



SVENSKA
GEOTEKNISKA
FÖRENINGEN

REKOMMENDERAD
STANDARD FÖR
DILATOMETERFÖRSÖK

SVENSKA GEOTEKNISKA FÖRENINGEN

Rapport 1:95

Rekommenderad standard
för dilatometerförsök

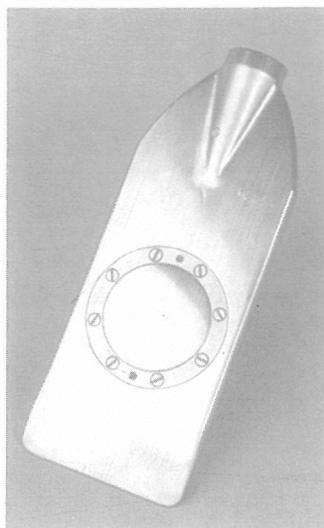
Fastställd av styrelsen för
Svenska Geotekniska Föreningen
den 12 oktober 1994

SGF Rapport	Svenska Geotekniska Föreningen 581 93 Linköping
Beställning	Statens geotekniska institut Biblioteket Tel. 013-20 18 04 Fax. 013-20 19 14
ISSN	1103-7237
ISRN	SGF-R--95/1--SE
Redigering	SGI, Avd för Information och Marknad
Upplaga	1 000
Tryckeri	Tryck-Center, Linköping, januari 1995

Innehåll

1. Försöksprincip	4
2. Befintliga standarder och rekommendationer	4
3. Definitioner	5
4. Utrustning	8
5. Försöksutförande	12
6. Redovisning av dilatometerförsök.	14

1. Försöksprincip



Dilatometern består av en stålplatta vars nederdel är konad med en svag rundning. Mitt på plattans ena bredsida finns ett cirkulärt stålmembran, vilket kan expanderas genom att ett gastryck appliceras mot dess innersida via en tryckslang från markytan.

Dilatometern drivs ned i jorden med en konstant hastighet av 20 mm/s. På provningsnivåerna, normalt varje 0,2 m, avbryts neddrivningen och membranet expanderas genom att gastrycket ökas. De tryck som erfordras för att membranet skall börja röra sig ut från plattan, p_0 , respektive expanderas 1,10 mm ut från plattan, p_1 , avläses på en manometer.

Huvudsyftet med försöket är som regel att erhålla en bild av lagerföljder och variationer i jordens egenskaper. Metodens användbarhet begränsas till jordar med kornstorlekar upp till grusfraktionen och i vilka dilatometern kan tryckas ned.

2. Befintliga standarder och rekommendationer

I Sverige finns ingen tidigare rekommenderad standard för dilatometerförsök. En amerikansk standard för försöket har utarbetats av ASTM 1986.

Manualer för utförande, redovisning och tolkning av försöket, vilka dock inte är standarder, har utgivits av bl. a. Schmertmann & Crapps Inc. Gainesville Fla 1988, Statens geotekniska institut Linköping 1989 och Statens Vegvesen-Vegdirektoratet-Veglaboratoriet Oslo 1992.

3. Definitioner

Ur dilatometerförsöket erhålls två mätvärden avlästa på manometern i reglerutrustningen. För att kunna tolka och utvärdera försöken behövs ytterligare ett antal parametrar.

Jämviktsportryck u_o

Jämviktsportrycket u_o motsvarar rådande porvattentryck i jorden. För att dilatometerförsöken skall kunna utvärderas måste portrycksprofilen vara känd.

Effektivt överlagringstryck σ'_{vo}

Det effektiva överlagringstrycket σ'_{vo} erhålls ur jordens tunghet och rådande porvattentryck. Är jordens tunghet inte känd från provtagning kan ett ungefärligt värde på tungheten uppskattas empiriskt med ledning av resultaten från dilatometerförsöket.

Nollavläsning Z_M

Z_M är det värde som avläses på manometern då denna är ventilerad så att trycket motsvarar atmosfärstrycket.

Kalibreringsvärde ΔA

Kalibreringsvärdet ΔA är det inre övertryck som erfordras för att det obelastade membranet skall röra sig 0,05 mm ut från plattan. Med obelastat avses att endast atmosfärstrycket verkar mot membranets utsida. I verkligheten är ΔA ett negativt tryck relativt atmosfärstrycket (membranet får sugas in mot plattan eller pressas in genom ett externt tryck) men det anges positivt.

