

钢渣粉和粉煤灰复掺对高性能混凝土性能的影响

王根立¹, 李昌林², 王振兴³

¹山东省公路桥梁建设集团有限公司 山东济南

²山东永利达新材料技术有限公司 山东济南

³济南大学材料科学与工程学院 山东济南

【摘要】将钢渣粉掺入高性能混凝土中取代部分胶凝材料,可以提高工业固体废弃材料的利用,有效保护环境,本文主要研究钢渣粉和粉煤灰复掺或单掺对高性能混凝土抗压强度和抗渗性能等的影响。结果表明:钢渣粉和粉煤灰复掺或单掺制备高性能混凝土是可行的,钢渣粉的掺入,对高性能混凝土抗压强度影响不大,可以提高高性能混凝土抗渗性能。

【关键词】钢渣粉; 矿物掺合料; 高性能混凝土; 抗压强度; 抗渗性能

【收稿日期】2023 年 1 月 12 日 **【出刊日期】**2023 年 2 月 19 日 **【DOI】**10.12208/j.ace.20230005

Effect of steel slag powder and fly ash compounding on the properties of high-performance concrete

Genli Wang¹, Changlin Li², Zhenxing Wang³

¹Shandong Highway and Bridge Construction Group Co., Ltd., Jinan

²Shandong Yonglida New Material Technology Co., Ltd., Jinan

³School of Materials Science and Engineering, University of Jinan

【Abstract】The steel slag powder mixed with high-performance concrete to replace some cementitious materials, can improve the utilization of industrial solid waste materials, effectively protect the environment, this paper mainly studies the effect of steel slag powder and fly ash mixed or single doped on the compressive strength and impermeability of high-performance concrete. The results show that it is feasible to prepare high-performance concrete by compounding or single doping of steel slag powder and fly ash, and the addition of steel slag powder has little effect on the compressive strength of high-performance concrete, which can improve the impermeability of high-performance concrete.

【Keywords】Steel slag powder; Mineral admixtures; High-performance concrete; Compressive strength; Impermeability

1 引言

随着我国工业建筑行业的快速发展,以钢渣、矿渣、粉煤灰和石灰石灰为代表的工业固体废弃物不可避免的快速增长。截至目前,我国钢铁年产量已经达 10 亿吨,超过全球总产量的 50%。而工业固体废弃物的综合利用率超过 60%,但仍有超过 30% 的工业固体废弃物被处置、或倒置,我国的工业固体废弃物综合利用率呈现出逐年递增的良好趋势,但是还有很大的提高空间^[1-3]。在钢渣粉混凝土的使用性能方面,大量学者和专家开展了大量的研究工

作。很多学者和专家对高性能混凝土中的外部材料复合掺入方面也达到了共识,支持在高性能混凝土制备过程中,加入更多的工业化固体废弃物^[4,5]。通常情况下,人们所说的工业化固体废弃物主要包括在粗放型生产中出现的道路建筑材料、房屋构筑材料、工业废料如粉煤灰或钢渣粉或矿渣粉、矿石开发厂废弃物如石灰石粉或石膏粉或钡渣粉,农田肥料、水泥厂生产原料或废料等^[6,7]。现阶段,选择钢渣粉-粉煤灰作为,并积极掺入脱硫石膏、尾矿渣、矿粉等材料,复合配比组成新的高性能混凝土,能

第一作者简介:王根立(1988-)男,硕士,工程师,山东省公路桥梁建设集团有限公司,研究方向为高性能混凝土

够提高高性能混凝土的综合性能, 同时还能够更高效地利用工业化固体废弃物, 提升固体废弃材料的综合利用价值^[8-10]。本文针对钢渣粉, 利用钢渣粉和粉煤灰复掺或单掺制备高性能混凝土, 笔者研究钢渣粉和粉煤灰的掺量对高性能混凝土抗压强度和抗渗性能的影响。

2 原材料与试验仪器、试验设计方案

2.1 原材料

水泥: PO 42.5, 比表面积 326 kg/m³, 烧失量 1.46%, 山东省济南市山水集团总厂产; 粉煤灰: F 类, II 级, 细度 20.4%, 需水量比 104%, 烧失量 2.46%, 为山东省济南市黄台电厂产; 钢渣粉: 采用山东省济南市山钢集团生产的钢渣粉, 比表面积 402 kg/m³, 氯离子含量为 0.0004%; 砂: 天然河砂, 属于 II 区中砂, 颗粒级配良好, 细度模数为 2.90, 含泥量 2.1%, 泥块含量 0.4%, 比表面积 2640 kg/m³, 为山东省济南市莱芜区某砂厂产; 石: 碎石, 5mm-25mm 连续

