

TU 4-53

81.6

中国土木工程学会 第六届土力学及基础工程学术会议 论文集

1991年6月18—22日 上海

李金海

008065

同济大学出版社

中国建筑工业出版社

276839

内 容 提 要

本书收入学术论文 206 篇,内容丰富,涉及面广,反映了我国科技工作者近几年来在土力学及基础工程这一领域的重要科技成果。这些论文内容涉及土的基本性质及其测试技术;天然地基、土与基础相互作用、特殊地基;桩基设计、施工和质量监控;堤、坝和支挡建筑物;地基处理和托换技术;土动力学以及地下工程、环境工程和近海工程。这些论文除在会议上宣读外,还可供有关科研、设计、教学和施工部门的同志在工作中参考、学习。

责任编辑:章连洋 查金星

中国土木工程学会
第六届土力学及基础工程学术会议
论 文 集

同济大学出版社出版

(上海四平路 1239 号)

同济大学印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 58.25 字数: 1490 千字

1991 年 5 月第一版 1991 年 5 月第一次印刷

印数: 1-1000 册 定价: 65.00 元

ISBN7-5608-0837-9/TU·104

前 言

中国土木工程学会第六届土力学及基础工程学术会议于1991年6月在上海召开。为筹备学术会议，特成立了论文编选委员会，负责本论文集的出版工作。

本届会议共收到论文三百余篇，由于篇幅所限，本论文只选入论文206篇，还有一些内容较好的论文没被编入。有一些文章转送第九届亚洲地区国际土力学及基础工程大会，另一些将在公开刊物发表的论文，为避免重复，也没编入。

论文分为七类：(1)土的基本性质及其测试技术；(2)天然地基、土与基础相互作用、特殊地基；(3)桩基设计、施工和质量监控；(4)堤、坝和支挡建筑物；(5)地基处理和托换技术；(6)土动力学；以及(7)地下工程、环境工程和近海工程。编选委员会聘请了七个专题类的综合报告人，对送交大会的各专题类的论文内容，结合国内外的发展现状和动态撰写了综合报告。这些报告也编入了本论文集。

本论文集的内容大体上反映了第五届学术会议以来，我国在土力学及基础工程方面的主要成就，可共同同行们参考。限于我们的经验和水平，缺点在所难免，并希望作者和读者批评和指正。

过去五届学术会议的论文集（缺第二届）都是会后编选的，这次论文集能在会议开幕前正式出版，除了广大作者的大力协作外，同济大学出版社和中国建筑工业出版社给予了积极的支持，在此表示谢意。论文集的出版，希望能对国家经济建设，对促进学术交流与提高，起到积极作用。

编选委员会名单（按笔划次序排列）：

卢肇钧	刘金砺	刘祖德	汪闻韶	陈仲颐（召集人）	陈愈炯	杜 坚
周 镜	杨灿文	钱寿易	饶鸿雁	侯学渊	姜 朴	黄熙龄
顾晓鲁	鲁国熙	濮家骝				龚晓南

秘 书：吴肖茗 蔡伟铭

致 谢

本届大会很荣幸地得到下列单位的资助，谨此深表谢意！

交通部第三航务局科研所

化工部第二勘察设计院

上海市基础工程公司

上海市隧道工程公司

地质矿产部江西省地质工程公司

浙江省地质矿产工程公司

武汉基础公司第二工程处

浙江省海宁岩土工程公司

江苏省太湖特种基础工程处

上海北蔡建筑工程公司

上海花木建筑工程公司

上海市宝山塑料排水板厂

同济大学地下建筑与工程系

第六届全国土力学及基础工程
学术会议

1991年6月

目 录

综合报告

0-1	土的基本性质及其测试技术.....	濮家骝	1
0-2	天然地基、土与基础相互作用及特殊地基.....	顾晓鲁	11
0-3A	桩基础.....	刘金砺	19
0-4	堤、坝和支挡建筑物.....	陈俞炯	27
0-5	地基处理..... 龚晓南	杨灿文	37
0-6	土动力学.....	姜 朴	53
0-7	地下工程、环境工程、近海工程.....	侯学渊	63
0-3B	桩基础	刘祖德	911

一、土的基本性质及其测试技术

1-1	粗粒材料直剪强度的模型规律.....	史彦文	77
1-2	以突变理论探讨无粘性土本构关系..... 张业民 何广讷	吴尚君	81
1-3	粘性土径向渗透系数的原位测试..... 林 峰	张剑锋	85
1-4	取土扰动对软粘土强度的影响..... 魏汝龙 杨守华	王年香	89
1-5	黄土结构性研究..... 吴 侃	郑颖人	93
1-6	土与混凝土接触面剪切特性..... 殷宗泽	许国华	97
1-7	土体管涌声发射监测试验研究..... 徐炳锋 钱家欢 朱正亚	方涤华	101
1-8	筒支膜钢弦式土压力盒.....	钱 征	105
1-9	用瓦式圆锥仪的等效下沉深度测碟式仪液限值的探讨..... 钱炳生 高大钊	王侠民	111
1-10	膨胀土干密度与抗剪强度指标的关系.....	许 健	115
1-11	粘弹性土体固结理论和砂井地基计算研究综述..... 赵维炳	钱家欢	119
1-12	快速固结测定土的固结系数的研究..... 钱炳声	莫群欢	123
1-13	一种新型优质砂料——液态渣的工程应用..... 陈 环	张建国	127
1-14	黄土的显微结构与湿陷性.....	廖胜修	131
1-15	堆石缩尺效应研究中的几个问题.....	司洪洋	135
1-16	榆树川灰场灰料的工程特性..... 王桂萱	张怀谷	139
1-17	平面应变状态下粘性土抗断裂强度特性的研究..... 陆士强	刘建平	143
1-18	论粗粒土的湿化变形特性..... 屈智炯	刘昌贵	147
1-19	土的断裂韧性的测定..... 周建敏 蔡伟铭	胡中维	151
1-20	土力学和基础工程基本理论中的若干新概念..... 俞茂宏 龚晓南	曾国熙	155
1-21	重朔 Q3 黄土的真三轴应力应变特性..... 李跃明 俞茂宏	曾国熙	159

