

磨细钢渣粉和矿渣粉复掺对C60高性能混凝土性能的影响

杜少博^{1*}, 徐晓雨²

¹济南路捷新型建材有限公司, 山东 济南

²海阳市兆国商砼有限公司, 山东 烟台

收稿日期: 2023年11月28日; 录用日期: 2024年1月10日; 发布日期: 2024年1月16日

摘要

使用磨细钢渣粉和矿渣粉复掺制备C60高性能混凝土, 研究磨细钢渣粉和矿渣粉两者复掺或单掺对C60高性能混凝土抗压强度和抗渗性能的影响。试验结果: 与单掺磨细钢渣粉相比、与单掺矿渣粉相比, 磨细钢渣粉和矿渣粉两者复掺时, 其C60高性能混凝土的抗压强度和抗渗性能最佳, 单掺矿渣粉的次之, 单掺磨细钢渣粉的最差。

关键词

钢渣粉, 矿渣粉, 高性能混凝土, 抗压强度, 抗渗性能

Effect of Grinding Fine Steel Slag Powder and Slag Powder on the Properties of C60 High-Performance Concrete

Shaobo Du^{1*}, Xiaoyu Xu²

¹Jinan Yujie New Building Materials Co., Ltd., Jinan Shandong

²Haiyang Zhaoguo Commercial Concrete Co., Ltd., Yantai Shandong

Received: Nov. 28th, 2023; accepted: Jan. 10th, 2024; published: Jan. 16th, 2024

Abstract

C60 high-performance concrete was prepared by mixing fine steel slag powder and slag powder,

*第一作者。

文章引用: 杜少博, 徐晓雨. 磨细钢渣粉和矿渣粉复掺对 C60 高性能混凝土性能的影响[J]. 材料化学前沿, 2024, 12(1): 29-33. DOI: 10.12677/amc.2024.121005

and the effects of compound or single doping of ground steel slag powder and slag powder on the compressive strength and impermeability of C60 high-performance concrete were studied. Test results: Compared with single-doped fine steel slag powder and single-doped slag powder, when the grinding fine steel slag powder and slag powder are mixed together, the compressive strength and impermeability of C60 high-performance concrete are the best, followed by single-doped slag powder, and the single-doped fine steel slag powder is the worst.

Keywords

Steel Slag Powder, Slag Powder, High-Performance Concrete, Compressive Strength, Impermeability

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

全国每年钢渣排放量大概 4000 多万吨, 大部分未能加以高附加值的有效利用。转炉渣和平炉渣后期的矿物组成中含有一定数量的水泥熟料矿物组成, 如 C_3S 、 C_2S 及 C_2F 等, 钢渣粉中的矿物晶体生产良好, 结晶完整, 晶粒粗大, 缺陷少, 水化活性低, 因此钢渣粉的胶凝活性与水泥相比差不多, 但同时也存在着较大的提升空间[1] [2]。钢渣粉掺入到高性能混凝土中, 可降低水泥胶体的水化热, 提高混凝土结构的耐磨性, 是否可以改善高性能混凝土的工作性能、力学性能和耐久性等, 这些工作已经有不少学者和专家进行相关研究[3] [4]。近年来将钢渣作为水泥混合料、混凝土掺合料或者粗细集料用于建筑材料中使其得到一定程度的利用[5] [6] [7]。近些年, 许多国内外钢铁企业或研究院的研究者和专家通过优化冶炼技术, 不断更新钢渣预处理方法, 形成了多种钢渣处理工艺技术, 提高了钢渣的综合利用率, 但不同处理工艺得到的钢渣的安定性、均匀性、粒度和活性存在较大差异[8] [9]。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[9] [10] [11]。大量学者和专家的工作: 研究钢渣粉对普通混凝土(C50 及以下)工作性能、力学性能、耐久性的影响; 且钢渣粉普通混凝土已经在各建筑工程中得到应用, 且钢渣粉混凝土各种性能指标满足相关标准和工程的需要; 笔者主要研究钢渣粉在 C60 高性能混凝土的应用。

