

较大孔径土工织物反滤特性对比研究

崔中兴, 权全, 张飞跃, 李志强

(西安理工大学 岩土工程研究所, 陕西 西安 710048)

摘要: 介绍了土工合成材料在辽宁省大洼三角洲应用于防洪护岸工程的情况。通过室内试验, 对这种土工合成材料的物理力学特性、渗透性及反滤特性进行了试验研究。试验结果表明, 非标准渗透仪可以代替标准渗透仪对防护工程进行试验研究。由于非标准仪尺寸大, 更接近工程实际情况, 所以可以更好地模拟工程条件, 更具有对防护工程进行实验研究的实际意义。

关键词: 土工织物; 渗流; 淤堵; 渗透

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2005)06-0063-03

中图分类号: TS176.5

Counter-permeability Study on Contrasting to Geo-textile Fabric of Bigger Aperture

CUI Zhong-xing, QUAN Quan, ZHANG Fei-yue, LI Zhi-qiang,

(Institute of Geo-engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, Shaanxi Province, China)

Abstract: The geo-textile fabric utilization in Dawa delta, Liaoning Province in the flood prevention-shore protecting project was introduced. By indoor test, the mechanical characteristic, the permeability and the counter-permeability were studied. The testing result reveals that the standard permeation apparatus can be substituted by non-standard permeation apparatus to conduct the experimental research. Because the non-standard permeation apparatus is larger in size and is more similar with the real engineering practice, it is better to simulate the engineering condition and is more useful to investigate the defensive project with experimental measures.

Keywords: geo-textile fabric; flow; clogging; seepage

土工合成材料是以聚合物制成的一种新型建筑材料, 按结构和形成工艺主要可分为土工布、土工特种材料、土工复合材料 3 大类。土工合成材料是高分子聚合物组成的新颖工程材料, 具有强度高、弹性好、耐化学腐蚀、不霉烂、不溶于水、不怕虫蛀的良好性能; 很适用于解决水利水电工程中防渗、排水、渗滤、分隔、保护、土体加固、超软基处理等问题; 且造价低廉、施工简便、能改善和增强工程结构, 特别是在堤防工程中, 已作为土石坝防渗新结构推广应用。由于土工合成材料本身所具有的优异特性, 加之来源丰富、运输便利, 该材料近年来在我国的发展十分迅速, 使用日益广泛, 几乎已渗透到水利、电力、公路、铁路、港口、建筑、化工、军事、环保、冶金等各项岩土工程中。

土工合成材料在堤防防渗方面的应用广泛。80 年代初, 水利和港口部门开始进行土工合成材料在水利工程中用做反滤和防冲蚀以及排水等方面的研究工作。如在中国最大的三峡水利水电工程中围堰的防渗、边坡防护等方面的应用, 取得显著效果。1984

年云南麦子河首次在国内水利工程中大规模应用土工合成材料解决漏水、涌沙、坝坡塌陷等问题。福建省水口水电工程大坝上下游围堰及边坡反滤、浙江省秦山核电站围堤工程、京杭大运河整治边坡反滤。1989 年开始研究反复复合土工膜用于土石坝防渗。

1 反滤试验

辽河、浑河、绕阳河三水绕台安, 它们养育了台安人民, 但在历史上也给台安人民带来了灾难。近百年来, 该流域发生大小洪、涝灾害 50 余次, 直接制约着台安国民经济的发展, 同时也给人民生命财产造成了极大损失。建国后在党和政府领导下, 修建了大批防洪工程, 并起到了相当大的防洪减灾作用。辽河干流从福德店至河口, 两岸共有堤长 620.5 km, 其左岸堤长 314.6 km, 右岸堤长 305.9 km。辽河从福德店开始即有堤防, 自石佛寺开始向下游, 堤线连续。辽河 600 km 余堤防保护着两岸 $3.77 \times 10^5 \text{ km}^2$ 农田及沿河城镇工矿企业的防洪安全。

收稿日期: 2005-05-12

资助项目: 国家自然科学基金资助项目(10172071)

作者简介: 崔中兴(1954—), 男(汉族), 博士, 从事土工合成材料应用、岩土渗流耦合、环境工程地质与环境水文对水土流失的影响等方面的研究。电话(029)82312688, E-mail: cuizhx@xaut.edu.cn.

