

内隔墙板用灌浆材料组成设计研究

贾仁甫, 钱清华, 严帅帅

(扬州大学建筑工程学院 绿色建筑材料研究所, 江苏 扬州 225127)

摘要: 采用单因素分析法研究了缓凝剂、水胶比、胶砂比、掺合料种类和掺量对灌浆材料的流动度与力学性能的影响, 并基于此试验结果研究了膨胀剂对灌浆材料的流动度、力学性能和竖向膨胀率的影响, 从而得到内隔墙板用Ⅱ类水泥基灌浆材料优化组成。

关键词: 内隔墙板; 水泥基灌浆材料; 配合比

中图分类号: TU528 文献标识码: B 文章编号: 1007-7839 (2018) 10-0022-06

Study on design of grouting material composition for inner wall board

JIA Renfu, QIAN Qinghua, YAN Shuaishuai

(Research Institute of Green Building Materials, College of Building Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225127, Jiangsu)

Abstract: The effects of type and content of retarder, water-binder ratio, cement-sand ratio and admixture on the fluidity and mechanical properties of grouting materials were studied by single factor analysis. Based on the experimental results, the effects of expansive agent on the fluidity, mechanical properties and vertical expansion rate of grouting materials were studied. Thereby, the optimized composition of the type II cement-based grouting material for the inner wall board was obtained.

Key words: inner wall board; cement matrix grouting material; mix proportion

0 引言

水泥基灌浆材料为将水泥、矿物掺合料、细骨料及外加剂在工厂按一定比例混合, 在施工现场加入水及相关外加剂等组分均匀拌合后, 用于螺栓锚固、结构加固及预应力孔洞等灌浆的材料^[1]。由于灌浆材料具有流动性高、早期强度高、微膨胀、耐久性能好等优点, 广泛应用于装配式建筑(节点连接灌浆)、地下工程(挡土墙灌浆)、采用预应力的工程(预应力孔洞灌浆)等多种领域。

对于灌浆材料的力学性能, 李世元^[2]对装配式建筑钢筋套筒灌浆材料进行了研究, 研究表明, 由于多余的自由水挥发形成毛细孔隙, 在一定

范围内, 水胶比的增大会降低灌浆材料的强度。但过低的水胶比会使水泥无法完全水化, 也会影响其强度。对于灌浆材料的工作性能, 徐长伟等^[3]对装配式建筑用灌浆材料的组成进行了研究, 研究表明水灰比的增大会提高流动度。贾雪丽^[4]对高性能水泥基灌浆材料的制备与性能进行了研究, 研究发现过高的水胶比会导致灌浆材料离析泌水。对于灌浆材料的膨胀性能, 吕代江^[5]对装配式建筑钢筋套筒灌浆材料进行了研究, 研究表明塑性膨胀剂补偿了早期收缩, AEA 膨胀剂补偿了硬化后的收缩。贾雪丽^[4]的研究表明, 膨胀剂的加入优化了灌浆材料的孔结构, 使其抗冻性、耐

收稿日期: 2018-08-18

项目基金: 江苏省政策引导类计划(产学研合作)-前瞻性联合研究项目资助(BY2016069-08); 扬州市科技计划项目(YZ2017290); 住房城乡建设部科学技术项目计划(2016-K4-016); 中国博士后科学基金(2015M581702)。

作者简介: 贾仁甫(1965—), 男, 博士, 教授, 研究方向为水利工程建筑与管理。

久性及体积稳定性提高。李宗阳^[6]对装配式建筑灌浆材料进行了研究, 研究表明细骨料的加入有利于保证灌浆材料的体积稳定性。

本文通过试验研究缓凝剂、水胶比、胶砂比、掺合料种类和掺量、膨胀剂对灌浆材料的流动度、力学性能、竖向膨胀率的影响, 设计内隔墙板用Ⅱ类水泥基灌浆材料, 目标性能如表 1 所示。

表 1 水泥基灌浆材料主要性能指标

类别	Ⅱ类
最大骨料粒径/mm	≤ 4.75
截锥流动度/mm	
初始值	≥ 340
30 min	≥ 310
竖向膨胀率/%	
3 h	0.1~3.5
24 h 与 3 h 的膨胀值之差	0.02~0.50
抗压强度/MPa	
1 d	≥ 20
3 d	≥ 40
28 d	≥ 60

