

# 施工临时道路用透水混凝土性能影响因素的探究

张小康 周 畅 王正淳

(中煤建工集团有限公司 北京市 100161)

10.12238/jpm.v3i1.4607

**[摘要]**随着国家大力推行“海绵城市”建设,作为新兴道路铺装材料的透水混凝土得到广泛应用,其独特的透水性能以及美观的装饰效果深受业内青睐;透水混凝土是由实体混凝土骨架和相连通的孔隙组成的多孔结构具有透水性的混凝土,在施工中主要靠包裹在骨料表面的凝胶材料浆体硬化后将骨料颗粒粘结,达到设计强度的一种新型混凝土。文中将通过控制变量、设置参照组的实验方法探究施工现场临时道路用透水混凝土的各项建筑性能的影响因素。

**[关键词]**透水混凝土; 施工道路; 抗压强度

Investigation of factors influencing the performance of pervious concrete for temporary construction roads

Zang Xiaokang Zhou Chang Wang Zhengchun

China Coal Construction Engineering Group Co., Ltd Beijing 100161

**Abstract:** As the country vigorously promotes the construction of "sponge cities", pervious concrete as a new road paving material is widely used, and its unique permeability and beautiful decorative effect is favoured by the industry; pervious concrete is a porous structure composed of a solid concrete skeleton and connected pores with a permeable concrete, in the construction of It is a new type of concrete that relies mainly on the hardening of the gel material slurry wrapped around the surface of the aggregate to bond the aggregate particles and achieve the design strength. The paper will investigate the factors influencing the construction properties of permeable concrete for temporary roads at construction sites by controlling variables and setting up reference groups.

**Keywords:** permeable concrete, construction road, compressive strength

## 前言

透水混凝土是一种生态型环保混凝土。其优势在于既具备一定的强度,又具有一定透气透水性。透水混凝土道面在雨天不会积水,能够有效缓解地下水流失,相较于传统的不透水铺装对环境更加友好。

对于透水混凝土配合比设计,国内行业一般多采用传统混凝土的配合比计算方法,但透水混凝土的配合比设计受到诸如粗骨料的品种和级配、成型方法、混凝土原材水胶比、单方混凝土水泥用量等多种因素的影响。采取传统的计算方法往往有偏差,而且试配调整工作量大、不符合经济节约的施工理念。本文将探讨如何通过改变各类施工因素从而调整透水混凝土性能,加强和改进施工工艺,促进透水混凝土在工程中的应用。

## 一、透水混凝土行业综述

透水混凝土是以水泥作为胶凝材料,使用单一或不连续级

配的粗骨料,由少量细集料配制而成的多孔结构的工程混凝土,主要靠包裹在粗骨料表面的胶凝材料硬化后将骨料颗粒粘结在一起而成。其内部存在较多的孔洞,有良好的透水性,但强度较普通混凝土略低。透水混凝土路面通常含有 20%左右的孔隙;其可以有效收集雨水,保持地下水资源平衡,预防水位下降和地面下沉;同时还具有吸收噪音、热量,缓解“热岛效应”等作用。且维护简单,后期清洗方便。

## 二、实验设计

### 2.1 原料和配合比

水泥:本实验使用 P.O 42.5R 普通硅酸盐水泥作为原材水泥,编号 C<sub>4</sub>,对于透水混凝土实验,首先要保证此种类型水泥必须能够满足我国对硅酸盐水泥的使用要求,再进行相关的实验工作,如此才能够最大限度的减少水泥质量对透水混凝土强度试验产生的不利影响。

表 2.1-1 水泥原料参数表

编号	细度/%	标准稠度/%	凝结时间/min		抗折强度/MPa		抗压强度/MPa	
			初凝	终凝	3d	28d	3d	28d
C <sub>2</sub>	1.3	26.5	175	262	5.3	6.9	28.6	52.0

碎石: 分别为 5~20mm 粒径的碎石(代号 R1)、5~26.5mm 粒径的碎石(代号 R2), 5~10mm 粒径的碎石(代号 R3), 性能指标如表 2.1-2。

表 2.1-2 碎石相关性能参数

细石种类	堆积密度(kg/m <sup>3</sup> )	含泥量/%	压碎指标值/MPa	尖锐颗粒含量/%
R <sub>1</sub>	1530	1.1	6.5	5.8
R <sub>2</sub>	1510	1.0	6.8	5.2
R <sub>3</sub>	1490	0.85	7.2	4.9

