

赤泥矿热炉渣粉和石粉对水泥净浆流动性能的影响研究

曹泽雪¹, 陈飞², 唐胜彬², 曾建民^{2*}

¹广西大学土木建筑工程学院, 广西 南宁

²广西大学资源环境与材料学院, 广西 南宁

Email: *18235116882@163.com

收稿日期: 2021年8月20日; 录用日期: 2021年9月19日; 发布日期: 2021年9月26日

摘要

为了进一步研究赤泥矿热炉渣粉对混凝土工作性能的影响, 通过开展含赤泥矿热炉渣粉所制备的水泥净浆流动性能试验研究, 研究结果表明, 含赤泥矿热炉渣粉水泥砂浆的流动性, 不仅受水泥含量的影响, 同时还受到石粉含量和赤泥矿热炉渣粉含量的影响。水泥含量越高, 砂浆的流动性越低。赤泥矿热炉渣粉含量越高流动性越好, 水泥含量相等的砂浆中石粉含量越大, 砂浆流动性越差。

关键词

赤泥矿热炉渣粉, 水泥净浆, 流动性

Effect of Red Mud Ore Hot Slag Powder and Stone Powder on Fluidity of Cement Paste

Zexue Cao¹, Fei Chen², Shengbin Tang², Jianmin Zeng^{2*}

¹School of Civil Engineering and Architecture, Guangxi University, Nanning Guangxi

²College of Resources, Environment and Materials, Guangxi University, Nanning Guangxi

Email: *18235116882@163.com

Received: Aug. 20th, 2021; accepted: Sep. 19th, 2021; published: Sep. 26th, 2021

Abstract

In order to further study red mud ore hot slag powder on the properties of concrete work, by

*通讯作者。

文章引用: 曹泽雪, 陈飞, 唐胜彬, 曾建民. 赤泥矿热炉渣粉和石粉对水泥净浆流动性能的影响研究[J]. 土木工程, 2021, 10(9): 857-863. DOI: 10.12677/hjce.2021.109097

conducting containing red mud ore hot slag powder preparation by net cement slurry flow performance test and research, the results show that the red mud ore hot slag powder cement mortar containing red mud liquid, not only because of the influence of cement content, at the same time also received stone powder content and the influence of red mud ore hot slag powder content. The higher the cement content, the lower the fluidity of mortar. The higher the content of red mud ore hot slag powder, the better the fluidity, and the higher the content of stone powder in mortar with the same cement content, the worse the fluidity of mortar.

Keywords

Red Mud Ore Hot Slag Powder, Cement Paste, Fluidity

Copyright © 2021 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. 概述

赤泥矿热炉渣粉是在利用赤泥在矿热炉内进行镍铁合金制备过程中产生的固态废渣，每生产 1 吨的赤泥合金，产生 0.5~1.5 吨的固态废渣[1]。含赤泥矿热炉渣粉 30% 的水泥净浆样品 90 d 内强度的持续增加，90 d 抗压强度超过 PII 52.5 水泥样品同龄期的强度[2]。赤泥矿热炉渣粉的组分和产生条件与高炉矿渣粉相似，同时具有较高的潜在水化特性，因此赤泥矿热炉渣粉具有潜在的水泥活性混合材和混凝土掺合料的用途[3] [4]。

为了进一步弄清含赤泥矿热炉渣粉作为混凝土掺合料使用时对混凝土工作性能的影响，本文首次采用该材料作为混凝土制备的胶凝材料组分，依据净浆流动度指标作为衡量混凝土工作性能指标，来研究赤泥矿热炉渣粉是如何影响水泥净浆流动性能的。

