

装配式路面基层灌浆料基本力学性能试验研究

高华¹, 袁柱^{2*}

¹中冶京诚工程技术有限公司, 北京

²东北林业大学土木工程学院, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2021年10月6日; 录用日期: 2021年10月21日; 发布日期: 2021年11月5日

摘要

本文对装配式路面基层灌浆料的基本力学性能进行了系统试验研究。通过掺入粉煤灰、硅灰、矿粉和玻璃纤维改善灌浆料的力学性能, 并与根据相关规范制备的普通型灌浆料的力学性能进行了对比分析。试验结果表明, 相比普通型灌浆料, 本研究中在自制灌浆料中不同掺量的粉煤灰、硅灰、矿粉和玻璃纤维对抗压强度改善效果明显, 但对抗折强度改善效果并不显著。普通型灌浆料的28天抗折和抗压强度相对7天强度增幅仅为5.7%和12.2%, 而自制灌浆料的抗折和抗压强度增幅范围分别为19.6%~93%和13.5%~167%, 远高于普通型灌浆料的强度增幅。

关键词

装配式路面基层灌浆料, 玻璃纤维, 粉煤灰, 硅灰, 矿粉, 力学性能

Experimental Study on Basic Mechanical Properties of Grouting Material for Prefabricated Pavement Base

Hua Gao¹, Zhu Yuan^{2*}

¹MCC Capital Engineering & Research Incorporation Limited, Beijing

²School of Civil Engineering, Northeast Forestry University, Harbin Heilongjiang

Received: Oct. 6th, 2021; accepted: Oct. 21st, 2021; published: Nov. 5th, 2021

Abstract

In this paper, the mechanical properties of grouting material of prefabricated pavement base were

*通讯作者。

studied systematically. The effects of fly ash, silica fume, mineral powder and glass fiber on the mechanical properties of grouting materials were studied, and the results were compared with those of the common grouting materials prepared according to relevant specifications. The results show that, compared with the common grouting material, mixing different amounts of fly ash, silica fume, mineral powder and glass fiber into the self-made grouting material could improve the compressive strength significantly, but the effect of improving the flexural strength was not obvious. The 28-day flexural strength and compressive strength of common grouting material increased by 5.7% and 12.2% compared with the 7-day strength, while the flexural and compressive strength of the self-made grouting material increased by 19.6%~93% and 13.5%~167%, respectively, which was much higher than that of the common grouting material.

Keywords

Prefabricated Pavement Base Grouting Material, Glass Fiber, Fly Ash, Silica Fume, Mineral Powder, Mechanical Properties

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. 引言

装配式路面基层是一种新型的道路砌块基层结构, 其将单个混凝土预制块按嵌挤的方式进行装配, 并在相邻预制块的缝隙内注入灌缝材料, 从而形成一个特殊的基层整体[1] [2] [3]。由于预制块可预先在工厂加工完成, 这样不仅可以确保制作质量, 还可以加快路面铺筑的速度。由于传统的二灰碎石或水泥混凝土道路基层结构的硬化周期较长, 这必然导致面层施工时段的延后[4], 从而导致整个道路施工周期的延长, 给交通通行造成较大压力。装配式路面基层结构具有建设周期短、铺筑速度快、整体性能好的优点[5] [6], 现已经初步试点应用于城市道路抢修与维护, 以取代传统的二灰碎石基层[7] [8] [9]。

装配式路面基层用预制块进行组装, 预制块一般为楔形体, 在压力作用下, 通过灌浆料(填缝砂浆)使其相互形成嵌挤作用下的整体结构。因此, 所用灌浆材料的性能将直接影响到整体结构的安全和稳定性[10] [11]。由于这种结构的形式较为新颖, 目前市场上该类型专用的灌浆料极少, 对此用途的灌浆料的性能研究明显不足。同时, 目前市场上现有的灌浆材料多用于路面的修补, 价格比较高, 而且存在较为普遍的耐久性能不足问题, 不能很好地与装配式路面基层结构的性能要求相匹配, 这将阻碍这种组合基层结构在国内的应用与推广。因此有必要针对此用途的灌浆材料进行广泛和系统的研究。

2. 试验材料和试验程序

2.1. 原材料和配合比

本研究中用于对比试验的普通型灌浆料的原材料, 根据规范 DB22/T 5006-2018《装配式路面基层工程技术标准》要求选用, 包括水泥, 粉煤灰、外加剂(每 1000 kg 外加剂中有聚羧酸母液 210 kg, 麦芽精 12 kg, 葡精 12 kg)、可再分散乳胶粉、0.1%的 NaCl (早强剂)、砂和自来水。