1 原材料与试验方法

1.1 原材料

水泥, P·O42.5 级普通硅酸盐水泥, 表观密度 3100 kg/m³, 扬州绿扬水泥厂生产。粉煤灰, I 级粉煤灰, 表观密度 2200 kg/m³, 南京共创防腐保温有限公司生产。矿渣粉, S95 级, 表观密度 2900 kg/m³, 泰州生产。膨胀剂, 拓达建材生产。砂, 中砂, 密度 2604 kg/m³, 扬州近郊生产。缓凝剂, 葡萄糖酸钠, 工业级, 吴江市华誉化工有限公司生产。减水剂, 聚羧酸减水剂, 含固量 30%, 西卡集团生产。拌合用水, 符合 JGJ63-2006^[7] 的规定。

1.2 试验方法

灌浆材料的制备、成型、截锥流动度试验参考 GB/T50448-2015^[1]; 抗折、抗压强度试验参考 GB/T17671-1999^[8]; 凝结时间试验参考 GB/T1346-2011^[9]; 竖向膨胀率试验参考 GB/T50448-2015^[1]、GB50119-2003^[10]。

2 结果与讨论

2.1 缓凝剂掺量

水胶比 0.28、胶砂比 1:1、粉煤灰掺量 20%、减

水剂掺量 1.0%、缓凝剂掺量 0.5‰~2.5‰设计配比, 研究缓凝剂掺量对灌浆材料的影响, 试验结果如图 1~图 3 所示。

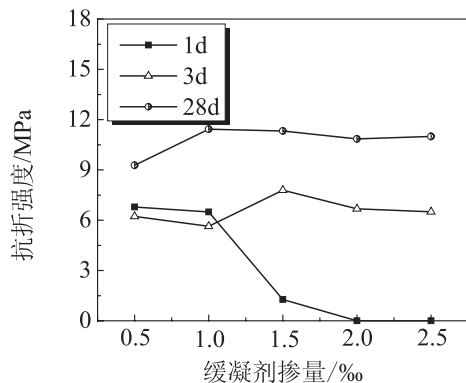


图 1 不同缓凝剂掺量的灌浆材料抗折强度

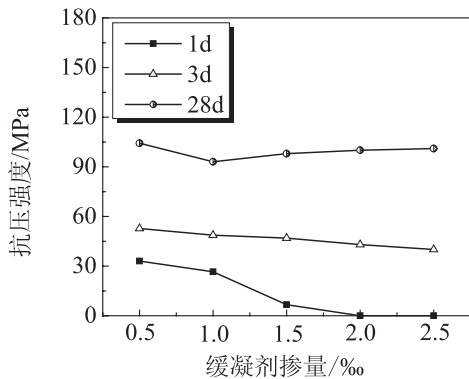


图 2 不同缓凝剂掺量的灌浆材料抗压强度

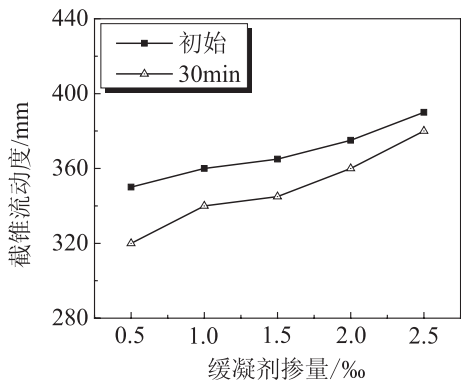


图 3 不同缓凝剂掺量的灌浆材料流动度

由图 1、图 2 可知, 缓凝剂掺量对灌浆材料早期的抗折、抗压强度影响较大, 在 0.5‰~2.5‰范围内, 随着缓凝剂掺量的增加, 1 d 强度明显降低, 掺量大于 2.0‰时, 灌浆材料 1 d 无法完全硬化, 缓凝效果明显。缓凝剂试验掺量范围内, 灌浆材料 3 d 抗压强度略有降低, 28 d 强度变化规律不明显。由图 3 可知, 在 0.5‰~2.5‰范围内, 随着缓凝