1-22	郑州轻亚粘土力学特性的试验研究.....	魏道堃	李振民	李乃菊	163
1-23	堆石在平面应变条件下的强度和应力——应变关系.....				
	.....	柏树田	周晓光		167
1-24	堆石料在平面应变下的湿化试验研究.....		孙岳崧		171
1-25	密实粘性土平面应变不排水特性的弹塑性预测.....	景来红	濮家骧		175
1-26	高应力作用下粘性土的变形特性及模型预测.....				
	.....	张丙印	李景坤	濮家骧	179
1-27	粗粒土的抗剪强度特性及其参数.....		郭庆国		183
1-28	膨胀土抗剪强度的一些特性及其规律.....	柯尊敬	王庆		187
1-29	非饱和黄土中的负孔隙水压力与其物理指标间的关系.....				
	.....	李靖	J. H. 哈德卡斯特尔	刘祖典	191
1-30	无粘性土强度与变形的一致性.....	郭培军	李克钢		195
1-31	土的剪胀性分析及内时本构模型.....		王建国		199
1-32	减湿及增湿时黄土的湿陷性.....	张苏民	张炜		203
1-33	多功能剪力仪《DJ S》的研制与应用.....	田树山	周萍	俞仲泉	207
1-34	标定罐内的静力触探试验.....			周神根	211
1-35	对粘性土内摩擦角的探讨.....	卢肇钧	曾昭群		215

二、天然地基、土与基础相互作用、特殊地基

2-1	特殊形式补偿基础的沉降分析.....	陈永福	侯学渊	219		
2-2	地基临塑荷载的非线性有限元分析与线弹性解的对比.....		倪兵	223		
2-3	在软土地基上建造大型油罐基础内力实测分析.....	贾庆山	陶增华	227		
2-4	大型油罐底板和地基变形后的可靠性分析.....	徐至钧	王竹山	231		
2-5	地下水位变化在湿陷性黄土地区产生的岩土工程问题.....		刘明振	235		
2-6	高层建筑与基础共同作用模型试验研究.....					
	.....	杨敏	赵锡宏	L.G.Tham Y.K.Cheang	239	
2-7	按沉降要求控制计算群基础底面积的矩阵方法.....		王国体		243	
2-8	各向异性和非均质地基上基础极限承载力的上限分析法.....					
	.....	徐干成	郑颖人	谢定义	247	
2-9	粘性土深开挖的弹塑性分析.....	朱百里	刘国彬		251	
2-10	高层建筑大基础地基变形计算研究.....		钟龙辉		255	
2-11	钢筋混凝土独立基础底板的弯矩计算——对现行地基基础规范计算公式的讨论.....		张耕荣		259	
2-12	天津市地基沉降计算检验系数.....		徐文忠		263	
2-13	高层框剪结构与地基基础的相互作用分析.....					
		孙家乐	李凯	陈卫	孙春发	267
2-14	砂土地区锻工厂房的设计.....		徐祖森		271	
2-15	山西河律黄土地基湿陷变形的试验研究.....	朱梅	谢爽	钱鸿缙	275	
2-16	自重湿陷敏感性的模糊综合评判.....	谢爽	钱鸿缙		279	
2-17	土侧阻力对基础承载力及变形的影响.....		郭志恭		283	

2-18	岩溶地基稳定性定量评价的探讨.....	黄伯瑜	287
2-19	用空间有限元计算箱基反力与实测分析.....	周京华	291
2-20	基坑回弹与再压缩性状分析与预估.....	侯学渊 巢 斯	295
2-21	地基承载力和变形模量的动力测定新方法.....	徐攸在	299