制备自制灌浆料的原材料包括: 水泥、粉煤灰、硅灰、矿粉、玻璃纤维、砂和自来水。水泥的物理力学性能如表 1 所示, 水泥、粉煤灰、硅灰和矿粉的化学成分见表 2, 玻璃纤维的主要参数见表 3。

Table 1. Physical and mechanical properties of cement
表 1. 水泥的物理力学性能

水泥	体积安定性	凝结时间		抗压强度 (MPa)		抗折强度	
		(min)		(MPa)		(MPa)	
		初凝	终凝	3 天	28 天	3 天	28 天
P·O 42.5	合格	186	219	26.32	49.85	7.83	8.6

Table 2. Chemical composition of cement, fly ash, silica fume and mineral powder
表 2. 水泥、粉煤灰、硅灰和矿粉的化学组成

化学成分(%)	水泥	粉煤灰	硅灰	矿粉
SiO ₂	21.5	66.67	93.82	32.08
CaO	59.81	3.05	0.41	38.09
Al ₂ O ₃	5.86	18.97	0.21	15.06
Fe ₂ O ₃	2.85	4.39	0	0.94
MgO	2.23	1.24	0.65	8.26
SO ₃	2.06	0.3	0.64	0.17
Na ₂ O	0.2	-	0.32	-
K ₂ O	0.67	-	0.85	-
烧失量	4.82	5.38	3.1	5.4

Table 3. Main parameters of glass fiber
表 3. 玻璃纤维的主要参数

长度	直径	密度	抗拉强度	弹性模量	熔点	伸长率
(mm)	μ m	(g/cm ³)	(MPa)	(GPa)	(°C)	%
15	10	2.36	1800	80	160	2.45

根据规范 DB22/T 5006-2018《装配式路面基层工程技术标准》要求,普通型灌浆料材料的配合比如表 4 所示。自制灌浆料材料的配合比如表 5 所示,其中 Group 1 中玻璃纤维掺量为 0%, Group 2 的玻璃纤维掺量按照体积分数计算为 2%。

2.2. 试验程序

灌浆料试件的尺寸为 40 mm × 40 mm × 160 mm, 每组分别制备 6 个试块。灌浆料试件的制备过程如下: 将原材料放入砂浆搅拌机, 搅拌均匀后入模并手动振捣, 然后在砂浆振动台上进一步振捣均匀。室温养护 24 h 后脱膜, 分别养护至 7 天和 28 天龄期进行力学性能测试, 试验程序按照规范 JGJ/T70-2009《建筑砂浆基本性能试验方法标准》进行。

Table 4. Mix ratio of ordinary grouting material (Unit: kg/m³)
表 4. 普通型灌浆料材料配合比(单位: kg/m³)

Mix ID	水泥	粉煤灰	砂	水	外加剂	可再分散乳胶粉	早强剂 NaCl
GM-0	500	200	1300	260	1.50%	1.50%	0.10%

Table 5. Mix ratio of self-made grouting material
表 5. 自制灌浆料材料配合比

Group ID	Mix ID	水泥(kg/m ³)	粉煤灰(kg/m ³)	硅灰(kg/m ³)	矿粉(kg/m ³)	水(kg/m ³)	砂(kg/m ³)	玻璃纤维(%)
Group 1	GM-1	408	0	0	72	278.4	1241.6	0
	GM-2	160	160	20	60	120	1480	0
	GM-3	67.5	225	22.5	135	247.5	1302.5	0
Group 2	GM-4	202.5	180	0	67.5	279	1271	2
	GM-5	105	90	15	90	90	1610	2
	GM-6	80	200	0	120	232	1368	2

3. 试验结果与讨论

3.1. 抗折强度

普通型和自制灌浆料试块的抗折强度测试结果如表 6、图 1 和图 2 所示。可知 7 天龄期时, GM-0 的抗折强度为 5.58 MPa, 6 组自制灌浆料的抗折强度全部低于 GM-0。28 天龄期时, GM-0 的抗折强度为 5.9 MPa, GM-4 灌浆料的抗折强度最优, 为 6.02 MPa, 但相比 GM-0 仅增加 2.03%, 其他样本的 28 天抗折强度同样低于 GM-0。

