

论文编辑委员会 编

建设工程检测技术与应用

JIANSHI
GONGCHENG
JIANCE JISHU
YU YINGYONG



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大學出版社

建设工程检测技术与应用

论文编辑委员会 编

浙江大学出版社

建设工程检测技术与应用

论文编辑委员会 编

责任编辑 宋纪浔

封面设计 姚燕鸣

出版发行 浙江大学出版社

(杭州天目山路148号 邮政编码310028)

(E-mail: zupress@mail. hz. zj. cn)

(网址: <http://www. zjupress. com>)

排 版 浙江大学出版社电脑排版中心

印 刷 富阳市育才印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 22.25

字 数 364千字

版 印 次 2006年12月第1版 2006年12月第1次印刷

书 号 ISBN 7-89490-330-2

定 价 38.00元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571)88072522

浙江省第三届建设工程质量检测技术研讨会

(2006年12月15日—17日,绍兴)

主办单位

浙江省土木建筑学会工程测试分析学术委员会

浙江省力学学会建筑结构动力学与应用专业委员会

协办单位

华汇工程设计集团有限公司

浙江有色地球物理技术应用研究院

学术委员会

主 任:陈云敏 王柏生

副主任:姚光恒 赵竹占 俞亚南 宋新初 丁龙章 竺润祥

委 员:(按姓氏笔画顺序排列)

丁伯阳	干 钢	尹志华	王少媚	王奎华	卢建平	卢善正
叶 文	刘屠梅	孙 频	何良军	何相礼	吴慧明	宋绍铭
应柏平	李 辉	余 钢	张 洁	张 煜	杨学林	邱 涛
金国平	陈文华	周纪萍	周岳年	俞亚南	赵少鹏	赵滇生
钱国桢	倪士坎	曹 获	黄 敏	鲁勤健	楼国长	楼益康

秘 书:刘涛涛 乔 韦

组织委员会

主 任:余 钢

副主任:赵竹占 宋绍铭

委 员:陈仁朋 刘涛涛 乔 韦 沈光明 毛伟芳 胡敬依 黄蓓筠

论文编辑委员会

主 编:陈云敏

副主编:赵竹占 姚光恒 王柏生 俞亚南

委 员:赵竹占 王柏生 俞亚南 陈仁朋 张 燕

秘 书:刘涛涛 乔 韦 郭仁杰

前 言

近几年以来,随着浙江经济建设和城市化的迅速发展,土木建筑行业得到了前所未有的发展。由于建设中新技术、新结构、新材料、新工艺不断涌现,工程质量标准要求的进一步完善和提高,对工程质量检测技术提出了更高的要求 and 新的研究内容。工程质量检测技术是工程建设必不可少的一个环节,是科学设计、施工、运行和质量控制的关键。为了提升从业人员技术水平,扩大交流,自2004年起,浙江省土木建筑学会工程测试分析委员会决定每年组织召开浙江省建设工程质量检测技术研讨会。第一届会议于2004年2月在浙江大学召开,第二届会议于2005年4月在宁波召开。上两届会议得到省内外各有关高校、质量监督管理部门、科研单位、设计院(所)等工程测试分析者和同行的积极响应,与会代表众多。为进一步促进我省本学科领域的技术发展,加强学科的相互交流,浙江省土木建筑学会工程测试分析委员会和浙江省力学学会建筑结构动力学与应用专业委员会共同商定于2006年12月15—17日在绍兴市召开第三届浙江省建设工程质量检测技术研讨会。

经会议学术委员会认真研究和征求各方意见,根据工程质量检测技术发展现状,结合我省的基本情况确定了本次会议的主题内容:电磁波在工程检测中的应用;交通引起的周围环境振动问题及测试技术;工程抗震及试验测试技术;桥梁振动与测试技术;桩基地基基础测试技术;混凝土质量无损检测技术;工程中的其他振动问题及测试技术;结构安全检测鉴定技术;结构与地基的动力试验基本理论;结构抗风设计与测试;空气、地下水和土的污染与检测;施工监控与测试。论文征集工作得到了广大从业人员的热烈响应和积极支持。为了更好地起到交流作用,本次会议将第一届和第二届研讨会未正式出版论文集中重新提交的论文,连同本次会议征集到的论文,交由同行专家进行严格评审后,共有43篇论文收入本论文集。论文集由浙江大学出版社正式出版,内容涉及了结构、桩基、桥梁、道路、材料和环境等方面的质量检测和控制技术,从一个侧面反