三、桩基设计、施工和质量监控

3-1	砂衬桩——受力合理节省投资的新型桩.....	贺光耀	303
3-2	土中预制桩的参数及其经验公式.....	陈如连	307
3-3	稳态激振机械阻抗法检验基桩质量的研究.....	王海根	311
3-4	三维随机边界元与随机有限元耦合理论及其在桩基可靠性分析中的应用.....	刘祖德 潘国宁	315
3-5	横向受载桩的非线性计算模型及其解.....	吴恒立	319
3-6	变截面组合桩基的设计与应用.....	陈 忠	323
3-7	带垫层桩基与承台共同工作设计探讨与工程实例.....	陈 忠	327
3-8	缺陷桩动力响应的边界元—有限元联合解.....	蔡袁强 陈云敏	331
3-9	软土中群桩承载性能的试验研究.....	刘金砺 黄 强	335
3-10	基桩屈曲分析的幂级数解.....	赵明华	341
3-11	一种新型测桩法——跑架复压测桩法.....	孔清华 孙俊杰	345
3-12	墩式基础设计方法的探讨.....	袁内镇	349
3-13	天津国际大厦桩基础回弹及沉降分析.....	林 桐	353
3-14	基桩轴向刚度与阻力发挥特性的关系.....	赵善悦	357
3-15	摩擦桩基高层建筑设缝后的差异沉降.....	宰金璋 倪新华	361
3-16	冲钻孔灌注桩的承载力.....	龚一鸣 张耀年	365
3-17	坚实硬土层中钢板桩施工.....	李珍烈	369
3-18	大直径人工挖孔空心桩设计与计算探讨.....	应朝斐	373
3-19	海上灌注桩在码头工程中的应用.....	陈进才	377
3-20	完全埋置悬桩与土的相互作用.....	李立学	381
3-21	软土流动形成的曲、断桩承载力和混合桩群分析.....	杨位光 杨小平	385
3-22	夯扩桩的性状及其成果判释.....	朱占林	389
3-23	横向受荷桩离心试验的若干问题研究.....	张利民	393
3-24	黄土地区预制单桩竖向极限承载力的初步分析.....	高永贵	397
3-25	群桩与承台共同作用分析的简化数值法.....	宰金珉	401
3-26	减少沉降量桩基的设计与初步实践.....	黄绍铭 王迪民 裴 捷 魏汝南	405
3-27	高应变动力试桩.....	刘兴录	411
3-28	嵌岩桩的轴向荷载传递.....	夏永承	415
3-29	用有效应力原理分析桩基承载力的变化全过程.....	唐世栋	419
3-30	桩的承载性状的可靠性分析.....	高大钊 李镜培	423
3-31	群桩基础的共同作用分析.....	洪毓康	427

3-32	黄土状亚粘土中爆扩桩与钻孔桩承载力特性的试验研究.....	朱春明 张 雁 郑 凯	黄 强	431
3-33	灌注桩在Ⅱ级自重和非自重湿陷性黄土上的试验和分析.....		张翰文	435
3-34	大直径桩墩基础的现状与发展.....		唐业青	439

四、堤、坝和支挡建筑物

4-1	堆石料的流变特性试验研究.....	沈珠江	左元明	443
4-2	应力路径对击实土强度及变形特性的影响.....	方淦华	徐光明	447
4-3	从坍塌土坡与地基中研究抗剪强度.....	朱维新	杨代泉	451
4-4	加筋土结构临界高度与拉筋长度关系的研究.....		高怀龙	455
4-5	新侨饭店深基坑开挖工程的分析与研究.....	卢昌岳	朱正庭	459
4-6	水泥挡土墙在深基开挖中的应用.....	周芝英	方永凯	463
4-7	挡土技术的新发展.....	蔡伟铭 胡中雄	周建敏	467
4-8	土层锚杆的受力分析.....		董 欣	471
4-9	加筋土挡墙结构形式及设计方法的研究.....		周应英	475
4-10	复形法土坡稳定分析.....	杨天林	张继波	479
4-11	插筋补强护坡技术的理论与应用.....		孙家乐	483
4-12	衡广复线坪石车站加筋土挡墙原位测试研究.....			
	.....	华祖琨 王永和	刘启凤	487
4-13	灰渣层的渗流特性及贮灰场渗流分析.....	郇能惠 丁家平	陈生水	491
4-14	天生桥水电站混凝土面板堆石坝坝料动强度特性试验研究.....			
	.....	王昆耀 常亚屏	刘启旺	495
4-15	面板坝垫层料堆石料变形及强度特性研究.....			
	.....	刘开明 刘昌贵 肖晓军	张青云	499
4-16	小浪底深厚复盖层坝基混凝土防渗墙应力变形分析研究.....			
	.....	张文正	沈新慧	503
4-17	成都人民商场基坑锚固工程分析.....	张利民	杨 耕	507
4-18	水泥搅拌桩支护结构的土工离心模拟试验研究.....			
	.....	张师德 周顺华 施鸣升 叶柏荣 徐梅坤	陈绪禄	511
4-19	土石坝施工期心墙孔隙水压分析.....	濮家驷	景来红	515
4-20	高土石坝初次蓄水条件下应力变形分析.....	郁琼华	李锦坤	519
4-21	加筋土支挡结构的力学性状.....	陈禄生	王广俊	523
4-22	抗滑桩的极限抗滑力分析.....	马建林	刘成宇	527
4-23	深井井点降水深挖取土新工艺.....		曹英煊	531
4-24	海堤软基孔隙水压力消长规律的分析与应用.....		林孔镭	537

五、地基处理和托换技术

5-1	充填夯加固珠江三角洲超软弱淤泥地基.....	王盛源 陈德中	541
-----	------------------------	---------	-----