Kalibreringsvärde ΔB

Kalibreringsvärdet ΔB är det övertryck som erfordras för att pressa ut det obelastade membranet 1,10 mm från plattan.

Avläsning A

Avläsning A är det tryck som läses på manometern då membranet under försöket expanderats 0,05 mm.

Avläsning B

Avläsning B är det tryck som läses på manometern då membranet under försöket expanderats 1,10 mm.

Kontakttryck p_0

Kontakttrycket p_0 är det totala horisontaltryck som verkar mot dilatometern efter att denna installerats på provningsnivån just innan membranet expanderas. Det är lika med det övertryck som erfordras för att membranet skall börja lyfta från plattan. Kontakttrycket p_0 beräknas som avläst tryck vid 0,05 mm utböjning av membranet (A) korrigerat för membranspänning (A) och manometerns nollvärde (Z_M) och därefter justerat till nolldeformation genom rätlinjig extrapolering från expansionstrycket vid 1,10 mm utböjning.

För beräkning av p_0 används formeln

$$p_0 = 1,05(A - Z_M + \Delta A) - 0,05(B - Z_M - \Delta B)$$

Expansionstryck p_1

Expansionstrycket p_1 är det övertryck som vid försöket erfordras för att expandera membranet 1,10 mm ut från plattan. p_1 beräknas ur

$$p_1 = B - Z_M - \Delta B$$

Materialindex I_D

Materialindex I_D används för klassificering av jorden och beräknas ur

$$I_D = (p_1 - p_0) / (p_0 - u_0)$$

Horisontellt spänningsindex K_D

Det horisontella spänningsindexet K_D är ett relativt mått på det horisontaltryck som verkar mot dilatometern efter att den installerats på aktuell nivå. Det används för utvärdering av jordens egenskaper.

$$K_D = (p_0 - u_0) / \sigma'_{v0}$$

Dilatometermodul E_D

Dilatometermodulen E_D är ett mått på jordens styvhet. Denna modul kan inte användas direkt för deformationsberäkning utan måste först konverteras till kompressionsmodul M eller elasticitetsmodul E med ledning av övriga parametrar. Dilatometermodulen används också vid klassificering av jorden.

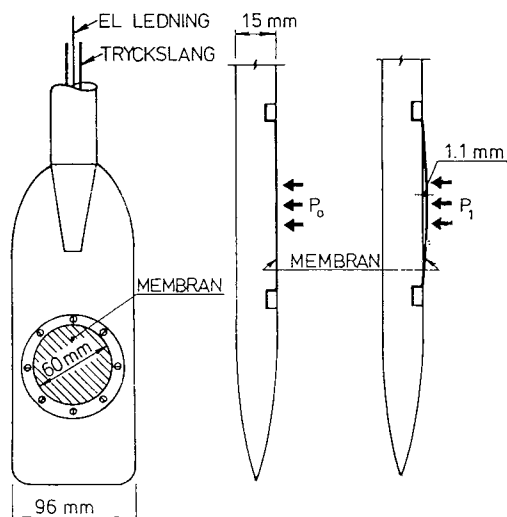
$$E_D = 34,7(p_1 - p_0)$$

De ingående parametrarna, utom I_D och K_D som är relationer och saknar enhet, skall genomgående uttryckas i samma enheter. Normalt används kN/m² eller bar.

4. Utrustning

Dilatometer

Dilatometern består av en planparallell stålplatta med ett cirkulärt membran på den ena av de breda sidorna. Plattans tjocklek skall vara inom intervallet 13,5 till 15,0 mm. Membranets diameter skall vara 60 mm. Plattans längd är normalt 240 mm, men kan variera något för olika modeller.



Figur 1. Dilatometern.

Plattans nederdel skall vara konad med en svag rundning och sluta i en rak egg med samma bredd som plattan. Eggens yttre hörn får dock vara rundade. För en ny dilatometer skall spetsvinkeln vara cirka 16° och den koniska delen börja cirka 50 mm upp på plattan.

Plattans bredd skall normalt vara 96 ± 1 mm. Avsteg från detta, t.ex. med mindre bredd på plattan, för att komma igenom foderrör av en något mindre dimension, kan göras om det genom jämförande provningar i den aktuella jorden kan visas att resultaten blir likvärdiga.

