

TU4-53/1

9692

中国土木工程学会
第五届土力学及基础工程学术会议
论文选集

中国建筑工业出版社

中国土木工程学会
第五届土力学及基础工程学术会议
论 文 选 集

中国建筑工业出版社

1987年11月中国土木工程学会在厦门召开了全国第五届土力学及基础工程学术会议。本论文选集选编9篇综合报告、99篇论文及8个小组总结。论文分九个专题：一、土的工程性质及其室内外试验研究；二、地基工程以及地基土与建筑物的相互作用；三、土的动力性质；四、桩基及其动力检测；五、地基处理；六、堤坝、边坡和挡墙；七、湿陷性土；八、残积土与膨胀土；九、沿海及近海软粘土。这些论文大体上反映近几年我国土力学与基础工程方面的主要成就。

中国土木工程学会
第五届土力学及基础工程学术会议
论文选集

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

开本：787×1092毫米 1/16 印张：45¹/₂，字数：1106千字

1990年2月第一版 1990年2月第一次印刷

印数：1—1,610册 定价：32.35元

ISBN7-112-00698-8/TU·490

(5818)

前 言

中国土木工程学会第五届土力学及基础工程学术会议于1987年11月24日至29日在厦门市召开。会议得到福建省和厦门市建设委员会的大力支持以及许多单位的配合协助。大会共收到论文276篇。出席大会的有来自全国各部门、各省市一百多个设计、施工、教育、科研单位的代表共三百余人。

本次学术会议的内容分九个专题组，并分三个阶段进行。第一阶段用两天时间进行大会综合报告，由会前预约九个组的综合报告人向大会分别介绍各组论文的主要内容，回顾和检阅国内外自1983年以来在岩土工程方面主要的学术进展与生产经验，并提出建议讨论的学术问题。

第二阶段进行了两天分组报告和讨论。八个分组是：1.土的工程性质及其室内外测试技术；2.地基工程以及地基土与建筑物的相互作用；3.土的动力性质；4.桩基及其动力检测；5.地基处理；6.堤坝、边坡和挡墙；7.湿陷性土；残积土与膨胀土；8.沿海及近海软粘土。在第三阶段的总结和闭幕会上，各组召集人分别向大会汇报了小组讨论的主要情况与内容，然后进行总结。

根据理事会的决定，成立了论文编选委员会，从会议的论文中选取108篇，连同8个小组总结，编辑出版本论文选集，以供我国从事土力学及基础工程工作的同行们参考。

由于篇幅所限，还有一些内容较好的论文未能编入本选集。有一些论文已在或将在某些刊物上发表，为了避免重复，也未编入。限于我们的经验和水平，缺点在所难免，希望作者和读者批评指正。

1988年8日

编 选 委 员 会 名 单

委员（按姓氏笔划为序）：

卢肇钧（召集人）	包承纲	刘金砺	汪闻韶	张在明	陈仲颐
陈愈炯	周 镜	侯学渊	饶鸿雁	钱寿易	钱鸿缙
黄熙龄	曾国熙	谢定义	潘秋元		唐念慈

秘书：吴肖茗

KAG 23/03

目 录

前言

综合报告(一)土的工程性质及其室内外试验研究	张在明 周 镜	(1)
综合报告(二)地基工程以及地基土与建筑物的相互作用	刘金砺	(10)
综合报告(三)土动力学性质	谢定义 王杰贤	(19)
综合报告(四)桩基及其动力检测	唐念慈	(29)
综合报告(五)地基处理	潘秋元 高有潮	(39)
综合报告(六)堤坝、边坡和挡墙	陈愈炯	(52)
综合报告(七)湿陷性土	钱鸿缙 罗宇生	(60)
综合报告(八)残积土与膨胀土	包承纲 陈仲颐	(68)
综合报告(九)沿海及近海软粘土	侯学渊 楼志刚	(75)

一、土的工程性质及其室内外试验研究

1. 软粘土的孔隙压力性状	魏汝龙 孙 斌 王年香	(87)
2. 反分析法确定基坑开挖问题的有关参数	曾国熙 龚晓南 粘精斌 胡一峰	(94)
3. 土体应力应变分析的一种新模型	沈珠江	(101)
4. 上海宝钢粉煤灰物理、力学特性的试验研究	叶书麟 魏道琛 杨熙章	(106)
5. 砂土的组构与本构关系及其数值模拟方法	刘祖德 吴为义	(112)
6. 冰渍土料的工程性质研究	刘双光 刘开明 郑淑英	(118)
7. 湿化对粘性填土的应力应变关系的影响	陆士强	(129)
8. 旁压土体应力路线及其非线性分析	姜 前 陈映南 蒋崇仑	(133)
9. 软土固结系数确定方法的分析与改进	吴崇礼 郭述军	(140)
10. 云母砂各向异性的试验研究	姚承万	(147)
11. 土在 π 平面上的屈服轨迹的研究	李广信	(152)
12. 孔压静力触探试验	唐世棟 朱小林	(157)
13. 广义剪应力双椭圆帽子模型	俞茂宏 李跃明	(165)
14. 论三种特殊粗粒土的 $E-\mu$ 模型	郑淑英	(170)
15. 样条函数法解土的压缩性指标	王国体	(179)

