



Svensk Djupstabilisering
Swedish Deep Stabilization Research Centre

Arbetsrapport 20
2001-10

Stabilisering av torv. Referensmetod för laboratorieinblandning Steg 1 – Insamling av erfarenheter

Ronny Andersson
Arvid Jacobsson
Karin Axelsson

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 1996-2000. Medlemmar är myndigheter, kalk- och cementleverantörer, entreprenörer, konsulter, forskningsinstitut och högskolor.

Verksamheten finansieras av medlemmarna samt genom anslag från Byggforskningsrådet, 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, <http://www.swedgeo.se/sd.htm>.

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 - 2000. Members of the Centre include authorities, lime and cement manufactures, 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, fax: +46 13 20 19 14 or e-mail: goran.holm@swedgeo.se, <http://www.swedgeo.se/sd.htm>.



Svensk Djupstabilisering
Swedish Deep Stabilization Research Centre

Arbetsrapport 20
2001–10

**Stabilisering av torv.
Referensmetod för
laboratorieinblandning
Steg 1 – Insamling av erfarenheter**

Ronny Andersson, CEMENTA AB
Arvid Jacobsson, Luleå tekniska universitet
Karin Axelsson, Skanska Berg och Bro Grundläggningsavd

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 inte 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 inte spridas utanför SD.

Det arbete som redovisas i föreliggande arbetsrapport är steg 1 av FoU-projektet ”Laboratorieinblandning vid stabilisering av torv. Referensmetod”. Steg 1 omfattar insamling av erfarenheter av olika laboratorieinblandningsmetoder. Steg 2 och 3 omfattar kompletterande forskning respektive ringtest av ett förslag till referensmetod. Forskning i steg 2 har redovisats i SD:s arbetsrapport 14. Vidare har i EU-projektet EuroSoil-Stab utförts omfattande forskning avseende metoder för laboratorieinblandning av torv (och även lera) samt förslag till referensmetod tagits fram och använts inom projektet. Baserat på all denna forskning genomförs för närvarande ringtesten i steg 3.

Linköping i november 2001

Göran Holm
Projektledare för SD

Arbetsrapport	Svensk Djupstabilisering c/o Statens geotekniska institut 581 93 Linköping
Beställning (endast för medlemmar av SD)	Tel: 013-20 18 42 Fax: 013-20 19 14 E-post: birgitta.sahlin@swedgeo.se
Upplaga	150 ex
Tryckeri	Roland Offset AB, Linköping, november 2001

Innehåll

1	Inledning	4
2	Erfarenheter	5
2.1	Erfarenheter från Finland och från förstudien ”Stabilisering av organisk jord” som utförts inom Svensk Djupstabilisering	5
2.2	Erfarenheter Luleå tekniska universitet	9
3	Förslag till laboratorieanvisning för inblandning och preparering av provkroppar, förvaring och undersökning av stabiliserade torvprover	12
4	Faktorer för vidare undersökning	16
5	Referenser	18

1. Inledning

Masstabilisering är en relativt ny jordförstärkningsmetod som hittills utförts vid ett 15-tal projekt i Sverige och Finland. Vid masstabilisering blandas ett stabiliseringsmedel in i jordlager företrädesvis bestående av torv och gyttja. Detta ger ett förstärkt ”block”. Metoden har hittills framförallt använts för att förstärka jordlager av torv och gyttja under väg- och järnvägsbankar.

Innan masstabilisering utförs i fält görs inblandningsförsök i den aktuella jorden på laboratorium för att bestämma typ och mängd stabiliseringsmedel. Olika kombinationer av stabiliseringsmedel blandas in i jorden, varefter provkroppar packas i hylsor, lagras och hållfasthetsprovas.

Idag används olika metoder för provning av torv på laboratorium. Detta leder till att de erhållna resultaten blir svåra att jämföra. En referensmetod för inblandning och preparering av provkroppar, förvaring och undersökning av stabiliserade torvprover gör det möjligt att ”öppet” prova olika sammansättningar av stabiliseringsmedel och sedan jämföra resultaten.

Framtagandet av en referensmetod för provning i torv görs i 3 steg:

Steg 1 Insamling av de erfarenheter som finns idag om provningsmetodik i torv och dokumentera dessa i text.

Steg 2 Titta på olika faktorer som påverkar den erhållna stabiliseringseffekten. Bedöma vilka faktorer som är osäkra och eventuellt utföra laboratorietester avseende dessa.

Steg 3 Ringanalys där prover tillverkas på samma sätt vid olika laboratorier varefter jämförande provning sker.

