

河口整治工程空心方块结构透水性试验研究

吴华林, 张福然, 刘高峰

(交通部科学研究院河口海岸科学研究中心, 上海 201201)

摘要:以长江口深水航道治理二期工程北导堤 N II C 区段空心方块斜坡堤结构为例, 以单位长度的斜坡堤结构为对象, 进行水槽正态模型设计, 通过模拟试验, 研究不同空心方块结构在不同施工方式下的透水性曲线, 通过与抛石斜坡堤比较, 认为堤心用带隔板空心方块严格码放到顶的方案透水最小。

关键词:空心方块斜坡堤; 透水性; 水槽试验; 河口整治工程

中图分类号:TV142

文献标识码:A

文章编号:1006-7647(2005)03-0022-02

Experimental study on permeability of hollow block structure in estuarine projects//WU Hua-lin, ZHANG Fu-ran, LIU Gao-feng(*Estuarine and Coastal Science Research Center, Ministry of Communications, Shanghai 201201, China*)

Abstract: With the unit length of the hollow block slope structure in NII C section of the north guide levee in the 2nd phase of the deep-draft channel project as an objective for study, a normal model design for the flume was performed. The permeability curves of different hollow block structures under different construction modes were studied through simulation tests. By comparison with the rock rip-rap slope structure, a scheme for hollow block placement with minimum permeability was derived.

Key words: hollow block slope structure; permeability; flume experiment; estuarine project

河口与海岸工程中常常采用抛石斜坡堤等不透水或透水性小的结构型式, 但在地基条件较差的情况下, 为减小建筑物自重对地基的破坏作用, 一般需要采用轻质或空心等新型结构。然而, 这些新型结构由于透水性较大, 对工程效果的影响不容忽视。长江口深水航道治理二期工程北导堤 N II C 区段地质条件较差, 为典型的淤泥质地基, 不能满足常规导堤和丁坝结构对地基条件的要求, 拟采用一种新型的空心方块斜坡堤结构替代。该新型结构在国内河工及海岸工程中首次采用, 其透水性如何, 是否会因为透水影响工程的整治效果, 不同空心方块结构及其安放形式对透水性的影响等问题, 需要在实验室进行深入研究。水槽或物理模型试验是解决河口及海岸工程问题的有效途径^[1~3], 但对结构物的透水性进行试验的研究尚不多见。本文结合长江口深水航道二期工程实际, 采用水槽正态模型对空心方块斜坡堤的透水性进行研究, 通过多方案比较, 取得了一定的成果, 为进一步的优化设计提供了指导。

1 水槽试验

1.1 模型设计

试验在变坡波流水槽上进行, 水槽长 35 m、宽

0.5 m、深 0.7 m。配有电磁流量计、ADV 三维流速仪、旋浆流速仪、水位仪等测量仪器设备。根据水槽条件, 采用 1:20 的正态模型进行研究。在保证几何比尺及介质材料相似的基础上, 可保证模型与原型结果基本相似。模型主要按水流运动相似条件设计, 由二维非恒定流运动方程和连续方程可得

$$\lambda_L = \lambda_h = 20 \quad (1)$$

$$\lambda_Q = \lambda_L^{5/2} = 1788.85 \quad (2)$$

若水槽实测流量为 Q_M (m³/s), 则通过如下过程换算到原型单宽流量 q_P (m³/(s·m)):

$$B_P = B_M \lambda_L \quad (3)$$

$$Q_P = Q_M \lambda_Q \quad (4)$$

$$q_P = \frac{Q_P}{B_P} = \frac{Q_M \lambda_Q}{B_M \lambda_L} = 178.885 Q_M \quad (5)$$

1.2 试验条件

根据设计文件, N II C 区段导堤由 2.4 m × 2.4 m × 2.4 m 的多孔空心方块构成, 堤心为同尺寸的带隔板的多孔空心方块(图 1); N II C 区段丁坝由 2 m × 2 m × 3 m 的空心方块构成(图 1)。按 1:20 比尺制作空心方块, 在水槽上研究空心方块斜坡结构导堤、丁

坝的透水性.长江口深水航道治理工程成熟的导堤和丁坝结构为抛石斜坡堤,这种结构形式在一期工程中被广泛采用,其透水性被认为很小.一期工程实施以后的整治效果证明了这一点.为正确评价空心方块斜坡堤结构的透水性,需要在水槽上模拟抛石斜坡堤,研究其透水性,作为比较的基础.长江口深水航道治理工程抛石斜坡堤的堤心一般由 10 ~ 100 kg 的块石组成,按比尺计算需用质量 1.25 ~ 12.5 g 的碎石模拟,实际采用质量 0.3 ~ 17 g 的碎石模拟,实验室测得其孔隙率为 47.2%.抛石堤堤身一般为 300 ~ 400 kg 的块石组成,按比尺计算需用质量 37.5 ~ 50 g 的碎石模拟,实际采用质量 40 ~ 50 g 的碎石模拟,实验室测得其孔隙率为 48.7%.

