

复掺钢渣和粉煤灰对透水混凝土性能的影响

虞传海¹, 张治国²

(1. 北京铁城建设监理有限责任公司, 北京 100855; 2. 中铁五局集团 第一工程有限责任公司, 湖南 长沙 410117)

摘要: 研究了复合引入炼钢废渣和粉煤灰对透水混凝土性能的影响, 并对透水混凝土的透水系数和强度进行了分析。结果表明: 粉煤灰、钢渣和水泥作为胶结料复合使用, 对各物料的水化反应起到促进作用。当粉煤灰掺量为 15%、钢渣掺量为 10% 时, 透水混凝土 28 d 抗压强度和透水系数均较高。粉煤灰和钢渣复合加入, 使胶结料连接桥更致密, 强度更高。

关键词: 透水混凝土; 炼钢废渣; 粉煤灰

中图分类号: TU528 文献标志码: A 文章编号: 2095-0373(2014)03-0047-04

0 引言

随着人们生活水平的提高, 环境质量越来越受到重视。目前, 城市路面大多是普通混凝土, 普通混凝土路面不透水、不透气, 路面与大气很难进行热量交换, 容易带来“热岛效应”, 并且普通混凝土路面容易积水, 使道路行驶的舒适性和安全性降低^[1]。透水混凝土路面与普通混凝土相比, 具有良好的透水、透气性, 同时具有良好的生态效应和经济效益^[2]。钢渣是炼钢转炉或电炉产生的工业固体废弃物, 有数据表明, 我国每年钢渣排放量达 7 000 余万 t, 因此对于钢渣的高效利用具有重要意义。近几年也有关于钢渣透水混凝土的报道^[3-4], 但主要是把钢渣作为集料引入, 研究各组成材料配比对透水混凝土的影响。炼钢废渣含有一定数量的 C_2S 、 C_3S 等水硬性的矿物组成, 具有一定的水化活性^[5-7], 鉴于此, 本文拟将炼钢废渣和粉煤灰作为胶结料引入透水混凝土, 系统研究炼钢废渣和粉煤灰的双掺对透水混凝土的性能影响。

1 实验原材料与方法

1.1 原材料

选用 P·O42.5 级普通硅酸盐水泥, 比表面积为 $355\text{ m}^2/\text{kg}$; 集料为 G_2 (5.0 ~ 10.0 mm)、 G_3 (10 ~ 15 mm) 两种粒级碎石; 粉煤灰采用电厂排放的 I 级粉煤灰, 比表面积为 $591\text{ m}^2/\text{kg}$; 炼铁废渣为转炉钢渣, 比表面积为 $465\text{ m}^2/\text{kg}$; 减水剂采用聚羧酸高性能减水剂; 拌合用水是饮用自来水。由前期研究结果确定工艺参数: 集料级配为 $5G_2 \sim 5G_3$, 集灰比为 3.3, 水灰比为 0.34, 减水剂掺量 1.0%, 钢渣和粉煤灰按表 1 所示进行等质量替代水泥。

表 1 钢渣和粉煤灰掺入量

试样编号	粉煤灰添加量 / %	钢渣添加量 / %	试样编号	粉煤灰添加量 / %	钢渣添加量 / %
A1	0	0	C1	15	0
A2	0	5	C2	15	5
A3	0	10	C3	15	10
A4	0	15	C4	15	15
B1	10	0	D1	20	0
B2	10	5	D2	20	5
B3	10	10	D3	20	10
B4	10	15	D4	20	15

DOI: 10.13319/j.cnki.sjztdxzbzrb.2014.03.10

收稿日期: 2014-06-03

作者简介: 虞传海 男 1960 年出生 高级工程师

1.2 成型工艺及性能测试

透水混凝土采用多次投料水泥浆包裹工艺,搅拌机进行机械拌合。再用压力试验机进行压制成型,成型压力为 2.5 MPa,试件尺寸为 100 mm × 100 mm × 100 mm,脱模后在标准养护条件下养护 28 d 龄期进行性能测试。抗压强度的测定在压力试验机(SYE(2000 北京三宇伟业有限公司)上进行,加载速度 0.4 ~ 0.6 MPa/s,抗压强度取 3 个试件的平均值。

