

水胶比和矿物掺合料对玻璃纤维增强砂浆性能影响研究

蔡佳琦, 雷立山, 张钾钒, 刘金鹏, 贾艳敏*

东北林业大学土木工程学院, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2023年5月14日; 录用日期: 2023年6月4日; 发布日期: 2023年6月19日

摘要

本文通过试验研究了水胶比、矿物掺合料以及胶凝材料用量对玻璃纤维增强砂浆性能的影响, 包括抗压强度、抗折强度和微观结构。得到以下结论: A3的强度值最优, 28天抗压强度和抗折强度分别为65.6 MPa和5.7 MPa, 相比A1增幅达到378.83%和71.69%, SEM显示微观结构最为密实, 玻璃纤维与胶凝体系粘结良好。最优胶凝材料比例为: 水泥:矿粉:硅灰:粉煤灰 = 55:15:0:30, 水胶比0.40, 胶凝材料总量400 kg/m³。

关键词

玻璃纤维增强砂浆, 水胶比, 矿物掺合料, 强度特性, 微观结构

Study on the Effect of Water Binder Ratio and Mineral Admixtures on the Properties of Glass Fiber Reinforced Mortar

Jiaqi Cai, Lishan Lei, Jiafan Zhang, Jinpeng Liu, Yanmin Jia*

School of Civil Engineering, Northeast Forestry University, Harbin Heilongjiang

Received: May 14th, 2023; accepted: Jun. 4th, 2023; published: Jun. 19th, 2023

Abstract

This article investigated the effects of water binder ratio, mineral admixtures, and cementitious material content on the properties of glass fiber-reinforced mortar through experiments, including compressive strength, flexural strength, and microstructure. The following conclusions

*通讯作者。

文章引用: 蔡佳琦, 雷立山, 张钾钒, 刘金鹏, 贾艳敏. 水胶比和矿物掺合料对玻璃纤维增强砂浆性能影响研究[J]. 土木工程, 2023, 12(6): 746-751. DOI: 10.12677/hjce.2023.126084

are drawn: A3 has the optimal strength value, the densest structure, with good adhesion between glass fiber and the cementitious system. The 28-day compressive strength and flexural strength are 65.6 MPa and 5.7 MPa, respectively, with an increase of 378.83% and 71.69% compared to A1. The optimal cementitious material ratio is cement:mineral powder:silica fume:fly ash = 55:15:0:30, with a water binder ratio of 0.40 and a total cementitious material volume of 400 kg/m³.

Keywords

Glass Fiber Reinforced Mortar, Water Binder Ratio, Mineral Admixtures, Strength Characteristics, Microstructure

Copyright © 2023 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

水泥混凝土材料由于低廉的价格和较好的使用性能,已成为应用最为广泛的建筑材料。但是,水泥混凝土材料在强度及韧性等方面仍存在缺陷,比如,抗拉强度和抗折强度较低,极限应变较小,抗冲击性能较差,易开裂以及耐久性问题,致使水泥基砂浆、混凝土材料的使用范围受到一定的限制[1]。研究发现,掺入纤维可以改善水泥混凝土复合材料的一些固有缺陷,是扩展水泥混凝土材料适用环境的一种有效方法[2] [3]。

研究表明,虽然掺入玻璃纤维使混凝土的流动性降低[4],但玻璃纤维可以改善砂浆或混凝土的抗压强度与抗折强度[4] [5],明显抑制水泥砂浆和混凝土的干燥收缩以及早期裂缝的形成和扩展[5],也可有效抑制塑性收缩裂缝的形成和发展,且收缩裂纹数量会随着纤维掺量的增大而呈递减趋势[6] [7] [8],从而提高砂浆早期的抗裂性能和抗冲击能力[8]。

基于上述性能的改善,使玻璃纤维混凝土在工程中已有应用,例如修复桥面裂缝[9]、现浇空心楼盖[10]等。但是,为制备高性能和耐久性的玻璃纤维增强水泥基材料,需要对其开展更深入的探索。本文通过试验研究了水胶比、矿物掺合料和胶凝材料用量对玻璃纤维增强砂浆性能的影响,包括抗压强度、抗折强度和微观结构,并得出了最优配比,可以为玻璃纤维增强砂浆的扩展应用提供参考依据。