二、地基工程以及地基土与建筑物的相互作用

1. “套箱基础”与框架协同作用的研究	刁学优	(184)
2. 框—筏结构体系模拟试验与数值分析	张 镭 孙家乐	(192)
3. 离心模拟砂基上浅基础试验	濮家骥 高汉棧	(201)

4. 确定地基压缩层厚度的应变法	徐少曼	(207)
5. 水平与竖直荷载共同作用下非均质地基的稳定性	栾茂田 金崇磐 林 皋	(212)
6. 沉降与倾斜相互影响三维问题的解答	宰金珉	(220)
7. 地基上混凝土大板试验与理论分析	孙家乐	(226)
8. 偏心荷载下矩形基础的反力分布	李 华	(233)
9. 结构物与地基共同作用的时效	朱百里 倪新华	(240)
10. 地基设计承载力	徐文忠	(246)
11. 金桥大酒店深埋箱基设计	张毓英	(251)
12. 厦门高层建筑基础调查报告	陈景云	(258)

三、土的动力性质

1. 人工弱胶结砂的剪切模量和液化势	李克钊	(264)
2. 特性曲线归一化对土体动力反应的影响	王钟宁 俞培基	(270)
3. 弹性表面波的传递	王锡康 段士伟 杨先健	(275)
4. 判别场地地震液化势的能量法	何广纳 朱范宇	(282)
5. 宏观液化与液化势的宏观判定	王钟琦	(287)
6. 二维土层随机地震反应等价线性化法	吴再光 韩国城 林 皋	(295)
7. 宏观地震液化的多层次模糊评判	张利民 胡 定	(299)
8. 铁路路基土的动力性质	杨灿文 周胜平 何连生 李钟英	(304)
9. 利用粉煤灰屏障隔振	吴世明 吴建平	(308)
10. 饱和砂土地基动力反应的瞬态有效应力分析	史宏彦 谢定义	(311)
11. 饱和土的液化势及稳定性分析	刘 颖	(316)
12. 瞬态荷载作用下掘开式地下洞室振动有限元分析	郑全平 宋熙太	(321)

四、桩基及其动力检测

1. 群桩基础的荷载传递参数之确定	冯国栋 刘祖德 黄绍铿	(329)
2. 水平静荷载下桩——土相互作用的分析	盛尧晶 钱寿易	(336)
3. 纵横弯曲桩各截面状态矢量的计算	赵善锐	(343)
4. 桩受横向动力荷载作用时土层的阻力	章根德	(350)
5. 打桩分析仪实测成果CASE和CAPWAP/C分析 点滴	张建龙 张林海 童翊湘	(358)
6. 桩工作特性的 $P/P_0 \sim S/(S_0)$ 曲线	沈保汉	(362)
7. 波动理论沉桩分析中土参数的研究	朱光裕 陆岳屏	(369)
8. 钢管桩打入性状分析的试验研究	唐念慈 袁继洪 王 勇 吕同生	(375)
9. 桩间土承担荷载的计算分析	王成华 陈 环	(382)
10. 饱和软土中打桩的挤土效应	胡中雄 侯学渊	(387)
11. 群桩承台土反力性状和有关设计问题	刘金砺 袁振隆	(393)
12. 按桩——土共同工作确定单桩承载力	王杰贤 高永贵	(400)
13. 高层建筑箱基加满堂摩擦群桩的研究	何颐华 金宝森 王秀珍 雷光木	(407)

14. 大直径嵌岩桩的垂直承载性状.....俞振全 索富珍 (413)
15. 群桩水平承载力研究.....韩理安 (417)
16. 单桩轴向动荷载试验方法的若干建议.....梁守信 周福良 杨秀凤 孟宪重 (424)
17. 应用模糊综合评判分析系船墩安全度.....陈进才 (428)
18. 软土地基桩土共同作用监测实例分析.....贾宗元 魏汝楠 (433)

五、地基处理

1. 极松软灰基的振冲加固.....邴能惠 朱家谟 (438)
2. 复合地基荷载板面积对试验的影响.....林孔镗 (443)
3. 满堂加固碎石桩地基的强度与变形.....陈振建 盛崇文 (449)
4. 土工织物袋装碎石桩加固软粘土地基.....倪士坎 潘秋元 (455)
5. 海底复合地基与大型载荷试验
分析.....孙万禾 钱 征 孙树滨 袁大军 李如锴 常素芬 (463)
6. 砂井地基固结理论的新发展.....曾国熙 谢康和 (471)
7. 砂井地基部分荷载预压法.....高有潮 (479)
8. 某机场堆载预压试验成果的初步分析.....卞守中 朱向荣 杨 炯 (483)
9. 高压干喷法加固地基新技术.....王吉望 牛 虹 李树延 (489)
10. 石灰桩加固软弱地基的机理
研究.....袁内镇 李武冈 潘学锋 韩义夫 王健强 (494)
11. 土工聚合物防治路基翻浆研究
与实践.....杨灿文 俞锡健 徐啸海 李钟英 史存林 (500)
12. 黄埔新沙港软基加固对比填筑试验.....乔正寿 (506)
13. 强夯法在厦门软基加固处理与应用.....吴达人 (515)
14. 625t-m强夯加固冶金渣地基
.....刘惠珊 周根寿 陈克景 潘秋函 朱璋云 宋大永 姜 术 (522)
15. 锚标静力压桩加固地基的原理与应用.....周志道 王维廉 范春霞 (528)