Som ett sista steg ges förslag på referensmetod för inblandning och preparering av provkroppar, förvaring och undersökning av stabiliserade torvprover, på grundval av resultat från steg 1 – 3.

I denna rapport redovisas steg 1. Rapporten bygger på erfarenheter från Finland (Elina Parkkinen, Lohja Rudus Oy AB), Luleå tekniska universitet (Arvid Jacobsson) och från ”Stabilisering av organisk jord med cement- och puzzolanreaktioner – Förstudie” som utförts inom Svensk Djupstabilisering (Karin Axelsson et al, CEMENTA AB).

2. Erfarenheter

I kapitel 2.1 beskrivs den metod som utarbetats och som nu används för inblandning och preparering av provkroppar, förvaring och undersökning av stabiliserade torvprover i Finland. Ett liknande förfaringssätt användes även i /ref 1/. Metoden avser att efterlikna de förhållanden som råder vid masstabilisering i fält.

Vid Luleå tekniska universitet avrapporterades i oktober 1996 ett arbete /ref 2/ som hade syftet att undersöka möjligheten att stabilisera torv med hjälp av hyttsten (restprodukt vid järnframställning). I kapitel 2.2 redovisas det förfaringssätt som använts för inblandning och preparering av provkroppar, förvaring och undersökning av stabiliserade torvprover. Ett arbete pågår i Luleå för att vidareutveckla förfaringssättet vid provning av torv och för att minska skillnaderna mellan resultat erhållna i laboratoriet och resultat erhållna vid provning i fält.

2.1 Erfarenheter från Finland och från förstudien ”Stabilisering av organisk jord” som utförts inom Svensk Djupstabilisering

Provningstrutning

Den utrustning som används är :

- Hushållsassistent för homogenisering av torvprovet samt inblandning av stabiliseringsmedlet
- Behållare för blandning
- Våg med en noggrannhet av ± 1 gram
- Hylsor (Innerdiameter = 68 mm, Längd = 200 mm), vilkas undersida är försedd med vattengenomsläppligt nät, typ ”myggnet” (fig. 1a). Materialet i hylsorna är PVC-plast
- Belastningsstänger
- Ställning för hylsor och belastningsstänger (fig. 1b) för att provkropparna ska stå vertikalt
- Provlåda
- Porös matta i botten av provlådan, typ ”plastgräsmatta” (fig. 1b)

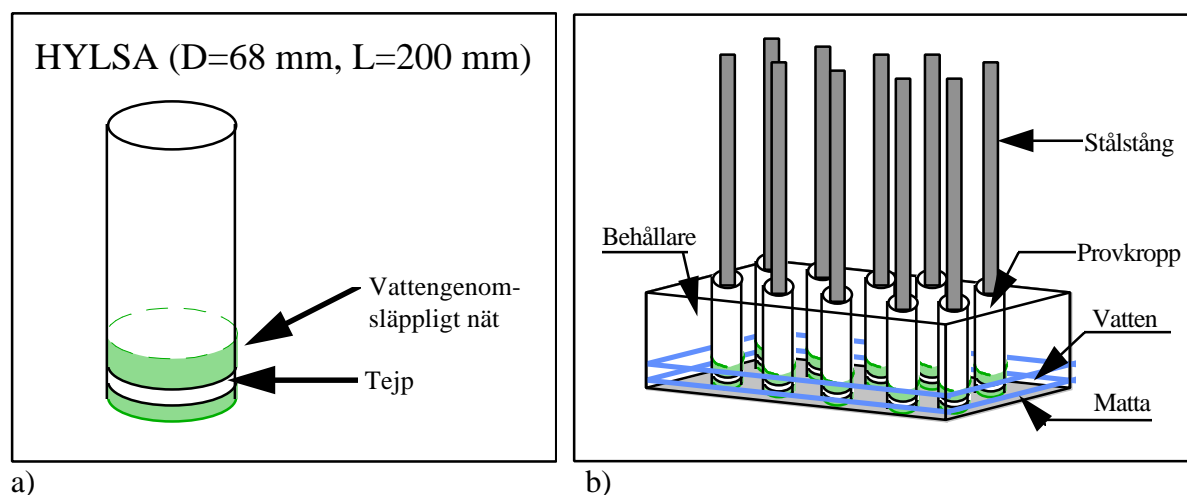


Fig. 1 a) Hylsa avsedd för stabiliseringsprover i torv.

b) Ställning för lagring av stabiliserade torvprover vid önskad belastning.

