

岩土工程参考资料

Collection of References on
Geotechnical Engineering

Vol. 2 No. 2

土工试验及测试仪器

交通部第一航务工程局科研所编

Geotechnical Engineering Information

Service at Tong-jí University

同济大学岩土工程情报资料站

国际土工测试仪器的新水平

目 录

- 一、国际土工测试仪器的新水平.....钱征 (1)
- 二、一维固结试验的电子设备.....杨熙章译, 魏道堃校 (12)
- 三、应力路径三轴仪.....杨熙章译, 魏道堃校 (13)
- 四、加筋土.....邱基骆译, 钱征校 (14)

国际土工测试仪器的新水平

——参加第八届欧洲土力学与基础工程会议和参观考察的报告（一）

一航局科研所 钱征

一、概况

参加在芬兰赫尔辛基召开的第八届欧洲土力学基础工程会议，经国家科委批准并责成交通部组团。代表一行四人（郑大同教授任团长）于1983年5月21日离京，6月13日返回北京，来回历时23天。

在芬兰期间，代表团出席了有42个国家和地区，共555位代表（欧洲国家代表489个，非洲国家66人）参加的为期四天的会议。大会结束后，代表团参加了为期三天的技术参观和访问。

本届欧洲土力学及基础工程会议是由国际土协芬兰委员会和芬兰土工协会共同主办

的。讨论的主题是“地基加固”。下届会议将于1987年在意大利举行，议题是“地下水的影响”。

芬兰教育部长、商业和工业部长以及赫尔辛基市长的代表参加了开幕式，并致欢迎词。

挪威技术研究所杨布(N. Janbu)教授作关于“太沙基(K. Terzaghi)的贡献”的报告。

会后到挪威土工研究所、英国建筑研究所和帝国理工学院土力学试验室进行了考察活动。现分别总结如下。

二、会务活动

（一）会议内容如表1示

会议专题报告

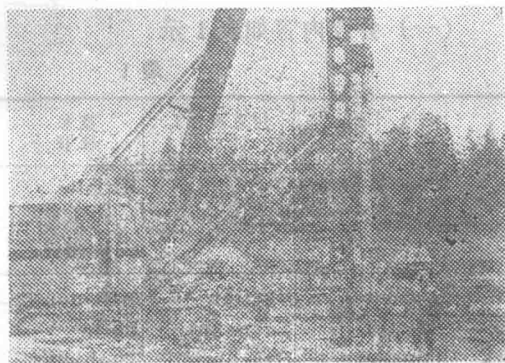
表 1

会议	编号	题 目	总报告人	主 席	付总报告人 付主席	技术 秘书
大会	A	1.粘性土的加固	Eggestad Brandl	Van Weele	Escario	Kujala
	B	2.无粘性土的加固 介绍小组会议讨论的议题		Ovesen		Lojander
小组会	1	地基加固的设计与控制的原位测试	Baguelin	Stetanoff	Hartlen	Makinen
	2	土的灌浆	Jessberger	Pfister	Tornaghi	Polla
	3	深层加固	Smolczyk	Lousberg	Greenwood	Tuohimaa
	4	地基加固的设计与控制的室内试验	Tammirinne	Parry	Berre	VePsalainen
	5	加筋土	Schlosser	McGown	Jacobsen	Pyy
	6	加速固结的方法	wolSKI	Sovinc	Jamiolkowski	
	7	特殊土的加固	Feda	Togrol		Saarelainen
	8	水下土的加固	Koning	Vettas	Dembicki	Ravaska
	9	土的稳定	Broms	Andrel	Anttikoski	Lahtinen
专题报告	1	对于加固地基中的基础设计	Hartikainen			Pajunen
	C 2	地基加固方法的技术经济问题	Hansbo			
	3	人口密集城市环境中对地基加固的影响	Van weele			
设计和施工报告会议	D	欧洲地基加固的研究，设计和施工现状	Henkel wikstrom Eng lhardt	Ruoppa	Greschik	Alinen
总结大会	E	各专题组总结发言		K di		Ruohonen

(二) 技术参观

25日下午还组织了七个地点的技术参观。我代表团参观了赫尔辛基大学和芬兰技术研究中心。此外还有招待会、宴会以及家属活动安排等项目，会议各项活动都安排得十分紧凑，而且井井有条。

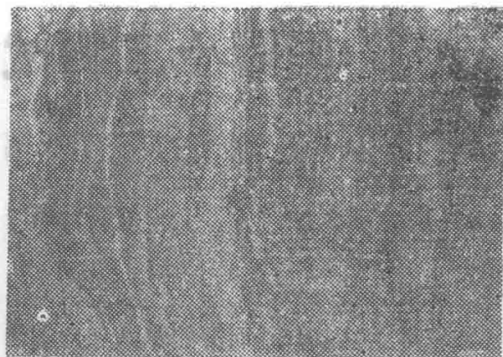
会后技术参观共三天，于27日上午从赫尔辛基出发，路径拉提(Lahti)，坦姆匹(Tampere)和土库(Turku)三个城市，于19日下午返回赫尔辛基。沿途参观了拉提附近的高速公路施工现场两处。照片1为高速公路通过泥炭土层的打桩的情况。桩的间距 $1.2 \times 1.2\text{m}^2$ ，每根桩上安放一块 $1.2 \times 1.2 \times 0.4\text{m}^3$ 的混凝土块，然后在其上填筑路堤。照片2为高速公路通过泥炭土层时采用予压加固的现场。坦姆匹附近的原始冰碛土的剖面(照片3)以及土库造船厂和土库警察局大楼施工现场等。