六、堤坝、边坡和挡墙

1. 土体水力劈裂力学机理剖析.....丁金粟 孙亚平 (534)
2. 扶壁式码头模型土压力试验研究.....魏元友 (543)
3. 钢筋混凝土折板挡墙试验研究.....梁汉东 朱启明 (550)
4. 铁山土坝应力变形的数值和
观测分析.....张文正 刘令瑶 陈祖煜 陈次武 章凌武 (554)
5. 冲填坝的振动残留变形和孔隙水压力.....周景星 尤志贤 刘 立 (559)
6. 锚杆技术及现场检测.....吴肖茗 魏殿兴 黄尚燕 (567)
7. 土坝心墙渗透特性的研究.....朱建华 (573)
8. 应力路径对土石坝应力位移的影响.....李凤鸣 (578)
9. 非饱和压实土的孔隙压力.....路志平 (584)
10. 关于竖井散体土压力的研究.....谢永利 顾安全 (588)

七、湿陷性土

1. 新近堆积黄土的划分和承载力评价.....钟龙辉 (593)
2. 自重湿陷性黄土地基评价的商榷.....涂光社 (598)
3. 新黄土地基变形特征及深宽修正.....楚华栋 王东明 (602)
4. 滇西涛源地区湿陷性黄土的探讨.....沈林 罗光照 (606)

八、残积土与膨胀土

1. 花岗岩残积土中FRANKI桩的承载性能.....张咏梅 (612)
2. 残积土特性在路基压实中的应用.....杨世基 (621)
3. 红土特性的研究.....卞富宗 裴孟辛 (626)
4. 膨胀土土体及其上建筑物变形的探讨.....徐祖森 (631)

九、沿海及近海的软粘土

1. 真空预压加固法的研究与发展.....叶柏荣 (636)
2. 真空预压加固软基试验研究及应用.....唐羿生 高志义 (640)
3. 上海延安东路隧道施工监控及分析.....侯学渊 刘立礼 周知行 (647)
4. 饱和软土地层中垂直土锚试验研究.....杨永浩 叶政青 (653)
5. 上海软弱土层斜地锚试验与研究.....陈幼雄 宋永钧 (660)
6. 在具有粉细砂夹层的软粘土上建造大型油罐的试验研究.....贾庆山 (667)
7. 波浪引起的饱和土体残余孔压计算.....陈仲颐 李向维 (675)
8. 海洋土先期固结压力的综合判断方法.....顾小芸 (682)
9. 渤海南部海底土的工程性质.....邢延 (686)
- 小组总结(一)土的工程性质及其室内外试验研究.....张文正 (693)
- 小组总结(二)地基工程以及地基土与建筑物的相互作用.....何颐华 (695)
- 小组总结(三)土的动力学性质.....何广纳 (697)
- 小组总结(四)桩基及其动力检测.....王钟琦 赵学勤 (699)
- 小组总结(五)地基处理.....施履祥 钱征 胡中雄 (702)
- 小组总结(六)堤坝、边坡和挡墙.....王正宏 屈智炯 (705)
- 小组总结(七)黄土、膨胀土、残积土.....罗宇生 (708)
- 小组总结(八)软粘土和近海土.....朱小林 (710)
- 本论文选集资助单位名单及简介..... (712)

综 合 报 告

(一)

土的工程性质及其室内外试验研究

张在明 (北京市勘察院)

周 镜 (铁道部科学研究院)

近十几年来,土力学和基础工程学的一个重要分支——试验土力学(ESM)或试验土工工程(ESE)越来越受到人们的重视。这个分支的研究对象大致有三个方面:1.对地基土层的分布规律,土的指标特性及地下水条件的研究;2.对土在经受工程作用之前的初始应力状态和应力历史的研究;3.对土在参与工程作用后的应力-应变-时间效应和强度特性的研究。研究的手段有室内试验,原位测试,工程监测与反演分析。

从1983年第四届土力学及基础工程学术会议以来我国在上述各个方面都取得了不同程度的进展,表现在:1.随着各类规范规程的制订或修订,室内外常规试验仪器正趋于标准化,与此同时,针对不同的试验目的,仪器多样化的趋势也在发展;2.由于自动化仪表技术的移植和微机使用的推广、试验的控制技术和数据自动采集、处理技术在不断提高,这不仅有助于提高室内外试验的精度和效率,更重要的是使得较为复杂的试验控制能够借以实现;3.对土的一般应力-应变-强度特性的研究有所深入;4.在探求和改进土特性的表达方法,土的本构关系及与其相应的物理力学参数、计算方法方面也取得了新的进展。本次收到的有关论文可以说是上述成就的反映。

本专题收到论文58篇,大致可以分为以下四个方面:

- 1.室内试验的仪器,方法与成果分析(38篇)。
- 2.原位测试的试验机理与成果分析(7篇)。
- 3.关于本构关系的研究(12篇)。
- 4.现场监测与工程实录(2篇)。