通过图 1 和图 2 可知, 不掺玻璃纤维的 Group 1 自制灌浆料的 7 天和 28 天抗折强度都是先增加后降低, 而 Group 2 掺入 2% 玻璃纤维的灌浆料的 7 天和 28 天的抗折强度则是先降低后增加。

通过对比可知, GM-0 的 28 天抗折强度相对 7 天强度增幅为 5.7%, 而自制灌浆料的强度增幅范围为 19.6%~93%。这可能是由于 GM-0 灌浆料掺加了早强剂 NaCl, 所以早期强度增加较快, 7 天后强度增加

Table 6. Flexural strength
表 6. 抗折强度

编号	GM-0	GM-1	GM-2	GM-3	GM-4	GM-5	GM-6
7 天抗折强度(MPa)	5.58	2.49	4.34	2.01	4.71	2.14	3.48
28 天抗折强度(MPa)	5.9	3.75	5.19	3.88	6.02	3.73	5.34
强度增幅(%)	5.7%	50.6%	19.6%	93%	27.8%	74.3%	53.4%

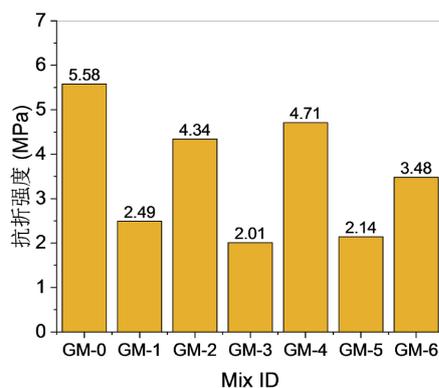


Figure 1. 7 d flexural strength

图 1. 7 天龄期抗折强度

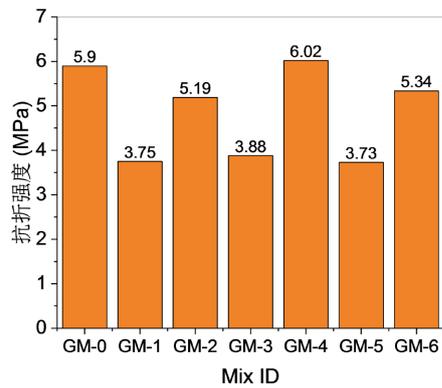


Figure 2. 28 d flexural strength

图 2. 28 天龄期抗折强度

显著降低。而自制灌浆料未掺早强剂，所以 7 天龄期时抗折强度相对较低，7 天后至 28 天时抗折强度增加较为明显。本研究中在自制灌浆料中掺入不同掺量的粉煤灰、硅灰、矿粉和玻璃纤维，相比普通型灌浆料，对抗折强度改善的效果并不显著。

3.2. 抗压强度

普通型和自制灌浆料试块的抗压强度测试结果如表 7、图 3 和图 4 所示。可知普通型灌浆料 7 天和 28 天抗压强度分别为 15.76 MPa 和 17.68 MPa，Group 1 自制灌浆料抗压强度先增加后降低，Group 2 掺入 2% 玻璃纤维的自制灌浆料抗压强度先降低后增加，这一变化趋势与抗折强度完全一致。7 天龄期时，Group 1 中 GM-2 的抗压强度最高，为 55.4 MPa，相对 GM-0 增加了 251.5%。掺入玻璃纤维的 Group 2 中，GM-6 的抗压强度值最大，为 30.5 MPa，相对 GM-0 增加了 93.5%。28 天龄期时 Group 1 和 Group 2

Table 7. Compressive strength

表 7. 抗压强度

编号	GM-0	GM-1	GM-2	GM-3	GM-4	GM-5	GM-6
7 天抗压强度(MPa)	15.76	27.6	55.4	10.9	22.3	13.3	30.5
28 天抗压强度(MPa)	17.68	41.1	62.9	29.1	32.2	17.7	42.2
强度增幅(%)	12.2%	48.9%	13.5%	167%	44.4%	33.1%	38.4%

