

Metodblad Jordförstärkningsmetoder

SGF:s Jordförstärkningskommitté har tillsammans med ett stort antal experter på olika jordförstärkningsmetoder tagit fram metodblad vars syfte är att;

- informera om olika jordförstärkningsmetoder och deras möjligheter
- skapa ett verktyg för att jämföra olika jordförstärkningsmetoder.

Totalt har 15 stycken metodblad tagits fram och dom kan delas in i 4 huvudgrupper;

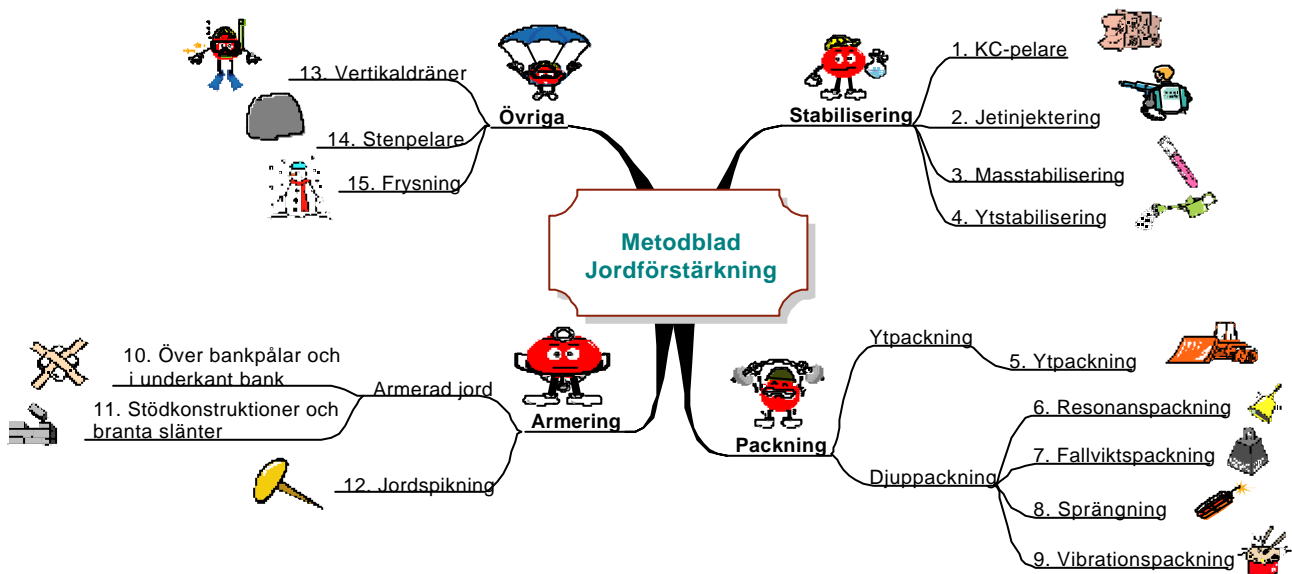
Stabilisering metoder som bygger på att man förändrar egenskaperna hos jorden genom inblandning av någon form av stabiliseringsmedel. (KC-pelare, jetinjektering, masstabilisering, ytstabilisering)

Packning metoder som bygger på att man förändrar egenskaperna hos jorden genom en omlagring antingen på ytan eller djupet. (ytpackning, resonanspackning, fallviktspackning, sprängning, vibrationspackning)

Armering metoder som bygger på att man skapar en samverkan mellan armering och jord för att uppnå en förändring av egenskaperna. (armering över bankpålar och i underkant bank, armerade stödkonstruktioner och branta slänter, jordspikning)

Övriga här finns övriga metoder som inte direkt kan klassificeras enligt någon av ovanstående. (vertikaldränering, stenpelare, frysning)

Metodblad har tagits fram för metoderna i Figur 1.



Figur 1 Metodblad finns för följande jordförstärkningsmetoder

Tanken är att metodbladen skall vara levande dokument. Om du därför har åsikter/kompletteringar till något av metodbladen eller idéer/önskemål om nya/fler metodblad så ber vi dig informera någon i Jordförstärkningskommittén alternativt skicka dina synpunkter till JFK, Gunilla Franzén

Från Jordförstärkningskommittén sida vill vi tacka ALLA som bidragit till att dessa 15 metodblad tagits fram.

Vad kan de olika jordförstärkningsmetoderna användas till?




Nedan ges ett antal olika tillämpningar. De olika metodernas lämplighet har indikerats med olika färger:

Vit (Nej) – metoden används normalt inte för att lösa det aktuella problemet.

Gul (Delvis) – metoden kan användas för att delvis lösa det aktuella problemet.

Grön (Ja) – metoden används normalt för att lösa denna typ av problem

	Reducera sättningar	Reducera risken för skred höja säkerheten	Reducera vibrationer	Reducera läckage - tätning	Reducera erosion
MB					
Kalkcementpelare					
Jetinjektering					
Masstabilisering					
Ytstabilisering					
Ytpackning					
Resonanspackning					
Fallviktspackning					
Sprängpackning					
Vibrationspackning					
Armer. - Över bankpål. / i uk. bank					
Armer. - Stödkonst. / branta slänter					
Jordspikning					
Vertikaldränering					
Frysning					
Stenpelare					

Nej	
Delvis	
Ja	

Figur 2 Vad kan metoden användas till?

I vilka jordar kan metoden användas?

Nedan redovisas de olika metodernas lämplighet i olika typer av jordar. Skalan för lämplighet är:

3 poäng – metoden fungerar utmärkt i den aktuella jorden och brukar användas.

2 poäng – metoden fungerar bra i den aktuella jorden

1 poäng – metoden kan under vissa förutsättningar användas i den aktuella jorden med den är inte så vanlig

Blank ruta indikerar att metoden normalt inte används i denna typ av jord.

	Lös lera	Fast lera	Organisk jord	Silt	Lös sand	Fast sand	Grus	Sprängsten	Lernorän	Morän
Kalkcementpelare	3		2	2	2					
Jetinjektering	2	2	1	2	3	3	3		1	
Masstabilisering	2		3	1	1					
Ytstabilisering	1	2	1	2	2	2	3		3	3
Ytpackning		2		2	3	3	3	3	2	2
Resonanspackning				1,5	3		1			1
Fallviktspackning				1,5	3	1	2,5	2	1	1
Sprängpackning				1,5	2,5		1,5			1
Vibrationspackning				1,5	3		1			1
Armer. - Över bankpål. och i uk. bank	2	3	2	3	3					
Armer. - Stödkonst.och branta slänter		2		2	2	3	3	3	3	3
Jordspikning		1		2	3	3	2		2	1
Vertikaldränering	3	1,5	2	2						
Stenpelare	2	1,5	2	2	3					
Frysning		1		1,5	3	3	3		1,5	2

kan	1
Bra	2
Utmärkt	3

Figur 3 I vilka jordar kan metoden användas?

Kalkcementpelare

Metodbeskrivning

Kalkcementpelare (KC-pelare) kan användas bl.a. för att reducera sättningar och för att öka stabiliteten för exempelvis väg- och järnvägsbankar, djupa schakter och ledningsgravar. Metoden används främst i lera men också i andra jordar.

KC-pelare skapas genom att ett blandningsverktyg roteras ned till avsett djup. I bottenläget vänds rotationsriktningen och under uppdragningen matas bindemedlet ut under kraftig rotation. Pelare kan göras ned till ca 25 m djup och diametern är vanligen 0,6 eller 0,8 m. Pelarna kan installeras singulärt eller sammanfogade med överlappning varvid massiva block, skivor eller andra mönster kan utformas. Centrumavståndet för singulära pelare är normalt 0,8 – 1,7 m.

Genom samverkan mellan pelare och omgivande jord erhålls ett block med högre hållfasthet och modul än den oförstärkta leran. Normalt ökar hållfastheten 10-20 gånger inom en månad.

Olika typer och mängder av bindemedel kan användas bl.a. beroende på jordart och önskad effekt. De vanligaste bindemedlen är kalk och cement, men även andra bindemedel förekommer.

Fördelar

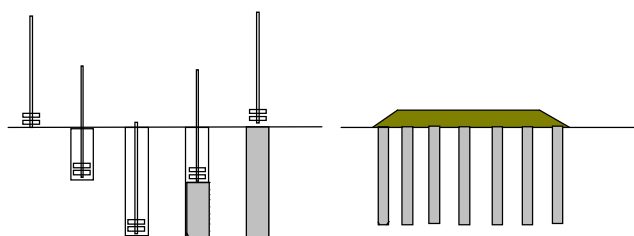
- § Kostnadseffektiv metod.
- § Flexibel, kan anpassas m.h.t. jordförhållanden och platsspecifika krav.
- § Miljövänlig, bl.a. med hänsyn till lågt buller och små vibrationer under installation samt utnyttjande av jorden.

Projektering och utförande

- [1] Svenska Geotekniska Föreningen, Rapport 2:2000, "Kalk- och kalkcementpelare. Vägledning för projektering, utförande och kontroll". Beställs från SGI:s litteraturtjänst.

Referensobjekt

- [2] Kalk-cementpelare har använts i mycket stor omfattning inom infrastrukturbyggandet, ex vis på Mälärbanan, Svealandsbanan, Västkustbanan, E18-E20, och E6.
- [3] Edstam, T. (1997) "Erfarenhetsbank för kalk-cementpelare", SD-rapport 1. Beställs från SD c/o SGI, tel. 013-20 18 61.
- [4] Holm, G. (1999) Applications of Dry Mix Methods for Deep Soil Stabilization," Keynote lecture, Proc. of the Int. Conf. on Dry Mix Methods for Deep Soil Stabilisation, Stockholm 13-15 October.
- [5] Broms, B.B. (2000) Lime and Lime/Cement Columns – Summary and Visions," 4th GIGS, Helsinki, 43-93



Observera

- § Speciell uppmärksamhet bör ägnas åt kontroll och uppföljning. Aktiv design"bör tillämpas, vilket innebär att en preliminär design, baserad på förprovning, följs upp med provning och kontroller under byggskedet som i sin tur ligger till grund för eventuella justeringar av konstruktionen/utförandet.
- § De olika jordlagren på platsen skall karaktäriseras. Block, sten, stubbar, gamla pålar, avlopps- och vattenledningar kan försvåra installationen.

Vad kan metoden användas till?

Reducera sättningar	J
Reducera risken för skred –höja säkerheten	J
Reducera vibrationer	J
Reducera läckage –förbättra tätning	D
Reducera erosion	N

- J metoden används normalt för att lösa denna typ av problem
D metoden kan användas för att delvis lösa det aktuella problemet.
N metoden används normalt inte för att lösa det aktuella problemet.

I vilka typer av jordar kan metoden användas?

Typ av jord	Används ej	Kanske	Bra	Utmärkt
Lös lera				X
Fast lera	X			
Organisk jord			X	
Silt			X	
Lös sand			X	
Fast sand	X			
Grus	X			
Sprängsten	X			
Lermorän	X			
Morän	X			

- Används ej metoden är inte lämplig eller relevant i den aktuella jorden
Kanske metoden kan under vissa förutsättningar användas i den aktuella jorden dock mindre vanlig
Bra metoden fungerar bra i den aktuella jorden
Utmärkt metoden fungerar utmärkt i den aktuella jorden och brukar användas.

Korta kommentarer avseende

- Beständighet Hållfastheten växer normalt till under lång tid. Inga problem med beständighet har konstaterats.
- Miljöpåverkan Ett visst läckage av KC-damm från processen är normalt om inte särskilda åtgärder vidtages. KC-damm är inte giftigt men ger brännskador på hud och slemhinnor och t ex lackering på bilar.
- Årstidberoende -

Jämförelseindex - tidsåtgång

Tillämpning	< 1 dag	1-2 dagar	3-5 dagar	> 1 vecka
Bank - sättning		X ¹	X ²	
Bank - stabilitet		X ¹	X ²	
Schakt		X ¹	X ²	
Grundläggning byggnad		X ¹	X ²	

Anger tid för att utföra 100 m² resp. 1000 m³ med den aktuella metoden. Tid räknas från det att etablering, inklusive material leverans är gjord, till förstärkning är avslutad (gäller 1 maskin, 1 skift/dag exkl. avetablering och härdning).

Anmärkning:

¹ Tid för 100 m². Antaget 15 meter långa pelare, centrumavstånd 1 m, diameter 0,6 m.

² Tid för 1000 m³. Motsvarar ca 3500 pelare med diam. 0,6 m eller ca 2000 m med diam. 0,8 m.

Jämförelseindex - kostnad

Tillämpning	< 50 tkr	50-100 tkr	100-200 tkr	> 200 tkr
Bank - sättning		X		
Bank - stabilitet		X		
Schakt		X		
Grundläggning byggnad		X		

Anger kostnad för att utföra 100 m² med den aktuella metoden. Alternativt 1000 m³ – ca 200 tkr. Kostnad inkluderar enbart förstärkningen inte etablering mm.

Anmärkning:

Antaget 15 meter långa pelare, centrumavstånd 1 m, diameter 0,6 m.

Etableringskostnaden är i storleksordningen 40 tkr för en och 60 tkr för två KC-maskiner med tillhörande utrustning.

Jämförelseindex - utförande

Tillämpning	1 mycket enkel	2 enkel	3 standard	4 avancerad	5 mycket avancerad
Bank - sättning			X ¹	X	
Bank - stabilitet				X	X
Schakt				X	X
Grundläggning byggnad				X	

Bedömning av metodens behov av specialkompetens och utrustning. Högt värde kräver specialutrustning samt specialutbildad personal.

Anmärkning:

¹ Utpräglat skiktad jord kräver speciell uppmärksamhet.