由于篇幅的限制,下面仅试图介绍本专题内容的主要方面的趋向以及与国外发展情况的一般比较,恕不能对所有论文一一涉及。

一、室 内 试 验

对于室内试验的优点和局限性,国内外研究工作的看法在不断的深化。由于室内试验的某些局限性,在土力学发展的一定阶段,很多土力学家,包括Terzaghi都曾经认为“土力学和岩体力学中未解决的大部分问题,与其依靠理论研究和室内试验来解决,还不如在现场通过坚韧而细致的观察和调查获得解决”(吉见吉昭“太沙基与土力学”)。对

于某些问题来说,这种看法无疑是正确的。但是,另一方面,近二十年来,由于近代试验技术的发展,正是试验成果本身以及在其基础上发展的理论,更加确立了室内试验在学科中的重要地位, Jamiolkowski和Ladd等人甚至认为“只有室内试验才有可能对土的如此复杂的特性进行研究”(PREPRINT THEME LECTURE. XI ICSMFE, 1985)。本次论文中关于应力体系中主应力影响问题,固有和诱导各向异性问题,不同应力条件下孔隙水压力的性状以及有关本构关系等方面的论文,也证明了室内试验的重要意义。

取样设备和试验仪器

在影响室内试验结果的诸因素中,与取样设备和技术密切相关的试样扰动往往是非常重要的,这个问题在第十一届国际土力学会和今年七月召开的第八届亚洲地区土力学会的专题报告中都有涉及。近年来,在我国召开的几次学术会议上,也有专家分析了我们在这个方面的差距,对这一问题的重要性进行了专门的论述。这个方面虽然取得了某些进展,本次会议却没有收到任何有关的论文。这恐怕是学术界和工程界仍然没有在这个方面下大功夫的反映。

Ladd和Lambe在近若干年的研究中表明,即使在含水量不发生变化的情况下,试样扰动所造成的粘性土的结构和颗粒排列的变化也将对有效应力带来重大影响,使土的不排水抗剪强度,特别是割线模量大大降低; Mitchell则指出,砂类土的结构与粘性土具有同样的重要性。这些研究结果向我们表明,取样设备和技术,包括砂类土的原状取样技术,对于整个室内试验过程是十分重要的一个环节。

在室内试验仪器方面,如前所述,研制引进和改进工作取得了较快的进展。在送交的报告,有五篇文章介绍了真三轴仪,大型动、静三轴仪,高压三轴仪和平面应变仪等试验设备的试制研究成果。1987年九月在成都召开的“大型及高压土工仪器技术交流会”,交流了我国在大型高压三轴仪、平面应变仪、高压固结仪及大型直剪仪等方面的研究试制情况。朱思哲、柏树田“高压大型三轴仪和平面应变仪研制报告”等论文反映了这方面的进展。离心试验机的研制工作,也在一些单位积极开展,这种仪器投入使用,将对弯力式水坝和路堤等类土工构筑物的研究起到推动作用。

在研制新型仪器同时,对于仪器关键性细节的研究和改进也更加引起了人们的注意。

姜朴、方涤华、王慈民“加反压的变水头渗透测试”一文报导了一种可加反压的变水头渗透测试装置。用该装置测定的粘性土和粉砂在完全饱和条件下的渗透系数,比不加反压情况下大2~3倍,有的可达5倍以上。在较大的水力坡降条件下测试时,施加反压后粘性土的起始坡降可能消失,得到了符合达西公式的结果。郑克恒、李子成在“粗粒土渗透试验筒壁防渗技术”文中,也说明了采用防止沿筒壁渗漏的装置,改进测试技术,对试验成果有重要影响。

在土工试验自动化方面,近几年来我国有了较大的发展。在1986年学会开的“微机在土工试验的应用”学术讨论会上交流的资料说明,对试验数据的整理和汇总,许多单位已编有实用的程序;试验数据的采集和处理在许多高校和科研单位已广泛使用;在程控自动试验方面也在一些单位取得成功。如刘凤德、何友奇的论文“高压三轴仪计算机自动控制系统”解决了微机程控进行各种应力路径的三轴试验。孟小非的“多种固结试验方法的比较”一文提供了在微机控制下进行各种连续加荷固结试验的方法和试验数据的实时处理。

王中正等“微型计算机控制振动三轴试验”的论文介绍了用微机进行随机波输入的振动三轴试验等。在土工试验自动化方面,对国外的先进设备,引进、改造和试制齐头并进,为我国生产先进的现代化土工试验仪器,为各行业的土工试验室在现有设备的基础上自动化创造了条件。

关于土的力学性质的试验研究

Sambhandharaksa和Taesiri在第八届亚洲地区土力学会议的专题报告中,把岩土工程问题分为两个类型,即与土的稳定性有关的问题和与土在垂直和水平方向变形特性有关的问题。本次论文中,可从以下两个方面的大致概括:

土的强度方面的问题

陈愈炯、章一新、沈德芳在“非饱和击实粘性土有效应力的研究”一文中提出, Bishop关于非饱和土有效应力的表达式及Fruland的有关建议,目前在实际应用中仍然存在相当大的困难。因此,弄清目前在土坝或路堤工程中,用饱和土的抗剪强度表达式来估算非饱和和压实粘性土的抗剪强度可能造成的误差,是一个实际工程中需要解决的问题。他们的研究结论是:对于文中所涉及的汾河黄土和密云粘土,当填筑含水量大于最优含水量 $2.5\% \sim 3.0\%$ 时,这种误差小于 4% 。对于最优含水量附近的非饱和击实土,误差也应当不大。