级配, 颗粒级配良好, 含泥量 0.6%, 泥块含量 0.1%, 比表面积 2680 kg/m³, 针片状颗粒含量 4.9%, 压碎值 8.2%, 为山东省济南市章丘某石料厂产; 外加剂: 标准型聚羧酸系高性能减水剂, 减水率 >25%, 来自山东建筑科学研究院有限公司产; 水: 为引用自来水。其 PO425 水泥和粉煤灰、钢渣粉的化学成分见表 1 所示。

2.2 试验仪器

SY-60 型强制式混凝土搅拌机、WT-101 电子分析天平、HT-7 混凝土含气量测定仪、SY-3000 型万能试验压力机、QZ 全自动混凝土抗渗仪、抗压强度试模和直尺, 等等。

2.3 试验设计方案

本文以 C30 高性能混凝土为基准, 就钢渣粉和粉煤灰复掺或单掺对高性能混凝土性能 (抗压强度和抗渗性能) 影响进行试验研究, 其高性能混凝土配合比如表 2 所示。

表 1 PO425 水泥、粉煤灰、钢渣粉的化学成分分析

名称	化学成分/% (w)									
	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	P ₂ O ₃	Loss
PO42.5	22.62	60.91	3.34	7.15	1.40	1.67	1.26	1.35	0.23	1.31
粉煤灰	52.24	23.68	6.42	28.49	1.64	2.55	0.4	1.82	0.18	2.51
钢渣粉	13.25	45.47	21.96	4.24	0.93	3.24	1.46	1.53	2.08	5.86

表 2 C30—钢渣粉和粉煤灰复掺的高性能混凝土配合比

编号	水泥 /kg	粉煤灰/kg	钢渣粉/kg	河砂/kg	石/kg	用水量/kg	水灰比	砂率	减水剂/%
1 [#]	212	174	0	809	989	166	0.43	0.45	1.5
2 [#]	212	155	19	809	989	166	0.43	0.45	1.6
3 [#]	212	135	39	809	989	166	0.43	0.45	1.6
4 [#]	212	116	58	809	989	166	0.43	0.45	1.7
5 [#]	212	97	77	809	989	166	0.43	0.45	1.8
6 [#]	212	78	96	809	989	166	0.43	0.45	1.9
7 [#]	212	58	116	809	989	166	0.43	0.45	2.0
8 [#]	212	39	135	809	989	166	0.43	0.45	2.0
9 [#]	212	19	154	809	989	166	0.43	0.45	2.1
10 [#]	212	0	174	809	989	166	0.43	0.45	2.2

3 试验结果与数据分析

3.1 钢渣粉和粉煤灰复掺或单掺对高性能混凝土抗压强度的影响

表 3 为钢渣粉和粉煤灰复掺或单掺对 C30 高性

能混凝土抗压强度的影响。从表 3 中试验结果可以看出: 针对不同龄期抗压强度而言, 钢渣粉的加入, 对高性能混凝土早期和后期抗压强度影响规律不同; 对高性能混凝土 (3d 和 7d) 早期抗压强度而言,

随着矿物掺合料中钢渣粉掺量的不断增加, 其 C30 高性能混凝土 (3d 和 7d) 早期抗压强度逐渐下降, 且钢渣粉掺量的越高, 其高性能混凝土 (3d 和 7d) 早期抗压强度下降越明显; 对高性能混凝土 (28d 和 56d) 后期抗压强度而言, 当矿物掺合料中钢渣粉所占比例不超过 55% 时, 随着矿物掺合料中钢渣粉掺量的不断增加, 其 C30 高性能混凝土后期抗压强度变化不大, 即当钢渣粉掺量不超过 55% 时, 对高性能混凝土 (28d 和 56d) 后期强度基本没有影响; 当矿物掺合料中钢渣粉所占比例超过 55% 时, 随着矿物掺合料中钢渣粉掺量的不断增加, 其 C30 高性

能混凝土 (28d 和 56d) 后期抗压强度逐渐下降, 且钢渣粉掺量越高, 其 C30 高性能混凝土 (28d 和 56d) 后期抗压强度下降越明显。综合考虑钢渣粉和粉煤灰复掺或单掺对 C30 高性能混凝土抗压强度 (早期和后期抗压强度等) 的影响规律, 其钢渣粉在矿物掺合料中的所占比例宜控制在 55% 之内。

3.2 钢渣粉和粉煤灰复掺或单掺对高性能混凝土抗渗性能的影响

钢渣粉和粉煤灰复掺或单掺对 C30 高性能混凝土抗渗性能如表 4 和图 1 所示。从表 4 试验数据和图 1 中可以看出:

表 3 钢渣粉和粉煤灰复掺或单掺对 C30 高性能混凝土抗压强度的影响

编号	粉煤灰/kg	钢渣粉/kg	抗压强度 /MPa			
			3d	7d	28d	56d
1#	174	0	22.4	28.6	33.6	35.9
2#	155	19	21.3	28.3	33.5	35.7
3#	135	39	20.9	27.6	33.1	35.4
4#	116	58	19.2	26.8	32.4	36.2
5#	97	77	18.6	26.0	32.8	35.6
6#	78	96	18.2	25.1	32.0	36.1
7#	58	116	17.4	24.3	31.8	34.8
8#	39	135	16.7	22.9	30.9	34.0
9#	19	154	15.8	22.1	30.4	33.2
10#	0	174	14.6	20.6	29.2	31.7

表 4 钢渣粉和粉煤灰复掺或单掺对 C30 高性能混凝土抗渗性能的影响

序号	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	9#	10#
粉煤灰 /kg	174	155	135	116	97	78	58	39	19	0
钢渣粉 /kg	0	19	39	58	77	96	116	135	154	174
渗水高度 D_m /mm	32.8	31.1	30.7	28.3	26.9	21.5	18.6	14.4	10.6	6.7
相对渗透系数 $/10^{-10} \text{cm/s}$	3.25	3.13	3.06	2.89	2.52	1.89	0.94	0.64	0.35	0.16

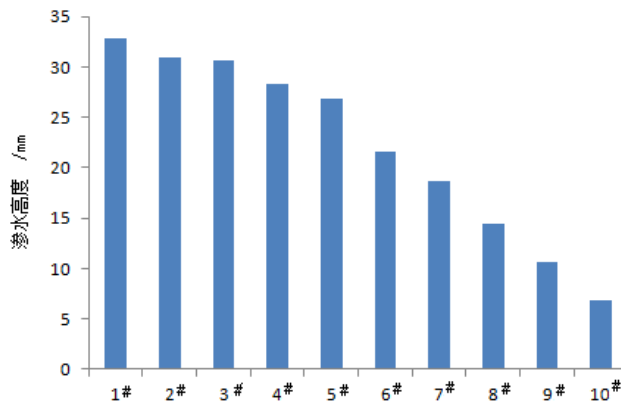


图 1 钢渣粉和粉煤灰复掺或单掺对 C30 高性能混凝土渗水高度的影响

针对高性能混凝土抗渗性能而言,随着矿物掺合料中钢渣粉掺量的逐渐增加,其 C30 高性能混凝土渗水高度逐渐下降,相对渗透系数也逐渐下降,且钢渣粉的掺量越高,其 C30 高性能混凝土渗水高度和相对渗透系数下降越明显;这说明:钢渣粉的掺入,可以大大提高高性能混凝土的抗渗性能,也就是说,相对于粉煤灰而言,其钢渣粉的加入,能更好地改善高性能混凝土的抗渗性能。

4 结论

(1) 钢渣粉和粉煤灰作为矿物掺合料复掺或单掺,制备高性能混凝土是可行的。

(2) 根据钢渣粉和粉煤灰复掺或单掺对 C30 高性能混凝土抗压强度(早期和后期抗压强度等)的影响规律,其钢渣粉在矿物掺合料中的所占比例宜控制在 55%之内。

(3) 钢渣粉的加入,可以大大提高 C30 高性能混凝土的抗渗性能;相对于粉煤灰而言,其钢渣粉的加入,能更好地改善高性能混凝土的抗渗性能。

参考文献

- [1] 孙树杉, 杨景玲, 朱桂林. 我国钢铁渣资源化利用现状及发展趋势[J]. 中国废钢铁, 2010 (1): 10-12.
- [2] 王强, 阎培渝. 大掺量钢渣复合胶凝材料早期水化性能和浆体结构[J]. 硅酸盐学报, 2008, (10): 67-71.
- [3] 朱航, 丁庆军, 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): 40-43.
- [4] 肖阳, 张守杰. 引气剂对混凝土抗冻性和抗渗性影响研究[J]. 黑龙江水利, 2015, (6): 38-42.
- [5] 张如林. 机制砂石粉含量对混凝土的性能影响研究[J]. 混凝土, 2016, (03): 34-35.
- [6] 周白露, 丁华柱, 陈乔, 刘围. 磨细钢渣粉对混凝土力学性能的影响[J]. 粉煤灰, 2016, (06): 13-15.
- [7] 王戎. 钢渣粉对混凝土性能的影响[J]. 山东农业大学学报, 2019, 6 (2): 221-224.
- [8] 蔡琪璜. 磨细钢渣粉对水泥混凝土性能影响的研究[J]. 混凝土与水泥制品, 2012, (05): 5-8.
- [9] 邹启贤, 喻世涛. 钢渣微粉对高强混凝土性能的影响[J]. 混凝土与水泥制品, 2009, (04): 12-15.
- [10] 李志军, 侍克斌, 努尔开力·依孜特罗甫. 锂渣、钢渣高性能混凝土早期抗裂性能试验研究[J]. 混凝土, 2013, (02): 25-27.

版权声明: ©2023 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS