



F1000096243B

(B) (11) KUULUTUSJULKAISU
UTLAGGNINGSSKRIFT
C (45) Patentti myönnetty
Patent meddelat 27 05 1996

96243

(51) Kv.1k.6 - Int.cl.6

G 01N 11/00

SUOMI-FINLAND
(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

(21) Patenttihakemus - Patentansökning	934730
(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag	26.10.93
(24) Alkupäivä - Löpdag	26.10.93
(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig	27.04.95
(44) Nähtäväksipanon ja kuul.julkaisun pvm. - Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad	15.02.96

(71) Hakija - Sökande

1. Paakkinen, Ilmari, Moinsalmentie 1854, 57230 Savonlinna, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1. Lainio, Kai Juhani, Tuulimyllyntie 8 B, 14200 Turenki, (FI)

2. Paakkinen, Ilmari, Moinsalmentie 1854, 57230 Savonlinna, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Oy Kolster Ab

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

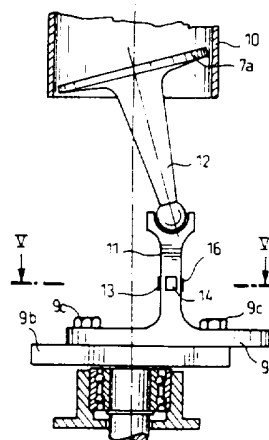
Menetelmä ja laite rakeisten maamassojen ominaisuuksien mittaamiseksi
Förfarande och apparat för mätning av egenskaper av korniga jordmassor

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

DE B 1598408 (G 01N 11/14), US A 4930346 (G 01N 11/14), US A 3461717 (G 01N 3/00)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksinnön kohteena on menetelmä ja laitteisto maamassojen ominaisuuksien mittaamiseksi kuormituksen alaisina, jossa laitteistossa on sylinteri (10) massanäytettä varten, joka on kansi- ja pohjalevyjen (6a,7a) sulkema, välineet näytteen kokoonpuristamista varten, välineet kansi- ja pohjalevyjen keskiakseleiden poikkeuttamiseksi yhdensuuntaisesti kulman verran sylinterin keskiakselin tasossa sylinterin keskiakselin suhteen, ja välineet kansi- ja pohjalevyjen keskiakseleiden saattamiseksi kiertämään sylinterin (10) keskiakselin ympäri mainitulla kulmapoikkeamalla näytteen muokkaamista varten. Mittauksen tehostamiseksi massaa mitataan laitteella, joka on varustettu välineellä (13-16) näytteen muodonmuutosta vastustavan voiman mittaamiseksi näytteen säteen suunnassa ja näytteen muodonmuutosta vastustavan voiman mittaamiseksi kulmapoikkeaman kiertosuunnassa.



Uppfinningen avser förfarande och anordning för mätning av jordmassors egenskaper under belastning, vilken anordning har en cylinder (10) för massaprov tillsluten av lock- och bottenplattor (6a, 7a), organ för sammanpressning av provet, organ för avlänkning av lock- och bottenplattornas mittaxlar parallellt i cylinderns mittaxels plan till en viss vinkel mot cylinderns mittaxel, och organ för åstadkommande av vridning av lock- och bottenplattornas mittaxlar omkring cylinderns (10) mittaxel med nämnda vinkelavvikelse för bearbetning av provet. För effektivisering av mätningen mäts massan med en anordning försedd med organ (13 - 16) för mätning av kraften, som motverkar provets formförändring i provets radialriktning och för mätning av kraften, som motverkar provets formförändring i vinkelavvikelsens vridriktning.

Menetelmä ja laite rakeisten maamassojen ominaisuuksien mittaamiseksi

5 Tämän keksinnön kohteena on menetelmä rakeisten maamassojen ominaisuuksien, kuten elastisten, plastisten ja viskoottisten muodonmuutosvastusten mittaamiseksi kuorituksen alaisina, jonka menetelmän mukaisesti

10 - massasta otettua näytettä puristetaan sylinterissä vakiovoimalla sylinterin tasomaisen pohjalevyn ja kansilevyn välissä,

- pohja- ja kansilevyjen kohtisuorat keskiakselit poikkeutetaan kulman verran sylinterin keskiakselista samassa tasossa samaan suuntaan,

15 - muokataan näytettä vakiopuristuksen alaisena mainittujen levyjen välissä muuttamalla levyjen asentoja kiertyvästi sylinterin keskiakselin suhteen levyjen säilyessä yhdensuuntaisina, ja

- mitataan näytteen muodonmuutoksia ja vastaavia jännityksiä.

20 Maamassoilla tarkoitetaan tässä yhteydessä soraa, hiekkaa, murskeita kalliomurske mukaanluettuna, jäykkää tuoretta betonia ja sentapaisia rakeisia aineosia.

25 Maarakentamisessa tarvitaan tietoa maamassan soveltuvuudesta kulloinkin kyseessä olevaan tarkoitukseen, kuten maamassojen muuttumisesta tienrakennuksessa liikennekuormien alla, rakennusten perustusten käyttäytymisestä maanjäristysalueilla, merenpohjan kantavuudesta öljynporaustautan jalan alla ja rakeisen massan käyttäytymisestä kuljetuksessa ja tiivistyksessä.

30 Kuorman alaisena maamassoissa tapahtuu elastisia eli palautuvia muodonmuutoksia. Jos kuorma on riittävän suuri, se aiheuttaa maamassassa myös plastisia eli palautumattomia muodonmuutoksia, jotka usein johtavat rakenteen vaurioitumiseen.

