

无砂高强透水性混凝土路面砖研究

张红光, 范志高, 李 峰, 宋志斌

(河北工程大学 水电学院, 河北 邯郸 056021)

摘 要: 文章根据我国无砂透水性混凝土开发和应用的现状, 对无砂透水性混凝土抗压强度、透水性进行了试验研究, 分析了混凝土抗压强度和透水系数与水灰比、骨料粒径的关系, 提出了强度高达 C50, 透水系数为 2.89mm/s 的透水性混凝土最优配比方案。

关键词: 透水混凝土; 透水性混凝土路面砖; 抗压强度; 透水系数

中图分类号: TU528 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-0959(2007)01-0081-03

目前国内研制的透水性混凝土路面砖的抗压强度一般在 $20\sim 25\text{MPa}$, 与国家建材行业标准《混凝土路面砖》规定的抗压强度最低值 C30 (30MPa) 有差距。本文在前人研究成果的基础上, 利用本地产水泥、添加外加剂、采用特殊生产工艺和成型方法, 进行了无砂高强透水性混凝土试验研究, 提出了强度高达 C50, 透水系数为 2.89mm/s 的透水性混凝土最优配比方案。

1 试验方法

关于大孔径混凝土的透水性, 我国还没有制定标准的测试方法。本文参照日本混凝土协会 1998 年提出的《多孔混凝土性能试验方法草案》对透水性混凝土的抗压强度、透水系数、孔隙率等性能进行试验研究。

1.1 试验设计

利用数理统计所提出的正交试验方法, 对透水砖的配比及性能的试验方案进行研究, 找出强度、透水性与配比关系。目前透水性混凝土的最佳水灰比通常介于 $0.25\sim 0.35$ 之间^[1], 故本方案拟选用 0.27 、 0.3 、 0.33 。骨料比的大小影响混凝土的强度和透水性, 考虑较小粒径骨料的表面积较大, 为保持水泥浆的合理厚度, 本次试验采用的骨料比定为 4.0 、 4.5 、 5.0 。因为选用的影响因素为三个, 故正交试验方案的安排见表 1。

表 1 正交试验方案

组号	水灰比	骨料比	粒径/mm
1	0.27	4.0	5~10
2	0.27	4.5	2.5~10
3	0.27	5.0	5~15
4	0.3	4.0	2.5~10
5	0.3	4.5	5~15
6	0.3	5.0	5~10
7	0.33	4.0	5~15
8	0.33	4.5	5~10
9	0.33	5.0	2.5~10

收稿日期: 2006-09-15

作者简介: 张红光 (1969-), 男, 河北邯郸人, 讲师, 现从事工程结构教学与研究工作。

1.2 原材料

水泥: 普通硅酸盐水泥, 强度等级为 42.5。

骨料: 采用人工碎石, 粒径选用 $2.5\sim 5.0\text{mm}$ 、 $5.0\sim 10.0\text{mm}$ 、 $5.0\sim 15.0\text{mm}$ 的单一粒级。

外加剂: 选用天津泰克科技有限公司生产的 XQB 混凝土增强剂。

拌合及养护用水: 自来水。

1.3 试块制备

每组制备 5 个试件, 每个试件一次加压成型, 成型压力为 2MPa 。

成型后表面覆盖塑料薄膜以防止水分散失, 经 24h 后, 拆模放入标准养护室养护 28d。本次试件为 $250\text{mm}\times 250\text{mm}\times 60\text{mm}$ 长方体 (用于抗压强度测试) 和直径 100mm 、高度 200mm 的圆柱体 (用于透水系数测试) 两种。

1.4 抗压强度测试

参照规范《混凝土路面砖》JC/T 446—2000 测定试件的抗压强度, 受压面积 $120\text{mm}\times 60\text{mm}$, 加载速率为 $0.3\sim 0.5\text{MPa/s}$, 取 5 个试件的平均值。按我国道路场地设计规范, 本研究的透水性混凝土路面砖标准块规格尺寸的边长/厚度 $=4.17<5$, 所以不必考虑抗折强度。