2. 试验材料和试验程序

2.1. 原材料和配合比

Table 1. Mix ratio

表 1. 标准试验系统结果数据配合比

编号	水胶比 w/b	玻璃纤维(%)	硅灰(kg/m ³)	矿粉(kg/m ³)	粉煤灰(kg/m ³)	水泥(kg/m ³)	胶凝材料(kg/m ³)
A1	0.27	2%	0	52.5	140	157.5	350
A2	0.30	2%	15	90	90	105	300
A3	0.40	2%	0	60	120	220	400
A4	0.55	2%	17.5	52.5	0	280	350
A5	0.58	2%	0	120	200	80	400
A6	0.62	2%	0	67.5	180	202.5	450

本试验原材料中的胶凝组分包括水泥、粉煤灰、硅灰和矿粉，砂为中砂，水为当地市政供水，玻璃纤维长度为 12 mm。试验配合比如表 1 所示。

2.2. 试验程序

玻璃纤维增强砂浆尺寸为 40 mm × 40 mm × 160 mm，每组分别制备 6 个试件。试件制备过程：将水泥、粉煤灰、硅灰、矿粉、砂、水和玻璃纤维放入砂浆搅拌机，搅拌均匀后倒入模具，然后在砂浆振动台上振实。24 h 后脱膜，分别养护至 7 天和 28 天龄期，进行强度测试和 SEM 微观测试。

3. 试验结果与讨论

3.1. 抗压强度

玻璃纤维增强砂浆的抗压强度如表 2、图 1 和图 2 所示，通过图 1 可知，不同配合比的玻璃纤维增强砂浆的 7 天龄期抗压强度值差异很大，总体呈现先增加后下降的趋势。A1 的 7 天抗压强度 8 MPa，而 A3 的抗压强度则急剧增加至 47.3 MPa，为 7 天龄期抗压强度最优值，相比 A1 增幅达到 491.25%。

通过图 2 可知，玻璃纤维增强砂浆的 28 天龄期抗压强度变化趋势与 7 天强度变化一致，同样是先增加后下降，A1 的 28 天抗压强度为 13.7 MPa，A3 的 28 天龄期抗压强度值同样最大，为 65.6 MPa，相比 A1 增幅为 378.83%。

图 1 和图 2 中玻璃纤维增强砂浆的抗压强度差异原因分析如下：一是水胶比是影响砂浆性能的重要因素，A1 水胶比为 0.27，在制备搅拌过程中可知该组试块新拌砂浆的工作性能最差，入模振实困难，可能造成内部结构显著缺陷较多，这是 A1 抗压强度最低的主要原因，而新拌 A3 砂浆入模成型顺畅，内部结构均匀，从而获得较高的抗压强度。但是，过高的水胶比也会影响砂浆强度的发展，这是 A3 后抗压强度总体降低的主要原因之一。二是胶凝材料总量因素，通常胶凝材料总量增加会使抗压强度对应增加。三是矿物掺合料合理搭配，水泥、粉煤灰、硅灰和矿粉的合理搭配会使水化反应后的砂浆胶凝组分更为密实，与砂和纤维的粘结力更强，从而使抗压性能更优。

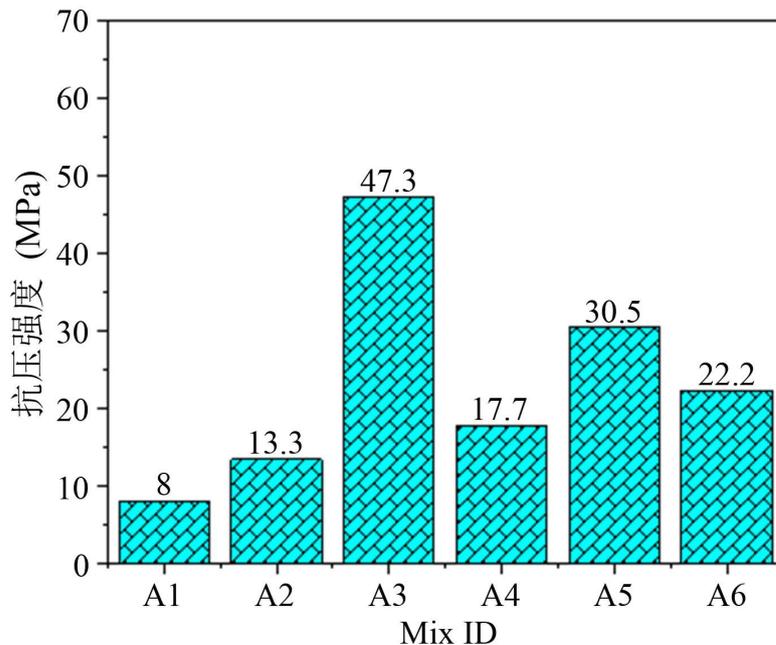


Figure 1. 7d compressive strength
图 1. 7 天龄期抗压强度

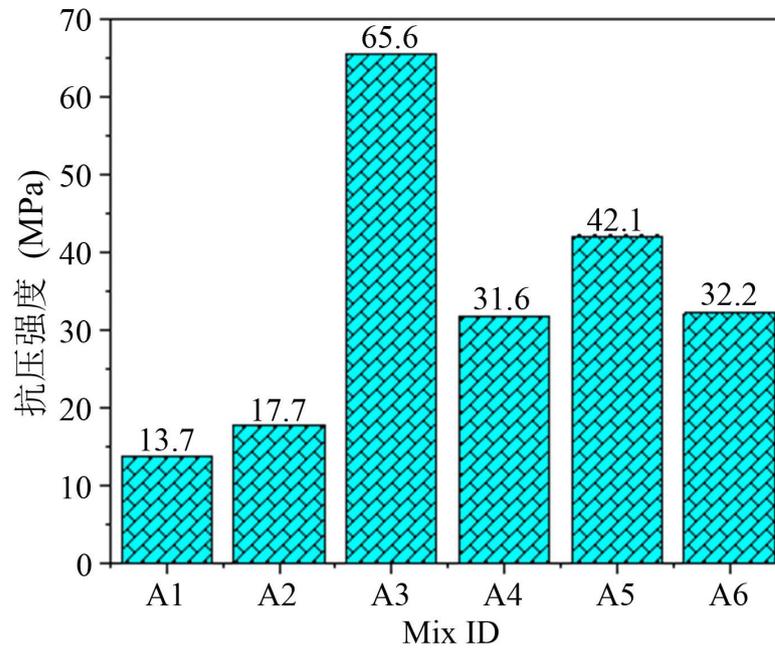


Figure 2. 28d compressive strength
图 2. 28 天龄期抗压强度

Table 2. Test results of mortar compressive strength
表 2. 砂浆抗压强度测试结果

编号	A1	A2	A3	A4	A5	A6
7 天抗压强度(MPa)	8	13.3	47.3	17.7	30.5	22.2
28 天抗压强度(MPa)	13.7	17.7	65.6	31.6	42.1	32.2

3.2. 抗折强度

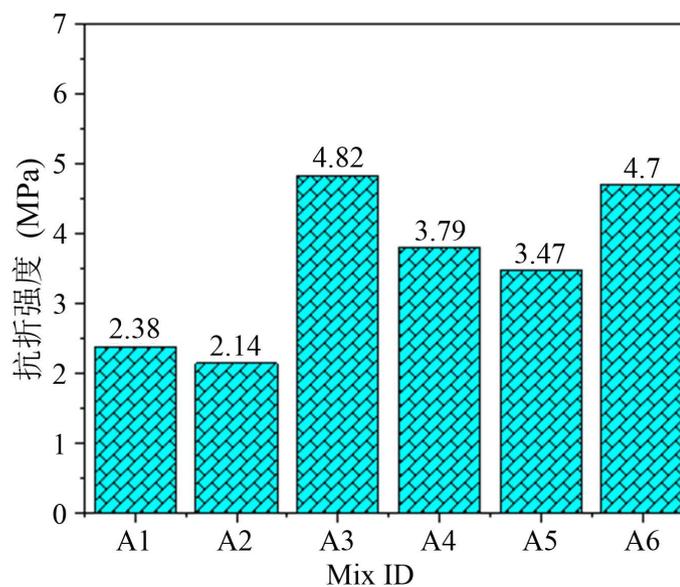


Figure 3. 7d flexural strength
图 3. 7 天龄期抗折强度

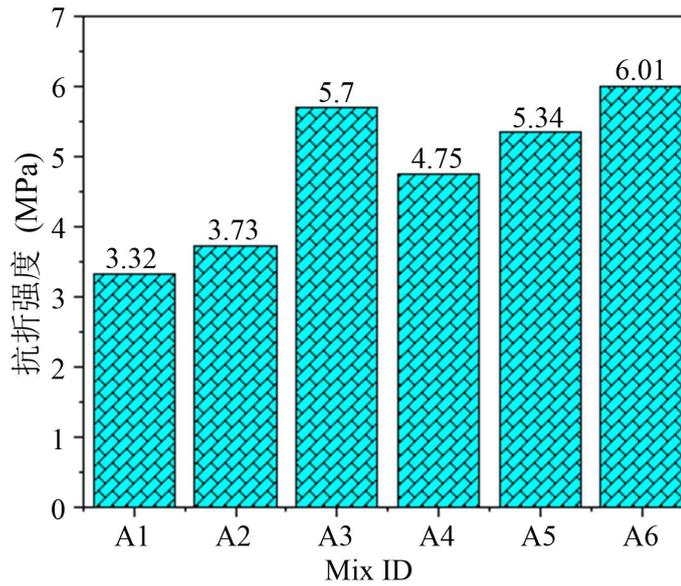


Figure 4. 28d flexural strength
图 4. 28 天龄期抗折强度

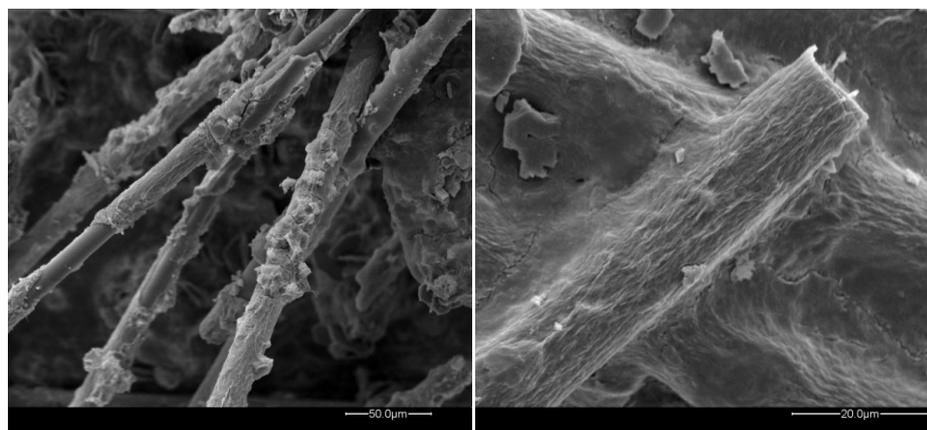
玻璃纤维增强砂浆的抗折强度如表 3、图 3 和图 4 所示，通过图 3 和图 4 可知，不同配合比的玻璃纤维增强砂浆的 7 天和 28 天龄期抗折强度变化规律不如抗压强度明显，A3 的 7 天和 28 天龄期抗折强度分别为 4.82 MPa 和 5.7 MPa。不同组试块抗折强度差异的原因除 3.1 节对抗压强度的分析以外，还包括玻璃纤维的增强机理，玻璃纤维均匀分布在砂浆中，通过与胶凝浆体的粘结，在试块施加抗折荷载后能够阻止砂浆内部微裂缝扩展，从而起到微增强作用。

Table 3. Test results of flexural strength of mortar

表 3. 砂浆抗折强度测试结果

编号	A1	A2	A3	A4	A5	A6
7 天抗压强度(MPa)	2.38	2.14	4.82	3.79	3.47	4.7
28 天抗压强度(MPa)	3.32	3.73	5.7	4.75	5.34	6.01

