



Svenska Geotekniska Föreningen
Swedish Geotechnical Society

SGF Notat 3:2004

**Laboratorieutrustningar med stora
provdimensioner - en sammanställning**

SGF:s Laboratoriekommitté

Linköping 2004

FÖRORD

Innehållet i denna skrift utgör en enklare sammanställning av ett projekt om utrustningar med stora provdimensioner som har utförts av Svenska Geotekniska Föreningens Laboratoriekommitté under 2003. Syftet med projektet var att genomföra en inventering och rapportering av befintliga geotekniska laboratorieutrustningar med stora provdimensioner. Med stor provdimension avses det som är större än normal (standardiserad) provstorlek.

Inventeringen har omfattat laboratorier där geotekniska försök genomförs, dvs. högskolor/universitet, konsulter, institut, provningsanstalter, statliga verk, m fl. Laboratorier i Sverige, men även i Norge, Danmark och Finland har kontaktats. Av de laboratorier som har kontaktats har flera inte svarat på förfrågan trots upprepade påminnelser. En del laboratorier har svarat att de inte har någon utrustning med stora provdimensioner. Intentionerna har varit att försöka identifiera och kontakta de laboratorier som bedömdes kunna ha utrustning med stora provdimensioner.

Avsikten med denna skrift är att hålla den ”levande”, det vill säga kontinuerlig uppdatering kommer att ske. Detta innebär att nya utrustningar med stora provdimensioner kommer att kunna läggas in i skriften. Vid önskemål om att komplettera skriften med ytterligare utrustningar skall SGF:s Laboratoriekommitté kontaktas. Skriften kan erhållas genom fri nerladdning från SGF:s hemsida.

1:a utgåvan

December 2003

Bo Westerberg (huvudförfattare)
tillsammans med övriga i SGF:s Laboratoriekommitté, dvs
Lars Bjerin
Lars G Eriksson
Rolf Larsson
Christer Åkerman

INNEHÅLL

FÖRORD

1	BAKGRUND	4
1.1	Syfte och mål	4
2	LABORATORIER OCH FÖRSÖK/UTRUSTNINGAR – INDELNING EFTER TYP AV FÖRSÖK	5
3	LABORATORIER OCH FÖRSÖK/UTRUSTNINGAR – INDELNING EFTER LABORATORIER	6
3.1	Banverket	6
3.2	Chalmers Tekniska Högskola (CTH).....	6
3.3	Clay Technology AB.....	6
3.4	GEO (f.d. DGI).....	7
3.5	Kungliga Tekniska Högskolan (KTH)	8
3.6	Luleå tekniska universitet (LTU)	9
3.7	Lunds Tekniska Högskola (LTH).....	10
3.8	MRM Konsult AB.....	10
3.9	Norges Geotekniska Institut (NGI)	10
3.10	Statens Geotekniska Institut (SGI).....	11
3.11	Sveriges provnings- och forskningsinstitut	11
3.12	Tampere University of Technology	12
3.13	Tyréns	12
3.14	Väg- och transportforskningsinstitutet (VTI)	12
3.15	Vägverket Konsult	14
3.16	Vägverket Produktion	14

1 BAKGRUND

Det blir allt vanligare att provningsutrustningar med större provdimensioner efterfrågas vid geotekniska laboratorieundersökningar. Det ökande behovet av att undersöka egenskaper hos exempelvis alternativa material (industriella restprodukter), kemiskt stabiliserade material och material med stora kornstorlekar innebär krav på möjligheter att kunna testa större provdimensioner. De senaste åren har därför nya laboratorieutrustningar utvecklats.

Det existerar dock ingen samlad och lättillgänglig information om vilka utrustningar som finns och var och vad som kan bestämmas med respektive utrustning.

Med stor provdimension avses det som är större än normal (standardiserad) provstorlek.

1.1 Syfte och mål

Syftet med föreliggande projekt var att genomföra en inventering och rapportering av befintliga geotekniska laboratorieutrustningar med stora provdimensioner.

Inventeringen har inkluderat såväl färdiga fungerande utrustningar som utrustningar under utveckling.

Resultatet av inventeringen görs genom denna skrift tillgänglig för alla som kan ha intresse av laboratorieutrustningar med stora provdimensioner. Skriften kan erhållas genom fri nerladdning från SGF:s hemsida.