Jämförelseindex - kontroll

Tillämpning	1 mycket litet	2 litet	3 normalt	4 stort	5 mycket stort
Bank - sättning			X	X	
Bank - stabilitet				X	X
Schakt				X	X
Grundläggning byggnad				X	X

Gör en bedömning av behovet av kontroll. En ny metod i en svår jord ger ett högt värde.

Anmärkning: Kontrollbehovet ökar intill byggnader och andra konstruktioner. Förprovning av provpelare minskar kontrollbehovet. Det finns ett behov av fortsatt utveckling av beräknings- och kontrollmetoder i fält. "Kontrollen utförs för att säkerställa att pelarna utförts enligt uppställda krav. Entreprenören utför alltid en omfattande egenkontroll. Sättningsförloppet följs normalt upp med slangättningsmätare och/eller markpegelare för mätning av markytans sättning. Hållfastheten och likformigheten i pelarna följs upp med speciella pelarsonderingar. Vid speciella förhållanden mäts även horisontella rörelser och portryck."

Jetinjektering

Metodbeskrivning

Jetinjektering utförs för att förstärka jord i samband med schaktning och grundläggning eller grundförstärkning. Jetinjektering utförs även som tätskärmar i vattenförande jord.

Jetinjektering är en högtrycksmetod där slurry av cement och vatten, ibland i kombination med luft eller luft och vatten, injekteras i jorden. Vanligen använda injekteringsstryck är 400 – 500 bar vilket är tillräckligt för att jetstrålen skall kunna luckra upp jorden så att injekteringsmedlet kan tränga in i alla porer.

Injekteringen utförs genom att injekteringsutrustningen roteras och lyfts uppåt genom ett borrhål i jorden. På så sätt åstadkoms successivt en pelare (jetpelare) av injekterad jord med 0,4 – 2 meters diameter samtidigt som överskottsslam pressas upp genom borrhålet.

Jetinjektering har använts till grundförstärkning av befintliga byggnader, jordförstärkning av schaktväggar och tunneltak samt tätning av jordlager mot vattenströmning.

Jetpelare kan kombineras med stålrör e.dyl. för att öka pelarnas momentkapacitet.

Fördelar

- § Jämfört med andra injekteringsmetoder har metoden förhållandevis hög tryckhållfasthet på den injekterade zonen och någorlunda förbestämbar volym
- § Skonsam mot omgivningen med avseende på vibrationer.
- § Förstärkning kan ske från markytan genom förborrade hål, nära intill och förbi hinder.

Utförande och design

- [1] Holm, G. Eriksson, U. Svensson, PL (1992), Jetinjekteringsmetoden, BFR rapport T2:1992.

Referensobjekt

- [2] Eriksson, U. (2001) "Jetinjering i Saltjöbron, Södertälje". Grundläggningdagen 2001. SGF – Svenska Geotekniska Föreningen, 149-158.
- [3] von Reetz, P. (1999) "Trevialt" (Brunkebergstorg, Stockholm). Grundläggningdagen 1999. SGF – Svenska Geotekniska Föreningen, 121-138.
- [4] L. Ø. Hoksrud, (1991) "Eidangerprosjektet – Riksveg 36, Porsgrunn, Telemark". Forelesningskompendier fra minikonferanse den 25 september 1991. Skien, Norge.



Observera

- § Överskottsslam från injekteringen tränger upp till markytan och måste tas omhand för deponering.
- § Pumpar och kompressorer ger relativt hög ljudvolym.
- § Risk för hävning i omgivande mark och ledningar samt lågt intilliggande golv, speciellt om överskottsslamm hindras från att tränga upp till markytan.
- § Relativt dyrbar kontroll med kärnboring.

Vad kan metoden användas till?

Reducera sättningar	J
Reducera risken för skred –höja säkerheten	J
Reducera vibrationer	D
Reducera läckage –förbättra tätning	J
Reducera erosion	J

- J metoden används normalt för att lösa denna typ av problem
D metoden kan användas för att delvis lösa det aktuella problemet.
N metoden används normalt inte för att lösa det aktuella problemet.

I vilka typer av jordar kan metoden användas?

Typ av jord	Används ej	Kanske	Bra	Utmärkt
Lös lera			X	
Fast lera			X	
Organisk jord		X		
Silt			X	
Lös sand				X
Fast sand				X
Grus				X
Sprängsten	X			
Lermorän		X		
Morän	X			

- Används ej metoden är inte lämplig eller relevant i den aktuella jorden
Kanske metoden kan under vissa förutsättningar användas i den aktuella jorden dock mindre vanlig
Bra metoden fungerar bra i den aktuella jorden
Utmärkt metoden fungerar utmärkt i den aktuella jorden och brukar användas.

Korta kommentarer avseende

- Beständighet Hög beständighet, dock avhängigt cementtyp.
- Miljöpåverkan Miljöpåverkande i utförandeskedet genom:
relativt hög ljudvolym från pumpar och kompressorer,
cementhaltigt överskottsslam som måste tas omhand och deponeras.
hög vatten- och elförbrukning.
- Årstidsberoende Reducerad kapacitet vid stark kyla, alternativt vinterkostnader i form av tält och uppvärmning.

Jämförelseindex - tidsåtgång

Tillämpning	< 1 dag	1-2 dagar	3-5 dagar	> 1 vecka
Grundförstärkning av byggnader ¹⁾			X	
Tätskärm eller schaktvägg ²⁾		X		
Tunneltak ³⁾			X	

Anger tid för att utföra 100 längdmeter (lm) jetpelare. Tid räknas från det att etablering inklusive material leverans är gjord, till förstärkning är avslutad (exkl. avetablering).

Jämförelseindex - kostnad

Tillämpning	< 50 kkr	50-100 kkr	100-200 kkr	> 200 kkr
Grundförstärkning av byggnader ¹⁾				X
Tätskärm eller schaktvägg ²⁾			X	
Tunneltak ³⁾				X

Anger kostnad för att utföra 100 lm jetpelare. Kostnad inkluderar enbart förstärkningen inte etablering mm.

Jämförelseindex -utförande

Tillämpning	1 mycket enkel	2 enkel	3 standard	4 avancerad	5 mycket avancerad
Grundförstärkning av byggnader					X
Tätskärm eller schaktvägg					X
Tunneltak					X

En bedömning av metodens enkelhet/respektive behov av specialkompetens och specialutrustning. Högt värde kräver specialutrustning samt specialutbildad personal

Jämförelseindex - kontroll

Tillämpning	1 mycket litet	2 litet	3 normalt	4 stort	5 mycket stort
Grundförstärkning av byggnader ^{4, 5)}				X	
Tätskärm eller schaktvägg ^{4, 5)}					X
Tunneltak ^{4, 5)}					X

Bedömning av behovet av kontroll. En ny metod i en svår jord ger ett högt värde.

Anmärkningar:

- 5 lm borrhning och 3 lm injektering per pelare.
- 16 lm borrhning och 15 lm injektering per pelare.
- 10 lm borrhning och 5 lm injektering per pelare.
- Egenkontroll av:
 - § provpelare ⇒ tillverkningsrecept,
 - § ansättning vid borrhning (läge och lutning),
 - § borrhningsresultat (block eller andra hinder, riktningsavvikelser mm),
 - § injekteringsdata (VCT, stigning, injekteringstryck, injekteringsflöde).
- Resultatkontroll av:
 - § tryckhållfasthet,
 - § pelardimension och utseende (om möjligt),
 - § anliggning mot konstruktioner som skall bäras upp.

Masstabilisering

Metodbeskrivning

Masstabilisering är en stabiliseringsmetod där bindemedel blandas i olika organiska jordarter. Den utförs med ett blandningsverktyg som är installerat på en grävmaskin. Stabiliseringen görs i horisontell och vertikal riktning och på detta sätt skapas ett "styvt block". Blockets tjocklek brukar variera mellan 1 och 5 m. Väg- och järnvägsbankar kan grundläggas på den masstabiliserade jorden.

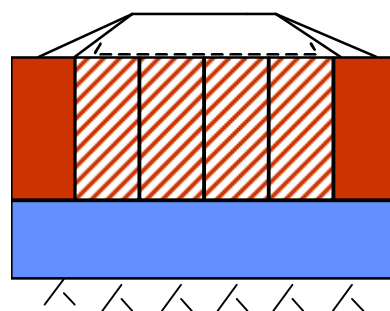
Utrustningen vid masstabilisering utgörs av en modifierad grävmaskinsarm, kompletterad med bindemedelsbehållare, kompressorstation och ett blandningsverktyg som är installerat på grävmaskinen. Bindemedlet matas pneumatiskt och mängden av bindemedel mäts genom vägning. Diametern på ett blandningsverktyg är normalt 600 - 800 mm och rotationshastigheten är 80 - 100 varv/min.

Ett alternativt utförande för masstabilisering är sk cellstabilisering (pelarna installeras omlott för att stabilisera hela jordvolymen).

Direkt efter det att den stabiliserade jorden härdat läggs en geotextil och överlast ut över ytan. Detta för att erhålla ett masstabiliserat block med mer homogena egenskaper.

Fördelar

- § Kan användas för stabilisering av organiska jordar
- § Kan användas för att fixera förorenade massor.



Observera

- § Lämplig bindemedelstyp och bindemedels-mängd bör bestämmas i laboratorium innan det testas i fält.

Utförande och design:

- [1] EuroSoilStab (2002). Development of design and construction methods to stabilise soft organic soils. Design guide soft soil stabilisation. CT97-0351. Project No. BE-96-3177. European Commission. Industrial & Materials Technologies Programme (Brite-EuRam III)

Referensobjekt:

- [2] Jelusic, N, Edstam, T, Rogbeck, Y (1997) Bestämning av egenskaper i cellstabiliserad torv. Svensk Djupstabilisering Arbetsrapport 5, 17 + /113/ s, Linköping.
- [3] Jelusic, N. (1999) Masstabilisering licentiatavhandling. LTH.
- [4] Rogbeck, Y (1998) Masstabilisering av väg 590, Askersund, Svensk Djupstabilisering Arbetsrapport 7, 11 + ca /20/ s, Linköping.
- [5] Rogbeck, Y, Jelusic, N, Säfström, L (1999) Properties of mass- and cell stabilization: Two case studies in Sweden, International conference on dry mix methods for deep stabilization, Stockholm, Oct. 1999. s 269-274.

Vad kan metoden användas till?

Reducera sättningar	J
Reducera risken för skred –höja säkerheten	J
Reducera vibrationer	J
Reducera läckage –förbättra tätning	D
Reducera erosion	N

- J metoden används normalt för att lösa denna typ av problem
D metoden kan användas för att delvis lösa det aktuella problemet.
N metoden används normalt inte för att lösa det aktuella problemet.

I vilka typer av jordar kan metoden användas?

Typ av jord	Används ej	Kanske	Bra	Utmärkt
Lös lera			X	
Fast lera	X			
Organisk jord				X
Silt		X		
Lös sand		X		
Fast sand	X			
Grus	X			
Sprängsten	X			
Morän	X			
Lermorän	X			

- Används ej metoden är inte lämplig eller relevant i den aktuella jorden
Kanske metoden kan under vissa förutsättningar användas i den aktuella jorden dock mindre vanlig
Bra metoden fungerar bra i den aktuella jorden
Utmärkt metoden fungerar utmärkt i den aktuella jorden och brukar användas.

Korta kommentarer avseende

- Beständighet Inga problem med beständighet har konstaterats.
- Miljöpåverkan Ett visst läckage av bindemedels damm från processen är normalt om inte särskilda åtgärder vidtages. Bindemedels damm är inte giftigt men kan ge brännskador på hud och slemhinnor. Lackering på bilar kan skadas.
- Årstidberoende Kan vara svår att använda vid tjäle.

Jämförelseindex - tidsåtgång

Tillämpning	< 1 dag	1-2 dagar	3-5 dagar	> 1 vecka
Bank - sättning		X		
Bank - stabilitet		X		
Grundläggning byggnad		X		

Anger tid för att utföra 100 m² med den aktuella metoden. Tid räknas från det att etablering inklusive material leverans är gjord, till förstärkning är avslutad (exkl. avetablering).

Anmärkning:

Antagit att masstabiliserings tjocklek är 3 m och bindemedelsmängden är 150 kg/m³.

Jämförelseindex - kostnad

Tillämpning	< 50 tkr	50-100 tkr	100-200 tkr	> 200 tkr
Bank - sättning		X		
Bank - stabilitet		X		
Grundläggning byggnad		X		

Ange kostnad för att utföra 100 m² med den aktuella metoden. Kostnad inkluderar enbart förstärkningen inte etablering mm.

Anmärkning:

Antagit att masstabiliserings tjocklek är 3 m och bindemedelsmängden är 150 kg/m³.

Etableringskostnaden är i storleksordningen 50-100 tkr.

Jämförelseindex –utförande

Tillämpning	1 mycket enkel	2 enkel	3 standard	4 avancerad	5 mycket avancerad
Bank - sättning				X	
Bank - stabilitet				X	
Grundläggning byggnad				X	

Bedömning av metodens enkelhet” respektive behov av specialkompetens och utrustning. Högt värde kräver special utrustning samt special utbildad personal

Jämförelseindex - kontroll

Tillämpning	1 mycket litet	2 litet	3 normalt	4 stort	5 mycket stort
Bank - sättning				X	
Bank - stabilitet				X	
Grundläggning byggnad				X	

Bedömning av behovet av kontroll. En ny metod i en svår jord ger ett högt värde.

Anmärkning:

Resultat från laborieprovningar skiljer sig ofta från resultaten från fält. Detta bör beaktas när man väljer designvärden och man bör kontrollera erhållen hållfasthet i fält.

Ytstabilisering

Metodbeskrivning

Ytstabilisering används för att förändra jordens egenskaper så att de uppfyller aktuella krav för den aktuella tillämpningen t.ex. bärighets- och packningsegenskaper för vägbygge. Tekniken är en tvåstegsprocess.