1.1 土样基本特性

试验用土样取自大洼三角洲处工程实例的黏、壤土扰动样,分别进行了击实试验、颗分试验、渗透试验、比重等土工试验。

试验用土样试验结果见表 1。根据击实试验确

表 1 试验用土样试验结果

颗粒/mm			组成/%				稠性限度/%			渗透系数	击实试验	
粗砂	中砂	细砂	粉砂	粉粒粗	粉粒细	黏粒	液限 W_L	塑限 W_P	塑性 指数 I_P	垂直 $K_V/$ ($\text{cm}^\circ \text{s}^{-1}$)	最大干 密度 $\rho_{dm}/$ ($\text{g}^\circ \text{cm}^{-3}$)	最优含 水量 $W_{OP}/\%$
0.4	0.4	4.7	15.8	40.0	8.2	30.5	29.7	18.5	11.2	< E-08	1.63	19.7

1.2 不同几何尺寸渗透仪的对比反滤试验

1.2.1 渗透仪的基本原理 仪器设备参照《土工合成材料测试规程》SL/T235—1999 淤堵试验及《土工试验规程》反滤材料试验 ST237—057—1999 等有关条款进行。试验时将脱气水接通装有织物及被保护土的渗透仪,待渗流稳定后,测读各测压管水位随时间的变化过程,并计算水力梯度。为了验证试验结果的可靠性,我们制作内径为 30 cm 的非标准渗透仪与内径为 10 cm 的标准渗透仪进行试验比较。试验结果按下列公式进行计算:

$$K_{20} = \frac{(Q \delta)}{A \cdot \Delta h \cdot t} \cdot \frac{\eta_T}{\eta_{20}} \quad (1)$$

式中: δ ——土工织物试样的厚度(本试验为 0.125 cm); Q —— t 时间内的透水量(cm^3); A ——土工织物试样的透水面积(cm^2); K_{20} ——温度为 20°C 时试样的渗透系数(cm/s); Δh ——土工织物上下面测压管水位差(cm); η_T ——试验水温(4°C) 时水的动力黏滞系数; η_{20} —— 20°C 时水的动力黏滞系数。

$$G_R = \frac{i_1}{i_2} \quad (2)$$

式中: i_1 ——土工织物及其上方 25 mm 土样的水力梯度; i_2 ——上方相邻近的 50 mm 从织物上方 25 ~ 75 mm 的水力梯度。

1.2.2 试验工况状态描述 对大洼三角洲土样采用等效孔径 $O_{90}=0.7$ 的土工编织布作为防护材料,模拟工程运用条件,将作用水头分为 5.00, 7.50, 10.00, 12.50 m, 为更好地模拟工程实际,制作了非标准渗透仪,同时为检验它的可靠性,又制作了标准渗透仪进行对比试验,以检验非标准仪的适用性。

2 试验结果分析

限于篇幅,此处仅对混凝土压板保护条件下的标准渗透仪与非标准渗透仪的反滤试验结果进行对比

定出最大干密度与最优含水量,并按最大干密度 ρ_{dmax} (90%~95%) 为控制指标进行土样制备,通过颗分试验确定土的特征粒径,并使其与土工织物等效孔径 O_{90} 有如下关系:

$$O_{90} \leq (10-12)d_{90}$$

分析(见表 2)。

比降 i 与 $k(Q5+\delta)$ 的关系曲线计算结果详见图 1。

比降 i 与 $k(Q7.5+\delta)$ 的关系曲线计算结果见图 2。

比降 i 与 $k(Q2.5+\delta)$ 的关系曲线计算结果见图 3。

比降 i 与 $k(Q10+\delta)$ 的关系曲线计算结果详见图 4。

比降 i 与梯度比 G_R 的关系曲线计算结果详见标与非标准渗透仪 $I-G_R$ 关系(图 5)。

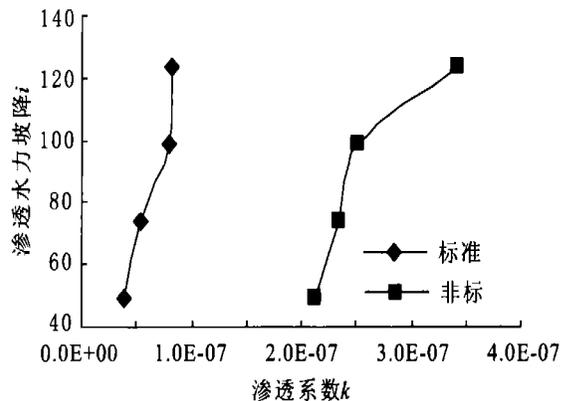


图 1 标与非标准渗透仪 $i-k(Q5+\delta)$ 关系

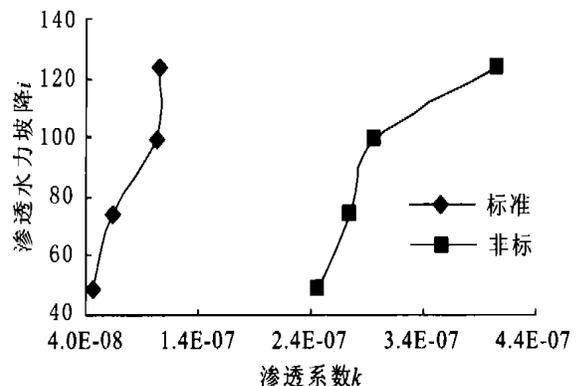


图 2 标与非标准渗透仪 $i-k(Q7.5+\delta)$ 关系

表 2 混凝土板保护下的非标准渗透仪和标准渗透仪反滤试验结果

类别	水头/m	$K_{\pm}^{20}(5)$	$K_{\pm}^{20}_{\text{土工}}(7.5 + \delta)$	$K_{\pm}^{20}(2.5 + \delta)$	$K_{\pm}^{20}(10 + \delta)$	V	i	G_R
标准	5.00	3.80×10^{-8}	4.63×10^{-8}	9.21×10^{-8}	5.53×10^{-9}	3.01×10^{-7}	48.75	0.53
	7.50	5.36×10^{-8}	6.38×10^{-8}	1.00×10^{-7}	7.27×10^{-9}	4.63×10^{-7}	73.75	0.52
	10.00	8.05×10^{-8}	1.02×10^{-7}	1.66×10^{-7}	7.89×10^{-9}	7.28×10^{-7}	98.75	0.50
	12.50	8.15×10^{-8}	1.05×10^{-7}	1.82×10^{-7}	8.93×10^{-9}	8.73×10^{-7}	123.75	0.48
非标准	5.00	2.12×10^{-7}	2.46×10^{-7}	3.62×10^{-7}	4.34×10^{-8}	1.96×10^{-6}	48.75	0.58
	7.50	2.35×10^{-7}	2.74×10^{-7}	4.12×10^{-7}	7.40×10^{-8}	2.03×10^{-6}	73.75	0.57
	10.00	2.52×10^{-7}	2.96×10^{-7}	4.58×10^{-7}	1.50×10^{-7}	2.23×10^{-6}	98.75	0.54
	12.50	3.42×10^{-7}	4.05×10^{-7}	6.42×10^{-7}	4.00×10^{-7}	3.27×10^{-6}	123.75	0.52

