförhållanden. Styrningar i ett eller flera avseenden innebär i praktiken att själva poängen med total-entreprenaden försvinner.

Ritningar för klargörande av jordförstärkningens gränser m.m. torde fordras regelmässigt. Däremot skall beställaren självfallet inte redovisa några uttolkade förhållanden och förutsättningar i förfrågningsunderlaget. Handlar det om ett totalentreprenadåtagande i vilket det ankommer på entreprenören att genomföra erforderlig projektering så skall det också vara så fullt ut.

Förfrågningsunderlaget kommer i detta fall att omfatta:

- **Rapport** enl praxis, dvs alla undersökningar och resultat därav utan några som helst tolkningar eller värderingar, med samma omfattning och kvalitet som om den skulle utgöra underlag för beställarens egen projektering inför upphandling av en utförandeentreprenad.
- **Ritningar** för redovisning av förstärkningsgränser och annan orienterande information för klargörande av åtagandets omfattning.
- **Rambeskrivning** med krav uttryckta i funktionella termer. Dessutom bör det finnas ett krav innebärande att entreprenören (inte anbudsgivare) till beställaren skall redovisa dels de tolkningar, utvärderingar, bedömningar, beräkningar etc som utförs i entreprenörens projekteringsarbete, dels bygghandlingar för genomförandet. Utan sådana redovisningar finns det ingen möjlighet för beställaren att bilda sig en uppfattning om det tänkta genomförandet svarar mot uppställda funktionskrav innan det är för sent.
- **Administrativa föreskrifter** (AF-del)

Förfrågningsunderlagets handlingar har inte inbördes rangordning.

För **anbudsarbetet** leder en strikt tågorordning enligt ovan till näst intill obegränsat utrymme för intresserade och kunniga anbudsgivare att låta kreativiteten flöda fritt med sikte på en lösning svarande mot beställarens funktionsrelaterade föreskrifter och krav. För **beställaren** gäller det att före produktion sakligt och kompetent granska erbjuden lösning och bedöma dess möjligheter att uppfylla beställd funktion.

Fördelar, nackdelar

Vilka fördelar eller nackdelar kan det tänkas finnas med den ena eller andra entreprenadformen vad gäller möjligheterna att uppnå eftersträvad **”rätt funktion”** i en jordförstärkning med sk inblandningspelare?

- Oavsett entreprenadformen för genomförandet av jordförstärkningen så är det beställaren som så skall leva med resultatet och dess funktion. Är det då till fördel eller nackdel för beställaren (ägaren) att själv ta ansvar fullt ut för all projektering för

upphandling av **utförandet** enligt beställarens uppfattning? Eller är det till fördel eller nackdel för beställaren (ägaren) att handla upp såväl **projektering och utförande** på basis av välformulerade funktionskrav?

- Vilka kunskaper finns – eller finns inte – hos den ena eller andra parten (köpare resp säljare) i olika situationer och som skulle tala för den ena eller andra entreprenadformen med avseende på ”rätt” funktion?
- Vad är ”rätt” funktion? Vilka toleranser finns det för ”rätt”? Tillämpas samma toleranser för ”rätt” oavsett entreprenadform? Är ”rätt” funktion mätbar? Var finns de största riskerna för fel (brist) i projektering-produktion-verifiering som inverkar på slutresultatets funktion?
- Har entreprenadformen över huvud taget någon betydelse i fråga om hur vi skall åstadkomma ”rätt” funktion?

Det finns många frågor och minst lika många svar. Ett är dock säkert: Varje försök från beställares sida, att genom till synes fiffiga formuleringar – syftande till annan ansvars- och riskfördelning än vedertagen i resp entreprenadform – leder inte till mer ”rätt” funktion. Däremot är risken för mindre ”rätt” funktion uppenbar!

Bo Orre
(seniorkonsult)

BILAGA 1:3

Projektering – underlag för upphandling

Lennart Blom, SGI

KC-pelarmetoden

Förberett inlägg

Kunskaper och erfarenheter vid projektering finns i begränsad mängd.
”Vägledning.....” är en vägledning och ingen handbok.

Teorier och beräkningsmodeller har inte utvecklats i takt med tillämpning.

Teorin säger att pelare och jord ska samverka och $c_{u\text{ pel max}}$ 150 kPa.
I praktiken blir $c_{u\text{ pel}}$ mer än 200 kPa och metoden faller på eget grepp!

Förstärkt jord går mot pålgrundläggning.

Överutnyttjande av metoden på två sätt:

1. Beställarens önskemål.
2. Tekniskt genom t ex höga bankar på singulära pelare.

Laboratieförsök ska bekräftas med fältförsök. Provpelare borde därför ingå i projekteringsarbetet.

Brister i teoretisk kunskap kan kompenseras med kontroller.
Men där saknas bra verktyg. I byggskedet/kontrollskedet är projektören sällan med och ansvaret för kontrollen vilar på beställarens byggledare.

Ansvarskedjan PROJEKTERING – UTFÖRANDE innebär att Beställaren har ansvaret för helheten.

Varför inte köpa funktionsansvaret SÄTTNINGSKRAV – STABILITETSKRAV direkt av entreprenören och koppla detta till en garantitid på 10 år?

Detta skulle medföra en utvecklingsinjektion till aktörerna.
Om utvecklingen då skulle stanna av har metoden ingen potential.

Lennart Blom
SGI

BILAGA 1:4

Kvalitetssäkrat utförande – hur kan det upphandlas?