Det första steget modifierar jordens egenskaper bl.a. packningsegenskaperna. Det andra steget stabiliserar jorden d.v.s. jordens hållfasthet, permeabilitet och erosionsegenskaper förändras. Bindemedlet sprids på ytan som skall stabiliseras. Därefter fräses ytan med en stabiliseringsfräs som blandar jord och bindemedel.

Vid behov vattnas ytan och en andra fräsning utförs. Om inte finfördelningskriterierna blivit uppfyllda efter första fräsningen kan detta också leda till en andra fräsning av ytan. Ytan packas med en vält och en nivåjustering utförs. Efter nivåjusteringen görs en slutpackning.



Fördelar

- § Material på plats kan användas i stor utsträckning.
- § Inget behov av materialskiljande lager.
- § Reducering av överbyggnadstjockleken.
- § Minskat problem med erosion
- § Mycket vattenkänsliga jordar som finkorniga moräner kan få ett mycket större användningsområde.
- § De finkorniga jordarnas byggsäsong kan utökas om rätt bindemedel används.

Observera

- § Otillräcklig packning kan innebära låg bärighet och detta påverkar i sin tur ovanliggande skikt. Dålig homogenisering kan leda till ojämna sättningar i skiktet. Använd rätt utrustning.

Design och utförande

I dagsläget finns inga färdiga svenska rekommendationer. I stället rekommenderas laboratorieförsök i kombination med provtytor på det aktuella projektet. Dock brukar den normala bindemedelshalten variera mellan 1,5 % och 6 %.

[1] British Lime Association, "Lime Stabilisation"

[2] Följande hemsida ger en del information om metoden - www.auststab.com.au

Referensobjekt

- [3] Yttre Ringvägen i Malmö, kalkstabilisering av lermorän med släckt kalk
- [4] Malmö Sturups Flygplats, cementmodifiering av lerig sandmorän

Vad kan metoden användas till?

Reducera sättningar	J
Reducera risken för skred –höja säkerheten	J
Reducera vibrationer	D
Reducera läckage –förbättra tätning	D
Reducera erosion	J

- J metoden används normalt för att lösa denna typ av problem
D metoden kan användas för att delvis lösa det aktuella problemet.
N metoden används normalt inte för att lösa det aktuella problemet.

I vilka typer av jordar kan metoden användas?

Typ av jord	Används ej	Kanske	Bra	Utmärkt
Lös lera		X		
Fast lera			X	
Organisk jord		X		
Silt			X	
Lös sand			X	
Fast sand			X	
Grus				X
Sprängsten	X			
Morän				X
Lermorän				X

- Används ej metoden är inte lämplig eller relevant i den aktuella jorden
Kanske metoden kan under vissa förutsättningar användas i den aktuella jorden dock mindre vanlig
Bra metoden fungerar bra i den aktuella jorden
Utmärkt metoden fungerar utmärkt i den aktuella jorden och brukar användas.

Korta kommentarer avseende

- Beständighet Mycket god beständighet men kan variera med olika bindemedel och olika jordar.
- Miljöpåverkan Sparar naturgrus och krossmaterial samt minskar behovet av transportarbete. Viss damning kan dock ske.
Miljöpåverkan beror på val av bindemedel.
- Årstidberoende Bindemedelsberoende men bör normalt ej utföras vid nederbörd, minusgrader eller med tjalade massor.

Jämförelseindex - tidsåtgång

Tillämpning	< 1 dag	1-2 dagar	3-5 dagar	> 1 vecka
Stabilisering av vägyta	X			

Anger tid för att utföra 100 m² med den aktuella metoden. Tid räknas från det att etablering inklusive materialleverans är gjord, till förstärkningen är avslutad (exkl. avetablering).

Jämförelseindex - kostnad

Tillämpning	< 50 kkr	50-100 kkr	100-200 kkr	> 200 kkr
Stabilisering av vägyta	X			

Anger kostnad för att utföra 100 m² med den aktuella metoden. Kostnad inkluderar enbart förstärkningen inte etablering mm.

Anmärkning: Kostnader inkluderar arbete och bindemedel

Jämförelseindex - utförande

Tillämpning	1 mycket enkel	2 enkel	3 standard	4 avancerad	5 mycket avancerad
Stabilisering av vägyta				X	

En bedömning av metodens enkelhet respektive behov av specialkompetens och specialutrustning. Högt värde kräver specialutrustning samt special utbildad personal

Anmärkning: Metoden är relativt ny i Sverige och kräver därför special kompetens.

Jämförelseindex - kontroll

Tillämpning	1 mycket litet	2 litet	3 normalt	4 stort	5 mycket stort
Stabilisering av vägyta				X	

Bedömning av behovet av kontroll. En ny metod i en svår jord ger ett högt värde.

Anmärkning:

Mängden bindemedel kontrolleras genom att väga 1 m² fiberduk som varit utplacerad på ytan.

Fräsningen kontrolleras med avseende på djup och finfördelningen av jorden. Här bör också det stabiliserade materialets packningsegenskaper kontrolleras.

Ytpackning

Metodbeskrivning

Ytpackning, dvs lagervis packning av främst jord- och bergmaterial, är en väl etablerad och allmänt använd metod vid anläggningar av vägar, gator, järnvägar, flygfält, dammar och många andra byggnadsprojekt. Ett på riktigt sätt utfört packningsarbete gör det möjligt att avsevärt öka fyllningsmaterialens bärighet och stabilitet, minska vattengenomsläppligheten samt undvika eftersättningar av skadlig storlek. Detta leder till minskade underhållskostnader och ökad livslängd.

Fyllningsmaterialen kan variera från leror till stenfyllningar med meter stora block. För packning av jord och sprängsten används normalt självgående eller traktordragna vibrationsvältar av olika storlekar och för mindre arbeten vibratorplattor eller vibratorstamper.

Största lämpliga lagertjocklekar för olika jordarter vid användning av olika typer och storlekar av packningsmaskiner finns tabellerade i Anläggnings AMA 98 och ATB VÅG. Grovkorniga material – sand, grus, sten och block – kan packas i relativt tjocka lager och packningen kan med mycket bra resultat även utföras i regnigt väder. Finkorniga och blandkorniga material – morän, silt och lera måste packas i tunnare lager. Packningsresultaten påverkas i hög grad av materialens vattenkvot och därmed av väderförhållandena.

Fördelar

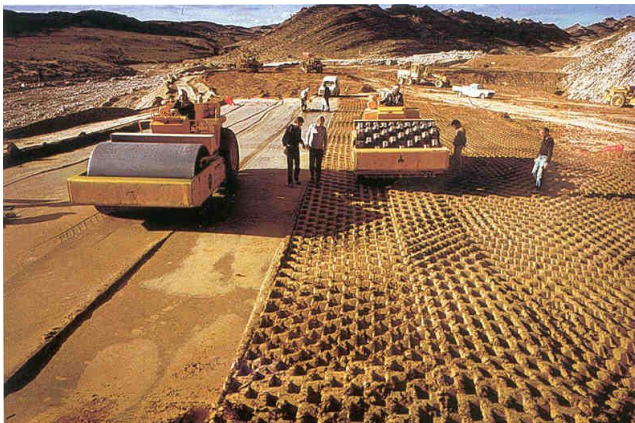
- § Väl etablerad och allmänt använd metod.
- § Vid större arbeten uppgår packningskostnaden normalt till endast 2 till 4% av den totala kostnaden för t.ex. en vägbank eller en vägöverbyggnad

Projektering och utförande

- [1] Anläggnings AMA 98.
- [2] ATB VÅG utgiven av Vägverket.
- [3] Jord- och stenfyllningsdammar utgiven av Vattenfall.
- [4] Lars Forssblad: "Packning – Handbok om packning av jord- och bergmaterial", Svensk Byggtjänst 2000

Referensobjekt

Lämplig maskinutrustning och lämpliga packningsförfaranden för olika typer av jord- och bergmaterial och för olika typer av anläggningar behandlas i ovannämnda publikation "Packning – Handbok om packning av jord- och bergmaterial" i handboken finns även en omfattande litteraturlista.



Tunga självgående vibrationsvältar vid dammbygge. Vält med slät vals för packning av stödfyllning. Vält med padfotsvals för packning av tättkärna. (bild hämtad från "Packning – Handbok om packning av jord- och bergmaterial", Svensk Byggtjänst)

Observera

- § Frusna jordmaterial är mer eller mindre omöjliga att packa till erforderlig packningsgrad.
- § Hög vattenkvot försvårar i hög grad packning av finkornig jord
- § Inverkan av aktuella och förväntade väderleksförhållanden måste därför alltid beaktas.

Vad kan metoden användas till?

Reducera sättningar	J
Reducera risken för skred –höja säkerheten	J
Reducera vibrationer som påverkar omgivningen	N
Reducera läckage –förbättra tätning	J
Reducera erosion	J

- J metoden används normalt för att lösa denna typ av problem
D metoden kan användas för att delvis lösa det aktuella problemet.
N metoden används normalt inte för att lösa det aktuella problemet.

I vilka typer av jordar kan metoden användas?

Typ av jord	Används ej	Kanske	Bra	Utmärkt
Lös lera	X			
Fast lera			X	
Organisk jord	X			
Silt			X	
Lös sand				X
Fast sand				X
Grus				X
Sprängsten				X
Morän			X	
Lermorän			X	

- Används ej metoden är inte lämplig eller relevant i den aktuella jorden
Kanske metoden kan under vissa förutsättningar användas i den aktuella jorden dock mindre vanlig
Bra metoden fungerar bra i den aktuella jorden
Utmärkt metoden fungerar utmärkt i den aktuella jorden och brukar användas.

Korta kommentarer avseende

- Beständighet Packningen kan ändras med tiden och faktorer som tjäle inverkar.
- Miljöpåverkan Vid användning av tyngre vibrerande packningsmaskiner måste risken för skador på närliggande byggnader orsakade av markvibrationer beaktas. Frågan behandlas i kap 13 i ovan nämnda handbok.
- Årstidberoende Den ogynnsamma inverkan av kyla och nederbörd vid packning av framförallt finkorniga och blandkorniga jordmaterial måste alltid beaktas.

Jämförelseindex - tidsåtgång

Tillämpning	< 1 dag	1-2 dagar	3-5 dagar	> 1 vecka
Sprängsten (t = 1 m)	X			
Grovkornig jord (t = 0,6 m)	X			
Blandkornig jord (t = 0,5 m)	X			
Finkornig jord (t = 0,3 m)	X			

Anger tid för att utföra 100 m² med den aktuella metoden. Tid räknas från det att etablering inklusive material leverans är gjord, till förstärkning är avslutat (exkl. avetablering).

Anmärkning:

Antagit total mäktighet av 2 m och användning av medeltung självgående vibrationsvält (statisk linjelast 30 kN/m). Kapaciteten vid kontinuerligt vältarbete kan beräknas enligt Figur 12.1 i handboken. Medel kapaciteter som uppnås under en längre tidsperiod uppgår till i runt tal 50 % av de angivna värdena.

Jämförelseindex - kostnad

Tillämpning	< 50 tkr	50-100 tkr	100-200 tkr	> 200 tkr
Sprängsten (t = 1 m)	x			
Grovkornig jord (t = 0,6 m)	X			
Blandkornig jord (t = 0,5 m)	X			
Finkornig jord (t = 0,3 m)	X			

Anger kostnaden för att utföra 100 m² med den aktuella metoden. Kostnaden inkluderar enbart förstärkningen inte etablering mm. I priset inkluderas ej kostnad för fyllning.

Anmärkning:

Antagit kostnad för vält + förare ca 1 tkr/h

Etableringskostnaden är i storleksordningen i allmänhet låg om inte trailer krävs för transport (< 5tkr)

Jämförelseindex - utförande

Tillämpning	1 mycket enkel	2 enkel	3 standard	4 avancerad	5 mycket avancerad
Sprängsten			X		
Grovkornig jord			X		
Blandkornig jord			X		
Finkornig jord				X	

En bedömning av metodens enkelhet¹ respektive behov av special kompetens och utrustning. Högt värde kräver special utrustning samt special utbildad personal

Anmärkning:

Vatten och frost kan försvåra packningen.

Jämförelseindex - kontroll

Tillämpning	1 mycket litet	2 litet	3 normalt	4 stort	5 mycket stort
Sprängsten			X		
Grovkornig jord			X		
Blandkornig jord			(X)	X ¹	
Finkornig jord				X	

En bedömning av behovet av kontroll. En ny metod i en svår jord ger ett högt värde.

Anmärkning:

För kontroll av jordpackningsarbeten tillämpas antingen utförandekontroll (fortlöpande övervakning av lagertjocklekar och antal överfarter med lämplig typ av packningsmaskin) eller resultatkontroll utförs genom bestämning av ytans bärighet med hjälp av statiska plattbelastningsprov eller fallviktsmätningar. Alternativt kontrolleras att det packade materialets densitet uppnått föreskriven packningsgrad. Packningsgraden beräknas med utgångspunkt från den maximala densitet som uppnåtts vid tung laboratorieinstampning. Resultatkontroll tillämpas exempelvis för vägöverbyggnader och vid jorddammsbyggen. Med välmonterade packningsmätare kan en heltäckande kartläggning och dokumentation av den packade ytans bärighet genomföras.