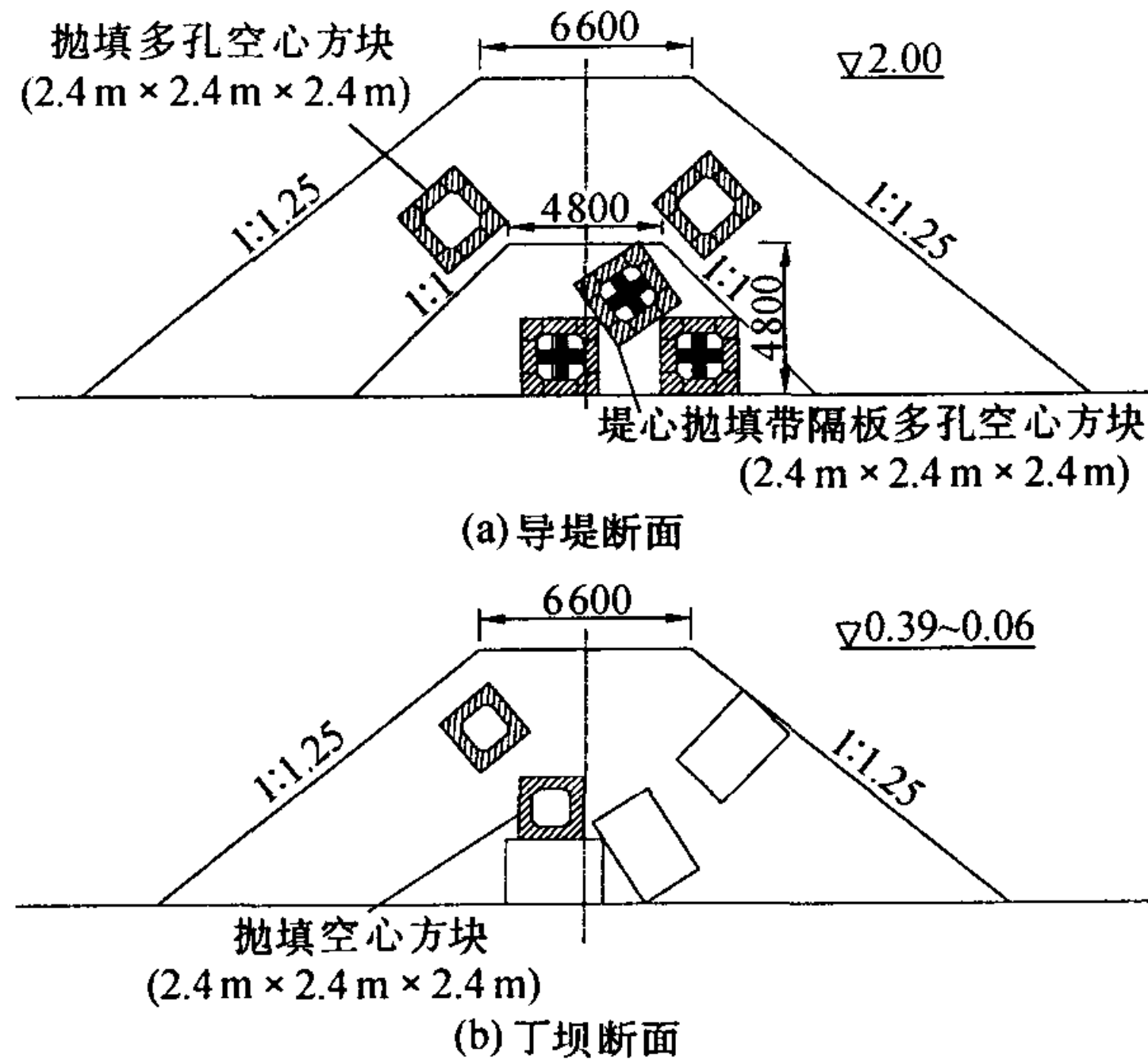


图 1 NII C 段设计导堤和丁坝结构示意图

试验时将 1:20 的堤坝结构模型放在水槽的中段,在保持一定恒定流量下水流透过堤坝流动,经过一段时间水流稳定后,堤坝上下游存在一个稳定的水头差,在堤坝的上下游各布置 1 个水位仪,测得水头差.水槽流量由电磁流量计测定,并经旋浆流速仪测流计算后进行校核.显然,通过堤坝的流量越大,堤坝上下游的水头差就越大,两者的关系曲线反映了该结构的透水特性.

