

# 透水混凝土性能评价方法研究

曹英弟

(中铁建设集团商品混凝土分公司,北京 100166)

**摘要:**透水混凝土是一种绿色环保、改善城市生态环境的环保型建筑材料,具有很高的透水率及较高的强度。采用填充理论及体积法设计配合比,验证了改性界面区结构和浆体增强两项性能优化措施的效果,并创新设计综合性能评价方法,从而解决透水混凝土透水性能、密度与力学性能不能兼顾问题,为透水混凝土配合比评估确定提供了方法依据,填补了标准规范空白。

**关键词:**透水混凝土;评价系数;孔隙率;抗压强度;配合比设计

**DOI:**10.13219/j.gjgyat.2017.04.009

**中图分类号:**TU528 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-3953(2017)04-0032-03

近年来,随着环境污染严重,国家对绿色环保、生态建筑材料需求日益增加,相关单位开始逐渐使用、创新各种特种环保型建筑材料。透水混凝土是一种环保型建筑材料,它具有高透水性、高强、施工简便等特点,主要应用于地面、路面工程。

众所周知,透水混凝土性能评价指标主要是透水率和抗压强度,而透水系数与抗压强度成反比。依据《透水混凝土路面技术规程》(CJJ135—2009),参考《透水混凝土路面施工及验收规程》(DGJ32/TJ61—2007),要求透水系数 $\geq 1$  mm/s,抗压强度 $\geq$  C20。本文结合透水混凝土生产经验,依据填充理论及体积法设计配合比,结合混凝土原材料品质,通过加强混凝土内部界面强度并兼顾较大孔隙率,依次做出不同试配并检测其透水率及抗压强度,最后以透水混凝土综合性能评价方法,来确定透水混凝土各种性能是否达到均衡,并验证此方法的可行性。

## 1 试验设计

### 1.1 试验目的

(1)本试验使用搅拌站常用材料,配制达到透水系数 5 mm/s 以上、抗压强度 25 MPa 以上且符合国家环境绿色环保要求的混凝土。

(2)验证界面改性和浆体增强技术对混凝土综合性能的提升作用。

(3)验证综合性能评价法的可行性,确定评价方法。

收稿日期:2017-05-18

作者简介:曹英弟(1987—),男,助理工程师,主要从事混凝土技术研发与管理工作的。

### 1.2 试验思路及方案

#### 1.2.1 界面区结构及性能的改性

(1)改善骨料表面形态及选择适当空隙率、压碎指标值。骨料表面形态是影响粘结强度的重要因素之一,而粗骨料空隙率直接决定了透水混凝土透水系数。粗骨料的空隙率越大,混凝土透水系数越大,但抗压强度会减小,因此需通过试验确定最佳空隙率骨料。出于强度因素考虑,压碎指标值越低,受压时骨料破坏越小,强度越高。

基于上述因素考虑,试配选用 5~10 mm、10~20 mm 压碎指标值低的碎石骨料以保证界面粘结并选定最优骨料。

(2)使用有机增强剂。使用一些有机增强剂,利用其微填充、阻裂和提高粘结力的作用,对界面区域改性,提高混凝土表层的力学性能。

根据此想法进行了两组试验,使用的有机增强剂为环氧树脂类增强剂,有刺鼻气味,出于环保考虑,只作为对比试验,不作为选定配合比。

(3)骨料表面预处理。使用一些明矾硫酸溶液、硫酸酸化的水泥悬浊液对骨料进行处理,使水泥浆体与骨料的粘结强度提高,改善界面区和结构,提高砂浆和混凝土的强度。

但是使用明矾硫酸溶液、硫酸酸化的水泥悬浊液不符合环保要求,不作为参考项,只作为对比项。

#### 1.2.2 提高浆体强度

(1)使用抗压强度高水泥。出于成本和实际应用(北京地区搅拌站通用水泥)考虑,对比几种水泥,选择了成本适中的 28 d 抗压强度可达 52.7 MPa 的 P. O42.5 水泥。

(2)选取合适的水胶比。根据规范要求和实际生产经验,水胶比选择0.20~0.30。

(3)掺加适量的活性矿物掺合料。出于降低透水混凝土表观密度及绿色低碳环保的考虑,根据实际生产经验选择2000目硅灰和粉煤灰漂珠作为矿物掺和料并根据试验确定合理掺量。