陆士强的“湿化对粘性填土的应力应变关系的影响”一文,用三轴试验在较接近于实际应力和变形的条件下研究土石坝粘性填土的湿化变形规律。结果表明,湿化附加应变值大于饱和试样与非饱和试样在对应条件下应变的差值,在固结应力偏小时尤为如此。

由于工程实践的需要,土在高压下的特性愈来愈引起重视。蒋景彩的“重粉质壤土在高压下的强度特性”一文中,提供了对饱和重粉质壤土在围压为 $0.2 \sim 2.4 \text{ MPa}$ 条件下的 UU 、 CU 、 CC 三轴试验结果。研究表明,在高压范围内强度曲线向下弯曲。文中给出了当 $\sigma_3 > 0.8 \text{ MPa}$ 时内摩擦角或抗剪强度的表达式,并建议在高压条件下对Duncan模型的 E_t 表达式和Daniel的泊松比计算式的有关参数进行相应的修正。同时,文中还对高压下的孔隙水压力变化进行了探讨。

土在高压下的强度特性,自60年代Bank和70年代Baligh提出砂类土的强度参数 ϕ (或 ϕ')与约束压力之间的关系式以来,不断有所发展。从本次收到的几篇论文来看,我国在这方面的研究是有所前进的。

孙岳崧在“砂土的不排水三轴试验研究”一文中,探讨了孔隙水压力对砂土应力应变关系的影响以及砂土密度对孔压发展的影响。文中给出了孔隙水压力增量 Δu 与剪应力 q 之间的关系以及归一化后 Δu 与应力比 $\eta (= q/p')$ 之间的关系,并对清华弹塑性模型反映孔压变化趋势的能力进行了验证。这里,要特别提出的是,在试验中,作者采取各种措施,提高孔压系数 B 值,并注意到需要进一步研究橡皮膜楔入的影响。试验技术往往对试验结果有重大影响,国外这方面的研究报道较多,应引起我们的注意。

郑文兵和单昶提出了根据体变曲线最大压缩点处相应的偏应力值确定砂土残余强度的方法并用归一化功原理对此方法的理论基础做了解释。这样就不需将试验做到大应变情况即可确定砂的残余强度。常素芬等通过压板试验、拨力试验和抗剪试验,提出风化花岗岩的 $P-S$ 曲线存在两个屈服点,这和它存在结构强度有关。李兴国用平面应变剪切仪和三轴

仪测定了粘性土、细砂、海相粘土、风化料和碎石等的强度,证明平面应变条件下土的强度比轴对称条件下为高。这结果与过去文献中报导的相同。司洪泽的“无粘性粗颗粒土的主要工程性质”一文报导了砂卵石的室内试验研究成果。随着围压的增加,颗粒破碎,强度包线弯曲,可用指数曲线描述;其应力应变曲线属应变硬化。文章还报导了堆石料的剪胀和压缩变形性质。李锦坤等介绍了击实粘土平面应变和常规三轴的比较试验,并提出了用常规三轴资料推算平面应变的计算参数的方法。肖晓军、屈智炯等研究了冰碛土在高低压力下的应力应变特性,得到冰碛土的强度包线即使在高压下也近于直线的结论。文章还给出了冰碛土的剪胀、体变规律。

关于土的各向异性问题, Jamiolkowski 分析和归纳了前人的研究结果, 将土的各向异性归结于初始各向异性 (Initial Anisotropy) 和诱导各向异性 (Evolving Anisotropy)。初始各向异性包括固有的各向异性 (Inherent Anisotropy), 初始剪应力各向异性, 即 K_0 固结 (当 $K_0 \neq 1$ 时) 造成的各向异性; 诱导各向异性是指其后施加的应力体系造成的各向异性。

姚承万的“云母砂各向异性的试验研究”一文, 通过对南京云母砂用特殊方法制样, 进行了固有各向异性, 预 K_0 固结引起的各向异性和以上两种效应共同作用的试验。探讨了它们对强度和变形特征的影响。说明了各向异性的影响对工程问题有很重要的意义。

孙斌、魏汝龙在不同的应力条件下用三轴仪, 平面应变仪和三轴扭剪仪对人工制备的正常固结软粘土试样进行了不排水剪切试验。他们的论文“不同应力条件下软粘土孔隙压力性状”表明, 用平均固结压力 P_0 归一化后, 孔压—应变关系呈双曲线形状, 曲线参数 a , b 表现出不均等固结引起孔压变化的各向异性。 $(\Delta u - \Delta \sigma_m) / \bar{\sigma}_m \sim \Delta \tau_{oct} / \bar{\sigma}_m$ 之间则存在幂函数关系, 不同的幂指数表明孔隙压力基本上受 σ_{oct} 和 τ_{oct} 的控制, 并受主应力方向偏转的影响。主应力方向偏转将引起孔压的各向异性。对于主应力方向不断偏转的加、卸荷应力路径, 可以用状态边界面 (SBS) 的概念来分析孔压随主应力方向的变化规律。文中还给出了三轴压缩破坏时, 均等固结 K_0 固结试样 Skempton 孔压参数之间的经验关系以及三轴与平面应变压缩破坏时 Henkel 孔压参数之间的关系。