照片1 高速公路下打桩实录



照片2 高速公路予压加固实录



照片3 坦姆匹附近原始冰碛土剖面

三、会议主要内容

这次会议发表的论文187篇，并根据内容分为9个部分，其每个部分的主要内容如下：

(一) 关于地基加固设计和施工中的现场测试，该组共收到论文17篇，根据论文的内容概括成如下四个方面。

1. 适合于地基加固设计和施工的新的原位测试技术；
2. 细粒土加固的原位测试；
3. 粒状土加固的原位测试；
4. 杂填土。

新的原位测试中的岩石径向膨胀仪(Dilatometer)是测定土体深层形变模量的简单而易行的仪器很有参考价值。

(二) 土的灌浆

灌浆是一种加固方法，由于浆液呈液体状态，用泵压入到地基土孔隙内，然后凝固变硬，灌浆的结果，既可以改善地基的力学性质，也可以降低地基的渗透性能。

这一部分共收到论文15篇，分以下几个部分：

1. 灌浆和灌浆土的基本研究和室内试验；
2. 土的灌浆在土木工程中的应用和工程实例；
3. 土灌浆的运用及最近的发展。

(三) 深层加固

该部分共收到论文30篇，我国一篇，根据论文的内容分以下四个方面：

1. 振冲法；
2. 振动置换法；
3. 重夯法；
4. 爆炸深层挤实法。

振动置换法中，分别用弹、刚塑性来表征，碎石柱加固土的流变模型，重锤夯实中用应力路径来说明强夯的效果等均是很有意义的动向。

(四) 关于地基加固的设计与施工的室内试验

该组共收到论文21篇，我国一篇。论文分成5个部分：

1. 土的予压荷重；
2. 垂直排水；
3. 加筋土；
4. 土的稳定；
5. 灌浆和灌浆土。

与会者着重对室内试验方法的适用性标准问题；室内动力试验的使用问题；土的加固方法的专门试验问题；模型试验问题；标准室内试验方法的可行性问题以及通过土的强度与压缩试验对设计参数的估价问题等进行了讨论。

(五) 加筋土

所谓加筋土方法，是由天然的粒状土和抗拉力的拉筋组合而成的新型建筑材料。

该法为法国人亨利·华达尔(Henri Vidal)发明，自从在欧洲实际应用后，又普及到美国、加拿大、日本等国。该法已应用在挡土墙、护坡、路堤、桥台、铁路路基，土坝心墙、隧洞、护岸、码头等。为此，该法是很有前途的一种方法。

本届人会共收到这方面的论文22篇，我国一篇。共分以下几个部分：

1. 土和筋的相互作用；
2. 结构的性质和设计方法；
3. 工程实录和施工。

(六) 加速土的固结

本届大会共收到这方面的论文32篇，分以下几个部分：

1. 予压荷重技术；
2. 垂直砂井；
3. 垂直砂井理论；
4. 设计问题；
5. 对提交论文评论。

与会者对竖向排水的设计、影响竖向排水的参数、使用竖向排水的局限性因素、排水试验及应用实例、通过予压或降低地下水位或通过两者的组合应用进行加固的方法等问题进行了讨论。

(七) 特殊土的加固

提交本届会议的论文共17篇，我国一篇。包括以下两个内容：

1. 有关有机土、泥炭土、垆母、黄土、冻土、膨胀土、扰动土和垃圾土等特殊土的试验及加固方法；

2. 有关上述各种特殊土的加固历史和现状。

(八) 水下土的加固

该组共收到论文12篇，分以下几方面的内容：

1. 海、湖和河底土的加固方法的适用性；
2. 水面下进行加固的施工技术；
3. 受到冰与波浪作用的建筑物的地基土的加固；
4. 疏浚与换土；
5. 水下建筑地基加固应用实例。

(九) 土的稳定

该组共收到论文19篇，根据文章的内容分如下的几个部分：

1. 适用于土的化学加固材料；
2. 有关土与填加剂混合方法的问题；
3. 有关石灰桩的深层稳定问题；
4. 地下水对土的稳定的影响；
5. 土的最终稳定问题。

在第八届欧洲土力学与基础工程会议期间同时举办了一个土仪器及基础工程施工展览会。参加展出的有英、美、法、西德、瑞典等17个国家的143家公司。展品中有场地勘察、原位测试、现场量测、室内试验、电子仪器、基础工程、海洋作业以及书刊出版等项目，基本上反映了国际土工技术方面的新水平。

一、场地勘察

(一) 钻进用的设备

用于钻孔钻进和取样的机具通称为钻探设备。这次展览会上我们认为如下的设备比较实用。

1. 液压式钻探车

挪威Geonor工厂展出的液压式钻探车(附观测房一座)，可在泥沼地里行驶，一种为轮胎式液压钻探车，一种为履带式液压钻探车，这两种钻机均可以取原状土，作静

力触探、动力触探、十字板剪力试验等。2—3人就可以操作。这种钻机灵活方便，最适于科研单位使用。

2. 轻便钻机及设备

荷兰的Eijkelkamp公司，意大利的Con tvols公司和西德的Nordmeyer公司展出的各种型号的轻便钻机及设备操作灵活方便，移位时一手提动力另一手推钻架极为方便。这些钻机适于科研及生产单位使用。