应了近年来我省土木工程测试分析方向的科研成果和实践水平,可供同行参考。

本次研讨会,在浙江省建设厅、浙江省土木建筑学会和浙江省力学学会领导的关心下,得到华汇工程设计集团有限公司和浙江省有色地球物理技术应用研究院的大力支持。论文集按规定格式统一打印,论文的征集与校对等大量工作由浙江大学建筑工程学院刘涛涛、郭仁杰等同志完成。浙江省工程勘察院综合物探研究所、杭州大合岩土技术有限公司、宁波鄞州城乡建设工程技术有限公司、温州市建筑学会地基处理研究所、绍兴地基基础测试技术研究所、湖州振宇建筑新技术研究所等单位为举办本次会议在人力、物力等方面给予了大力支持,论文集的顺利编纂和各位论文作者的配合和协助也是分不开的,在此一并表示感谢。

限于我们的经验水平,在论文集中难免存在疏漏、缺点和错误,敬请作者和读者批评指正。

编者

2006 年 12 月

目 录

一、主题报告

中国环境土工的研究和应用	陈云敏	朱 斌(3)
浙江地区泵送混凝土回弹测强曲线特点	徐国孝	丁伟军(21)
结构安全鉴定检测中一些问题的探讨	王柏生	(27)
桥梁的动力特性及测试技术	曹 获	(33)
预应力索分批张拉过程中张力的仿真分析	卓 新	董石麟(44)
波动与振动技术在建设工程勘测中的应用		
.....	陈建荣	赵竹占 董荣伟(52)
空气、地下水和土的污染与检测	陈仁朋	陈云敏 陈如海(61)

二、结构检测技术

关于结构试验与检测技术	王柏生	杨英武(77)
被动控制加层结构的减振效果实测研究	钱国桢	王少媚 赵竹占 池毓蔚(86)
大型结构抗震性能试验——MTS 伺服加载系统介绍	刘承斌	王柏生 金伟良(91)
基于裂缝特征的钢筋混凝土 T 梁桥评估方法试验研究	崔 军	(96)
基于半主动控制的变结构滑移模态法	郭喆华	楼文娟 陈 勇 朱瑶宏 唐锦春(102)
既有房屋诊断实例	王少媚	(109)
钢筋混凝土结构耐久性检测、鉴定进展	沈晓华	葛 炜(117)
叶青兜桥索力测试	钟聪达	吕宜媛(125)

检测技术在民用建筑物可靠性鉴定中的运用 王少媚(130)

地质雷达在隧道衬砌质量检测中的应用 丁 华 蔡香平(138)

碳纤维布加固钢筋混凝土结构性能研究
..... 胡国锋 王 婷 张洪杰(142)

桥梁结构荷载试验技术 曹 获(150)

三、地基基础检测和监测技术

桩基工程中的若干问题 陈云敏 陈仁朋 徐正中(163)

常用基桩质量检测技术 路 琦(184)

桩基检测相关规范的理解及注意的问题 潘赛军 乐文荣(190)

高应变法检测中的惯性效应 陈立华 张 岚 赵竹占(195)

高应变动力检测基桩极限承载力分析方法 乔 杰 张国平(202)

高应变实测曲线拟合技术分析桩端岩土阻力特征 楼国长(209)

高应变动测曲线反映桩端阻力大小的特征分析
..... 楼国长 李锦川 杨红辉(218)

用纵波速度确定桩身浅部缺陷位置的技术分析
..... 楼国长 李锦川 陈跃军(225)

桩端注浆加固桩基的工艺、效果及机理 童章苗 卢建平(230)

桩侧土液化对单桩承载力性状影响研究
..... 李建华 单卫标 陆华中(236)

复合地基质量检验技术的应用效果评价 周震雷(242)

浅谈软土地区深基坑监测 金雪峰 王旭强 黄菱钧(247)

宁波港商务大厦软土深基坑安全监测分析
..... 张卓先 钟聪达 戴 氏(255)

探讨桩身有明显缺陷的沉管灌注桩承载力特征 李锦川(263)

反射波法基桩检测典型桩波形解释评价 陈秋林 郑宗花(269)

浅谈基桩浅部缺陷 范 群(280)

沉桩施工振动对周围房屋影响效应评估研究 夏森炜(284)

四、材料和环境检测技术

混凝土结构实体钢筋检测的研究

..... 张全旭 管钧 张立平 范瑞民(293)

水泥安定性不良对混凝土的危害及其检测 郇 挺(301)

沥青路面早期破坏及防护 黄生忠 卢建平 王 鹏(308)

浅谈市政工程中混凝土的裂缝问题 黄生忠 卢建平 王 鹏(317)