1.3 试验组次

根据导堤结构减小透水性的要求和施工的可能方式确定在水槽上开展如下 7 种结构的透水试验:

- ①原设计导堤:堤身为乱抛的 2.4 m × 2.4 m × 2.4 m 的多孔空心方块,堤心为乱抛的 2.4 m × 2.4 m × 2.4 m 的带隔板空心方块,堤心高度 4.8 m(图 1).
- ②原设计丁坝的结构:由 2 m × 2 m × 3 m 的空心方块乱抛(图 1).
- ③原设计导堤改进方案 1:堤心用带隔板空心方块乱抛到顶.
- ④原设计导堤改进方案 2:堤心用带隔板空心方块简单码放到顶(不允许尖角朝上,必须保证有一个平面是水平的,但允许在水平面

- 上有 ± 45° 转角).
- ⑤原设计导堤改进方案 3:堤心用带隔板空心方块,允许平面转角 ± 15° 码放到顶.
- ⑥原设计导堤改进方案 4:堤心用带隔板空心方块严格码放到顶(平面转角 ± 0°).
- ⑦抛石斜坡堤:堤心由质量 10 ~ 100 kg 的块石组成,堤身由质量 300 ~ 400 kg 的块石组成.

2 试验结果分析

在堤坝结构两侧存在水头差而且堤坝本身有孔隙的情况下,才会出现透过水流现象.在同一水头差情况下,堤坝结构透过的流量越大则其透水性越大.由试验测量在某一水头差条件下通过研究结构的流量,按比尺关系换算到原型,测得各组结构水头差 (H) 与透水单宽流量 (q) 之间的关系见图 2 和图 3,对各组数据进行趋势线拟合,均有较好的变化趋势,相关系数均在 0.98 以上.