向大润、夏怀祖在“土工三维计算的试验成果整理方法”一文中, 用 Nakai 和 Matruoka 提出的空间准滑面 (SMP) 的概念分析了平溪标准砂的三维试验结果。SMP 上的应力应变关系对不同围压有较好的规一性。作者认为, SMP 概念可能为土的三维应力应变模型提供了一种较好的表述途径。但这个理论假定在 SMP 面上应变增量主轴与应力主轴相重合。这一假定与实际情况的符合程度似值得进一步研究。

关于土的固结和压缩试验方面的问题

本次论文中, 对固结试验的方法以及成果整理和分析方法都有所涉及。

孟晓非的“多种固结试验方法的比较”论文介绍了在微机控制的固结仪上进行不同连续加荷固结试验方法的比较试验。提出目前用等加荷速率固结法较合适, 并提出了确定先期固结压力和固结系数的方法。

王国体的“样条函数法解土的压缩性”给出用样条函数表述土的压缩曲线及求解 P_0 , C_e , C_c 等参数的方法。这个方法可以克服传统方法的某些弊病, 在一定条件下具有计算绘图程序可以通用的优点。

吴崇礼、郭述军在“软土固结系数确定方法的分析与改进”一文中指出, 现行的多种

确定固结系数的方法都是根据太沙基的固结理论制定的。由于在应变非线性的软土中如何应用太沙基理论的问题并没有得到很好的解决,所以作者认为用已有的一些方法,如 $\log t$ 法, $\sqrt{t}$ 法,三点法,Stoke法等来确定软土的固结系数时都存在一定的问題。文中建议用 $\bar{C}_v = \bar{C}_v / (1 + e)^2$ 作为软土的固结系数较为方便明确,希望能在工程实践中得到进一步验证。

张淑焕“先期固结压力的确定”一文中提出用双对数坐标绘制 $p-e$ 曲线,以折点确定先期固结压力。洪振舜等的“海相吹填土固结特性”一文模拟了静水中泥浆沉积过程中孔隙比、孔隙水压力随时间的变化过程,通过固结试验得到吹填土的孔隙比与有效应力间的半对数关系,提出了吹填土固结计算的计算模型。屈智炯等介绍了粗粒土在三轴仪上,在一定的应力状态下,浸水湿化过程中的变形特征以及不同压力下卸载时它的回弹性质,并提出了这些规律对填石坝蓄水变形的影响。

关于土的物理性质及土性在微观水平上的试验研究

1983年,在RNESE(即“实验土工工程的研究要求”)报告中,Dafalias和Lade将土的性状研究分为三个水平:即1.微观水平的研究,指对土颗粒及团粒之间相互作用的研究,这些研究关系到土受到应力和应变作用之后微观组构发生的变化;2.整体水平的研究,指在室内试验设备下定义和量测的应力应变等方面的特性;3.宏观水平的研究,即针对整体的地质、土体构造,结构特性的研究,包括工程实录的反演分析等。

进行以上分类的目的,恰恰是希望在这三个水平上的研究更有机的结合起来。

我国近年来在微观水平上的研究,有了一定的发展。很多研究工作者试图从微观水平的研究中,探讨土的成份和微观结构对物理力学性质的影响。本次论文中刘双光,刘开明、郑淑英提供的“冰碛土料的工程性质研究”,通过热分析,X射线晶粉分析,电子探针扫描照像及能谱仪分析等,对土料中1毫米以下试样的矿物化学成份及微观结构进行了详细的研究,并在此基础上对土料的物理力学性质和工程分类进行了进一步的探讨,作出合理的工程性质评价和使用建议。

叶书麟、魏道梁、杨熙章在“上海宝钢粉煤灰物理力学性质的试验研究”一文中,同样是首先对宝钢粉煤灰进行了关于化学成份与矿物组成,微观结构形态,颗粒成份等方面的分析。进而对其击实特性,变形与强度特征,特别是针对结构承载填方工程要求的浸水强度软化与压缩变形特性等问题进行了较为详尽的研究并得出材料利用的论证意见。

刘祖德,吴为义在“砂的组构与本构关系及其数值模拟方法”一文中对砂土和少粘性土的多种物理现象,从组构分析方面给予解释,并对颗粒材料的力学响应用“分辨单元法(DEM)”进行分析计算,将组构研究与数值模拟互相结合起来。

此外,常素芬、钱征在“风化花岗岩的结构强度问题”,吴淑媛在“粘性土的破坏特征与力学特征的探讨”等文中,对土的微观特性对力学性质的影响都做了有一定说服力的分析研究。

值得提出的是,从本次论文看,结合工程需要,对某些特定土类或材料的研究也在加强。除前面提到的对粉煤灰的研究之外,还有黄世铭的“粉质土的强度性质”,熊林栋“对钢川北区滑面上泥化夹层成因的探论”,李国兴、许仲生“分散性土的试验鉴别和改良”以及陈文华、胡中雄“珊瑚砂的工程性质”等论文都取得了实用的成果。

我国具有广阔的工程建设背景,工程技术和研究人员面临着各种类型的实际问题。用土力学和基本理论,分析和研究特定土类或材料的性状,从而解决工程问题将是一个重要研究方向。对分散性土的研究,对珊瑚砂的研究,已经在一些国家受到重视。对于我国来说,针对在南方近海开发中遇到的珊瑚砂的工程性质的研究同对北方海域开发遇到的软土性状的研究,几乎具有同样的实用意义。这类问题应该引起我们的注意。

