

无收缩外加剂掺量对自密实混凝土性能影响的试验研究

常留红^{1,2}, 杨思宇^{1,2}, 张庆武³

(1. 长沙理工大学 水利工程学院, 湖南 长沙 410076; 2. 水沙科学与水灾害防治湖南省重点实验室, 湖南 长沙 410004;
3. 长沙市水利建设投资管理有限公司, 湖南 长沙 410008)

摘要: 外加剂的掺入是影响自密实混凝土工作性的一个主要因素。基于自密实混凝土(SCC)配合比的基本理论, 研究无收缩外加剂 ZM 掺量对自密实混凝土工作性的影响, 确定适合水利封堵工程混凝土的无收缩外加剂最佳的掺量。试验结果和实际工程应用表明: ZM 的减水效果随掺量的增加而增加, 且其减水剂饱和点为 16%~18%; 外掺 ZM 掺量 14%~16% 时, 自密实混凝土具有较好的力学性能和工作性能。

关键词: 外加剂掺量; 自密实混凝土; 力学性能; 工作性能

中图分类号: TV 91; TV 42; U 65

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)08-0018-04

Effects of non-shrinkage additives' content on performance of self-compacting concrete

CHANG Liu-hong^{1,2}, YANG Si-yu^{1,2}, ZHANG Qing-wu³

(1. School of Hydraulic Engineering, Changsha University of Science & Technology, Changsha 410076, China;

2. Key Laboratory of Water-Sediment Sciences and Water Disaster Prevention of Hunan Province, Changsha 410004, China;

3. Changsha Water Resources Development & Management Co., Ltd., Changsha 410008, China)

Abstract: The addition of additives is a main factor influencing the workability of self-compacting concrete. Based on laboratory tests, the effects of non-shrinkage additives' ZM content on the performance of self-compacting concrete for different mixture ratios are studied. Test results show that the water-reducing efficiency improves with the increase of ZM content. The saturation point of water-reducing of ZM content is within the range of 16% to 18%. The mechanical property and concrete performance of SCC are optimal when the ZM content is between 14% and 16%.

Keywords: additives content; self-compaction concrete; mechanical property; performance

自密实混凝土 (self-compacting concrete, SCC) 因具有高流动性、均质性、浇注速度快等优点而成为国内外专家广泛关注和深入研究的焦点^[1-2], 并在相关领域得到了应用^[3-4]。而高效外加剂的掺入是影响自密实混凝土工作性的一个主要因素, 对此不少学者也进行了试验和分析。张日恒^[5]采用正交试验方法研究了砂率、减水剂掺量等对自密实混凝土工作性的影响。郑建岚等^[6]以

不同量的粉煤灰、矿渣单掺和复掺为主要因素, 对自密实混凝土自生约束收缩开裂性能开展试验研究。丁一宁^[7]通过大量试验分析了不同掺量的钢纤维、组合纤维对新拌混凝土流动性等工作特性的影响。这些研究工作为自密实混凝土在相关工程领域的推广应用提供的理论基础和科学依据。但对于水利工程中的封堵工程, 外掺剂的掺量及其对自密实混凝土的影响有待进一步试验研究。

收稿日期: 2016-03-20

作者简介: 常留红 (1979—), 女, 博士, 从事水工材料与水生态相关研究。

ZM 是一种无收缩混凝土外加剂(简称 ZM), 具有无收缩、高强度、免振捣等优点, 掺 ZM 的混凝土可自流密实成型, 且硬化过程无收缩。本文基于 SCC 配合比试验, 确定满足水利工程涵管、涵闸封堵的自密实混凝土的配合比, 在此基础上, 分析 ZM 掺量对自密实混凝土工作性和力学性能的影响。

1 原材料的选择

ZM 是一种无收缩、高强度、免振捣的复合型混凝土外加剂, 主要由减水组分、缓凝组分、增稠组分、微膨胀组分及增强组分等组成, 特别适用于配筋特密、形状复杂、不便振捣的混凝土工程。根据中国工程建设标准化协会标准《自密实混凝土应用技术规程 CECS203:2006》对自密实混凝土的工作性要求, 对于穿堤涵管、涵闸封堵用自密实混凝土工作性等级选定为三级, 并按规程要求选择主要材料(表 1)。