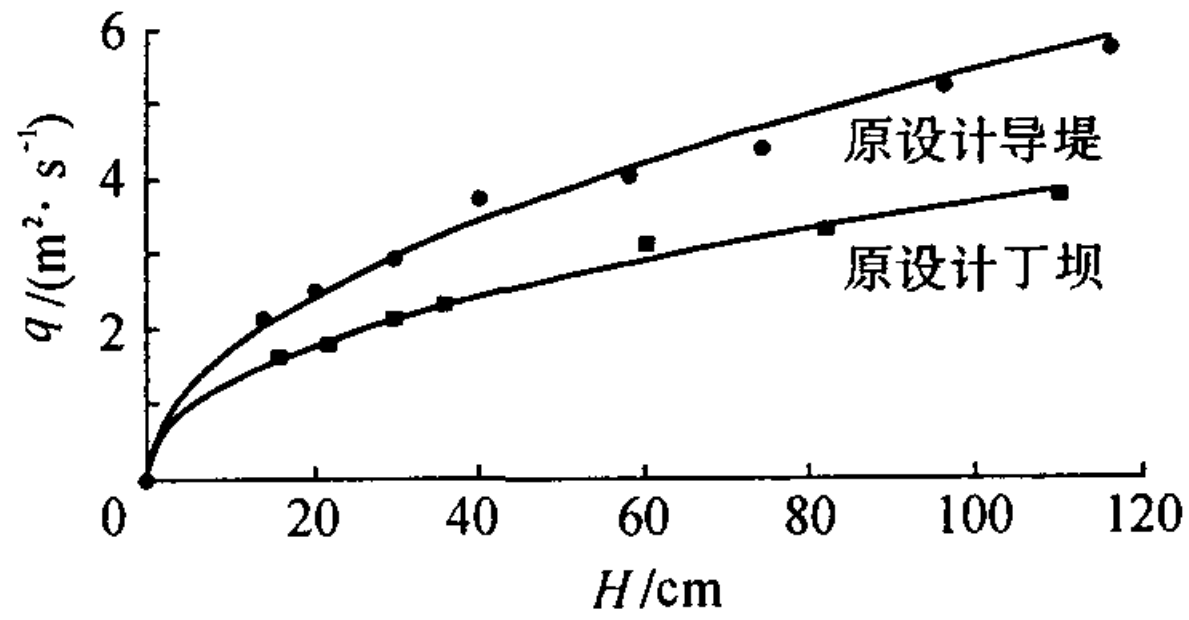


图 2 NII C 段原设计导堤结构与原设计丁坝结构透水性曲线比较

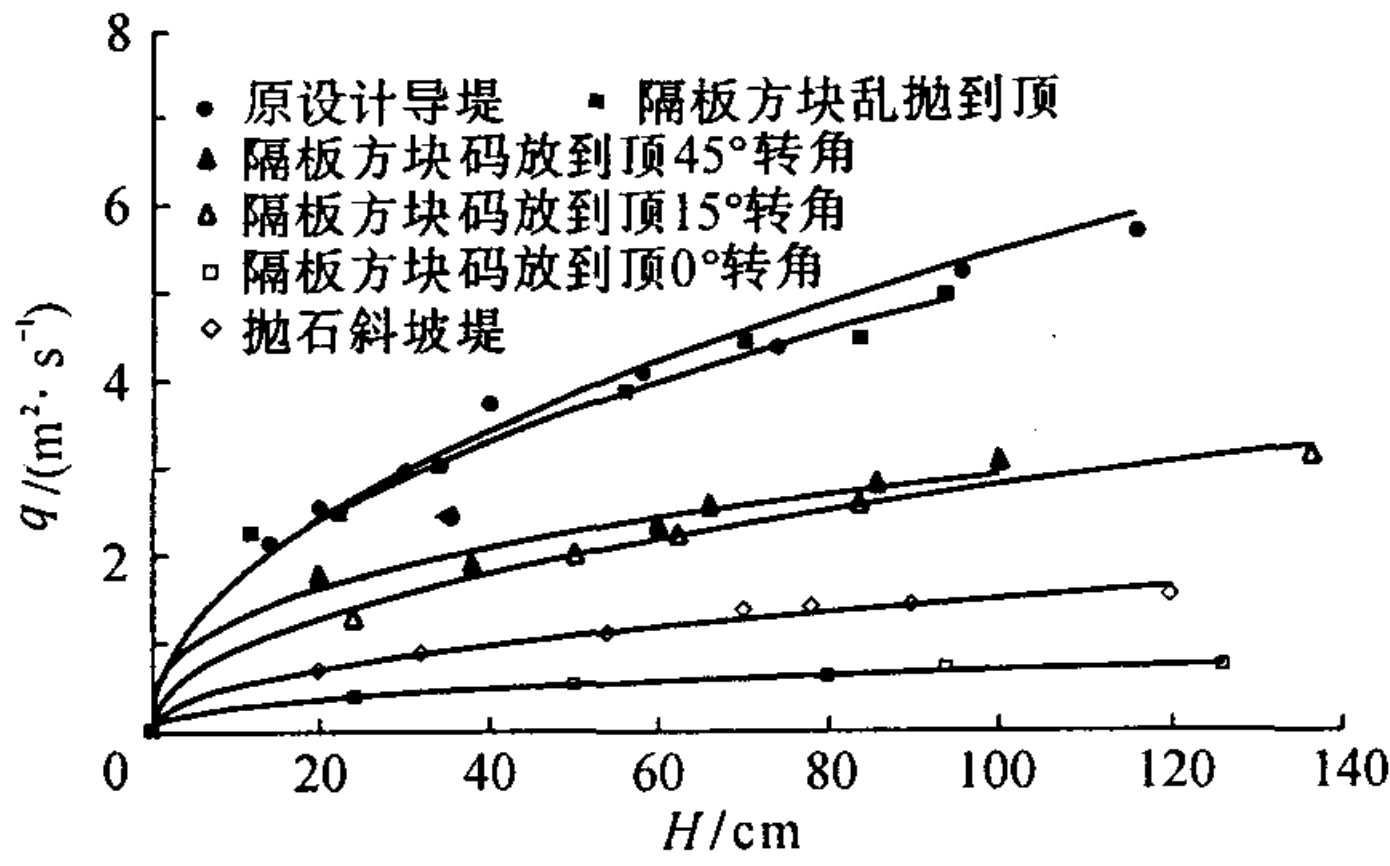


图 3 NII C 北导堤不同结构形式透水性曲线比较

由图 2 可见,设计导堤结构的透水程度比设计丁坝结构的严重,在 60 cm 水头差情况下,设计导堤结构透过的单宽流量为 4.2 m²/s,而设计丁坝结构透过的单宽流量为 2.9 m²/s.