室内环境检测技术及其污染控制对策 张 燕 刘宏远(323)

落锤式弯沉仪在城市道路检测中的应用 周纪萍 袁浩翔(334)

市政工程材料检测业务管理系统的开发和运用

..... 周纪萍 叶春艳 姜振华袁浩翔(339)

一、主题报告

中国环境土工的研究和应用

陈云敏 朱 斌

(浙江大学岩土工程研究所, 杭州 310027)

摘 要:作为岩土工程与环境科学和工程学科的新兴交叉学科——环境土工学科近年来在我国发展迅猛。城市固体废弃物(MSW)的填埋技术是当前我国最典型的环境土工问题。填埋场渗滤液的扩散与防渗屏障, MSW 的压缩及填埋场的沉降, 以及 MSW 的强度与填埋场的稳定是垃圾填埋场设计时应考虑的三个主要问题。现场试验结果表明污染物在填埋场底部土层中有较大的迁移, 而进一步的理论及室内试验还发现渗滤液水头对污染物在土中的迁移有较大的影响。通过人工配置新鲜垃圾及在填埋场钻孔取样进行了 MSW 的降解、压缩、渗透、扩散、抗剪强度、动力参数等室内试验及静力触探、表面波法测剪切波速等现场试验, 发现 MSW 的力学特性很大程度上依赖于其填埋龄期、应力水平及应变水平等因素, 所获得的参数被用于评价和预测填埋场的工后沉降、静动力稳定性、污染物渗漏和扩散程度等。

关键词:环境土工; 降解; 压缩; 稳定; 扩散

一、环境土工的研究及工程背景

环境土工是国际岩土工程界近二十年来研究的新兴领域。20 世纪下半叶, 世界各国都意识到保护地球、保护环境已经成为关系到人类生存与发展的极其重要的战略性课题。我国每年产生了相当数量的垃圾, 同时有大量的土地和地下水被污染, 对我们的生存环境造成了严重威胁。环境土工的兴起对于解决这些问题具有重大意义。环境土工作为土木工程领域的分支, 它将岩土工程及环境科学与工程有机地结合起来, 为人类协调其自身与自然之间的关系, 解决环境、资源与发展的世界性问题提供了新的思路、工具和途径, 它必将在人类社会可持续发展方面显示出旺盛的生命力和广阔的发展前景。

与传统的岩土工程不同, 环境土工突出岩土工程与环境科学和工程的交叉及融合。环境土工的定位是以环保理念为出发点, 将传统的岩土工程和环境科学与工程相结合, 所形成的岩土工程新兴分支学科。环境土工的任务是利用岩土工程的原理和技术为主要手段来改善和解决人类活动和自然环境渐变对环

境造成的负荷,实现可持续发展。岩土工程的环境义务是利用各种方法来减轻岩土工程活动对环境造成的负面影响。

从上世纪 70 年代开始环境土工一直是国际土力学与基础工程协会 (ISSMGE)最重要的主题之一。1987 年 ISSMGE 成立了环境土工专业委员会 (TC-5)。在 TC-5 的组织下,第一届国际环境土工大会 1994 年在加拿大埃德蒙顿召开,今年已在英国的 Cardiff 成功召开第五届国际环境土工大会。1997 年由美国土木工程师学会主办的 Journal of Geotechnical Engineering 更名为 Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering,以适应蓬勃发展的环境土工研究的需要。国内环境土工方面的研究是从上世纪末开始的,1999 年的第八届全国土力学及岩土工程学术会议上发表了 5 篇这一领域的论文;2002 年 11 月在浙江大学召开的第一届全国环境岩土工程与土木合成材料技术研讨会,集中反映了之前几年的研究成果;2003 年第九届全国土力学及岩土工程学术会议共收到 10 余篇这一领域的论文,陈云敏和唐晓武做了“环境岩土工程进展和展望”的发展水平报告。2006 年浙江大学主持申报的“城市垃圾填埋场固、液、气相互作用及土力学机理”获得了国家自然科学基金重点项目资助。总的看来,我国环境土工的研究虽然起步较晚,但由于我国与土工相关的环境问题较突出,因而存在大量有特点的环境土工问题需要解决,环境土工具有广泛的研究及工程应用背景。该学科目前在我国主要涉及以下四个方面:(1)高污染性固体废弃物(城市生活垃圾、工业危险废物、高水平放射性核废料等)的填埋处置;(2)低污染性固体废弃物(疏浚淤泥、劣质粉煤灰、高炉矿渣等)在土工中再利用和处理;(3)地下水及土体污染评价、控制与修复;(4)自然环境渐变(如风化、地面沉陷、滑坡、海水入侵、环境振动等)对土工构筑物的破坏及其防护。