表 1 主要原材料特性

品名	表观密度/ (g/cm ³)	其他特性参数
P. O. 42.5 水泥	3.10	28 d 抗压强度为 46.6 MPa
II 级粉煤灰	2.20	细度(45 μm 方孔筛筛余)为 20%, 需水量比为 102%
S95 级矿渣粉	2.85	MgO: 8.41%, CaO: 37.95%, SiO ₂ : 31.9; 28 d 活性指数 100%
细集料	2.65	湘江天然河砂(中砂), 含泥量 < 2%, 级配 2 区合格, 细度模数 2.78
粗集料	2.68	湘江卵石, 针片状颗粒含量 < 5%, 含泥量 < 0.2%, 最大粒径 19 mm

2 配合比设计

2.1 自密实混凝土配合比

根据《自密实混凝土应用技术规程 CECS203:2006》规范要求, C50 混凝土粗骨料绝对体积为 330 L。试配自密实混凝土配合比, 并调整强度及工作性, 确定自密实混凝土配合比(表 2)。

表 2 自密实混凝土配合比 kg/m³

强度等级	水泥	水	砂	卵石	粉煤灰	矿粉	ZM
C50	440	185	786	805	53	53	100

2.2 ZM 掺量配合比

根据 C50 自密实混凝土试配试验, 考虑不同 ZM 掺量对自密实混凝土性能的影响, 配合比见表 3。

表 3 ZM 掺量配合比设计 kg/m³

试验编号	水泥	水	砂	卵石	粉煤灰	矿粉	ZM
A-1(10%)	477.5	185	786	805	53	53	62.5
A-2(12%)	465.0	185	786	805	53	53	75.0
A-3(14%)	452.5	185	786	805	53	53	87.5
A-4(16%)	440.0	185	786	805	53	53	100.0
A-5(18%)	427.5	185	786	805	53	53	112.5
A-6(20%)	415.0	185	786	805	53	53	125.0

3 ZM 掺量对自密实混凝土工作性的影响

通过采用坍落扩展度和扩展速度及 U 形箱试验评价混凝土的工作性能。试验表明, 掺量在 14%~18%(A3-A5), 自密实混凝土的保水性和粘聚性较好, 掺量小于 12%(A-1 和 A-2)坍落度测试过程中, 混凝土中间有堆积现象; A-6 有明显的离析, 粘聚性较差。图 1~4 为自密实混凝土工作性能随 ZM 掺量变化关系。