Målet med skriften är dels att underlätta för beställare att hitta laboratorier där testning med stora provdimensioner kan ske och dels att öka nyttjandegraden av befintliga utrustningar.

Detta projekt kan förhoppningsvis inspirera till en vidare- och nyutveckling av laboratorieutrustningar och metoder och därmed ge fler och bättre möjligheter att i framtiden testa material i stora provdimensioner.

2 LABORATORIER OCH FÖRSÖK/UTRUSTNINGAR – INDELNING EFTER TYP AV FÖRSÖK

I tabell 1 anges typ av försök i vänstra kolumnen (i bokstavsordning) och i högra kolumnen laboratorier (i bokstavsordning) med möjlighet till respektive försök. Mer information om de olika laboratorierna och försöken fås på efterföljande sidor.

Tabell 1. Laboratorier och försök/utrustningar – indelning efter typ av försök

Typ av försök / utrustning	Laboratorium
Kompressionsförsök - ödometerförsök - rowe-ödometerförsök - m m	Clay Technology Luleå tekniska universitet Norges Geotekniska Institut Statens geotekniska institut Sveriges provnings- och forskningsinstitut
Modellförsök - Heavy vehicle simulator - m m	Norges Geotekniska Institut Väg- och transportforskningsinstitutet
Packningsförsök - proctorförsök - m m	Luleå tekniska universitet Väg- och transportforskningsinstitutet
Permeabilitetsförsök - hydraulisk konduktivitet - m m	Chalmers Clay Technology Luleå tekniska universitet Statens geotekniska institut,
Provgrav	Väg- och transportforskningsinstitutet
Siktningsförsök - siktar - tolkar - m m	Banverket MRM Konsult Sveriges provnings- och forskningsinstitut Tyréns Väg- och transportforskningsinstitutet Vägverket Konsult Vägverket Produktion
Skjuvförsök - direkta skjuvförsök - skjuvboxförsök	Luleå tekniska universitet Norges Geotekniska Institut Statens geotekniska institut
Triaxialförsök - axialsymmetriska (konventionella försök) - kubiska	Chalmers Kungliga Tekniska Högskolan Luleå tekniska universitet Lunds Tekniska Högskola Norges Geotekniska Institut Statens geotekniska institut Tampere University of Technology Väg- och transportforskningsinstitutet
Vibroförsök	Väg- och transportforskningsinstitutet

3 LABORATORIER OCH FÖRSÖK/UTRUSTNINGAR – INDELNING EFTER LABORATORIER

I nedanstående sammanställning har laboratorier sorterats efter bokstavsordning.

3.1 Banverket

Stockholm
www.banverket.se

- Siktningsförsök
- Tolkar

3.2 Chalmers Tekniska Högskola (CTH)

Göteborg
Institutionen för geoteknik
www.chalmers.se

- Triaxialförsök
- Permeabilitetsförsök

På CTH finns en triaxialutrustning för prover med 50 cm diameter och med provhöjden 60 cm. Den är specialgjord för provning av upptagna kalkpelare, men även andra material kan provas. Försök kan utföras som dränerade och odränerade triaxialförsök samt permeabilitetsförsök.

Där finns också 4 triaxialceller för prover med 15 cm diameter och cirka 30 cm provhöjd, permeabilitetsceller med 10 cm diameter och specialceller för permeabilitetsförsök med ”constant gradient test” med 75 mm diameter. Alla dessa senare utrustningar är dock framtagna för forskningsprojekt. Detta betyder att triaxialcellerna är upptagna för en tid framöver och att samtliga utrustningar kan behöva modifikationer och en viss uppkoppling och inkörning innan de kan användas för kommersiellt bruk.

3.3 Clay Technology AB

Lund
www.claytech.se

- Rowe-ödometerförsök
- hydraulisk konduktivitet

Rowe-ödometer (2 st.)

Dimensioner: Diameter = 250 mm, Höjd = 100 mm
Tryckintervall: 0 – 1000 kPa
Deformationsintervall: 0 – 40 mm

Utdata: Spänning och deformation
Utrustningen har automatisk insamling av spänning och deformation.

Kompressionsmodulen kan bestämmas. Material som kan provas är från lera till grus < 20 mm. Jorden packas in i lager.

Proctorcylindrar modifierade för mätning av hydraulisk konduktivitet (ca 10 st.)