Undersökning av ostabiliserad jord

Den ostabiliserade jorden undersöks och följande parametrar bestäms:

- Jordartsbenämning
- Torvens multningsgrad (klassning enligt von Post's humifieringsskala)
- Halt av organiskt material (glödgningsförlust)
- Skrymdensitet (i torv varierar skrymdensiteten mellan 9.0 och 11.0 kN/m³)
- Vattenkvot (w)

De geotekniska provningsmetoderna för bestämning av torvens egenskaper benämnda ovan utförs enligt svensk respektive finsk standard (se vidare kapitel 3).

Tabell 1 Exempel på beskrivning av torvens egenskaper.

Punkt	Djup [m]	Organisk halt [%]	Vattenkvot [%]	Humifieringsgrad von Post	Densitet [ton/m ³]	Jordartsbenämning
		97	1413	H2-H6	1.004	Tl
		73	442	H8	0.995	Th

Val av bindemedel

Efter undersökning av den ostabiliserade jorden väljs typ och mängd stabiliseringsmedel. Vanligen väljs ett eller två konventionella stabiliseringsmedel. Vid masstabilisering av torv används i första hand stabiliseringsmedel bestående av en blandning av 50 % cement och 50 % granulerad masugnsslagg och i andra hand enbart cement (SH eller Std). Vid masstabilisering av gyttja används i första hand stabiliseringsmedel bestående av enbart cement (SH eller Std) och i andra hand en blandning av 50 % cement och 50 % granulerad masugnsslagg.

Den mängd stabiliseringsmedel som används vid masstabilisering i torv och gyttja varierar oftast mellan 150 kg/m³ och 250 kg/m³.

Inblandning och preparering av provkroppar

Innan stabiliseringsmedel tillsätts blandas det upptagna torvprovet till en relativt homogen massa. Homogeniseringen görs för att minska skillnader i jordens egenskaper mellan de olika provkropparna. Inblandningen av stabiliseringsmedlet görs enligt följande :

- I allmänhet tillverkas minst 2 parallella prover per blandning
- Blandarskålen vägs
- Jordprovet läggs i blandarskålen och vägs.

För att fylla den ovannämnda hylsan (D = 68 mm, H = 200 mm ger) behövs ca 750 g torv per hylsa:

$$V_{\text{hylsa}} \approx 7.3 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$d_{\text{torv}} \approx 1 \text{ ton/m}^3$$

$$V_{\text{hylsa}} * d_{\text{torv}} \approx 7.3 * 10^{-4} * 1000 \approx 0.750 \text{ kg torv/hylsa}$$

Detta ger vid dubbelprov ca 1500 g torvmaterial per stabiliseringsmedelsblandning.

- Uppvägning och tillsats av bindemedel.

I torv betyder mängden 150 kg/m^3 en tillsats av ca 150 g stabiliseringsmedel per kg torv:

$$1 \text{ kg torv har en volym av : } \frac{m_{\text{torv}}}{d_{\text{torv}}} = \frac{1.0 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 1.0 * 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$P \quad 1.0 * 10^{-3} \text{ m}^3 * 150 \text{ kg/m}^3 = 0.150 \text{ kg stabiliseringsmedel / kg torv}$$

- Jordprov och stabiliseringsmedel blandas, antingen för hand eller i hushållsassistent, tills att massan är homogen.

Oftast är materialet så flytande att ingen packning behövs (i motsats till gyttja och lera). I princip kan den stabiliserade massan "hållas" ner i hylsorna. Om materialet är mera fast packas hylsorna i ca 5 – 6 lager med uppluckring med t.ex. en gaffel mellan lagren.

Lagring/Förvaring

Efter det att hylsorna packats placeras de vertikalt i provlådan. Till provlådan sätts vatten (ca 50 mm) för att hindra att de stabiliserade torvproverna torkar ut. Detta är även ett sätt att efterlikna de förhållanden som råder i fält, där den stabiliserade torven kan suga upp vatten från den omkringliggande ostabiliserade torven. I toppen av provkropparna placeras en specialutformad plastplugg (fig. 2).

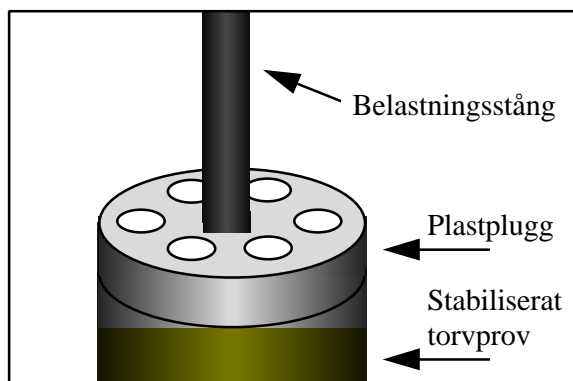


Fig. 2 Specialutformad plastplugg som placeras i toppen av provkropparna. Genom hålen i plastpluggen kan vatten dräneras ut.