(4)添加适量的外加剂。出于成本及环保性的考虑,根据实际生产经验选择减水率较高的聚羧酸系高性能减水剂。

### 1.3 原材料选取

表1 透水混凝土配合比 kg

编号	水胶比	水	水泥	硅灰	漂珠	石子	外加剂	有机增强剂	备注
1	0.21	94	400	25	25	1 650	6.75	/	粗骨料 10~20 mm
2	0.21	94	400	25	25	1 650	6.75	/	粗骨料 10~20 mm,骨料使用明矾硫酸溶液处理
3	0.21	94	400	25	25	1 650	6.75	9.0	粗骨料 10~20 mm
4	0.25	112	400	25	25	1 650	5.40	/	粗骨料 10~20 mm
5	0.28	126	400	25	25	1 650	4.50	/	粗骨料 10~20 mm
6	0.30	90	300	/	/	1 650	4.50	/	粗骨料 10~20 mm
7	0.21	94	400	25	25	1 560	4.50	/	粗骨料 5~10 mm
8	0.21	94	400	25	25	1 560	4.50	/	粗骨料 5~10 mm,骨料使用硫酸酸化的水泥悬浊液处理
9	0.21	94	400	25	25	1 560	4.50	9.0	粗骨料 5~10 mm
10	0.25	112	400	25	25	1 560	5.40	/	粗骨料 5~10 mm
11	0.28	126	400	25	25	1 560	4.50	/	粗骨料 5~10 mm
12	0.30	90	300	/	/	1 560	4.50	/	粗骨料 5~10 mm

每个配合比试拌成型量:20 L,成型3组(100×100×100)mm<sup>3</sup>立方体抗压强度试件和1组∅100 mm×50 mm透水系数试件。

成型后的试件1 d后脱模放入标准养护室中标准养护28 d后取出,比较干表观密度、强度、透水系数、经济性、环保性,根据评定方法确定最终配合比。

## 2 试验结果

试件标准养护28 d后取出、晾干,依次对编号1~12试件进行干表观密度、抗压强度及透水系数试验,试验结果见表2。

## 3 综合性能评定

### 3.1 测试方法

以混凝土试件的抗压强度、表观密度、透水系数等指标对照混凝土配合比设计方案进行综合评定。综合性能评价分数( $G$ )为强度分值( $G_1$ )、表观密度( $G_2$ )、透水系数分值( $G_3$ )的总和。评定原则:

(1)设计方案中设计使用非环保化学物品则评

(1)选用P.O42.5普通硅酸盐水泥。

(2)粗骨料为粒径为5~10 mm及10~20 mm连续级配的碎卵石。

(3)掺合料为细度为2000目硅灰和自然堆积密度为240 kg/m<sup>3</sup>粉煤灰漂珠。

(4)外加剂选用减水率为32%的聚羧酸系高性能减水剂。

### 1.4 试配过程

综合上述几种设计思路及方案,经试验得到12种强度等级为C25透水混凝土配合比,如表1所示。

表2 试验结果统计

编号	透水系数/ %	干表观密度/ (kg/m <sup>3</sup> )	28 d抗压强度/ MPa
1	10.8	2 040	20.7
2	11.3	2 020	22.2
3	10.3	2 100	24.6
4	9.6	2 070	18.8
5	1.5	2 180	15.1
6	11.0	1 960	12.3
7	8.0	1 950	28.3
8	8.2	1 950	30.0
9	7.5	2 000	31.1
10	7.1	1 980	29.0
11	1.3	2 010	27.0
12	7.3	1 890	24.4

定为0分。

(2)设定抗压强度范围 $25 \text{ MPa} \leq f \leq 30 \text{ MPa}$ ,超出设定范围则评分为0。

### 3.2 计算方法

(1)强度比评价分值( $G_1$ ),权重系数为30。

$$G_1 = (f_a/f) \times 30$$

式中： $f_a$  为试件抗压强度； $f$  为设计标号值。

(2) 表观密度比评价分值 ( $G_2$ )，权重系数为 30。

$$G_2 = (\rho/\rho_a) \times 30$$

式中： $\rho_a$  为试件表观密度值 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )，取 3 个试件密度的算术平均值 (精确至  $1 \text{ kg}/\text{m}^3$ )； $\rho$  为固定系数，取  $1600 \text{ kg}/\text{m}^3$  (根据要求透水混凝土设计密度在  $1600 \sim 2000 \text{ kg}/\text{m}^3$ ，所以取最低值作为固定系数)。

