

Influence of Cellulose Ether Content on Early Volume Stability of Self-Leveling Mortar of Portland Cement-Aluminate Cement-Anhydrite Ternary System

Zhiqi Zhang^{1,2,3}

¹Shanghai Jianke Technical Assessment of Construction Co., Ltd., Shanghai

²National Center for Quality Supervision and Test of Building Engineering Materials, Shanghai

³Shanghai Research Institute of Building Sciences (Group) Co., Ltd., Shanghai

Email: 806895064@qq.com

Received: Sep. 2nd, 2017; accepted: Sep. 17th, 2017; published: Sep. 25th, 2017

Abstract

Cellulose Ether (HPMC) has the influence on the early volume stability of self-leveling mortar of ternary system. Self-leveling mortar of ternary system with good early volume stability has less shrinkage in the late stage and it is helpful to solve the problem of shrinkage cracking of self-leveling mortar of ternary system in large area during the construction. In this paper, the influence of different content of HPMC on the working performance, mechanical properties and early volume stability of self-leveling mortar of ternary system are studied. The results show that HPMC can not only improve the fluidity and early strength of self-leveling mortar of ternary system in a certain content range, but also improve the early volume stability of self-leveling mortar of ternary system.

Keywords

Content of Cellulose Ether, Ternary System, Properties, Early Volume Stability

纤维素醚掺量对硅酸盐水泥 - 铝酸盐水泥 - 石膏三元复合自流平砂浆早期体积稳定性的影响

张峙琪^{1,2,3}

¹上海建科检验有限公司, 上海

²国家建筑工程材料质量监督检验中心, 上海

³上海市建筑科学研究院(集团)有限公司, 上海

Email: 806895064@qq.com

收稿日期: 2017年9月2日; 录用日期: 2017年9月17日; 发布日期: 2017年9月25日

摘要

纤维素醚(HPMC)掺量对三元复合自流平砂浆早期体积稳定性有影响。早期体积稳定性良好的三元复合自流平砂浆后期收缩小, 有利于解决三元复合自流平砂浆大面积施工收缩开裂问题。本文研究了HPMC不同掺量对三元复合自流平砂浆工作性能、力学性能及早期体积稳定性的影响。研究发现HPMC在一定掺量范围内可以提高三元复合自流平砂浆的流动度、早期强度, 且能够明显改善三元复合自流平砂浆早期体积稳定性。

关键词

HPMC掺量, 三元复合, 性能, 早期体积稳定性

Copyright © 2017 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

德国 Ardex 公司[1] 1975 年发明了“早凝快干”水泥基自流平技术, 即我们现在所谓的硅酸盐水泥-铝酸盐水泥-石膏三元胶凝体系, 这种体系可以快速地坪施工, 极大的节约了施工时间。三元复合自流平砂浆中, 铝酸盐水泥和硅酸盐水泥复合使用, 既可以加快其凝结和早期强度的发挥, 又可以保持良好的长期强度。并且在石膏存在的条件下, 体系反应生成的膨胀性水化产物钙矾石能对三元复合自流平砂浆起到有效收缩补偿作用, 使三元复合自流平砂浆具有良好的早期体积稳定性[2]。早期体积稳定性良好的三元复合自流平砂浆有利于解决其后期的收缩开裂问题。同时添加剂在三元复合自流平砂浆中也至关重要, 其对三元复合自流平砂浆体早期积稳定性有比较大的影响。纤维素醚是天然纤维素醚的衍生物, 对砂浆具有缓凝、保水、增稠、引气粘合功能[3]。因此本文在硅酸盐水泥-铝酸盐水泥-石膏三元复合自流平砂浆优化配合比的基础上, 通过研究不同纤维素醚(HPMC)掺量对其工作性能、力学性能、早期体积稳定性的影响情况, 从而为工程应用的体积稳定性良好的三元复合自流平砂浆配合比的选择提供参考。

2. 试验

2.1. 原材料

1) 硅酸盐水泥

海螺水泥有限公司生产的海螺牌 PO42.5 强度等级普通硅酸盐水泥(简称 OPC)。

2) 铝酸盐水泥

某公司生产的 Ciment Fondu 铝酸盐水泥(简称 CF), 其物理性能如下: 细度 3000 cm²/g; 初凝时间: 96 min; 终凝时间: 148 min; 1d 抗压强度 47 MPa; 3d 抗压强度 55 MPa; 水泥化学组成如表 1 所示。

3) 硬石膏: 无水石膏, 南京石膏矿业有限公司。

Table 1. Chemical compositions of the portland cement and aluminate cement used in the test (wt%)**表 1.** 硅酸盐水泥和铝酸盐水泥的化学组成(%)

组分	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	MgO	K ₂ O + Na ₂ O	TiO ₂
OPC	18~24	61~69	4~8	1~4	2~3.5	0.5~4	0.4~2.2	0.2~0.9
CF	2.5~5	36.5~39.5	37.5~42.5	14~18	<0.5	<1.5	<0.5	<4

4) 骨料和填料: 本实验采用细骨料为市售石英砂, 40~70 目石英砂与 70~100 石英目砂 1:1 组成的混合砂; 填料市售重质碳酸钙粉末(400 目)。

5) 聚合物干粉: 可再分散乳胶粉: 乙烯 - 醋酸乙烯基共聚物, 德国瓦克公司生产, 型号 5010N, 膜温度 4℃, 玻璃化温度 16℃, 固体粉末。

6) 纤维素醚: 陶氏化学低粘度 HPMC。

7) 外加剂: 聚羧酸减水剂; 碳酸锂; 酒石酸; P803 消泡剂。

8) 拌合水: 自来水。

2.2. 试验方法

2.2.1. 标准试验条件

所有试样按 JC/T985-2005《地面用水泥基自流平砂浆》[4]所规定的方法进行试验。环境温度 23℃ ± 2℃, 相对湿度 50% ± 5%, 试验区的循环风速低于 0.2 m/s。

2.2.2. 流动度试验

按照《地面用水泥基自流平砂浆》试验方法进行。将制备好的试样注入内径 30 mm ± 0.1 mm, 高 50 mm ± 0.1 mm 的金属或塑料空心圆柱体试模后, 开始计时, 在 2 s 内垂直向上提升 5 cm~10 cm, 保持 10 s~15s 使试样自由流下。4 min 后, 测两个垂直方向的直径, 取两个直径的平均值作为砂浆的流动度, 精确至 1 mm。

2.2.3. 抗折强度、抗压强度试验

参照参考《水泥胶砂强度检验方法》(GB/T17671-1999)进行。试件无需振动, 共 24 h、3 d、7 d 和 28 d 四组试件, 每组试件 3 个。

2.2.4. 体积稳定性试验

1) 塑性体积变化测定方法

本方法基于体积法原理进行设计, 浆体收缩膨胀的大小通过测量浆体体积的变化来计算。将浆体按要求拌制后置于锥形瓶中, 并用某种不与浆体发生反应且体积稳定性较好的液体注满锥形瓶, 塞上瓶塞并将液体液面加至带刻度滴管中某刻度处, 最后将本装置至于标准环境中进行养护。当锥形瓶中的浆体发生膨胀或收缩时时, 带刻度滴管中液面将上升或下降。

如图 1 所示, 试验前对装置进行密封性检查, 校准体积, 并用食用油对其内部浸润后待用。按照配合比拌制浆体, 称量放入装置内的浆体的质量为 m (精确至 0.01 g), 将食用油加至锥形瓶瓶口部位, 塞好瓶塞, 保证瓶中无气泡存在。测定收缩时, 用注射器调节滴管液面高度在滴管靠上面刻度处, 测试膨胀时, 调节液面在滴管下部刻度处, 并高于瓶塞。记下此时的时间与初始刻度 V_0 (精确至 0.01 cm³), 至某时间点 t 时, 记录刻度滴管上的刻度值 V_t (精确至 0.01 cm³), 继续进行观察记录, 直至测试结束。

$$\text{塑性体积变化率}(\text{cm}^3/\text{g}) = (V_t - V_0)/m$$

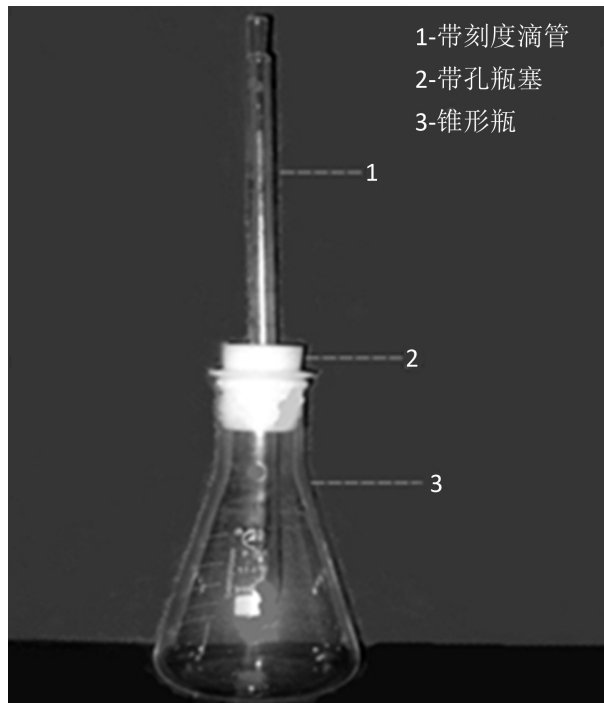


Figure 1. Method for measuring the change of plastic volume
图 1. 塑性体积变化测定方法装置示意图

当塑性体积变化率为正值时表示膨胀，负值时表示收缩。

2) 塑性阶段体积稳定性评价方法

采用自行组装的非接触式激光位移传感器测试平板砂浆的塑性自由收缩量。在 $914\text{ mm} \times 610\text{ mm} \times 19\text{ mm}$ 的平板木模上，嵌套一个相同容积但无底的木模框架，并铺一张一次性塑料薄膜于木板上防止水分渗出。将称量好的原材料加入搅拌机，先干搅 1 min ，再加入量好的水，继续搅拌 2 min ，停 30 s ，将搅拌机上未能得到充分搅拌的料刮下，再继续搅拌 2 min ，停止搅拌。然后将拌合料沿木模边缘螺旋式向中心进行浇筑，直至拌合料自动流满试模为止，立即用刮平长木条沿试模长边快速摊平试件表面。在试件中间位置表面放置两块测试小泡沫板块(测试目标)，两个板块之间的距离保持 300 mm ，然后将固定有激光位移感应器的铁架放置在小泡沫板上，使激光位移感应器的光源照射在测试目标上呈绿色，表示激光与被测物体间的初始读数在 0 刻度。打开计算机中与激光位移感应器配套远程控制软件开始记录数据，测试收缩量至试件塑性收缩基本稳定为止。在记录数据期间，保持木模和激光位移传感器位置固定。

3) 早期硬化阶段体积变形评价方法

尺寸变化率试验参照 JC/T985-2005《地面用水泥基自流平砂浆》规定的方法进行试验。

2.3. 试验内容

在优化配合比的基础上，分别研究不同掺量 HPMC 对自流平砂浆工作性能、强度、早期体积稳定性的影响。

3. 结果分析与讨论

3.1. HPMC 掺量对三元复合自流平砂浆工作性能的影响

水泥基自流平砂浆粘聚力不足、稳定性差会导致施工后粘接强度低、易开裂、耐久性差等问题，因

此必须采用相应的稳定剂进行改性。本试验采用的稳定剂是低粘度的羟丙基甲基纤维素醚(HPMC),用它可以克服自流平砂浆中水分的蒸发及基层的吸水,有助于延长工作时间,同时通过增稠作用防止离析和沉降,有助于形成更均匀的结构,从而提高粘接强度,形成光滑细腻的表面。HPMC的掺量对自流平砂浆的工作性有明显的影响。掺入 HPMC 后自流平砂浆泌水、离析沉降等工作性显著改善,并且随着掺量的增加,改善的效果越明显。

HPMC 对自流平砂浆流动性的影响结果如图 2 所示。低粘度的 HPMC 在掺量 0%~0.025%的范围内能够促进砂浆的初始流动性,当其掺量超过 0.025%时,砂浆的初始流动性也迅速降低;当其掺到 0.075%和 0.1%时,自流平砂浆的初始流动性明显减小,比不掺加 HPMC 的流动度还小。随着 HPMC 掺量的增加,自流平砂浆 20 min 流动度在掺量 0.025%以后迅速减小。这主要是因为随着时间的推移,稳定剂的增稠作用更加明显,HPMC 掺量越多,自流平砂浆的稠度越大,流动性降低越明显。从图中还可以看出,随着时间的推移和 HPMC 掺量的增加,自流平砂浆的流动度损失也在增大。

HPMC 为水溶性高分子有机聚合物,在加入水中后,能溶于水形成胶状液体从而使得液相的稠度以及粘度增大,使得浆体的流动性降低。但是,当 HPMC 溶于砂浆浆体中以后,由于其部分基团带有一定的电性,吸附于水泥等颗粒表面,形成溶胶润滑层,使得胶凝材料均匀分散在砂浆体系中;同时,HPMC 在溶于液相的过程中能够引入一定的微小气泡,并且在砂浆的搅拌过程中,由于机械作用,使得这些气泡分散于砂浆的浆体中,起到“滚珠润滑”作用,从而导致砂浆浆体的流动性明显增大。但是这种增大流动性的作用是在一定的范围内存在的,当 HPMC 的掺量超过一定的范围以后,其液相的稠度及粘度增大的程度超过引气等润滑作用,就会降低砂浆的流动性[5][6]。

3.2. HPMC 掺量对三元复合自流平砂浆强度的影响

一般来说,在干混砂浆中掺入稳定剂会降低强度,并且随着掺量的增加强度降低越明显,试验结果如图 3、图 4 所示。随着 HPMC 掺量的增加,自流平砂浆的抗压强度和抗折强度均有不同幅度的降低,掺量较小时,对强度影响不太明显,但是随着掺量超过 0.05%时,强度损失较为明显。因此,在利用 HPMC 提高自流平砂浆保水性的同时,还需要考虑到自流平砂浆强度的变化。

由于 HPMC 在自流平砂浆中较强的保水性能,使得自流平砂浆硬化后,砂浆体内留下了大量气孔;自流平砂浆内部孔隙率增多,造成了自流平砂浆抗压强度、抗折强度下降。除此之外,自流平砂浆中加

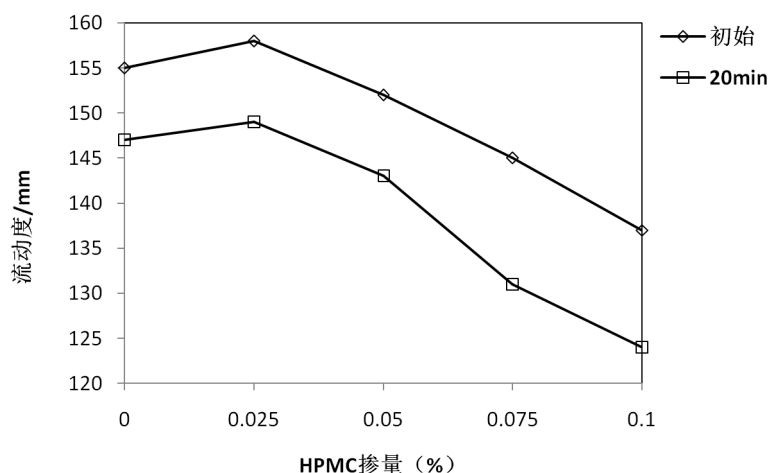


Figure 2. Influence of HPMC on the fluidity of self-leveling mortar of ternary system

图 2. HPMC 对三元复合自流平砂浆流动度的影响

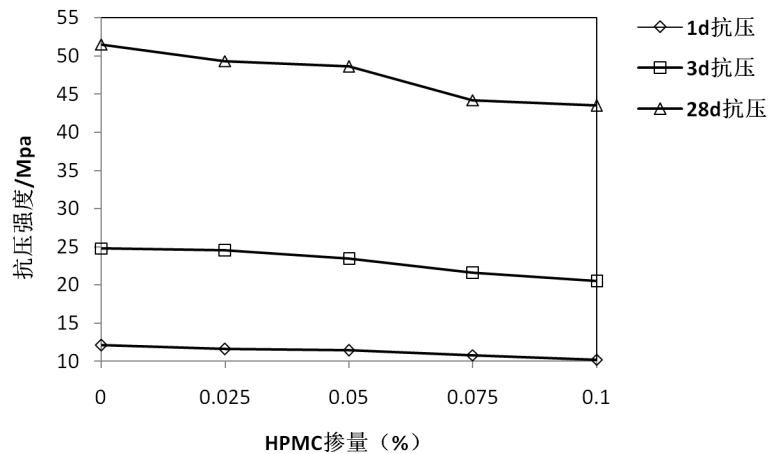


Figure 3. Influence of HPMC on the compressive strength of self-leveling mortar of ternary system

图 3. HPMC 掺量对三元复合自流平砂浆抗压强度的影响

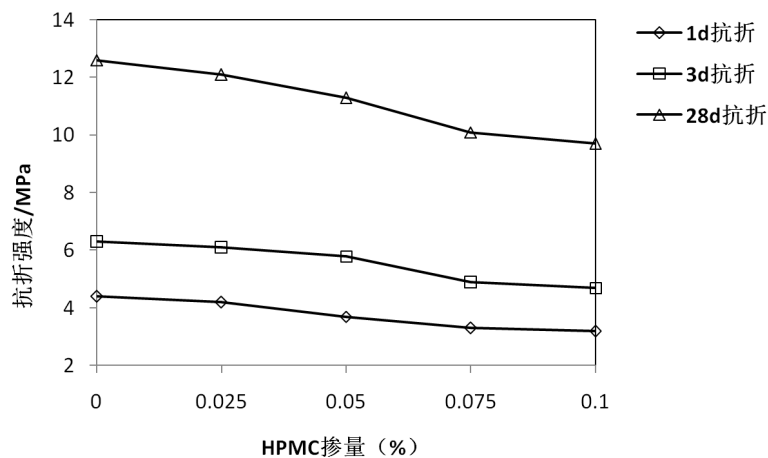


Figure 4. Influence of HPMC on the tensile strength of self-leveling mortar of ternary system

图 4. HPMC 掺量对三元复合自流平砂浆抗折强度的影响

入 HPMC 后, 使得砂浆空隙中柔性聚合物的含量增加, 砂浆体受压时, 柔性聚合物难以起到刚性支撑的作用, 这也在一定程度上影响了自流平砂浆强度性能的发挥[7]。

3.3. HPMC 掺量对三元复合自流平砂浆体积稳定性的影响

本节基本配合比: 水胶比 0.38, 胶砂比 1:1, 减水剂 0.4%。分别选取 HPMC 0%、0.03%、0.04%、0.05% 四种掺量, 研究不同 HPMC 掺量对自流平砂浆体积稳定性的影响。

3.3.1. HPMC 掺量对三元复合自流平砂浆塑性体积变化的影响

图 5 所示, 研究了 HPMC 0%、0.03%、0.04%、0.05% 四种掺量情况下自流平砂浆的体积变化。图 5 可以看出, HPMC 掺量对三元复合自流平砂浆的体积变化有明显影响, HPMC 掺量的体积变化有明显影响, HPMC 掺量越大, 自流平砂浆塑性体积变化率越大。

3.3.2. HPMC 掺量对三元复合自流平砂浆塑性膨胀率的影响

图 6 所示, 研究了 HPMC 掺量对自流平砂浆不同时的塑性膨胀率影响。研究了 HPMC 0%、0.03%、

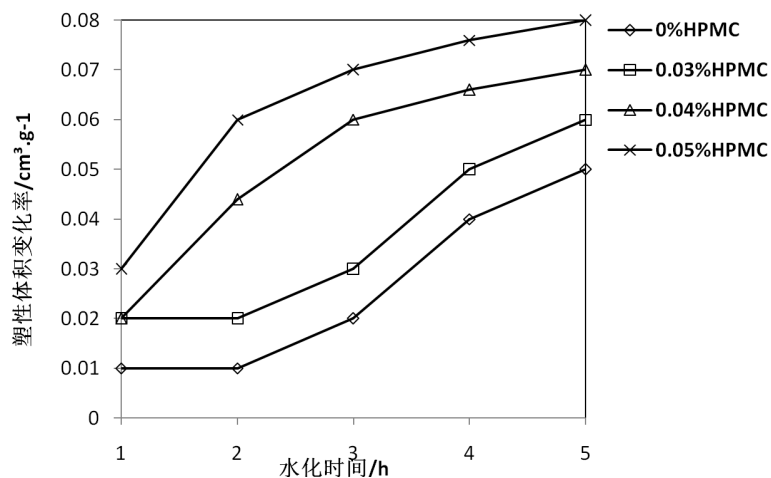


Figure 5. Influence of HPMC on plastic volume of self-leveling mortar of ternary system at different time

图 5. HPMC 掺量对不同的三元复合自流平砂浆塑性体积变化

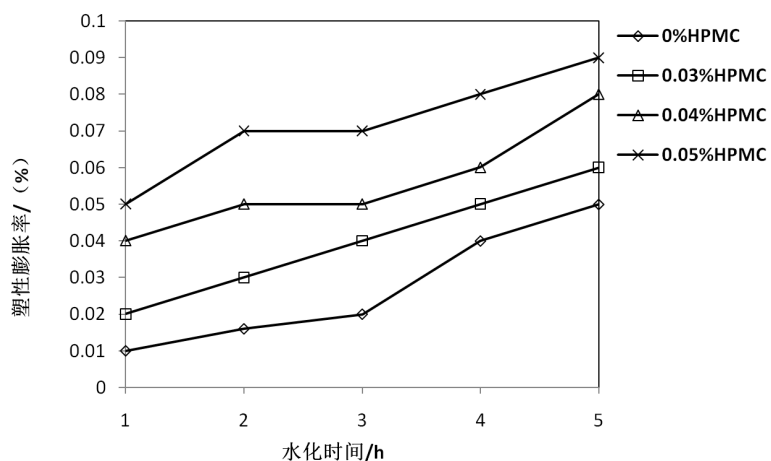


Figure 6. Influence of HPMC on plastic expansion of self-leveling mortar of ternary system at different time

图 6. HPMC 掺量对不同的三元复合自流平砂浆塑性膨胀率变化

0.04%、0.05%四种掺量情况下自流平砂浆的塑性膨胀率变化。由图6可以看出,掺入HPMC的自流平砂浆不同时的塑性膨胀率比未参加HPMC的自流平砂浆要大,说明掺入HPMC可以增加自流平砂浆的膨胀率。相同HPMC掺量,自流平砂浆不同时的塑性膨胀率增长幅度偏小。

图5和图6分别研究了不同HPMC掺量对自流平砂浆不同时的塑性阶段的体积稳定性的影响。通过对比可以得出,合理的HPMC掺量能增加自流平砂浆不同时的塑性膨胀率和塑性体积变化率;相同时间段,HPMC掺量较大时,砂浆不同时的塑性膨胀率略大于塑性体积变形率。

3.3.3. 纤维素醚对自流平砂浆早期硬化线性膨胀率的影响

如图7所示,研究了HPMC 0%、0.03%、0.04%、0.05%四掺量情况下自流平砂浆的塑性膨胀率变化。由图7可以看出,掺入HPMC的自流平砂浆早期硬化线性膨胀率比未参加HPMC的自流平砂浆线性膨胀率相差不大,说明掺入HPMC对自流平砂浆早期硬化线性膨胀率影响不大。

通过不同自流平砂浆的塑性阶段与早期硬化体积稳定性评价方法,系统研究了硅酸盐水泥-铝酸盐水泥-硬石膏三元复合自流平砂浆中HPMC对其早期体积稳定性的影响,综合考虑三元复合自流平砂浆

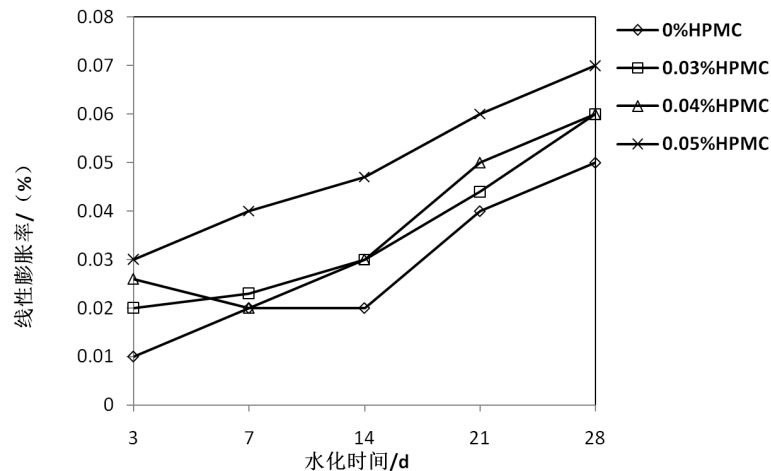


Figure 7. Influence of HPMC on the initial hardening linear expansion of self-leveling mortar of ternary system at different time

图 7. HPMC 掺量对不同的三元复合自流平砂浆早期硬化线性膨胀率变化

的工作性能、力学性能，优选 HPMC 掺量 0.05%。

4. 结论

1) HPMC 对自流平砂浆的工作性有明显的影响。掺入 HPMC 后自流平砂浆泌水、离析沉降等工作性显著改善，并且随着掺量的增加，改善的效果越明显。但掺量过大，不利于自流平砂浆流动度，最佳掺量在 0.025%~0.05%。

2) 随着 HPMC 掺量的增加，自流平砂浆的抗压强度和抗折强度均有不同幅度的降低；掺量超过 0.05% 时，强度损失较为明显，最佳掺量不宜超过 0.05%。

3) HPMC 掺量对自流平砂浆的塑性体积变化率和塑性膨胀率有明显影响，HPMC 掺量越大，自流平砂浆塑性体积变化率和塑性膨胀率越大；相同时间段，HPMC 掺量较大时，砂浆不同时的塑性膨胀率略大于塑性体积变形率；HPMC 掺量 0.05% 对三元复合自流平砂浆早期硬化线性膨胀率影响较明显。

4) 综合考虑自流平砂浆的工作性能、力学性能以及早期体积稳定性，建议考虑 HPMC 掺量优选 0.025%~0.05% 之间。

参考文献 (References)

- [1] 张承志. 自流平砂浆微观结构与性能关系的研究[D]: [硕士学位论文]. 开封: 河南大学, 2012.
- [2] 刁桂芝, 刘光华, 张进生. 不同铝酸盐水泥对自流平砂浆性能影响初探[C]. 2008 第二届中国国际建筑干混砂浆生产应用技术研讨会论文集, 2008.
- [3] Breckwoldt, J., Lanced, W., 张亦就. 甲基纤维素醚在建材领域中的应用[J]. 新型建筑材料, 2001, 12(12): 30-31.
- [4] 地面用水泥基自流平砂浆(JC/T985-2005) [M]. 北京: 中国建材工业出版社, 2005.
- [5] 马保国, 李相国, 梁文泉, 等. 粉煤灰矿渣复合水泥强度协同效应的研究[J]. 水泥, 2004(2): 1-4.
- [6] He, Z., Liang, W.Q., Li, B.X., et al. (2002) Prepaion of Super Composite Cement with a Lower Clinker Content and Larger Amount of Industrial Wastes. *Journal of Wuhan University of Technology*, **17**, 78-81. <https://doi.org/10.1007/BF02838424>
- [7] 张顺义, 李艳玲, 徐军, 等. 纤维素醚对砂浆性能的影响[J]. 建筑材料学报, 2008, 11(3): 360-362.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：hjce@hanspub.org