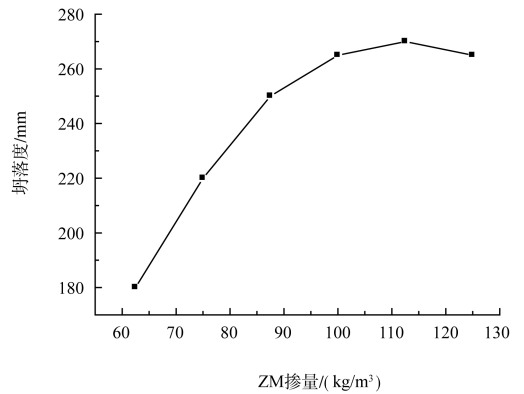


图 1 坍落度-ZM 掺量关系曲线

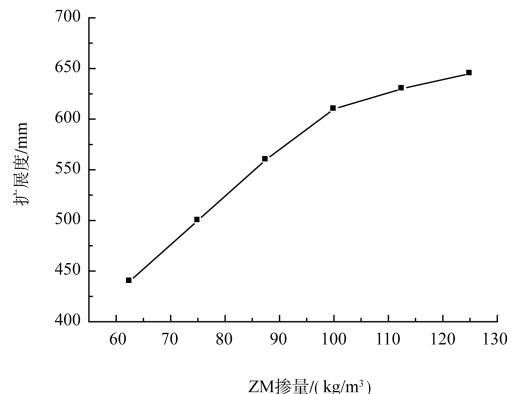


图 2 扩展度-ZM 掺量关系曲线

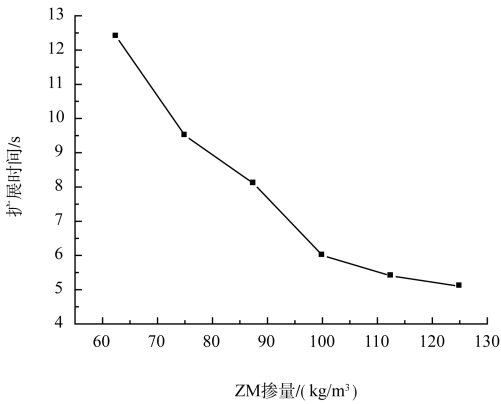


图3 扩展时间-ZM 掺量关系曲线

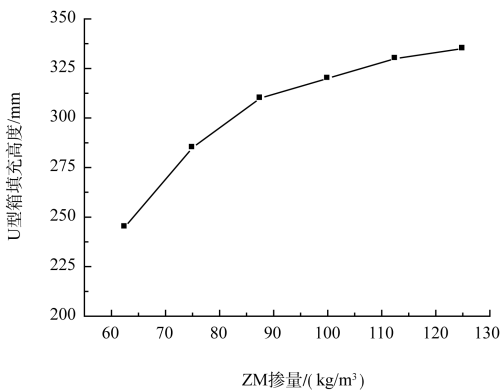


图4 U型箱填充高度-ZM 掺量关系曲线

由图1~4可知:

1) 随着 ZM 掺量增加, 坍落度增大, 扩展时间缩短。可见, 减水效果随 ZM 掺量的增加而增加。

2) ZM 掺量大于 16% 时, 减水效果变化不大。因此, 减水剂饱和点应在 16%~18%。

3) 掺量小于 12% 时, 自密实混凝土的工作性基本达不到自密实混凝土的要求, 不宜使用。

4 ZM 掺量对自密实混凝土力学性能和变形性能的影响

测定 3、7 和 28 d 的混凝土立方体膨胀率和抗压强度 (图 5、6) 为测试结果。由图 5~6 可见:

1) 随着 ZM 掺量的增加, 混凝土早期膨胀明显。掺量较少 (A-1 和 A-2 组) 时, 不能起到补偿收缩的作用; 掺量较大时, 变形较大, 不易控制。

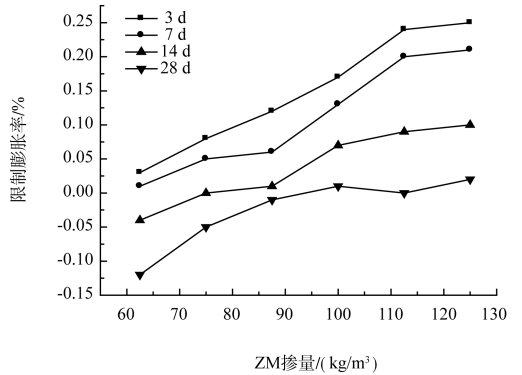


图5 限制膨胀率-ZM 掺量关系曲线

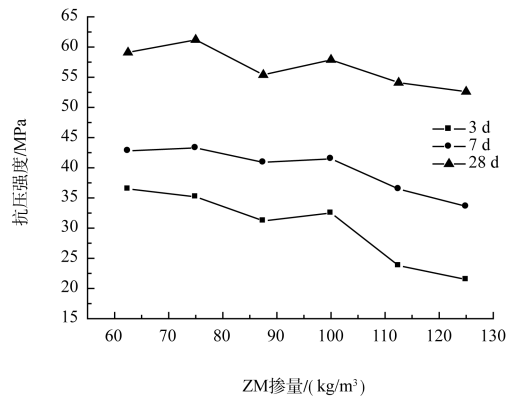


图6 抗压强度-ZM 掺量关系曲线

2) 由于水胶比 W/B 固定, 所以强度差异较小。但由于 ZM 中的缓凝成分较多, A-5 及 A-6 组混凝土早期强度较低。

3) ZM 掺量在 14%~16% 的自密实混凝土, 自密实混凝土力学性能及变形性能较符合强度和变形要求。

5 结论

ZM 掺量的变化对自密实混凝土的工作性和力学性能有显著的影响。

1) 从自密实混凝土的工作性看, ZM 外加剂减水效果随掺量的增加而增加, 但 ZM 掺量超过 16% 时, 减水效果变化不大; 而 ZM 掺量在 12% 以下时, 混凝土工作性达不到自密实混凝土的要求, 不宜使用; ZM 掺量在 14%~18% 时自密实混凝土的粘聚性和保水性较好。

2) 从自密实混凝土的力学性能和变形性能看, ZM 掺量在 14%~16% 范围内的自密实混凝土的力学性能及变形性能较符合强度和变形要求。

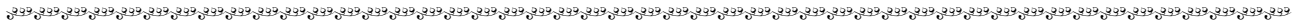
3) 将试验确定的自密实混凝土用于福安坑防洪整治工程和杨家湾撇洪渠综合整治工程等封堵工程中, 混凝土与封堵的管壁结合紧密, 未发现混凝土和管壁脱开现象。多处堤防封堵工程, 经历多次大水和洪水的考验, 封堵部位未出现任何渗水现象, 工程运行良好, 具有较好的推广价值。

参考文献:

[1] Domone P L. A review of the hardened mechanical properties of self-compacting concrete [J]. Cement and Concrete Composites, 2007, 29(1): 1-12.
 [2] Issa M, Alhassan M, Shabila H, et al. Laboratory performance evaluation of self-consolidating concrete[C]// Proceedings of SCC 2005 Conference Centre for Advanced Cement Based Materials. Northwestern University, USA: [s.n.], 2005: 857-862.

[3] 罗素蓉, 郑建岚. 自密实混凝土在加固工程中的应用研究[J]. 建筑材料学报, 2006, 9(3): 330-336.
 [4] Ozawa K, Maekawa K, Kunishima M, et al. Development of high performance concrete based on the durability design of concrete structures [C]//The Second East-Asia and Pacific Concrete on Structural Engineering and Construction (EASEC-2). Tokyo: [s.n.], 1989.
 [5] 张日恒, 李昂, 高展. 王晓利机制自密实混凝土试验与研究[J]. 混凝土, 2008(4): 75-87.
 [6] 郑建岚, 王国杰, 王辉明. 自密实混凝土自生约束收缩开裂性能试验研究[J]. 建筑材料学报, 2010, 13(5): 607-612.
 [7] 丁一宁, 王岳华, 董香军, 等. 纤维自密实高性能混凝土工作度的试验研究[J]. 土木工程学报, 2005, 38(11): 51-57.
 [8] 周厚贵. 水工自密实混凝土的设计及应用[J]. 水力发电, 2007, 33(6): 26-28.

(本文编辑 郭雪珍)



(上接第 12 页)

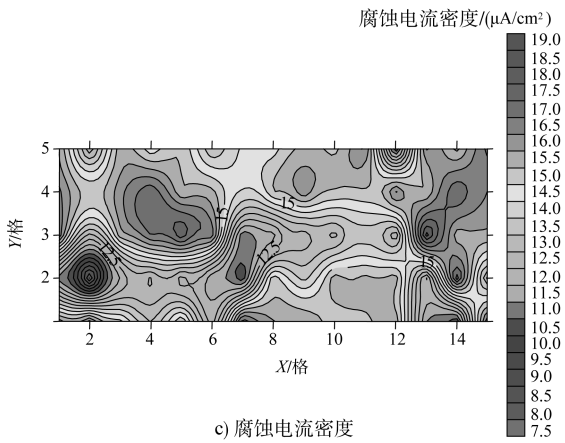


图 9 横梁中钢筋电化学检测结果云图

5 结论

1) 提出联合电阻率、腐蚀电位及腐蚀电流密度 3 种电化学检测技术综合评价混凝土结构中钢筋锈蚀状况, 给出了相应的腐蚀程度评价方法, 是较为客观、便捷的方法, 避免了单一方法的局限性。
 2) 采用电化学综合法对实际工程中现浇横梁钢筋进行锈蚀状况检测, 并采用提出的钢筋锈蚀状况递进式电化学综合判别准则进行了钢筋锈蚀状况判断, 检测评价结果与实际破损检测结果相

一致。检测结果准确、客观, 避免了单一方法的局限性, 该方法在港工混凝土结构中钢筋锈蚀无损检测领域具有广阔的应用前景。

参考文献:

[1] 应文武. 混凝土结构中钢筋无损检测技术的研究[D]. 浙江: 浙江大学, 2011.
 [2] 刘志勇, 詹镇峰. 混凝土电阻率及其在钢筋混凝土耐久性评价中的应用研究[J]. 混凝土, 2006, 33(10): 13-16.
 [3] 聂志虎, 吴瑾. 电位、电阻率与钢筋腐蚀率关系研究[J]. 低温建筑技术, 2011, 33(10): 6-8.
 [4] 朱雅仙, 朱锡昶, 葛燕, 等. 用半电池电位评估钢筋混凝土构件中钢筋腐蚀状态[J]. 水利水电工程学报, 2003(4): 41-44.
 [5] 何志川. 半电池电位法检测混凝土中钢筋锈蚀的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2008.
 [6] 魏宝明. 金属腐蚀理论及应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 1984.
 [7] 张贺, 俞海勇, 王琼. 电化学综合法评价混凝土中钢筋锈蚀及评估体系研究[J]. 混凝土与水泥制品, 2008(5): 8-11.

(本文编辑 武亚庆)