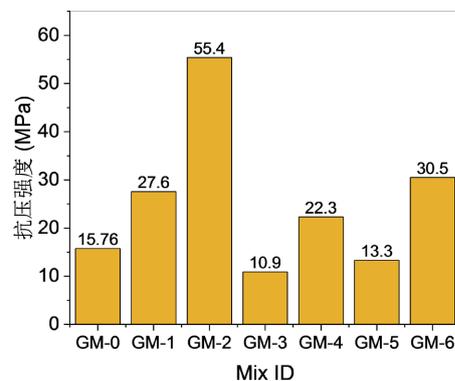


Figure 3. 7 d compressive strength

图 3. 7 天龄期抗压强度

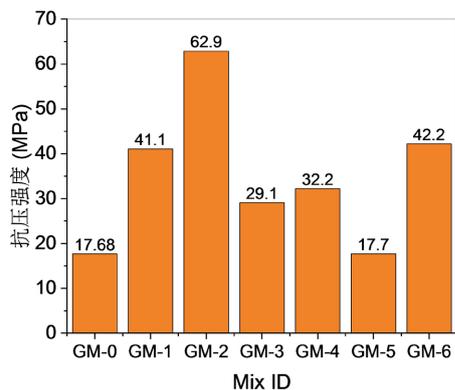


Figure 4. 28 d compressive strength

图 4. 28 天龄期抗压强度

中同样是 GM-2 和 GM-6 的强度值最大, 分别为 62.9 MPa 和 42.2 MPa, 相对 GM-0 分别增加了 255.8% 和 138.7%。

对比可知, 普通型 GM-0 灌浆料的 28 天抗压强度相对 7 天抗压强度增幅为 12.2%, 而自制灌浆料的强度增幅范围为 13.5%~167%。原因之一可能同样是由于 GM-0 掺入早强剂的原因, 但 GM-0 抗压强度的增幅要高于抗折强度。在自制灌浆料中, GM-3 的抗折和抗压强度增幅都是最大, 分别达到了 93% 和 167%。综合上述抗压强度的分析, 可知 GM-2 为最优配合比。

本试验中自制灌浆料具有较高的早期抗折强度和抗压强度, 力学性能满足装配式路面基层灌浆填缝结构的强度要求和施工期短的特点。28 天强度不同幅度的增加, 可以进一步提高结构的安全性能。

4. 结论

1) 相比普通型灌浆料, 本研究中在自制灌浆料中不同掺量的粉煤灰、硅灰、矿粉和玻璃纤维对抗压强度改善效果明显, 对抗折强度改善效果并不显著。

2) GM-4 灌浆料的 28 天抗折强度最优, 为 6.02 MPa, 但相比 GM-0 仅增加 2.03%。GM-2 的 28 天抗压强度值最大, 为 62.9 MPa, 相对 GM-0 增加了 255.8%。

3) GM-0 普通型灌浆料的 28 天抗折和抗压强度相对 7 天强度增幅仅为 5.7% 和 12.2%, 而自制灌浆料的抗折和抗压强度增幅范围分别为 19.6%~93% 和 13.5%~167%, 远高于 GM-0。

参考文献

- [1] 王会强, 战宏宇, 郭高. 装配式基层结构对市政道路建设的意义[J]. 市政技术, 2017, 35(4): 44-47+50.
- [2] 长春市市政工程设计研究院. 全国市政工程行业科技成果展示预制装配式道路基层结构暨产业化研究[J]. 市政技术, 2016, 34(1): 5-7.
- [3] 姚涛. 砌块基层结构设计及工程应用[D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2016.
- [4] 由平均, 张旭, 郭高, 李仲海. 预制混凝土大型砌块在市政道路基础层上的应用[J]. 建筑砌块与砌块建筑, 2015(4): 29-31.
- [5] 王景鹏, 王源琳, 黄百花, 郭高. 嵌挤式道路砌块结构受力分析[J]. 市政技术, 2015, 33(6): 21-23.
- [6] 蒋帅, 陈明, 肖杰, 王宝辉, 杨和平. 装配式基层道路结构接缝荷载应力分析[J]. 公路工程, 2019, 44(3): 240-245.
- [7] 苏凯. 装配式路面技术的研究现状[J]. 建筑施工, 2021, 43(5): 905-907.
- [8] 中国建材报. 黑龙江首个预制装配式道路基层试点工程在哈开工[J]. 北方建筑, 2018, 3(6): 83.
- [9] 赵树志, 潘枫, 郭高. 预制装配式基层结构与二灰碎石基层结构全寿命周期造价分析与预测[J]. 市政技术, 2017,

35(5): 32-35+40.

- [10] 马健生, 孙大伟, 余地, 程永春, 郭高. 装配式道路基层结构填缝材料配比设计及性能分析[J]. 公路, 2017, 62(10): 17-21.
- [11] 孙大伟. 组合基层结构的填缝砂浆配合比设计及性能研究[D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2016.