由图 3 可见,与抛石堤相比,设计导堤结构和设计丁坝结构的透水程度均要大得多.在 60 cm 水头差情况下,抛石堤透过的单宽流量仅为 1.2 m²/s,设计导堤结构透过的单宽流量为它的 3.5 倍,设计丁坝结构透过的单宽流量是它的 2.4 倍.在改进的导堤结构中,堤心用带隔板空心方块乱抛到顶方案对结构的透水性改善不大,堤心用带隔板空心方块码放到顶的 3 个方案对结构的透水性 (下转第 31 页)

段,而层间水平缝的渗漏处理可能将会是一个难以避免的问题,需要对这方面的修补技术作进一步的探索.对坝体混凝土这类大体积混凝土的灌浆机理和探伤手段也有待做深入的研究.灌浆浓度的变换、灌浆压力控制以及灌浆结束标准等施工设计规定都应和岩石灌浆以及普通的横纵缝灌浆有所区别,需要制订相关的施工规范以满足这一特殊灌浆修补形式的发展要求.

6 小 结

对坝体中位置不确定的水平受压缝进行渗漏处理是对坝体修补技术的新探索.对于像溪柄坝这种渗漏点多的层间渗漏的修补,交缝灌浆即从坝顶钻孔垂直穿过发生渗漏的层面进行灌浆是施工易行、效果良好的方法.坝体灌浆和岩石灌浆的排水机制有很大的不同,坝体堵漏补强和通常的固结灌浆、帷幕灌浆的目的也存在着较大的差别,需要针对具体情况合理设计.溪柄大坝的修补在帷幕灌浆标准的基础上,加入了特殊的要求对施工进行指导控制,工

(上接第 23 页)改善较大,其中,带隔板空心方块严格码放到顶(平面转角 $\pm 0^\circ$)的方案透水最小,在相同水头差情况下,透过的流量甚至比抛石堤还要小.在 60 cm 水头差情况下,其透过的单宽流量仅为 $0.6\text{ m}^2/\text{s}$.带隔板空心方块严格码放到顶平面转角 $\pm 45^\circ$ 方案与带隔板空心方块严格码放到顶平面转角 $\pm 15^\circ$ 方案的透水性比较接近,前者略大.在 60 cm 水头差情况下,前者透过的单宽流量为 $2.4\text{ m}^2/\text{s}$,后者为 $2.2\text{ m}^2/\text{s}$.

为考察模型由于在一定原则下摆放的随机性对试验结果的影响,笔者做了一组敏感性分析试验.针对 1.3 节中第 4 种结构(即原设计导堤改进方案 2:堤心用带隔板空心方块允许平面转角 $\pm 45^\circ$ 码放到顶)开展了重复性的水槽试验,同一结构的两组试验结果进行比较见图 4,可见试验结果非常接近,说明遵循一定结构原则下块体摆放的差异对试验结果的影响非常小,以上水槽试验可以反映不同结构的透