35 Jos massassa on jäykkiä viskoottisia aineosia, se

käyttäytyy visko-elastoplastisesti, jolloin viskoottinen muodonmuutosvastus ilmenee samalla tavalla kuin plastinen vastus. Tämä ilmiö tunnetaan hyvin sellaisten tien pinnoituksessa käytettyjen massojen, joihin on sekoitettu bitumia kuten asfaltin yhteydessä. Viskoottisen vastuksen erikoispiirteenä on se, että se pienenee, jos liukunopeutta pienennetään tai näytteen lämpötilaa nostetaan. Näiden toimenpiteiden avulla voidaan viskoottinen ja plastinen vastus erottaa toisistaan.

10 Kun laitteen tai rakennuksen perustus mitoitetaan kantamaan jaksollisia kuormituksia, työssä on tavoitteena se, että pohjamaassa ei tapahdu haitallisia palautumattomia (plastisia) muodonmuutoksia. Tätä varten on tärkeää, että massan sekä elastinen että plastinen käyttäytyminen
15 voidaan mitata mahdollisimman luotettavasti varsinkin näiden kahden ilmiön raja-alueella. Aikaisemmilla menetelmillä mitatut lujuudet ja tiedot massan käyttäytymisestä ovat olleet suuripiirteisiä, koska mittaaminen on ollut työlästä ja epätarkkaa.

20 Rakentamisessa pyritään kustannusten takia välttämään suurten maamassojen siirtoja. Siksi halutaan tiedot kaikkien rakennuspaikkaa lähellä olevien käyttökelpoisten massojen ominaisuuksista. Rakennustyössä sekoitetaan usein eri massoja, esimerkiksi soraa ja mursketta, toisiinsa.
25 Tällöin on sekoitetun massan ominaisuuksia kontrolloitava jatkuvilla mittauksilla. Myös näissä mittauksissa on tärkeää, että massan elastinen ja plastinen käyttäytyminen voidaan mitata erillisinä.

Asfaltin kehittämisessä, tutkimuksissa ja teiden
30 pinnoittamisessa on lisäksi tärkeää tuntee massan viskoottiset ominaisuudet, jotta kiviaineksen tiivistysominaisuudet, bitumin määrä ja viskositeetti voitaisiin suhteuttaa toisiinsa asfalttimassan valmistuksessa.

Maamassan elastisia ja plastisia muodonmuutoksia ja
35 jännityksiä jaksollisissa kuormituksissa mitataan labora-

torioissa yleisesti mm. leikkausrasian (Shear box) ja ns. kolmiakselilaitteen (Tri-axial tester) avulla. Näissä kokeissa on monia käytännön vaikeuksia. Niissä liike tapahtuu yhteen suuntaan edestakaisin. Sellaisen jaksollisen liikkeen järjestämiseen tarvitaan monimutkaiset ja kalliit
5 laitteet. Suurten muodonmuutosten eli plastisen alueen tutkiminen ei ole erityisen tarkkaa, koska muodonmuutoksenttä on kummankin laitteen näytteessä kovin epähomogeeninen. Näistä ja muistakin syistä johtuen tuloksissa on
10 paljon hajontaa, joten niihin ei voi paljoa luottaa.

FI-patenttijulkaisusta 75672 on aikaisemmin tunnettu menetelmä ja laitteisto jäykän, rakeisen massan ominaisuuksien, erikoisesti tiivistettävyyden mittaamiseksi. Tämän menetelmän mukaisesti massasta otetaan painoltaan
15 nettu näyte, puristetaan näytettä kahdelta vastakkaiselta suunnalta vakiovoimalla ja leikkaustiivistetään näytettä vakiopuristuksen alaisena kahden keskenään yhdensuuntaisen, asentoaan kiertyvästi vaihtavan kaltevan tason välissä leikkaustiivistyksen kohdistamiseksi näytteeseen. Näytteen tilavuus mitataan tiivistymisen alussa ja määrätyn
20 tiivistystyön jälkeen ja verrataan näytteen tilavuudenmuutosta kokeellisesti määriteltäviin raja-arvoihin.

Mainitulla tunnetulla menetelmällä mitataan kaltevien tasojen kiertymistä vastustavan momentin suuruus
25 näytteestä, niin että saadaan tieto eri massojen plastisista muodonmuutoksista ja jännityksistä. Maamassojen elastisten muodonmuutosten aiheuttamat elastiset jännitykset on vuorostaan mitattu edellä kuvatuilla laboratorio-laitteilla.

30 Tämän keksinnön tarkoituksena on aikaansaada menetelmä, joka mahdollistaa massan elastisten, plastisten ja myös viskoottisten ominaisuuksien mittaamisen luotettavalla tavalla. Tämä tarkoitus saavutetaan keksinnön mukaisella menetelmällä, jolle on tunnusomaista se, että näyttees-
35 tä mitataan näytteen muodonmuutoksia vastustavia voimia

sekä kulmapoikkeaman (näytteen säteen) suunnassa elastisen ja mahdollisen viskoottisen muodonmuutosvastuksen määrittämiseksi että kulmapoikkeaman kiertosuunnassa plastisen ja mahdollisen viskoottisen muodonmuutosvastuksen määrittämiseksi.

5 Keksinnön mukaisella menetelmällä voidaan massan elastista ja plastista käyttäytymistä seurata erillisinä tapahtumina saman mittauskierroksen aikana. Tämän ansiosta tulevat massan elastiset ja plastiset jännitykset mita-
10 tuiksi todellisia olosuhteita vastaavassa tilanteessa, koska käytännössä massa joutuu yhtäaikaisesti sekä elastisia että plastisia muodonmuutoksia aiheuttavien kuormien alaiseksi.