Rätt från grunden!

HERCULES
GRUNDLÄGGNING

Kvalitetssäkrat utförande – – hur kan det upphandlas?

Göran Hamberg
VD HERCULES Grundläggning AB
Ordförande Pålentreprenörföreningen

2003-11-07 Svensk Djupstabilisering – KC workshop, Göteborg (1)

Göran Hamberg

Rätt från grunden!

HERCULES
GRUNDLÄGGNING

Kalkcementpelare – projekt utanför Sverige



Norge
Horten
Ski

2003-11-07 Svensk Djupstabilisering – KC workshop, Göteborg (2)

Göran Hamberg







Rätt från grunden!

HERCULES
GRUNDLÄGGNING

Gemensamt för dessa projekt



- Högre krav än i Sverige
- Kunden ser till att få beställd produkt

Rätt från grunden!



Sverige: nästan alltid rena utförandeentreprenader

- Krav på
 - Dimension, antal, djup
 - Bindemedelsmängd
 - Rotationshastighet (varv/min, t ex 100 – 170)
 - Stigningshastighet (mm/varv, t ex 15 – 25)
 - (Blandningsverktyg?)
 - Provning

2003-11-07 Svensk Djupstabilisering – KC workshop, Göteborg (9)

Göran Hamberg

Rätt från grunden!



Kontroll

- Hur kontrolleras kraven?
- Hur dokumenteras resultaten?
- Hur kontrolleras dokumentationen?

Client:				Installer:				Protocol issued by:	
Project:				Operator:				Protocol checked by:	
Column:								Remark:	
date	number	tot. Length (m)	empty drill (m)	max dev L+C (%)		total amount		mean value	diff vs nom.
				negative	positive	C (kg)	L (kg)	L+C (kg)	L+C (%)
1996-01-11	1208-A.1	5.1	0.5	-9.6	5.2	62	56	118.0	25.5
1996-01-11	1208-B.1	5.0	0.5	-28.5	3.9	62	53	115.0	25.4
1996-01-11	1208-C.1	5.2	0.5	-3.5	3.5	64	60	124.0	26.2
1996-01-11	1208-D.1	4.3	0.5	-5.7	11.3	53	47	100.0	26.1
1996-01-11	1208-E.1	3.1	0.5	-6.1	3.0	38	35	73.0	27.8
1996-01-11	1208-F.1	4.8	0.5	-3.0	7.4	57	52	109.0	25.2
1996-01-11	1209-A.1	5.1	0.5	-4.8	1.3	60	58	118.0	25.4
1996-01-11	1209-B.1	5.1	0.5	-4.3	15.7	61	56	117.0	25.3
1996-01-11	1209-C.1	5.0	0.5	-1.3	12.6	61	58	119.0	26.3
1996-01-11	1209-D.1	4.4	0.5	-6.5	3.5	53	50	103.0	26.2
1996-01-11	1209-E.1	3.4	0.5	-17.0	0.0	40	35	75.0	25.6
1996-01-11	1209-F.1	5.0	0.5	-3.0	6.1	60	54	114.0	25.2
1996-01-11	1210-A.1	5.1	0.5	-2.6	8.3	62	55	117.0	25.3

2003-11-07 Svensk Djupstabilisering – KC workshop, Göteborg (10)

Göran Hamberg

Att vinna en anbudstävling om utförande...

- Lägsta pris tack vare hög produktivitet
- Lägsta pris på grund av...
 - ... brott mot arbetstids- och arbetsmiljölag
 - ... enkla maskiner med bristfällig styrning och dokumentation
 - ... chanstagning (fusk)

Fusk...

- Högre stigningshastighet
- För lite bindemedel
- Otillräcklig blandning



Rätt från grunden!

HERCULES
GRUNDLÄGGNING

De flesta fallen upptäcks inte

- Överdimensionering
- Bristfällig kontroll



2003-11-07 Svensk Djupstabilisering – KC workshop, Göteborg (13)

Göran Hamberg

Rätt från grunden!

HERCULES
GRUNDLÄGGNING

Sikta mot

- Optimal design
- Korrekt utförande
- Korrekt dokumentation
- Relevant provning av
 - Pelare
 - Väg-/järnvägsbank



2003-11-07 Svensk Djupstabilisering – KC workshop, Göteborg (14)

Göran Hamberg

Spetskompetens för jordförstärkning finns huvudsakligen hos entreprenadbolagen



2003-11-07 Svensk Djupstabilisering – KC workshop, Göteborg (15)

Göran Hamberg

Slutsats 1

- Utförandeentreprenader kräver anbudshandlingar som är
 - korrekta
 - kalkylerbara
 - konkurrensneutrala

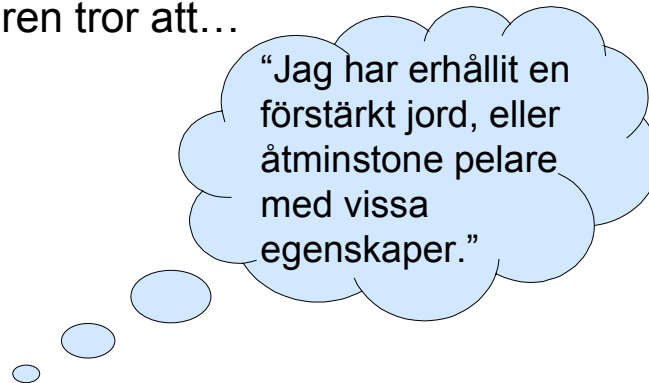
Slutsats 1... 