3.3. 微观结构



(a) A1

(b) A3

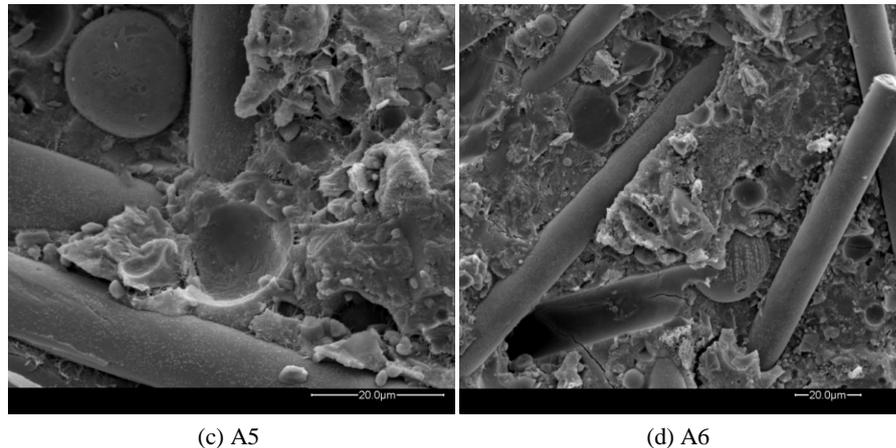


Figure 5. EM images
图 5. SEM 图像

图 5 为玻璃纤维增强砂浆的 SEM 微观形态,可以观察到,图 5(a)中玻璃纤维增强砂浆结构不够致密,玻璃纤维表面包裹的砂浆的胶凝组分较少,图 5(b)-(d)中,玻璃纤维在砂浆中纵横交错,形成密实的骨架结构,图 5(b)中玻璃纤维与胶凝材料粘结良好,玻璃纤维被密实包裹,图 5(c) (d)中可以看到未反应完的粉煤灰颗粒,展现了本研究中不同配合比砂浆强度变化的微观原因。

4. 结论

1) 水胶比、矿物掺合料和胶凝材料用量对玻璃纤维增强砂浆的抗压强度、抗折强度和微观结构性能都具有显著影响。

2) A3 的强度值最优,7 天和 28 天抗压强度 47.3 MPa 和 65.6 MPa,7 天和 28 天抗折强度 4.82 MPa 和 5.7 MPa,最优配合比为:水胶比 0.40,胶凝材料 400 kg/m^3 ,水泥:矿粉:硅灰:粉煤灰 = 55:15:0:30。

3) SEM 分析可知,A3 砂浆微观结构致密、玻璃纤维交错均匀分布在砂浆中且与胶凝组分粘结良好,这是其强度特性最优的重要因素。

基金项目

校级大学生创新训练计划项目(编号: 202210225644)。

参考文献

- [1] 张王田,张云升,吴志涛,等. 玻璃纤维增强水泥基材料组成优化设计与性能[J]. 材料导报, 2019, 33(14): 2331-2336.
- [2] 徐力,余飞,朱祥,等. 纤维在水泥混凝土中的应用[J]. 粉煤灰, 2013, 25(6): 40-43.
- [3] 徐义华,王恒. 纤维增强混凝土研究进展与应用[J]. 四川建材, 2022, 48(4): 17-18.
- [4] 乐东钊,姜久红,文韬,等. 玻璃纤维掺量对混凝土流动性及力学性能的影响[J]. 湖北工业大学学报, 2020, 35(2): 92-95.
- [5] 王原原,孙仁娟,武新胜,等. 玻璃纤维对混凝土收缩开裂性能的影响研究[J]. 建材世界, 2015, 36(4): 11-13+18.
- [6] 徐蕾. 玻璃纤维对水泥混凝土塑性开裂性能的影响[J]. 新型建筑材料, 2013, 40(10): 29-31.
- [7] 何健辉. 玻璃纤维水泥收缩与开裂性能研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 广州大学, 2019.
- [8] 亓松彬. 耐碱玻璃纤维在水泥混凝土砂浆中的应用研究[J]. 混凝土世界, 2016(10): 80-85.
- [9] 康学伟. 玻璃纤维混凝土在修复桥面裂缝中的应用[J]. 交通世界(下旬刊), 2017(9): 78-79.
- [10] 黄竹也,范景峰,陆少连. 玻璃纤维增强混凝土(GFRC)在现浇空心楼盖中的应用[J]. 科技创新导报, 2008(29): 49-50.