

Study on the Effect of Basalt Rock Powder on the Properties of Dry Mixed Mortar with Machine-Made Sand

Xuebin Wang¹, Yijie Rao¹, Lijuan Wang¹, Chengpeng Sun¹, Yuanke Li², Hongxia Qiao²

¹Construction Investment (Holdings) Group Corporation Mining Co. Ltd., Lanzhou Gansu

²School of Civil Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou Gansu

Email: 1181279025@qq.com, 398167970@qq.com

Received: Apr. 22nd, 2020; accepted: May 13th, 2020; published: May 20th, 2020

Abstract

When using dry sand-making equipment to produce basalt machine-made sand, a large amount of stone powder will be produced, and improper storage will cause environmental pollution. In view of this problem, it is proposed to use basalt powder instead of cement and machine-made sand to prepare dry-mixed mortar. In order to achieve the effect of using tailings to reduce the production cost of mortar and meet the requirements of green environmental protection. In this paper, the influence of using basalt powder instead of cement and machine-made sand on the performance index of dry-mixed mortar is studied through experiments, in order to determine the best usage of basalt powder and provide the basis for the utilization of basalt powder. The test results show that when the substitution rate of Black Tortoise rock powder is low, the performance of mortar changes little, and it can meet the requirement of compressive strength when it is less than 20%.

Keywords

Basalt Powder, Dry-Mixed Masonry Mortar, Apparent Density, Compressive Strength

玄武岩石粉对机制砂干混砂浆性能影响研究

汪学彬¹, 饶益杰¹, 汪丽娟¹, 孙呈鹏¹, 李元可², 乔宏霞²

¹甘肃建投矿业有限公司, 甘肃 兰州

²兰州理工大学土木工程学院, 甘肃 兰州

Email: 1181279025@qq.com, 398167970@qq.com

收稿日期: 2020年4月22日; 录用日期: 2020年5月13日; 发布日期: 2020年5月20日

文章引用: 汪学彬, 饶益杰, 汪丽娟, 孙呈鹏, 李元可, 乔宏霞. 玄武岩石粉对机制砂干混砂浆性能影响研究[J]. 土木工程, 2020, 9(5): 496-502. DOI: 10.12677/hjce.2020.95052

摘要

采用干式制砂设备生产玄武岩机制砂时,会产生大量的石粉,储备不当时会造成环境污染,针对这一问题,提出使用玄武岩石粉取代水泥和机制砂制备干混砂浆,以达到利用尾矿降低砂浆生产成本的效果,同时满足绿色环保的要求。本文通过试验研究了使用玄武岩石粉取代水泥和机制砂对干混砂浆各性能指标的影响,以确定玄武岩石粉的最佳使用量,为玄武岩石粉的利用提供基础。试验结果表明,玄武岩石粉取代率较低时,砂浆各性能变化较小,在20%以内时均可满足抗压强度要求。

关键词

玄武岩石粉,干混砌筑砂浆,表观密度,抗压强度

Copyright © 2020 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

随着建筑行业的迅速发展,建筑用砂需求量越来越大,然而天然砂的开采会导致环境的恶化、自然资源枯竭,天然砂已经难以满足建筑生产的需求,使用机制砂取代天然砂已经成为发展趋势[1] [2] [3]。兰州地区玄武岩矿物储量丰富,多家企业使用玄武岩生产碎石和机制砂,但在生产过程中会产生大量玄武岩石粉,玄武岩石粉作为一种矿物开采加工过程中产生的尾矿,由于其产量大,若储存不当,会造成粉尘污染,不利于环境保护且造成资源的浪费[4]。玄武岩石粉的粒径较小活性低,目前还没有成熟的大规模利用手段,严重制约了企业的发展。

干混砂浆是一种工厂生产后运输到工程中应用的产品,其具有应用种类多,质量稳定优异且绿色环保的特点被国家推广使用[5] [6] [7]。但是由于干混砂浆生产成本较高的问题,对推广带来阻力。玄武岩石粉的成本低于水泥和机制砂,使用玄武岩石粉取代水泥和机制砂生产干混砂浆,可以有效的利用玄武岩石粉降低干混砂浆的生产成本,还能达到绿色环保的效果。刘东升等[8]通过对比试验研究了硅藻土和煅烧改性硅藻土取代水泥对干混砂浆性能的影响,结果表明经煅烧改性后的硅藻土活性升高。李兵等[9]通过试验研究了脱硫灰对轻质干混砂浆性能的影响,结果表明可用脱硫灰替代30%的水泥。颜世涛[10]等研究了机制砂中石粉含量对砂浆性能的影响,结果表明石粉可以改善普通干混抹灰砂浆的性能。本文研究了玄武岩石粉取代水泥和机制砂时,干混砌筑砂浆基本性能的变化,以确定合适的石粉含量,为玄武岩石粉干混砂浆生产应用提供基础,推动玄武岩石粉的应用发展。