2003-11-07 Svensk Djupstabilisering – KC workshop, Göteborg (16)

Göran Hamberg

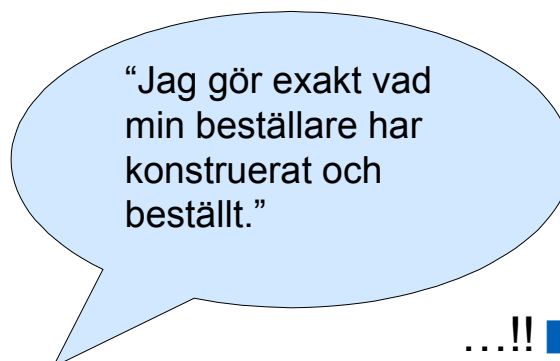
Utförandeentreprenad – beställarens syn

Beställaren tror att...



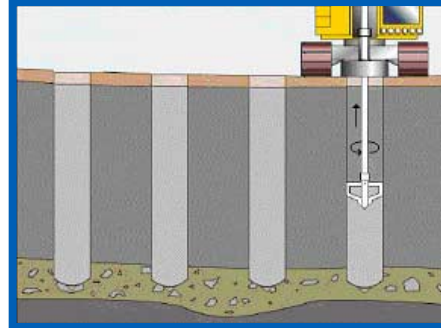
Utförandeentreprenad – entreprenörens syn

... medan entreprenören säger ...



Förfrågningsunderlag vid utförandeentreprenad

- ska vara kalkylerbart
- ska därför *inte* innehålla obestämd stigning och rotationshastighet
- *utan* ange relevant mått på blandningsenergi (kombination av stigning och blandningsverktyg)



Slutsats 1...

Ersättning och mätregler

- Entreprenören bör ersättas för verkligt utfört arbete
 - Provning
 - Etablering
 - Antal pelare
 - Antal meter verklig längd (inkl bindemedel)
 - Förändring efter utförda provpelare då beställd blandningsenergi och/eller bindemedelsmängd inte är tillfyllest

Slutsats 2

- Utveckla provningsmetoderna, så att
 - de kan användas när och var som helst
 - produktionstestpelarna ska inte vara förutbestämda
 - de tar fram de väsentliga parametrarna
 - hållfasthet
 - deformationsegenskaper



2003-11-07 Svensk Djupstabilisering – KC workshop, Göteborg (21)

Göran Hamberg



Slutsats 3

- Uppmuntra entreprenadbolagens egna tekniska alternativ, för att
 - ta vara på entreprenörens kunskap
 - minska risken för beställaren

2003-11-07 Svensk Djupstabilisering – KC workshop, Göteborg (22)

Göran Hamberg

Slutsats 4

- Vi bör övergå till funktionsentreprenader
 - Beställaren ansvarar för riktigheten i angivna förutsättningar
 - Entreprenören tar ansvar för sin produkt
 - Design
 - Utförande
 - Provning



BILAGA 1:5

Kontroll och uppföljning – kvalitetskrav

Anders Hallingberg, Banverket Västra Banregionen

Diskussionsinlägg

Spårlägesuppföljningar av kalkcementpelarförstärkta sträckor

Spårläget följs regelmässigt varje höst och vår genom s k STRIX-mätningar, varvid spårets höjd- och sidolägesmässiga relativa förskjutning registreras. Härigenom får man ett ”kvitto” på olika förstärkningsåtgärders effekt på spårläget. Man kan konstatera att resultatet varierar kraftigt mellan olika kalkcementpelarförstärkta sträckor.

Inom avsnitt där man under installationsprocessen haft avsevärda problem med flytjord på installationsytan och/eller kraterbildning kan man således ofta också konstatera brister i spårläget. Där det motsatta förhållandet råder, d v s installationsförhållandena är goda genom att produktionen skett från en arbetsbädd, eller där avschaktningar utförs till ”friska” pelare, uppvisas istället en låg felfrekvens för spårläget. En ”försiktigare” installation närmast markytan, i kombination med gynnsam väderlek, kan dessutom säkert i många fall bidra för att erhålla en god produkt.

Enligt min mening bör man dock, där terrassen planeras nära eller ovan installationsytan eller där en befintlig friktionsjordsfyllning saknas, i normalfallet lägga ut en arbetsbädd av ca 0,5 mm krossmaterial av lämplig fraktion. Man blir härigenom mindre beroende av väderförhållanden. Materialet i arbetsbädden bör kunna återanvändas till flera delsträckor. Arbetsbädden ökar förutsättningarna för att uppnå en högkvalitativ produkt, men underlättar också produktionen vid otjänlig väderlek. Huruvida man skall lägga en geotextil under arbetsbädden får avgöras från fall till fall (om sådan geotextil läggs ut bör den lätt kunna penetreras av inblandningsverktyget och den får ej fastna på detta).

Alternativa användningsområden för kalkcementpelare

Inom Banverket, Västra banregionen, har kalkcementpelare i några fall använts för järnvägsbroar typ slutna plattrambroar över korsande vägar förlagda i skärningar. Kalkcementpelarna har då arrangerats i antingen 45-graders skivor ned mot vägskärningen eller i gitterplacering under konerna. Resultatet får bedömas vara mycket bra, inte minst spårlägesmässigt. Att erhålla samma förstärkningsmetod under både spår och bro torde vara mycket fördelaktigt.

