

Experimental Research and Analysis on Performance of Permeable Cement Concrete

Xiuhe Chen^{1,2} Xiaoli Fang^{1,2} Yubin Zhang^{1,2}

1. Anhui Transportation Planning and Design Research Institute Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230088, China
 2. R&D Center of Road Transportation Energy Saving and Environmental Protection Technology and Equipment Industry, Hefei, Anhui, 230088, China

Abstract

Based on the volume composition theory, stone materials form the concrete skeleton, sand, cement and additives are used as filling materials to fill the skeleton, and then a certain proportion of water and additives are added to stimulate the cement activity and hydration reaction, so as to improve the concrete strength and realize the high strength and durability of permeable cement concrete. Through the test, it is found that when the water binder ratio is 0.28, the compressive strength of the prepared permeable cement concrete can reach more than C40, the flexural tensile strength can reach 5.0mpa, and the workability is good, which can meet the needs of road construction.

Keywords

concrete; sponge city; heavy-duty traffic; experiment

透水水泥混凝土的性能试验研究与分析

陈修和^{1,2} 方肖立^{1,2} 张玉斌^{1,2}

1. 安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司, 中国·安徽 合肥 230088
 2. 公路交通节能与环保技术及装备行业研发中心, 中国·安徽 合肥 230088

摘要

采用体积构成理论, 石料构成混凝土骨架, 砂、水泥及外加剂等作为填充料填充骨架, 再掺入一定配比的水及外加剂, 激发水泥活性, 发生水化反应, 进而提高混凝土强度, 实现透水水泥混凝土的高强与耐久。通过试验发现在水胶比为0.28时, 配制出的透水水泥混凝土抗压强度达到C40以上, 抗弯拉强度可到5.0MPa, 且和易性良好, 满足道路施工需求。

关键词

混凝土; 海绵城市; 重载交通; 试验

1 引言

透水混凝土是一种广泛应用于透水铺装措施中的新型生态型的道路材料, 日益受到人们的关注, 而以国家战略政策导向为契机, 透水混凝土可改变现有城市道路的先创和生态环境。高强度耐久性透水水泥混凝土路面, 是更具现实意义、更具推广价值的环保型产品。透水水泥混凝土铺筑于道路中, 可满足城市道路各种荷载道路的强度要求, 又具有换气透水功能, 可分解一定的汽车尾气等有害气体, 吸附较小粉尘, 具有降噪、缓解城市热岛效应等作用, 是中国城市道路发展的重要方向, 也是海绵城市总体规划的一个组成部分。

【作者简介】陈修和(1966-), 男, 中国安徽合肥人, 硕士, 正高级工程师, 从事交通工程、土木建筑工程等研究。

2 原材料

①水泥选用标号为 PO42.5 的普通硅酸盐水泥, 主要性能指标见下表 1。

表 1 水泥的主要性能指标

细度 (80μm筛余)	凝结时间 (min)		抗压强度 (MPa)		安定性
	初凝	终凝	3d	28d	
0.1	125	180	34.1	59.2	合格
烧失量 (%)	三氧化硫 (%)		氧化镁 (%)		氯离子 (%)
3.37	2.23		2.60		0.04

②粗集料选用反击破玄武岩石料, 粒径为 4~6mm, 压碎值为 8.5%, 针片状颗粒含量为 4.8%, 表观密度为 2751kg/m³, 堆积密度为 1582kg/m³。

③细集料选用普通江砂, 粒径小于 0.15mm, 含泥量为 2.7%, 表观密度为 2627kg/m³, 堆积密度为 1448kg/m³。

④外加剂选用无机胶凝剂^[1]，该胶凝剂属无机型、水溶性试剂，密度为 1440kg/m³，氯离子含量为 26.25%，总碱量为 1.19%，硫酸根含量为 1.60%。

⑤水为普通自来水。

3 透水水泥混凝土性能试验

参考《无机地面材料耐磨性能试验方法》(GB/T 12988)、《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》(JTG 3420—2020)、《透水水泥混凝土路面技术规程》(CJJ/T 135—2009)等标准规范，通过计算及前期工作选用水灰比为 0.28，水：水泥：砂：碎石：无机胶凝剂 = 118：420：158：1422：10 的配合比成型试验试件，养护至规定龄期，进行性能试验。

3.1 弯拉强度

弯拉强度是路用水泥混凝土的主要强度指标^[2]。通过测定透水水泥混凝土试件的极限弯拉强度，作为对配合比设计的强度验证。参照 JTG 3420—2020 试验规范，成型 150mm×150mm×550mm 尺寸的试件，混凝土试件的弯拉强度 f_f 按式计算：

$$f_f = \frac{FL}{bh^2}$$

式中， f_f ——弯拉强度，MPa； F ——极限荷载，N； L ——支座距离，450mm； b ——试件宽度，150mm； h ——试件高度，150mm。结果见表 2。

表 2 混凝土弯拉强度试验结果 f_f (MPa)