 Kun massan muodonmuutos on elastinen, niin myös
15 jännitykset ovat elastisia. Kun muodonmuutos on suurempi ja osaksi plastinen, massassa on molempia jännityksiä. Kun kuorma poistuu, palautuvat muodonmuutokset jäävät jäljelle, mutta molemmat jännitykset poistuvat. Plastinen jännitys on palautumattoman muodonmuutoksen "vastus". Kun esi-
20 merkiksi tien rakennekerrosten käyttäytymiselle tehdään matemaattinen malli, tarvitaan tieto samanaikaisesti samassa tiiviydessä sekä elastisista jännityksistä että muodonmuutoksesta ja plastisesta muodonmuutosvastuksesta. Jotta tähän tarkoitukseen saadaan jatkuva, aukoton tieto
25 jännityksistä ja muodonmuutoksesta, on edullista mitata ne samanaikaisesti. Erillisten luotettavien yksittäisten mitaustietojen saaminen nykyisillä menetelmillä on ollut kovin työlästä, koska on ollut pakko tehdä useita kokeita eri laitteilla. Näytteiden valmistuksessa jää niiden tiheyksiin virheitä, ja tulokset ovat olleet epäluotettavia.
30

 Kun massojen sekä elastinen että plastinen käyttäytyminen tunnetaan, niiden kantavuutta ja käyttöominaisuuksia voidaan vertailla ja esimerkiksi tienrakennukseen valita kelpollisia massoja.

35 Keksinnön kohteena on myös laitteisto edellä seli-

tetyn mukaisen menetelmän soveltamiseksi käytännössä, ja tälle laitteistolle on tunnusomaista se, mikä on esitetty patenttivaatimuksessa 5.

5 Keksinnön mukaisella laitteistolla on keksinnön mukainen menetelmä toteutettavissa ja menetelmän tarjoamat edut saavutettavissa yksinkertaisin välinein.

 Keksintöä selitetään lähemmin seuraavassa viitaten oheisiin piirustuksiin, joissa

10 kuviot 1A ja 1B esittävät kaavamaisesti keksinnön mukaisen menetelmän toimintaperiaatetta,

 kuvio 2 esittää edestä nähtynä erään keksinnön mukaisessa menetelmässä käytettävän laitteiston rakennetta täyttöasennossa, ja

15 kuvio 3 esittää kuvion 2 mukaisen laitteen erästä yksityiskohtaa suuremmassa mittakaavassa,

 kuviot 4 ja 5 esittävät keksinnön mukaisen laitteiston ensimmäistä sovellutusmuotoa, ja

 kuviot 6 ja 7 esittävät keksinnön mukaisen laitteiston toista sovellutusmuotoa.

20 Piirustusten kuviossa 1A esitetty massanäyte 1 on lieriömäinen ja suljettu pohjan 7a ja kannen 6a väliin. Pohja ja kansi ovat keskenään samansuuntaiset, mutta lieriön keskiviiva A poikkeaa kulman α verran pohjan ja kannen normaalin suunnasta B. Tämä poikkeama α on lieriön liikekulma.

25 Näytettä pyöritetään pohjan normaaliin B yhtyvän pyörimisakselin C ympäri liikekulman säilyessä muuttumattomana, jolloin liikekulma kiertää tasaisesti näytteen pyörimisakselin C ympäri. Pohja ja kansi pysyvät samansuuntaisina, mutta eivät pyöri keskipisteensä (normaalin B) ympäri, vaan siirtyvät liikekulman mukana.

30 Kuvio 1B esittää massanäytettä poikkileikkattuna. Näytettä pyöritettäessä mainitulla liikekulmalla pyörimisakselin ympäri syntyy massa- leikkausvoimia, joiden
35 resultantti FR poikkileikkauspinnassa on kulman α eli

näytteen säteen suuntainen ja kiertää tämän kulman mukana. Jos muodonmuutos on täysin elastinen, palautuu liikekulma nolllaksi ja resultantti FR nolllaksi, kun massanäytteen pyörittäminen lopetetaan ja näyte vapautetaan.

5 Kun massanäytettä pyöritetään suuremmalla liikekulmalla pyörimisakselin C suhteen, vaikuttavat massan poikkileikkauspinnassa sekä elastisten leikkausvoimien resultantti FR että plastisten leikkausvoimien resultantti FT. Elastinen resultantti FR vastustaa elastista muodonmuutosta eli liikekulman muuttumista. Plastinen resultantti FT vastustaa muodonmuutosta eli liikekulman pyörimistä. Plastisen resultantin suunta on liikekulman liikeradan D tangentin suuntainen, kuten kuviossa 1B on esitetty. Nämä kaksi voimaa eli näytteessä vallitsevaa jännitystä voidaan
10 erottaa toisistaan vaikutussuuntansa perusteella.
15

 Puristusvoima, jonka alaisena näyte pidetään mittauksen aikana, on samaa suuruusluokkaa kuin se, millä massa tulee kuormitetuksi käyttökohteessa. Esim. tienrakennuksessa on suurin paine kuorma-auton pyörän alla n.
20 0,6 - 1 MPa.

 Pyörimisnopeuden on oltava niin pieni, että kiihtyvyysoimat eivät häiritse mittauksia. Suurimmat nopeudet ovat esim. 80 - 150 kierr./min. Asfalttia tutkittaessa bitumin viskositeetti tekee massan jäykäksi, jolloin sopiva
25 nopeus on 10 - 30 kierr./min.

 Liikekulma on tavallisesti 1° - 3° silloin, kun massan halutaan tiivistyvän. Pelkästään elastista aluetta tutkittaessa voidaan liikekulma valita pienemmäksi, esim. $0,2^{\circ}$ - $0,5^{\circ}$.