2. 原材料与实验方法

2.1. 实验设备与方案

1) 实验设备: XRD 采用丹东通达射线公司的 TD2500 衍射仪进行检测, 用于检测原材料的矿物特征; 粉体细度检测采用激光粒度仪为丹东百特仪器有限公司生产的 BT-9300H 型的激光粒度仪, 可以获得样品的颗粒分布情况; 粉体制备采用实验小磨 SM ϕ 500 \times 500 mm, 装料量为 5 Kg; 净浆流动性能检测采用 GB/T 8077 试验方法进行检测。

2) 实验方案: 相同粗细骨料含量条件下, 影响混凝土流动性能的物质因素是混凝土中净浆流动性。影响净浆流动性的因素有外加剂种类及掺入量、水胶比和构成净浆的水泥和掺合料的种类与含量。本文实验中的外加剂掺入量固定为 1.3% 和水胶比 0.28, 固定水泥种类为 PII 52.5 水泥。实验考查水泥、赤泥矿热炉渣粉和石粉含量对水泥、赤泥矿热炉渣粉和石粉含量对混凝土中净浆流动性的影响规律。表 1 和表 2 是各试验样品的物料组成。表 1 样品主要考查水泥含量对胶凝材料净浆流动性能的影响规律, 表 2 主要考查赤泥矿热炉渣粉或石粉的影响规律。样品编号中的 C 代表水泥、K 代表赤泥矿热炉渣粉、F 代表石粉, C70K20F10 代表水泥含量为 70%、赤泥矿热炉渣粉含量为 20% 和石粉含量为 10% 的胶凝材料样品。赤泥矿热炉渣粉和石粉的掺入量设计在水泥生产加入的混合材许可加入量与混凝土掺合料常规配入量范围。

Table 1. The cement content parameter changes the material composition of the sample
表 1. 水泥含量参数变更样品的物料组成

编号	水泥	矿粉	石粉
C50K25F25	50%	25.0%	25.0%
C60K20F20	60%	20%	20%
C70K15F15	70%	15%	15%
C80K10F10	80%	10.0%	10.0%
C90K05F05	90%	5.0%	5.0%

Table 2. Mineral and stone powder content parameters change the material composition of the sample
表 2. 矿粉和石粉含量参数变更样品的物料组成

编号	水泥	矿粉	石粉
C70K30F00	70%	30%	0
C70K20F10	70%	20%	10%
C70K15F15	70%	15%	15%
C70K10F20	70%	10%	20%
C70K00F30	70%	0	30%

2.2. 实验原材料特征

赤泥矿热炉渣粉为镍铁合金冶炼渣粉磨至比表面积后用于样品制备。赤泥矿热炉渣粉的化学组成见表 3 所示，赤泥矿热炉渣粉的 XRD 测试结果见图 1，由 XRD 图谱可见，该矿渣主要以玻璃态的形式存在。

Table 3. Chemical composition of red mud slag powder
表 3. 赤泥矿热炉渣粉的化学组成

项目	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	合计
含量	43.93%	4.70%	1.11%	25.06%	22.74%	2.46%	98.78%