Ett annat alternativt användningssätt som tillämpats i ett fall är förstärkning i skjuvzonen mellan en befintlig järnväg och en å. För att kompensera för eventuella brister i kontakten mellan pelarskivor (som utgörs av pelare med diameter 800 mm) och underliggande fast botten, har jordspikar installerats i 45 graders lutning genom skivorna. Ett antal jordspikar har utförts som särskilda provspikar. Dessa har med nöjaktigt resultat provdragits med avseende på utdragshållfasthet i pelarmaterialet.

Pelarbeteckningar

Ett återkommande problem är att få genomslag för pelarbeteckningssystem som verkligen används genom hela processen. Problemet gäller såväl särskilda provpelare som utförs före den egentliga produktionen som för produktionspelare, både ”vanliga” pelare och sådana skall kontrolleras. Det är mycket väsentligt att lämnade uppgifter är spårbara och pelarbeteckningarna är därvid den viktigaste basuppgiften. Lämpligen bör därför göras en genomgång av beteckningssystemet vid projektstart och eventuella förändringar som krävs för att kalkpelarmaskinen skall kunna hantera data införs. Alla inblandade parter måste vara informerade om hur beteckningssystemet fungerar. Översättningslistor mellan olika

beteckningssystem måste undvikas eftersom här finns en stor felkälla. Resultaten skall sammanställas i fullständiga, utförliga rapporter med alla basfakta och provningsresultat som skall utgöra en dokumentation för framtiden. Man måste hela tiden ha i minne att det för en person som inte varit inblandad i anläggningsprocessen ett antal decennier senare skall vara möjligt att dra nytta av provningsresultat och annat för kommande utbyggnader, forskning eller liknande!

Anders Hallingberg

BILAGA 1:6

Workshop i Göteborg den 3 december 2002

Deltagarförteckning

Namn***Företag/organisation***

Bengt Ahl	Vägverket Region Väst
Uno Albrektsson	Albu-konsult - Banverket
Bo Andréasson	WSP
Jonas Axelsson	WSP
Lennart Blom	Statens geotekniska institut
Hasse Carlsson	Vägverket Region Väst
Örjan Cliffordsson	Vägverket Region Väst
Stefan Dahlin	Hercules Grundläggning AB
Niklas Danewitz	Hercules Grundläggning AB
Torbjörn Edstam	WSP
Jan Ekström	Vägverket Region Väst
Gunilla Franzén	Scandiaconsult Sverige AB
Leif Gustafsson	FB Engineering AB
Anders Hallingberg	Banverket
Göran Hamberg	Hercules Grundläggning AB
Juha Helin	Lime Column Method AB
Göran Holm	Statens geotekniska instiut
Claes Hulegårdh	Vägverket Region Väst
Carina Hultén	Scandiaconsult Sverige AB
Gunnar Jelbin	Vägverket Region Väst
Lennart Johansson	Vägverket Konsult
Rolf Jädersten	Banverket Västra regionen
Rolf Källström	WSP
Bo Larsson	Banverket
Per-Gunnar Larsson	Bohusgeo AB
Göran Lyman	Lime Column Method AB
Ingemar Magnusson	Hercules Grundläggning AB
Anders Mikaelsson	Vägverket
Lennart Nordh	Banverket
Anders Nordeman	Vägverket Region Väst
Fredrik Nyström	Banverket
Karin Odén	Statens geotekniska institut
Mats Olsson	Vägverket Region Väst
Tord Olsson	WSP
Bo Orre	Bo Orre Markråd AB
Eldor Raud	Vägverket Region Väst
Lennart Svensson	WSP
Martin Svensson	Hercules Grundläggning AB
Leif Säfström	Vägverket Region Mälardalen
Vesa Zajdel	Skanska Grundläggning

BILAGA 2

Workshop i Stockholm den 24 april 2003

Program

Workshop i Stockholm 24 april 2003**Program****Inledning**

Göran Holm
SGI

Beställarnas krav på funktion

- Övergripande krav på slutprodukt
- Utvecklingsbehov

Lars Bjerin
Vägverket Reg Stockholm

Beställarkrav i produktionsmiljö

- Att vara tydlig i upphandling och genomförande
- Hur undvika fel

Bo Falge
Banverket Östra Banreg

Projektering - underlag för upphandling

- Syfte och omfattning
- Projektspecifik design i stället för standardlösning
- Val av entreprenadform - fördelar och nackdelar

Bo Orre
Bo Orre Markråd AB

Diskussion med förberedda inlägg

Kvalitetssäkrat utförande – hur kan det upphandlas?

- Upphandlings-/entreprenadform
- Vad brukar gå fel
- Vilken kunskap kan entreprenören bidra med

Göran Hamberg
Hercules Grundläggning AB

Diskussion med förberedda inlägg

Kontroll och uppföljning - kvalitetskrav

- Vad behöver vi följa upp – helhetssyn
- Vilka metoder kan användas
- Hur ska kontroll upphandlas

Leif Säfström
Vägverket Reg Mälardalen

Diskussion med förberedda inlägg

Sammanfattande diskussion

- Hur går vi vidare?
- Är funktionsentreprenad vårt mål

Göran Holm
SGI

BILAGA 2:1

Beställarnas krav på funktion

Lars Bjerin, Vägverket Region Stockholm



EN FUNDERING

Det är entreprenörerna som har
bäst förutsättning att bygga
upp en erfarenhetsbank.

