

柔壁渗透仪在防渗工程中的应用

靖向党¹, 何世鸣², 陈 鹏³, 于 波¹

(1. 长春工程学院, 吉林 长春 130021; 2. 北京建材地质工程公司, 北京 100102; 3. 北京工业大学, 北京 100124)

摘 要:针对防渗工程渗透系数检测的需要,介绍了柔壁渗透仪在测试水泥土固结体试样(钻孔取样)渗透系数中的应用。实践证明,柔壁渗透仪可用于防渗工程质量的检测,对制样要求不高、密封好、测试速度快,采用数字化采集处理系统,不但减少了测量读数等人为影响,提高了测量精度,而且快速便捷,无人值守,提高了工作效率,减轻了劳动强度。

关键词:柔壁渗透仪;防渗工程;渗透系数;测试

中图分类号:TU415 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2012)02-0053-03

Application of Flexible Wall Parameter in Anti-seepage Engineering/JING Xiang-dang¹, HE Shi-ming², CHEN Peng³, YU Bo¹ (1. Changchun Institute of Technology, Changchun Jilin 130021, China; 2. Beijing Building Material Geotechnical Engineering Company, Beijing 100102, China; 3. Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

Abstract: Aiming at the needs of permeability test in anti-seepage engineering, this paper discussed the application of flexible wall parameter in testing permeability coefficient of cement-soil concretion body. It is proved that the flexible wall parameter can be used in quality test in anti-seepage engineering with good sealing and fast testing speed and not requiring high to the sample. Unattended digital data acquisition treatment system was adopted with artificial influence reducing and test precision increasing, the working efficiency was improved by quick and convenient operation.

Key words: flexible wall parameter; anti-seepage engineering; permeability coefficient; test

0 引言

地基防渗处理广泛应用于水利工程、土木工程、既有或新建垃圾填埋场等岩土工程中,而且在各种防渗工程中要求浆材结石体或灌浆后的固结体具有较低的渗透系数,达到设计标准,如垃圾填埋场防渗要求渗透系数 $>10^{-7}$ cm/s,因此浆材结石体或固结体渗透系数的测定十分必要。

目前,国内岩土工程中主要采用常水头和变水头渗透仪,常水头渗透仪主要适用于渗透系数大的无粘聚性土的渗透系数测试,变水头渗透仪(如南-55型)适用于渗透系数较小(一般大于 10^{-8} cm/s)的粘性土的渗透系数测试。对于浆材试样,由于凝结中的收缩或用环刀切样时机的把握和操作娴熟程度等影响会造成侧壁渗漏;对于防渗工程固结体样(钻孔取样)无法进行渗透试验,也不能用于浆材结石体或固结体对渗沥液等污水中污染物阻滞性能的测试。所以,柔壁渗透仪的开发解决了浆材结石体、灌浆固结体(钻孔取样)渗透系数的测定,以及垃圾渗沥液等污水的渗滤试验。本文就长春工程学院研制的柔壁渗透仪在北京某地铁站防渗工程渗

透系数测试的应用进行论述。

1 柔壁渗透仪组成与技术参数

1.1 柔壁渗透仪组成

柔壁渗透仪基本组成如图1所示,由渗透试验装置、气水隔离供液装置、数据测量处理系统、压力源和管路等组成。



图1 柔壁渗透仪组成

1—渗透试验装置;2—气水隔离供液装置;3—数据采集处理系统;4—控制面板

渗透试验装置由压力腔、测试单元、柔性橡胶

收稿日期:2011-08-10; 修回日期:2011-12-15

基金项目:建设部计划项目(2007-K8-14),吉林省科技发展计划重点项目(200090417)

作者简介:靖向党(1957-),男(汉族),内蒙古包头人,长春工程学院教授,探矿工程专业,从事钻孔工艺、注浆浆材和岩土工程等方面的教学与研究工作,吉林省长春市同志街3066号,jxd57@126.com。