¹ för siltmorän

Resonanspackning

Metodbeskrivning

Resonanspackningen utförs med en vibrator med variabel frekvens samt ett packningsdon som har ett dubbelt Y-tvårsnitt. Tack vare den reducerade dynamisk styvheten (öppningar) ökas kontakten mellan packningsdonet och den omgivande jorden, som förbättrar överföringen av vibrationsenergin. Som packningsmaskin används normalt en pålkran med gejder. Packningen utförs i tre faser. Under nerträngningen av packningsdonet används en hög vibrationsfrekvens, omkring 30 Hz. Under packningsfasen reduceras vibrationsfrekvensen så att resonans- (förstärknings-) effekter uppnås i jordlagret. Packningsfrekvensen ligger typiskt mellan 10 – 18 Hz. Under uppdragningen används igen en högre vibrationsfrekvens, för att undvika att den packade jorden luckras upp igen. Genom variationen av vibreringsfrekvensen ökas packningens effektivitet och minskas slitaget på utrustningen. Packningen sker normalt i två etapper, där den första etappen utförs i ett rektangulärt ruttmönster och den andra etappen i diagonalpunkterna.



Fördelar

- § Hög produktionskapacitet
- § Hela packningsprocessen kontrolleras och dokumenteras genom elektronisk övervakning.
- § Packning kan utföras även i vibrationskänslig omgivning.
- § Kan utföras i torr och vattenmättad friktionsjord samt under vattenyta.

Observera

- § Lämpligt att använda en vibrator med variabel frekvens samt dynamiskt avstämt packningsdon.
- § Optimal packningseffekt uppnås genom provpackning, packningseffekten kontrolleras genom CPT-sondering.
- § Jordar med friktionskvot > 1,5 % är svårpackade. Kohesionsjord med friktionskvot > 2% är ej lämplig för vibrationspackning.
- § Djuppackning är inte effektiv på ett djup mindre än ca. 2 m, där ytpackning bör ske medels vibrationsvält eller vibroplatta.

Projektering och utförande

- [1] Massarsch, K. R., (2001). Deep compaction of granular soils - an overview.' International conference on deep foundation practice, incorporation Piletalk. International Conference, Singapore, April 2001, s 13-29.
- [2] Massarsch, K. R., (2000).Vibratorers användningsmöjligheter vid drivning av pålar och spont' Pålkommisionen. Rapport 99, 39 s.
- [3] Sandberg, A., Törnbom, M., (1996). Seismic Down-Hole tests in MRC compacted sand.' Kungliga tekniska högskola. Jord- och bergmekanik. Examensarbete 96/4, 54 + /22/ s.

Referensobjekt

- [4] Massarsch, K. R., 1997. Djupgrundläggning enligt MRC-metoden. Erfarenheter från flygplatsprojekt i Singapore.' Grundläggningdagen 97, Stockholm, 6 mars 1997, 1. SGF . 154 + /4/ p; 2. /32/ p
- [5] Krogh, P., Lindgren, A., (1997). Dynamic field measurements during deep compaction at Changi Airport, Singapore.' Kungliga tekniska högskola. Jord- och Bergmekanik. Examensarbete 97/9, 88 + /86/ s.
- [6] Gallon, A., Netterman, K., (1996). Time-dependent change of properties in hydraulic fill after MRC-compaction.' Kungliga tekniska högskola. Jord- och bergmekanik. Examensarbete 96/10, 42 + /35/ s.

Vad kan metoden användas till?

Reducera sättningar	J
Reducera risken för skred –höja säkerheten	J
Reducera vibrationer som påverkar omgivningen	N
Reducera läckage –förbättra tätning	D
Reducera erosion	D

- J metoden används normalt för att lösa denna typ av problem
D metoden kan användas för att delvis lösa det aktuella problemet.
N metoden används normalt inte för att lösa det aktuella problemet.

I vilka typer av jordar kan metoden användas?

Typ av jord	Används ej	Kanske	Bra	Utmärkt
Lös lera	X			
Fast lera	X			
Organisk jord	X			
Silt		X	X	
Lös sand				X
Fast sand		X		
Grus		X		
Sprängsten	X			
Lermorän		X		
Morän	X			

- Används ej metoden är inte lämplig eller relevant i den aktuella jorden
Kanske metoden kan under vissa förutsättningar användas i den aktuella jorden dock mindre vanlig
Bra metoden fungerar bra i den aktuella jorden
Utmärkt metoden fungerar utmärkt i den aktuella jorden och brukar användas.

Korta kommentarer avseende:

- Beständighet Undersökningar har visat att packningseffekten består över långa perioder och att uppluckring inte behöver befaras även vid efterföljande vibrationer (t ex påslagning, jordbävningar mm)
- Miljöpåverkan Metoden är mycket miljövänlig och kan användas även i närhet av vibrationskänsliga byggnader eller installationer, dock med minskad packningskapacitet.
- Årstidberoende Vid tjäle kan vissa problem uppstå nära markytan, t ex nersatt produktivitet eller anpassning av packningsprocessen.

Jämförelseindex - tidsåtgång

Tillämpning	< 1 dag	1-2 dagar	3-5 dagar	> 1 vecka
Sand och grus	X			
Undervattenspackning		X		
Siltig sand		X		

Anger tid för att utföra 100 m² med den aktuella metoden. Tid räknas från det att etablering inklusive material leverans är gjord, till förstärkning är avslutad (exkl. avetablering).

Jämförelseindex - kostnad

Tillämpning	< 50 tkr	50-100 tkr	100-200 tkr	> 200 tkr
Sand och grus	X			
Undervattenspackning		X		
Siltig sand		X		

Anger kostnaden för att utföra 100 m² med den aktuella metoden. Kostnaden inkluderar enbart förstärkningen inte etablering mm.

Anmärkning:

Etableringskostnaden är i storleksordningen 50 tkr.

Jämförelseindex - utförande

Tillämpning	1 mycket enkel	2 enkel	3 standard	4 avancerad	5 mycket avancerad
Sand och grus			(X)	X	
Undervattenspackning				X	
Siltig sand				X	

En bedömning av metodens enkelhet respektive behov av specialkompetens och utrustning. Högt värde kräver specialutrustning samt specialutbildad personal

Anmärkning:

Vid arbeten med fasta ytskikt, i delvis vattenmättad sand samt vid stora packningsdjup måste metoden och utrustningen optimeras genom fältförsök. Vid stora projekt erfordras kontinuerlig service och underhåll av den maskinella utrustningen.

Jämförelseindex - kontroll

Tillämpning	1 mycket litet	2 litet	3 normalt	4 stort	5 mycket stort
Sand och grus			(X)	X	
Undervattenspackning				X	
Siltig sand				X	

En bedömning av behovet av kontroll. En ny metod i en svår jord ger ett högt värde.

Anmärkning:

Vid stora packningsprojekt kan betydande besparingar göras genom tolkning av den information som erhålls från kontrollmätningar. Genom studier av resultaten från den första packningsfasen kan metoden under den andra etappen optimeras med avseende på packningens varaktighet i respektive punkt.

Vid arbeten i närhet av vibrationskänsliga byggnader eller installationer kan värdefull information erhållas från mätningar vid provpackning.

Fallviktspackning

Metodbeskrivning

Förstärkningsmetoden syftar till att åstadkomma en packning genom att låta en tyngd, en s. k. fallvikt, falla fritt i ett bestämt mönster från viss höjd. Fallviktens tyngd och utformning, liksom fallhöjden, bestäms av jordartsförhållandena och det eftersträvade packningsdjupet. Erfarenheterna från utförda packningsarbeten visar att det uppnådda packningsdjupet normalt kan beräknas till max. $0,5\sqrt{mh}$ (där m är fallviktens tyngd i ton och h är fallhöjden i meter) vid packning av siltjord till max. \sqrt{mh} vid packning av grovkornigare jord. Vid fallviktspackning i Sverige (Uddevalla) har fallviktens tyngd uppgått till max. 40 t och fallhöjden till max. 40 m. I Frankrike (Nice) har packning utförts med 190 t fallvikt och fallhöjden 25 m. Fallviktspackningen bör utföras etappvis i ett kvadratisk mönster. Efter varje packningsomgång återfylls de vid packningen uppkomna kraterna. Det inbördes avståndet mellan packningspunkterna väljs för att åstadkomma en så jämn packning som möjligt. Efter avslutad packning utförs normalt en heltäckande packning med reducerad fallhöjd (froning pass). Genom ökad packningsinsats där stora laster kommer att verka kan risken för ojämna sättningar reduceras.



Fördelar

- § Fallviktspackning utgör en av de mest generellt användbara metoderna för packning av jord, undantagandes vattenmättad, finkorning jord (såsom lera, gyttja, dytorv, svartmocka) samt avfallsmassor (deponier).
- § Genom fallviktspackningen åstadkoms en ökning av kvoten mellan effektivt horisontaltryck och effektivt vertikalltryck, vilket är gynnsamt från sättningsynpunkt.
- § Ett studium av de kratrar som bildas vid packningen ger god information om huruvida packningen varit tillräcklig eller ej.

Observera

- § Packningsresultatet påverkas negativt om marken närmast markytan eller under det aktuella jordlagret är av sådan beskaffenhet att man kan förvänta sig stora energiförluster under packningsarbetet, t. ex. genom nedkrossning av material.
- § Inslag av lera i jorden, t. ex. i form av lerkörtlar, inverkar negativt på packningsresultatet. Förekomst av lera bör därför nogt kartläggas innan packningsarbete med fallvikt inleds eller bestäms.

Projektering och utförande

- [1] Hansbo, S. (1994). Foundation Engineering. Elsevier, Developments in Geotechnical Engineering, 75
- [2] Jendeby, L. (1983). 'Jordförstärkning – djuppackning,' Byggeforskningsrådet T21:1993
- [3] Hansbo, S. (1978). Dynamic consolidation of soil by a falling weight. *Ground Engineering* 11, No. 5, July.

Referensobjekt

- [4] Hansbo, S. Pramborg, B. & Nordin, P. O. (1974). The Vänern terminal. Illustrative example of dynamic consolidation of hydraulically placed fill of organic silt and sand. *Sols Soils*, No. 25, 5–11.
- [5] Hansbo, S. (1977). Dynamic consolidation of rock fill at Uddevalla shipyard. *Proc. 9th Int. Conf. Soil Mech. Found. Eng.*, Tokyo, Vol. 2, 241–246.
- [6] Hansbo, S. (1996). Dynamic consolidation of mixed fill— a cost-effective alternative to piling: a case record. *Géotechnique* 46, No. 2, 351–356.

Vad kan metoden användas till?

Reducera sättningar	J
Stabilitet –höja säkerheten	J
Reducera vibrationer som påverkar omgivningen	D
Vatten –Tätning	N
Minska erosion	D

- J metoden används normalt för att lösa denna typ av problem
D metoden kan användas för att delvis lösa det aktuella problemet.
N metoden används normalt inte för att lösa det aktuella problemet.

I vilka typer av jordar kan metoden användas?

Typ av jord	Används ej	Kanske	Bra	Utmärkt
Lös lera	x			
Fast lera	x			
Organisk jord	x			
Silt		x	x	
Lös sand				x
Fast sand		x		
Grus			x	x
Sprängsten			x	
Morän		x		
Lermorän		x		

- Används ej metoden är inte lämplig eller relevant i den aktuella jorden
Kanske metoden kan under vissa förutsättningar användas i den aktuella jorden dock mindre vanlig
Bra metoden fungerar bra i den aktuella jorden
Utmärkt metoden fungerar utmärkt i den aktuella jorden och brukar användas.

Korta kommentarer om metoden när det gäller:

- Beständighet Ytliga lager påverkas av tjäle
- Miljöpåverkan Kan ge upphov till störande eller skadliga vibrationer i mark eller byggnader och installationer.
- Årstidberoende Vintertid kan det vara svårare att utföra en packning med hög kvalitet.

Jämförelseindex - tidsåtgång

Tillämpning	< 1 dag	1-2 dagar	3-5 dagar	> 1 vecka
Sand	X			
Grus	X			
Sprängsten	X			
Under vatten	X			

Anger tid för att utföra 100 m² med den aktuella metoden. Tid räknas från det att etablering inklusive material leverans är gjord, till förstärkning är avslutad (exkl. avetablering).

Jämförelseindex - kostnad

Tillämpning	< 50 tkr	50-100 tkr	100-200 tkr	> 200 tkr
Sand	X			
Grus	X			
Sprängsten	X			
Under vatten	X			

Ange kostnad för att utföra 100 m² med den aktuella metoden. Kostnad inkluderar enbart förstärkningen inte etablering mm.

Anmärkning:

Etableringskostnaden är i storleksordningen 30-50 tkr.

Jämförelseindex - utförande

Tillämpning	1 mycket enkel	2 enkel	3 standard	4 avancerad	5 mycket avancerad
Sand			X		
Grus			X		
Sprängsten				X	
Under vatten					X

En bedömning av metodens enkelhet/respektive behov av special kompetens och utrustning. Högt värde kräver special utrustning samt special utbildad personal

Jämförelseindex - kontroll

Tillämpning	1 mycket litet	2 litet	3 normalt	4 stort	5 mycket stort
Sand			X		
Grus			X		
Sprängsten				X	
Under vatten					X

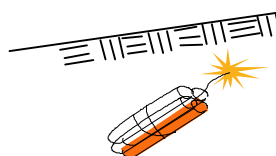
En bedömning av behovet av kontroll. En ny metod i en svår jord ger ett högt värde.

Sprängpackning

Metodbeskrivning

Genom att detonera lagom stora laddningar på visst djup nere i en löst lagrad jordmassa skapas höga porvattentryck vilket i sin tur ger effektivspänningar nära noll. Därmed ges jordmassan möjlighet till omlagring med ett lägre portal som följd. Som en regel gäller att ca 10% volyminsknning erhålls. Metoden kan med fördel användas för packning av löst lagrade friktions- och mellanjordar under grundvattenytan, naturligt avsatta eller fyllningar.

Metoden blir mest ekonomisk när mäktigheten på det lager som skall packas är relativt stort eftersom mäktigheten bestämmer laddningsstorleken och därmed laddningsavståndet i planet. Vid packning av utfyllnader kan borrhningskostnaden nästan helt elimineras genom att laddningarna förs in i styva plastslangar vilka lagts ut på de rätta nivåerna i samband med utfyllnaden.