本文针对磨细钢渣粉和矿渣粉复掺或单掺制备 C60 高性能混凝土, 笔者研究磨细钢渣粉和矿渣粉的不同复掺比例下, 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

海螺 PII52.5 水泥, 来源于安徽省芜湖市海螺集团有限公司; 细度 1.0% (320 目筛); 比表面积 372 kg/m^3 ; 安定性合格; 游离氧化钙和游离氧化镁合格; 初凝时间和终凝时间分别为 115 min 和 235 min; 3 d 和 28 d 抗折强度分别为 5.8 MPa 和 8.4 MPa; 3 d 和 28 d 抗压强度分别为 32.5 MPa 和 59.7 MPa。

磨细钢渣粉: 来源于安徽省马鞍山市马钢集团总部生产的磨细钢渣粉; 细度 0.8% (200 目筛); 比表面积 416 kg/m^3 ; 烧失量 1.36%; 碱含量 1.8%。

S105 级矿渣粉: 来源于安徽省马鞍山市马钢集团总部生产的矿粉; 比表面积 406 kg/m^3 ; 流动度比

107%; 烧失量 1.25%; 活性指数 98%; 碱含量 0.82%; SO_3 含量 1.17%。

天然河砂, II区中砂; 来源于安徽省合肥市肥西县某砂场; 颗粒级配良好; 含泥量 1.6%; 泥块含量 0.3%; 细度模数为 3.00; 比表面积 2610 kg/m^3 ; 坚固性 6.5%; 氯离子含量 0.004%。

碎石, 来源于安徽省芜湖市某石料场; 5 mm~10 mm 和 10 mm~20 mm 两级配搭配(3:7); 含泥量 0.3%; 泥块含量 0%; 比表面积 2660 kg/m^3 ; 颗粒级配良好; 针片状颗粒含量 6.5%; 压碎值 7.2%; 坚固性 7.5%。

聚羧酸系高性能减水剂, 来源于江苏苏博特建材科技有限公司; 减水率 $> 30\%$; 含气量 $< 3.0\%$; 氯离子含量 0.006%; 碱含量 1.25%; 硫酸钠含量 2.10%。

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。

Table 1. PO425 Chemical composition analysis of cement, fly ash and steel slag powder

表 1. PO425 水泥、粉煤灰、钢渣粉的化学成分分析

名称	化学成分/(%)									
	SiO_2	CaO	Fe_2O_3	Al_2O_3	SO_3	K_2O	Na_2O	MgO	P_2O_3	Loss
PII42.5	21.37	61.42	4.68	7.56	1.02	1.10	0.26	0.84	0.34	1.31
矿粉	19.24	40.68	23.42	7.49	1.64	2.55	0.41	1.82	0.15	2.57
钢渣粉	14.86	44.61	20.75	5.24	0.43	2.24	1.16	1.72	2.08	6.86

2.2. 试验仪器

单卧式混凝土强制式搅拌机 S60、万能压力试验机 SY1000, 全自动混凝土抗渗仪 TK04、混凝土振动台 T01、电子分析天平 WP201、抗压强度试模、抗渗性试模、等等。

2.3. 试验设计方案

本文以磨细钢渣粉和矿渣粉复掺或单掺制备 C60 高性能混凝土, 研究磨细钢渣粉和矿粉复掺或单掺对高性能混凝土性能(抗压强度和抗渗性能), 其 C60 高性能混凝土配合比如表 2 所示。

Table 2. C60 Mix ratio design of ground fine steel slag powder and slag powder mixed with high performance concrete

表 2. C60 磨细钢渣粉和矿渣粉复掺高性能混凝土配合比设计

编号	水泥/kg	矿渣粉/kg	钢渣粉/kg	河砂/kg	石/kg	用水量/kg	水灰比	砂率	外加剂/%
1 [#]	424	93	0	643	1095	165	0.32	0.37	1.2
2 [#]	424	83	10	643	1095	165	0.32	0.37	1.2
3 [#]	424	72	21	643	1095	165	0.32	0.37	1.2
4 [#]	424	62	31	643	1095	165	0.32	0.37	1.3
5 [#]	424	52	41	643	1095	165	0.32	0.37	1.4
6 [#]	424	41	52	643	1095	165	0.32	0.37	1.4
7 [#]	424	31	62	643	1095	165	0.32	0.37	1.5
8 [#]	424	21	72	643	1095	165	0.32	0.37	1.5
9 [#]	424	10	83	643	1095	165	0.32	0.37	1.6
10 [#]	424	0	93	643	1095	165	0.32	0.37	1.6

