



Svensk Djupstabilisering
Swedish Deep Stabilization Research Centre

Arbetsrapport 26
2003-10

Gränsson cementpelare-lera, en förstudie

Sven-Erik Johansson

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 26
2003–10

**Gränszon cementpelare-lera,
en förstudie**

Sven-Erik Johansson

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 en studie rörande gränszonen kalkcementpelare-jord.

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

Sammanfattning	4
Bakgrund	5
Syfte	6
Möjliga orsaker till ändrade egenskaper hos gränsson	6
Tidiga reaktioner och vattenbehov	6
Skillnad i kemisk sammansättning	6
Vattentransport	7
Krympning	8
Inblandningsegenskaper	8
Laboratorieförsök	8
Material	8
Metod	8
Resultat	9
Slutsatser och rekommendationer	11
Referenser	11

Sammanfattning

Djupstabilisering har sedan 1970-talet använts för stabilisering av lösa ler- och siltjordar, främst vid väg- och järnvägsbyggnad. Från början användes enbart osläckt kalk medan det från 1980-talets mitt har varit blandningar med cement och osläckt kalk som dominerat. Under en tidig period gjordes enstaka stabiliseringsarbeten med enbart cement vilket gav pelare med god hållfasthet även i organiska jordar.

Normalt antas vid denna stabilisering att gränssonen mellan stabiliserad och ostabiliserad jord inte har andra egenskaper än de hos den ostabiliserade jorden. 30 års erfarenhet från praktisk tillämpning av metoden visar att detta antagande fungerat väl.

I litteraturen finns dock visat att egenskaperna närmast pelare med tiden normalt förbättras vid den normalt använda tekniken i Sverige. Notabelt undantag är dock när man använder s k peptiseringsmedel. Vid stabilisering av lera i fält med enbart cement har samtidigt i enstaka dokumenterade fall upptäckts en distinkt gräns mellan stabiliserat jord och dess omgivande jord. I det aktuella fallet har fenomenet beskrivits som en lösare film kring pelaren. Kring dessa pelare, som delvis grävdes fram, syntes en spalt på någon millimeter mellan pelaren och omgivande jord efter det att fritt vatten torkat bort. Framhållas bör att det i praktiken under 30 års användning av djupstabilisering inte dokumenterats något skadefall eller annan negativ funktion hos djupstabilisering på grund av att en lösare gränsszon uppstått.

Med hänsyn till nämnda iakttagelser vid cementpelare har en förstudie och metodframtagning genomförts för att undersöka bindemedels inverkan på gränssonen pelare-omgivande jord. Denna begränsade förstudie innehåller mätningar av kemiska sammansättningen i en skapad, väl definierad, gränsszon. Resultaten visar att kaliumhalten förändras med avståndet till stabiliserat material och att detta kan ge upphov till lös lera. Enligt den teori om jonbyte som denna rapport för fram är effekterna av detta större när man använder enbart cement som bindemedel än när man använder blandningar av cement och kalk. Enligt annan refererad litteratur är effekten dock mycket större när man använder peptiseringsmedel eller tillsätter bindemedlet i våt form. Med tiden kommer koncentrationsgradienten för de aktuella jonerna att försvinna vilket innebär att eventuella effekter utjämnas och minskar i tydlighet. Denna utveckling över tiden och skillnader mellan laboratoriet och fält avseende effektivitet i inblandning samt gränsszonens faktiska fysiska utseende, är troliga orsaker till att man inte noterat några direkta motsvarande effekter i fält. Andra mekanismer och förklaringar diskuteras också i rapporten.

Om man vill börja använda peptiseringsmedel, använda enbart cement som bindemedel i höga halter eller förändra arbetsutförandet till mer våta metoder krävs fortsatta undersökningar både i laboratoriet, i fält och att via modellering och beräkningar konstatera vilken effekt en lös gränsszon har på egenskaperna för stabiliserat projekt.

Bakgrund

Djupstabilisering har sedan 1970-talet använts för stabilisering av lösa ler- och siltjordar, främst vid väg- och järnvägsbyggnad. Från början användes enbart osläckt kalk medan det från 1980-talets mitt har varit blandningar med cement och osläckt kalk som dominerat. Under en tidig period gjordes enstaka stabiliseringsarbeten med enbart cement vilket gav pelare med god hållfasthet även i organiska jordar.

Vid djupstabilisering erhålls alltid en gränsson/övergångszon mellan den stabiliserade jorden och den ursprungliga ostabiliserade jorden. Normalt antas vid användningen av metoden att gränssonens egenskaper inte skiljer sig åt från de hos den ostabiliserade jorden. 30 års erfarenhet från praktisk tillämpning av metoden visar att detta antagande fungerat väl. I SD Arbetsrapport 31 visas också att egenskaperna närmast en laboratorietillverkad pelare i kaolin med tiden normalt förbättras vid den normalt använda tekniken i Sverige, dvs kalk-cement 50/50 som bindemedel och torr metod för inblandning.

I SD:s arbetsrapport 24 "Peptisering vid djupstabilisering" framhålls att vid en fortsatt undersökning av s.k. peptiseringsmedel, för att förbättra effektiviteten i inblandningen av bindemedlet i jorden, så måste risken för uppkomst av en lösare gränsson undersökas. Vid peptisering kollapsar lerans struktur och den blir rinnande. Man uppnår detta genom att tillföra Na- eller K-joner som stör jonbalansen i leran. Vattenglas, ett natriumsilikat, är ett sådant medel. SD Arbetsrapport 31 visar också att gränssonen runt en pelare (av kaolin) i laboratoriet kan bli lösare vid användande av peptiseringsmedel. Dessutom visar denna laboratorieundersökning att en lösare gränsson kan uppkomma vid våt inblandningsteknik. Även vid en stor mängd bindemedel med hög andel cement har en viss försvagning av gränssonen erhållits.

Vid stabilisering av lera i fält med enbart cement har i ett dokumenterat fall upptäckts en distinkt gräns mellan stabiliserat jord och dess omgivande jord. I det aktuella fallet har fenomenet beskrivits som en lösare film kring pelaren. Kring dessa pelare, som delvis grävdes fram, syntes en spalt på någon millimeter mellan pelaren och omgivande jord efter det att fritt vatten torkat bort. Framhållas bör att det i praktiken under 30 års användning av djupstabilisering inte dokumenterats något skadefall eller annan negativ funktion hos djupstabilisering på grund av att en lösare gränsson uppstått.

I den gränsson/övergångszon mellan pelare och omgivande jord som är påvisad i laboratoriet hos stabiliserad kaolin har en ökad hållfasthet jämfört med den hos ursprunglig kaolin uppmätts. Ökningen avtar med avståndet från pelarperiferin. Om det istället skulle uppstå ett avstånd, eller lösare zon, mellan pelare och omgivande jord, så minskar samverkans-effekten och pelarna fungerar till en del som enskilda bärande element. Båda fallen kan ha betydelse för pelarnas funktion.

Eftersom peptiseringsmedel inte använts i Sverige, tillsättningen sker med torra bindemedel samt att stabiliseringsmedel med enbart cement inte används i Sverige vid djupstabilisering har vid prioritering av SD:s verksamhet beslutats att endast orienterande försök skall göras och i huvudsak behandla tänkbara mekanismer för bindemedlets eventuella påverkan på gränssonen.

Syfte

Syftet med undersökningen var att genom laboratorieförsök och provtagning i fält beskriva bindemedlets inverkar på gränssonens egenskaper och etablera en metodik för att vid eventuella framtida behov kunna studera området vidare.

Möjliga orsaker till ändrade egenskaper hos gränsson

Djupstabilisering av leror i Sverige görs med osläckt kalk, cement och blandningar av dessa som tillsätts i torr form. Gränssonen mellan pelare och omgivande jord påverkas sannolikt av val av stabiliseringsmedel, jordart och arbetsutförande. Nedan diskuteras detta främst utifrån inverkan av bindemedel.

Tidiga reaktioner och vattenbehov

Osläckt kalk reagerar omedelbart med vattnet i leran och bildar agglomerat eller torra klumpar som sedan hjälper till att störa lerans struktur och fördela stabiliseringsmedlet när verktyget roterar. Det innebär dels att leran torkar och dels att mantelytan på pelaren får en viss oregelbundenhet.

Cement förbrukar mindre vatten i början och påverkar inte leran i någon större utsträckning. Verktyget skär genom leran i pelarens periferi och ger en pelare med störd lera och slät mantelyta.

Främst osläckt kalk men även cement ger en pelare som i teorin växer ihop med omgivningen när reaktionerna sker vid ytan. Cementpelaren blir dock tätare och spåren efter verktygets kan alltså finnas kvar kring manteln som en tydligare gränslinje. Vatten skulle teoretiskt kunna samlas där men inte tränga in i pelaren.