Fördelar

- § Kan användas för att djuppacka ned till stora djup
- § Kräver inte särskilt hög bärförmåga hos fyllningen för att stabiliseringen skall vara möjlig eftersom enbart relativt lätta maskiner behöver kunna trafikera fyllningen före att sprängpackningen utförts.

Observera

- § Vid överdimensionering finns risk för skvättning och kraterbildning.
- § Att överdimensionera laddningen är inte att rekommendera eftersom packningseffekten inte förbättras utan närmast påverkas negativt av detta.
- § Vibrationspåverkan på omgivningen kan minskas genom detonera laddningarna med viss fördröjning sinsemellan. Detta kan göras såväl i planet som i vertikalled.

Projektering och utförande

- [1] Jendeby, L. (1993), Jordförstärkning - Djuppackning. Byggeforskningsrådet, Rapport T21:1993
- [2] Ivanov, (1980), International Conference on Compaction, Paris
- [3] Dembicki, (1980), International Conference on Compaction Paris
- [4] Malmberg, B S och N. Jelisec (1998). Användandet av moränmassor vid utfyllnad under vatten." LTH rapport TVGT-3029-SE.

Referensobjekt

- [5] Väg 673 vid Enånger. Projektet beskrivet i rapport till Vägverket Region Mitt Användandet av moränmassor för utfyllnad under vatten"rapport TVGT-3029-SE, avd för Geoteknik, Tekniska Högskolan i Lund

Vad kan metoden användas till?

Reducera sättningar	J
Reducera risken för skred –höja säkerheten	J
Reducera vibrationer	N
Reducera läckage –förbättra tätning	D
Reducera erosion	N

- J metoden används normalt för att lösa denna typ av problem
D metoden kan användas för att delvis lösa det aktuella problemet.
N metoden används normalt inte för att lösa det aktuella problemet.

I vilka typer av jordar kan metoden användas?

Typ av jord	Används ej	Kanske	Bra	Utmärkt
Lös lera	X			
Fast lera	X			
Organisk jord	X			
Silt		X	X	
Lös sand			X	X
Fast sand	X			
Grus		X	X	
Sprängsten	X			
Lermorän	X			
Morän		X		

- Används ej metoden är inte lämplig eller relevant i den aktuella jorden
Kanske metoden kan under vissa förutsättningar användas i den aktuella jorden dock mindre vanlig
Bra metoden fungerar bra i den aktuella jorden
Utmärkt metoden fungerar utmärkt i den aktuella jorden och brukar användas.

Korta kommentarer om metoden

Beständighet Uppnådd portalsminskning kan betecknas som beständig

Miljöpåverkan Vibrationer påverkar omgivningen som vid all sprängning.

Årstidberoende Något årtidsberoende finns inte.

Jämförelseindex - tidsåtgång

Tillämpning	< 1 dag	1-2 dagar	3-5 dagar	> 1 vecka
Naturligt avsatt jord		X		
Fyllning	X			

Anger tid för att utföra 100 m² med den aktuella metoden. Tid räknas från det att etablering inklusive material leverans är gjord, till förstärkning är avslutad (exkl. avetablering).

Anmärkning:

Osäker tidsuppskattningar med hänsyn till den ringa erfarenheten av metoden i Sverige.

Jämförelseindex - kostnad

Tillämpning	< 50 kkr	50-100 kkr	100-200 kkr	> 200 kkr
Naturligt avsatt jord	X	X		
Fyllning	X			

Anger kostnad för att utföra 100 m² med den aktuella metoden. Kostnad inkluderar enbart förstärkningen inte etablering mm.

Anmärkning:

Osäker kostnadsuppskattningar med hänsyn till ringa erfarenheten av metoden i Sverige. Metoden är dock billig och kan kategoriseras som något av en "fattigmansmetod", även om det finns risker med metoden.

Den stora kostnaden är bormingskostnaden och antal bormeter per kubikmeter packad jord sjunker med ökande mäktighet.

Jämförelseindex - utförande

Tillämpning	1 mycket enkel	2 enkel	3 standard	4 avancerad	5 mycket avancerad
Naturligt avsatt jord			X	X	
Fyllning			X		

En bedömning av metodens enkelhet/respektive behov av specialkompetens och specialutrustning. Högt värde kräver specialutrustning samt special utbildad personal

Anmärkning:

Metoden är relativt enkel; bringa jordmassan i flyttillstånd så ordnar moder natur resten. Kompetens att handha sprängmedel krävs. Störst effekt i jämnkornig finsand till ca 15 m djup.

Jämförelseindex - kontroll

Tillämpning	1 mycket litet	2 litet	3 normalt	4 stort	5 mycket stort
Sättningar			X		
Stabilitet				X	

Bedömning av behovet av kontroll. En ny metod i en svår jord ger ett högt värde.

Anmärkning:

Alstrade porvattenövertryck och deras avklingning kontrolleras med portrycksgivare, samtidigt som sättningsförloppet följs med hjälp av sättningspegel.

Vibrationspackning

Metodbeskrivning

Vibrationspackning används som jordförstärkningsmetod huvudsakligen i friktionsjord (sand). Packningsutrustning består av en vertikalt oscillerande vibrator, som är fastsatt på den övre änden av ett packningsdon. Packningsdonet, som kan vara ett rör, en balk eller en med vingar försedd stång (Vibro Wing), vibreras ner i jorden till avsett djup. Därefter sker packningen i etapper på olika nivåer, eller när packningsdonet dras upp. Vibrationspackning kan utföras med konventionell vibreringutrustning till ca. 15 m djup och är mest effektiv i lös, vattenmättad sand.

Det enklaste packningsdonet består av en konventionell stålprofil, t.ex. ett slutet stålrör med en diameter 0,5 – 1,0 m, där vingar ibland påsvetsas på den nedre tredjedelen av röret. Vibrovingmetoden, som har utvecklats i Sverige, använder ett rör med mindre diameter, som förses med horisontella vingar med en längd av ca. 0,5 – 1,0 m. Tidigare användes elektriska vibratorer men under senare tid har kraftfulla, hydrauliska vibratorer med variabel frekvens och amplitud börjat användas i större utsträckning.

Packningen utförs lämpligen i två faser, där den första packningsfasen sker i ett glesare (ofta triangulärt) rutnmönster. Vid den andra packningsfasen förtätar man genom att packa i mellanliggande punkter.

Fördelar

- § Metoden kan med fördel användas för djuppackning under större vattendjup.
- § Mindre påverkan på omgivning jämfört med fallviktpackning.
- § Erfarenhet från flertal projekt i Sverige
- § Konventionell vibreringsutrustning (t ex spontslagningsutrustning) kan användas med små modifikationer.

Projektering och utförande

- [1] Jendeby, L. (1993) Djuppackning, BFR-rapport T21:1993
- [2] Averman, I; Callne, H. Eriksson, H. (1983) Djuppackning med vibroving - ett fältförsök. Inst. för Jord och Bergmekanik KTH
- [3] Massarsch, K. R. and Lindberg, B., (1984) "Deep Compaction by VibroWing Method", Proc. 8th World Conf. on Earthquake Engineering, July 21-28, 1984, 8 p.
- [4] Massarsch, K. R., (2001) "Nya erfarenheter från vibrationspackning" (New experiences from vibratory compaction). Väg och Vattenbyggaren, No. 5, 2001, pp. 36 - 41.

Referensobjekt

- [5] Jendeby, L. (1993) Djuppackning BFR-rapport T21:1993



Packningen sker genom att sondens såväl vertikala som horisontell svängning ger upphov till skjuvning hos jorden. Denna underlättas av att jordens hållfasthet, till följd av genererade portryck, reduceras. Slutligen får man antagligen också en packning omedelbart under spetsen till följd av "vertikalkraften".

Observera

- § Packningsprocessen skall planeras i detalj
- § Packningseffekten är låg i ett ca. 2 m tjockt skikt närmast markytan.
- § Vid jordpackning kan höga horisontella jordtryck uppstå mot sponter eller väggar.
- § Vid packning sker en sättning av markytan, som är av storleksordning 5% av det packade jordlagret.
- § Effekten av packning under grundvattenytan är sämre.

Vad kan metoden användas till?

Reducera sättningar	J
Reducera risken för skred –höja säkerheten	J
Reducera vibrationer	J
Reducera läckage –förbättra tätning	D
Reducera erosion	N

- J metoden används normalt för att lösa denna typ av problem
D metoden kan användas för att delvis lösa det aktuella problemet.
N metoden används normalt inte för att lösa det aktuella problemet.

I vilka typer av jordar kan metoden användas?

Typ av jord	Används ej	Kanske	Bra	Utmärkt
Lös lera	X			
Fast lera	X			
Organisk jord	X			
Silt		X	X	
Lös sand				X
Fast sand	X			
Grus		X		
Sprängsten	X			
Lermorän	X			
Morän		X		

- Används ej metoden är inte lämplig eller relevant i den aktuella jorden
Kanske metoden kan under vissa förutsättningar användas i den aktuella jorden dock mindre vanlig
Bra metoden fungerar bra i den aktuella jorden
Utmärkt metoden fungerar utmärkt i den aktuella jorden och brukar användas.

Korta kommentarer avseende

- Beständighet
Miljöpåverkan Jordpackning intill byggnader bör utföras med hög frekvens för att minska vibrationspåverkan. Dessutom sker en permanent sättning som kan påverka byggnader eller ledningar i eller på mark. I övrigt ingen nämnvärd påverkan på miljön.
- Årstidberoende Djup tjäle eller packning vid låga temperaturer minskar metodens effektivitet.

Jämförelseindex - tidsåtgång

Tillämpning	< 1 dag	1-2 dagar	3-5 dagar	> 1 vecka
Sedimentyta djup<15 m	X			
Sedimentyta djup>15 m	X			
Sediment under vatten	X			

Anger tid för att utföra 100 m² med den aktuella metoden. Tid räknas från det att etablering inklusive material leverans är gjord, till förstärkning är avslutad (exkl. avetablering).

Jämförelseindex - kostnad

Tillämpning	< 50 tkr	50-100 tkr	100-200 tkr	> 200 tkr
Sedimentyta djup<15 m		X		
Sedimentyta djup>15 m		X		
Sediment under vatten			X	

Anger kostnad för att utföra 100 m² med den aktuella metoden. Kostnad inkluderar enbart förstärkningen inte etablering mm.

Anmärkning:

Etableringskostnaden är i storleksordningen 50 tkr

Jämförelseindex - utförande

Tillämpning	1 mycket enkel	2 enkel	3 standard	4 avancerad	5 mycket avancerad
Sedimentyta djup<15 m			X		
Sedimentyta djup>15 m				X	
Sediment under vatten				X	

Ger en bedömning av metodens enkelhet respektive behov av specialkompetens och utrustning. Högt värde kräver specialutrustning samt specialutbildad personal

Jämförelseindex - kontroll

Tillämpning	1 mycket litet	2 litet	3 normalt	4 stort	5 mycket stort
Sedimentyta djup<15 m				X	
Sedimentyta djup>15 m				X	
Sediment under vatten				X	

Ger en bedömning av behovet av kontroll. En ny metod i en svår jord ger ett högt värde.

Anmärkning:

Stort kontrollbehov finns för all grundläggning av byggnader och ledningar i områdets närhet (inom 50 m).

Jordarmering över bankpålning och i underkant bankar

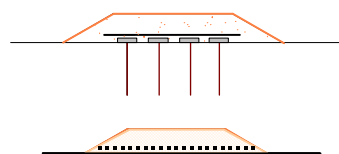
Metodbeskrivning

Jordarmering över bankpålning.

Används för att begränsa deformationer mellan pålplattorna då man t.ex minskar platttäkningsgraden. Armering placeras i ett eller flera lager inom skiktet för lastfördelning. Kan även användas för att klara horisontalkrafter vid bankens slänter. Armeringen dimensioneras för konstruktionens hela livslängd.

Jordarmering i bankar.

Används för att öka stabiliteten mot brott genom glidytor ned i underliggande lös jord när banken byggs. Dimensioneras för kortare tid om stabilitet för banken kan ökas genom konsolidering av den lösa underliggande jorden, annars för bankens beräknade livslängd.



Fördelar

- § Vid armering över pålplattor kan platttäkningsgraden minskas.
- § Armering i underkant bank ökar säkerheten.
- § Underlättar för byggnation på lös undergrund.

Observera

- § Stor noggrannhet krävs vid val av dimensionerande draghållfasthet, särskilt måste krypegenskaperna för vissa syntetmaterial beaktas
- § Felaktig dimensionering/ utförande kan ge stora ekonomiska konsekvenser för byggherren.
- § Sättningar erhålls för bank på lös undergrund
- § Vid armering i flera lager skall man beakta att töjningen varierar mellan lagren och ger olika mobiliserad kraft.

Projektering och utförande

- [1] Carlsson, B. (1987), Armerad jord. Beräkningsprinciper, Terranova , SGI
- [2] Bjerin, L. Eriksson, L. (1988) Armerad Jord –beräkningsexempel, SGI
- [3] Vägverket (1992), Jordarmering, dimensionerande draghållfasthet för syntetmaterial, Publ 1992:10
- [4] Södergren, I. Berglund, C. Franzén, G. Olsson, C. Rogbeck Y. (1997), Utvärdering av dimensioneringsmetoder armerad jord. SGF:s Jordförstärkningskommitté *beställs från SGI:s litteraturtjänst*
- [5] Södergren, I. (1997),. Armering - lastfördelning lager vid bankpålning, SGF-kurs, Armerad jord 21-22 oktober
- [6] SGF rapport 2:2004, Nordisk vägledning armerad jord och fyllning, SGF

Referensobjekt

- [7] Rogbeck, Y. Eriksson, HL. Persson, J. Svahn, V. (2000), Reinforced piled embankment –2D and 3D numerical modelling compared with case studies, EUROGeo 2000, European geosynthetics conference, 2, Bologna, Italy, Oct.
- [8] Gustavsson, S. Rogbeck, Y. Södergren, I. (1999), Bankpålning med armerad jord –uppföljning i Mönsterås, Bygg & teknik vol 91, no 1, pp 34-38
- [9] Persson, J. Svahn, V. (2000), Armerad jord över bankpålning –uppföljning och numeriska beräkningar av Arbogaprojektet, CTH examensarbete 2000:2

Vad kan metoden användas till?