混凝土试块	单位	单值	测定值
1#	MPa	5.9	5.9
2#		5.6	
3#		6.2	

3.2 透水系数

透水水泥混凝土主要功能就是可以将路表雨水渗透至路面及以下，参考 CJJ/T 135—2009 附录 A 试验方法，自制一种简易的透水系数测定装置^[3]，结构如图 1 所示（其中 1 为主桶，2 为水位控制孔，3 为出水孔，4 为支座，5 为排水螺丝洞，6 为支架），包括主桶 1、水位控制孔 2、出水孔 3、调节机构 4、排水螺丝洞 5 和支架 6。成型 $\Phi 100\text{mm} \times 50\text{mm}$ 尺寸试件，透水系数按式计算：

$$k_T = \frac{QL}{AHt}$$

式中， k_T ——透水水泥混凝土在水温为 T℃时试样透水系数，mm/s； Q ——时间 t 秒内渗出的水量，mm³； L ——试样的厚度，mm； A ——试样的上表面积，mm²； H ——水

位差，mm； t ——时间，s。结果见表 3。

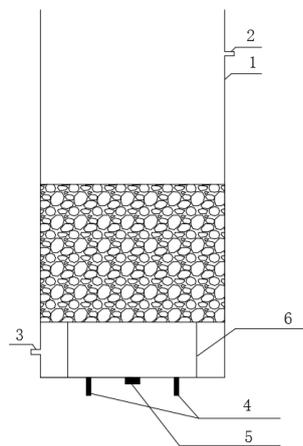


图 1

表 3 混凝土透水系数试验结果 k_T (mm/s)

混凝土类型	单位	单值	测定值
4#	mm/s	0.762	0.713
5#		0.706	
6#		0.673	

3.3 其他性能

为了更好地对该配合比下透水水泥混凝土性能了解，同时进行了抗压强度、抗压弹性模量、抗弯拉弹性模量、干缩性及肯塔堡飞散试验等进行测定。其中抗压强度采用尺寸为 150×150×150 (mm³) 标准试件，抗压弹性模量采用尺寸为 $\Phi 150 \times 300$ (mm²) 的试件，抗弯拉弹性模量采用尺寸为 150×150×550 (mm³) 的试件，干缩性采用尺寸为 100×100×515 (mm³) 标准试件，肯塔堡飞散试验采用尺寸为 $\Phi 101.6 \times 63.5$ (mm²) 的试件。其试验结果如表 4 所示。

表 4 其他性能结果

检测项目	单位	测定结果
抗压强度	MPa	56.6
抗压弹性模量	MPa	11600
抗弯拉弹性模量	MPa	14800
干缩率	/	30×10^{-5}
肯塔堡飞散损失	%	5.51

通过试验结果可知，在该配合比设计下，透水水泥混凝土各指标均达到相关规范要求。其原材料主要有水泥、碎石、砂以及无机胶凝剂，属于无害环保型材料，在当前节能环保的社会趋势下，高性能透水水泥混凝土的生态、环保特性使其具备明显的性价比优势，较国外的研究及应用情况相比，我国还处于起步阶段，应用水平欠缺，推广范围有限，故借助“海绵城市建设”的开展，需要更为深入的研究开发，

进而产生更大的经济效益和社会效益^[4]。

4 结论

①采用碎石、无机胶凝剂、砂、水泥及水作为原材料，通过一定配合比设计，可制备出抗压强度为 56.6MPa 的透水水泥混凝土，达到 C40 强度等级要求，目前公路中混凝土路面或者桥面铺装要求混凝土等级为 C35 或 C40，本研究下的透水水泥混凝土，完全能满足其要求。

②该配合比条件下透水水泥混凝土弯拉强度为 5.9MPa，参考《公路水泥混凝土路面设计规范》（JTG D40—2011），满足在极重、特种、重载交通条件下水泥混凝土的弯拉强度标准值不小于 5.0MPa 要求^[2]。

③该配合比条件下透水水泥混凝土渗水系数为 0.713mm/s，满足《透水水泥混凝土路面技术规程》（CJJ/T

135—2009）中透水系数不小于 0.5mm/s 的性能要求。

④同时，该条件下透水水泥混凝土抗压弹性模量为 11600MPa，抗弯拉弹性模量为 14800MPa，较普通水泥混凝土弹性模量低，较沥青混凝土弹性模量高，具有较好的受力变形能力；干缩率为 30×10^{-5} ，同时由于透水水泥混凝土具有较大的孔隙率，具有良好的抗收缩变形能力；肯塔堡飞散损失为 5.51%，表明骨料间黏结、嵌挤作用较强，具有较好的耐久性。

参考文献

- [1] GB/T 12988—2009 无机地面材料耐磨性能试验方法[S].
- [2] JTG D40—2011 公路水泥混凝土路面设计规范[S].
- [3] JTG 3420—2020 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程[S].
- [4] CJJ/T 135—2009 透水水泥混凝土路面技术规程[S].