5-2	袋装砂井作竖向加筋抗滑稳定分析及工程实录.....	关锦荷	王盛源	545
5-3	饱和黄土振冲复合地基中桩间土加固机理的探讨.....	张 锋	549	
5-4	拦淤堤沉底与稳定分析.....	杨光煦	553	
5-5	钢管水平推进生石灰挤密法地基加固处理方法介绍.....	孙洪涛	557	
5-6	一种新型的基础托换工艺--胀锚螺栓静压钢管爆扩桩.....	冯广弟 许立珊	王桂英	561
5-7	蛇口三突堤码头堆场超载预压现场试验.....	汪肇京 林本义	魏汝龙等	565
5-8	真空降水加固吹填土的研究.....	张诚厚	陈绪照	569
5-9	强夯法加固地基的若干问题.....	方永凯	周芝英	573
5-10	挤密排水桩复合地基强度时间效应浅析.....	赵印良	577	
5-11	非砾石类复合地基试验研究.....	张 雁 黄 强 李 雄	朱春明	581
5-12	土工织物处理软弱地基时的拉力计算.....	吴林权	585	
5-13	土工织物的抗拔机理初探.....	许仲生	589	
5-14	自重湿陷场地井桩基础断裂事故调查研究.....	许善分	593	
5-15	张家港电厂振冲加固淤泥质粉土的成效.....	陈玉林	597	
5-16	排水固结法加固珠江电厂软土地基效果观测及评价.....	张锦军	601	
5-17	一个地基加固工程失败的原因分析.....	王仁兴	605	
5-18	当前国内石灰桩应用中的主要问题.....	袁内镇	609	
5-19	谈自重湿陷性黄土地地上高层建筑的地基处理及其某些工程问题的处置.....	汪国烈	613	
5-20	强夯加固深度估算的等效拟静力法.....	王成华	617	
5-21	浅析碎石桩复合地基的沉降计算.....	刁学优	621	
5-22	南宁机场软土地基真空预压施工与监测.....	高志义	苗中海	625
5-23	强夯置换方法的应用与研究.....	张咏梅	史光金	629
5-24	用水泥土提高沟槽回填土质量的试验研究.....	祝龙根 杜 坚	章连洋	633
5-25	某轧钢厂地基基础重大隐患的处理.....	涂光社	王建平	637
5-26	山东软土地基处理.....	王延祥 陈崇锦	张晓玲	641
5-27	二个场地砂桩处理地基的综合分析.....	吴潮兴 陈孝杰	张莹诚	645
5-28	加筋土强度设计.....	吴幼泽	649	
5-29	土坝下软基处理方案的试验研究.....	吴邦颖	王翠英	653
5-30	地基应力解除法纠偏处理的基本原理和工程实践效果.....	刘祖德	俞季民	657
5-31	真空--堆载联合预压法加固软土地基.....	叶柏荣 尚世佐	丁桂清	661
5-32	水泥搅拌桩复合地基变形特性的有限元分析.....	刘一林 谢康和	潘秋元	665
5-33	对强夯理论的新探讨.....	陈云敏	冯 卫	669
5-34	水泥搅拌桩复合地基工程特性初探.....	林 琼 潘秋元	卞守中	673
5-35	关于砂井非理想性的若干问题.....	谢康和 潘秋元 曾国熙	朱向荣	679
5-36	NCS固化材料用于地基处理.....	杨世基 熊焕荣 杨 进	戴丽莱	683
5-37	石灰桩加固软弱地基的新发展.....	沈昌鲁	687	
5-38	双灰桩复合地基性状分析.....	周京华 周朝华	王玉钰	691
5-39	土体热加固技术研究.....	舒 勇	695	

5-40	真空预压法在48万平方米超软基加固工程中的应用.....	杨国强 杨玉玺 苗中海	杨京方	699
5-41	强夯法加固吹填土地基的试验研究.....		杨进	703
5-42	袋装碎石桩复合地基的桩土应力比及其变化规律.....	徐少曼	陆国云	707
5-43	真空联合堆载预压加固法及其应用.....		唐羿生	711
5-44	建筑物整体顶升纠倾加固技术.....	侯伟生 陈振建	张毓英	715
5-45	锤击沉管灌注桩房屋基础的下沉处理与整体纠偏.....		林培源	719

六、土动力学

6-1	确定地基动力参数的新方法.....	王锡康	段士伟	张华南	723		
6-2	循环荷载作用下粘性土的孔隙水压力增长模型.....						
	.....	徐日庆	周兰玉	Mladen Vucefic	727		
6-3	面板堆石坝地震塑性滑移的概率分析.....		吴再光	韩国城	731		
6-4	地震引起建筑物沉降分析.....	王 忆	张克绪	谢君斐	735		
6-5	地震时带桩箱型基础高层建筑结构--基础--土体相互作用.....						
	.....		张克绪	李明宰	739		
6-6	软土的震陷特性.....	何广纳	李凤华	于洪泊	马振武	张荣远	743
6-7	地震荷载下土--桩相互作用动力反应分析.....		邓荣俊	王杰贤	747		
6-8	原状黄土震陷特性的探讨.....			李启鹏	751		
6-9	计算机代数系统在地震土压力分析中的应用.....		王貽荪	赵明华	755		
6-10	地震荷载下黄土场地的动力反应分析.....		寥红键	朱博鸿	759		
6-11	饱和砂的循环应力应变关系.....			汪闻韶	763		
6-12	重塑土的动力变形特性.....			阮元成	767		
6-13	波浪作用下建筑物地基动力计算与试验.....		姜 朴	郑泽民	771		
6-14	埋深波源的地面振动传播.....			杨先健	775		
6-15	硬粘土的动力应力应变关系.....		寥济川	宋太魁	779		
6-16	确定饱和软粘土动强度特性的新方法.....		王建华	要明伦	783		
6-17	随机地震作用下高桩码头岸坡永久变形分析.....		关再光	韩国成	787		
6-18	粗粒土动力变形特性的测试.....	常亚屏	王昆耀	梁永霞	陈 宁	791	
6-19	振冲法加固饱和粉砂粉土地基时动孔压测试与分析.....		黄茂松	吴世明	795		
6-20	洛川黄土动变形强度特性的研究.....	巫志辉	谢定义	余雄飞	方 彦	799	
6-21	用动单剪仪测定软土动力特性的试验研究.....		姜荣泽	杜 坚	803		
6-22	偏应力状态下饱和粉土动力特性的试验研究.....		于洪泊	何广纳	807		
6-23	饱和土液化的概率评价.....			王国民	811		
6-24	循环荷载下饱和粘土的一维粘弹塑性解答.....	杨 丹	吴世明	陈龙珠	815		
6-25	黑孜砂动强度特性试验研究.....			王昆耀	819		
6-26	应用可控震源及其产生地震波的探讨.....		黄一飞	陈 箴	823		
6-27	道路结构瑞利波弥散曲线计算.....	夏唐代	陈云敏	吴世明	827		
6-28	循环荷载下片状砂的极限剪应变及孔压增长规律.....		沈 纹	杨灿文	831		
6-29	饱和砂层震动孔压长消的半解析迭代算法.....		张建民	谢定义	835		