Dimensioner: Diameter = 101,3 mm, Höjd = 100 mm

Utdata: Inströmmad/utströmmad volym vatten samt tid
Utrustningen har automatisk insamling av vattenflöde och tryck (GDS).

Jordens hydrauliska konduktivitet kan bestämmas. Material som kan provas är från lera till Grus < 20mm. Jorden packas in i lager.

3.4 GEO (f.d. DGI)

Lyngby, Danmark
www.geoteknisk.dk

- Skjuvboxförsök
- Permeabilitetsförsök
- Ödometerförsök

Skjuvboxen tar prover med 70 mm diameter eller 100x100mm tvärsnitt. Försök kan utföras dränerade eller simulerat odränerade med konstant volym där vertikalkraften regleras så att provhöjden förblir konstant.

Permeabilitetsförsök kan utföras med provstorleken 500 mm diameter och 500 mm höjd.

CRS-ödometerförsök kan utföras med provdiametern 60 mm och 30 mm höjd.

Utrustningarna är framtagna speciellt med avseende på prover av lermorän och andra fasta, sprickiga och heterogena jordar.

3.5 Kungliga Tekniska Högskolan (KTH)

Stockholm
Inst. för Bygghälsa
www.kth.se

- Triaxialförsök

Provdimensioner:
diameter 500 mm, höjd 1000 mm

Lastkapacitet:
axiell/deviator = 250 kN/1.2 MPa
Celltryck/allsidigt tryck = 0 – 600 kPa (luft eller silikonolja)
Celltrycket kan vara konstant eller variabelt, och kan varieras i eller ur fas med deviatorspänningen. Vid variabelt celltryck används silikonolja som medium.

Deformationsintervall:
Normalt ± 10 mm axiellt och radiellt, men givarna kan anpassas.

Variabler:
1 axiell last, 1 celltryck, 3 axiella givare, 1–2 radiella givare
1 porgastryck, 1–2 porvattentryck – negativ för omättat, positiv för mättat tillstånd. Vattenhalt med 2 TDR-prober. Deformationsmätningarna utförs med givarna monterade på provet. Tryckmätningarna med givare i provet. Vattenhalt i provet.

Egenskaper:
Cyklisk provning av resilienta eller permanenta deformationer.
Hydrauliska data: vattenhalt-portryck, infiltration.

Används främst till grova friktionsmaterial, förstärkningslager-bärlager i vägar, fraktioner 0–90 mm.

Fördelar, styrkor:
Storleken den största styrkan. Detta utan att göra avkall på prestanda.
T ex variabelt sidotryck. Möjlighet att prova olika spänningsvägar.

Begränsningar:
Dimensionen låst, brottprovning i regel inte möjlig för starka material.

Fungerar:
Utrustningen fungerar i alla delar idag.

Det bör vara möjligt att kombinera hydrauliska mätningar som vattenbindningskurvor och infiltrationsförsök med mekaniska data för grova material utan högt fininnehåll (som gör tidsåtgången stor då provhöjden är 1 m!).

3.6 Luleå tekniska universitet (LTU)

Luleå

TESTLAB

eller

Avdelningen för geoteknik

www.ltu.se (från våren 2004)

www.luth.se (t.o.m. våren 2004)

- Kompressionsförsök
- ”Direkta” skjuvförsök
- Permeabilitetsförsök
- Packningsförsök
- Kubiska triaxialförsök
- Skjuvboxförsök

Samtliga nedan beskrivna utrustningar används inte rutinmässigt och kräver därför vid provning ett visst förarbete och i vissa fall modifiering av utrustning beroende på typ av provning.

”Multiapparat” (kompression, skjuvning, permeabilitet)

En apparat i vilken kompressions-, permeabilitets och skjuvförsök kan utföras. Apparaten kan förenklat uttryckas vara en uppskalad direkt skjuvapparat. Provet omges av ett 9 mm tjockt gummimembran som är armerat med en wire på 2 mm diameter. Provning kan ske exempelvis av material med större kornstorlekar som moräner, ballast och alternativa material.

Provdimensioner: diameter 64 cm, höjd ca 25–60 cm

Stor ”proctorcylinder”

Används för att bestämma packningsegenskaper.

Dimensioner: diameter 31 cm, höjd 32 cm

Rowe-ödometer

Används för att bestämma kompressionsegenskaper.