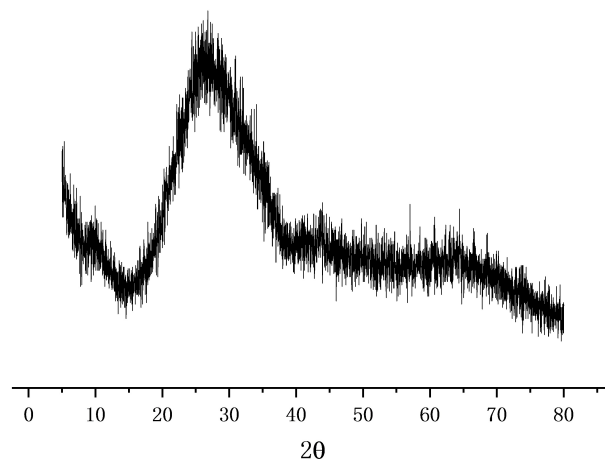


Figure 1. XRD pattern of red mud slag powder
图 1. 赤泥矿热炉渣粉 XRD 图谱

赤泥矿热炉渣粉磨后的颗粒细度经激光粒度分析仪检测得到的结果见图 2。

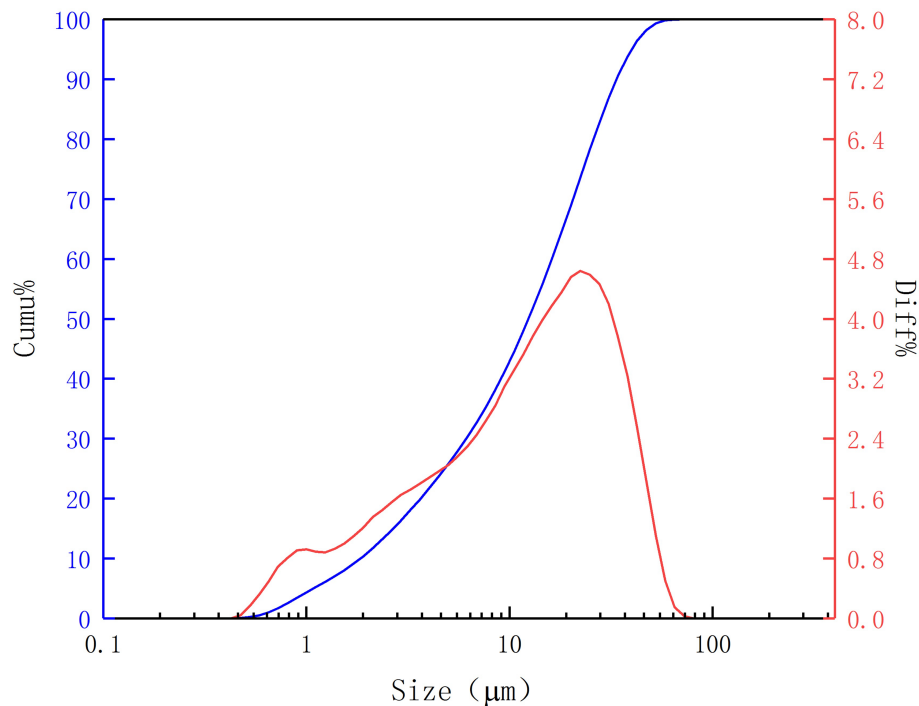


Figure 2. Particle distribution of red mud slag powder
图 2. 赤泥矿热炉渣粉的颗粒分布图

石粉是由工业用石灰石经粉磨至一定的细度后制备得到，石粉作为赤泥矿热炉渣粉的参照物加入到胶凝材料的体系中来。石粉的 XRD 测试结果见图 3，由图可知，该石粉的矿物为方解石，主要化学组成为 CaCO_3 。石粉样品经激光粒度分析仪检测得到的结果见图 4 所示。

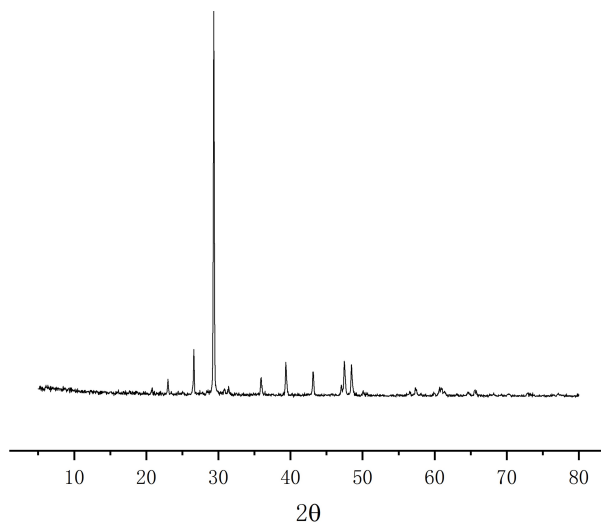


Figure 3. XRD pattern of stone powder
图 3. 石粉 XRD 图谱

水泥采用市售 PII52.5 水泥，采用 PII52.5 水泥主要是考虑到该品种的水泥中硅酸盐熟料的含量占水泥组分 90%以上，混合材在 5.0%以下，有助于尽量消除其它混合材对净浆动度的影响。外加剂为聚羧酸系减水剂，该类减水剂为目前商品混凝土制备常用的减水剂。