Reducera sättningar	J ¹ /D ²
Reducera risken för skred –höja säkerheten	J
Reducera vibrationer	J
Reducera läckage –förbättra tätning	N
Reducera erosion	N

- J metoden används normalt för att lösa denna typ av problem
D metoden kan användas för att delvis lösa det aktuella problemet.
N metoden används normalt inte för att lösa det aktuella problemet.

¹för bankpålar minskar deformation mellan plattor

²för lös undergrund erhålls en jämnare sättning

I vilka typer av jordar kan metoden användas? (Avser material under konstruktionen)

Typ av jord	Används ej	Kanske	Bra	Utmärkt
Lös lera			X	
Fast lera				X
Organisk jord			X	
Silt				X
Lös sand				X
Fast sand	X			
Grus	X			
Sprängsten	X			
Morän	X			
Lermorän	X			

- Används ej metoden är inte lämplig eller relevant i den aktuella jorden
Kanske metoden kan under vissa förutsättningar användas i den aktuella jorden dock mindre vanlig
Bra metoden fungerar bra i den aktuella jorden
Utmärkt metoden fungerar utmärkt i den aktuella jorden och brukar användas.

Korta kommentarer avseende

- Beständighet Armering av polymerer har hög beständighet mot alla normala halter av baser och syror i jorden då pH ligger mellan 4-9 (material av polyester).
- Miljöpåverkan Obetydlig påverkan på miljön av geosynteter. Produkter med PVC ger klorföreningar vid brand.
- Årstidberoende Jordarmerade konstruktioner byggs normalt ej vid risk för tjälning. Vid byggnation under vintern får tjälfarlig och frusen fyllning ej användas.

Jämförelseindex - tidsåtgång

Tillämpning	< 1 dag	1-2 dagar	3-5 dagar	> 1 vecka
Armering över pålplattor	X			
Armering uk bank < 2,0m	X			
Armering uk bank > 2,0m		X		

Anger tid för att utföra 100 m² med den aktuella metoden. Tid räknas från det att etablering inklusive materialleverans är gjord, till förstärkningen är avslutad (exkl. avetablering).

Jämförelseindex - kostnad

Tillämpning	< 50 kkr	50-100 kkr	100-200 kkr	> 200 kkr
Armering över pålplattor	X			
Armering uk bank < 2,0 m	X			
Armering uk bank > 2,0 m		X		

Anger kostnad för att utföra 100 m² med den aktuella metoden. Kostnad inkluderar enbart förstärkningen inte etablering mm.

Anmärkning:

Etableringskostnaden är försumbar eftersom samma maskinutrustning används för projektets helhet.

Jämförelseindex - utförande

Tillämpning	1 mycket enkel	2 enkel	3 standard	4 avancerad	5 mycket avancerad
Armering över pålplattor			X		
Armering uk bank < 2,0m		X			
Armering uk bank > 2,0m		X			

En bedömning av metodens enkelhet respektive behov av specialkompetens och specialutrustning. Högt värde kräver specialutrustning samt specialutbildad personal

Jämförelseindex - kontroll

Tillämpning	1 mycket litet	2 litet	3 normalt	4 stort	5 mycket stort
Armering över pålplattor			X		
Armering uk bank < 2,0m			X		
Armering uk bank > 2,0m			X		

Bedömning av behovet av kontroll. En ny metod i en svår jord ger ett högt värde.

Anmärkning:

Kontroll krävs normalt av dimensioneringen och vid utförandet, t.ex överlapp eller annan metod för skarvning.

Vid byggande av höga bankar på lös undergrund måste kontroll av sättningar ske vid närhet till byggnader eller andra fasta konstruktioner, exempelvis pålning.

Jordarmerade stödkonstruktioner och branta slänter

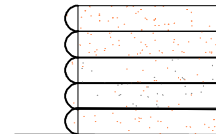
Metodbeskrivning

Jordarmerade stödmurar och branta slänter används främst som ett ekonomiskt alternativ till platsgjutna konstruktioner.

Armering och jord samverkar genom friktion. Härigenom bildas ett armerat block med lågt jordtryck mot fronten. Frontelementen kan därför vara tunna och relativt billiga strukturer. Konstruktionen har en viss seghet och ofta även flexibilitet med hänsyn till rörelser i undergrunden.

Frontelementen fästs normalt till i jordarmeringen. Infästningen varierar beroende på typ av frontelement. I branta slänter läggs normalt armeringen omlott, s.k. wrap-around.

Avståndet mellan lagren av armering varierar oftast mellan 0,2 och 0,9 m.



Fördelar

- § Korta byggtider
- § Flexibla lösningar

Observera

- § Stor noggrannhet krävs vid val av dimensionerande draghållfasthet, särskilt måste krypegenskaperna för vissa syntetmaterial beaktas.
- § Jordarmeringen i konstruktionen är dimensionerad för olika lastfall. Armering med felaktig dimensionerande draghållfasthet sänker radikalt säkerheten mot brott.
- § Felaktig dimensionering/utförande kan ge stora ekonomiska konsekvenser för byggherren.

Projektering och utförande

- [1] Vägverket (1992) Jordarmering dimensionerande draghållfasthet för syntetmaterial, VV:s Publ. 1992:10
- [2] Södergren, I. Berglund, C. Franzén, G. Olsson, C. Rogbeck Y. (1997), Utvärdering av dimensioneringsmetoder armerad jord. SGF:s Jordförstärkningskommitté *beställs från SGI:s litteraturtjänst*
- [3] Bjerin, L. Eriksson, L. (1988) Armerad Jord –beräkningsexempel, SGI
- [4] Magnusson, O. (1997) Armerad Jord BFR T2:1997, metodblad.
- [5] Carlsson, B. (1987), Armerad jord. Beräkningsprinciper, Terranova, SGI
- [6] Inom kort kommer prEN 14475. Execution of Geotechnical work –Reinforced fill
- [7] SGF rapport 2:2004, Nordisk vägledning armerad jord och fyllning, SGF

Referensobjekt

- [8] Referensobjekt finns publicerade på SGI's hemsida, www.swedgeo.se, vänster spalt –Jordförstärkning, armerad jord - exempelsamling.
- [9] SGI, (1994) Stödkonstruktioner med armerad jord- Norra Länken i Linköping, Vägledning 5

Vad kan metoden användas till?

Reducera sättningar	N
Reducera risken för skred –höja säkerheten	J
Reducera vibrationer	N
Reducera läckage –förbättra tätning	N
Reducera erosion	J

- J metoden används normalt för att lösa denna typ av problem
D metoden kan användas för att delvis lösa det aktuella problemet.
N metoden används normalt inte för att lösa det aktuella problemet.

I vilka typer av jordar kan metoden användas? (Avser material under konstruktionen)

Typ av jord	Används ej	Kanske	Bra	Utmärkt
Lös lera	X			
Fast lera			X	
Organisk jord	X			
Silt			X (1)	
Lös sand			X (2)	
Fast sand				X
Grus				X
Sprängsten				X
Morän				X
Lermorän				X

- Används ej metoden är inte lämplig eller relevant i den aktuella jorden
Kanske metoden kan under vissa förutsättningar användas i den aktuella jorden dock mindre vanlig
Bra metoden fungerar bra i den aktuella jorden
Utmärkt metoden fungerar utmärkt i den aktuella jorden och brukar användas.

1. kräver tjälisolering och inga dynamiska belastningar
2. packning krävs före grundläggning

Korta kommentarer avseende:

- Beständighet Jordarmerade konstruktioner dimensioneras normalt för 120 års livstid. Konstruktioner med armering av stål måste påräknas en korrosionsfaktor.
- Miljöpåverkan Obetydlig påverkan på miljön från geosynteter. Produkter med PVC ger klorföreningar vid brand.
- Årstidberoende Tjälning måste beaktas vid grundläggning på silt och finsand. Vid byggnation under vintern får tjälfarlig eller frusen fyllning ej användas.

Jämförelseindex - tidsåtgång

Tillämpning	< 1 dag	1-2 dagar	3-5 dagar	> 1 vecka
Vertikal panelmur			x	
Blockstensmur, småblock			x	
Vertikal/ brant jordmur, omlott metoden			x	

Anger tid för att utföra 100 m² med den aktuella metoden. Tid räknas från det att etablering inklusive materialleverans är gjord, till förstärkningen är avslutad (exkl. avetablering).

Jämförelseindex - kostnad

Tillämpning	< 50 kkr	50-100 kkr	100-200 kkr	> 200 kkr
Vertikal panelmur				X
Blockstensmur, småblock			X	
Vertikal/ brant jordmur, omlott metoden		X		

Anger kostnad för att utföra 100 m² med den aktuella metoden. Kostnad inkluderar enbart förstärkningen inte etablering mm.

Anmärkning:

Kostnader inkluderar arbete och fyllnadsmaterial

Etableringskostnaden är i storleksordningen 5 – 10 kkr för blockstensmur och omlottmetoden.

Jämförelseindex - utförande

Tillämpning	1 mycket enkel	2 enkel	3 standard	4 avancerad	5 mycket avancerad
Vertikal panelmur.				X	
Blockstensmur , småblock			X		
Vertikal/brant jordmur , omlott metoden.			X		

Ger en bedömning av metodens enkelhet”respektive behov av specialkompetens och specialutrustning. Högt värde kräver specialutrustning samt specialutbildad personal

Jämförelseindex - kontroll

Tillämpning	1 mycket litet	2 litet	3 normalt	4 stort	5 mycket stort
Vertikal panelmur.				X	
Blockstensmur , småblock			X		
Vertikal/brant jordmur , omlott metoden.			X		

Ger en bedömning av behovet av kontroll. En ny metod i en svår jord ger ett högt värde.

Anmärkning:

Jordarmerade stödkonstruktioner bygger på samverkan mellan jord och armering. Felaktig fyllning i förhållande till dimensionering kan ge ekonomiska och/eller riskfyllda konsekvenser för konstruktionens livslängd.

Kontroll av fyllning och packning krävs.

Jordspikning

Metodbeskrivning

Jordspikning är en metod som kan användas för att förstärka naturliga och schaktade slänter. Spikarna borrar eller slås in i den befintliga jorden. Vid schaktade slänter utförs förstärkningen successivt uppifrån och ner.

Det finns två typer av spikar;

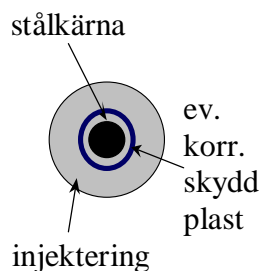
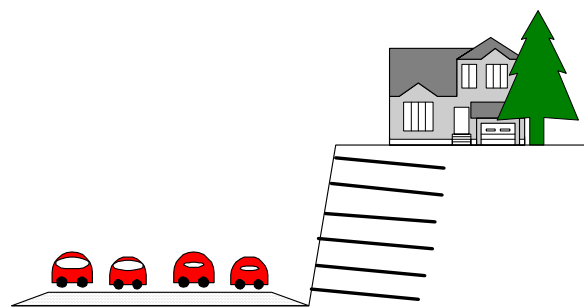
§ slagna som ofta består av ett vinkelstål

§ injekterade bestående av en stålkärna (25-50 mm) med ett täcksikt av ca 50-80 mm injektering.

Spiklängden är ofta ca 60 % av slänthöjden.

För att stabilisera jorden mellan spikarna utförs oftast någon typ av fasad bestående av t.ex. sprutbetong för branta slänter och geotextil för flacka naturliga slänter.

Jordspik är ett passivt element installerat i den naturliga jorden som mobiliserar friktionskrafter längs hela sin längd. Jordspiken mobiliserar i huvudsak dragkrafter, som ger ett positivt bidrag till det mothållande momentet. Genom samverkan med jorden bildas ett armerat block som förhindrar rörelser hos den bakomliggande jorden. En jordspik används för att förstärka den naturliga jorden och skapar tillsammans med jorden en konstruktion.



Fördelar

- § Kan tillämpas vid begränsade utrymmen som alternativ till spont
- § Enkel att anpassa till varierad geometri och oförutsedda markförhållanden
- § Fasaden kan anpassas så att den smälter in i omgivningen

Observera

- § För att spikarna skall mobiliseras krävs en mindre deformation av slänten. (deformationen är ca 0.1 % av slänthöjden).
- § Vattentryck kan skapa problem.
- § Frost och tjäle måste beaktas

Projektering och utförande

- [1] Södergren, I. Berglund, C. Franzén, G. Olsson, C. Rogbeck Y. (1997), Utvärdering av dimensioneringsmetoder armerad jord. SGF:s Jordförstärkningskommitté *beställs från SGI:s litteraturtjänst*
- [2] Inom kort kommer en för-standard prEN 14490. Execution of Geotechnical work – Soil Nailing
- [3] SGF rapport 2:2004, Nordisk Vägledning armerad jord och fyllning, SGF
- [4] Recommendations Clouterre 1991, FHWA-SA-93-026

Referensobjekt

- [5] Borchardt, P. Andersson, H. He, J (2000) Soil Nailing in Forshaga, Sweden," Proc. 4th International Conference of Ground Improvement Geosystems, Helsinki, sid 325-332.
- [6] Franzén, G. Jendeby, L (1999) Jordspikning –ett ekonomiskt alternativ att stabilisera slänter," Bygg & Teknik, januari

Vad kan metoden användas till?