2. 试验原材料及试验方案

2.1. 试验原材料

试验所用原材料主要由水泥、粉煤灰、机制砂、石粉、外加剂组成。水泥由甘肃省祁连山水泥厂提供的P·O42.5R普通硅酸盐水泥,粉煤灰是由兰州二热厂提供的优质II级粉煤灰,机制砂是由甘肃建投矿业有限公司提供的玄武岩机制砂,石粉是由甘肃建投矿业有限公司提供的玄武岩石粉,外加剂是由江苏博特新材料股份有限公司提供的水泥砂浆增塑剂。水选用兰州地区自来水,符合国家行业标准《混凝

土拌合用水标准》(JGJ63-2006)。各原材料性能指标详见表 1~4。玄武岩石粉的 SEM 详见图 1。

Table 1. Performance index of cement

表 1. 水泥性能指标

安定性	比表面积	凝结时间/min		抗折强度/MPa		抗压强度/MPa	
	m ² /kg	初凝	终凝	3 d	28 d	3 d	28 d
合格	348	145	220	5.5	7.6	21.6	48.7

Table 2. Performance index of sand

表 2. 砂子性能指标

含泥量/%	泥块含量/%	表观密度/(kg/m ³)	堆积密度/(kg/m ³)	空隙率/%	细度模数
3.0	1.0	2620	1520	42	2.8

Table 3. Performance index of fly ash

表 3. 粉煤灰性能指标

原材料	含水量/%	需水量比/%	烧失量	三氧化硫	活性指数/%
粉煤灰	0.3	101	1.37	0.40	81

Table 4. Performance index of basalt powder

表 4. 玄武岩石粉性能指标

烧失量/%	比表面积/(m ² /kg)	表观密度/(kg/m ³)	0.08 mm 筛余/%	0.045 mm 筛余/%
41.0	328	3160	15.4	22

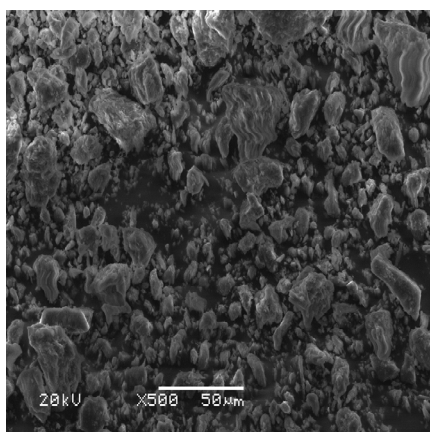


Figure 1. SEM of basalt powder

图 1. 玄武岩石粉的 SEM 图

玄武岩石粉是由玄武岩石屑通过干式制砂设备生产机制砂过程中产生的粒径在 0.075 mm 以下的尾矿。由图 1 可以看出,玄武岩石粉颗粒比较圆滑,针状颗粒较少,表明该石粉受力性能较好,密实度较好[11]。

2.2. 试验方案

使用水泥、粉煤灰、玄武岩机制砂、玄武岩石粉和外加剂制备普通干混砌筑砂浆。参考 JGJT98-2010

《砌筑砂浆配合比设计规程》对干混砌筑砂浆进行配合比设计。玄武岩石粉取代机制砂的比率分别位 5%、10%、15%、20%，干混砌筑砂浆拌合水用量根据砂浆的稠度确定。A 组为未使用玄武岩石粉的基准组，B 组为使用玄武岩石粉取代水泥，C 组为使用玄武岩石粉取代机制砂，干混砌筑砂浆的配合比详见表 5。