30 Elastinen voimaresultantti FR ja plastinen voimaresultantti FT voidaan mitata FI-patentissa 75672 esitetyn tapaisella laitteistolla sopivasti muunnettuna. FI-patentin mukaisessa laitteistossa massanäyte pysyy mittauksen aikana pyörimättömänä samoin kuin ympyrän muotoinen pohja-
35 levy ja kansilevy. Vain ylämäntä ja alamäntä, joissa on

viistotut päät, joilla männät painautuvat pohja- ja kansilevyjä vasten, pyörivät näytteen keskiakseliin yhtyvän pyörimisakselin ympäri.

5 Kuviossa 2 on esitetty periaatteellisesti FI-patentissa 75672 kuvattu laite, joka on muunnettu niin, että sitä voidaan käyttää keksinnön mukaisen menetelmän soveltamiseen. Viitenumeron 1 avulla kuvioon 2 on merkitty periaatteellisesti laitteen runko. Viitenumeroiden 2 ja 3 avulla kuvioon 2 on puolestaan merkitty voimansiirtovälineet, esimerkiksi ketjut tai hammashihnat ja viitenumeron 10 4 avulla väliakseli, joiden avulla ylä- ja alamännän 6, 7 pyörimisakseleiden 5b, 5a pyörimisliike on synkronoitu yhteen. Mittauslaitteiston ylä- ja alamäntien 6, 7 pyörityskoneistojen yhteyteen on sovitettu epäkeskolaitteet 8, 9, 15 joiden avulla mäntien keskiakselit saadaan poikkeutetuksi liikekulman verran näytteen keskiakseliin yhtyvän pyörimisakselin C suhteen. Ylä- ja alamäntien epäkeskolaitteita pyöritetään synkronisesti kuten edellä on todettu, jolloin pohja 7a ja kansi 6a kiertyvät liikekulman mukana pyörimisakselin ympäri pyörimättä itse keskiakseleidensa ympäri. 20 Pohja ja kansi joutuvat tällöin suorittamaan kiertyvää aaltoliikettä massanäytteen päätypintoja vasten. Viitenumeron 10 avulla on merkitty työsylinteri, johon mitattava massanäyte sijoitetaan.

25 Pyörimisakseli 5b on edullisesti pituussuunnassa pitenevä akseli, jolloin ylämäntä 6 voidaan laakeroida liukuvasti runkoon 1 ja näin saada aikaan sylinterissä 10 olevan massaan kokonpuristuminen sylinterin 10 aksiaalisuunnassa. Em. puristusliike voidaan saada aikaan millä tahansa sinänsä tunnetuilla välineillä. 30 Pyörimisakselin 5a alapäässä on lisäksi kollektori, jonka avulla sähköiset signaalit saadaan ulos laitteelta.

Kuviossa 3 on esitetty alamännän pyörityskoneisto suuremmassa mittakaavassa. Kuviossa 3 on käytetty vastavissa kohdissa samoja viitenumeroita kuin kuviossa 2. 35 Vii-

tenumeron 2a avulla kuvioon 3 on lisäksi merkitty ketju-
pyörä, joka on sovitettu toimimaan yhdessä voimansiirtovä-
lineen 2 kanssa. Epäkeskorakenne on muodostettu kahden le-
vymäisen elementin 9a, 9b avulla. Levymäisten elementtien
5 9a, 9b sijaintia toistensa suhteen voidaan säätää ruuvi-
elinten 9c avulla. Pohja 7a on kiinnitetty elementin 9a
varsiosaan 11 nivelvarren 12 avulla.

Kannen 6a liikuttelumekanismi on mekaanisesti täy-
sin samanlainen kuin edellä esitetty pohjan 7a liikuttelu-
mekanismi. Erona on ainoastaan mittausjärjestely, joka on
10 ainoastaan pohjan liikuttelumekanismiin yhteydessä. Keksin-
nössä lähdetään siitä, että pohjassa ja kannessa vallitse-
vat yhtä suuret voimat. Mittausjärjestelyä selvitetään
tarkemmin myöhemmin.

15 Aiemmin mainittujen voimien FR ja FT mittaamiseksi
on pohjan liikuttelumekanismiin sovitettu mittausanturit,
joina voivat toimia esimerkiksi vaakalaitteissa ja voimien
mittauksessa yleisesti käytetyt venymämittausliuskat, jot-
ka on kiinnitetty koneen mekaanisiin osiin mittaamaan ve-
to- ja puristusjännityksiä. Mitattavat voimat saavat ai-
20 kaan koneen elimissä taivutusjännityksiä. Mittausanturit
sijoitetaan siten, että ne havaitsevat tällaiset jännityk-
set mahdollisimman selvinä. Kuvioissa 4 - 7 on esitetty
kaksi esimerkkiä mittauksen käytännön järjestelyistä.

25 Kuvioden 4 ja 5 sovelluksessa venymäliuskat 13 -
16 on sijoitettu epäkeskon pyörivään varsiosaan 11. Veny-
mäliuskat 13 ja 16 on sijoitettu poikkileikkaukseltaan ne-
liömuotoiseen varsiosaan 11 niin, että epäkeskoliikkeen
säteen suuntainen voima FR saa niissä aikaan selvän sähkö-
30 virran muutoksen eli signaalin. Vastaavasti venymäliuskat
14 ja 15 mittaavat tangentin suuntaisia voimia FT. Venymä-
liuskojen sijoitus näkyy erityisen selvästi kuviossa 5.

Kuvioissa 6 ja 7 on esitetty toinen sovellutusmuo-
to. Tässä sovellutusmuodossa on käytetty ainoastaan kahta
35 venymäliuskaa 17 ja 18, jotka on sovitettu nivelvarteen

12. Venymäliuskojen 17, 18 sijoitus näkyy erityisen hyvin kuviossa 7. Venymäliuskat 17, 18 mittaavat nivelvarteen 12 vaikuttavaa taivutusmomenttia yhteen suuntaan. Pohjaan 7a vaikuttavat näytteen elastiset ja plastiset jännitykset.