二、城市固体废弃物(MSW)的工程特性及其填埋技术

随着我国城市人口的增长和居民消费水平的提高,MSW 处置及污染防治问题变得日益突出。目前我国城市人均日产垃圾量超过 1kg,城市垃圾年产出重量已达 1.5 亿吨,而且每年以 8%~10%的速度增长(Qian et al 2001)。我国有 1/3 的城市将面临着被垃圾包围的现象,因而垃圾的处理已成为我国当前最迫切需要解决的环境土工问题。填埋处理是目前世界各国处置城市垃圾的主要方法。由于填埋法具有处理容量大、投资小等优点,因此它尤其适合于发展中国家。我国目前已建成大小 660 多个城市垃圾填埋场,每年消纳垃圾达 1.2

亿吨以上。我国从 1988 年开始制定和实施《城市生活垃圾卫生填埋技术规范》(2001 和 2004 年作了两次修订),标志着我国城市生活垃圾处置进入卫生填埋阶段。1991 年建成的杭州天子岭一期垃圾填埋场是按建设部卫生填埋标准设计建造的首座大型垃圾卫生填埋场(如图 1 所示)。基于环境 and 经济等因素上的考虑,国际上的垃圾填埋场已由分散、小型和简易型填埋发展到了集中、大型、卫生及生态型填埋。随着我国城市化快速发展以及人民对环境保护意识的提高,垃圾填埋场的数量将急剧增加。



图 1 杭州天子岭垃圾填埋场

垃圾填埋场涉及污染物、水、大气、土之间的相互作用,在概念上可看作是一个生物化学反应器,其主要输入物质是 MSW 和水,而主要输出物质为渗滤液和产生的废气,它们是城市垃圾填埋场产生的主要污染物。城市垃圾填埋场的主要功能是保证这些有害物质长期安全地封闭在填埋场中以避免对周围环境的污染。基于这个主要的功能,垃圾填埋场除垃圾堆体外,还主要由封顶系统、衬垫系统、渗滤液与气体收集与排放系统、填埋气体与渗滤液处理系统组成,它们对垃圾污染源分别起防、堵、排、治的功能(如图 2 所示)。

与一般的土工构筑物相比,垃圾填埋场的物质组成、结构、环境及性状要复杂得多。垃圾填埋场主要有如下特点:(1)组成成分复杂;(2)有机质含量高,有机质降解产生渗滤液和气体;(3)是一个大型生物化学反应器,MSW 的工程特性随有机质降解而变化;(4)结构复杂,各系统之间相互影响,相互耦合作用。

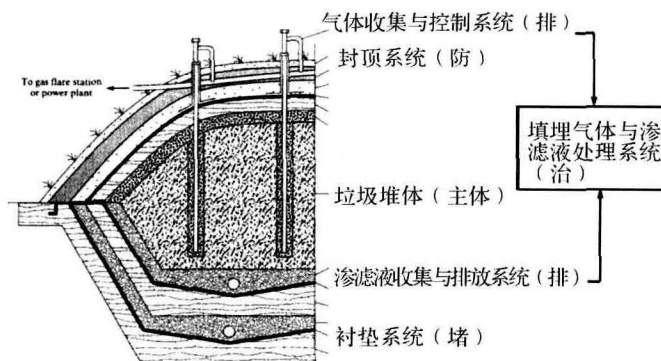


图 2 垃圾填埋场的功能与组成

由于垃圾填埋场的以上特点,目前国内外已建成和正在运行的垃圾填埋场主要存在如下主要问题:

(一) 填埋场的失稳破坏

垃圾堆体是一个体积庞大的土工构筑物,国内填埋场的最大高度已达 100 多米。垃圾堆体的失稳会引起垃圾渗滤液的大量渗漏,严重污染周围环境,甚至会导致人员伤亡和财产的损失,因此其后果是灾难性的。据不完全统计,目前国内外已建成和正在运行的垃圾填埋场有 100 多个发生过严重失稳事故。另一方面,垃圾填埋场中,人工衬垫作为隔渗屏障被广泛应用于底部衬垫系统和封顶系统,这种包含有土工合成材料和黏土层的复合衬垫系统(如图 3 所示)能起到很好的防渗作用,但由于土工合成材料界面的抗剪强度一般较低,填埋体很容易沿这些界面产生静动力滑动。