Dilatometern skall vara rak. För dess plana del får maximal nedböjning vara maximalt 0,5 mm över en sträcka av 150 mm.

Membranets tjocklek och styvhet skall avpassas till den aktuella jordarten. För lös och medelfast kohesionsjord skall tunna membran vars kalibreringsvärden ΔA och ΔB inte överstiger 0,20 (20) respektive 0,35 (35) bar (kPa) användas. För grövre och fastare jord kan tjockare membran med högre kalibreringsvärdet användas.

Bakom membranet finns en tryckkammare där en distansmätare är monterad. Denna skall sluta och öppna en strömkrets då membranets centrum rört sig 0,05 mm +0,02/-0,00 mm, respektive 1,10 ±0,03 mm ut från plattan.

Sondstänger

Dilatometern ansluts till hålade stänger för neddrivning, vanligen via en adapter. Vid större stängdiameter än 36 mm skall adaptern vara konad för en mjuk övergång till den större diametern. Innerdiametern skall i såväl stänger som skarvtappar vara minst 16 mm. Kolvborrör, ϕ 36 mm sondstänger med hålade tappar eller liknande kan användas. De skall, beroende på neddrivningsutrustningen, vara dimensionerade för maximal neddrivningskraft.

Skarvarna skall vara lika styva som stängerna och stängerna skall vara raka. För de nedersta 5 metrarna får den maximala utböjningen på mitten av en stång vara 0,5 mm i förhållande till en rät linje genom ändpunkterna. Motsvarande mått för stänger högre upp är 1 mm. Samma krav på raket som för stängerna gäller också för skarvarna.

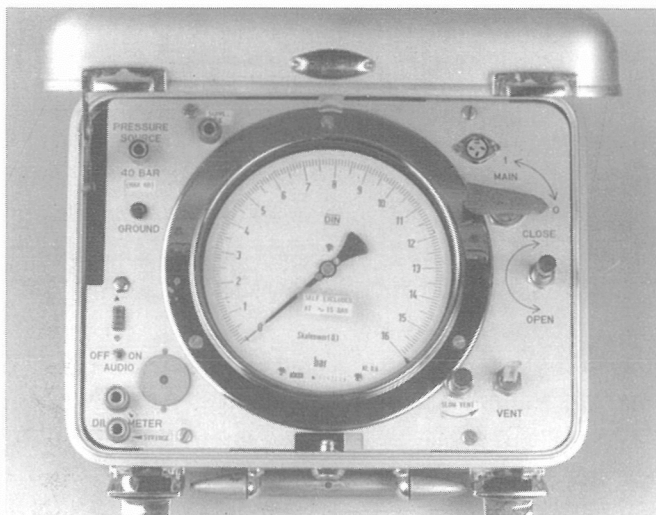
Då dilatometern anslutits till sondstängerna skall dess egg sammanfalla med stängernas centrumlinje. Maximal godtagbar avvikelset är 1,5 mm. Detta kontrolleras genom att den nedersta sondstången med påskruvad adapter och dilatometer läggs mot ett plant underlag med eggen parallell med underlaget. Det vinkelräta avståndet från underlag till egg mäts, varpå stång och dilatometer roteras 180° och avståndet mäts på nytt. Skillnaden mellan dessa mätningar får inte vara större än 3,0 mm.

Tryckslang

Tryckslangen mellan dilatometer och reglerutrustning skall vara tät. Mindre läckage som uppstår i fält kan temporärt accepteras. Läckage som i ett slutet system förorsakar större tryckfall än 1 bar/min (100 kPa/min) är oacceptabla. Neddrivningsutrustningen skall vid behov modifieras, t.ex. med en slitsad adapter, så att tryckslangen inte kläms eller skadas på annat sätt.

Reglerutrustning

För tryckpåläggning används tryckbehållare med kvävgas eller luft med tillhörande tryckreduceringsventiler. Reglerutrustningen till dilatometern är dimensionerad för ett maximalt tryck av 80 bar (8 MPa). Den består av en nålventil för flödesreglerad tryckpåläggning, ventilationskran, avstängningskran, anslutningar för slangar till tryckbehållare och dilatometer, audio-visuell indikator för om strömkretsen i dilatometern är stängd eller öppen, anslutningar för kalibreringsutrustning samt manometrar för tryckavläsning, Figur 2.