Reducera sättningar	N
Reducera risken för skred –höja säkerheten	J
Reducera vibrationer som påverkar omgivningen	N
Reducera läckage –förbättra tätning	N
Reducera erosion	N

- J metoden används normalt för att lösa denna typ av problem
D metoden kan användas för att delvis lösa det aktuella problemet.
N metoden används normalt inte för att lösa det aktuella problemet.

I vilka typer av jordar kan metoden användas?

Typ av jord	Används ej	Kanske	Bra	Utmärkt
Lös lera	X			
Fast lera		X		
Organisk jord	X			
Silt			X	
Lös sand				X
Fast sand				X
Grus			X	
Sprängsten	X			
Lermorän			X	
Morän		X		

- Används ej metoden är inte lämplig eller relevant i den aktuella jorden
Kanske metoden kan under vissa förutsättningar användas i den aktuella jorden dock mindre vanlig
Bra metoden fungerar bra i den aktuella jorden
Utmärkt metoden fungerar utmärkt i den aktuella jorden och brukar användas.

Korta kommentarer avseende:

- Beständighet För en permanent konstruktion måste man ta hänsyn till risken för korrosion både för spikarna och fasad.
- Miljöpåverkan Metoden är anpassningsbar men i känslig miljö måste man t.ex. ta hand om överflödigt injekteringsbruk.
- Årstidberoende Under vinterhalvåret vidtas särskilda åtgärder för att applicera sprutbetong.

Jämförelseindex - tidsåtgång

Tillämpning	< 1 dag	1-2 dagar	3-5 dagar	> 1 vecka
Nat. Slänt Inj. spik			X	
Vertikal vägg Inj. spik			X	
Vertikal vägg Slagen spik		X		
Nat. Slänt Slagen spik		X		

Anger tid för att utföra 100 m² med den aktuella metoden. Tid räknas från det att etablering inklusive material leverans är gjord, till förstärkning är avslutat (exkl. avetablering).

Jämförelseindex - kostnad

Tillämpning	< 50 tkr	50-100 tkr	100-200 tkr	> 200 tkr
Nat. Slänt Inj. spik			X	
Vertikal vägg Inj. spik			X	
Vertikal vägg Slagen spik		X		
Nat. Slänt Slagen spik		X		

Anger kostnaden för att utföra 100 m² med den aktuella metoden. Kostnaden inkluderar enbart förstärkningen inte etablering mm.

Anmärkning:

*antagit 10 meter långa spikar, sprutbetongfasad för vertikal vägg, geotextil för nat. slänt
Etableringskostnaden är i storleksordningen 20-50 tkr.*

Jämförelseindex - utförande

Tillämpning	1 mycket enkel	2 enkel	3 standard	4 avancerad	5 mycket avancerad
Nat. Slänt Inj. spik			X		
Vertikal vägg Inj. spik				X	
Vertikal vägg Slagen spik				X	
Nat. Slänt Slagen spik			X		

Ger en bedömning av metodens "enkelhet" respektive behov av specialkompetens och utrustning. Högt värde kräver specialutrustning samt specialutbildad personal

Anmärkning:

Vid utförandet är vatten är en faktor som kan ställa till problem.

Jämförelseindex - kontroll

Tillämpning	1 mycket litet	2 litet	3 normalt	4 stort	5 mycket stort
Nat. Slänt Inj. spik				X	
Vertikal vägg Inj. spik				X	
Vertikal vägg Slagen spik				X	
Nat. Slänt Slagen spik				X	

Ger en bedömning av behovet av kontroll. En ny metod i en svår jord ger ett högt värde.

Anmärkning:

Närhet till bebyggelse ger ökat kontrollbehov

Vertikaldränering

Metodbeskrivning

Vid belastning av finkorniga jordarter (lera, organisk jord, etc.) uppkommer konsolideringssättningar som utvecklas under lång tid. För att påskynda sättningsförloppet så att det avslutas under byggskedet, innan konstruktionen tas i bruk, installeras vertikaldräner. Inbördes avstånd mellan dränerna bestäms av jordens egenskaper och inom den tidsrymd som sättningarna skall vara avslutade. Ju tätare dränerna installeras desto snabbare uppnås slutsättningen.

Vertikaldränering kombineras i regel med förbelastning. Genom förbelastningen kan man åstadkomma den förväntade slutsättningen på kortare tid och dessutom minska långtidsättningar, s.k. sekundär konsolidering.

Den vanligaste typen av vertikaldräner är prefabricerade med ett kanalsystem omgivet av ett filter. Sanddräner har även använts. Dränerna installeras till önskat djup med en dränstickare monterad på maskin. Arbetet utförs från en min 0,5 m tjock bädd av dränerande sand.

Priset avgörs av tillgänglig liggtid, pris per installerad drän och pris för tillskottsutfyllning för tillfällig överbelastning.

Fördelar

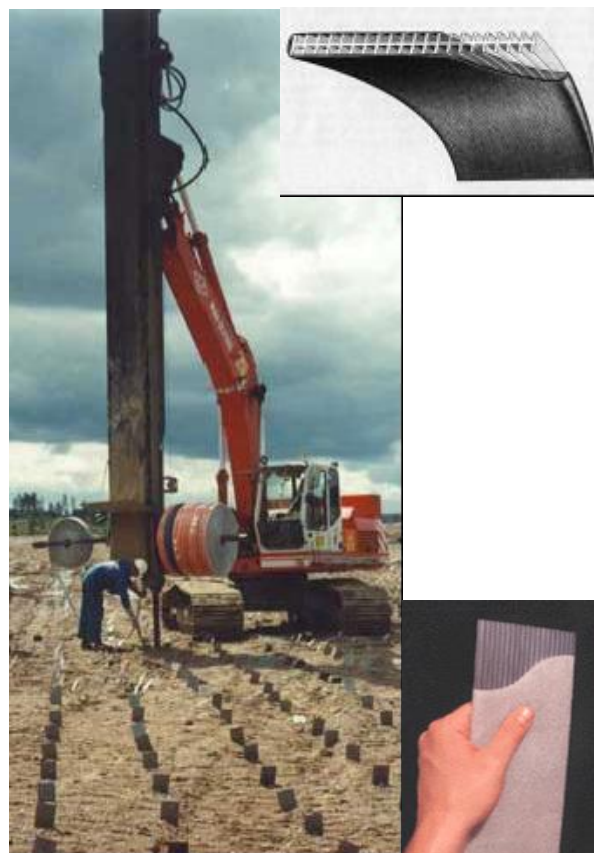
- § Beprövad, säker och kostnadseffektiv metod.
- § Sättningsförloppet kan förutsägas med relativt god noggrannhet.
- § Hållfasthetsegenskaperna förbättras för hela jordmassan, vilket underlättar grundläggningen för ledningar och trummor.

Projektering och utförande

- [1] Vägverket (1989), Vertikaldränering*VV Publ. 1987:30, Handbok, 29s.
- [2] Hansbo, S. (1979), Consolidation of clay by bandshaped, prefabricated drains. Ground Eng., 12, 16-25.

Referensobjekt

- [3] Hansbo, S. (1997), Aspects of vertical drain design— Darcian or non-Darcian flow. Géotechnique, 47 (5), 983-992.
- [4] Eriksson, U., Hansbo, S. and Torstensson, B-A. (2000), Soil improvement at Stockholm-Arlanda airport. Ground Improvement, 4 (2), 73-80.
- [5] Larsson, S. och Wallmark, G. (2001), Förbelastning för två höga järnvägsbankar på Botniabanan. Bygg & teknik, nr. 1, januari, 41-48.
- [6] Larsson, S., Torstensson, B-A. och Sjö Dahl, T. (2001), Väg 73, Infartsled Nynäshamn –Avancerad djupstabilisering med vertikaldränering. Väg- och vattenbyggaren, nr. 4, 44-48.



Observera

- § Konsolideringsförloppet bör kontrolleras genom s.k. "aktiv design," vilket innebär att en preliminär design följs upp med mätningar under byggskedet som i sin tur ligger till grund för eventuella justeringar av överlast, liggtider och tryckbankar.
- § Det finns svårigheter vid bedömning av uppnådd konsolideringsgrad och storleken på långtidsättningar, vilket medför att metoden kräver noggranna och utförliga geotekniska undersökningar samt stor kunskap och erfarenhet hos geotekniker.

Vad kan metoden användas till?

Reducera sättningar	J
Stabilitet –höja säkerheten	J
Reducera vibrationer som påverkar omgivningen	D
Vatten –Tätning	N
Minska erosion	N

- J metoden används normalt för att lösa denna typ av problem
D metoden kan användas för att delvis lösa det aktuella problemet.
N metoden används normalt inte för att lösa det aktuella problemet.

I vilka typer av jordar kan metoden användas?

Typ av jord	Används ej	Kanske	Bra	Utmärkt
Lös lera				X
Fast lera		X	X	
Organisk jord			X	
Silt			X	
Lös sand	X			
Fast sand	X			
Grus	X			
Sprängsten	X			
Lermorän	X			
Morän	X			

- Används ej metoden är inte lämplig eller relevant i den aktuella jorden
Kanske metoden kan under vissa förutsättningar användas i den aktuella jorden dock mindre vanlig
Bra metoden fungerar bra i den aktuella jorden
Utmärkt metoden fungerar utmärkt i den aktuella jorden och brukar användas.

Korta kommentarer avseende

- Beständighet Förtillverkade vertikaldräner med filter och kärna av plastmaterial av typ polypropen eller polyeten är under normala betingelser beständiga.
- Miljöpåverkan Någon negativ miljöpåverkan av förtillverkade vertikaldräner av plastmaterial typ polypropen eller polyeten är ej känd.
- Årstidberoende Installation av vertikaldräner kan utföras under alla årstider. Vinterarbete kan av naturliga skäl kräva speciella åtgärder för att installationen skall fungera tillfredställande.

Jämförelseindex - tidsåtgång

Tillämpning	< 1 dag	1-2 dagar	3-5 dagar	> 1 vecka
Stabilitet	X			
Sättningar	X			

Anger tid för att utföra 100 m² med den aktuella metoden. Tid räknas från det att etablering inklusive material leverans är gjord, till förstärkning är avslutat (exkl. avetablering).

Jämförelseindex - kostnad

Tillämpning	< 50 tkr	50-100 tkr	100-200 tkr	> 200 tkr
Stabilitet	X			
Sättningar	X			

Anger kostnad för att utföra 100 m² med den aktuella metoden. Kostnad inkluderar enbart förstärkningen inte etablering mm.

Anmärkning:

Antaget 15m långa banddräner, 1 drän/m², inkl. en 0.5m tjock dräneringsbädd.

Etableringskostnaden är i storleksordningen 50 tkr. Kostnader tillkommer för massor och masshantering.

Jämförelseindex - utförande

Tillämpning	1 mycket enkel	2 enkel	3 standard	4 avancerad	5 mycket avancerad
Stabilitet				X	X
Sättningar			X	X	

Bedömning av metodens enkelhet respektive behov av specialkompetens och utrustning. Högt värde kräver specialutrustning samt specialutbildad personal

Jämförelseindex - kontroll

Tillämpning	1 mycket litet	2 litet	3 normalt	4 stort	5 mycket stort
Stabilitet				X	X
Sättning			X	X	

Bedömning av behovet av kontroll. En ny metod i en svår jord ger ett högt värde.

Anmärkning:

Konsolideringsförloppet följs upp med; Portrycksgivare för kontroll av porvattentrycket på olika nivåer i jorden; Slangsättningsmätare för mätning av markytans sättning över en hel sektion; Bäljsättningsmätare för mätning av jordlagrens kompression på olika djup; Markpeglar för mätning av markytans sättning. Horisontalrörelser i jorden följs upp med inklinometer. Om hållfasthetstillväxten, som följd av effektivspänningsökningen, utnyttjas vid dimensioneringen kontrolleras den normalt med sonderingar (t.ex. vingsondering) eller genom laboratorieförsök på upptagna prover. Korta liggstider ger ökat kontrollbehov.

Stenpelare

Metodbeskrivning

Stenpelare består av krossat berg, sten, grus eller sand som packas i vertikala hål i den jord som skall förstärkas, främst i silt och lerjordar. Metoden används för att minska sättningarna och att öka stabiliteten för bankar och slänter. Stenpelare kan även utnyttjas för att förhindra liquafaction.

Stenpelarmetoden lämpar sig bäst i siltiga, sandiga och leriga jordar. Stenpelare sätts vanligtvis i rutnät med c/c 1,2 till 3m. För att när liggande pelare eller byggnad ej ska påverkas av vibrationerna från installationsprocessen är avståndet mellan pelarna vanligtvis 2 - 3d.

Idag finns det tre huvudprinciper för att göra stenpelare ;

§ Traditionella metoden kan utföras i två varianter.

I den ena skapas ett cylindriskt hål med en toppmatad vibrator. Hålet återfylls därefter med sand, grus eller krossmaterial och packas med en vibrator (Geopier-metoden). I den andra varianten vibreras ett stålrör ned i marken. Därefter fylls röret med sand, grus eller krossmaterial som packas gen att röret förs upp och ner (Fudo-metoden).

§ Våta metoden innebär att den lösa jorden spolats bort med vatten under högt tryck och ersätts med kross material. Metoden kan användas ner till 25 m djup. Metoden används främst i mycket lösa jordar.