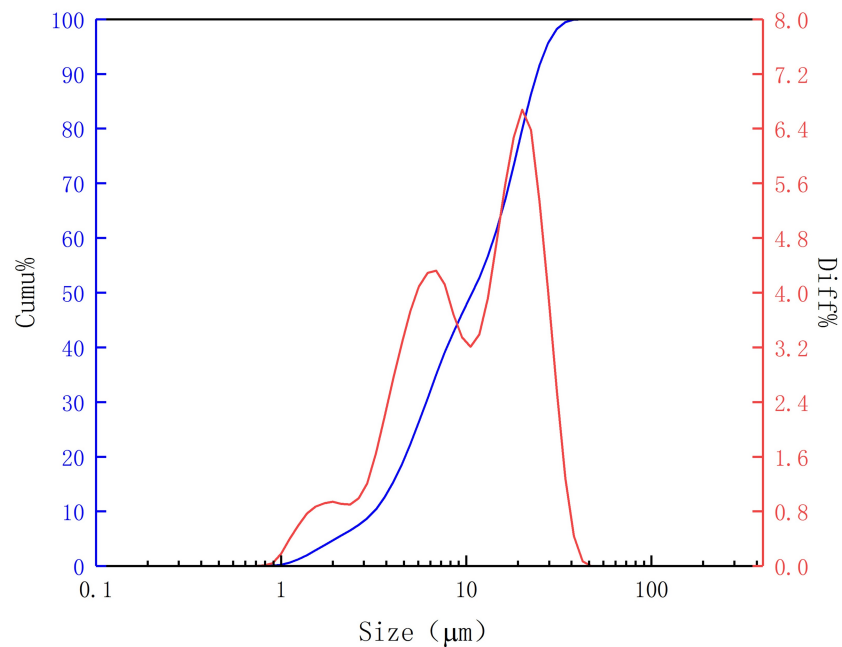


Figure 4. The sample of stone powder was detected by laser particle size analyzer
图 4. 石粉样品经激光粒度分析仪检测得到的结果

3. 试验结果分析

3.1. 水泥含量的影响

当水泥含量从 50%~90%变化时, 胶凝材料中赤泥矿热炉渣粉和石粉之间的比例为 1:1, 净浆流动度的试验结果如图 5 所示。从该结果可见, 随着水泥含量的增加, 净浆的流动度随之下降。水泥含量每增