Närmare kunskap om mantelytans struktur och täthet vid olika bindemedel och arbetsredskap saknas. Tiden det tar innan olika leror vid olika bindemedel relaxerar efter mekanisk påverkan och i vilken mån vatten kan samlas i spåren efter verktyget under de förhållanden som är i fält kan studeras vidare.

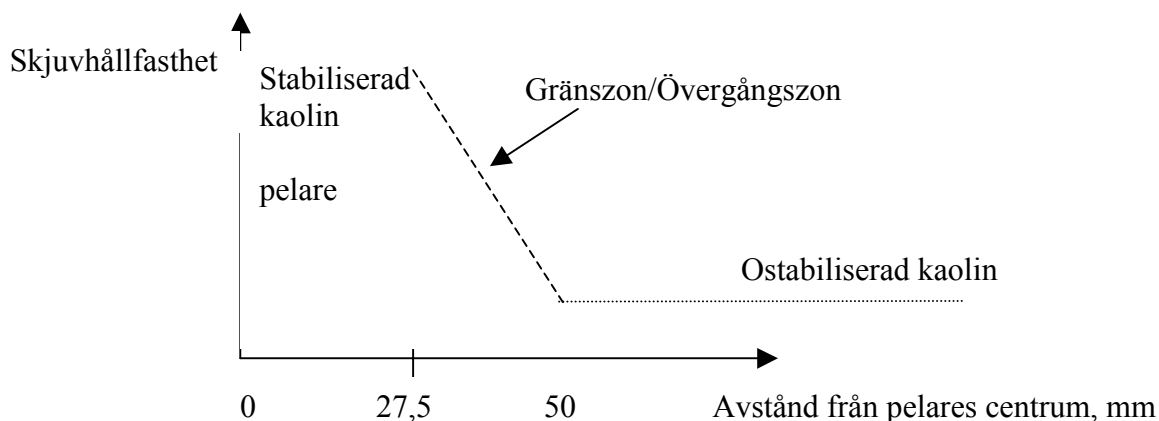
Skillnad i kemisk sammansättning

Vattenfasen i den stabiliserade pelaren har annat innehåll av lösliga ämnen än vattnet i den omgivande jorden. Det kommer att ske en transport av joner ut från pelaren.

Osläckt kalk ger Ca- och OH-joner. Dessutom tillkommer Na-joner om jonbyte sker i leran. Cementvattnet innehåller Na, K, sulfat och OH joner i höga koncentrationer.

För vissa leror innebär jonbyte att konsistensen förändras. Höga halter av Na- och K-joner kan medföra att vissa leror blir rinnande, medan Ca-joner gör att leran agglomererar. Cementets hållfasthetsuppbyggande reaktioner, likväl som puzzolanreaktionerna, gör att pelaren får styrka, samtidigt som porvattnets Na- och K-joner vandrar ut i omgivande lera. I SD Arbetsrapport 31 visas att egenskaperna närmast en laboratorietillverkad pelare i kaolin med tiden påverkas, se figur 1. Förklaringen till detta anges i arbetsrapporten vara det ovan refererade jonbytet. Med tiden kommer koncentrationsgradienter att försvinna vilket innebär

att konsistensen i gränssonen åter förändras. Resultaten visar exempelvis att pelaren tillverkad med 55 mm diameter och med torr tillsättning av bindemedlet kalk/cement 70/30 och utan inblandning av peptiseringsmedel successivt ökade så att den vid 30 dagar var ca 100 mm.



Figur 1. Gränsson/övergångsson mellan stabiliserad och ostabiliserad laborietillverkad pelare i kaolin. Generalisering av figur 5.1 i SD Arbetsrapport 31.

I SD Arbetsrapport 31 visas att denna effekt förbättrar gränssonen vid torr inblandning, inget peptiseringsmedel och normalt använd kalk/cementproportion. Utredningen visar dock att användningen av peptiseringsmedel, våta produktionsmetoder och eventuellt också användning av enbart cement som bindemedel kan ge en lösare gränsson. Även i SD: s Arbetsrapport 24 omnämns denna risk vid användandet av peptiseringsmedel. Samma effekt kan också i teorin stabilisering av en salthaltig lera ge.

Registrering av konsistensförändringar och kemiska mätningar har tidigare rapporterats i en begränsad undersökning i (SGI Rapport 48).