透水系数采用简易透水系数测定装置进行测定,如图 1 所示。测量时先将透水仪放置于试件上方,然后将试件与透水仪连接处用石蜡密封。向透水仪中加水至超过 200 mm 刻度,水不断地从试件渗出,水面逐渐下降,记录水面从 200 mm 下降至 0 mm 刻度的时间。透水系数按下式计算

$$V = H/\Delta t \quad (1)$$

式中, V 为透水系数,mm/s; H 为水位下降高度 200 mm; Δt 为水位从 200 mm 高度降至 0 mm 刻度的时间 s。

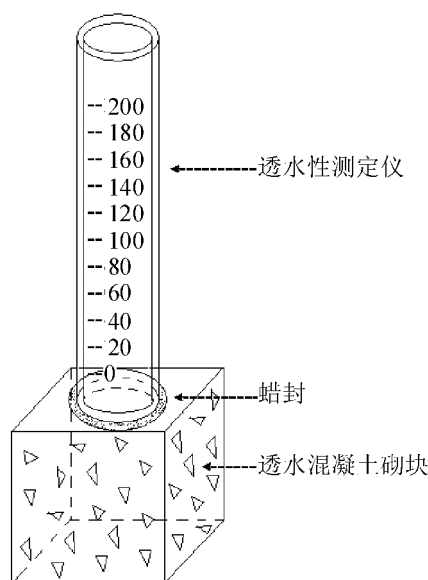


图 1 透水系数测定装置示意图

2 结果与讨论

2.1 透水混凝土透水系数的分析

在透水混凝土中掺入炼钢废渣和粉煤灰部分取代水泥作胶结料,试样的透水系数结果如图 2 所示。当不掺粉煤灰或粉煤灰的掺入量为 10%、15%、20% 时,透水系数总体的变化趋势是随着炼钢废渣掺入量的增多而增大,但变化幅度不大,在 4.1 ~ 5.6 mm/s 范围波动。由于钢渣及粉煤灰颗粒粒径很小,拌合水会包裹在其周围,提高透水混凝土的粘聚性和保水性,成型时结构均匀,不宜偏析,使得孔道结构均匀。

2.2 透水混凝土强度的分析

在透水混凝土中掺入炼钢废渣和粉煤灰部分取代水泥作胶结料,试样的抗压强度结果如图 3、图 4 所示。图 3 示出了炼钢废渣和粉煤灰的双掺对透水混凝土的 7 d 抗压强度的影响,可以看出,当不掺粉煤灰和粉煤灰的掺入量为 10%、15%、20% 时,7 d 抗压强度随着钢渣掺入量的增加而降低。并且随着钢渣和粉煤灰二者掺量同时增加,7 d 强度降低更明显。主要原因是粉煤灰和钢渣与水泥相比水化活性较低,水化速率较慢,所以标准养护至 7 d 时掺合料的水化过程还没充分发挥出来。

图 4 示出了炼钢废渣和粉煤灰的双掺对透水混凝土的 28 d 抗压强度的影响,可以看出,当不掺粉煤灰和粉煤灰的掺入量为 10%、15%、20% 时,28 d 抗压强度随着钢渣掺入量的增加先升高后又稍有降低。试验结果表明,当粉煤灰掺量为 15%,钢渣掺量为 10% 时,透水混凝土的 28 d 抗压强度最高,接近 28 MPa。粉煤灰和钢渣的双掺能够提高混凝土的强度主要原因是胶结料各组分的水化活性差异和物料的物理化学性质差别。水泥遇水后, Ca^{2+} 和 OH^- 迅速从颗粒的表面释放出来,pH 值迅速上升至大于 12.0;随着水化的进行,水化产物 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 不断结晶出来,此时钢渣的水化受到水泥水化产生的碱性环境激发,这有利于钢渣活性的发挥,生成大量的水化硅酸钙、钙矾石及 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 。这些具有大比表面积的水化产物聚集在粉煤灰颗粒周围,起着晶核的作用,从而加速粉煤灰的水化反应。同时,粉煤灰的水化反应需要 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的参与,大量 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的生成进一步促进了粉煤灰的水化进程。粉煤灰、钢渣和水泥作为胶结料复合使用,对各物料的水化反应起到互相促进作用,从而提高了透水混凝土的强度。同时粉煤灰和钢渣等质量替代水泥掺加时,由于粉煤灰和钢渣表观密度低于水泥表观密度,客观上增大了浆体体积,使得