剂掺量的增加,截锥流动度随之增加,且30 min流动度经时损失逐渐减小。

综合上述分析,缓凝剂掺量为0.5‰时,灌浆材料的凝结时间、流动度和抗压强度满足要求,因此选择缓凝剂掺量为0.5‰。

2.2 水胶比

水胶比0.24~0.32、胶砂比1:1、粉煤灰掺量20%、减水剂掺量1.0%、缓凝剂掺量0.5‰设计配比,研究水胶比对灌浆材料的影响,测试结果如图4~图6所示。

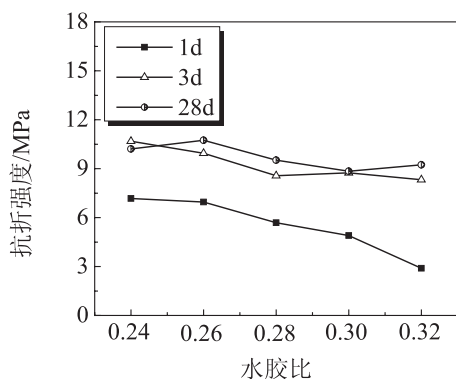


图4 不同水胶比的灌浆材料抗折强度

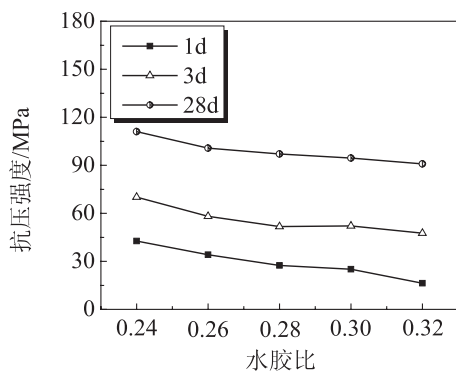


图5 不同水胶比的灌浆材料抗压强度

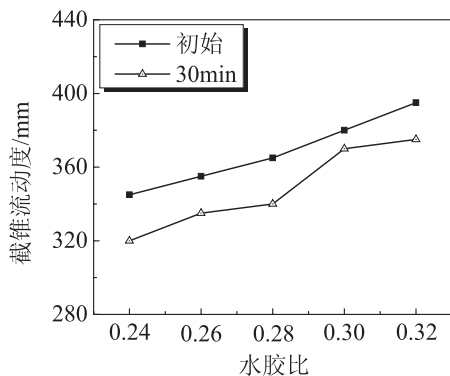


图6 不同水胶比的灌浆材料流动度

由图4、图5可知,水胶比0.24~0.32时,随着水胶比的增大,灌浆材料各龄期抗折、抗压强度降低,1 d强度降低最为显著。由图6可知,随着水胶比增大,流动度显著增加。水胶比为0.28时,灌浆材料的流动度和抗压强度均满足要求,灌浆材料浆体更加均匀,适宜自流平成型,因此选择水胶比为0.28。

2.3 胶砂比

水胶比0.28、胶砂比1:0.5~1:1.5、粉煤灰掺量20%、减水剂掺量1.0%、缓凝剂掺量0.5‰设计配比,研究胶砂比对灌浆材料的影响,试验结果如图7~图9所示。

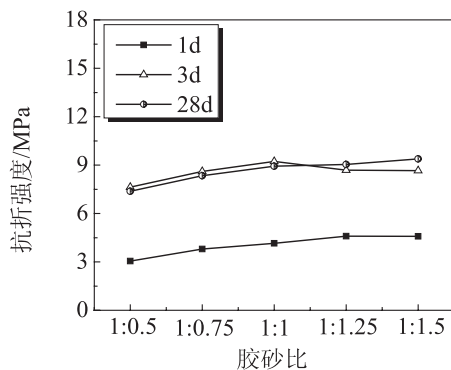


图7 不同胶砂比的灌浆材料抗折强度

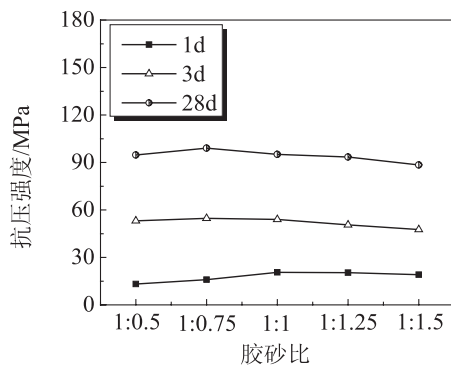


图8 不同胶砂比的灌浆材料抗压强度

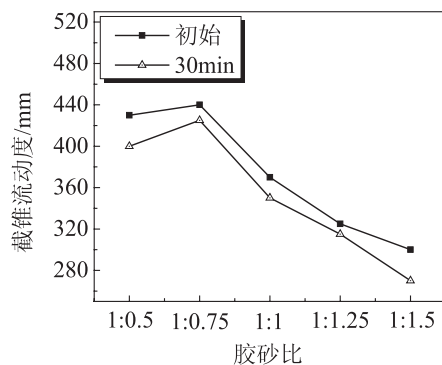


图9 不同胶砂比的灌浆材料流动度

由图 7、图 8 可知, 胶砂比 1:0.5 ~ 1:1.5 时, 随着胶砂比的提高, 抗折、抗压强度先增大后减小, 胶砂比 1:1 时灌浆材料 1 d 抗压强度最高, 胶砂比 1:0.75 时 3 d 和 28 d 强度最高。由图 9 可知, 胶砂比 1:0.75 时流动度达最大。但由于流动度过大, 浆体匀质性差, 且由于砂含量低, 体积稳定性难以保证。

综上, 胶砂比为 1:1 时, 灌浆材料的流动度和抗压强度满足要求, 因此选择胶砂比为 1:1。

2.4 掺合料种类与掺量

基于上述试验结果, 在水胶比 0.28、胶砂比 1:1、缓凝剂掺量 0.5‰的基础上, 研究矿渣、粉煤灰及两者复掺使用对灌浆材料的影响。

2.4.1 单掺粉煤灰

水胶比 0.28、胶砂比 1:1、粉煤灰掺量 0% ~ 20%、减水剂掺量 1.0%、缓凝剂掺量 0.5‰设计配比, 研究粉煤灰掺量对灌浆材料的影响, 试验结果如图 10 ~ 图 12 所示。由图 10、图 11 可知, 粉煤灰掺量 0% ~ 20% 时, 随着粉煤灰掺量的增加, 灌浆材料各龄期抗折、抗压强度降低。由图 12 可知, 粉煤灰对灌浆材料的流动度影响较小, 初始流动度在 350 ~ 360 mm 之间波动。