Vattentransport

I pelaren är koncentrationen av lösliga ämnen högre än i omgivande vatten. Systemet strävar efter att ha lika koncentration överallt. Därför kommer vatten att transporteras till pelaren från omgivningen, s k osmos. Man kan tänka sig att vattnet hindras av pelarväggens täthet och ansamlas intill denna. Eftersom cementalternativet innehåller större mängd lösliga ämnen så bli effekten tydligare i det fallet. Dessutom så ger cement en tätare pelare vid samma densitet.

Inblandningen av bindemedel medför att en större mängd fast material skall få plats inom samma volym. Man kan tänka sig att vattnets volym ersätts av bindemedel och pressas ut från det stabiliserade materialet. Effekten blir större med cement eftersom vattenförbrukningen är liten i början. Förutsättningen är att fritt vatten bildas vid omrörningen.

Båda dessa fenomen ger teoretiskt en vattenfilm kring pelaren. Med tiden kommer den att försvinna eller att bli mindre tydlig när vattnet fördelas i materialen eller förbrukas i hållfasthetsreaktioner.

Krympning

Det har framförts tankar om att pelaren krymper och att detta är orsaken till att spalten i gränssonen bildas. För att hydrauliska bindemedel skall reagera krävs vatten. Vattnet övergår från vätskefas till hydrattvatten i reaktionsprodukterna. Specifika volymen hos vattnet minskar därmed och man får kemisk krympning. Eftersom tillgången på fritt vatten är obegränsad i pelaren så kan denna typ av krympning uteslutas. Uttorkning är normalt den vanligaste orsaken till krympning, men är inte aktuell nere i marken. Effekten kan dock ske vid framgrävda pelare som torkas ut mot luften.

Provningar i slutna system som redovisas i SGI Rapport 48 visar att ingen volymförändring sker förutom för blandningar med silt som krymper. Detta kan i det fallet möjligen bero på att vattenkvoten var låg (30 %) och att en så stor del av vattnet förbrukades så att det gick att detektera kemisk krympning. Försöken var dock begränsade och även kalk gav samma effekt. Resultaten generellt sett bekräftar dock uppfattningen om att kemisk krympning kan uteslutas.

Inblandningsegenskaper

Cementens och den osläckta kalkens olika reaktionssätt inverkar starkt på inblandningsresultatet. Verktygets utformning har betydelse för hur bindemedlet fördelas och hur pelaren utformas. Man kan också anta att resultaten blir olika om man använder osläckt kalk eller om man använder enbart cement. Vi vet inte hur detta till slut påverkar gränssonen.

Laboratorieförsök

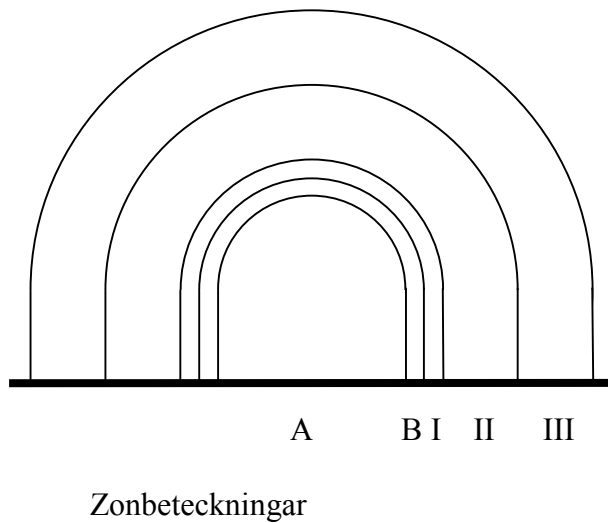
Material

Lera kom från småbåtshamnen i Linköping och beskrivs i SD:s Arbetsrapport 15. Det är en grå lera med en densitet av ca $1,55 \text{ t/m}^3$, en vattenkvot av 70 – 80 %, en flytgräns av ca 65 – 75 %, en skjuvhållfasthet av ca 15 kPa och en sensitivitet av ca 20. Den hämtades från 3 – 6 m djup.

Slite byggcement användes som stabiliseringsmedel och bindemedelshalten var 150 kg/m^3 . Ursprunglig plan var fyra olika kalk/cementblandningar och en cement/slaggblandning för två leror och en gyttja. Undersökningarna begränsades dock till enbart cement som bindemedel eftersom det i några av ovan nämnda mekanismer teoretiskt kan vara ett ytterlighetsfall.

Metod

Lera/cementblandningen tillverkades i en Hobart bruksblandare. Det stabiliserade materialet rullades ut till en cylinder med diametern 8 cm och längden 20 cm. Cylindern lades i en aluminiumform och täcktes med ett par cm lera. Provet förseglades med plastfolie.



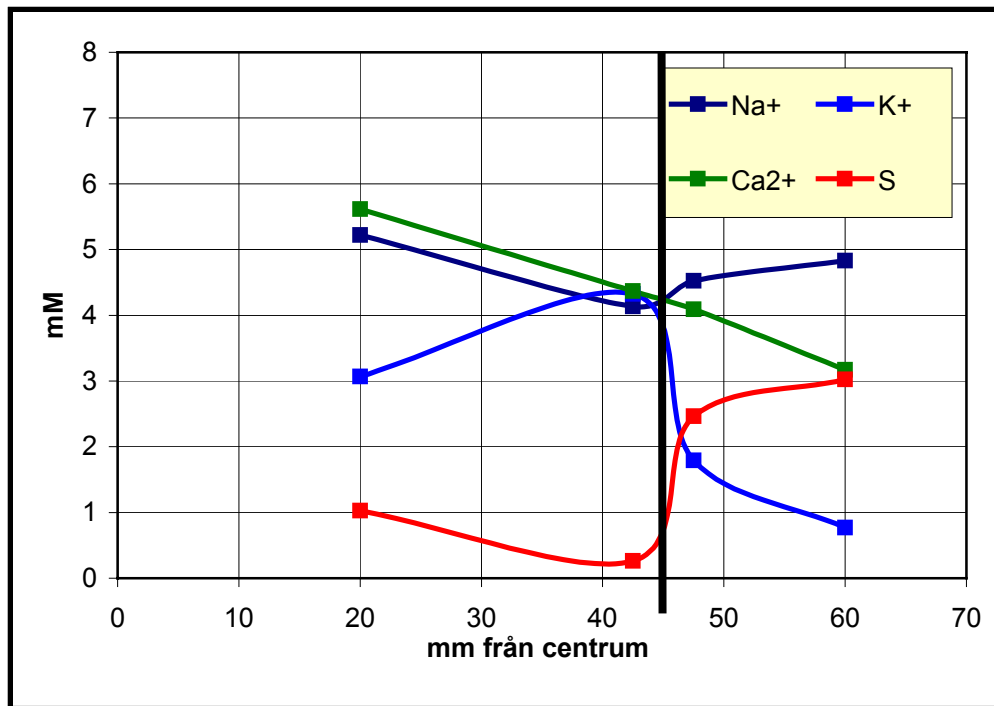
Figur 2. Genomskärning av provkropp. Zon A och B är stabiliserat material.

Lagringen skedde vid rumstemperatur och avslutades efter 86 dygn. 5 st. prov togs ut enligt figur 2. Zon A och B är stabiliserat material och zon I–III är ren lera. Zon B och I är områdena närmast gränsen mellan stabiliserat och ostabiliserat material och är vardera ca 0,5 cm breda. Zon II och III är ca 2cm. Material från de definierade områdena skars försiktigt ut med spatel. Provmaterialet porpressades och utpressat vatten analyserades m.a.p. Ca^{2+} , K^+ , Na^+ och S^{tot} med ICP, medan OH titrerades. Inga analyser gjordes på prover från zon III. Noggrannheten i resultaten bestäms till stor del av möjlighet till att separera olika lager vid provtagningen. Analysmetod, provpreparering och provtagning ger tillsammans en uppskattad mät noggrannhet på ca 10 %.

Tillverkningen i en Hobart bruksblandare ger en effektiv inblandning. Tillverkningen av proverna ger tydliga och väldefinierade gränssytor. Metodiken inkluderar inte inverkan av arbetsredskapet i, innanför och utanför gränssonen.

Resultat

Kontaktytan mellan stabiliserat material och leran var tydlig genom skillnad i konsistens, vilket konstaterades genom intryckningsprov med kniv. Ingen färgskillnad syntes. OH- analyserna visar att pH i leran, zon I och II är 8 och i stabiliserat material 10. Analys av porvattnet visar att K och S ger störst koncentrationsgradient. figur 3.



Figur 3. Porvattensammansättning. Tjock linje visar gräns mellan stabiliserat och ostabiliserat material 3 (Zon A = 0-40 mm, B = 40-45 mm, I = 45-50 mm, II = 50-70 mm).

Svavel förekommer i huvudsak som sulfatjoner (SO_4^{2-}), men redovisas som S^{tot} eftersom analysmetoden ger totalt svavel i lösningen. Anledningen till låg S-koncentration i stabiliserat material är att OH-koncentrationen är hög i pelaren och att balansen mellan positiva och negativa joner skall vara uppfylld. Stabiliseringsmedlets Ca-halt medför också att sulfaten faller ut som gips.