(3) 透水系数比评价分值 ( $G_3$ )，权重系数为 40。

$$G_3 = (K_a/K_0) \times 40$$

式中： $K_a$  为透水系数，取 3 个混凝土试件现场检测值的平均值。当强度测试结果取中间值时， $K_a$  取中间值试件的透水系数。 $K_0 = 10 \text{ mm}/\text{s}$  (以目前北京市场材料为基础，经多次试验设定系数)。

(4) 综合性能评价系数 ( $G$ )。选定的混凝土评分总成绩  $G = G_1 + G_2 + G_3$ ，配合比符合性能评定达到各性能均衡并符合经济环保的原则。

### 3.3 评定结果

采用上述方法进行的评定结果见表 3。

### 3.4 评分分析

表 3 中编号为 1、4、5、6、12 的配合比抗压强度小于设计强度范围，编号为 2、3、8、9 的配合比使用非环保化学物品及超出设计强度范围，所以上编号不符合设计要求评分为 0。编号为 7、10、11 的配合比符合评分设计要求，最终选取编号为 7、10、11 的三个配合比进行分数比较，编号为 7 的配合比此

表 3 性能评定结果

编号	$G_1$	$G_2$	$G_3$	$G$
1	24.8	23.5	43.2	0
2	26.6	23.8	45.2	0
3	29.5	22.8	41.2	0
4	22.5	23.2	38.4	0
5	18.1	22.0	6.0	0
6	14.8	24.5	44.0	0
7	34.0	24.6	32.0	90.6
8	36.0	24.6	32.8	0
9	37.3	24.0	30.0	0
10	34.8	24.2	28.4	87.4
11	32.4	23.9	5.2	61.5
12	29.3	25.4	29.2	0

次性能评价分数最高。

## 4 结束语

(1) 试验证明采用改善界面区结构及性能中使用合理骨料的措施对透水混凝土透水性能提升显著，在提升浆体强度中使用高强水泥、掺入适量的活性矿物掺合料对抗压强度提升明显。

(2) 各种材料都对透水混凝土性能造成不同程度差异，通过本性能评定方法对已试验配合比进行综合评价，评价不同透水混凝土的性能优劣，方便确定最优配合比。通过验证，证明本性能评价方法中公式、参数设定可行。采取综合性能评价方法，确定的 7 号 C25 透水混凝土配合比综合性能最优。

## A Study of the Performance-Evaluating Methods for Permeable Concrete

CAO Yingdi

(The Commodity Concrete Branch of the Chinese Construction Group of China Railway, Beijing 100166, China)

**Abstract:** Permeable concrete is a kind of ecologically green and environment-protecting building material with good permeability and comparatively high strength, which helps improve the ecological environment of municipalities. In the light of the filling theory and designing the mix ratio by the volume method, the effects of the two performance-optimizing measures—modifying the structure of the interface area and intensifying the slurry body—are testified, with a comprehensive performance-evaluating method designed in a creative way, which helps solve the problems of the water permeability of concrete, and the contradiction between the density and the mechanical performance of the concrete. The paper provides scientific grounds and methods for evaluating the mix ratio of permeable concrete, filling a blank in the standards and technical specifications.

**Key words:** permeable concrete; evaluation ratio; porosity; compressive strength; design of the mix ratio

(上接第 26 页) the dosage of the reactive agent, and the effect of the dosage of the reactive agent on the road performance of the CTOR rubber-asphalt are studied, upon the basis of which it is found that the 20 目 crumb is suitable for where the high-temperature performance is much demanded, and the 40 目 crumb is suitable for where the low-temperature performance is required. Besides, it is highly advisable that the dosage of the crumb should be limited to 20% or less, and the dosage of the reactive agent should be limited to 6%~8% of that of the crumb.

**Key words:** dry process; CTOR rubber-asphalt; property-modifying mechanism; crumb; fineness; dosage; reactive agent