3. 深海钻探技术

深海钻探技术是近十几年发展起来的一种技术，它的发展过程如图1示。图2和图3为海底触探设备。

4. 十字板剪力仪

图4为挪威Geonor生产的S GI型十字板剪力仪。此外瑞典Borro公司亦展出了人力操作的轻型十字板剪力仪。

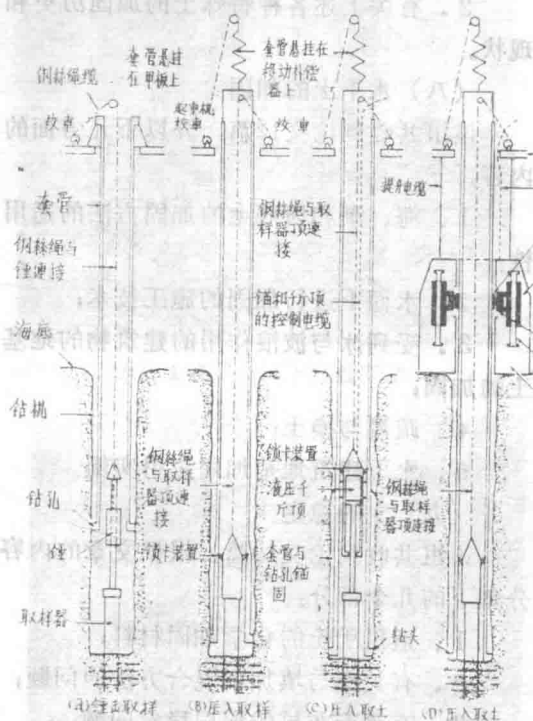


图1 深海 取样技术的发展

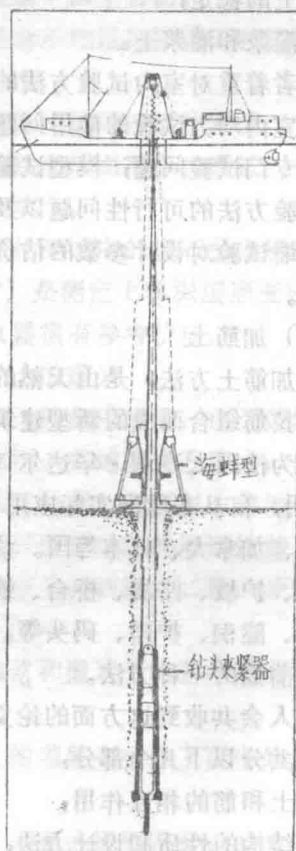


图2 蚌壳型海底反力架触探设备

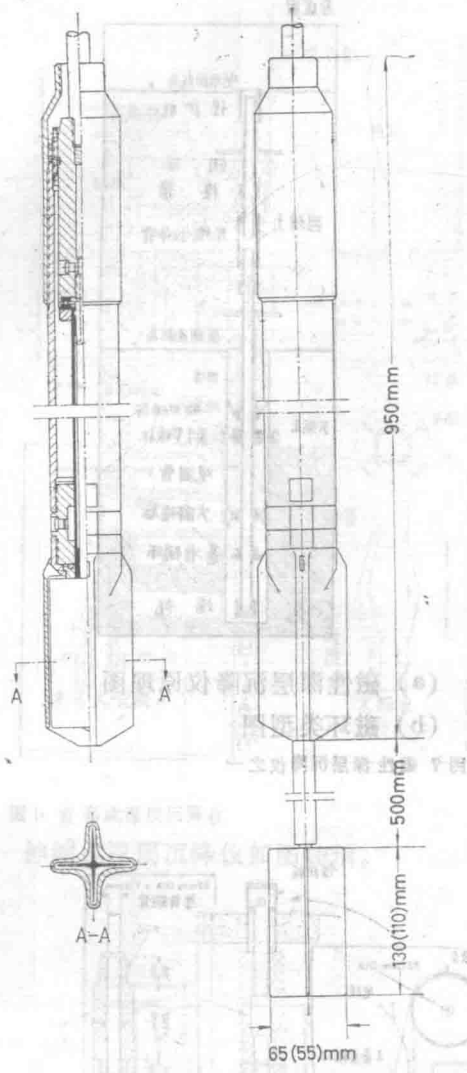


图3 SGI型十字板剪力仪

(二) 活塞薄壁取土器

挪威Geonor工厂生产的活塞薄壁取土器，其特点取土器的薄壁管厚为2mm的无缝钢管，该管作为土样衬筒用，如图4示。

(三) 土样保存

土样运回室内后保存在恒温7℃的专用房间内（因挪威的平均地温为7℃）。

(四) 开土技术

用专用的顶土器将土顶出，下有小车其速度与活塞的速度相同，并且小车边前进自动铺一锡纸，以利土样移位。

二、原位测试

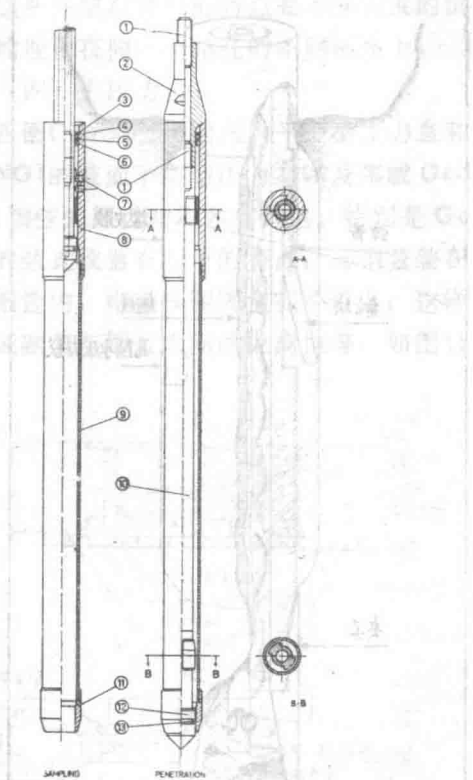


图4 活塞薄壁取土器

(一) 旁压仪

英国Cambridge Insitu公司展出的自钻式旁压仪（图5）和法国Louis Menard Technigues公司展出的Menord旁压仪，它们可以在钻孔中量测土的形变模量，剪切模量，孔隙水压力，不排水强度等土工参数，这种仪器是原位测试中较好的测试手段之一。

(二) 测斜仪

英国Geotechnical Instruments LTD等公司展出的测斜仪有三种型号，其原理分别为“加速度”，“电解液”和“钢弦频率。”图6为加速度原理的测斜仪。

(三) 深层沉降仪

1. 磁性深层沉降仪

英国Geotechnical Instraments LTD展出的磁性深层沉降仪其原理如图7(a)示，磁环有箭头和弹簧两种形式如图7(b)示。图8为另种型式的磁性深层沉降仪。