试验步骤为首先进行原材料的称取，根据表 5 所得配合比准确称量各原材料用量并置于干燥的环境中。试验时通过控制砂浆稠度为 70~80 mm 控制砂浆的拌合水用量，待拌合水用量确定后进行干混砌筑砂浆其他基本性能的测试，同时按规范制备砂浆 28 d 抗压强度测试试块，标准养护至 28 d 后取出试块进行力学性能测试。按照 JGJ/T70-2009《建筑砂浆基本性能试验方法标准》的规定对干混砌筑砂浆的各性能进行测试。

Table 5. Mix ratio of dry mixed mortar of basalt stone powder

表 5. 玄武岩石粉干混砌筑砂浆配合比

强度等级	编号	水泥/kg	砂/kg	石粉/kg	粉煤灰/kg	外加剂/kg	稠度/mm
	A	170	800	0			76
	B1	161.5	800	8.5			77
	B2	153	800	17			74
	B3	144.5	800	25.5			72
M15	B4	136	800	34	30	1	78
	C1	170	760	40			75
	C2	170	720	80			77
	C3	170	680	120			73
	C4	170	640	160			74

3. 试验结果及分析

3.1. 石粉掺量对干混砌筑砂浆用水量的影响

根据上述试验方案及试验步骤，不同强度等级掺玄武岩石粉干混砌筑砂浆在保持稠度为 70~80 mm 时所需用水量的变化趋势如图 2 所示。

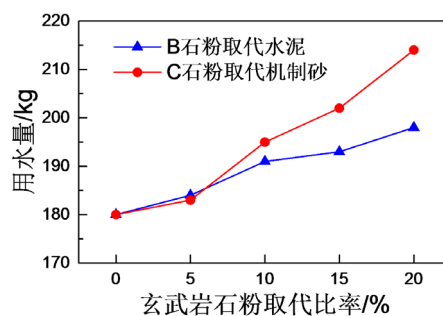


Figure 2. Variation curve of water consumption of dry-mixed mortar with stone powder substitution rate mortar

图 2. 干混砂浆的用水量随石粉替代率的变化曲线

由图 2 砂浆拌合用水量随玄武岩石粉取代率变化曲线可得，在玄武岩石粉取代率相同的情况下，使用石粉取代机制砂时的拌合用水比取代水泥时的用量大。这是因为石粉的粒径与水泥的粒径差别相对较

小,而与机制砂相比差别较大,取代机制砂时造成的比表面积变化大于取代水泥的情况,使砂浆达到规定稠度所需的用水量增加,且干混砂浆中机制砂的用量大于水泥,取代机制砂时石粉的用量更多,所以石粉取代水泥时的拌合用水量大于取代机制砂时的用量。由图2还可以得出,无论是使用玄武岩石粉取代水泥还是机制砂,砂浆的拌合用水量均随玄武岩石粉的取代率增加而增加。在玄武岩石粉替代率为5%时,砂浆用水量变化不明显,这是因为少量的石粉可以起到微滚珠的作用,降低了砂浆内部颗粒间的摩擦力,增大了砂浆稠度,所以用水量的变化较小。当石粉的掺量较多时,石粉的微滚珠作用难以抵消比表面积变化带来的影响,所以砂浆的用水量变大。

3.2. 石粉掺量对干混砌筑砂浆保水性的影响

玄武岩石粉分别取代水泥和机制砂后干混砂浆保水性的变化趋势如图3所示。

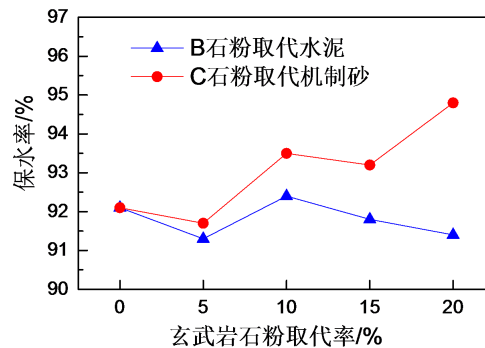


Figure 3. Variation curve of water retention of dry-mixed mortar with stone powder substitution rate dry-mixed
图3. 干混砂浆的保水性随石粉替代率的变化曲线

由图3可得,使用玄武岩石粉取代水泥会使砂浆的保水性能降低,而石粉取代机制砂时保水性有所提高,且使用玄武岩石粉取代机制砂时干混砂浆的保水率总体大于取代机制砂时砂浆的保水率。这是因为砂浆的保水性与集料的粒径以及水灰比有关,集料中粒径较小颗粒的增加有利于砂浆保水性能的提高,水灰比的增加会使砂浆保水性降低。使用玄武岩石粉取代水泥后,由于石粉活性低,砂浆中的胶凝材料减少使水灰比升高,而石粉取代机制砂使砂浆中较小粒径集料含量增加,砂浆的保水率上升。为满足实际工程的使用需要,砂浆的保水性一般应高于90%,由图3可得,各配合比的砂浆保水性均高于90%。