1.5 透水系数测试

目前, 我国对透水性混凝土透水系数的测试主要有两种方法。

一种是日本混凝土协会提出的“多孔混凝土性能试验方法草案”。这种方法主要参考《土壤透水性试验》, 试验时采用定水头的方法, 如图 1 左所示^[2,3]。根据达西定律测量混凝土的透水系数。试验时从透水套筒的上部注入水, 水通过试件进入外套筒, 最后从溢水口流出。在持续加水的情况下, 当加入的水量与溢出的水量取得平衡时, 用量筒计量通过混凝土的出水量, 同时计量出水的时间, 然后通过公式 (1) 就可以计算透水系数 K_1 :

$$K_1 = QL / (AH \cdot t) \quad (1)$$

式中 K_1 ——透水性混凝土的透水系数, mm/s;

Q ——测试时间段 t 内透过混凝土的水量, mm^3 ;

L ——透水性混凝土试件的高度, mm;

A ——透水性混凝土试件的面积, mm^2 ;

H ——水头, mm;

t ——测试时间, s。

另一种方法是采用变水头的方法, 即从一定的水头高度开始, 以渗流速度 v 表示透水性混凝土的透水系数, 如图 1 右所示。试验时, 在透水套筒内注入一定高度的水, 水通过混凝土试件从试件的下表面流出, 通过测试试件表面水位下降一定高度所需的时间, 根据公式 (2) 计算透水系数 K_2 :

$$K_2 = h / t \quad (2)$$

式中 K_2 ——透水性混凝土的透水系数, mm/s;

H ——水位变化高度, mm;

t ——测试时间, s。

本次试验采用定水头法测定透水系数, 结果见表 2。

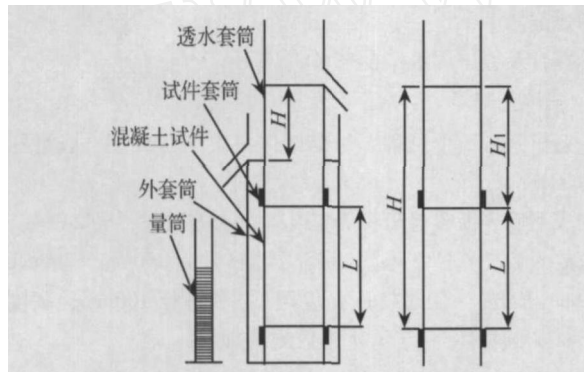


图 1 透水系数测定试验装置示意图

表 2 透水性混凝土测试参数一览表

组号	抗压强度	透水系数	总孔隙率	连通孔隙率
	/MPa	/mm · s ⁻¹	/%	/%
1	30.8	5.91	24.45	22.01
2	31.94	4.01	26.56	22.29
3	24.72	6.54	27.4	25.72
4	58.28	2.89	18.36	14.63
5	31.61	2.36	17.56	16.12
6	23.33	5.25	26.95	24.76
7	32.94	0.58	25.69	21.57
8	21.61	4.74	21.54	19.4
9	33.78	1.82	20.97	16.39

1.6 孔隙率和连通孔隙率测试

首先用卡尺测量并计算试件的外观体积 V_1 ; 将试件浸泡在水中使其饱和后, 称取试件在水中的重量 W_1 ; 将试件从水中取出, 控干内部吸入的水并擦干表面多余的水, 待重量恒定后称取试件在空气中的重量 W_2 ; 然后将试件在 20 ± 2 、相对湿度 60% 的条件下自然放置 24h, 称取试件在空气

中的重量 W_3 ; 则透水性混凝土的总孔隙率 P_1 和连通孔隙率 P_2 分别按公式 (3)、(4) 进行计算, 结果见表 2。

$$P_1 = [1 - (W_3 - W_1) / V_1] \times 100\% \quad (3)$$

$$P_2 = [1 - (W_2 - W_1) / V_1] \times 100\% \quad (4)$$

2 试验结果

本试验各组试件的抗压强度、透水系数、孔隙率和连通孔隙率试验结果见表 2, 表中各项数据均为每组 5 个试件平均值。

3 结 论

对以上试验结果进行分析得出以下结论:

1) 根据透水性混凝土结构模型可知, 透水性混凝土受力是通过骨料之间的胶结点传递力的作用。由于骨料本身的强度较高, 水泥凝胶层很薄, 水泥凝胶体与粗骨料界面之间的胶结面积小, 其破坏特征是骨料颗粒之间的连接点被破坏。因此, 在保证一定孔隙率的前提下, 增加胶结点的数量和面积, 增强胶结力是提高透水性混凝土强度的关键。骨料粒径越小, 比表面积越大, 所形成的结构骨架单位体积内骨料颗粒之间的接触点数量多, 胶结面积越大, 从而提高透水性混凝土的整体强度^[4]。由试验数据可知, 即使水灰比相同, 但由于粒径减少, 胶结点的数量多、面积大, 抗压强度增大。

2) 本次研究采用强制式搅拌机和预拌水泥浆法进行搅拌, 即首先拌制比需要量大 3~4 倍的水泥浆, 然后将骨料与水泥浆一起搅拌, 保证每颗粒骨料上都包裹较多的水泥浆, 再使这些骨料通过一个以一定频率振动的筛子, 筛去多余的水泥浆, 这样留在骨料表面的水泥浆, 恰好是所需要的。采用这种方法, 可以保证搅拌的均匀性, 水泥浆的利用率也最大。正是由于这两条原因, 加之选用了适宜的外加剂, 使本次研制的透水性混凝土抗压强度之高在目前尚未见到类似报道。

3) 对于透水混凝土的强度而言, 在水灰比处于 0.27~0.33 之间时, 骨料粒径与骨胶比对强度影响显著, 因而在配制过程中, 骨胶比应取较小值, 骨料粒径适中。试验表明, 组号 4 的强度指标最高 (强度 58.28MPa, 透水系数 2.89mm/s), 组号 3 的透水系数最好 (强度 24.72MPa, 透水系数 6.54mm/s)。

4) 无砂混凝土的透水性和抗压强度与混凝土的孔隙率有关。试验表明, 其透水性和强度是一对相互矛盾的指标, 在配制透水混凝土时, 应注意协调二者之间的关系。

5) 对无砂透水性混凝土来讲, 粒径是影响其性能的一个重要因素。在进行配比设计时, 要合理选取粒径, 以使透水性混凝土的性能符合使用要求。随着骨料粒径的减小, 虽然强度提高很快, 但透水系数、总孔隙率和连通孔隙率均有不同程度的下降。

6) 作为路面材料, 通常要求表层具有良好的耐磨性和

夯实水泥土桩复合地基承载特性研究

王 兵^{1,2}, 李占强³, 杨为民⁴, 韩宝玉³

(1. 北京理工大学, 北京 100081; 2. 河北冀威公路工程有限公司, 石家庄 310081;

3. 河北大地土木工程有限公司, 河北 030011; 4. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081)

摘 要: 夯实水泥土桩单桩及多桩复合地基静载荷试验结果表明, 竖向荷载作用下, 复合地基是由桩体和桩间土体共同承担上部荷载, 桩体分担大部分的荷载, 桩身应力集中作用明显。当桩身发生屈服破坏后, 桩身分担荷载量减小, 而桩间土分担的荷载量增加。而多桩复合地基桩身分担的荷载量要远大于桩间土分担的荷载量, 且各桩并不同步承载, 表现为竖向荷载与桩土分担荷载曲线呈台阶状的特点。相比于单桩复合地基, 四桩复合地基更有利于桩身承载力的发挥。

关键词: 复合地基; 夯实水泥土桩; 承载特性; 桩土应力比; 静载荷试验

中图分类号: TU473.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-0959(2007)01-0083-03