Dimensioner: diameter 25 cm, höjd ca 20 cm

Kubisk triaxialapparat

En apparat för provning av mekaniska egenskaper (hållfasthets- och deformationsegenskaper) hos kubiska provkroppar. Ett generellt spänningstillstånd kan appliceras, dvs tre olika spänningar i tre olika riktningar. Som alternativ kan plant deformationstillstånd tillämpas genom att sätta in stela väggar i en riktning.

Provdimensioner: 10x10x10 cm³.

Skjuvbox

Används för att bestämma skjuvningsegenskaper och skjuvhållfasthet.

Dimensioner: ca 25x25x20 cm³

3.7 Lunds Tekniska Högskola (LTH)

Lund
www.lth.se

- Triaxialförsök

På LTH finns främst 2 triaxialceller för prover med 100 mm diameter. Utrustningen är framtagen med avseende främst på lermorän, men också andra material kan provas.

3.8 MRM Konsult AB

Luleå
www.mrm.se

- Siktningförsök
- Tolkar

Utrustning för våtsiktning av spårballast
Provmängd: ca 10 kg
Rektangulära siktare, 0,45·0,45 m²

Tolkar
För prover 200, 150, 125, 100 och 80 mm.

3.9 Norges Geotekniska Institut (NGI)

Oslo, Norge
www.ngi.no

- Triaxialförsök
- Direkta skjuvförsök
- Ödometerförsök
- Modellförsök

Triaxialutrustning (standard, upp till 20 bar celltryck) med möjlighet till cyklisk belastning och med möjliga provdiametrar: 54, 72 eller 102 mm

Vakuump triaxialutrustning (upp till 0,8 bar celltryck) med möjlighet till cyklisk belastning och med provdimensioner: 625 mm diameter och 1250 mm höjd

För dessa triaxialutrustningar kan statiska och cykliska försök utföras, men endast dränerade försök i vakuump triaxialapparaten.

Direkta skjuvförsök kan utföras på prover upp till 80 mm diameter. Statiska, dynamiska, dränerade eller odränerade försök.

Ödometerförsök, stegvisa eller CRS, med prover upp till 80 mm diameter.

Speciell triaxialutrustning finns för provning av bergprover under höga tryck.

Verkstad och provhall finns så att special- och modellförsök kan utföras.

3.10 Statens geotekniska institut (SGI)

Linköping

www.swedgeo.se

- Direkta skjuvförsök
- Triaxialförsök
- Permeabilitetsförsök
- Ödometerförsök

Triaxialceller finns för 70 och 100 mm prover. Alla typer av triaxialförsök samt permeabilitetsförsök kan utföras i dessa. Maximalt celltryck är 700 kPa.

Ödometrar finns för 70 och 100 mm prover.

Vanliga direkta skjuvförsök kan utföras på 100 mm prover.

3.11 Sveriges provnings- och forskningsinstitut

Borås

www.sp.se

- Siktningsförsök
- Tolkar
- Kompressionsförsök

En testapparat för ”modifierad kompressibilitet och hållfasthet”. En kraftig stålcyllinder med 200 mm diameter och 200 mm höjd med möjlighet till vibrering. För provning av lättballast och askor.

3.12 Tampere University of Technology

Tampere, Finland
Laboratory of Foundation and Earth Structures
www.tut.fi

- Triaxialförsök

Triaxialutrustning med möjlighet till dynamisk belastning med provdimensioner:

- Diameter 200 mm och höjd 400 mm
- Diameter 300 mm och höjd 600 mm

3.13 Tyréns

Helsingborg
www.tyrens.se

- Siktningsförsök
- Tolkar

3.14 Väg- och transportforskningsinstitutet (VTI)

Linköping
www.vti.se

- Triaxialförsök
- Vibroförsök ("packningsförsök")
- Proctorförsök
- Grovsiktningsförsök
- Provgravar
- Heavy vehicle simulator

Dynamiska triaxialförsök I

Diam: 150 mm, h: 300 mm => V: 5,3 dm³, max kornstorlek ca 32 mm

Dynamisk vertikal last: 30–1200 kPa, sidtryck: 10–120 kPa

Deformation: 0–25 mm

Utdata: Deformationer (över hela provhöjden och mittentredjedelen). Laster

Bestämma: (ackumulerade) permanenta deformationer/töjningar. E-modul

Material att prova: konventionella bärlager, skyddslager, friktionsmaterial, återvinnings- och återanvändningsmaterial, "nya material"

Mekaniska egenskaper bestäms på hela kurvan.