2. 套管式深层沉降仪如图9示。

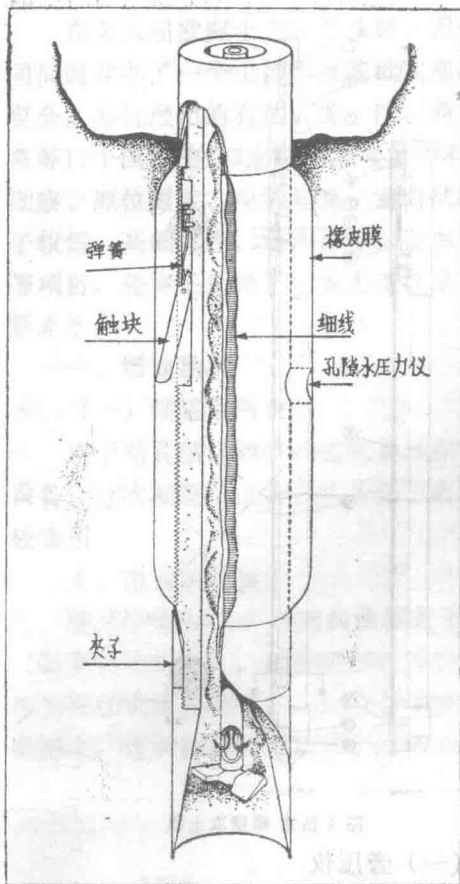


图5 自钻式旁压仪测头

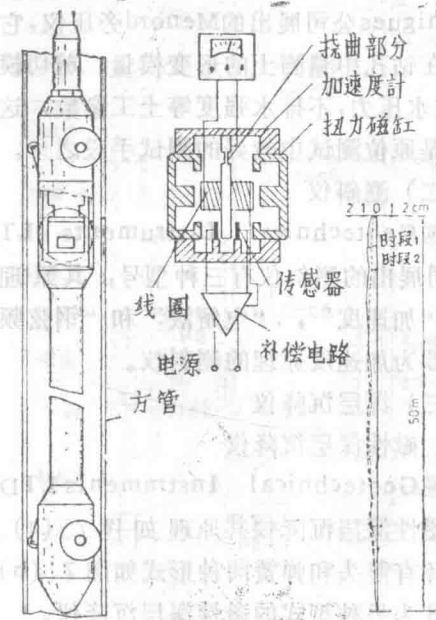


图6 加速度测斜仪原理图

原理图



(a) 磁性深层沉降仪原理图

(b) 磁环类型图

图7 磁性深层沉降仪之一

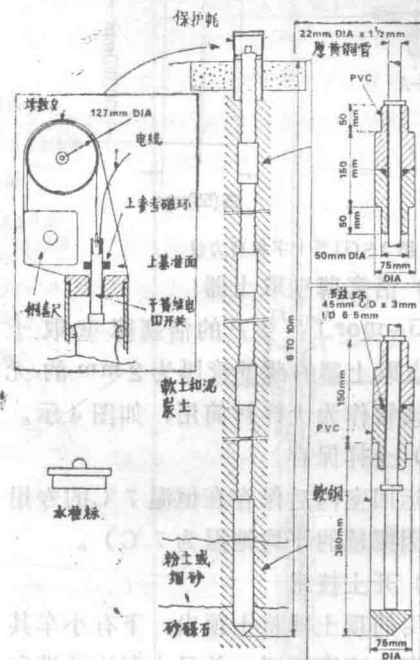


图8 磁性深层沉降仪之二

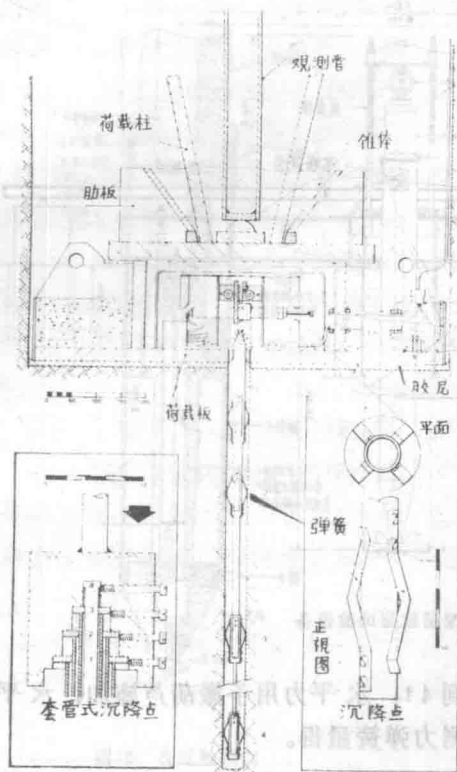


图9 套管式深层沉降仪

伸缩式深层沉降仪如图10示。

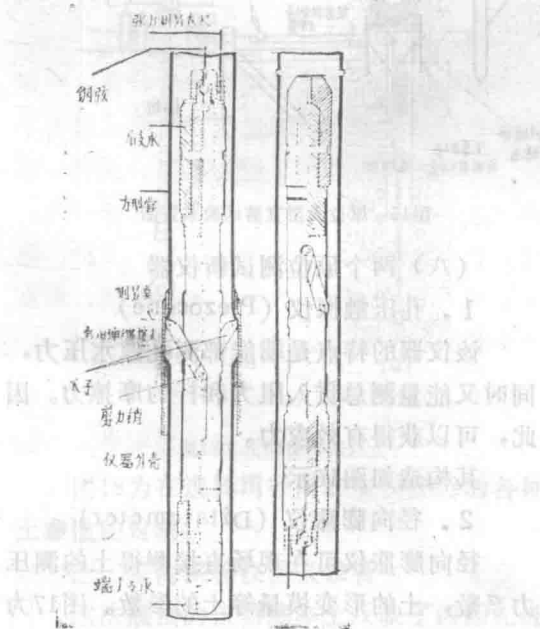


图10 伸展式深层沉降测量系统

这些深层沉降仪的特点是不同深度的沉降标均埋设在同一个钻孔的不同标高上。

(四) 土压力盒

西德Glotz1公司的压力平衡型压力盒和挪威NGI的液面平衡型压力盒以及挪威 Geonor的铜弦式压力盒均各有特色。特别是 Geonor的弦式仪器有如下的特点，即钢弦装在不锈钢管内，电磁线圈固定在小管上，这样可保证磁蕊与钢弦之间的距离恒等，如图11示。