5 Niiden kummankin suunta pyörii laitteen epäkeskoakselin mukana. Lähestymisanturi 19 ilmaisee epäkeskon asennon. Mittasignaalit saadaan ulos laitteesta aiemmin mainitun kollektorin avulla.

10 Kuvioiden 6 ja 7 mukaisessa sovellutusmuodossa venymäliuskojen 17, 18 antama mittaustieto ilmaisee elastisia voimia FR silloin, kun kulmapoikkeaman suunta on sama kuin liuskojen mittaussuunta. Kun sensijaan kulmapoikkeama on kohtisuorassa tätä suuntaa vastaan, mittaustieto ilmaisee plastisia voimia FT.

15 Kuten edellä on esitetty keksinnössä on olennaista, että voimien FR ja FT mittaamiseksi laitteiston epäkeskorakenteeseen on kiinnitetty mittaasanturit, jotka voivat olla esimerkiksi venymäliuska-antureita. Mittausanturit, joita voi olla esimerkiksi neljä tai kaksi on sovitettu
20 mittaamaan epäkeskovarren säteen suuntaisia voimia ja epäkeskovarren kiertoliikkeen tangentin suuntaisia voimia. Säteen suuntainen voima ilmaisee tällöin näytteessä esiintyvää elastista leikkausvastusta muodonmuutosta vastaan, ja tangentin suuntainen voima ilmaisee näytteessä esiintyviä
25 plastisia ja viskoottisia jännityksiä, jotka vastustavat muodonmuutosliikettä eli pyörimisliikettä.

Näytteessä vallitsevat elastiset ja plastiset jännitykset. Ne riippuvat muodonmuutoksen suuruudesta. Jännitys vastustaa muodonmuutosta. Kun näyte on työsylinterissä, sen jännitykset heijastuvat voimina tai momentteina
30 mittaustilanteiston mekaanisissa osissa. Jännityksiä massan sisällä on vaikeata mitata ja siksi mitataan laitteiston osiin kohdistuvia voimia tai momentteja. Kun mitataan sylinterin kannen keskipisteeseen vaikuttava säteen suuntainen voima FS ja tangentin suuntainen momentti (voima FT),
35

saadaan näistä suureista johdettua elastista ja plastista muodonmuutosta vastustavat jännitykset.

Betonin ominaisuuksien käyttäytymistä kuormituksen alaisena on selostettu julkaisussa "Fresh Concrete, Properties and Tests", Peter Bartos, Elsevier, Science Publishers, Amsterdam, 1992. Aineiden plastista muodonmuutos-
5 teoriaa on selostettu julkaisussa "Theory of Perfectly Plastic Solids", J. Wiley & Sons, New York, 1951.

Kun näytteessä on mukana viskoottisia ainesosia, näytteen käyttäytyminen muodonmuutoksessa on melko moni-
10 mutkaista. Tarkoilla mittauksilla voidaan havaita viskoottisia liukumia myös sellaisessa rakeisessa massassa, joka muilta osiltaan käyttäytyy elastisesti. Myös tällöin on niille tunnusomaista se, että lämpötilan kohoaminen tai
15 liukunopeuden lasku pienentävät jännityksiä ja samalla suurentavat viskoottisia muodonmuutoksia. Tämä tarkoittaa, että viskoottisia muodonmuutoksia voidaan havaita myös voiman FR suunnassa. Silloinkin ne voidaan erottaa elasti-
sista muodonmuutoksista vaihtelemalla näytteen lämpötilaa
20 ja nopeuksia.

Viskoottinen jännitys riippuu myös liukumanopeudesta. Se voidaan erottaa rakeisen massan plastisesta jänni-
tyksestä varioimalla liukuman nopeutta. Näytteen viskoottiset ominaisuudet riippuvat lähes aina myös näytteen läm-
25 pötilasta. Viskoottinen jännitys (vastus) voidaan erottaa plastisesta myös tarkkailemalla niitä eroja, joita syntyy näytteen käyttäytymiseen, kun lämpötilaa vaihdellaan.

Tässä yhteydessä ei paneuduta tarkemmin visko-alas-
toplastisen massan jonkin verran monimutkaisiin ominais-
30 piirteisiin. Tavallinen tien pinnoitteena käytetty asfalttimassa sopii esimerkiksi massasta, jota voidaan tutkia tämän keksinnön mukaan. Näitä ilmiöitä on käsitelty paljon julkaisuissa, esimerkiksi C. Van der Poel'n julkaisussa
"Time and temperature effects on the deformation of bitu-
35 men and bitumen-material mixtures", Journ. Soc. Plastics

Engs, 11, 1995, sekä julkaisussa "Pavement Design, Elastic Stiffness and Permanent Deformation", Lectures in Seminar "Bituminous Pavement", S.F. Brown, Oulu, Sept. 1993.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä rakeisten maamassojen ominaisuuksien, kuten elastisten, plastisten ja viskoottisten muodonmuutosvastusten mittaamiseksi kuormituksen alaisina, jonka menetelmän mukaisesti

- massasta otettua näytettä puristetaan sylinterissä vakiovoimalla sylinterin tasomaisen pohjalevyn ja kansilevyn välissä,

- pohja- ja kansilevyjen kohtisuorat keskiakselit poikkeutetaan kulman verran sylinterin keskiakselista samassa tasossa samaan suuntaan,

- muokataan näytettä vakiopuristuksen alaisena mainittujen levyjen välissä muuttamalla levyjen asentoja kiertyvästi sylinterin keskiakselin suhteen levyjen säilyessä yhdensuuntaisina, ja

- mitataan näytteen muodonmuutoksia ja vastaavia jännityksiä, t u n n e t t u siitä,

- että näytteestä mitataan näytteen muodonmuutoksia vastustavia voimia sekä kulmapoikkeaman (näytteen säteen) suunnassa elastisen ja mahdollisen viskoottisen muodonmuutosvastuksen määrittämiseksi että kulmapoikkeaman kiertosuunnassa plastisen ja mahdollisen viskoottisen muodonmuutosvastuksen määrittämiseksi.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että kiertosuuntainen voima mitataan eri kiertonopeuksilla ja/tai eri lämpötiloissa viskoottisen muodonmuutosvastuksen erottamiseksi plastisesta muodonmuutosvastuksesta.