夯实水泥土桩复合地基作用机理复杂^[1-2], 对其承载特性的研究一直是岩土工程技术人员关注的问题。对复合地基中桩土分担荷载的研究, 目前不外乎两种方法: 一种是通过现场试验, 量测桩顶和桩间土的反力; 另一种是通过数值模拟计算。到目前为止, 对水泥土桩复合地基的应力-应变关系尚未形成统一认识, 且众多学者提出的本构模型很多, 若仅通过数值计算来研究桩土分担荷载特性, 尚缺乏一定的可信度。而现场实测则能够较好地反映实际情况。本文通过夯实水泥土桩单桩、单桩复合地基及多桩复合地基静载荷试验, 对不同条件下夯实水泥土桩复合地基的承载特性进行了较为系统的研究。

1 试验方法

试验场地位于石家庄市窦妪镇 107 国道东侧, 地势平坦, 交通便利。场地开挖至现地地下 2.0m, 地基土层条件见表 1。土层第 1 层为杂填土, 厚 0.7m; 第 2 层为中细砂, 厚 1.3m; 第 3 层为粉土, 厚 1.6m; 第 4 层为粉质粘土, 厚

3.1m; 第 5 层为粉土, 未穿。

试验采用的仪器设备和试验方法与复合地基载荷试验同, 加荷方法采用分级慢速维持荷载法, 第一级荷载为 40kN, 每级荷载增量亦为 40kN, 直至复合地基破坏为止。因加载结束时复合地基已破坏, 故卸载时不记录数据。应力观测采用 2.0MPa 及 0.5MPa 振弦式土压力盒, 由 JD-9A 型振弦式传感器测定仪采集试验数据。压力盒预先用油压标定罐标定, 待桩身达养护龄期后分别在单桩及四桩复合地基顶面处埋设 (图 1), 压力盒感应面朝上, 且高于桩顶 1~2mm 以使压力盒接触良好。对各单桩或四桩复合地基加载的同时观测和记录桩、土应力和沉降。

试验内容包括 11 组不同褥垫层材料 (粗砂和碎石, 碎石粒径 1~2cm)、不同褥垫层厚度 (分别为 0.1m、0.2m、0.3m、0.5m) 的夯实水泥土单桩复合地基载荷试验, 3 组四桩复合地基载荷试验。单桩复合地基载荷板采用 1.0×1.0×0.02m 的钢板, 四桩复合地基则为 2.0×2.0×0.10m。试验桩采用的基本技术参数分别为: 桩径 300mm, 桩长 4.0m,

平整度, 处于表层的骨料颗粒很容易脱落, 使道路表面凹凸不平。为保证其具有良好的耐磨性和平整度, 综合考虑以上因素, 透水系数、总孔隙率和连通孔隙率均满足规范《混凝土路面砖》JC/T 446-2000 要求, 以级配良好抗压强度高达 C50 的第 4 组作为终选方案。

参考文献:

- [1] 孟宏睿, 许建国, 等. 大孔混凝土的透水性及其测定方法 [J]. 混凝土与水泥制品, 2004(2): 43~44.

- [2] 霍亮, 高建明. 透水性混凝土透水系数的试验研究 [J]. 混凝土与水泥制品, 2004(1): 44~46.
- [3] YANG Jing, JIANG Guo-liang. Experimental study on properties of pervious concrete pavement materials [J]. Cement and Concrete Research, Volume: 33, Issue: 3, March, 2003, pp. 381~386.
- [4] 刘叶峰, 朋改非, 等. 高强透水性混凝土材料试验研究 [J]. 混凝土, 2005(3): 56~58.

(责任编辑 马光辉)

收稿日期: 2006-09-20

基金项目: 河北省交通厅基金项目资助 (Y-060236)

作者简介: 王 兵 (1968-), 男, 山东长清人, 高级工程师, 博士研究生, 主要从事公路工程及岩土工程方面的设计和研究工作。