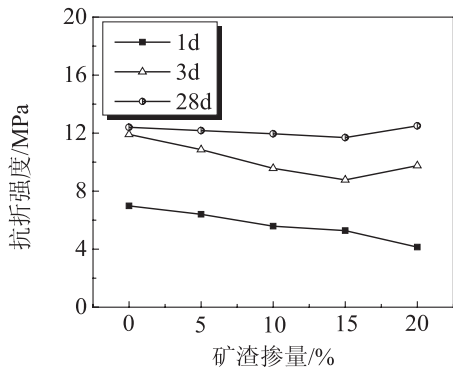


图 10 单掺粉煤灰的灌浆材料抗折强度

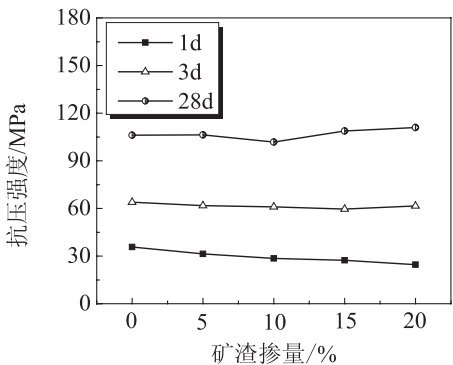


图 11 单掺粉煤灰的灌浆材料抗压强度

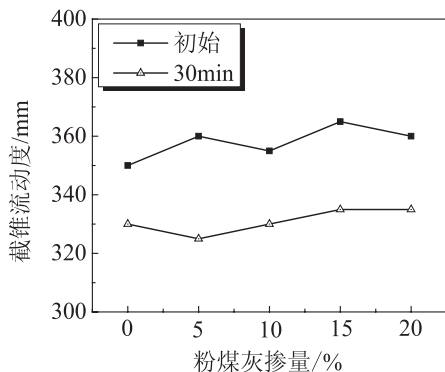


图 12 单掺粉煤灰的灌浆材料流动度

综上, 粉煤灰掺量 15% 时, 灌浆材料的流动度和抗压强度满足要求, 因此选择粉煤灰掺量 15% 作为后续试验的掺量。

2.4.2 单掺矿渣

水胶比 0.28、胶砂比 1:1、矿渣掺量 0% ~ 20%、减水剂掺量 1.0%、缓凝剂掺量 0.5‰设计配比, 研究矿渣掺量对灌浆材料的影响, 试验结果如图 13 ~ 图 15 所示。

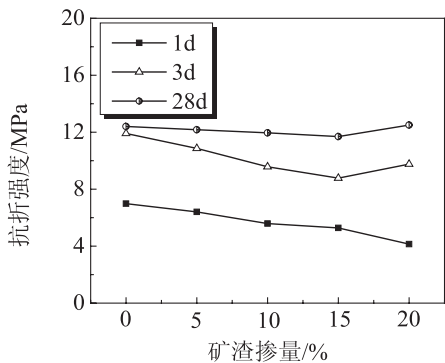


图 13 单掺矿渣的灌浆材料抗折强度

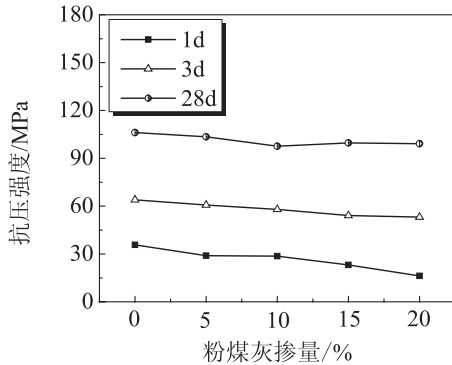


图 14 单掺矿渣的灌浆材料抗压强度

由图 13、图 14 可知, 在 0% ~ 20% 范围内, 随着矿渣掺量的增加, 灌浆材料 1 d 抗折、抗压强度降低,

但与单掺粉煤灰相比,降幅不明显。且灌浆材料3 d、28 d抗折、抗压强度先减小后增大,掺量15%时强度最低。由图15可知,随着掺量的增大,初始流动度先增大后减小,掺量10%达到最大。

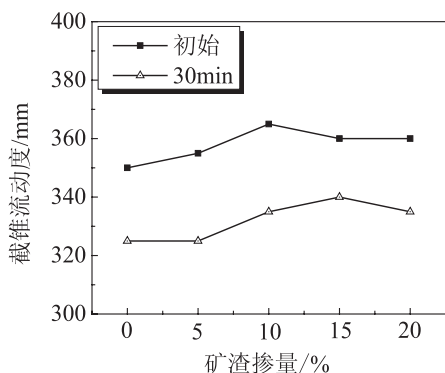


图15 单掺矿渣的灌浆材料流动度

综上,矿渣掺量为20%时,灌浆材料的流动度和抗压强度满足要求,因此选择矿渣掺量20%作为后续试验掺量。

2.4.3 复掺粉煤灰和矿渣

水胶比0.28、胶砂比1:1、粉煤灰:矿渣=0%:20%~20%:0% (且总掺量20%不变)、减水剂掺量1.0%、缓凝剂掺量0.5%设计配比,试验结果如图16~图18所示。