膜、可上下滑动的顶座与顶座支撑杆、滤出液导出管等管路组成。上下试样座有 61.8、70 和 101 mm 三种直径可选用,试样座可沿顶座支撑杆上下滑动,以适应不同高度的试样,一般为 20 ~ 150 mm。

气水隔离供液装置由气压力腔及其内部的储液腔两部分组成,其中气压力腔通过底座供气阀门与气压力源连接,储液腔通过底座通道及三通阀与渗透试验装置连接,当气压力腔通入气压便可压缩储液腔将装入的渗透液挤出供给渗透试验装置。

数据采集处理系统主要包括渗透压、围压、渗出液量、渗透液温度测量,功能包括试验管理(试验基本信息、试验控制参数输入与修改)、传感器校正、数据采集、数据曲线、数值计算、数据统计和报表等功能。为了方便与计算机连接,选用 USB2810A 数据采集卡。系统采用 Microsoft Visual Basic 6.0 作为开发工具,并使用 Microsoft Graph 图表嵌入式编程,数据库采用 Microsoft Access 2003。柔壁渗透仪数据采集系统,实现了渗透试验自动化、数字化和无人值守,提高了测试精度和效率。

1.2 柔壁渗透仪主要技术参数

(1) 试样直径为 61.8、70 和 101 mm,试样高度在 20 ~ 150 mm 范围内任意选择。

(2) 渗透压力 10 ~ 1000 kPa,围压 10 ~ 1500 kPa。

(3) 渗透系数测量范围 $10^{-4} \sim 10^{-10}$ cm/s。

(4) 可用于测试浆材结石体、灌浆固结体(钻孔取样)的渗透系数,以及垃圾渗沥液等污水的渗滤试验。

2 柔壁渗透仪测试基本原理

测试某种试样的渗透系数时,按照柔壁渗透仪操作规程进行。首先根据试样强度选择渗透压,一般试样强度高选择的渗透压大,然后根据渗透压力确定围压,围压应比渗透压高 30 ~ 50 kPa,围压可通过气压驱动水加压或直接采用气压施加。

测试时,压力源提供的气压一路经调压后作为围压供给渗透试验装置,使试样周围的橡胶膜紧贴试样,确保试样侧壁不渗漏。另一路经调压后作为渗透压进入气水隔离供液装置,压迫橡胶膜使其内装入的渗透液挤出至渗透试验装置的试样底座,经过试样渗透排出到渗出液收集管。当有液体渗出后开始计时 t ,并量测渗出液体的体积 Q ,根据达西定律便可计算出试样的渗透系数 K_T ,即:

$$K_T = QL / (10APt) \quad (1)$$

式中: K_T ——某一温度时的渗透系数,cm/s; Q ——时间 t 内的渗透水量,mL; L ——试样高度,cm; A ——试样断面积,cm²; P ——渗透压力,kPa; t ——渗透时间,s。

实际测试中,数据采集处理系统对测试过程中的渗透压、围压、渗出液量和渗透液温度实时采集,并根据预先输入的试样面积与高度进行处理,实时显示测试结果和过程曲线,并打印测试结果。

3 柔壁渗透仪在防渗工程中的应用

3.1 工程概况

北京某地铁车站主体标准段为双层双柱三跨箱形结构,两端头处为双层四跨及五跨箱形结构,主体总长 235 m。标准段结构总宽 20.9 m,总高 13.5 m,车站有效站台中心处顶板覆土厚 2.965 m。主体采用排桩支护体系,车站两端接盾构区间,西端设盾构始发井,东端设盾构接收井。

本工程场地勘探范围内的土层划分为人工堆积层(Q_m)、第四系全新统冲洪积层(Q_4^{al+pl})、第四系晚更新统冲洪积层(Q_3^{al+pl})三大层,根据地层岩性及其物理力学性质进一步分为 7 层:①粉土填土、杂填土;②粉土、粉质粘土、粉细砂;③粉细砂、中粗砂;④圆砾卵石、中粗砂;⑤粉质粘土、粉土、细中砂;⑥圆砾卵石、中粗砂、粉细砂、粉质粘土;⑦粉质粘土、粘土、粉土。其中③粉细砂、中粗砂和④圆砾为潜水含水层,⑥圆砾卵石、中粗砂、粉细砂为承压水含水层。