3.3. 石粉掺量对干混砌筑砂浆表观密度的影响

使用玄武岩石粉取代水泥和机制砂制备干混砂浆时,砂浆表观密度变化趋势如图4所示。

由图4可得,玄武岩石粉取代率相同时,石粉取代水泥时干混砂浆的表观密度总体大于石粉取代机制砂时的表观密度。这是因为使用石粉取代水泥时砂浆拌合水用量小于石粉取代机制砂时的用量,使砂浆内的可蒸发水含量变多,砂浆内的孔隙率增加,故砂浆的表观密度会变小。由图4还可得,使用玄武岩石粉取代水泥和机制砂均会使砂浆的表观密度降低,在玄武岩石粉取代率为5%时,变化不明显,这是因为砂浆的表观密度与砂浆拌合水用量相关,根据上节可知砂浆拌合用水在石粉取代率为5%时变化较小,故表观密度变化较小,而当玄武岩石粉取代率超过5%后,砂浆表观密度降低幅度较大。

3.4. 石粉掺量对干混砌筑砂浆28d抗压强度的影响

使用玄武岩石粉取代水泥和机制砂制备的干混砂浆28d抗压强度的变化规律如图5所示。

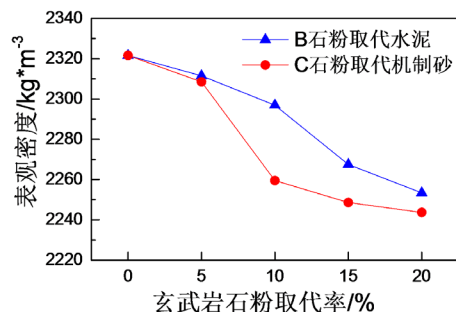


Figure 4. Variation curve of apparent density of dry-mixed mortar with stone powder substitution rate dry-mixed

图 4. 干混砂浆的表观密度随石粉替代率的变化曲线

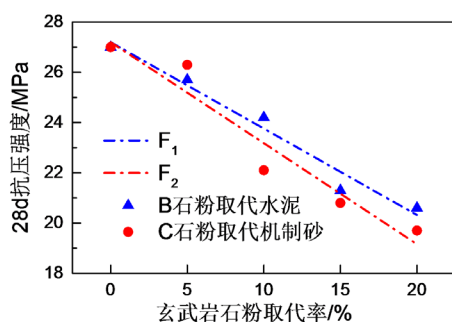


Figure 5. Variation curve of 28 d compressive strength of dry-mixed mortar with stone powder substitution rate

图 5. 干混砂浆 28 d 抗压强度随石粉替代率的变化曲线

由图 5 可得, 在玄武岩石粉取代率为 5% 时, 取代机制砂时砂浆抗压强度比取代水泥时高, 在玄武岩石粉取代率大于 5% 后, 取代机制砂时砂浆抗压强度比取代水泥时低。这是因为在玄武岩石粉取代率较低时, 使用玄武岩石粉取代水泥会使砂浆水灰比变大, 而取代机制砂时, 可起到对骨料的填充作用, 故石粉取代机制砂时砂浆抗压强度高[12] [13]。而当玄武岩石粉取代率增加后, 石粉取代机制砂制备的干混砂浆拌合用水量增加, 石粉的填充效果无法弥补用水量增加带来的影响, 故石粉取代水泥时砂浆抗压强度高。通过图 5 还可得, 无论是使用玄武岩石粉取代水泥还是机制砂, 均会使砂浆的抗压强度降低, 且取代率越高降低幅度越大, 但砂浆的抗压强度均大于 18 MPa, 满足试配要求。为找寻玄武岩石粉取代率的范围, 使用 Origin 软件对于干混砌筑砂浆 28 d 抗压强度及玄武岩石粉取代率进行线性拟合, 拟合公式如下。