6-30	原状黄土动力特性的研究.....	崔文鉴	839
6-31	液化层地基的减震机理及对地面地震反应的影响.....	王士风、刘惠珊 周根寿	李学宁 843

七、地下工程、环境工程和近海工程

7-1	孔隙压力--静力触探试验在我国近海调查中的应用.....	顾小芸 薛万俊 黎维峰	杨幸容 847
7-2	煤矿开采的剥土、矸石堆放使环境地质改变造成斜坡失稳的事例.....	吴吉元	851
7-3	波浪作用下海底土层的稳定模型试验.....	陈仲颐 刁玉椿 黄继汤 管云	顾小芸 855
7-4	地下连续墙的入土深度问题.....	杨光华	859
7-5	循环荷载作用下饱和土超孔隙水压力内时模型的研究.....	徐杨青	863
7-6	新奥法施工中顶板变形预测及断面变形测边网形的优化设计.....	栾元重 姜岩	栾元风 867
7-7	井模基础在建筑密集地区的成功应用.....	赵本初	871
7-8	钢壳混凝土沉井和锚固桩联合基础.....	周泽忠	875
7-9	关于地下连续墙施工质量的若干分析.....	邱式忠	879
7-10	顶管法隧道穿越建筑群的地面沉降研究.....	方原松 林靖	汪贵平 883
7-11	南海珠江口盆地工程地质分层与土的基本性质.....	陈俊仁	李廷桓 887
7-12	水射泵井点降水在合流污水治理工程中的应用.....	王引生	891
7-13	离子在土体中扩散特性的试验研究.....	胡中雄 席永慧 蔡伟铭	周建敏 895
7-14	岩溶地区地面塌陷的发生规律及塌陷区铁路路基的整治.....	白日升	899
7-15	上海鱼品厂深基坑开挖险情处理.....	彭大周 范倏余	祝彬如 903
7-16	地下建筑物托浮技术.....	曹正康	907
附:	桩基础工程总报告之二.....	刘祖德	911

综合报告

(一)

土的基本性质及其测试技术

濮家驷 (清华大学)

土的基本性质包括土的物理性质和力学性质。土的物理性质反映土的组成、状态和结构。土的力学性质是指土在外力作用下骨架的应力、应变、强度等关系和土中孔隙水、气的变化特性。土的基本性质主要通过室内、外土工勘测与试验确定, 并建立能描述其变化过程及其机理的理论和相应的本构模型, 预测或说明土体在荷载作用下产生的应力、变形和孔隙压力及其随时间变化的过程, 以应用于岩土工程的设计中。土的应力~应变关系决定土工建筑物和地基基础的变形、沉降; 而土的强度则控制地基承载力、堤坝、基坑和天然边坡的稳定性等。因此土的基本性质及其测试技术是土力学及基础工程的主要组成部分, 成为历届国际、国内土力学及基础工程学术会议主要主题之一。

这次大会收到有关论文 37 篇, 大致可分为以下三方面:

1. 土工测试技术 (7 篇)
2. 土的力学性质试验研究 (23 篇)
3. 土的本构关系 (7 篇)

由于篇幅所限, 本报告采用分类分组进行评述, 恕不能对所有论文一一涉及。

一. 土工测试技术

土工实验 (实验土工学或实验土力学) 可概括地分为以下三类:

- 室内试验, 包括土工物理模拟试验
- 现场原位测试
- 在建或已建岩土工程的原型监测

六十年代以来, 为了满足岩土工程设计中土工数值分析对土的本构数学模型研究和参数确定, 随着自动化仪表技术的移植和微机的使用, 使土工测试技术和土工试验设备有了很大的发展。

室内试验仪器方面, 70~80 年代, 人们开始深入地研究中主应力、主应力方向偏转、应力路径等对土的力学特性的影响, 研究开发了平面应变仪、真三轴仪、应力路径三轴仪、空心扭转仪和方向剪力仪 (Directional shear test device) 等。近年来, 国内在成功研制大型三轴仪、大型直剪仪的基础上, 又研制了大型平面应变仪, 以研究粗粒土的力学特性, 以及真三轴仪和较大尺寸的中空圆柱扭转仪等, 此外土工试验中微机数据采集系统正在普及应用中。