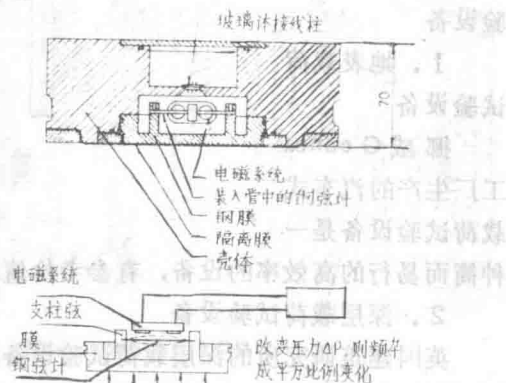


图11 Geonor钢弦式压力盒原理及结构图

(五) 孔隙水压力仪测头

这种仪器的品种繁多，图12为 Geonor生产的钢弦式孔隙水压力仪原理图。

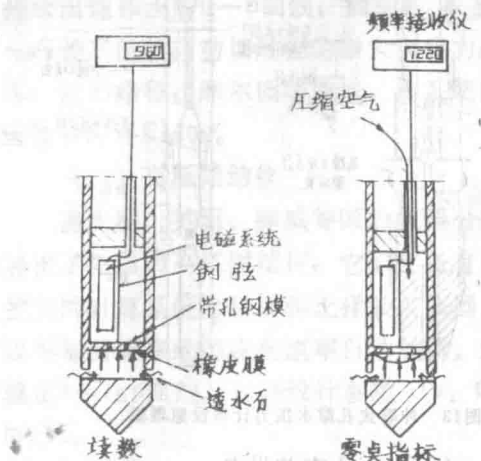


图12 钢弦式孔隙水压力仪原理图

图13为在一个钻孔中不同标高上,埋设若干个测头而设计的一种伸展式钢弦式孔隙水压力仪的构造及埋设原理图。封孔材料是用水泥或班脱土

(六) 载荷试验设备

1. 地表载荷试验设备

挪威 Geonol 工厂生产的汽车式载荷试验设备是一

种简而易行的高效率的设备,有参考价值。

2. 深层载荷试验设备

英国建筑研究所的深层载荷试验设备,其载荷板的直径为865mm,深度可达24.4m,其全貌如图14示。

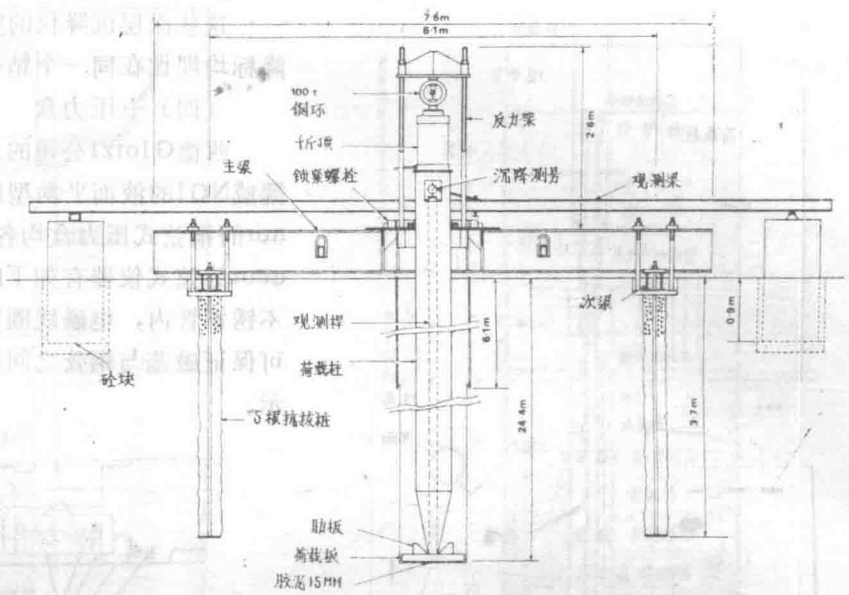


图14 深层载荷试验设备

加到4t,水平力用手搬葫芦施加,水平力由测力弹簧量得。

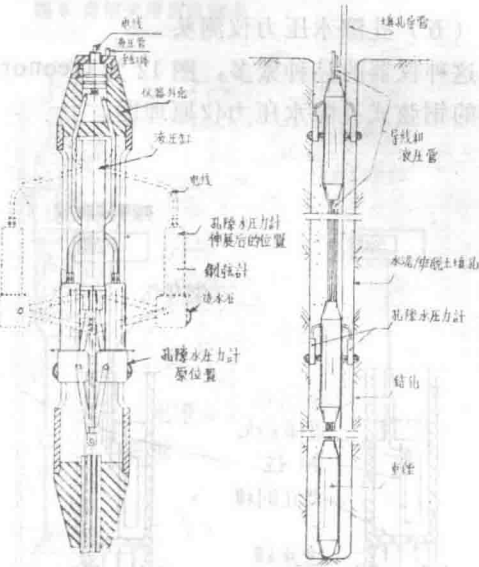


图13 伸展式孔隙水压力计埋设原理图

(七) 原位直剪设备

图15为大型原位直剪设备。垂直荷重可

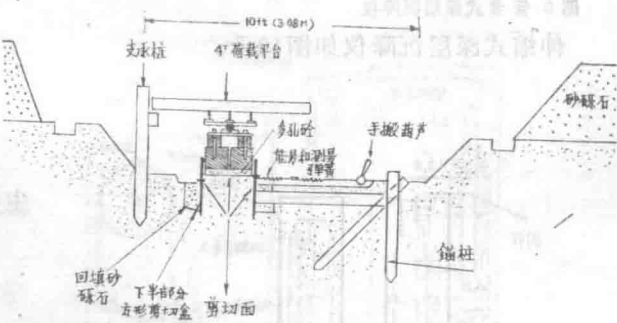


图15 原位大型直剪试验装置图

(八) 两个原位测试新仪器

1. 孔压触探仪 (Piezocone)