3.2 围护工程概况

车站主体基坑长度 235.2 m,标准段宽 21.1 m,深 16.3 ~ 16.7 m,西端盾构井宽 30.65 m,深 16.7 ~ 18.4 m,东端盾构井宽 24.65 m,深 16.3 ~ 17.3 m;一号风道基坑长度 61.8 m,标准段宽 14.6 m,深 16.7 ~ 16.9 m,盾构井宽 15.75 m,深 18.9 m。车站主体及一号风道围护采用 $\varnothing 800$ mm@1300 mm 和 $\varnothing 1000$ mm@1500 mm 钻孔灌注桩,为达到防渗要求桩间采用专利技术长螺旋(定)喷搅拌水泥土帷幕桩技术^[5]施工 $\varnothing 900$ mm 旋喷搅拌水泥土桩,嵌固深度 5.3 ~ 5.9 m,如图 2 所示。

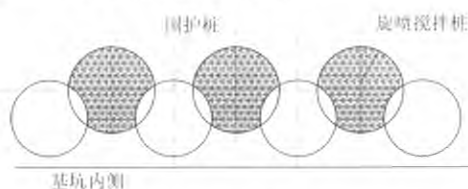


图2 围护结构示意图

防渗要求是:28 天钻孔取心抗压强度 ≤ 6 MPa,固结体渗透系数 $\geq 1 \times 10^{-7}$ cm/s。

3.3 防渗效果检测

根据工程要求,长螺旋旋(定)喷搅拌水泥土帷幕桩施工 28 天后,采用钻孔的方法在不同桩位和深度钻孔取样,对采取的水泥土固结体试样进行抗压强度和渗透系数测定。利用材料试验机非常容易完成抗压强度的测试,但固结体的渗透系数测定利用目前前-55 等渗透仪无法进行,所以固结体的渗透系数检测成了该工程的一个难题。为此,利用长春工程学院开发的专利产品柔壁渗透仪^[3]对 8 个孔采取的 14 个水泥土固结体试样进行了渗透系数测试。测试按如下步骤进行:

(1)首先对试样进行适当加工,使圆柱样两端面基本平整、直径适当,并测量试样直径与高度;

(2)安装试样并排除橡胶膜内与渗出液管路中的气体;

(3)在电脑上执行“柔壁渗透仪数据采集处理系统”,新建试验,输入试样名称、试样编号、试样直径、试样高度等基本信息,选择开始计数方式(渗出液量或时间)与设置开始值(≥ 5 m,或 ≥ 30 min),选择测量间隔计数方式(渗出液量或时间)与设置间隔值(渗出液量 ≥ 3 mL,或相应的时间),设置计数频数(一般 ≥ 5);

(4)施加围压,围压稳定后再施加渗透压,围压应大于渗透压 30~50 kPa,确保侧壁不渗漏;