3. 试验分析

3.1. 磨细钢渣粉和矿渣粉复掺或单掺对 C60 高性能混凝土力学性能的影响

表 3 为磨细钢渣粉和矿渣粉复掺或单掺对 C60 高性能混凝土抗压强度的影响。

从表 3 中可知: 与单掺磨细钢渣粉、或单掺矿渣粉相比, 磨细钢渣粉和矿粉两者复掺时, 其 C60 高性能的抗压强度最高, 单掺矿渣粉(1#试样)的 C60 高性能混凝土的抗压强度次之, 单掺磨细钢渣粉(10#试样)的 C60 高性能混凝土的抗压强度最低; 不论是早期强度(1 d 和 3 d), 还是后期强度(7 d 和 28 d), 磨细钢渣粉或矿渣粉掺量的变化, 对 C60 高性能混凝土抗压强度影响规律一致; 从表 3 中还可以看出: 当磨细钢渣粉和矿渣粉两者复掺时, 随着矿物掺合料中磨细钢渣粉比例的增加, 其 C60 高性能混凝土抗压强度先逐渐增加而后逐渐下降, 当磨细钢渣粉和矿粉复掺比例为 4:5 时, 其 C60 高性能混凝土抗压强度达到最大值, 如 5#试样的 1 d、3 d、7 d 和 28 d 抗压强度分别为 37.8 MPa、48.4 MPa、65.7 MPa 和 75.6 MPa。因此: 根据磨细钢渣粉和矿渣粉不同复掺比例对 C60 高性能混凝土早期和后期抗压强度的影响规律, 磨细钢渣粉和矿粉的最佳复掺比例为 4:5。

Table 3. Effect of remixing or single mixing of fine steel slag powder and slag powder on the compressive strength of C60 high performance concrete

表 3. 磨细钢渣粉和矿渣粉复掺或单掺对 C60 高性能混凝土抗压强度的影响

编号	矿渣粉/kg	磨细钢渣粉/%	抗压强度/MPa			
			1 d	3 d	7 d	28 d
1#	93	0	34.3	45.6	60.7	71.2
2#	83	10	35.5	46.8	62.0	72.4
3#	72	21	36.2	47.2	63.5	73.5
4#	62	31	36.9	47.8	54.9	74.3
5#	52	41	37.8	48.4	65.7	75.6
6#	41	52	36.3	46.9	65.0	74.8
7#	31	62	34.8	44.6	63.4	73.6
8#	21	72	33.4	42.8	61.8	71.8
9#	10	83	30.7	40.5	60.5	69.4
10#	0	93	28.4	37.7	58.3	66.2

3.2. 磨细钢渣粉和矿渣粉复掺或单掺对 C60 高性能混凝土抗渗性能的影响

表 4 为磨细钢渣粉和矿渣粉复掺或单掺对 C60 高性能混凝土抗渗性能的影响。

Table 4. Effects of remixing or single mixing of fine steel slag powder and slag powder on the impermeability performance of C60 high performance concrete

表 4. 磨细钢渣粉和矿渣粉复掺或单掺对 C60 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#
矿渣粉/kg	93	83	72	62	52	41	31	21	10	0
磨细钢渣粉/kg	0	10	21	31	41	52	62	72	83	93
渗水高度 D_m /mm	52.8	38.9	26.7	18.0	22.5	31.8	50.8	70.9	88.7	110.3
相对渗透系数/ 10^{-10} cm/s	4.65	3.75	2.51	0.96	2.41	3.60	4.16	5.75	7.50	10.84