Ovanpå hylsan sätts en belastningsstång (fig. 2). Stångens vikt för hylsor med diametern 68 mm är 3.2 kg, eller 6.4 kg, vilket i fält motsvarar 0,5 resp. 1,0 meters tryckbank (9 resp 18 kPa). Belastningsstången gör så att luft trycks ut och att den stabiliserade massan packas.

Hylsorna lagras, stående vertikalt i provlådan, vid rumstemperatur (+20 °C). I allmänhet är lagringstiden 28 dygn men tiden är inte exakt (i Finland varierar tiden mellan 14 och upp till 60 dygn).

Undersökning av provkroppar

Efter lagring undersöks de stabiliserade provkropparna varvid vattenkvot, skrymdensitet och skjuvhållfasthet (enaxligt tryckförsök) bestäms. Försöken utförs enligt svensk respektive finsk standard (se vidare kapitel 3).

- Hylsorna tas ut ur behållaren
- Myggnätet tas bort
- Provkropparna tas ut ur hylsorna med hjälp av en domkraft eller en lämplig stång
- Provhöjden jämnas så att höjdens relativa diameter motsvarar 1:2 (fig. 3)

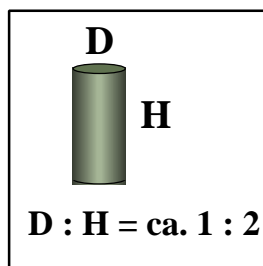


Fig. 3 Provkroppens relativa dimensioner.

- Efter utjämningen utförs enaxiella tryckförsök

I tabell 2 ges exempel på resultat från ett stabiliseringstest, /ref 1/

Tabell 2 Exempel på resultat från ett stabiliseringstest.

Punkt	Jordart : Torv Bindemedel	Tryckhållfasthet [kPa]			
		150 kg/m ³		250 kg/m ³	
		14 dygn	28 dygn	14 dygn	28 dygn
0/400	Std Ce	61	90	61	111
	SH Ce			127	162
	50% Std Cem + 50% Osläckt kalk			56	106
	50% Std Cem + 50% Masugnsslagg	71	73	124	154
	50% SH Cem + 50% Masugnsslagg			146	162

2.2 Erfarenheter från Luleå tekniska universitet

Provningsutrustning

Den utrustning som används vid provning på Luleå tekniska universitet skiljer sig från utrustningen beskriven i kapitel 2.1 på följande punkter:

- Vid försöken användes konventionella hylsor med diametern 50 mm
- Några provkroppar belastades under lagringen, men flertalet provkroppar förvarades obelastade.
- I toppen av de provkroppar som belastades placerades en plastplugg, med en filtersten på undersidan.
- I botten på de provkroppar som belastades applicerades en vattengenomsläpplig filtersten.
- Toppen på de obelastade provkropparna täcktes med plastfolie för att förhindra uttorkning

Undersökning av ostabiliserad jord

Innan stabiliseringsmedel tillsätts bestämdes följande parametrar för torvmaterialet:

- Jordartsbenämning
- Multningsgrad (klassning enligt von Posts humifieringsskala)
- Skrymdensitet (i torv varierar skrymdensiteten mellan 9.0 och 11.0 kN/m³)
- Vattenkvot (w) och vattenhalt (m_w/m) samt TS-halt (m_s/m)
- Skjuvhållfasthet och sensitivitet i fält

Vid bestämning av torvens egenskaper används geotekniska provningsmetoder enligt svensk standard (se vidare kapitel 3.1).

Val av bindemedel

Huvuddelen av det tillsatta stabiliseringsmaterialet bestod av utfyllnadsmaterial i form av hyttsten och LD-slagg (restprodukter vid järnframställning, /ref 2/). Utöver detta tillsattes bindemedel i form av cement och i vissa fall osläckt kalk. En avsikt med att använda hyttsten var att fylla upp det stora porutrymmet i torv och därmed bygga upp ett kornskelett i den stabiliserade torven. På detta sätt antogs även att en bättre härdning av tillfört bindemedel (cement och osläckt kalk) sker. Tendensen var att ökad mängd cement i det tillsatta stabiliseringsmaterialet ger en bättre hållfasthet.

De tillsatta mängderna bindemedel och utfyllnadsmaterial var medvetet höga, 700 kg/m³ eller mera. Dessa prover belastades inte under lagring. Det är emellertid inte realistiskt att använda så stora tillsatsmängder vid masstabilisering i fält. Vid lägre mängder stabiliseringsmedel är det nödvändigt att belasta provkropparna för att de ska konsolidera så att tillräcklig hållfasthet erhålls. Efter belastning fick proverna i storleksordning samma densitet som proverna med större mängd tillsatsmedel utan belastning. I det examensarbete som är fortsättningen på /ref 2/ tillsätts stabiliseringsmaterial i mängder < 500 kg/m³. Dessutom belastas proverna med 40 kPa (motsvarar ca 2 meter tryckbank). Målet med examensarbetet är att optimera förhållandet mellan mängd hyttsten och cement i tillsatsmedlet, samt att jämföra resultat från

laboratoriumförsök med resultat erhållna från en provyta i fält. Examensarbetet förväntas vara klart i början av 1997.

Inblandning och preparering av provkroppar

Inblandningen av stabiliseringsmedlet samt prepareringen av provkroppar gjordes enligt nedan:

- Torv och stabiliseringsmedel blandades för hand någon minut till en inte helt homogen massa.
- Efter inblandningen togs ett prov ut för bestämning av vattenkvot.
- Packning gjordes för hand i 8 – 12 lager. Första halvan av provet packades med kolv med en diameter någon millimeter mindre än provhylsans innerdiameter. Andra delen packades med hjälp av fingrarna.
- Efter inblandningen bestämdes provets skrymdensitet.

Lagring/Förvaring

Vid försöken på Luleå tekniska universitet lagrades en del av provkropparna utan belastning. Dessa prover hade en större mängd tillsatsmedel. Detta lagringsförfarande skiljer sig från metoden som används i Finland. Andra provkroppar med mindre mängd tillsatsmedel (500 kg/m^3) belastades och det förfaringssätt som använts påminner om den metod som nu används i Finland (se kap. 2.1). Metoderna skiljer sig åt på följande punkter:

- Belastningen var 10 respektive 20 kPa (ca 0.5 respektive 1.0 meter tryckbank) och därmed samma trycknivåer som används i Finland.
- I toppen av provkropparna placerades en plastplugg, med en filtersten på undersidan. Syftet var att vätska skulle ha möjlighet att dräneras bort och även att lasten skulle fördelas jämnt över provkroppens kortsida. Även vid den finska metoden placeras en plastplugg i toppen på provkroppen, dock enbart med hål (se fig. 2) och utan filtersten.
- På provets undersida placerades en filtersten. Den finska metoden använder istället ett vattengenomsläppligt nät som tejpas fast i botten av provkroppen.
- Proverna, både de belastade och de obelastade, förvarades stående i en balja fylld med vatten och lite torv. Vattenhöjden (och därmed vattentrycket) i baljan var så högt att provtuberna endast stack upp ca 10 mm över vattenytan dvs ca 170 – 180 mm. Detta kan jämföras med 50 mm vid lagringsförfarandet beskrivet i kapitel 2.1.
- I det examensarbete, som är en fortsättning på /ref 2/ belastades proverna med 40 kPa och försöksupställningen som användes vid lagring av proverna liknar den som redovisas i figur 1b.

Provkropparna undersöktes främst efter lagring i 15 respektive 30 – 34 dygn. Några provkroppar undersöktes även efter 63 – 76 dygn.

Undersökning av provkroppar

Vid provtillfället bestämdes provkropparnas skrymdensitet, vattenkvot och odränerade skjuvhållfasthet. Den odränerade skjuvhållfastheten bestämdes med hjälp av enaxligt tryckförsök.

Utöver de ovan beskrivna försöken gjordes på några provkroppar ödometerförsök, för att få en uppfattning om hur mycket provblandningar med lägre mängd tillsatsmaterial packades, samt CRS-försök.

3. Förslag till laboratorieanvisning för inblandning och preparering av provkroppar, förvaring och undersökning av stabiliserade torvprover

Innehåll	Orientering
	1 Tillämpning
	2 Referenser
	3 Provningsutrustning
	4 Undersökning av ostabiliserad jord
	5 Val av bindemedel
	6 Inblandning och preparering av provkroppar
	7 Lagring/Förvaring
	8 Undersökning av provkroppar

Orientering

Detta förslag till anvisning baseras på FoU-resultat samt praktiska erfarenheter från Finland och från Luleå tekniska universitet.

1 Tillämpning

Anvisningen är tänkt att tillämpas vid geotekniskt laboratoriearbete för bestämning av effekten av inblandning av kemiskt stabiliseringsmedel (cement, osläckt kalk, granulerad masugnsslagg m.fl.) i torv.

2 Referenser

Följande standardiserade försök omnämns i förslaget till anvisning och ska utföras enligt svensk standard.

- SS 02 71 14 Geotekniska provningsmetoder – Skrymdensitet
- SS 02 71 16 Geotekniska provningsmetoder – Vattenkvot
- SS 02 71 26 Geotekniska provningsmetoder – Kompressionsegenskaper – Ödometerförsök, CRS-försök – Kohesionsjord
- SS 02 71 28 Geotekniska provningsmetoder – Skjuvhållfasthet – enaxligt tryckförsök, UU-försök – Kohesionsjord
- SS 02 71 29 Geotekniska provningsmetoder – Kompressionsegenskaper – Ödometerförsök med stegvis pålastning – Kohesionsjord

3 Provningsutrustning

- Hushållsassistent
- Behållare för blandning
- Våg med 1 gram avläsningsnoggrannhet upp till 2 kg:s mätområde.

- Hylsor av plast med innerdiameter 60 – 70 mm och längd ≥ 200 mm.
- Filtersten (eller porös matta) avsedd för provkroppens undersida
- Plaststämp med filtersten på undersidan, avsedd för provkroppens översida
- Belastningsstänger (beskrivs i avsnitt 7)
- Ställning för hylsor och belastningsstänger (fig. 1b) för att provkropparna ska stå vertikalt
- Provlåda (fig. 1b)

4 Undersökning av ostabiliserad jord

Innan inblandning av stabiliseringsmedel föreslås att följande parametrar bestäms för den ostabiliserade jorden:

- Jordartsbenämning
- Torvens multningsgrad (klassning enligt von Post's humifieringsskala)
- Halt av organiskt material (glödgningsförlust)
- Skrymdensitet (i torv varierar skrymdensiteten mellan 9.0 och 11.0 kN/m³)
- Vattenkvot (w)

De geotekniska provningsmetoderna för bestämning av jordens egenskaper benämnda ovan utförs i Sverige enligt svensk standard.

5 Val av bindemedel

Vid beställningen av inblandningsförsöken ges anvisningar om typ, mängd och proportion stabiliseringsmedel.

6 Inblandning och preparering av provkroppar

Följande tillvägagångssätt föreslås vid inblandning och preparering av stabiliserade torvprover:

- I allmänhet tillverkas minst 2 parallella prover per blandning
- Väg blandarskålen
- Väg jordprovet och lägg det sedan i blandarskålen.

För att fylla en hylsa med en diameter av 68 mm och höjd 200 mm behövs ca 750 g torv per hylsa:

$$V_{hylsa} \approx 7.3 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$d_{torv} \approx 1 \text{ ton/m}^3$$

$$V_{hylsa} * d_{torv} \approx 7.3 * 10^{-4} * 1000 \approx 0.750 \text{ kg torv/hylsa}$$

Detta ger vid dubbelprov ca 1500 g torvmaterial per stabiliseringsmedelsblandning tillverkade vid ett tillfälle.

- Blanda torvprovet till en relativt homogen massa dvs. rötter tas bort
- Väg upp stabiliseringsmedlet och håll sedan ned det i blandarskålen med torvprovet. I torv betyder en mängd av 150 kg/m^3 stabiliseringsmedel en tillsats av ca 150 g stabiliseringsmedel per kg torv:

$$1 \text{ kg torv har en volym av : } \frac{m_{\text{torv}}}{d_{\text{torv}}} = \frac{1.0 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 1.0 * 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\mathbf{P} \quad 1.0 * 10^{-3} \text{ m}^3 * 150 \text{ kg/m}^3 = 0.150 \text{ kg stabiliseringsmedel / kg torv}$$

- Blanda jordprov och stabiliseringsmedel, antingen för hand eller i hushållsassistent, tills dess att massan är homogen (definiering kan göras okulärt).
- Oftast är materialet så flytande att ingen packning behövs (i motsats till gyttja och lera). I princip kan den stabiliserade massan "hällas" ner i hylsorna. Om materialet är mera fast packas hylsorna i ca 5 – 6 lager med en uppluckring med t.ex. en gaffel mellan lagren.
- Bestäm blandningens vattenkvot och det inpackade provets skrymdensitet. (Eftersom provet vid lagring under belastning kommer att komprimeras, kan det vara av intresse att veta w och δ för det nyss inpackade prover.)