3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että sylinterin ja sen levyjen keskiakseleita kierretään pohja- tai kansilevyn keskiakselin ympäri sylinterin ja levyjen keskiakseleiden välisen kulmapoikkeaman säilyessä suuruudeltaan muuttumattomana.

4. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä,
t u n n e t t u siitä, että sylinterin levyjen keskiakse-
leita kierretään sylinterin keskiakselin ympäri sylinterin
ja levyjen keskiakseleiden välisen kulmapoikkeaman säi-
lyessä suuruudeltaan muuttumattomana.

5. Laitteisto maamassojen ominaisuuksien, kuten
elastisten, plastisten ja viskoottisten muodonmuutosvas-
tusten mittaamiseksi kuormituksen alaisina, jossa lait-
teistossa on

10 - sylinteri (10) massanäytettä varten, joka on kan-
si- ja pohjalevyjen (6a,7a) sulkema,

- välineet näytteen kokoonpuristamista varten,
- välineet kansi- ja pohjalevyjen keskiakseleiden
poikkeuttamiseksi yhdensuuntaisesti kulman verran sylinte-
rin keskiakselin tasossa sylinterin keskiakselin suhteen,
ja

15 - välineet kansi- ja pohjalevyjen keskiakseleiden
saattamiseksi kiertämään sylinterin (10) keskiakselin ym-
päri mainitulla kulmapoikkeamalla tai vastaavasti sylinte-
rin keskiakseli kansi- ja pohjalevyjen (6a,7a) keskiakse-
leiden suuntaisen pyörimisakselin ympäri näytteen muokkaa-
mista varten,

20 t u n n e t t u siitä, että se on varustettu välineellä
(13-16;17,18) näytteen muodonmuutosta vastustavan voiman
(FR) mittaamiseksi näytteen säteen suunnassa ja näytteen
muodonmuutosta vastustavan voiman (FT) mittaamiseksi kul-
mapoikkeaman kiertosuunnassa.

25 6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen laitteisto,
t u n n e t t u siitä, että välineet (13-16) on muodos-
tettu kahdesta anturikokonaisuudesta (13,16 ja 15,14),
30 jolloin toinen anturikokonaisuus (13,16) on sovitettu mit-
taamaan säteen suuntaisen voiman (FR) ja toinen (15,14)
vastaavasti kulmapoikkeaman kiertosuunnassa vaikuttavan
voiman (FT).

35

7. Patenttivaatimuksen 5 mukainen laitteisto,
t u n n e t t u siitä, että se on varustettu laitteella
(19) pohja- ja kansilevyn (7a,6a) sekä sylinterin (10)
keskiakseleiden välisen kulmapoikkeaman suunnan ilmaisemi-
5 seksi ja että välineet (17,18) on muodostettu yhdestä an-
turikokonaisuudesta, joka on sovitettu mittaamaan säteen
suuntaisia voimia (FR) silloin, kun kulmapoikkeaman suunta
on sama kuin anturikokonaisuuden (17,18) mittaussuunta ja
kulmapoikkeaman kiertosuunnassa vaikuttavia voimia (FT)
10 silloin, kun kulmapoikkeama on kohtisuorassa anturikoko-
naisuuden (17,18) mittaussuuntaa vasten.

Patentkrav:

1. Förfarande för mätning av korniga jordmassors egenskaper, såsom elastiska, plastiska och viskösa deformeringsmotstånd under belastning, enligt vilket förfarande

5 - ett från massan taget prov pressas i en cylinder med en konstant kraft mellan cylinderns plana bottenskiva och lockskiva,

10 - botten- och lockskivornas vinkelräta mittaxlar avlänkas över en vinkel från cylinderns mittaxel i samma plan i samma riktning,

15 - provet bearbetas under konstant tryck mellan nämnda skivor genom att förändra skivornas lägen vridbart i förhållande till cylinderns mittaxel under det att skivorna bibehålls parallella, och

- provets deformationer och motsvarande spänningar uppmäts,

k ä n n e t e c k n a t därav,

20 - att från provet uppmäts provets deformationer motverkande krafter såväl i vinkelavlänkningens (i provets radiella) riktning för att bestämma det elastiska och eventuella viskösa deformeringsmotståndet som i vinkelavlänkningens vridningsriktning för att bestämma det plastiska och eventuella viskösa deformeringsmotståndet.

25 2. Förfarande enligt patentkravet 1, **k ä n n e t e c k n a t** därav, att kraften i vridningsriktningen mäts med olika vridningshastigheter och/eller vid olika temperaturer för att skilja det viskösa deformeringsmotståndet åt från det plastiska deformeringsmotståndet.

30 3. Förfarande enligt patentkravet 1 eller 2, **k ä n n e t e c k n a t** därav, att cylinderns och dess skivors mittaxlar vrids omkring botten- eller lockskivans mittaxel under det att vinkelavlänkningen mellan cylinderns och skivornas mittaxlar förblir till sin storlek oförändrad.