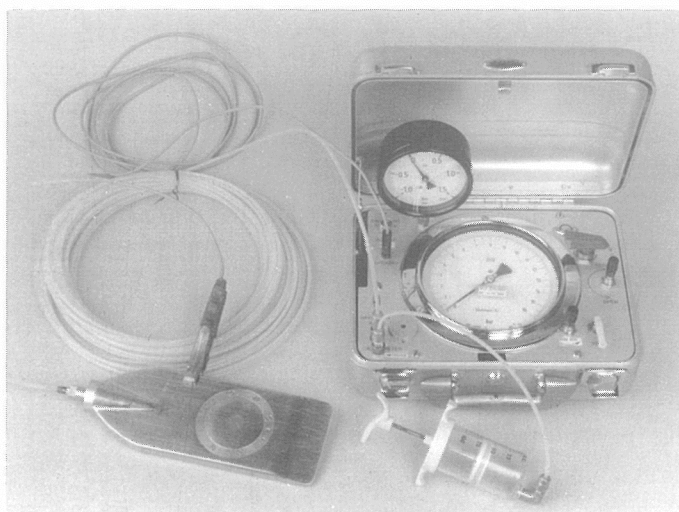


Figur 2. Reglerutrustning för dilatometer.

Manometrarna skall vara försedda med transportsäkringar. De skall antingen vara utbytbara eller alternativt parallellkopplade och försedda med överlastskydd. För försök i lösa jordar får manometrar med ett maximalt mätområde av 16 bar (1,6 MPa) användas. För fastare jord får manometrar med mätområdet 0 - 40 bar (0-4 MPa) användas och för mycket fast jord 0 - 80 bar (0-8 MPa). Manometrarna skall ha en noggrannhet av $\pm 0,5\%$ av mätområdet eller bättre. De skall kalibreras med jämna mellanrum och vid försökstillfället får kalibreringen inte vara äldre än ett år.

Kalibreringsutrustning för dilatometermembran

Kalibreringsutrustningen för membranet består av en handpump, med vilken såväl sug som tryck kan appliceras för hand, samt en manometer med mätområdet -1,0 bar till +1,5 bar (-100 kPa till +150 kPa), Figur 3. Kalibreringsmanometern skall ha en noggrannhet av 1,0 % av mätområdet eller bättre.



Figur 3. Kalibreringsutrustning för dilatometermembran.

Neddrivningsutrustning

Neddrivningsutrustningen skall kunna riktas in vertikalt och pressa ned dilatometern och stängerna med en konstant hastighet av 20 ± 10 mm/s. Den skall vara belastad eller förankrad så att den inte rör sig relativt jorden under neddrivningen och kan ge erforderlig neddrivningskraft. Slag får endast användas i undantagsfall för att passera fastare lager på större djup. Dilatometern är inte dimensionerad för vridmoment och rotation får absolut inte förekomma. Försiktighet skall också iakttas vid på- och avskarvning av stänger så att moment inte överförs till dilatometern.

Dilatometern kan tryckas ned med en kraft av upp till 100 kN. Vid krafter över 50 kN och vid neddrivning med slag ökar risken för att utrustningen skall skadas. En stor del av neddrivningskraften utgörs normalt av stångfriktion. För att minska denna kan en lokal förtjockning av sondstången appliceras ovanför dilatometern, dock ej närmare membranets centrum än 0,5 m.

Djupregistrering

Djupregistreringen görs normalt manuellt relativt markytan i undersökningspunkten, vilken avvägs. Osäkerheten i djupbestämningen får inte överskrida 0,1 m.

5. Försöksutförande

Kontroller

- Utrustningen kontrolleras med avseende på dilatometerns och stängernas raket. Mindre skador på eggen kan åtgärdas i fält genom filning. Krökta dilatometrar och stänger måste åtgärdas i verkstad. I det senare fallet måste också övriga funktioner hos dilatometern kontrolleras efter att den åtgärdats.
- Membranet kontrolleras med avseende på förslitning och täthet. Skrynkade och starkt repade membran byts ut. Kraven på dilatometerns ytjämnhet, eggens raket och låga kalibreringsvärden för membranet är högre vid försök i kohesionsjord än i grövre och fastare jordar. Det är därför lämpligt att ha flera dilatometrar avsedda för olika typer av jord. I annat fall får membranets lämplighet för den aktuella jorden bedömas enligt uppmätta kalibreringsvärden och angivna krav. Detta kan också medföra att membranet behövs bytas ut.
- Tryckslangens täthet kontrolleras.

Täthetskontroll av membran och slang utförs genom att slangen ansluts till reglerutrustningen och den yttre änden ansluts till dilatometern respektive pluggas. Efter att tryck applicerats i slangen kan tätheten kontrolleras genom att slang och dilatometer sänks ned under vatten och kontroll görs av att inga luftbubblor uppstår. Alternativt kan kranar och ventiler på reglerutrustningen stängas och täthetskontrollen göras genom avläsning av manometern, där inget mätbart tryckfall skall registreras inom en minut. Vid kontroll av oskyddat membran får trycket begränsas så att inte membranet överexpanderas, medan tryckslangens täthet skall kontrolleras för det maximala tryck som kan bli aktuellt vid försöken. Kontroll av täthet i både tryckslang och membran kan göras samtidigt om dilatometern förs ned i en skyddskåpa som förhindrar att membranet expanderas över 1 mm.

Kalibrering

- Membranet kalibreras före och efter varje försöksserie i samma försökspunkt. Vid byte av membran repeteras kalibreringen ett stort antal gånger tills stabila kalibreringsvärden erhålls. Vid flyttning mellan försökspunkter i

samma projekt utan demontering av utrustningen kan kalibrering efter försök i den föregående punkten också gälla som kalibrering före försök i den närmast efterföljande punkten.

- Efter att transportsäkringarna tagits bort avläses manometerns nollvärde vid atmosfärstryck. Reglerutrustningen får därefter inte flyttas eller lutas under försöket eftersom detta kan påverka de avlästa värdena.

Neddrivning

Neddrivningsutrustningen riktas in vertikalt och dilatometern trycks ned i jorden. Förborrning utförs endast genom lager som innehåller så grov eller fast jord att dilatometern riskerar att skadas. Neddrivningen skall ske kontinuerligt inom angivna hastighetsgränser. Användning av slag bör i görligaste mån undvikas och skall alltid anges speciellt. Som alternativ till slag kan stångfriktionen reduceras, antingen genom användning av en lokal förtjockning i stångpaketets nederdel eller genom att börja varje nedtryckning från en provningsnivå till nästa med att lyfta stänger och dilatometer några centimeter innan de trycks ned.

Provning

Provning skall normalt utföras på nivåer med 0,2 m djupavstånd. I övriga fall skall intervallet mellan två provningar skall vara minst 0,15 m.

Då provningsnivån nåtts avlastas stängerna så att ingen nedpressningskraft utöver egentyngden verkar. I extremt lös jord låses stängerna så att de inte sjunker för egentyngden. Påläggning av gastryck bakom membranet skall startas inom 15 sekunder efter att provningsnivån nåtts.

Den hastighet med vilken trycket ökas regleras med flödesventilen så att den första avläsningssignalen, som markerar att membranet just börjat röra sig utåt, inträffar mellan 15 och 30 sekunder efter att tryckökningen startats. Vid denna signal avläses manometern momentant, (*A*-avläsningen). Tryckpåläggningen fortsätts utan avbrott tills nästa avläsningssignal anländer, vilket skall ske efter ytterligare 15 till 30 sekunder. I detta ögonblick avläses manometern på nytt, (*B*-avläsningen), varpå övertrycket omedelbart ventileras ut. Därefter är försöket på den aktuella nivån avslutat och dilatometern kan tryckas vidare till nästa försöksnivå.