7 Lagring/Förvaring

Följande lagringsförfarande föreslås för stabiliserade torvprover :

- Efter det att hylsorna packats placeras en plastplugg med en filtersten på provkroppens övre kortsida. På provets undersida placeras enbart en filtersten.
- Placera provkropparna vertikalt i provlådan.
- Ovanpå hylsan sätts en belastningsstång. Vid beställningen av inblandningsförsöken ges anvisningar om belastning. För en hylsa med diametern 68 mm motsvarar en stång med massan 3.2 kg resp. 6.5 kg en tryckbank med höjden ca 0,5 resp. 1,0 meters i fält (ca 9 resp 18 kPa) :

Fält:

$$d \approx 1.8 \text{ ton / m}^3$$

$$h_1 = 0.5 \text{ m}$$

$$h_2 = 1.0 \text{ m}$$

$$p_1 = dgh \approx 1.8 * g * 0.5 \approx 9 \text{ kPa}$$

$$p_2 \approx 18 \text{ kPa}$$

Laboratoriet:

$$f = 68 \text{ mm}$$

$$A = (f/2)^2 * \pi$$

$$F = m * g$$

$$p = F/A$$

$$m_1 = \frac{p_1 * (f/2)^2 * \pi}{g} \approx 3.25 \text{ kg}$$

$$m_2 \approx 6.5 \text{ kg}$$

- Sätt vatten till provlådan. Vattenhöjden bör vara så högt att provtuberna endast sticker upp ca 1 cm över vattenytan, dvs ca 18 – 19 cm.

- Provkropparna lagras sedan vid den temperatur och luftfuktighet som anvisas vid beställningen av inblandningsförsöken.

8 Undersökning av provkroppar

Efter lagring undersöks de stabiliserade provkropparna varvid de parametrar som anges vid beställningen av inblandningsförsöken bestäms. Även tidpunkten för undersökningen anges vid beställningen. Föreslaget är att följande parametrar bestäms för stabiliserade torvprover:

- vattenkvot
- skrymdensitet
- odränerade skjuvhållfasthet (enaxligt tryckförsök)

Utöver de ovan beskrivna försöken kan även standarddödometerförsök eller CRS-försök utföras, för att bestämma de stabiliserade torvprovernas kompressionsegenskaper.

- Ta upp hylsan ur behållaren
- Ta bort filterstenen i botten och toppen av hylsan
- Ta ut provkroppen ur hylsan med hjälp av en domkraft eller en lämplig stång
- Provhöjden jämnas så att höjdens relativa diameter motsvarar 2:1 (fig. 3)
- Efter utjämningen utförs enaxiella tryckförsök

Samtliga av de ovan beskrivna försöken utförs enligt svensk standard.

4. Faktorer för vidare undersökning

Provningsutrustning

Följande faktorer bör undersökas närmare då det gäller provningsutrustningens utformning:

- Hylsans diameter
För att få ett så representativt prov som möjligt bör diametern på stabiliserade torvprover vara större än vid konventionell provning av lera (f 50 mm). Vad som bör beaktas är bl.a. hur stor diametern på provkropparna kan vara för att konventionella enaxialförsök ska vara möjligt att utföra?
- Provlådans utformning och material
- Utformning av plastpluggen som placeras i toppen och filterstenen som placeras i botten av provhysan
- Material och utformning av belastningsstängerna

Undersökning av ostabiliserad jord

Torvprov som tas upp åldras och ökar i volym. Därför bör restriktioner finnas för:

- Hur det upptagna torvprovet ska förvaras t.ex i plasthink täckt med lock vid temperaturen 8 °C
- Hur länge provet får lagras innan åldringseffekter sätter in

Inblandning och preparering av provkroppar

Vid inblandning och preparering av provkroppar på laboratoriet bör ett så lika förfaringsätt som i fält eftersträvas. Därför bör följande beaktas:

- Hur likt är nuvarande packningsförfarande på laboratoriet det packningsförfarande som sker i fält?
- Hur påverkas stabiliseringseffekten erhållen på laboratoriet av att vatten eventuellt går bort vid packningen?
- Inpackningen av proverna – går det att definiera bättre?