注: 以上数据均是常温常压下所测的数据。

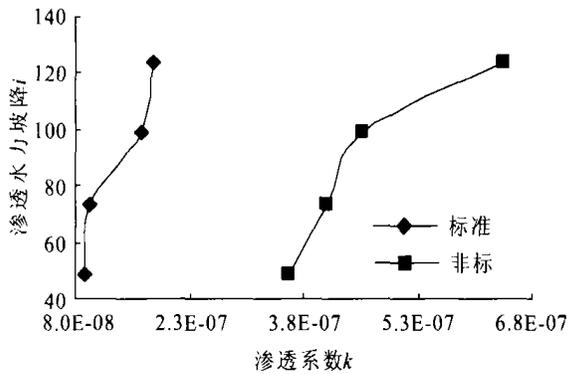


图 3 标与非标准渗透仪 $i-k(Q2.5 + \delta)$ 关系

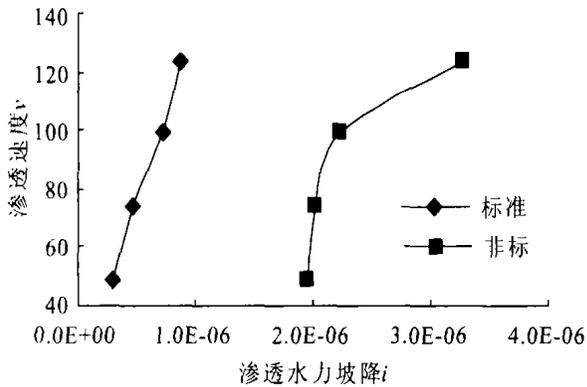


图 4 标与非标准渗透仪 $i-v$ 关系

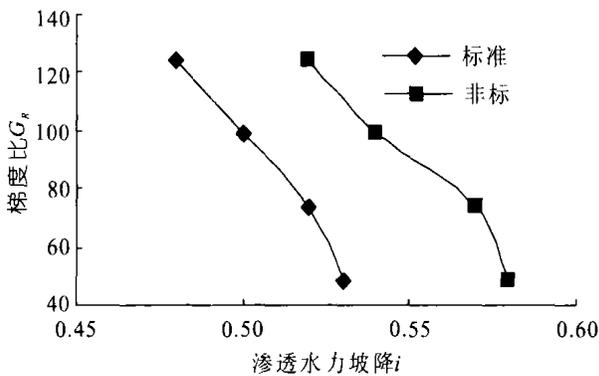


图 5 标与非标准渗透仪 $I-G_R$ 关系

3 结 论

3.1 单种工况的渗透曲线的描述

(1) 渗透系数随水力坡降的变化而变化, 水力坡降增大, 渗透系数亦随之增大。(2) 梯度 G_R 值随水力坡降的增大而减小, 亦即水力坡降越大, G_R 值越小; 水力坡降越小, G_R 值越大。3 种工况均显示出这种变化规律。表明了土工合成材料良好的防淤堵性。

3.2 标准仪与非标准仪的对比分析

(1) 从 2 种渗透仪混凝土保护的试验结果可以看出, 非标准渗透仪的 $i-k$ 关系曲线的数据普遍较标准渗透仪的 $i-k$ 曲线的数据要大, 但它们的数量级没有差别, 仅在有效数字上存在着微小的差异。

(2) 上述可得, 非标准和标准渗透仪具有相似的试验结果, 试验表明用非标准渗透仪可以代替标准渗透仪对防护工程进行研究。由于非标准渗透仪尺寸大, 更接近工程实际运用条件, 可更好地模拟工程条件, 故更具有对防护工程进行试验研究的实际意义。

[参 考 文 献]

[1] 迟景魁. 中国土工合成材料发展与未来[J]. 纺织导报, 1999(1): 56—60.

[2] 杨光煦. 土工合成材料在防洪及堤防工程中的应用[J]. 交通科技, 2000(6): 101—105.

[3] 王殿武主编. 辽河险工综合治理技术研究[M]. 沈阳: 东北林业大学出版社, 2000. 3—4.

[4] 中华人民共和国行业标准, 土工试验规程 SL/T237—1999[S]. 北京: 中国水利水电出版社.

[5] 南京水利科学研究院主编. 土工合成材料测试手册[S]. 水利电力出版社, 1991. 183—200.

[6] 赵玲泽. 国家标准《土工合成材料应用技术规范》介绍[J]. 电力建设, 1999(10). 11—12.

[7] 中华人民共和国水利部发布. 中华人民共和国行业标准, 土工合成材料测试规程[S]. 1999—02—04 发布, 1999—04—01 实施. 57—60.