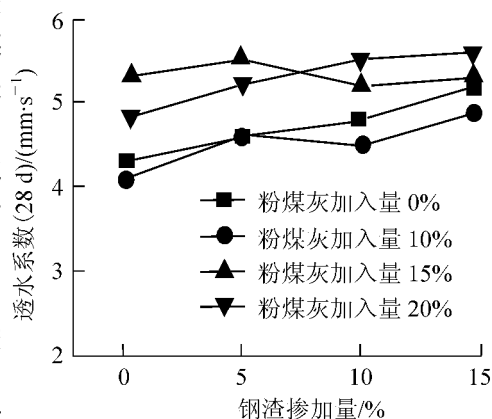


图 2 复掺钢渣和粉煤灰对透水系数的影响

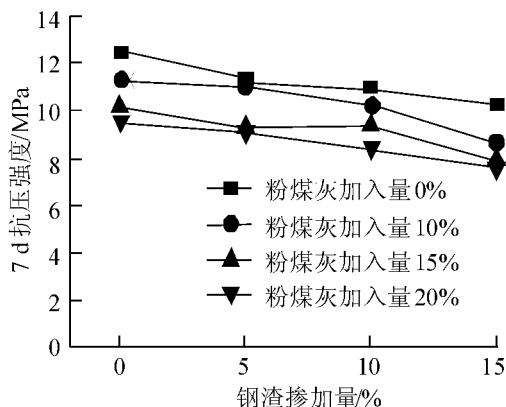


图3 复掺钢渣和粉煤灰对7d抗压强度的影响

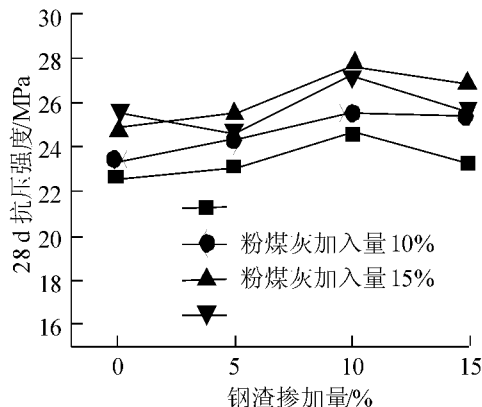


图4 钢渣和粉煤灰的双掺对28d抗压强度的影响

骨料间结合点处浆体增多,混凝土强度提高。尽管钢渣和粉煤灰的水化性能对胶结料的水化性能有一定的影响,但水泥是胶结料的主要成分,粉煤灰和钢渣的掺量都有一定的范围。

3 结论

(1) 在透水混凝土中掺入炼钢废渣和粉煤灰部分取代水泥作胶结料,试样的透水系数随着炼钢废渣掺入量的增多而增大,但总体变化幅度不大。

(2) 粉煤灰、钢渣和水泥作为胶结料复合使用,对各物料的水化反应起到互相促进作用,从而提高了透水混凝土的强度。当粉煤灰掺量为15%,钢渣掺量为10%时,透水混凝土的28d抗压强度较高。

(3) 粉煤灰和钢渣起微集料填充效应,不仅可以提高混凝土的透水性,还使胶结料连接桥更致密,强度更高。

参 考 文 献

- [1] 杨静,蒋国梁. 透水性混凝土路面材料强度的研究[J]. 混凝土, 2000, 132(10): 27-30.
- [2] 刘肖凡,白晓辉,王展展,等. 粉煤灰改性透水混凝土试验研究[J]. 混凝土与水泥制品, 2014, (1): 20-23.
- [3] 杨刚,王幼琴,金强,等. 钢渣透水混凝土透水系数影响因素试验与分析[J]. 工业建筑, 2010, 40(S1): 837-839.
- [4] 冯敏,郭鹏,王瑞燕. 钢渣透水混凝土影响因素研究[J]. 重庆交通大学学报: 自然科学版, 2011, 30(2): 246-249.
- [5] 朱航,丁庆军,彭艳周,等. 钢渣矿粉混凝土的物理力学性能研究[J]. 武汉理工大学学报, 2005, 27(1): 40-44.
- [6] 王强,阎培渝,韩松. 钢渣在复合胶凝材料的水化过程中对水泥水化的影响[J]. 中国科学: 技术科学, 2011, 41(2): 170-176.
- [7] 徐伟,陆小军,富莹. 生态型透水混凝土透水性能试验研究[J]. 混凝土与水泥制品, 2013(3): 5-8.

Effect of Co-doped Steel Slag and Fly Ash on Performance of Permeable Concrete

Yu Chuanhai¹, Zhang Zhiguo²

(1. Beijing Tiecheng Construction Supervision Co., Ltd., Beijing 100855, China;

2. The 1st Engineering Company of the 5th China Railway Engineering Group Co., Ltd., Changsha 410117, China)

Abstract: The effect of steel slag and fly ash additive on permeability and mechanical properties of permeable concrete is investigated. The results show that the multi-binder with fly ash, steel slag and cement has a significant impact on the permeability and compressive strength of permeable concrete specimen. When the co-doped admixture is added with fly ash (wt. 15%) and steel slag (wt. 10%), good mechanical properties and high permeability coefficient are obtained. Fly ash and steel slag has a micro-aggregate filling effect on the concrete interface.

Key words: permeable concrete; steel slag; fly ash

(责任编辑 刘宪福)