土工离心模拟试验, 由于模型与原型应力、应变相等, 破坏机理相同, 因而受到普遍

重视,从七十年代初起,不少国家陆续建立了大型土工离心机,用以检验重大岩土工程的设计方案,或验证土工数学模型及其计算结果。土工离心机已成为直接解决实际工程问题和进行土力学基础理论研究的重要手段。1984年在曼彻斯特、1988年在巴黎和1991年将在美国波德先后召开了土工离心模拟国际学术会议。我国起步虽晚,但发展很快。目前已建成和即将完建四台容量分别为450g-t、400g-t、218g-t,和180g-t大型土工离心机,和一些中、小型土工离心机,开展一系列的试验研究,包括高土石坝、面板堆石坝的土工离心模型试验等。此外,自1978年Zelikson提出渗水力土工模拟(Seepage force modelling)技术,国内、外已进行了桩基和浅基础等渗水力土工模型试验。目前国内正在建造容量更大的渗水力土工模型试验设备。

由于室内试验无法避免取土扰动和局限性,原位测试日益受到重视,1988年在美国奥兰多(Orlando)召开了第一届国际贯入试验会议。1989年第12届国际土力学与基础工程学术会第二专题“SPT、CPT旁压仪和原位测试的近代发展”收到论文49篇。标准贯入试验(SPT)、静力触探(CPT)、旁压仪(PMT, SBP)等继续得到推广应用。扁式膨胀仪(DMT)自1980年Marchetti提出后,日益得到广泛的应用。触探探头的多功能化得到进一步发展,除可测锥尖阻力 Q_c 和侧壁摩阻力 F_s 外,还可同时测定不同深处地层的动孔隙压力、温度、压缩波、剪切波和孔斜等,同时还与SPT配合使用,并用袖珍式贯入仪(P.P)对钻孔取样测定不排水强度 C_u 值。原位测试结果的解释有了进一步的发展,其中比较突出的是Baligh(1986)提出的应变路径法(Strain Path Method),应用该法已获得CPT锥的连续贯入的流动模式,可对粘性土进行较好的分析。

已建成在建的岩土工程,特别是重要和典型的工程原型观测资料的采集是十分重要的,因为它不仅可以验证设计计算方法,也可监视工程在运行中的情况,以便必要时采取措施,防止可能发生的事。近年来各种类型的土压力计、土应变计、测斜仪,声波发生仪,分层沉降仪和土坡稳定警报器等原位监测设备有了较大发展。1984年在圣路易斯(St.Louis)召开了工程实录会,发表了一百五十余篇记录完善的论文。原型观测资料可以用于验证土的本构关系数学模型和相应的计算方法或对已确定的模型,进行参数的反分析。正如Peck(1981)指出那样:没有记录完善的工程实录提供的经验和教训,土力学就不可能在工程实践中具有独特的地位。

送交本次大会有关土工测试技术方面的论文中,主要为室内试验方面。

声发射(A.E)技术已广泛应用于金属与岩石材料的屈服问题等研究。近年来,开始应用于土工测试和监测,通过利用电子仪器记录在外荷载作用下土体产生的声发射信号,测试有关土的力学特性。国外已用于确定土的屈服轨迹。徐炳峰、钱家欢、朱正亚、方焱华“土体管涌声发射监测试验研究”一文探讨了声发射技术监测土体管涌现象。作者在垂直渗透变形仪上进行了管涌试验,测试了水力坡降、流速、声发射信号及声发射源位置。土体管涌发展过程中,在临界坡降、局部破坏和整体破坏坡降时都相应地有声发射信号的较大增长,且声发射位置与管涌位置一致。作者认为声发射信号可作为管涌破坏发生的前兆信号,通过监测声发射信号强度及其声源位置来监测管涌发生的时间和空间位置。由于我国有数量可观的病险水库,因此这种无损伤探测技术的发展是有意义的。

原位测试时,测试结果与土的物理、力学指标间关系目前大多通过现场对比试验建立。由于现场条件无法进行单因素对比,标定罐(C.C)试验得到极为广泛的应用。我国铁路系统在室内建造了 $3\text{m} \times 3\text{m} \times 5\text{m}$ 和 $\Phi 1.3\text{m} \times 5\text{m}$ 的刚性砂罐, $\Phi 60 \times 100\text{cm}$ 试样柔性壁标定罐,对静力触探和旁压仪的机理进行了研究,证实了“临界深度”的存在并得出了砂的体变对极限承载力的影响等有价值的结论。周神根“标定罐内的静力触探试验”在一中型标定罐中研究了 Toyoura 砂的相对密度、固结状态等对贯入特性的影响。试验结果表明,标定罐侧面和底面边界条件对贯入阻力有重大影响,且砂样密度愈大该影响也愈大。

田树山、周萍、俞仲泉“DJS—多功能剪力仪的研制与应用”介绍自行研制的 DJS—多功能剪力仪,及其对土工织物在无约束条件下的自由拉伸强度、土工织物与不同岩土材料接触面间的界面力学特性(包括单面、双面的拉伸强度、摩擦特性、拉拔和蠕变、应力松弛等)试验的结果。作者认为,该仪器的性能良好,自动控制系统尚需进一步完善。钱征“筒支膜钢弦式土压力盒”一文介绍了作者设计的一种压敏膜周边筒支的新型土压力盒,该压力盒具有受力明确,装配工艺简单,零点漂移小,量测精度高等特点,并已多次应用于水上、水下软基加固中。