Lagring/Förvaring

Följande faktorer bör undersökas närmare då det gäller lagring och förvaring av provkropparna:

- Lagringstemperatur
Generellt bör provkropparna lagras vid den temperatur och luftfuktighet som förväntas råda i fält. Olika stabiliseringsmedel genererar olika mängd värme vid reaktionen med jorden. Detta innebär att lagringstemperaturen möjligen bör variera beroende på valt stabiliseringsmedel. Torvmaterial är mer porös än lera – hur påverkar värmeutveckling?

- **Belastning**
Generellt bör belastningen motsvara den belastning som förväntas råda i fält d.v.s. normalt 0.5 resp 1.0 meter bank (arbetsbädd) ($\gamma = 9 \dots 18 \text{ kN/m}^3$).
- **Vattenhöjd i provlådan.** Vattenhöjden i provlådan bör vara sådant att det motsvarar det vattentryck som förväntas råda i fält.
- **Kompression.** Hur mycket komprimeras proverna vid lagring? Detta kan användas för att bestämma sättningen som blir i fält.

Undersökning av provkroppar

- **Svårigheter vid uttagning av provkroppar**
Möjligen kan detta avhjälpas genom att smörja in hylsorna med t. ex. formolja.

5. Referenser

- [1] **Axelsson, K., Johansson, S-E., Andersson, R. (2000).** Stabilisering av organisk jord med cement- och puzzolanreaktioner – Förstudie, SD-rapport 3, Linköping.
- [2] **Pousette, K., Jacobsson, A., Mácsik, J. (1996).** Stabilisering av torv, Luleå tekniska universitet, Teknisk rapport 1996:13T, Luleå.
- [3] **SGF (1995).** Kalk- och kalkcementpelare, Vägledning för projektering, utförande och kontroll, Svenska geotekniska föreningen, SGF Rapport 4:95, Linköping.

Publikationer utgivna av Svensk Djupstabilisering

Arbetsrapport

- 1. Arlandabanan, Norra Böjen. Sättningar hos järnvägsbank på kc-pelare (1998)**
Ulf Stjerngren, Jacobson & Widmark
- 2. KC-förstärkning för schakt inom spont, Filipstad Brygge, Oslo (1998)**
Phung Doc Long, Stabilator AB
Håkan Bredenberg, Stabilator AB
- 3. Inblandningsmekanismer vid djupstabilisering med kalk-, kalk/cementpelare och cementpelare (1998)**
Stefan Larsson, Tyréns
- 4. Undersökning av KC-pelare med avseende på dess "homogenitet". (1998)**
Roland Tränk, SGI
- 5. Bestämning av egenskaper i cellstabiliserad torv (1998)**
Nenad Jelusic, Vägverket Region Mitt,
Torbjörn Edstam, SGI & Yvonne Rogbeck, SGI
- 6. Rörelser och portryck vid kalkpelarinstallation Redovisning av mätresultat. (1998)**
Åke Johansson, SGI
- 7. Masstabilisering av väg 590, Askersund (1998)**
Yvonne Rogbeck, SGI
- 8. KC-pelarförstärkning av instabil slänt. E4, delen Nyland - Ullånger, Västernorrlands län. Åtgärder och mätningar (1998)**
Leiv Viberg, SGI, Bertil Eriksson, Vägverket Produktion Mitt & Stefan Johansson, Vägverket Produktion Mitt
- 9. Grunnförstärkning med kalksementpelar (1999)**
Stein Christensen, Arnstein Watn, Steinar Nordal, Arnfinn Emdal, Torbjörn 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, Scandiaconsult
- 12. Undersökning i fält av stabiliseringseffekt i organisk jord och lera (2000)**
Tobias Hansson, Hercules Grundläggning AB, Yvonne Rogbeck, SGI, & Leif Säfström, Vägverket Region Mälardalen
- 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, LTU
- 15. Djupstabilisering med kalk-cementpelare – Provfält (2000)**
Lars O Johansson, SGI
- 16. Laboratorieinblandning för stabilisering av lera – Referensmetod (2000)**
Torbjörn Edstam, SGI
- 17. Kalkcementpelarförstärkning för bro – Funktionsuppföljning. Väst kustbanan, delen Sättinge – Lekarekulle. Bro över väg N359U (km 35/603) (2000)**
Marius Tremblay, VV/SGI
- 18. Kalk- och kalkcementpelare – Jämförelse mellan laboriestabilisering och pelarinstallation (2001)**
Erika Haglund & Evelina Nilsson, Luleå tekniska universitet
- 19. Kalkcementpelare i skivor – Modellförsök (2001)**
Jan Honkanen & Johan Olofsson, KTH

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. Provbank 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



Svensk Djupstabilisering

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