Fördelar

- § Material för stenpelarna är ofta tillgängligt på platsen
- § Stenpelarna fungerar som dräner på grund av hög permeabilitet.
- § Pelarnas längd kan anpassas till förhållandena på platsen
- § God beständighet

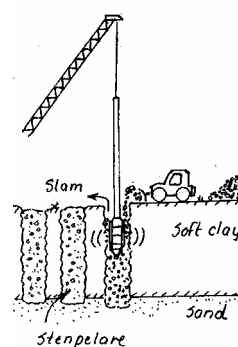
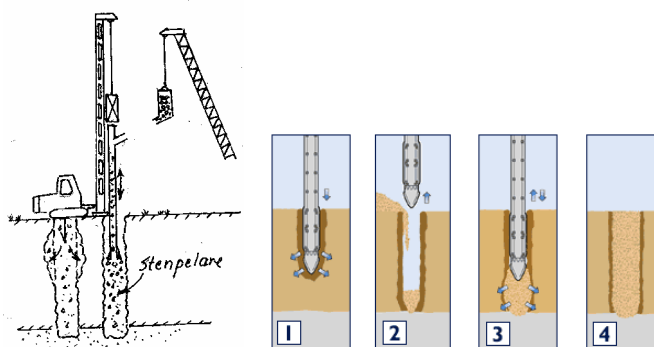
Projektering och utförande

- [1] Priebe, H.J. (1995) Design of vibro replacement, Ground Engineering, vol. 28, nr. 10, sid 31-37
- [2] Priebe, H.J. (1993) Ground improvement, Ed. Mosely, M.P., ISBN 0 751400734

Referensobjekt

- [3] Lindmark, A. (2001) GCC-metoden –en ny grundläggningsmetod, Bygg & Teknik, vol 93, no 1, sid 65-67

Torra metoden - toppmatad



Traditionella metoden

§ Den torra metoden som är den vanligaste i dag innebär att man använder tryckluft för att pressa undan jorden samtidigt som den rörförmede vibratorn förs ner i marken till önskat djup. När röret nått önskat djup (<20m) fylls det med grus eller krossmaterial/sand och förs sakt upp ur marken. Packning sker genom en vibrator som är monterat i rörets botten

Observera

- § Låg bärförmåga av stenpelarna i lös lera och organisk jord med låg skjuvhållfasthet och begränsad reduktion av sättningarna.
- § Hävning och sidoförskjutning vid installation av pelarna kan uppkomma.
- § Stora mängder slam vid installation av pelarna med den våta metoden.
- § Det är ofta svårt att kontrollera pelarnas diameter.
- § Liten erfarenhet av metoden i Sverige
- § Pelarnas bärförmåga kan reduceras vid schaktning intill stenpelarna.

Vad kan metoden användas till?

Reducera sättningar	J
Reducera risken för skred –höja säkerheten	J
Reducera vibrationer	J
Reducera läckage –förbättra tätning	N
Reducera erosion	N

- J metoden används normalt för att lösa denna typ av problem
D metoden kan användas för att delvis lösa det aktuella problemet.
N metoden används normalt inte för att lösa det aktuella problemet.

I vilka typer av jordar kan metoden användas?

Typ av jord	Används ej	Kanske	Bra	Utmärkt
Lös lera		X	X	
Fast lera			X	
Organisk jord		X	X	
Silt				X
Lös sand				X
Fast sand	X			
Grus	X			
Sprängsten	X			
Morän	X			
Lermorän	X			

- Används ej metoden är inte lämplig eller relevant i den aktuella jorden
Kanske metoden kan under vissa förutsättningar användas i den aktuella jorden dock mindre vanlig
Bra metoden fungerar bra i den aktuella jorden
Utmärkt metoden fungerar utmärkt i den aktuella jorden och brukar användas.

Korta kommentarer avseende

- Beständighet Stenpelarna påverkas endast av krypningen hos den omgivande lösa leran eller organiska jorden
- Miljöpåverkan -
- Årstidberoende Installationen påverkas av tjäle. Vid packningen av sand eller grus vintertid måste materialet vara torrt eller uppvärmt

Jämförelseindex - tidsåtgång

Tillämpning	< 1 dag	1-2 dagar	3-5 dagar	> 1 vecka
Lera			X	
Löst lagrad sand eller silt			X	

Anger tid för att utföra 100 m² med den aktuella metoden. Tid räknas från det att etablering inklusive material leverans är gjord, till förstärkning är avslutat (exkl. avetablering).

Jämförelseindex - kostnad

Tillämpning	< 50 tkr	50-100 tkr	100-200 tkr	> 200 tkr
Lera		X		
Löst lagrad sand eller silt		X		

Anger kostnad för att utföra 100 m² med den aktuella metoden. Kostnad inkluderar enbart förstärkningen inte etablering mm.

Anmärkning:

Etableringskostnaden är i storleksordningen 50.000:-

Jämförelseindex - utförande

Tillämpning	1 mycket enkel	2 enkel	3 standard	4 avancerad	5 mycket avancerad
Lera			X		
Löst lagrad sand eller silt			X		

En bedömning av metodens enkelhet/respektive behov av specialkompetens och specialutrustning. Högt värde kräver specialutrustning samt specialutbildad personal

Anmärkning:

I lös lera eller organiska jordar kan pelarnas bärförmåga försämrats pga låga horisontalkrafter.

Det lerslam som bildas under installationen av pelarna kan vara svårt att få avsättning för.

Jämförelseindex - kontroll

Tillämpning	1 mycket litet	2 litet	3 normalt	4 stort	5 mycket stort
Lera			X		
Löst lagrad sand eller silt			X		

Bedömning av behovet av kontroll. En ny metod i en svår jord ger ett högt värde.

Anmärkning:

Ökad kontroll krävs i närheten av slänter eller bebyggelse eftersom installationen av pelarna kan förorsaka markhävning och sidoförskjutning

Frysning

Metodbeskrivning

En fryst konstruktion utförs i allmänhet för att både höja hållfastheten och skapa en vattentät barriär. Metoden kan användas i alla sorters jordar och i dåligt berg. Jord- och bergfrysning används oftast som en temporär konstruktion. En fryst konstruktion skapas genom att det frysta porvattnet binder partiklarna i jorden, detta resulterar i dels en ökad hållfasthet och dels en vattentät barriär.

Frysörsdiametern, centrumavståndet, jordens termiska egenskaper, designtemperaturen och grundvattenströmningen bestämmer nedkylningstiden.

Direkt frysning åstadkommer en fryst zon under relativt kort tid, men är förhållandevis dyr. Metoden är lämplig då man på kort tid önskar en färdig konstruktion. Dimensionerad hållfasthet uppnås efter en till två veckor, tätheten uppnås då redan efter ett par dygn.

Värmeupptagningen från jorden sker genom att köldbäraren (ofta flytande kväve) leds ned i frysrören, och förångas. Köldbäraren avleds i gasform till ett seriekopplat frysror eller till atmosfären.

Fördelar

- § Stabilisering och vattentät barriär kan åstadkommas i alla jordar och i dåligt berg, oavsett jordlagerföljd och partikelstorlek.
- § Stabilisering av exempelvis ett tunnelavsnitt kan utföras i god tid innan tunneldrivningen.
- § Eftersom frysrören installeras från dagen, kan drivning av tunnel genomföras utan komplicerade förstärkningsarbeten vid tunnelfront.
- § Metoden är säker och kontrollerbar.

Projektering och utförande

- [1] Harris J S (1995). *Ground freezing in practice*. Thomas Telford.
- [2] Johansson T. (2000), *Jordfrysning i samband med tunneldrivning*. KTH avd jord och bergmekanik
- [3] Johansson T & Hintze S (2002), *Utveckling av produktionsteknik för att stabilisera och täta jord vid undermarksbyggande. Grundläggande samband, användningsområden och erfarenheter*. SBUF-utvecklingsprojekt 1071.
- [4] Stille B, Johansson, T. (2001), *Frysning som jordförstärkningsmetod*. Grundläggningdagen 2001
- [5] Stille B Brantmark J Wilson L Fredriksson A (2000). *Dimensionering av frysta tunnlar*. Bergmekanikdagen

Referensobjekt

- [6] Johansson T & Hintze S (2002), Big Dig, Boston. Frysning av lera och organiskt mtrl för tunneltryckning, i samband med pågående järnvägstrafik. www.bigdig.com (2002).
- [7] Johansson, T. (2000) och Stille B, Johansson T (2001), Södra länken (SL04) i Stockholm.
- [8] Backer L & Blindheim O T (1999), Oslofjordstunneln, *Challenges for the 21'st Century*. AA Balkema/Rotterdam Brookfield
- [9] Stille B, Brantmark J, Wilson L, Fredriksson A (2000), Älvsjö breddavloppstunnel.
- [10] Johansson T & Hintze S (2002), 14 Dokumenterade tillämpningsområden utförda i Norden och i USA.



Indirekt frysning skapar en fryst konstruktion genom cirkulation av brine (kylvätska) mellan frysrören och en eller flera kylmaskiner. Grundvattnets strömningshastighet intill konstruktionen bör understiga 20 m/dygn vid direkt frysning med expanderande vätska och 2 m/dygn vid indirekt frysning med brinecirkulation. Erforderlig hållfasthet uppnås ofta efter två till tre månader. Tätheten uppnås då efter ett par veckor. På grund av förhållandevis hög etableringskostnad och låg driftkostnad, är metoden ekonomiskt optimerad när man önskar en stabilisering och tätning av jorden för en tid av tre till fyra veckor, eller längre.

Observera

- § Konstruktionen förutsätter ett visst vatteninnehåll i jorden, en tumregel är att vattenmättnadsgraden bör vara minst 10 %. Detta kan åstadkommas med konstgjord infiltration.
- § Frusen jord har påtagliga krypegenskaper.
- § Energiåtgången är förhållandevis stor.
- § I finkorniga jordar kan tjälhävning såväl horisontell som vertikal uppträda under frysningen, den utbildas dock under ett mycket långsamt förlopp.
- § I lerjordar kan sättningar uppkomma då leran efterkonsoliderar i samband med tining.

Vad kan metoden användas till?

Reducera sättningar	N
Reducera risken för skred –höja säkerheten	J
Reducera vibrationer	J
Reducera läckage –förbättra tätning	J
Reducera erosion	N

- J metoden används normalt för att lösa denna typ av problem
D metoden kan användas för att delvis lösa det aktuella problemet.
N metoden används normalt inte för att lösa det aktuella problemet.

I vilka typer av jordar kan metoden användas?

Typ av jord	Används ej	Kanske	Bra	Utmärkt
Lös lera		X	X	
Fast lera		X	X	
Organisk jord		X	X	
Silt				X
Lös sand				X
Fast sand				X
Grus				X
Sprängsten		X	X	
Lermorän			X	X
Morän			X	X

- Används ej metoden är inte lämplig eller relevant i den aktuella jorden
Kanske metoden kan under vissa förutsättningar användas i den aktuella jorden dock mindre vanlig
Bra metoden fungerar bra i den aktuella jorden
Utmärkt metoden fungerar utmärkt i den aktuella jorden och brukar användas.

Anmärkning: För bästa resultat erfordras att vattenmättnadsgraden är 10 % eller större.

Korta kommentarer avseende

- Beständighet** Frysta partier har en god beständighet. Den frysta konstruktionen är intakt så länge som kylningen av marken pågår
- Miljöpåverkan** Att skapa en fryst konstruktion ger ringa påverkan på miljön. När konstruktionen tjänat sitt syfte, tinas jorden och frysrören avlägsnas. Detta medför att man inte deponerar kemikalier eller konstruktionsmaterial i marken. När konstruktionen tinat ger den ingen förändring av de ursprungliga grundvattenförhållandena.
- En fryst konstruktion är energikrävande.
- Som kylmedium används kväve, flytande och fast koldioxid som utvinns ur luften genom olika processer. Kylmediet återgår till luften efter förångning, i samband med att jorden fryses.
- Frysning med kompressor innebär att ett slutet system med brine som cirkulerar mellan kylrören och kylmaskinen
- Årstidberoende** Metoden utförs på samma sätt oavsett årstid

Jämförelseindex - tidsåtgång

Tillämpning	< 1 dag	1-2 dagar	3-5 dagar	> 1 vecka
Schaktvägg (alternativt tätskärm)				X
Tunnel (borrning från markytan)				X
Tunnel (borrning från tunnel)				X
Grundförstärkning av byggnader				X

Anger tid för att utföra 100 m² med den aktuella metoden. Tid räknas från det att etablering inklusive materialleverans är gjord, till förstärkning är avslutad (exkl. avetablering).

Jämförelseindex - kostnad

Tillämpning	< 50 tkr	50-100 tkr	100-200 tkr	> 200 tkr
Schaktvägg (alternativt tätskärm)	X			
Tunnel (borrning från markytan)		X		
Tunnel (borrning från tunnel)		X		
Grundförstärkning av byggnader		X		

Ange kostnad för att utföra 100 m² med den aktuella metoden. Kostnad inkluderar enbart förstärkningen inte etablering mm.

Anmärkning:

Kostnader inkluderar enbart förstärkning ej etablering etc. "Frusen volym för stabilitet och täthet" avser en rymd med arean 100 m² och djupet 15 m.

Jämförelseindex - utförande

Tillämpning	1 mycket enkel	2 enkel	3 standard	4 avancerad	5 mycket avancerad
Frusen volym för stabilitet och täthet		U		P	
Frusen vägg för stabilitet och täthet (istället för spont)		U		P	

Ger en bedömning av metodens enkelhet respektive behov av specialkompetens och utrustning. Högt värde kräver specialutrustning samt specialutbildad personal

Anmärkning:

P = specialutbildad personal, U = utrustning.

Jämförelseindex - kontroll

Tillämpning	1 mycket litet	2 litet	3 normalt	4 stort	5 mycket stort
Frusen volym för stabilitet och täthet				X	
Frusen vägg för stabilitet och täthet (istället för spont)				X	

Ger en bedömning av behovet av kontroll. En ny metod i en svår jord ger ett högt värde.

Anmärkning:

Stort kontrollbehov finns för all grundläggning i närheten av byggnader och ledningar (inom 50 m).