稠度试验在土的工程分类上具有重要意义,其中液限的测定,七十年来一直采用两种方法,一是碟式仪,另一是圆锥仪。前者是因撞击受力,属于动力剪切试验,后者为锥重 在土中静力平衡下所发挥的土中阻抗应力。钱炳生、高大钊、王侠民“用瓦氏圆锥仪的等效下沉深度测碟式仪液限值的探讨”一文中,引用了制定有关规范时圆锥式和碟式仪平行对比试验成果资料进行分析,认为无论从两者的强度比或等效下沉深度,都随土的塑性或粘粒含量而变化,要找到一个适合各种土类的等效值是不可能的。作者提出以圆锥下沉深度 17mm 所对应的含水量为液限以代替 ASTM 碟式液限仪的可靠性应进一步商讨。从原理上讲,碟式液限试验是一项动力剪切试验,因而不能作为细粒土液限测定的基础,而圆锥仪可消除碟式仪所面临的困难。

钱炳生、莫群欢“快速固结试验测定土的固结系数的研究”一文对快速固结试验测固结系数的理论依据及快、慢速试验成果对比作了介绍。

二. 土的基本性质试验研究

按土的性状研究可分为微观水平、整体水平和宏观水平研究,23 篇论文基本上属整体水平研究。现分别按粘性土、粗粒土、特殊土分类进行评述。

关于粘性土的试验研究

土样扰动对室内测定的强度指标和工程设计的经济合理性的影响很大。魏汝龙、杨守华、王年香“取土扰动对软粘土强度的影响”一文对应力释放、取土器的贯入和土样的推出及取土器壁厚影响进行了较系统的研究,作者首先根据现场软粘土取土技术对比试验结果,得出一般薄壁取土器土样无侧限抗压强度比厚壁取土器土样高 50%,而破坏应变小一半以上。作者采用“理想取样法”(ISA)以扰动应变 ϵ_d 表示取土器贯入等产生的附加扰动过程。在实验室制备“原位”、“理想”(有应力释放、无扰动过程)和“实际”(有应力

释放和扰动过程)土样,并对上述土样进行了较系统的试验。该项试验得出一些有意义的结论,如对于灵敏度 $S_r=2$ 的人工制备土,“实际”薄壁土样的不排水强度低于“原位”值仅15%,其中应力释放和附加扰动各占一半左右。而“实际”厚壁与薄壁土样的不排水强度之差也约为15%,显著低于取土技术对比试验中实测的50%的差异。我国沿海地区大部分为中等灵敏度($S_r=4\sim 8$)的天然软粘土,取土扰动影响必然还会大得多。

已有试验资料表明,从重塑土样求得的残余强度与原状土的残余强度相同,其凝聚力 C_r 一般接近于零,内摩擦角 φ'_r 主要取决于土的矿物成份。曾昭群、卢肇钧“对粘性土残余内摩擦角的探讨”一文介绍了对六种膨胀性不同的土料液限制样正常压密土和击实土样直剪反复慢剪试验的结果,并建议可将土的残余内摩擦角 φ_r 表示为基本内摩擦角 φ_m 和增殖残余摩擦角 $\Delta\varphi_r$, $\varphi_r=\varphi_m+\Delta\varphi_r$ 。粘土的基本内摩擦角 φ_m 与其塑性指数存在线性关系,而增殖残余内摩擦角 $\Delta\varphi_r$ 则取决于土的含水量,密实度,浸水条件等因素,但其数值较小,为粘土的残余内摩擦角 φ_r 的次要部分。

张丙印、李锦坤、濮家驹“高应力作用下粘性土的变形特性及模型预测”一文依据一种正常固结土样和一种击实土样在高围压作用下的三轴固结排水剪切试验和等向固结一次加荷和多次加荷~卸荷~重加荷试验结果,得出在三轴固结排水压缩试验时,试样破坏时体应变 ϵ_v 开始随四围压力增加而加大,四围压力达到一定数值后,反随四围压力加大而显著减少。作者试图从试样含水量与界限含水量的关系,即在较高围压下试样由可塑状态变为半固体状态来解释这一体变规律。作者并用清华弹塑性模型进行了计算,计算结果与试验结果吻合。这一体应变的变化规律,有待更多的试验资料的验证。

粘性土的抗拉强度、抗裂问题和水力劈裂机理试验研究正在深入。水力劈裂研究得出:土体内一点产生水力劈裂准则应是该点有效小主应力等于土的抗拉强度,并进一步为中空圆柱扭剪复杂应力状态水力劈裂试验时,试样产生螺旋形劈裂面所证实。在工程中判断含宏观、贯通裂缝土体是否会失稳扩展,需测定土的断裂韧度。近年来国内外少数学者开展了这方面工作,周建敏、蔡伟铭、胡中雄“土的断裂韧性的测定”报导了他们用了平卧式三点弯曲试验装置测定了上海亚粘土和轻亚粘土的断裂韧度 K_{IC} ,该项试验结果表明,当土样干密度不变时,其断裂韧度随含水量加大而减少,特别是当土样含水量在塑限附近时,断裂韧度减少幅度较大;当土样含水量不变时, K_{IC} 随试样的干密度的增加而加大。作者还研究了土样的无侧限抗压强度 q_u 、抗拉强度 σ_t 与土的断裂韧度的关系,发现随着 q_u 、 σ_t 的增加,土的断裂韧度加大,两者呈线性关系。可以通过土的无侧限抗压强度或抗拉强度推求土的断裂韧度。同时作者通过两类土的测定,发现亚粘土的断裂韧度普遍大于轻亚粘土。这项研究工作再次证实土的断裂韧度是土的基本力学特性。