35 4. Förfarande enligt patentkravet 1 eller 2, **k ä n**

n e t e c k n a t därav, att mittaxlarna för cylinderns skivor vrids omkring cylinderns mittaxel under det att vinkelavlänkningen mellan cylinderns och skivornas mittaxlar förblir till sin storlek oförändrad.

5 5. Apparat för mätning av jordmassors egenskaper, såsom elastiska, plastiska och viskösa deformationers motstånd under belastning, vilken apparat har

 - en cylinder (10) för ett jordprov, som är tillslutet av lock- och botten-skivor (6a, 7a),

10 - don för sammanpressning av provet,

 - don för avlänkning av lock- och botten-skivornas mittaxlar parallellt över en vinkel i planet för cylinderns mittaxel relativt cylinderns mittaxel, och

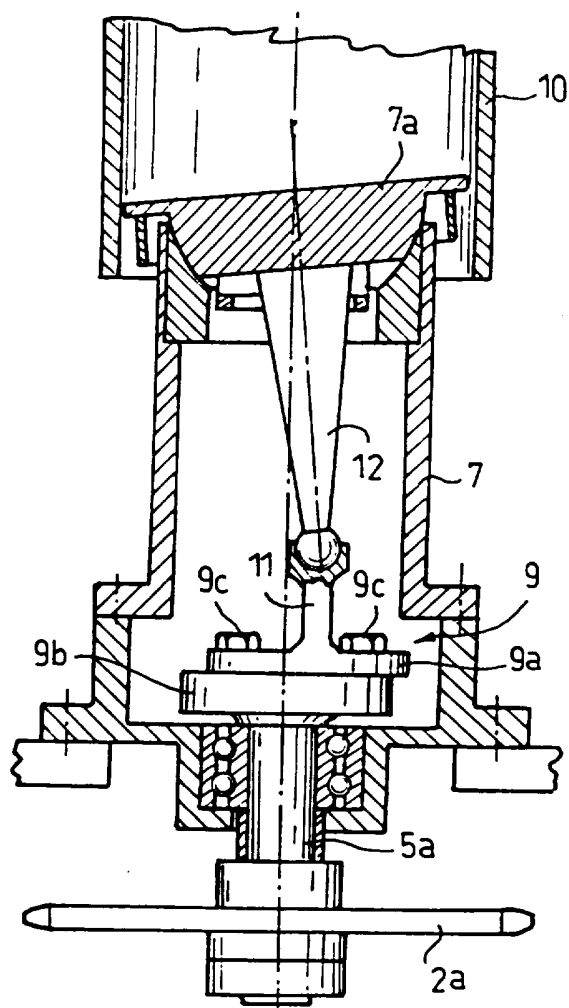
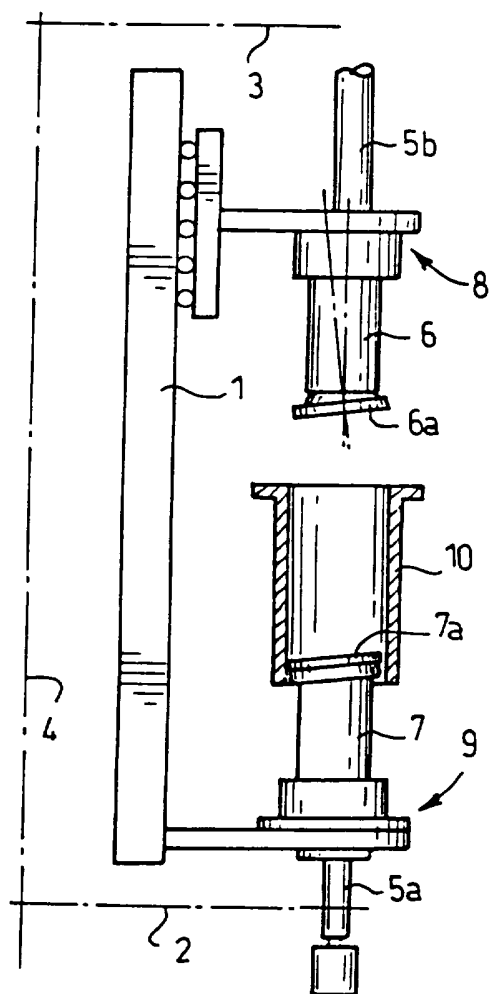
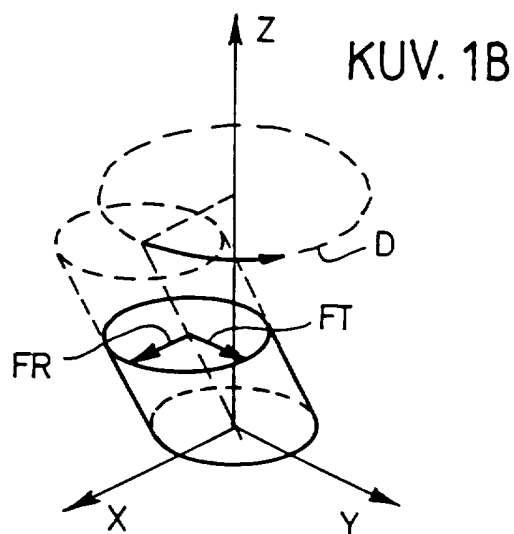
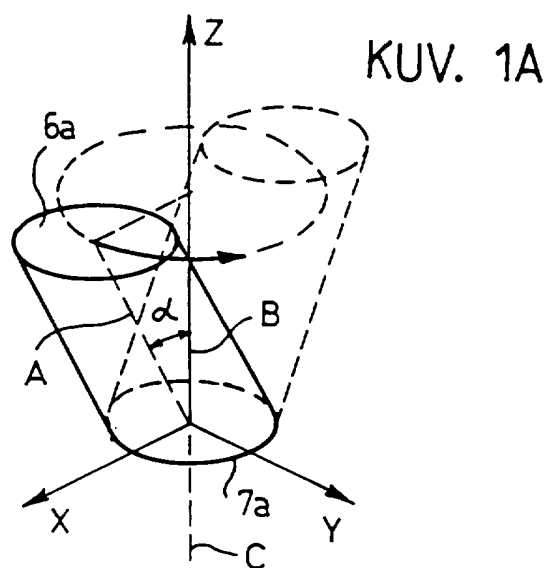
 - don för att bringa lock- och botten-skivornas mittaxlar att vridas omkring cylinderns (10) mittaxel med nämnda vinkelavlänkning respektive cylinderns mittaxel omkring en rotationsaxel förlöpande i riktningen för lock- och botten-skivornas (6a, 7a) mittaxlar för bearbetning av provet,