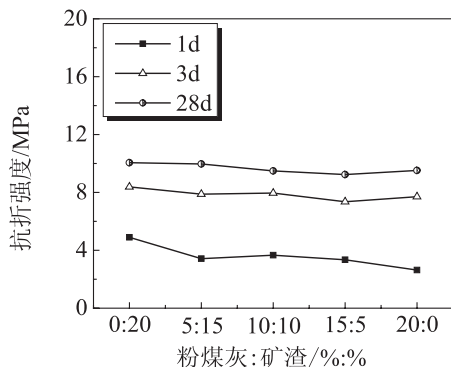


图16 复掺粉煤灰和矿渣的灌浆材料抗折强度

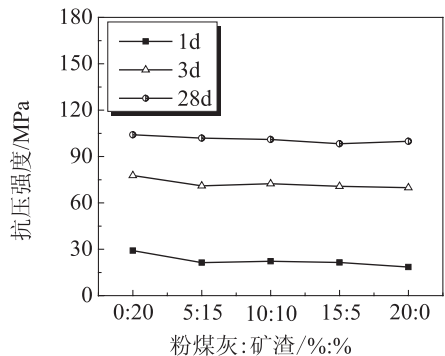


图17 复掺粉煤灰和矿渣的灌浆材料抗压强度

由图16、图17可知,在掺合料总掺量保持20%不变的情况下,随着粉煤灰比例的提高,0%:20%~5%:15%的强度降幅明显。由图18可知,复掺掺合料的改变对流动度影响不明显,初始流动度在370~380mm波动。

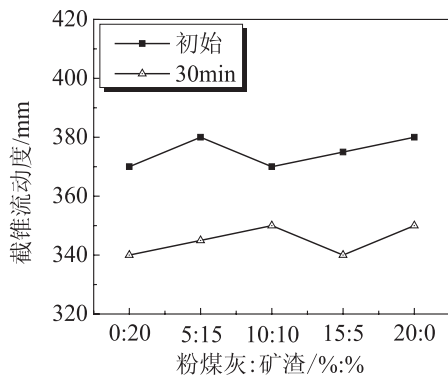


图18 复掺粉煤灰和矿渣的灌浆材料流动度

综上,粉煤灰:矿渣为10%:10%时,灌浆材料的流动度和抗压强度满足要求,因此选择粉煤灰:矿渣为10%:10%作为后续试验的复掺比例。

2.5 膨胀剂

水胶比0.28、胶砂比1:1、粉煤灰:矿渣=10%:10%且总掺量20%、膨胀剂掺量0.0%~8.0%设计配比,研究膨胀剂对灌浆材料的影响。由于膨胀剂的加入,需要增加减水剂与缓凝剂的掺量,提高灌浆材料的工作性能,便于其成型。图19~图21为膨胀剂掺量不同时灌浆材料的测试结果。

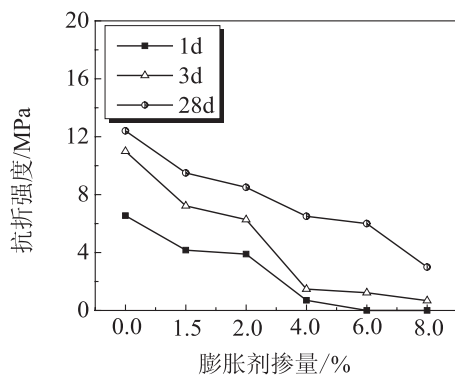


图19 不同膨胀剂掺量的灌浆材料抗折强度

由图19、图20可知,膨胀剂0%~8%,随着膨胀剂掺量的增加,灌浆材料1d、3d强度显著降低,膨胀剂4%~8%时,早期强度较小,且体积稳定性较差,试件体积增大明显,气孔明显增多,不适宜作为灌浆材料使用。由图21可知,膨胀剂1.5%~8.0%时,随着膨胀剂掺量增加,流动度

减小, 且缓凝剂掺量相应增加, 30 min 流动度经时损失减小。膨胀剂掺量为 1.5% 时, 灌浆材料的流动度、抗压强度及竖向膨胀率满足要求, 因此选择膨胀剂掺量 1.5% 对应的 QHG7.6 配合比为灌浆材料的最优配比, 见表 2、表 3。