该仪器的特点是端能部测孔隙水压力,同时又能量测总贯入阻力和杆的摩擦力。因此,可以获得有效应力。

其构造如图16示

2. 径向膨胀仪 (Dilatometer)

径向膨胀仪可在现场直接测得土的测压力系数,土的形变模量等土的参数。图17为径向膨胀仪的照片及在现场钻进的示意图。

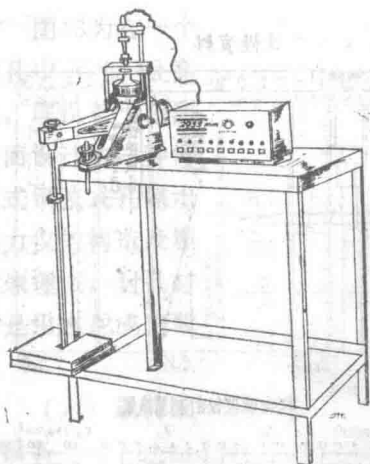


图18 高压固结仪

(三) 单剪仪

挪威Geonor 工厂展出的单剪仪 试样为方形，其特制的方形橡皮膜内夹有金属丝。其测得的单剪参数已用于重力式采油平台的稳定分析。

(四) 膨胀压力仪

挪威Geonor 工厂生产的膨胀压力仪是自控测定土的膨胀压力及普通固结试验的两用仪器。

(五) 室内锥探仪

用这种仪器可以测定土的强度，它与无

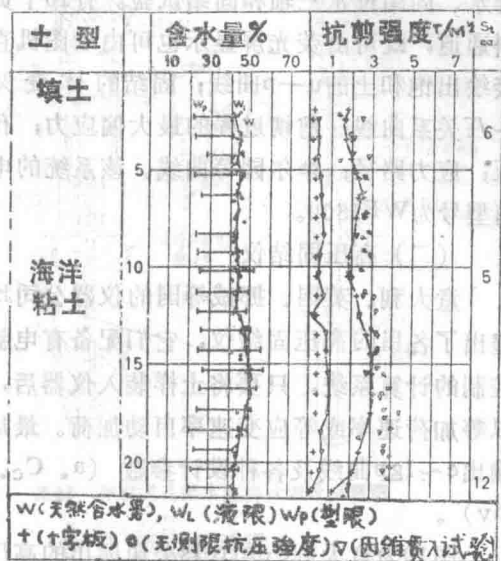


图19 锥探仪

侧限抗压强度的对比试验证明，两者基本一致，因此，有可能用它代替无侧限抗压强度仪。图19为对比试验结果。

(六) 自记无侧限抗压强度仪

挪威Geonor工厂生产的自记无侧限抗压强度仪可直接绘出荷重与轴向变形的关系图，因此，使用很方便。

从上述的六种力学性仪器来看，我国和外国同类产品相比差距是比较大的，需要下功夫努力赶上去。

(七) 真三轴

BRE 研制的真三轴仪。

用这种仪器可研究土的应力应变反映，桩加载时四周土影响以及旁压仪的工作机理等。

它用PDP 8/E型计算机作程序控制加载，以便按实际工程中的土体应力路径加载。

(八) 模型桩试验

模型桩试验是在典型的伦敦粘土上进行的。

加荷、记录、数据处理等均由电子计算机控制。

四、基础工程

参加展出的基础工程公司有42家，分别展出各种加固技术，如地锚、压实、岩芯钻探、钻孔、浸蚀控制、挖方工程、加筋土基础、地下水工程、桩基、修复和改建技术、岩石掘进、岩石研究、地震防治、喷护、现场研究、土的稳定、托换、水下工程、垂直排水和凿井工程等。

五、几点体会

(一) 从室内外的仪器展览来看，有如下特点：

1. 电子计算技术在这个领域里的应用比较突出，几乎全部力学仪器及现场测试仪器均用计算系列控制。

2. 新型仪器不断出现，室内的力学仪

器几乎多更新换代了。并且单剪仪用于生产。又如真三轴各大学及主要研究单位都配备有各自特点的真三轴仪。固结试验已用等梯度加荷速率的方法取代分级加荷。现场新的仪器不断出现,如自钻式旁压仪,径向膨胀仪,孔压触控仪,磁性深层沉降仪等。

3. 解决了工程中的疑难问题

在这方面有较大的收获,如:

(1) 测绘到了孔压触控仪的构造原理图。

(2) 索得了钢弦式压力盒的关键部件——钢弦置放在不锈钢管中的元件。

(3) 掌握了三种磁性深层沉降仪的构造原理与埋设工艺。

(4) 了解了测斜仪的关键部件——电解液元件的型号及原理。

(5) 了解了真三轴膜的制作。

(6) 索得了夹有金属丝的乳胶膜。

(二) 了解了十年前在北海油田第一个重力平台建设中观测的全部项目及仪器设备。由于观测成功为以后顺利建造了14个混凝土重力式平台打下了基础。目前由近海逐渐向更深的海域(200米水深)不断推进。