玄武岩石粉取代水泥时:

$$F_1 = 27.2 - 0.344\omega, R^2 = 0.9603$$

玄武岩石粉取代机制砂时:

$$F_2 = 27.1 - 0.402\omega, R^2 = 0.9116$$

式中 F 为干混砌筑砂浆 28 d 抗压强度, ω 为玄武岩石粉取代率。

由拟合函数可得, 两种情况下的拟合函数均大于 0.9, 表明点的离散性较小, 曲线拟合程度较高, 强度预测函数比较可靠, 根据该拟合函数计算抗压强度为 18 MPa 时玄武岩石粉取代率可得, 使用玄武岩石粉取代水泥时取代率 $\omega_1 = 26.7$, $\omega_2 = 22.6$ 。综合可得使用玄武岩石粉取代水泥时, 玄武岩石粉的取代率不宜超过 26.7, 使用玄武岩石粉取代机制砂时, 玄武岩石粉取代率不宜超过 22.6%。

4. 结论

1) 使用玄武岩石粉取代水泥制备干混砌筑砂浆时, 砂浆的拌合水用量少于石粉取代机制砂时的拌合水用量, 砂浆的表观度大于石粉取代机制砂时的表观密度。在玄武岩石粉取代率为 5% 时, 基本没有变化, 取代率超过 5% 后, 变化幅度增加。

2) 使用玄武岩石粉取代水泥时, 石粉对骨料间的填充效果小于石粉取代机制砂时的效果。在玄武岩石粉取代率为 5% 时, 取代机制砂时砂浆抗压强度比取代水泥时高, 在玄武岩石粉取代率大于 5% 后, 取代机制砂时砂浆抗压强度比取代水泥时低。通过拟合关系可得玄武岩石粉取代水泥的比率不宜超过 26.7%, 石粉取代机制砂的比率不宜超过 22.6%。

3) 综合分析玄武岩石粉对干混砂浆各性能的影响规律可得, 使用玄武岩石粉部分取代水泥和机制砂均可得到满足规范要求和使用要求的干混砂浆配合比。使用玄武岩石粉取代机制砂时, 玄武岩石粉的用量更大, 为了充分利用玄武岩石粉, 建议使用玄武岩石粉取代机制砂。

基金项目

甘肃建投矿业有限公司技术开发项目(H1704cc025)。

参考文献

- [1] 章银祥, 夏旺, 等. 机制砂在干混砂浆中的应用[J]. 新型建筑材料, 2015, 42(3): 14-17.
- [2] 郑怡, 张耀庭. 石灰岩质机制砂混凝土收缩徐变性能的试验研究[J]. 土木工程学报, 2013, 46(12): 59-65.
- [3] 高瑞军. 外掺机制砂石粉对水泥基材料流变性能的影响及机理[J]. 硅酸盐通报, 2019, 38(4): 1080-1085.
- [4] 梁金科. 玄武岩石粉对机制砂混凝土基本性能与氯离子扩散性能影响研究[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 兰州理工大学, 2019.
- [5] 王培铭. 中国干混砂浆的应用研究概况[J]. 硅酸盐通报, 2007, 26(1): 106-112.
- [6] 靳言歌. 河南 ZD 建筑材料公司干混砂浆项目可行性研究[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 郑州大学, 2018.
- [7] 张苹, 谢汝朋, 李秋义. 全组分再生砂粒度及掺量对干混砂浆性能影响研究[J]. 混凝土, 2018(10): 115-117+122.
- [8] 刘东升, 黄谦, 王朝强. 煅烧改性硅藻土基干混砂浆的制备及性能研究[J]. 非金属矿, 2018, 41(5): 41-44.
- [9] 李兵, 韦莎, 郑义文. 脱硫灰基次轻干混砂浆的制备及性能研究[J]. 非金属矿, 2020, 43(1): 99-103.
- [10] 颜世涛, 李增高, 谢慧东, 张云飞. 人工砂中的石粉含量对普通干混抹灰砂浆性能的影响[J]. 混凝土, 2011(2): 108-112.
- [11] 张礼华. 石粉含量对机制砂混凝土力学性能与微观结构的影响[J]. 混凝土与水泥制品, 2011(12): 22-26.
- [12] 刘桂凤. 机制砂中石粉部分替代水泥对干混砂浆强度的影响研究[J]. 混凝土, 2011(11): 115-117.
- [13] 肖海波. 石灰石粉对机制砂干混砂浆性能影响的研究[D]: [硕士学位论文]. 邯郸: 河北工程大学, 2017.