(二) 垃圾堆体的变形和沉降

城市生活垃圾是一种高压缩性材料,其压缩性不仅与自重应力有关,而且与垃圾中的有机质降解有关。研究表明:封顶后垃圾填埋场的沉降一般要持续 20—30 年,总沉降量约为初始填埋高度的 25%~30%,而有机质降解造成的沉降量可能达到占填埋高度的 18%~24%。垃圾堆体的压缩变形直接影响了填埋场容量的预测与设计;垃圾堆体的沉降可能导致填埋气体收集管道变形失效;另外,垃圾堆体的不均匀沉降可能导致封顶系统中防渗层破裂而发生渗漏,并影响封场后的土地的重新利用。

(三) 垃圾渗滤液渗漏与扩散导致的地下水或地表水体的污染

雨水入渗、垃圾的压缩和降解将产生大量渗滤液,其中含有大量有毒有害

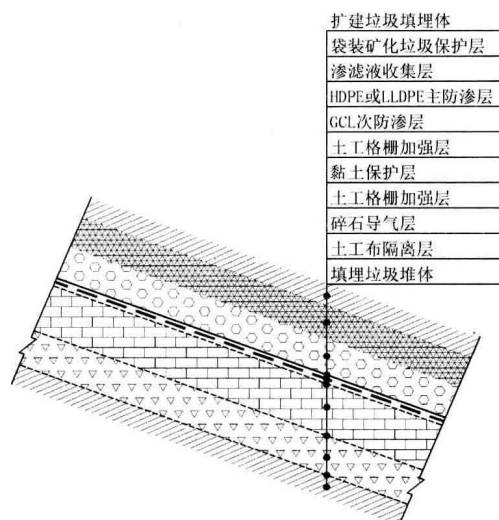


图 3 扩建垃圾填埋场中的水平防渗系统结构剖面图

的无机、有机污染物。如果填埋场底部及周边衬垫系统存在缺陷,上述污染物很容易渗漏到填埋场周边的水体和土体中;即使是完好的衬垫系统,上述污染物也可能缓慢扩散出去。据美国环保局的统计,美国已有垃圾填埋场的很大部分对周边水体或土体造成了明显的污染。国内有关垃圾填埋场渗滤液污染地下水或地表水的情况更为严重,国家环保总局(CEPA)2002 年对 56 个垃圾填埋场进行监测发现其中的 49 个存在渗滤液渗漏的现象。

综上所述,渗滤液通过衬垫系统的渗漏与扩散及垃圾堆体的沉降与稳定是填埋场设计中的三个主要土工问题,需要岩土工程科学工作者和工程师深化对问题的内在机理认识及进一步使现行的垃圾填埋场设计和施工方法合理化。

三、填埋场渗滤液扩散及防渗系统

(一)防渗系统

渗滤液是垃圾在堆放和填埋过程中由于发酵、雨水淋刷和地表水、地下水浸泡而渗滤出来的污水。渗滤液成分复杂,且随填埋时间变化幅度大,其中含有难以生物降解的萘、菲等芳香族化合物、氯代芳香族化合物、磷酸脂、邻苯二甲酸脂、酚类和苯胺类化合物等有机物,以及汞、镉、铅、铬等重金属离子。我国早期的填埋场在当时的经济以及技术条件下通常采用垂直防渗方式,使填埋场形成一个封闭的水文系统而达到防渗的目的,比如杭州天子岭第一填埋场,苏

州七子山填埋场等。为了更好地实现填埋场的防渗功能,我国制定和实施的《城市生活垃圾卫生填埋技术规范》经 2004 年修改后规定必须采用水平防渗系统,其防渗材料主要有以下三种:

1. 压实黏土(CCL)

黏土分布广泛,是天然的防渗材料,其渗透系数小于 $1 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$,且对垃圾污染物具有较强的吸附能力,是很多地区首选的防渗材料,如图 4 所示。



图 4 压实黏土



图 5 土工膜

2. 土工膜(GM)

土工膜是高分子聚乙烯由平板挤压机压制而成,具有极高的耐久性,是填埋场防渗系统中采用的最主要防渗材料,如图 5 所示。对封场系统,可采用超低密聚乙烯 VLDPE 材料。

3. 土工复合膨润土垫(GCL)

GCL 是将膨润土夹在土工织物中间或连接在土工膜上混合制成的土工合成材料。土工复合膨润土垫应具有低透水性、较高的断裂强度和断裂伸长率,并满足设计要求的抗剪强度和抗冻结和融化性能等,如图 6 所示。膨润土遇水后抗剪强度极低,面层与底层之间容易产生相对滑动。一般来说,在面层和底层之间采用缝合和针刺的方法可以提高其抗剪性能。三种防渗材料的比较见表 1。