陆士强、刘建平“平面应变状态下粘性土抗断裂强度特性的研究”指出土石坝内部裂缝较为隐蔽不易发现,更不易判断,比表层裂缝更危险。作者对两种非饱和土样在 K_0 固结后进行了平面应变条件下侧向或轴向减压(卸荷)试验,并与三轴拉伸试验结果进行比较。试验中,作者观测到平面应变条件下侧向或轴向减压时,分别产生与轴向大致平行或水平的裂缝,并认为试样中观察到裂缝的存在,以及变形很大已达到破坏状态的试验为复杂应力状态下的断裂试验。通过试验结果分析,作者提出,在平面应变条件下,最小主应力 σ_3 为压应力时也可能产生断裂破坏,且其抗断裂强度随大主应力 σ_1 增加呈良好的线性

关系,且平面应变的抗断强度大于三轴断裂的抗断强度等。作者还建议了采用双曲线函数拟合平面应变侧向减压试验的 $\sigma_3 \sim \epsilon_3$ 曲线,对平面应变轴向减压试验则用幂函数和对数函数来拟合。在平面应变条件下,当小主应力为压应力且大主应力较大时,其破坏型式是否属于断裂破坏,以及在这种情况下试样出现裂缝的原因,值得进一步研究。

孔隙水压力产生机理的研究日益受到广泛的重视,近年来,研究有了新的发展,一方面在非线弹性性和弹塑性模型基础上,推导了孔隙压力公式,如二维弹塑性孔压一般表达式,反映应力劳台角变化的三维孔压公式、孔隙压力与侧应力二次幂效应的模型等,能较好地反映剪胀性等土的力学特性,计算的孔压系数与实验值吻合也较好。另一方面,在试验资料基础上,经过归一化等方法,得到孔压的表达式,可反映初始各向异性和主应力方向偏转等对孔隙压力性状的影响。

景来红、濮家驹“击实粘性土平面应变不排水特性及弹塑性预测”研究了不排水条件下主应力 σ_2 对击实粘性土的应力~应变关系及强度指标的影响。该项试验结果表明,平面应变条件下剪应力、孔隙水压力均较三轴条件下高;无论总应力还是有效应力抗剪强度指标,两种条件下的内摩擦角基本无变化,而平面应变条件下凝聚力有所提高。作者主要研究了应力劳台角对孔压生成的影响,依据李广信推导的下述孔压生成公式 $du = B[dp + adq + cd\theta]$,其中 c 为新的孔压系数,它反映单位应力劳台角变化引起的孔压增量,按弹塑性模型计算的孔压系数 a 、 c 与试验结果基本吻合。该项试验还表明,在平面应变条件下,八面体正应力 p 、八面体剪应力 q 和应力劳台角 θ 变化对孔压生成的影响程度,以八面体正应力 p 为最大,八面体剪应力 q 次之,而应力劳台角 θ 的影响可以忽略不计。这主要是在平面应变条件下应力劳台角变化较小,因此当应力劳台角变化较大时,其对孔压生成的影响和预测,以及试验研究应继续作进一步的研究。

魏道禄、李振明、李乃菊“郑州轻亚粘土力学特性的试验研究”用压缩仪和直剪仪对郑州一带广泛分布的轻亚粘土原状样浸水饱和前后的强度和变形特性进行了试验,试验结果表明,该土的强度与变形受饱和状态影响显著。作者选用了总应力和有效应力内摩擦角估算方法预估土的强度随固结而增长,并以某工程为例,竣工时固结度为60%时,其地基承载力将提高约50%。这对该地区地基承载力的确定有参考价值。

关于粗粒土的试验研究 粗粒土是指粒径大于0.075毫米的颗粒含量超过50%的土。粗粒土是土石坝,特别是高土石坝的主要筑坝材料。12届国际土力学与基础工程学术会议设有粗粒土的岩土性质专题,收到论文23篇。近年来,随着我国高土石坝、混凝土面板堆石坝的修建,针对具体工程对堆石和砂卵石材料,进行不同试验方法、试样尺寸,不同围压,不同应力状态(包括大平面应变)的试验,得出了较为系统的成果。同时对粗粒土湿化变形的规律进行了试验和理论研究。

史彦文“粗粒材料直剪强度的模拟规律”对特大粒径($d_{max}=400\text{mm}$)砂卵石材料,进行了原型级配和三种模拟级配(相似法、等重量代替法、剔除法)料,进行了直剪强度试验。原型级配料试验采用 $2 \times 2 \times 1$ 米双盒装配式大型直剪仪进行,模拟料试验采用 $\phi 50 \times 45.5$ 厘米直剪仪。该试验得出,当以模拟级配的最大粒径为参数时,三种模拟级配料的直剪强度指标 ϕ_m 与相对密度 D_m 值分别呈良好线性关系。作者通过原型与模拟级配材料直剪强度对比试验和分析,提出了等效于原型大粒径材料直剪强度指标的模拟规则,即以