6. Redovisning

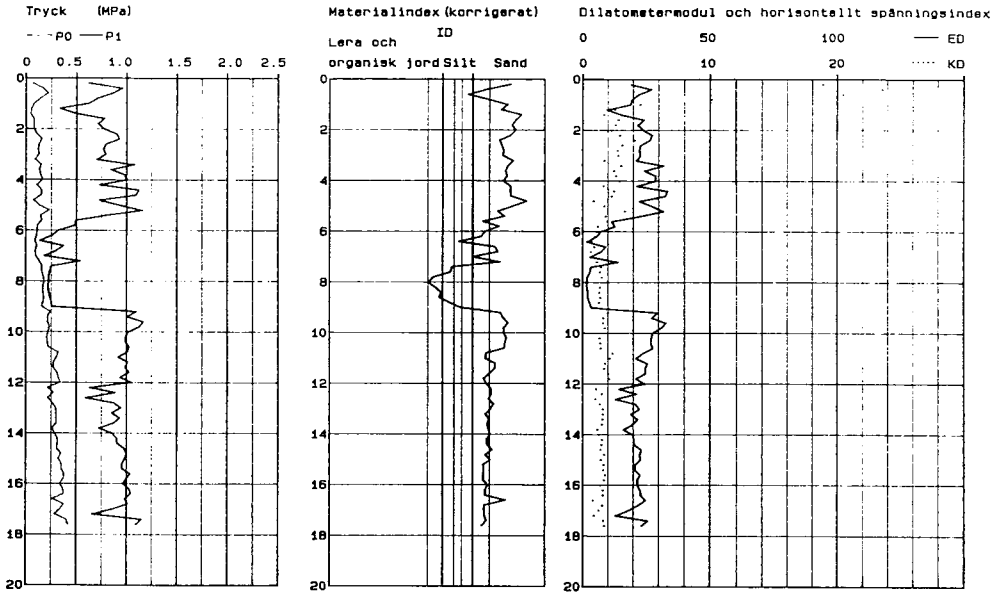
Protokoll

I redovisningen i fält vid dilatometerförsök skall följande anges:

- Försöksplats, objekt
- Försökspunktens beteckning
- Försökspunktens läge i plan
- Markytans avvägda nivå i försökspunkten
- Datum för försökets utförande
- Operatör
- Uppmätt grundvattenyta och portrycksfördelning
- Datum för senaste kalibrering av manometer (-rar).
- Nollvärde för manometer (-rar)
- Kalibreringsvärden för membran A och B före försöket
- Kalibreringsvärden för membran A och B efter försöket
- Avlästa värden A och B samt djup för varje försöksnivå
- Användning av slag för neddrivning och på vilken nivå detta utförts
- Observationer i samband med neddrivning t.ex. som skrapljud, och stora variationer i erforderlig neddrivningskraft
- Svårigheter att följa standard för tryckpåläggningshastighet (vid mycket varierande jordförhållanden)
- Andra problem t.ex. i form av stora läckage, eller svaga eller på annat sätt icke distinkta avläsningssignaler.

Grafisk redovisning

Resultat och utvärderade parametrar för respektive nivå redovisas i diagram. Redovisning skall göras av trycken p_0 och p_I , materialindex I_D , horisontellt spänningsindex K_D och dilatometermodulen E_D *). Uppritning av resultat och utvärderade parametrar görs som regel med hjälp av datorprogram. Ett exempel redovisas i Figur 4.



Figur 4. Exempel på redovisning av dilatometerförsök.

Övrig utvärdering och uppritning av utvärderade parametrar ingår inte i standarden.

Redovisning i plan utförs enligt SGFs beteckningsblad.

*) Materialindex korrigeras för överkonsolidering enligt följande

$$I_{D(korr)} = I_D - 0,075(K_D - 2,5) \quad \text{vid djup} < 2,0 \text{ m och } K_D > 2,5$$

$$I_{D(korr)} = I_D - 0,035(K_D - 2,5) \quad \text{vid djup } 2,0 \text{ m och } K_D > 2,5$$

Vid $K_D < 2,5$ och/eller $I_D \leq 0,10$ sätts $I_{D(korr)} = I_D$

och i övriga fall gäller begränsningen att $I_{D(korr)} \geq 0,1$

Vid redovisning av materialindex kan såväl I_D som $I_{D(korr)}$ användas. Det skall klart anges vilket som avses.

SGF Rapport

1:93 Rekommenderad standard för CPT-sondering

1:93E Recommended Standard for Cone Penetration Tests

2:93 Rekommenderad standard för vingförsök i fält

Svenska Geotekniska Föreningen (SGF) bildades 1950 och består av ca 650 enskilda medlemmar med minst två års praktisk erfarenhet av geoteknik. Dessutom ingår ca 35 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 for Soil Mechanics and Foundation Engineering (ISSMFE). Varje enskild medlem i SGF är också medlem i den internationella föreningen.

I SGFs Rapportserie utges föreningens rekommenderade standarder, monografier och dokumentation från konferenser och temadagar m.m.



SGF

Svenska Geotekniska Föreningen

581 93 Linköping, Tel. 013-20 18 00, Fax 013-20 19 14