Dynamiska triaxialförsök II

Diam: 300 mm, h: 600 mm => V: 42 dm³, max kornstorlek ca 63 mm

Dynamisk vertikal last: 100-600 kPa, sidotryck: 60–120 kPa

Deformation: 0–50 mm

Utdata: Deformationer (över hela provhöjden). Laster

Bestämna: (ackumulerade) permanenta deformationer/töjningar. E-modul

Material att prova: konventionella förstärkningslager och bärlager, skyddslager, friktionsmaterial, återvinnings- och återanvändningsmaterial, ”nya material”

Mekaniska egenskaper bestäms på hela kurvan.

Vibrobord

alt 1: $V = 2,8 \text{ dm}^3$, diam. = 52 mm, max kornstorlek ca 32 mm

alt 2: $V = 14 \text{ dm}^3$, diam. = 279 mm, max kornstorlek ca 80 mm

Utdata: provvikt, provvolym och vattenkvot

Bestämna: maximal torrdensitet

Material att prova: grovkorniga fridränerande material (halten 0,06/tot. < 12 %)

Optimal vattenkvot (i jmf. med ”Proctor-metoden”) kan inte bestämmas

Proctor i CBR-cylinder

$V = 2,1 \text{ dm}^3$, diam. = 152 mm, max kornstorlek ca 32 mm

Lätt instampning/standard Proctor och Tung instampning/modifierad Proctor

Utdata: provvikt och vattenkvot

Bestämna: maximal torrdensitet och optimal vattenkvot

Material att prova: material med kornstorlek upp till ca 32 mm

Nedkrossning kan ske på sköra material

Grovsiktapparat, typ Gilson

Material med kornstorlek upp till 90 mm. Ca 50 kg per siktning.

Utdata: viktandel per sikt

Bestämna: kornstorleksfördelning (passerande-%, diagram: ”kornkurva”)

Material att prova: grova, stora prover. Särskilt delen >16mm.

Utrustningen klarar relativt stora mängder.

Tvättsiktning på delen < 16mm får göras separat.

Provgravar

Längd: 12 m, bredd: 5 m och djup 3 m. 2 st.

Material att prova: vägkonstruktioner (anläggningsbyggnader)

Fullskaleförsök kan utföras.

HVS –Heavy Vehicle Simulator

Totalmått: längd 23 m, vikt 46 ton

Belastad testyta: 1 x 6 m. Singelhjul eller parhjul. Hjullast 30–110 kn.

Tempintervall 0–40°C (normalt 10)

Utdata: beror på instrumentering t.ex. jordtryck, deformationer, töjningar och spårdjup

Bestämna: t.ex. jordtryck, deformationer, töjningar och spårdjup

Material att prova: vägkonstruktioner

Fullskaleförsök kan utföras under kontrollerade former. Den används på VTI:s provgravar eller på teststräckor i fält.

Utrustningen kräver daglig tillsyn under kontinuerlig drift.

3.15 Vägverket Konsult

Kil, Kungälv, Valbo, Älandsbro, Brunflo
www.vv.se/konsult

- Siktningsförsök
- Tolkar

3.16 Vägverket Produktion

Malmö, Jönköping, Örebro, (Västerås), Linköping, Uppsala, Umeå
www.vv.se/produktion (gammal)
www.vagverketproduktion.se (ny)

- Siktningsförsök
- Tolkar

SGF Notat

1:2004 Packning och packningskontroll av blandkornig och finkornig jord

2:2004 Direkta skjuvförsök - en vägledning

Svenska Geotekniska Föreningen (SGF) bildades 1950 och består av drygt 700 enskilda medlemmar, med minst två års praktisk erfarenhet av geoteknik. Dessutom ingår ca 30 korporativa medlemmar i form av institutioner, högskolor, myndigheter, konsult- och entreprenadföretag samt tillverkare inom det geotekniska området.

SGF har till ändamål att främja utvecklingen inom geoteknik med grundläggning med föredrag, diskussioner och kommittéarbeten samt att samarbeta med svenska, nordiska och övriga internationella organ med liknande inriktning.

Föreningen företräder i Sverige den internationella föreningen, the International Society of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE).

I SGF:s Rapport- och Notatserier utges föreningens metodbeskrivningar, monografier och dokumentation från konferenser, temadagar m.m.