从表 4 中可知: 当利用矿物掺合料磨细钢渣粉和矿渣粉复掺制备 C60 高性能混凝土时, 与单掺磨细钢渣粉相比, 或与单掺矿渣粉相比, 磨细钢渣粉和矿渣粉两者复掺时, 其 C60 高性能混凝土的渗水高度最小、渗透系数最低, 即磨细钢渣粉和矿渣粉两者复掺时抗渗效果最好, 单掺矿渣粉(1#试样)的抗渗效果次之, 单掺磨细钢渣粉(10#试样)的抗渗效果最差; 从表 4 的试验数据还可以看出: 当磨细钢渣粉和矿渣粉两者复掺时, 随着矿物掺合料中磨细钢渣粉所占比例的增加, 其 C60 高性能混凝土渗水高度先逐渐下降而后逐渐增加, 当磨细钢渣粉和矿渣粉两者复掺比例为 1:2 时(4#试样), 其 C60 高性能混凝土渗水高度最低。主要原因: 磨细钢渣粉和矿渣粉两种掺合料对混凝土结构影响不同, 但是两种掺合料相互复掺时, 可以相互补充、相互叠加、相互交叉, 使两者复掺时的效果优于单掺钢渣粉或单掺矿粉; 由于矿渣粉的活性效果和填充效果优于钢渣粉, 所以矿渣粉的比例高的效果更好; 当钢渣粉和矿渣粉的各种作用效果综合在一起时, 当钢渣粉和矿渣粉的复掺比例为 1:2 的效果最佳。综合考虑磨细钢渣粉和矿渣粉对 C60 高性能混凝土渗水高度和渗透系数的影响, 其磨细钢渣粉和矿渣粉两者最佳复掺比例为 1:2。

4. 结论

(1) 与单掺磨细钢渣粉或矿渣粉相比, 磨细钢渣粉和矿粉两者复掺时的抗压强度最高; 单掺矿渣粉的抗压强度次之; 单掺磨细钢渣粉的抗压强度最低。

(2) 与单掺磨细钢渣粉或矿渣粉相比, 磨细钢渣粉和矿粉两者复掺时的抗渗效果最好; 单掺矿渣粉的抗渗效果次之; 单掺磨细钢渣粉的抗渗效果最差。

(3) 对抗压强度而言, 其磨细钢渣粉和矿渣粉两者最佳复掺比例为 4:5; 对抗渗性能而言, 其磨细钢渣粉和矿渣粉两者最佳复掺比例为 1:2。

参考文献

- [1] 朱训国, 王利芬, 赵双, 王兆毅, 何传琪, 刘星池. 钢渣混凝土抗冻与抗渗性能研究[J]. 四川建筑科学研究, 2019, 45(3): 106-109.
- [2] 高志扬, 王圣文, 吕兴栋, 李响, 蒋科. 钢渣粉-水泥复合体系水化热及动力学研究[J]. 长江科学院院报, 2018, 35(12): 138-142.
- [3] 张孜孜. 安定性良好的高活性钢渣制备及其性能研究[D]: [硕士学位论文]. 唐山: 华北理工大学, 2018.
- [4] 宋凯强, 刘福田. 钢渣微粉与矿渣粉对混凝土性能及水化机理的影响研究[J]. 水泥工程, 2015(4): 76-80.
- [5] 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(2): 25-27.
- [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(6): 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] 刘智伟. 电炉钢渣铁组分回收及尾泥制备水泥材料的技术基础研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 北京科技大学, 2016.
- [9] 程岚. 双掺秸秆灰钢渣绿色混凝土配合比设计及性能研究[D]: [硕士学位论文]. 张家口: 河北建筑工程学院, 2019.
- [10] 张朝晖, 廖杰龙, 巨建涛, 等. 钢渣处理工艺与国内外钢渣利用技术[J]. 钢铁研究学报, 2013, 25(7): 1-4.
- [11] 李鹏冠, 赵凤清. 保持高胶凝活性的钢渣安定性处理工艺[J]. 钢铁研究学报, 2016, 28(7): 26-31.