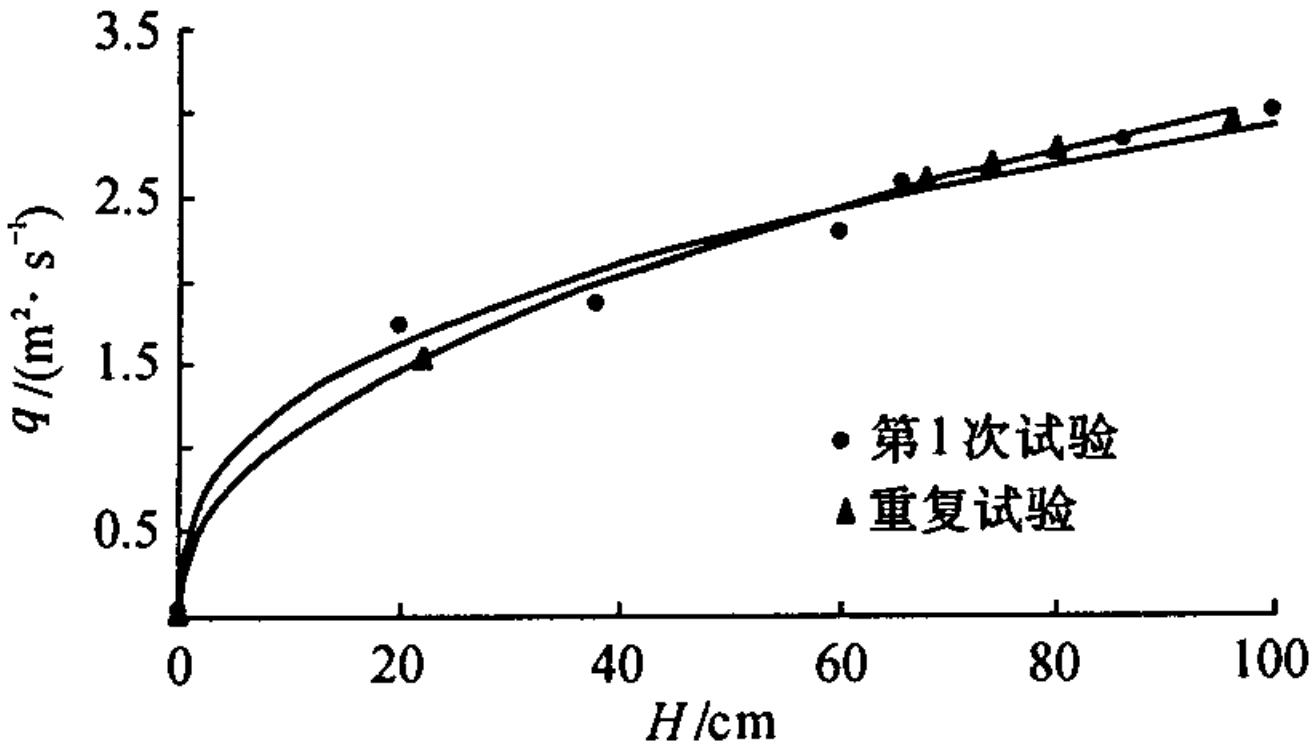


图 4 空心方块导堤透水性重复试验结果比较
(带隔板方块码放到顶平面 $\pm 45^\circ$ 转角)

程实际效果证明这样的方法是有效易行的,对同类工程有较好的借鉴作用.

参考文献:

[1] 杨华全,任旭华.碾压混凝土的层面结合与渗流[M].北京:中国水利水电出版社,1999.32.
[2] 黄国兴,陈改新.水工混凝土建筑物修补技术及应用[M].北京:中国水利水电出版社,1999.95—103;107.
[3] 邓进标,邹志晖,韩伯鲤.水工混凝土建筑物裂缝分析及其处理[M].武汉:武汉水利电力大学出版社,1998.66—69.
[4] 孙钊.大坝岩石基础灌浆施工[M].北京:水利电力出版社,1987.10;62—64.
[5] 《岩土注浆理论与工程实例》协作组.岩土注浆理论与工程实例[M].北京:科学出版社,2001.50;84—85.
[6] SL62-94,水工建筑物水泥灌浆施工技术规范[S].
[7] 梁炯鋈.锚固与灌浆技术手册[M].北京:中国电力出版社,1999.408.
[8] 马国彦,林秀山.水利水电工程灌浆与地下水排水[M].北京:中国水利水电出版社,2001.203—217.

(收稿日期:2004-08-19 编辑:骆超)

水性实质,基于这些试验结果得到的认识和结论是可信的.

3 主要结论

a. 以长江口深水航道治理二期工程北导堤 N II C 区段空心方块斜坡堤结构为实例,本文提出了通过水槽正态模型试验研究空心方块斜坡堤结构透水性的方法,试验成果可指导空心方块斜坡堤结构的优化设计.

b. 试验结果说明,原设计的空心方块斜坡堤导堤结构比丁坝结构的透水程度大.

c. 在改进导堤结构中,堤心用带隔板空心方块严格码放到顶(平面转角 $\pm 0^\circ$)的方案透水最小,效果最好.在满足结构稳定性的前提下推荐采用该方案.

d. 若选择堤心用带隔板空心方块简单码放到顶的方案,则平面转角对透水性的影响不大,施工时可放松对平面转角的控制以提高效率.

参考文献:

[1] 黄胜,卢启苗.河口动力学[M].北京:水利电力出版社,1995.273—303.
[2] 杨火其,王文杰.强潮河口丁坝坝头块体抗冲稳定分析[J].泥沙研究,2001(5):14—18.
[3] 韩海骞,杨永楚,王卫标,等.钱塘江河口闻家堰段护底抛石研究[J].泥沙研究,2002(2):29—34.

(收稿日期:2004-07-28 编辑:高建群)