(5)待压力基本稳定后,调节渗出液收集管内液面高度,执行“柔壁渗透仪数据采集处理系统”的“开始”按钮便开始测试。

测试结果如表 1 所示。

表 1 柔壁渗透仪测试水泥土固结体试样参数与结果

试样编号	取样深度 /m	地层	试样高度 /mm	试样直径 /mm	周围压力 /kPa	渗透压力 /kPa	测试时间 /s	渗透系数 k_{20} /(cm·s ⁻¹)
1-8.3	8.3	土层	78	64	117~121	69~71	22372	2.10E-07
2-15.6	15.6	砂层	63	63	125~138	71~73	18709	1.38E-07
2-19	19	砂卵石层	72	64.5	120~150	67~88	33262	7.54E-08
3-17.9	17.9	砂卵石层	61.5	63.5	113~130	78~81	35460	1.61E-07
4-19.3	19.3	砂卵石层	61.3	63	300~326	245~273	24464	2.93E-08
5-14.5	14.5	砂层	55.5	64	98~100	49~52	2711	1.73E-06
5-19.5	19.5	砂卵石层	48.4	64	102~104	55~56	24635	2.11E-07
6-7.6	7.6	土层	48.5	64	115~131	80~95	38288	7.58E-08
6-12	12	砂层	58	63.9	110~113	72~85	35962	9.95E-08
6-19.1	19.1	砂卵石层	50	61.4	107~133	73~75	36363	6.01E-08
7-15	15	砂层	75.5	65	92~96	46~47	2553	4.77E-06
7-19.7	19.3	砂卵石层	63	63.5	130~134	79~82	8310	2.70E-07
9-8.7	8.7	土层	61	63.5	123~135	80~82	32069	7.64E-08
9-13.5	13.5	砂层	44	64.2	95~104	50~54	13268	1.79E-07

表 1 中各个试样的渗透系数均是 3 个以上的有效测试值的平均值,即各个测试值间的绝对误差 $\leq 1 \times 10^{-n}$,如图 3 所示是 3 个样各测点值的变化幅度。

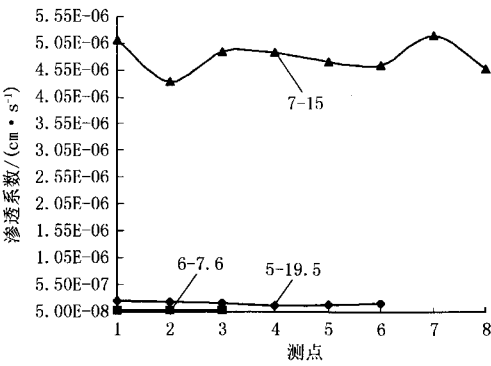


图 3 不同测点值的变化幅度

通过对 14 个水泥土固结体试样渗透系数的测

试,结果表明,除 5-14.5 和 7-15 样的渗透系数为 $1.73 \sim 4.77 \times 10^{-6}$ cm/s 外,其他试样的渗透系数均接近或小于 1×10^{-7} cm/s,所以工程的防渗效果是良好的。

4 结论

(1)柔壁渗透仪采用橡胶膜围压密封,解决了灌浆后钻孔取样固结体渗透系数测定问题,可用于防渗工程质量的检测;

(2)采用气压加压渗透方式,可在较大范围内选择并提高渗透压力,解决了水泥土固结体等低渗透系数材料的渗透系数快速测试问题,提高了测试效率;

(3)试样高度和直径可有多种选择,且对试样
(下转第 59 页)

表5 场地液化情况

施工 区段	检验点 编号	液化 土层	液化点 深度 /m	液化段 厚度 /m	液化指数 I_{LE}				
					单点	单层	液化 等级	平均	
试验 一区	I P1	③	14.3 ~ 16.3	2.0	0.34	0.34	轻微	0.39	
	I P3	①	0.7 ~ 2.3	1.6	0.16	0.16	轻微		
	I P5	③	15.3 ~ 16.3	1.0	0.07	0.07	轻微		
	I P6	①	4.3 ~ 5.3	1.0	0.46	1.00	轻微		
		③	15.3 ~ 16.3	1.0	0.55				
试验 二区	II P2	③	14.8 ~ 16.5	1.7	1.64	1.64	轻微	1.64	

带有随机性)。

对比试验一区与试验二区,可初步得出振冲点间距的适当加密,致使二区处理效果好于一区,承载力提高也略大于一区。表层地基承载力略低。

在大面积施工的情况下,为了满足堆场区地基承载力达到 150 kPa,轨道梁区地基承载力达到 200 kPa 的设计要求,可以在无填料振冲施工结束后,增加低夯击能强夯处理表层地基,使其达到地基承载力设计要求。