Cementvatten innehåller kalium i form av lösliga sulfater. Kalium visar därför en kraftig koncentrationsgradient vilket innebär att leran intill stabiliserat material får förhöjd K-halt. Detta kan innebära att leran får lös konsistens på grund av jonbyte enligt tidigare resonemang.

Området som påverkas av stabiliseringsmedlets kemi verkar vara begränsat till några centimeter enligt denna provning efter 86 dygn. Zon II bedömdes som opåverkad lera vid provtagningen, varför Zon III inte analyserades. Koncentrationsgradienterna visar att Zon II kan ha påverkats och därmed saknas porvattenanalys från ren lera. Resultatet skiljer sig från SD Arbetsrapport 31 som visade att ett något större område påverkades och redan efter en kortare tid. Arbetena kan dock inte direkt jämföras eftersom de bl.a. är utförda med olika metoder och med naturlig lera respektive tillverkad kaolin.

Förhöjning av kaliumhalt och minskning av svavelhalt (sulfat) i den ostabiliserade leran intill stabiliserat material är de effekter man kan se. Liknande iakttagelse redovisas i SGI Rapport 48. Resultaten är svåra att jämföra eftersom höga Na- och Cl-halter uppmättes vilket ger andra förutsättningar för övriga joner.

Slutsatser och rekommendationer

Vid djupstabilisering av leror finns alltid en gränsson/övergångszon mellan stabiliserad jord och omgivande ursprunglig jord. Denna begränsade undersökning med enbart cement som stabiliseringsmedel visar att det går att i laboratoriet analysera skillnader i kemisk sammansättning i en gränsson.

I denna laboratoriestudie konstateras att konsistensen i gränsområdet mellan stabiliserat och ostabiliserat material är lösare än för omgivande material. Enligt den teori om jonbyte som denna rapport för fram borde effekterna av detta vara något större när man använder enbart cement som bindemedel än när man använder blandningar av cement och kalk. Enligt annan refererad litteratur är effekten dock enbart påvisad, men då i gengäld i mycket stor omfattning, när man använder peptiseringsmedel och i mindre omfattning när man tillsätter bindemedlet i våt form. Samma borde fallet vara om aktuell jord är salthaltig lera. Med tiden kommer koncentrationsgradienten för de aktuella jonerna att minska vilket innebär att eventuella effekter utjämnas och minskar i tydlighet.

Om man vill börja använda peptiseringsmedel, använda enbart cement som bindemedel i höga halter eller förändra arbetsutförandet till våt inblandningsteknik, krävs fortsatta undersökningar och att effekterna av en lösare gränsson utredas närmare. Olika jordars känslighet för aktuella bindemedelskombinationers jonsammansättningar bör då också undersökas. Eventuellt fortsatta provningar bör göras enligt metodiken använd i denna undersökning kompletterat med kvantifiering av konsistens på olika avstånd från stabiliserat material. Provtagning i fält, genom framgrävning av pelare och analys av material i och utanför pelaren, kan ge svar både på den praktiska relevansen i fält samt på effekten av lång tid. Detta skulle kunna ge riktlinjer för att undvika fenomenet även när annat än dagens arbetsutförande och kalkcementbindemedel används.

Referenser

- Åhnberg, H., Johansson, S-E., Retelius, A., Ljungkrantz, C., Holmqvist, L., Holm, G. (1995).** Cement och kalk för djupstabilisering av jord. En kemisk - fysikalisk studie av stabiliseringseffekter. SGI Rapport 48, Linköping.
- Johansson, L. (2000).** Djupstabilisering av kalk-cementpelare – Provfält. SD-Arbeitsrapport nr. 15, Linköping.
- Cementa.** Byggcement, Teknisk beskrivning, Danderyd 2001
- Johansson, S-E., Hoffstedt, M. (2002).** Peptisering vid djupstabilisering. SD-Arbeitsrapport nr. 24, Linköping.
- Kosche, M. (2003).** A laboratory study of the boundary layer around lime/cement-, and cement columns i kaolin clay. SD Arbeitsrapport nr. 31. Även publicerad som MSc-thesis, Div. Soil- and Rock Mechanics, Royal Institute of Technology, Stockholm. In press.

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. **Grunnforsterkning 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

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. **Provbanks på kalk/cementpelarförstärkt gyttja 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>**