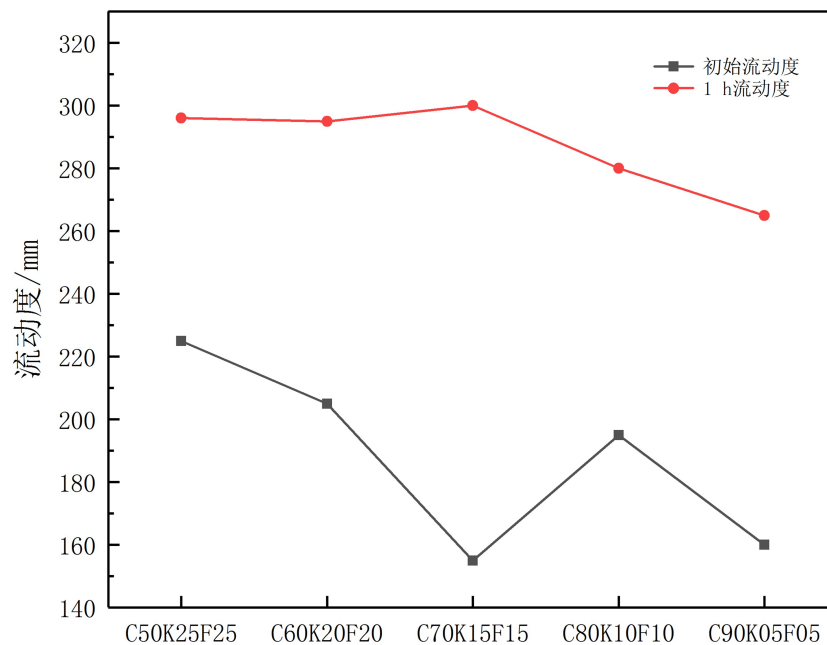


Figure 5. Effect of cement content on slurry fluidity
图 5. 水泥含量对净浆流动度的影响

加 10%，初始流动度降低 14 mm 左右，1 h 流动度降低 7 mm 左右。无论胶凝材料中水泥含量多少，1 h 后浆体流动度均增加，未呈现流动度损失现象。

3.2. 赤泥矿热炉渣粉和石粉含量的影响

当固定水泥含量 70% 时，胶凝材料中赤泥矿热炉渣粉和石粉之间的比例由 3:0~0:3 改变时，净浆流动度的试验结果如图 6 所示。从该结果可见，随着赤泥矿热炉渣粉含量的增加，石粉含量的减少，净浆初始流动度先降后升，1 h 流动度则先升后降。水泥仅仅含有赤泥矿热炉渣粉的胶凝材料的净浆流动度要大于仅含有石粉的净浆流动度，初始流动度大 45 mm 左右，1 h 流动度大 30 mm 左右。

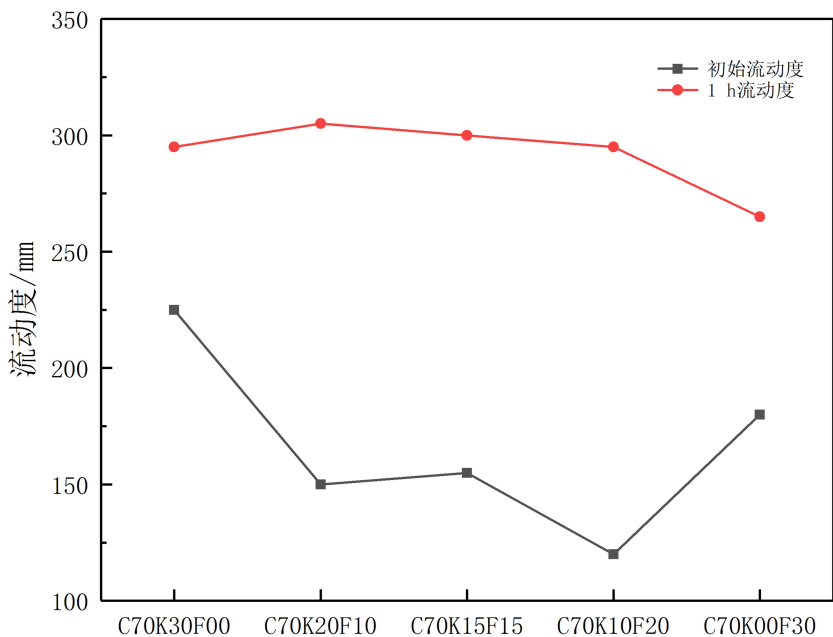


Figure 6. Experimental results of influence of proportion of slag powder and stone powder on fluidity of red mud

图 6. 赤泥矿热炉渣粉和石粉比例对净浆流动度的影响试验结果

以上试验结果表明，赤泥矿热炉渣粉具有较好的改善胶凝材料净浆流动度的特性。石粉对水泥流动性的改善作用略差。比较赤泥矿热炉渣粉和石粉的颗粒分布[4]可知，石粉具有较多的 5~8 μm 的颗粒，而且表面积较大，由此表面吸附水量较多，颗粒间水膜较薄，导致石粉对净浆流动度的改善作用小于赤泥矿热炉渣粉。赤泥矿热炉渣粉之所以有比较好的改善胶凝材料净浆流动度的作用，主要与赤泥矿热炉渣粉的结构类型有关，由赤泥矿热炉渣的形成过程和图 1 X 射线衍射图谱可知该炉渣为致密的玻璃态结构，在拌合水加入的初期(失去流动性之前)赤泥矿热炉渣粉一方面并不参与水化过程，仅仅在赤泥矿热炉渣粉表面吸附少量的水形成水膜。因此不像石粉，石粉的主要矿物组成是方解石(见图 3)，方解石具有三组完善的解理，在粉磨加工的过程中，会产生大量的解理裂隙，因此石粉不仅表面会吸附水，大量的裂隙也会吸附拌合水，总的效应导致形成水膜的水量降低，因此采用石粉制备的胶凝材料净浆的流动度比采用赤泥矿热炉渣粉制备的胶凝材料净浆流动度要差一些。对于水泥含量的影响规律，可归结为水泥熟料颗粒与水接触后立即发生水化反应所引起的结果。在水泥熟料水化的过程中，在熟料颗粒表面和水中析出了各类的水化产物，一方面大量消耗水膜中的水，另一方面形成的水化产物导致水固比的降低，C-S-H 凝胶的比表面积巨大，进一步降低水膜的厚度，胶凝材料浆体将随水化进程的不断进行而逐步失去流动性，流动度将降低并逐步硬化。因此，胶凝材料中随着水泥的增加，胶凝材料中的熟料颗粒组分增加，

胶凝材料呈现出流动性随水泥含量增加而降低的现象。

随着赤泥矿热炉渣粉含量的增加,石粉含量的减少,净浆初始流动度先降后升,1 h 流动度则先升后降现象。产生该现象的原因是两种不同颗粒形态物质复合产生的效果,两种不同颗粒形态物质复合往往改变粉体的堆积方式的改变,由此引起颗粒间孔隙率产生变化,当孔隙率增加时,填充空隙的用水量增加,颗粒间水膜减少,流动度降低,随着水泥水化产物的增加,1 h 后水化产物不断填充这些空隙,释放出更多的自由水,颗粒间水膜增厚,流动度增加。同时引起了经时流动度的增大,很好解释了该体系胶凝材料净浆 1 h 经时流动度增大的现象。

4. 结论

赤泥矿热炉渣粉就有较好地改善水泥净浆流动度的作用,改善的作用好于石粉;采用赤泥矿热炉渣粉和石粉复合制备的胶凝材料,随着赤泥矿热炉渣粉含量的增加,石粉含量的减少,呈现净浆初始流动度先降后升,1 h 流动度则先升后降的现象;采用赤泥矿热炉渣粉和石粉复合制备的胶凝材料中,随着水泥含量的增加,净浆的流动度呈现随之下降趋势。

基金项目

论文得到了广西科技重大专项(桂科 AA17202001)支持。

参考文献

- [1] 何奥平,曾晓乐,曾建民,等.拜耳法赤泥碳热还原制备铁合金[J].机械工程材料,2016,40(5):47-51.
- [2] 林华,曹德光,柏秀奎,等.含矿渣水泥水化反应产物密度与强度变化特征[J].四川建材,2020,42(3):39-41.
- [3] 陈剑雄,温和,陈寒斌,等.环境协调型复合掺合料低水泥用量混凝土研究[J].施工技术,2006,53(增刊):102-104.
- [4] 白学松,王亭强,吴健.浅谈石灰石粉和矿渣对水泥胶砂流动性能的影响[J].建材发展导向,2015,13(12):62-63.