一维固结试验的电子设备

数字测读可以减少操作误差

直接读出以毫米为单位的读数

插入或传感器组件系统

用一个读数装置控制九个试验

易于安装在现有的ELE设备上

按上读数装置使之同时组成记录和打印系统

土样竖向固结的电子测定,是使用一只同予先标定过的读数装置连在一起的位移传感器,它是为操作人员提供的一个最佳数字显示系统,它没有通常用测微表时所发生的误差。

这套基本的试验设备,由一个读数装置和一套传感器组件以及固结仪本身共同组成,土样的固结变形量通过传感器测读,它装在与通常的测微表同一个位置上,传感器标杆的伸缩移动与测微表轴杆的运动方式完全一样,同时又把位移转换成电信号,然而这个信号便在读数装置上显示成真实的工程单位。

增加传感器组件,基本系统可以进行九个试验,如果这些组件是后期购买的,则应当注意它们在制造时已经预先标定过了。使用这些组件时,只需插入现有的读数装置即可,无需操作者进一步标定校正。在实验室中用一台读数装置摆在一个固定位置,就可以监视全部的试验。

读数装置:

这台紧凑而轻便的直立式读数装置,为每个传感器提供所需要的稳定电压,并设计成直接读出以毫米为单位的读数,增量为0.001毫米,量程从0到9.999毫米。

这个装置配在一个10V直流稳压电源和一个+1V的数字面板,通过金属导线把九条线路的旋钮开关和接受九个传感器组件的

插孔等全部连通,每一条线路即使暂不使用,也仍然会连续地供电,所以一旦接通后就不需要进一步的预热时间。

根据选定的线路,其位移读数可以在数字面板上显示出来,在读数的后面的插孔中连上任一适当的记录和打印系统,则所有的位移读数便可以相应的方法测读出来。记录设备的最小负载阻抗将是500千欧姆。

这个读数装置配有折迭腿,以便必要时,可将它相对于水平台面斜放。

应当注意的是:此读数仅能与EL26—305传感器组件配合使用。

EL26—300系列:

一维固结的读数装置:诚如前所述,仅能与EL—26—305一起使用,为得到220V~240V、50HZ、1 Ph,引用EL26—300/1;为得到110V、60Hz、1 Ph引用EL26—300/2。

传感器组件:

这套传感器完全把电子原件封装在一个不锈钢的壳体中,以消除外部电干扰的影响,每个组件单元装有一个弹簧轴杆,并全套配齐了固定托架和永久嵌入组件中的多心导线等。此组件在制造时已预先标定过,可以方便地将传感器组件联换到读数装置上去,应当注意,此传感器组件仅能和EL26—300系列的读数装置一起使用。

EL26—305

固结传感器组件,感量为0.001毫米,读数0—9.999毫米,如前所述,仅能与EL26—300系列读数装置一起使用。

译自ELE catalogue bth edition materials testing equipment p.74—75

同济大学 扬熙章译 魏道堃校

应力路径三轴仪

根据在伦敦帝国学院新近发展的成果，设计了这台用于应力路径试验技术的液压操纵三轴仪，其结构简单，用途广泛。该仪器采用自控方式，无需加荷框架，而且相当轻便，可试验直径为38毫米的低、中级强度圆柱形土样。

这种仪器可作轴向压缩和轴向拉伸试验，如果在顶帽上的总应力和有效应力保持正值（相当于大气压力）则可从较大范围的应力路径试验。在该仪器工作试验，可控制应变速率或应力加荷速率。

这种仪器的上半部分，除了在压缩试验中通过试样底座的向上运动，施加轴向荷载从而推动顶帽顶向一个固定的应变式荷载传感器（此传感器可连接于适当的测读设备）以测定应力外，其它均与常规三轴仪相似。

试样底座安装在荷载柱塞的顶部，柱塞的底部是一个活塞的压力腔，采用摩阻极低的滚动密封圈以挡住腔室的液体，而荷载柱塞可在线性（直线（译者注））滚珠轴承中移动，轴向荷载通过增大压力腔中的压力施加在土样上。

荷载柱塞上装着一个横臂，位于轴承套下部的两个狭槽口内，并支撑着两根垂直杆，垂直杆穿过压力室底板上的两个孔眼，并对准装在压力室顶端两侧的测微表，采用这种方法，测微表可测量柱塞的行程，据此便可测定试样的轴向应变。

接试样底座排水的孔隙压力的导管是向下通过荷载柱塞中央和圆柱形套上的狭槽口，排水导管也可在试样顶帽上引出。

使用滚动密封圈具有两个重要优点：

1、因为下部压力腔内的压力可低于土样室的压力，就有可能进行拉伸试验（即：水平应力大于垂直应力的试验），在土样顶帽上部替换一个微型装置就可以进行拉伸试

2、直线轴承不是浸没在液体压力室或载荷腔中。

进行试验时还需要辅助设备。进行应力控制试验，需要两个可变压力源；进行轴向应变控制试验，还需要一个可变压力源和一个恒定流速装置。如果作反压力互定或变化的试验，则需要另外的压力控制装置。

该仪器对土样既可进行测定或者不测定孔隙压力的不排水试验，固结不排水试验，又可用于作排水试验，这种试验是在大气压力或者是有反压力下进行的。

规格：

试样直径 38毫米

最大侧向室压（侧压力）1000千巴
(10Kgf/Cm²)

最小侧向室压（侧压力）。

最大轴向荷载 4.5千牛顿 (450Kgf)

轴向最大活塞杆行程 ± 12.5 毫米

EL 25—982

如说明书所介绍，应力路径三轴仪备有全套穿孔压力垫块（透水板）和两块硬性园板以作排水及不排水试验。但不提供应变量表。

推荐使用EL25—982的配套器件

Kit25—98套活 塞密封圈，○型环状密封圈。

EL 25—984，

应变量表（百分表）行程25毫米 $\times 0.01$ 毫米，备有全套固定安装衬板，在进行试验时必需装两只量表，而在加工制造应力路径仪时需选这些量表。

EL 25—986，穿孔压力垫块，用于拉伸试验。此配件还配有作不排水时用的两个硬性园板，这种穿孔垫块适用于荷重传感器的附件。

译自ELE Catalogue bth Edition
materia/s TeSting Eguipment p.65
同济大学 杨熙章译 魏道堃校

加 筋 土

F. SCHLOSSER (法) 土力学教授

H. M. JACOBSEN (丹麦) 阿尔堡大学土木工程系博士

I. JURAN (法) 博士, 土力学研究中心副主任

一、序言

加筋土是一种专门的和最新的地基加固方法。它涉及一连串技术问题, 包括在土中埋置耐腐蚀筋。

在许多部分和全部专为地基加固召开的会议中, 下列会议均与本专门领域有关:

—国际软粘土专题讨论会, 曼谷(1977)

—加筋土专题讨论会, 匹茨堡(1978)

—国际加筋土会议, 巴黎(1979)

—第八届欧洲土力学及基础工程会议, 勃来顿(1979)

—第十届国际土力学及基础工程学术会议, 斯德哥尔摩(1981)

—第二届国际土工织物会议, Las Vegas(1982)

—国际土壤及岩石改良专题讨论会, 曼谷(1982)

加筋土首先由维达尔(H. Vidal)提出, 他在60年代初期就开创和发展了加筋土技术。该设想包括不同工艺: 小型桩, 碎石柱, 加筋土, 现场稳定柱, 土钉(Soil nailing), 织物, 薄膜等。

根据筋的种类, 有两个特例可予考虑:

1) “均质筋”, 加筋土在其内的相互作用可沿筋的任何点发展;

2) “复合筋”, 它是在某些特定点上加筋组成, 加筋土相互作用集中在这些点上。一般地说, 如同锚定一样, 这些点均处于筋的末端。

就“均质筋”而论, 在称之为“加筋土”

的新复合材料内将出现相当大和均匀的加筋密度。“加筋土”体的性能, 可作为新复合材料的代表性试样来研究。该设想示于图1。加筋土体是一种复合材料, 其表观力学特性可用代表性试样在实验室通过试验确定。恰恰与之相反, 库纳创造的“梯级墙”是一个多锚定系统, 加筋土相互作用集中在拉杆末端。

加筋土系统的分类, 如表1示。

加筋类型 加筋密度	均 质	复 合
多点的	加筋土	多锚定系统
单点的	薄膜桩	锚定

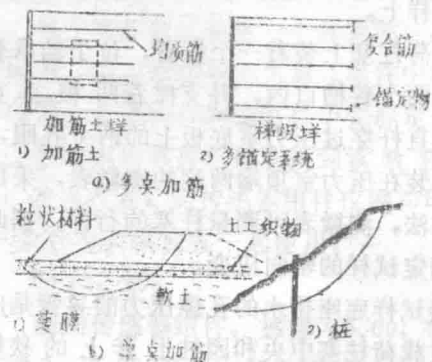


图1 加筋系统类型

这次会议上共收到加筋土的文章35篇, 它们涉及大部分上述加筋土系统, 按着不同技术及用途, 其分类如表2示。

表2 本次讨论会上文章的分类

应用	技术或系统	加 筋 土					多 锚 定		单 个 均 质 筋	
		石 柱	加 筋 土	小 型 桩	多 层 薄 膜 或 多 层 网 格	特 殊 系 统	梯 级 墙		单 层 薄 膜 或 单 层 网 格	
基 础		10	1		2	1			8	
墙			3	3	1		1			
斜坡稳定				2						
2 篇文章讨论加筋土相互作用 1 篇文章讨论土工织物的一般应用										

本文简述其发展现状。并述评提交本次会议的文章，扼要介绍不同工艺技术并对以下几个方面作进一步的探讨：

一 加筋土相互作用

一 性能及设计方法

一 实例及管理

会上根据不同应用类型：挡土墙，斜坡稳定，加筋浅基，现场加筋土基，讨论了性能及设计方法。有关加筋浅基这一节，系由合作者H·M·JACOBSEN博士提供。

二、施工技术和加筋土相互作用

2. 1 施工技术和主要内容

用于加筋土的筋均系耐腐蚀物，一般呈线状或平面状。根据它们对土壤的相对刚

性，它们的性能与一根梁或一块铁板颇相似，刚性很大，当它们具有相对可弯性时，又与线材或薄膜的性能颇相似。因此，主要内容应集中在有四个方面：抗拉，抗压，抗弯和抗剪。

表3所示为考虑到不同加筋土系统的这些主要内容。事实上，组织力量主攻这些难关，要依靠大量各种参数，包括筋的相对刚性，它们的走向、密度、结构几何形状，施工过程，筋和土壤的力学性能等。

如表3所示，大部分现有技术均可作为加筋土系统来分类。依据这种分类，对各系统类型，将根据不同应用领域作更详情介绍。

表3 加筋土系统筋的主要作用

加筋土系统	技术或系统	加 筋 土					多 个 复 合 筋			单 个 筋		
		石 柱	现 场 稳 定 柱	小 型 桩	加 筋 土	多 层 薄 膜 或 网 格 (斜 坡)	土 钉 (墙)	土 工 织 物	梯 级 墙	多 有 效 锚 定 装 置	薄 膜 或 网 格 (斜 坡)	桩 锚 定 装 置
主要作用												
抗 拉				*	*	*	*	*	*	*	*	*
抗 压		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
抗 弯		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
抗 剪		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

为加固基土，通常采用的加筋土工艺有：

一 石柱。这种技术用于软土，加的筋是一条紧密捣实的砂，砾石或骨料构成的垂直柱。一般来说，打设石柱包括两个阶段：1) 把一根套管或一个振动装置打入地面直到设

计标高；2) 把套管渐渐拔出，空穴中填满经过紧密压实或捣实的颗粒材料。石柱的主要作用是增大基础的抗力的模量。此外，它还构成一个排水竖管。这种筋比较具有挠性，所以能基本上经受压力。但是，当石柱