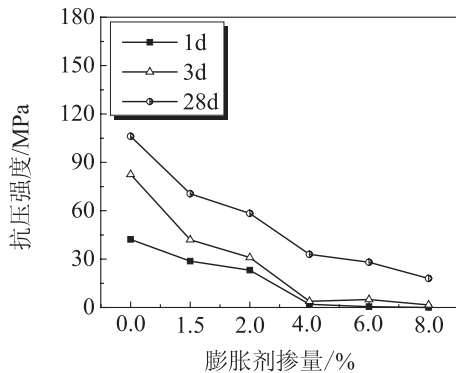


图 20 不同膨胀剂掺量的灌浆材料抗压强度

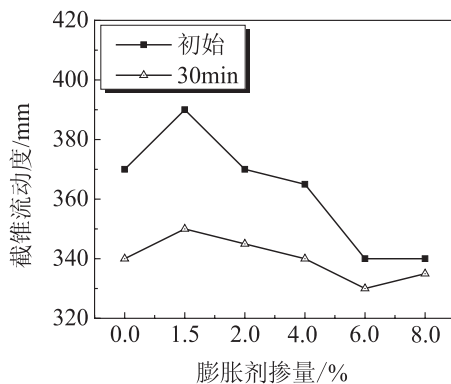


图 21 不同膨胀剂掺量的灌浆材料流动度

表 2 灌浆材料最优配合比

序号	水泥 / kg	粉煤灰: 矿渣粉 / %: %	粉煤灰 / kg	矿渣粉 / kg	膨胀剂 / %	膨胀剂 / kg	胶材总量 / kg	砂 / kg	水 / kg	减水剂 / %	缓凝剂 / ‰
QHG7.6	3.297	10:10	0.420	0.420	1.5	0.063	4.200	4.200	1.176	1	0.5

表 3 最优配比灌浆材料的性能

序号	截锥流动度 / mm		抗折强度 / MPa			抗压强度 / MPa			竖向膨胀值 / mm	
	初始	30 min	1 d	3 d	28 d	1 d	3 d	28 d	3 h	24 h
QHG7.6	390	350	4.16	7.22	9.50	28.74	42.01	70.50	2.792	2.362

3 结论

本实验范围内, 灌浆材料试验结果如下:

(1) 水胶比 0.24 ~ 0.32 时, 随着水胶比的增大, 灌浆材料流动度增大, 各龄期压强度降低, 胶砂比 1:0.5 ~ 1:1.5 时, 灌浆材料的流动度和强度

随胶砂比提高先增大后减小。

(2) 单掺粉煤灰 0% ~ 20% 时, 随着粉煤灰掺量的增加, 灌浆材料各龄期压强度降低; 单掺矿渣 0% ~ 20% 时, 随着矿渣掺量的增加, 灌浆材料 1 d 强度降低, 但后期强度增加; 粉煤灰与矿渣复掺使用时, 随着粉煤灰比例的增加, 灌浆材料强度降低。

(3) 缓凝剂 0.5‰ ~ 2.5‰ 时, 随着缓凝剂掺量增加, 流动度增大, 30 min 流动度经时损失减小, 早期强度降低; 膨胀剂掺量 1.5% ~ 8.0% 时, 随着膨胀剂掺量增加, 流动度减小, 早期强度降低。

(4) 最优灌浆材料配合比为水泥: 粉煤灰: 矿渣: 膨胀剂 = 78.5%: 10%: 10%: 1.5% (占胶材总量的比例)、胶砂比 1:1、水胶比 0.28, 初始和 30 min 截锥流动度分别为 390 mm、350 mm, 1 d、3 d、28 d 抗压强度分别为 28.7 MPa、42.0 MPa、70.5 MPa, 3 h 和 24 h 竖向膨胀值分别为 2.792 mm、2.362 mm。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 水泥基灌浆材料应用技术规范: GB/T 50448-2015[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.
- [2] 李世元, 夏春蕾, 杨思忠. 装配式建筑钢筋套筒灌浆材料研究[J]. 混凝土世界, 2018(01): 54-59.
- [3] 徐长伟, 曾伟, 马世方, 等. 装配式建筑用灌浆材料组成的研究[J]. 混凝土, 2016(07): 133-137.

[4] 贾雪丽. 高性能水泥基灌浆材料的制备与性能研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2011: 4.

[5] 吕代江. 装配式建筑套筒灌浆材料技术及简介[J]. 门窗, 2016(03): 170-171.

[6] 李宗阳. 装配式建筑灌浆材料的研究[D]. 沈阳: 沈阳 (下转第 33 页)

[7] 中华人民共和国建设部. 混凝土用水标准: JGJ63-2006 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.

[8] 国家质量技术监督局. 水泥胶砂强度检验方法 (ISO 法): GB/T17671-1999 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1999.

[10] 中华人民共和国建设部. 混凝土外加剂应用技术规范: GB 50119-2003[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.

[10] 中华人民共和国建设部. 混凝土外加剂应用技术规范: GB 50119-2003[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.