砂: 采用普通机制细砂作为透水混凝土的细集料(代号 S), 性能指标详见表 2.1-3。

表 2.1-3 细集料相关性能参数

细骨料代号	细度模数	含泥量/%	泥块含量/%	表观密度(kg/m <sup>3</sup> )
S	3.0	2.0	0	2650

矿粉: 采用普通商品矿粉, 具体性能参数见表 2.1-4

表 2.1-4 矿粉相关性能参数

等级	比表面积m <sup>2</sup> /kg	活性指数/%	密度/(g/cm <sup>3</sup> )	烧失量/%
S95	425	98	2.9	<1

外加剂: 在本次制备透水混凝土的过程中, 以聚羧酸高性能减水剂作为主要的外加剂。一般情况下, 只需要将外加剂的减水率控制到 24%左右。

2.2 实验方法

首先对水泥原材料和外加剂原材料比例取值进行确定, 然后在此基础上能够对实验用混凝土的配合比进行确定。

依据 CJJ/T 135-2009《透水水泥混凝土路面技术规程》进行混凝土配合比设计, 得到基准配合比, 见表 2.2-1。

表 2.2-1 基准混凝土配合比

C/(kg/m <sup>3</sup> )	W/(kg/m <sup>3</sup> )	C <sub>a</sub> /(kg/m <sup>3</sup> )	K/(kg/m <sup>3</sup> )	外加剂/(%)
340	105	1502	71	1.5

目前, 对透水混凝土强度的试验普遍采用普通混凝土试验方法。抗压强度以边长为 150mm 的立方体为标准试件。研究表明, 透水混凝土的强度除受到原材料性质和配合比影响外, 还受到成型方式的影响。透水混凝土试件采用振动成型, 但振动时间不易把握。振动时间短, 孔隙率偏高, 导致强度偏低; 振动时间长则易出现水泥浆体与集料分离现象, 导致水泥浆体

同时在混凝土凝固至一定程度之后可以发现石子表面的浆体逐渐均匀, 外表较为光滑。但是如果在混凝土成浆之后, 发现其底部存在沉降现象, 则一定程度上表明透水混凝土的配合比较不合理。而在此种情况下, 应及时调整透水混凝土的实际配合比。

分布不均匀, 下部密实而上部不足。透水混凝土试件常采用的成型方法还有人工插捣或击实成型、静压成型及平板振动器从试件上部振动成型。人工插捣或击实成型的试件不够密实, 强度偏低; 静压成型的试件结构致密, 但是不便控制施加在试块上的压力, 压力过大可能造成集料破碎, 难以反映透水混凝土的真实强度; 平板振动器从试件上表面振动成型, 不会造成水

泥浆体下淌,且成型的试件结构较为致密。因此,在进行透水混凝土强度试验时,采用平板振动器从上表面振动成型试件的方式比较合适。

### 三、实验结果

对于实验所得数据的处理,依次按照以下几点要素分组分析。

#### 3.1 混凝土成型方式对混凝土强度的影响

试验设计两种生产工艺进行对比:

一种是直接投料法,即将配合比中胶凝材料、骨料及外加

剂一次加入搅拌机中进行干拌 10s,然后加水搅拌 180s。另一种是胶体裹石法,即将配合比中的骨料与 80%水提前混合,搅拌 30s,然后加入混合的凝胶材料搅拌 30s,最后加入剩余的 20%水,搅拌 120s。

按照上表 2.2-1 基准配合比按两种生产工艺进行试拌,性能试验结果如表 3.1-1。

3.1-1 不同生产工艺下透水混凝土强度情况

生产工艺	试件编号	和易性描述	透水率/(mm/s)	7d 抗压强度/(MPa)	28d 抗压强度/(MPa)
直接投料法	SJ1	手捏可以成团	5.03	16.5	21.7
胶体裹石法	SJ2	手捏可以成团	4.14	18.8	26.1

实验数据表明,虽然两种不同的工艺生产的混凝土透水率并没有产生太大的差距,但是采用胶体裹石法生产的透水混凝土在经过 7d 及 28d 的养护之后,获得了更好的抗压强度,因此在实际的生产过程中,可以尽量采用胶体裹石法生产透水混凝土,在透水能力相近的情况下获得强度更高的混凝土材料。

#### 3.2 水胶比对透水混凝土性能的影响

水胶比是决定水泥浆体的主要因素,而透水混凝土的水胶比既影响强度又会影响透水性,为此水胶比的选择十分关键,试验中采用 0.20、0.25、0.30、0.35 四个水胶比进行试验,性能试验如表 3.2-1。

表 3.2-1 不同水胶比对透水混凝土性能的影响

试件编号	水胶比	和易性描述	透水率/(mm/s)	7d 抗压强度/(MPa)	28d 抗压强度/(MPa)
SJ3	0.35	手捏可以成团	4.85	17.8	26.0
SJ4	0.30	手捏较难成团	4.60	18.5	25.5
SJ5	0.25	手捏较难成团	3.83	19.8	26.5
SJ6	0.20	手捏不能成团	6.77	16.3	19.9

由上述数据得出,透水混凝土和普通混凝土力学性能变化规律有所不同,抗压强度随水胶比的变化不明显,不成线性关系。当水胶比越往上提高时,抗压强度虽然有下降趋势但不明显。分析原因为透水混凝土本身是干硬性的混凝土,过低的水胶比导致浆体量不够,不易均匀包裹石子。