5 结语

(1)采用无填料振冲处理粉细砂类土地基的方法,对提高地基承载力、消除液化地基液化的效果毋

容置疑。它的突出优势在于处理深度深,处理深度达到 15.5 m,从上到下处理深度内,砂的密实度都得到了提高,消除了大部分后期沉降。采用常规的强夯法、“塑料排水板+强夯”,无法处理消除如此深度的地基液化。

(2)无填料振冲与传统填料振冲相比,具有不需石料、排污少、施工简便、施工效率高、施工工期短等优势。

(3)含泥量的大小对施工参数和地基加固质量有较大的影响,采用无填料振冲法进行粉细砂地基加固,必须先在典型区域做试验区,验证有关技术参数及无填料振冲在本场区的适用性。

(4)本工程的成功实施,为无填料振冲法在同类型地基中的推广应用及相应规范的制定或修改提供了一些成功的经验。

参考文献:

- [1] JGJ 79-2002, 建筑地基处理技术规范[S].
- [2] GB 50011-2001, 建筑抗震设计规范[S].
- [3] DB 13(J)/T48. 2005, 河北省建筑地基承载力技术规程[S].
- [4] 杨光绪. 粉细砂特性及其工程措施[J]. 施工设计研究, 1996, 33(2): 1-16.
- [5] 周健, 贾敏才, 池永. 无填料振冲法加固粉细砂地基试验研究及应用[J]. 岩石力学与工程学报, 2003, (8).

(上接第 55 页)

的加工要求不高,并可根据工程需要模拟场地应力条件进行渗透试验;

(4)采用气水隔离供液装置不但解决了压气增加渗透压使气体进入渗透液的问题,而且可进行渗透液脱气;

(5)采用数字化采集处理系统,不但减少了测量读数等人为影响,提高了测量精度,而且快速便捷,可无人值守,提高了工作效率,减轻了劳动强度。

参考文献:

- [1] 靖向党, 于波, 谢俊革. 柔壁渗透仪的试验研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(9): 28-31.
- [2] 靖向党, 于波, 刘自放, 等. 柔壁渗透仪的研制[J]. 长春工程学院学报(自然科学版), 2010, 11(3): 19-23.
- [3] 靖向党, 于波. 加压式柔壁渗透仪[P]. 中国专利: ZL 2005 2 0091576. X.
- [4] 靖向党, 于波, 谢俊革. 柔壁渗透仪气水隔离供液装置[P]. 中国专利: ZL 2009 2 0094935. 5.
- [5] 何世鸣, 等. 长螺旋搅拌水泥土帷幕桩及其施工方法[P]. 中国专利: ZL 200810101832. 7.

2012 年全国水井钻机情报网年会在长沙召开

中国水利学会、水利部综合事业局主办的“2012 中国(国际)水利机械及施工装备展览会”,定于 2012 年 3 月 22~24 日在湖南省长沙市国际会展中心举办,会议内容涉及全国的水利工程机械展及中国水利建设投资等多项国家重点工程宣传与展示,借此会议机会,全国水井钻机情报网决定在长沙召开 2012 年年会以配合此次展览会,并组织有关单位参展、参观。

一、会议内容

1. 参观水利机械及施工装备展览
2. 有选择的参加会议组织的论坛
3. 举办有关抗旱打井新工艺内容的座谈
4. 各生产厂家介绍新产品及产品推广

二、报到时间及地点

1. 报到时间: 2012 年 3 月 21 日(会期 4 天, 22~25 日)
2. 报到地点: 长沙市三和大酒店(湖南省展览馆内)
3. 路线: 长沙火车站乘坐 803 外环公交长沙市一中下车即到

三、联系方式

单位: 河北省地矿物资总公司
地址: 石家庄市中山西路 891 号; 邮编: 050085
联系人: 赵明杰
联系电话: 0311-83620547, 0311-85236046(传真)
可直接联系: 13931877675(赵明杰), 13831158967(何旭)