De borde ta ett större ansvar !

1 Workshop KC-pelare 2003-04-24, Lars Bjerin



BESTÄLLARENS ÖNSKEDRÖM

” Som beställare vill jag ge
tusan i hur ni gör bara jag får
en produkt som funkar”

2 Workshop KC-pelare 2003-04-24, Lars Bjerin

ÖVERGRIPANDE KRAV

- Stadga
- Beständighet
- Neutralt för miljö och omgivning
- Godtagbar arbetsmiljö
- Samhällsekonomiskt positivt

3 Workshop KC-pelare 2003-04-24, Lars Bjerin

Dessutom behövs ett system för

- Projektering
- Upphandling
- Produktion
- Kontroll

4 Workshop KC-pelare 2003-04-24, Lars Bjerin

STADGA

- Hållfasthet
- Deformation

Hållfasthet

- Krav på säkerhetsfaktor är kopplat till säkerhetsklassen
- GK3 tillämpas om τ_{pel} eller lasten är > 100 kPa, eller τ jord är < 8 kPa
- τ_{pel} väljs alltid ≤ 150 kPa



Stadga är också samverkan mellan hållfasthet och deformation

7 Workshop KC-pelare 2003-04-24, Lars Bjerin



BESTÄNDIGHET / stabiliseringsmedel

Kalk	Ok
Kalk / Cement	Ok
Kalk / Cement / Annat	Ok ?
Annat	?

8 Workshop KC-pelare 2003-04-24, Lars Bjerin



BESTÄNDIGHET / jordart

- | | |
|---------------------|------|
| • Lera | Ok |
| • Siltig lera | Ok |
| • Organisk jord | Ok ? |
| • Sulfidlera /-silt | Ok ? |

9 Workshop KC-pelare 2003-04-24, Lars Bjerin



GODTAGBAR ARBETSMILJÖ

Exempel

- Förarmiljö
- Hantering av bindemedel
- Risker vid genomförandet

10 Workshop KC-pelare 2003-04-24, Lars Bjerin



SVÅRIGHETER IDAG

- Svag koppling mellan laboratorieresultat och fältinstallation
- Bättre utrustning/teknik för inblandning i fält
- Verifikationsmetod saknas för bedömning av helheten
- Bruk av alternativa material. Vi behöver ökad kunskap om funktion, miljöpåverkan och beständighet av dessa material.

11 Workshop KC-pelare 2003-04-24, Lars Bjerin



ÖNSKAD UTVECKLING

- Högre tillåtna pelarhållfastheter
- Mer användning av restprodukter
- Relevanta kontrollmetoder
- Ökad konkurrens

12 Workshop KC-pelare 2003-04-24, Lars Bjerin



Ökad konkurrens från vertikaldränering

Exempel:

- Arlanda
- Infart Nynäshamn
- Förbifart Uppsala

BILAGA 2:2

Beställarkrav i produktionsmiljö

Bo Falge, Banverket Östra Banregionen

Beställarkrav i produktionsmiljö

Att vara tydlig i upphandling och utförande

Hur undvika fel?

Vad har vi för krav i produktionsmiljö?

- Tekniska krav
- Kvalitetskrav
- Miljökrav
- Tidskrav
- Ekonomiska krav
- Krav på kontroll

Tekniska krav

- Utsättning – c/c avstånd
- Installationsordning
- Pelardiameter – inblandningsverktyg
- Inblandningsmaterial - % del
- Pelardjup – avslut mot markytan
- Rotations- och stighastighet
- Säkerhetskrav – arbete intill järnväg
- Dokumentation

Kvalitetskrav

- Inblandningsmaterialet
- Rätt mängd/m
- Pelarlängd
- Homogenitet i pelarna, efter sonderingskontroll
- Tillväxt i pelarna
- E:s egenkontroll enligt kontrollplan
- Relationsunderlag

Miljökrav

- Maskinparken, oljeläckage
- Miljövänlig hydraulolja
- Drivmedelstankar uppställda på godkända platser
- Program och materiel vid ev oljespill
- Ställplats för KC-tankar godkända
- Minimera neddamning vid påfyllning
- Avsluta inbl på förutbestämt djup

Tidskrav

- Tidplanen hålls
- Ev provytor hinner utföras och utvärderas
- Arbetstid med hänsyn på buller

Ekonomiska krav

- Reglerbara mängder
- Å-priser

Hur undvika fel?

- Tydliga handlingar vad som skall utföras
- Ange utvärderingskriterier
- Krav i handlingen skall vara kalkylerbara
- Handla upp E i god tid så att provytor hinner utvärderas
- "Känna av" marknaden att maskiner finns
- I st f noggrant "recept" kräva skjuvhållfasthet > 100 kPa
- Bättre testmetoder önskvärt

Krav på kontroll

- Redovisning av använd kg/m
- KC-sondering utförd av E
- KC-sondering utförd av B
- Homogenitet
- Tillväxt
- Skjuvhållfasthet

BILAGA 2:3

Projektering – underlag för upphandling

Per Löfling, Vägverket konsult

BESTÄLLARE	PROJEKTÖR / Ober sakkunnig	UTFÖRARE / Mtrl leverantör
KRAV		
•Stabilitet / sättning		
•Beständighet / omgivn		
FÖRUTSÄTTNINGAR		
•Laster	•Jordlagerföljd o egenskap	} •Förprovning (skjuvhållfasthet, homogenitet och geometri)
•Geometri (restriktioner)	•Möjlighet att stabilisera (labinblandn)	
	•Prel recept o egenskap	
	•Utrustning o utförande	
DIMENSIONERING		
•Beräkningsmodell	•Beräkning	
•Dimensioneringskontroll	•Kontrollplan	
UTFORMNING / UTFÖRANDE		
	•Beskrivn (geom/ mtrl/ utförande)	•Utföra enl beskrivning
	•Relationshandling	•Dokumentera
UTFÖRANDEKONTROLL		
	•Skjuvhållfasthet	•Pelargeometri
	•Deformation	•Utförande
	•Portryck	•Inblandningsmängder

Uppgifter och ansvar vid KC-pelarförstärkning

KRITISKA MOMENT VID KC-PELARFÖRSTÄRKNING

Att finna svårstabiliserad jord

Att kontrollera utförandet

•Förprovning representativ för produktion?

Att kontrollera skjuvhållfasthet och komplettera pelare

•Tillförlitlig och representativ provning?

•Karakteristiska värden för grupp av pelare med varierande egenskaper?

•Tillväxt – möjlighet att prova, utnyttja och komplettera

Att utvärdera deformationer och portryck

•Bekräfta beräkningsmodeller (sättning, att pelarna bär last)

•Säkra stabilitet i byggske och styra förbelastning

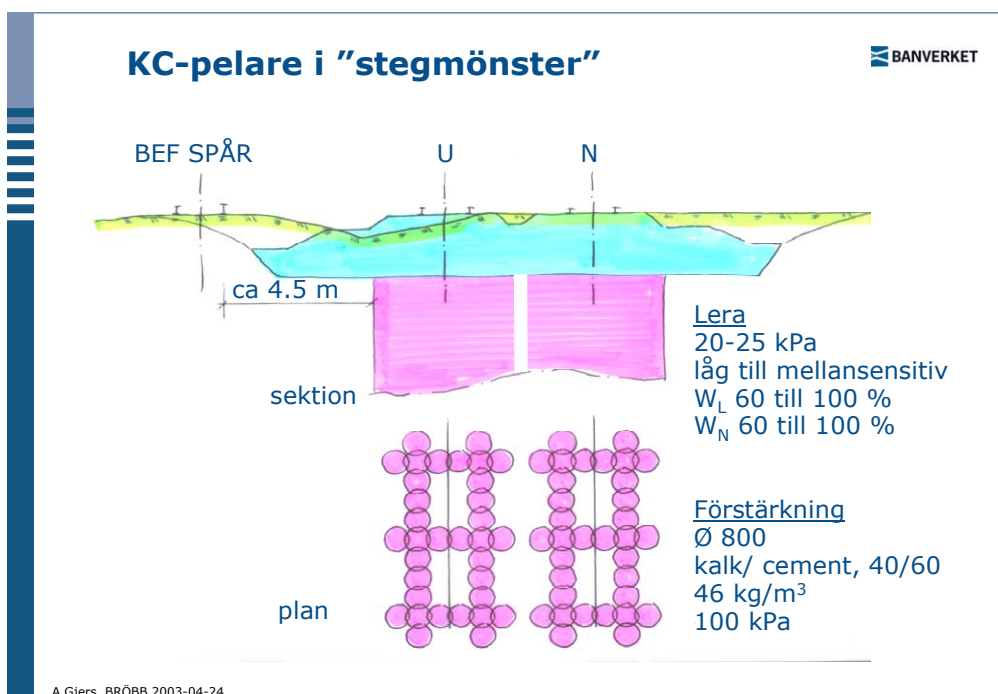
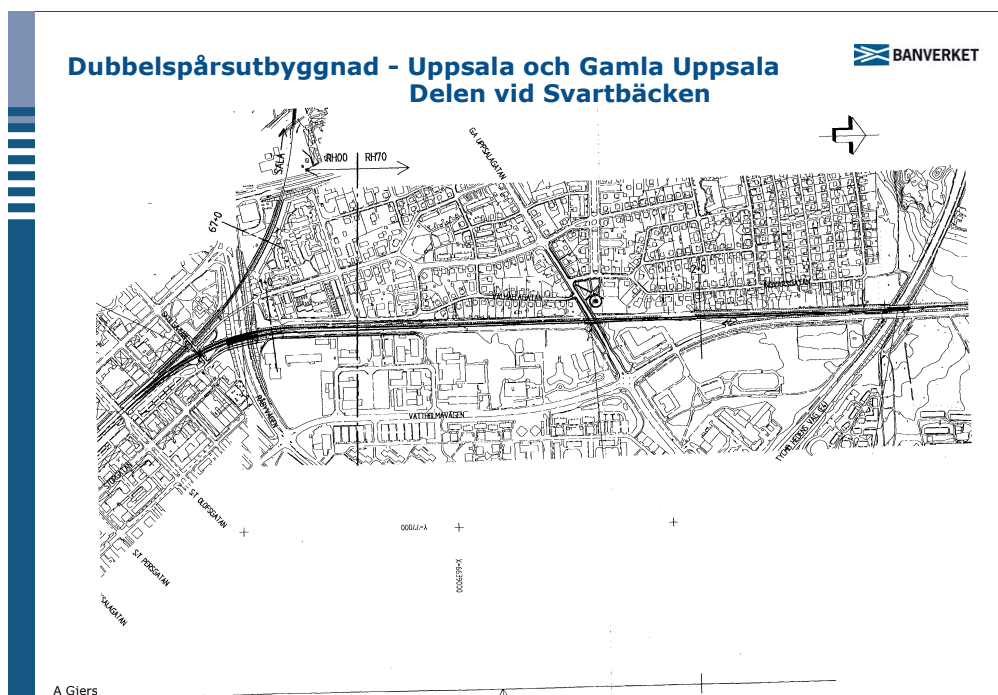
Skillnader i kvalitet / kostnad / utveckling vid olika entreprenadformer?

Kvalitets- och kostnadsstyrande moment vid KC-pelarförstärkning

BILAGA 2:4

Kontroll och uppföljning – kvalitetskrav

Anna Gjers, Banverket Östra Banregionen



VAD ÄR PROBLEMET ?

- **Kvalitet på KC-pelare?**
 - Ok!
- **Närheten till befintligt spår!**
 - Spårlägesfel (max 8 cm >> 5 cm sidoförskjutning av spåret)
 - Utökat kontrollprogram > kostnader
 - Spårjusteringar, justering av kontaktledningar > kostnader
 - hastighetsnedsättning > dålig renommé

LÖSNINGEN ?

- Ingen tillfredställande
- " Forcera arbetet under rigorös bevakning och därefter utföra erforderliga spårjusteringar"

A Gjers, BRÖBB 2003-04-24

KC-pelarininstallation vid G Uppsalavägen augusti 2002



A Gjers, BRÖBB 2003-04-24

MÖJLIGA ORSAKER

- Olämplig installationsordning
- För låg bank
- Installationsmönster
- Inblåsning av luft i jorden
- Torr sommar
- Inblandningshastighet
- "Uppsalalerans" unika deformationskänslighet
- Inblandningsverktyg
- Volymökning
- Övrigt?

A Gjers, BRÖBB 2003-04-24

FINNS ANNAN METOD ELLER LÖSNING ?

A Gjers, BRÖBB 2003-04-24

BILAGA 2:5

Workshop i Stockholm den 24 april 2003-11-04

Deltagarförteckning

<i>Namn</i>	<i>Företag/organisation</i>
Östen Andersson	Vägverket Region Stockholm
Fredrik Beyer	Skanska Grundläggning
Bo Berggren	SGI
Eskander Beshiry	Banverket Mellersta Banregionen
Lars Bjerin	Vägverket Region Stockholm
Peter Carlsten	Scandiaconsult Sverige AB
Stefan Dahlin	Hercules Grundläggning AB
Marcus Dahlström	LCM
Niklas Dannewitz	Hercules Grundläggning AB
Per Engström	SWECO VBB
Helena Eriksson	LCM AB
Leif Eriksson	SGI
Bo Falge	Banverket Östra banregionen
Anna Gjers	Banverket Östra banregionen
Agne Gunnarsson	Vägverket
Hannu Halkola	Helsingfors stads geotekn avd
Göran Hamberg	Hercules Grundläggning AB
Tobias Hansson	Hercules Grundläggning AB
Juha Helin	LCM
Martin Hellgren	Swepro Project Management AB
Göran Holm	SGI
Markus Holmgren	Scandiaconsult Sverige AB
Helena Berggrund	Bjerking AB
Stig Jansson	Cementa AB
Gunnar Lejon	Botniabanan AB
Gunnar Lindberg	Bjerking AB
Nenad Jelisec	Vägverket Region Mälardalen
Per Löfling	Vägverket Konsult
Mats Lögdahl	Vägverket Region Mitt
Lovisa Moritz	Vägverket
Jaroslav Mucha	Svenska Mineral AB
Susanna Mäki	Vägverket Region Stockholm
Björn Möller	FmGeo AB
Bengt Nilsson	LCM
Gunnar Nilsson	Carl Bro
Bo Orre	Bo Orre Markråd AB
Karin Persson	Banverket Mellersta Regionen
Jan Perzon	LCM
Håkan Pihl	Nordkalk Oyj Abp
Tomislav Pougie	WSP Samhällsbyggnad
Yvonne Rogbeck	Scandiaconsult Sverige AB
Bengt Rydell	SGI
Göran Sohlberg	Vägverket Region Mälardalen
Kjell Svedin	Botniabanan AB
Leif Säfström	Vägverket Region Mälardalen
Jens Torsteinsrud	Bjerking AB
Roland Tränk	SGI
Daniel Tynell	Vägverket
Margareta Viklund	WSP Samhällsbyggnad
Vesa Zajdel	Skanska Grundläggning

Publikationer utgivna av Svensk Djupstabilisering

Arbetsrapport

1. Arlandabanan, Norra Böjen. Sättningar hos järnvägsbank på kc-pelare (1998)
Ulf Stjerngren
2. KC-förstärkning för schakt inom spont, Filipstad Brygge, Oslo (1998)
Phung Doc Long & Håkan Bredenberg
3. Inblandningsmekanismer vid djupstabilisering med kalk-, kalk/cementpelare och cementpelare (1998)
Stefan Larsson
4. Undersökning av KC-pelare med avseende på dess "homogenitet" (1998)
Roland Tränk
5. Bestämning av egenskaper i cellstabiliserad torv (1998)
Nenad Jelusic, Torbjörn Edstam & Yvonne Rogbeck
6. Rörelser och portryck vid kalkpelarinstallation Redovisning av mätresultat (1998)
Åke Johansson
7. Masstabilisering av väg 590, Askersund (1998)
Yvonne Rogbeck
8. KC-pelarförstärkning av instabil slänt. E4, delen Nyland – Ullånger, Västernorrlands län. Åtgärder och mätningar (1998)
Leiv Viberg, Bertil Eriksson & Stefan Johansson
9. Grunnförsterkning med kalksementpælar (1999)
Stein Christensen, Arnstein Watn, Steinar Nordal, Arnfinn Emdal, Torbjørn Lund & Thomas Kristiansen
10. Dimensioneringsvägledning för djupstabilisering (1999)
Översättning av Finska Vägverkets klarlägganden 18/1997
11. Historik och svenska erfarenheter av kalkstabilisering av vägterrasser (1999)
Stefan Gustafsson
12. Undersökning i fält av stabiliseringseffekt i organisk jord och lera (2000)
Tobias Hansson, Yvonne Rogbeck & Leif Säfström
13. Utvärdering av verksamheten inom Svensk Djupstabilisering. Vetenskaplig uppläggning. Måluppfyllelse av FoU-plan (2000)
14. Stabilisering av torv i laboratoriemiljö – utveckling av referensmetod (2000)
Fredrik Larsson & Stefan Mårtensson
15. Djupstabilisering med kalk-cementpelare – Provfält (2000)
Lars O Johansson
16. Laboratorieinblandning för stabilisering av lera – Referensmetod (2000)
Torbjörn Edstam
17. Kalkcementpelarförstärkning för bro – Funktionsuppföljning. Väst kustbanan, delen Sättinge – Lekarekulle. Bro över väg N359U (km 35/603) (2000)
Marius Tremblay
18. Kalk- och kalkcementpelare – Jämförelse mellan laboriestabilisering och pelarinstallation (2001)
Erika Haglund & Evelina Nilsson
19. Kalkcementpelare i skivor – Modellförsök (2001)
Jan Honkanen & Johan Olofsson
20. Stabilisering av torv. Referensmetod för laboratorieinblandning. Steg 1 – Insamling av erfarenheter (2001)
Ronny Andersson, Arvid Jacobsson & Karin Axelsson
21. Erfarenhetsbank – Etapp 2: Erfarenhetsåterföring (2002)
Magnus Karlsson, Göran Holm & Leif Säfström
22. International Workshop on Deep Mixing Technology for Infrastructure Development – Current Practice & Research Needs (2002)
Göran Holm
23. Studie av inverkan av faktorer i blandningsprocessen vid djupstabilisering med kalkcementpelare – Fältförsök i Häby (2002)
Stefan Larsson, Marcus Dahlström & Bengt Nilsson
24. Peptisering vid djupstabilisering (2002)
Matilda Hoffstedt & Sven-Erik Johansson
25. Stabilisering/solidifiering av förorenad jord – en förstudie (2003)
Göran Holm
26. Gränszon (2003)
Sven-Erik Johansson
27. A complementary field study on the uniformity of lime-cement columns – Field tests at Strängnäs (2003)
Stefan Larsson, Marcus Dahlström & Bengt Nilsson
28. Stabilisering av torv – ringtest av referensmetod för tillverkning av laboratorieprov (2003)
Kerstin Pousette
29. Hållfasthetsfördelning i kalkcementpelare – Fältförsök i Strängnäs (2003)
Per Hedman & Mari Kuokkanen
30. Stabiliserad jords egenskaper. Delprojekt 5. Påverkan på miljö (2003)
Karsten Håkansson
31. A laboratory study of the boundary layer around lime/cement-, and cement columns in kaolin clay (2003)
Mirja Kosche

Rapport

1. Erfarenhetsbank för kalk-cementpelare (1997)
Torbjörn Edstam
2. Kalktypens inverkan på stabiliseringsresultatet. En förstudie (1997)
Helen Åhnberg & Håkan Pihl
3. Stabilisering av organisk jord med cement- och puzzolanreaktioner (2000)
Karin Axelsson, Sven-Erik Johansson & Ronny Andersson
4. Provbänk på kalk/cementpelarförstärkt gytta och sulfidhaltig lera i Norrala (1999)
Rolf Larsson
5. Masstabilisering (2000)
Nenad Jelusic
6. Blandningsmekanismer och blandningsprocesser – med tillämpning på pelarstabilisering (2000)
Stefan Larsson
7. Deformation Behaviour of Lime/Cement Column Stabilized Clay (2000)
Sadek Baker

- 8. Djupstabilisering med kalkcementpelare
– metoder för produktionsmässig kvalitetskontroll
i fält (2001)**
Morgan Axelsson
- 9. Olika bindemedels funktion vid djupstabilisering (2001)**
Mårten Janz & Sven-Erik Johansson
- 10. Mitigation of track and ground vibrations by high speed
trains at Ledsgård, Sweden (2002)**
Göran Holm, Bo Andréasson, Per-Evert Bengtsson,
Anders Bodare & Håkan Eriksson
- 11. Miljöeffektbedömning (LCA) för markstabilisering (2003)**
Tomas Rydberg & Ronny Andersson



Svensk Djupstabilisering

**c/o SGI, 581 93 Linköping
Tel: 013-20 18 61, Fax: 013- 20 19 14
<http://www.swedgeo.se/sd>**