15 **k ä n n e t e c k n a d** därav, att den är försedd med don (13-16; 17, 18) för mätning av kraften (FR), som motverkar provets deformation, i provets radiella riktning och för mätning av kraften (FT), som motverkar provets deformation, i vinkelavlänkningens vridningsriktning.

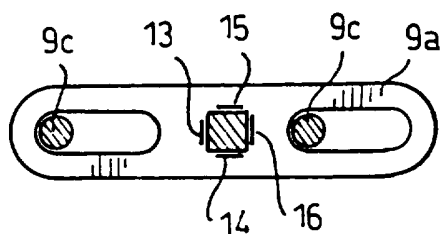
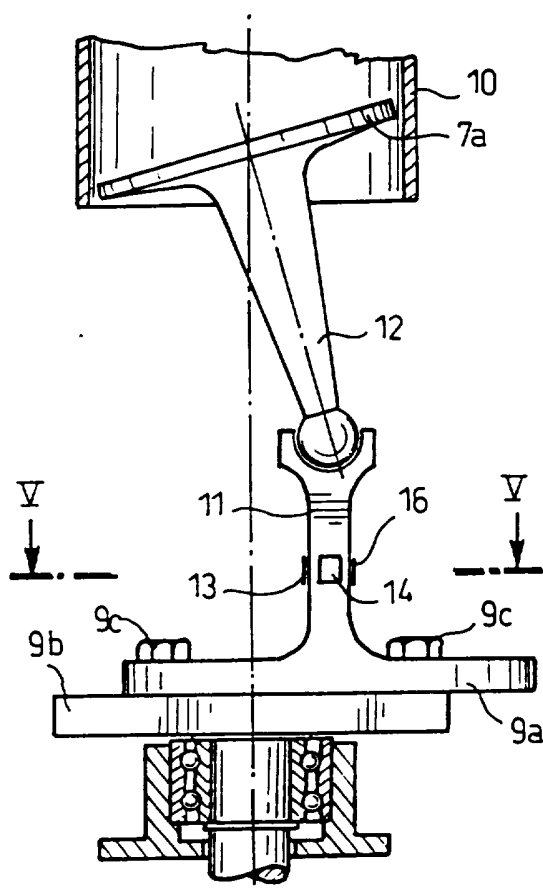
25 6. Apparat enligt patentkravet 5, **k ä n n e t e c k n a d** därav, att donen (13-16) utgörs av två givarhelheter (13, 16 och 15, 14), varvid den ena givarhelheten (13, 16) är anordnad att mäta den radiellt riktade kraften (FR) och den andra (15, 14) analogt den i vinkelavlänkningens vridningsriktning verkande kraften (FT).

30 7. Apparat enligt patentkravet 5, **k ä n n e t e c k n a d** därav, att den är försedd med en anordning (19) för indikering av riktningen hos vinkelavlänkningen mellan botten- och lockskivans (7a, 6a) samt cylinderns

- 5 (10) mittaxlar och att donen (17, 18) utgörs av en givarhelhet, som är anordnad att mäta radiellt riktade krafter (FR), då vinkelavlänkningens riktning är densamma som givarhelhetens (17, 18) mättningsriktning, och i vinkelavlänkningens vridningsriktning verkande krafter (FT), då vinkelavlänkningen står vinkelrätt mot givarhelhetens (17, 18) mättningsriktning.

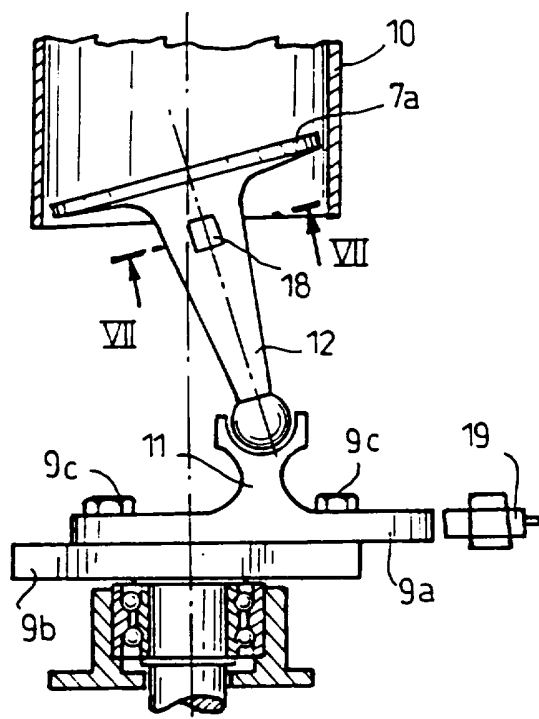
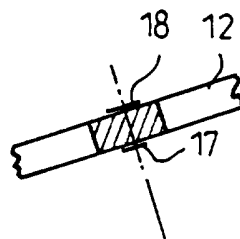


KUV. 4



KUV. 5

KUV. 7



KUV. 6