需要指出,在室内试验研究的某些方面,例如,应力历史对土的应力-应变-强度特性的影响,土的归一化性状,应力体系与各向异性,屈服面(或屈服包线)及其影响因素等,近年来在国际上得到较大的进展。我们虽然也做了很多工作,但还缺乏系统的研究比较,在工程应用上差距恐怕更大一些。另一方面,也应该看到,近年来,我们室内试验的基础正在加强,仪器设备有较大改进,试验技术和分析方法在不断提高,相信今后的十年,应该是长足进步的十年。

二、原位测试

在上述关于土的性状研究的三个水平的分类当中,原位测试可划为第三类,即宏观水平的研究。因为原位测试的解释往往涉及边界值问题。如果对国内外的现状作一个简单的归纳,土工原位测试技术已用于下面三个方面。

1. 确定土和土层的初始状态变量,包括:

(1) 土的分层和岩性。常用静力触探(CPT),带孔隙水压力测头的静力触探(CPTU),以及扁形膨胀仪(DMT)等。

(2) 原位测定应力。常用自钻式旁压仪(SBP),IOWA阶梯板试验(ISB),水利劈裂试验(HFT)等。

(3) 近年来Baligh等人正尝试使用CPTU来估计粘性土的应力历史。

2. 确定土的强度和变形参数。常用SBP,CPT,CPTU,或预钻式旁压仪(PMT)及平板荷载试验(PLT)等。

3. 渗流和固结特性,常用SBP,CPTU及钻孔渗透试验,抽水试验等等。

朱小林“原位测试现状及发展”一文对上述问题作了较全面的阐述。

目前,原位测试技术发展很快。有人认为,对于土层的描述和判别而言,原位测试具有极大的潜在能力。本次论文主要集中在旁压试验和静力触探试验两个方面。

旁压试验

关于旁压试验机理的弹塑性理论的推导以及相应的参数公式的建立,早已为人们熟悉并得到了较为广泛的应用。同时,在推导过程中存在的一些问题也引起了学者们的关注。例如,基于理想圆柱体扩张的假定,将过程看作平面应变问题,在推导中又采用了一些经典的弹性公式和塑性条件,未考虑土的压缩变形、剪胀性和灵敏性,因此,结论是有局限性的。若干年来,很多学者对此进行了不断的改进,其中较有代表性的是Buguelin和Jezequel的工作。他们的方法去掉了弹塑性分析的限制,可以考虑任意形状的剪切曲线,但也使用了等容假定,所以这方面的局限性仍然存在。在我国学者的工作中,上届土力学会上张同霞、刘祖德等人的论文,引起了人们的注意。

本次论文中,陈映南、孙勇提出的“旁压机理的试验分析与计算”一文,给出了一种在机理分析中定量计算固结变形,剪切变形和塑流变形的办法。在剪切变形中采用了SMP概念,并且比较合理地解决了土的变形参数的非线性问题。在塑流变形的计算中,则采用刘祖德、黄钢提出的模拟塑流区应力路径的“刹车试验”方法,用该方法得到的测试结果来计算变形。在整个试验过程中,差分计算结果与实测值吻合较好。

姜前、陈映南、蒋崇伦在“旁压土体应力路线及其非线性分析”一文中着重分析了土体在试验过程中的应力路径。文章指出Buquelin分析中应力路径和实际状态有明显的差别,应力路径应该与 K_0 , φ , c 等参数有关。在此前提下,为简化计算,作者采用 $K-G$ 模型来考虑土的非线性性质,并且用他们推导的差分公式的计算结果对大型模型试验槽的试验结果进行验证。证明在临塑压力等参数的预测方面优于Baquelin的方法。但如作者指出的对于如何考虑剪胀影响及 σ_v 增量问题,有待进一步改进。

静力触探试验

张同震、张乃瑞、张凤林等人在“单向压剪模型用于载荷与静探分析”一文中,提出一种基于常规固结、三轴和原位波速试验,并用双对数多折线表达的,可同时考虑土体变形、体变与剪胀相结合的实用变弹性模型。将本模型和带有动态边界元处理的轴对称有限元方法应用于北京地区中至密实的亚粘土中的静探试验表明,该模型不仅能基本上正确反映这种土在受力变形直至破坏过程中所显现的张裂、流塑、压硬与剪胀现象,而且还发现张裂和劈裂机理是导至载荷拐点和静探临界深度的重要因素之一。夏增明、蒋崇伦、孙愈文在“静力触探模型试验及机理分析”一文中,介绍了静力触探大型模型试验的设备和办法以及贯入过程中土体内的附加应力和变形形态,并对自由表面效应、深度效应和层位介质效应进行了分析。

关于静力触探的机理,从70年代初期到现在,很多学者从不同的角度进行了研究。其中较典型的是Durgunoglu和Mitchell的剪切理论模型, Vesic的球腔膨胀模型和圆柱腔膨胀模型以及Muromachi的层状土变形模式。如果我们的工作中,在取得触探过程土体中的应力场分布等可贵资料之后,能对上述模型进行验证和发展,效益会更大一些。

唐世东、朱小林在“软土地区的孔隙水压力——静力触探试验”一文中,介绍了他们使用孔隙水压力——静力触探探头的现场试验经验。该论文指出了贯入过程中孔隙水压力对 q_c 和 f_s 的影响,并给出利用超孔隙水压力消散数据及消散后的稳定值来估算土层固结系数,渗透系数,压缩模量和原位静水压力值的方法。上海某工程实测结果证明,孔隙水压力的变化对土层岩性的反映灵敏。该方法大大提高了利用静力触探判别土层的准确性。

近年来,虽然出现了各式各样的静力触探探头,但是,带孔压测头看来特别引人注目。这种探头的机理和参数分析固然十分重要,锥头透水部分的饱和技术和试验技术同样是试验成败的关键问题。

关于原位测试的研究方向,可以有三个方面,即1.仪器的研制和改进;2.机理分析,应用模型和边界值求解;3.求得测试参数和工程力学参数间的统计或经验关系,直接在工程中使用。关于第三方面的工作,由于过去几年各行业都曾召开过多次专门会议交流,因而这次会议上没有见到有关的论文。

三、本 构 关 系

沈珠江提出了土体应力应变分析的一种新模型,其特点是弹塑性矩阵具有剑桥模型的形式,而所需的几个塑性系数则通过 $\sigma_3 = \text{常数}$ 和 $\sigma_1 = \text{常数}$ 的常规三轴试验曲线用双曲线拟合法来确定。模型还采用了多重屈服面的概念以考虑围压改变时的情况。为弥补摩尔-库仑准则不能反应中主应力的影响,作者作了一些修正。从几种应力路径的验证试验结果看,在 $\sigma_1/\sigma_3 = \text{常数}$ 和超固结土的试验偏离还是较大的。

王年香、魏汝龙在“软粘土的剪缩性及其对孔压的影响”一文中将由八面体正应力引起的体变曲线,纯剪切曲线以及由剪应力引起的体变曲线都根据试验结果分别用经验函数来拟合,从而提出考虑粘土剪缩性的弹塑性模型。作者根据一个油罐和一个海堤工程的实例,用几种模型进行验算与实测变形、孔隙水压力变化对比。结果表明考虑了剪缩的三种模型的计算值与实测较为吻合,而未考虑剪缩的模型则差别较大。王建国、濮家骝、李广信“不同本构模型预测孔压生成的研究”得到的结论也和王年香的相同,认为能反映弹塑性、剪胀性和剪缩性及应力路径的清华弹塑性模型在反映孔压生成机理方面有较大的优越性。李广信“ π 平面上的屈服轨迹的确定及其应用”一文提出根据真三轴试验得到的 π 平面上的屈服轨迹用双圆弧曲线拟合,将清华二维弹塑性模型推广引用到三维应力状态。单昶“砂土的强度计算和归一化功本构模型探讨”一文中提出用归一化功来建立本构模型的初步设想。大连工学院也在研究用归一化功描述动孔隙水压力增长的规律。送大会的论文中还有些是探讨性的。杨光华“土的弹塑性模型理论中的若干问题”一文中认为现有模型都需有屈服面和流动法则的假定,作者提出了“塑性方程的概念”,即假定进入塑性加载状态时其相应的应力状态和塑性应变总满足 $f(\sigma, k) = 0$ 方程,式中 k 为塑性应变的组合函数。作者利用塑性状态方程来建立弹塑性矩阵。杨光华在另一篇“弹塑性模型参数确定的解析方法”中,则仍利用正交法则假定塑性势面为一椭圆,用解析法确定了塑性模型中的参数 α ,用函数拟合法确定硬化参数 H 。俞茂宏等提出了广义剪应力双椭圆帽子模型,即用一个椭圆帽子模型两个方程式同时满足破坏和屈服条件,从而避免过去屈服轨迹为椭圆,破坏轨迹为直线或折线两种不同函数所带来的缺点。

建立本构模型是岩土工程数值分析中的一个组成部分,它是否能反映岩土工程的实际性状,单纯靠室内土样的试验验证是不够的,也是不充分的。必须对岩土工程对象做细致的长期原型监测以资检验。

四、现场监测与工程实录

过去廿年中,国外的现场监测仪器和技术都有了长足的发展,因此得到了很多记录完善的工程实录。仅1984年在美国St. Louis召开的岩土工程实录会议上就发表了150余篇论文,这些文章说明现场监测至少有以下两个方面的用处:

1. 对于控制边界值问题,用实测结果来验证本构关系和相应的计算方法。
2. 对于采用的模型而言,用现场测定的参数来推算模型参数。本次论文中曾国熙、龚晓南等人提出的“反分析法确立基坑开挖问题的有关参数”一文中,作者将土的本构关系假

设为非线性弹性，并考虑了不同应力路径对变形模量的影响，还对不同地基分层，不同实测点位置的反算特性进行了研究。并提供了工程反分析实例。姜炎的“负压条件下软地基的孔隙水压力”论文对东部沿海某碱厂真空排水预压工艺实施过程中负的超静水孔隙压力进行了全面测试并进行分析，对软土地基负压条件下加固特征有了更深入的了解。

当然，从总体上说，我们对于工程实录的反演分析，或者说对土的性状在这种宏观水平上的研究做得还是不多的。如果我们的研究工作者和工程技术人员在这一方面更紧密地结合起来，对推动我国土力学的发展，必将起到极为有益的作用。