#### 3.3 不同级配粗骨料对透水混凝土性能的影响

骨料是透水混凝土的主要组成材料,骨料颗粒形状和表面

状态对混凝土性能影响较大。按照基准配合比进行上述三类级配的透水混凝土强度试验,在透水混凝土拌合物和易性相近的前提下,试验不同级配粗骨料对抗压强度的影响。性能试验结果如表 3.3-1。

表 3.3-1 不同级配粗骨料对透水混凝土性能的影响

骨料级配	试件编号	和易性描述	透水率/(mm/s)	7d 抗压强度/(MPa)	28d 抗压强度/(MPa)
G1	SJ7	手捏可以成团	5.50	17.5	24.2
G2	SJ8	手捏可以成团	6.03	16.3	21.4
G3	SJ9	手捏可以成团	3.60	19.2	27.8

由得出的实验结果可知,在骨料颗粒形状与表面状态相似

的情况下,骨料粒径越小,透水混凝土透水率越小、强度越高。

试验数据中, 粒径为 5~10mm 透水混凝土透水率最低, 透水性较差而强度较高, 体积较小的碎石原材料的表面粗糙, 导致混凝土试件的空隙率较小, 容易导致混凝土密实不透水。而 5~20mm 和 5~26.5mm 级配碎石配制的混凝土虽然抗压强度较前者略低, 但是具有更大的空隙率和更好的透水性。

### 3.4 细集料对透水混凝土强度与性质的影响

透水混凝土在采用最佳级配的粗集料后, 因此我们在保证原有粗骨料配比不变的情况下, 通过掺合不同的细集料进行对照实验, 对照组设置配合比如表 3.4-1。

表 3.4-1 对照配合比

配合比编号	C/(SJg/m <sup>3</sup> )	W/(SJg/m <sup>3</sup> )	G <sub>s</sub> /(SJg/m <sup>3</sup> )	K/(kg/m <sup>3</sup> )	S/(kg/m <sup>3</sup> )	外加剂/(%)
1	340	105	1510	70	0	1.5
2	340	105	1430	70	75	1.5
3	340	105	1350	70	150	1.5
4	340	105	1270	70	225	1.0

其中配合比砂率分别为 0%、5%、10%、15%, 通过调整外加剂用量使透水混凝土拌合物初期和易性相近, 观察其养护后的抗压强度。性能试验结果如表 3.3-2。

表 3.4-2 细集料对照组混凝土性能试验结果

试件编号	和易性描述	透水率/(mm/s)	7d 抗压强度/(MPa)	28d 抗压强度/(MPa)
SJ10	手握可以成团	6.67	17.6	24.4
SJ11	手握可以成团	3.80	23.0	30.6
SJ12	手握可以成团	1.12	24.2	32.2
SJ13	手握可以成团	0	25.5	33.5

由数据不难看出; 伴随着含砂率的提升, 透水混凝土养护后的抗压强度也随之变大; 这是由于细集料显著增大了骨料之间的接触面积, 提高了骨料间的粘结能力, 使混凝土内部更加密实, 使得其强度大幅度提升。

#### 四、实验结论

从混凝土材料制备的角度出发, 胶体裹石法能制备出兼具透水性能和抗压强度的透水混凝土。在骨料颗粒形状与表面状态相似的情况下, 骨料粒径越小, 透水混凝土空隙率越小、强度越高。透水混凝土的强度伴随着原料含砂率的增加而提高。含砂率大于 10% 时虽然强度提高但透水率降低很多, 透水混凝土的透水系数与强度存在着矛盾, 强度增大, 则透水系数降低; 透水混凝土的抗压强度同原材料的水胶比之间并不形成指定的线性关系, 而决定透水混凝土抗压强度的重要因素是水泥浆体对骨料的均匀包裹性。

#### 五、总结

综述, 透水混凝土强度研究仍是任重道远, 但是好在相关研究尚处于探索阶段, 施工团队可以从原材料和水胶比等方面

对透水混凝土强度进行控制。在施工的过程中结合实际施工需求通过优化搅拌技术、引进合理的建筑原材料等手段, 更好地发挥透水混凝土的价值和作用。

#### 参考文献

- [1]张贤超, 尹健, 池漪. 透水混凝土性能研究综述[J]. 混凝土, 2010, (12): 47-50.
- [2]蒋正武, 孙振平, 王培铭. 若干因素对多孔透水混凝土性能的影响[J]. 建筑材料学报, 2005, 8(5): 513-519.
- [3]CJJ/T 135-2009. 透水水泥混凝土路面技术规程[S].
- [4]焦凯, 李磊, 陈晨. 不同影响因素对透水混凝土抗压强度和渗透性能的影响[J]. 工业建筑, 2018, 48: 287-292.
- [5]陈代果, 付东山. 水灰比, 孔隙率对透水混凝土性能影响[J]. 西南科技大学学报(自然科学版), 2017, 32(4): 38-42.
- [6]张国强, 焦楚杰, 江涌波, 等. 透水混凝土的基本性能试验研究[J]. 混凝土, 2017(8): 136-139.