

文章编号:1674-2974(2016)03-0098-06

新型复合砂浆对混凝土抗渗 及加固性能的研究*

尚守平[†], 周豪, 吕军在

(湖南大学 土木工程学院, 湖南 长沙 410082)

摘要:采用 HS-4 型混凝土抗渗仪以及抗渗标号法分别对素混凝土试块、未掺加添加剂的水泥砂浆涂抹在混凝土迎水面的试块及掺加新型添加剂的复合砂浆涂抹在混凝土迎水面的试块进行抗渗试验, 改变砂浆的涂抹厚度及添加剂的掺入量, 分析各组试验所得混凝土抗渗等级数据。研究结果表明, 厚度为 20 mm 及添加剂掺加量为 18% 的高性能复合砂浆涂抹在混凝土表面可大幅提高混凝土的抗渗性能。高性能水泥复合砂浆钢筋网薄层可有效加固混凝土结构。

关键词:复合砂浆; 混凝土; 耐久性; 抗渗性; 结构加固

中图分类号: TU578.13

文献标识码: A

Research on Impermeability and Reinforcing Performance of Concrete with New Composite Mortar

SHANG Shou-ping[†], ZHOU Hao, LV Jun-zai

(College of Civil Engineering, Hunan Univ, Changsha, Hunan 410082, China)

Abstract: The impermeability experiments were conducted by adopting a HS-4 concrete permeability instrument and the permeability labeling method on the concrete block covered with composite mortar mixed without additives and with new additive respectively, with emphasis on the thickness of the added mortar and incorporation of additives. The obtained permeability grades of all specimens were then investigated. The results showed that the concrete impermeability was improved effectively by applying high performance composite mortar with 20 mm thickness and 18 % additive content on the concrete surface. Furthermore, the reinforced mesh thin layer of high performance composite mortar reinforced the concrete structure effectively.

Key words: composite mortar; concrete; durability; impermeability; structural reinforcement

混凝土的渗透性, 主要是指混凝土具有抵抗内部和外部物质渗透的能力, 是反映混凝土耐久性的一个重要指标。现阶段许多高层建筑外墙出现了渗

漏的问题, 温差作用会使外墙混凝土干缩变形造成防水层起鼓开裂, 最终导致墙体出现裂缝。若防水材料质量不过关, 或是因风霜雪雨的侵蚀, 防水材料老

* 收稿日期: 2015-03-08

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划资助项目(2011BAJ08B02); 湖南省科技重点资助项目(064SK4057)

作者简介: 尚守平(1953-), 男, 山东黄县人, 湖南大学教授, 博士生导师

[†] 通讯联系人, E-mail: sps@hnu.edu.cn

化失去作用,也可能出现漏水问题.而且对于卫浴间防水更应该重视,虽然只有几平米,但它涉及到千家万户的安居.建筑渗漏不但影响建筑物的耐久性、加大了建筑物的维护及修复成本、降低了混凝土建筑物的使用寿命,而且带来了一系列社会问题,出现了许多业主与相关责任主体的维权纠纷,影响人们的生活及居住环境.自18世纪初以后,混凝土材料应用在各大建筑工程中,包括水利工程及隧道工程^[1].20世纪初,由于水坝等工程的修建,人们开始更加关注混凝土材料的抗渗性能,所以如何提高混凝土的抗渗性成为了一个迫切需要研究的问题^[2].

另一方面,随着建筑结构使用时间的增加,我国面临较多的老旧建筑加固修复问题.现在的加固材料多为有机材料,有机材料耐火性能及抗老化性能较差,且不利于环保,而抗渗性能优异的无机材料不但可以解决以上有机材料存在的材料弊端,而且与混凝土材料非常接近,不会形成材质彼此不相容的隔离层,在加固后无机材料与原构件之间有更好的相容性及工作协调性.采用无机材料加固能够较好地解决加固工程中的耐久性问题.

1 影响混凝土抗渗性的因素及提高抗渗性的措施

1.1 选择合理的水泥品种

水泥的矿渣中含有大量的玻璃体,其对混凝土的泌水性影响很大,在水压力作用下,由于水泥浆中存在多余水分的蒸发而留下的气孔,便会形成毛细管通道,从而不利于抗渗.所以水泥品种的选择对混凝土的抗渗性尤为重要,一般工程建设中大多采用普通硅酸盐水泥、硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥及火山灰质硅酸盐水泥.对于普通混凝土最好采用硅酸盐水泥,在一些有硫酸盐侵蚀的地方可以采用矿渣硅酸盐水泥和火山灰质硅酸盐水泥.具体水泥品种及适用环境如表1所示.

表1 水泥品种及适用环境
Tab.1 Cement varieties and for the environment

水泥品种	适用环境
火山灰质硅酸盐水泥	在潮湿环境中养护抗渗性好,不适用于干热地区及硫酸盐腐蚀地区
粉煤灰硅酸盐水泥	适用于大体积水工混凝土以及地下和海港工程等
普通硅酸盐水泥	适用于大部分普通混凝土
矿渣硅酸盐水泥	适用于有硫酸盐侵蚀的地区

1.2 降低水灰比

水灰比除了可以影响混凝土的抗渗性及抗冻性,而且还对混凝土的抗压强度及耐久性有很大影响.如果从考虑混凝土密实性出发,便知混凝土的水灰比对硬化成型以后的混凝土当中的孔隙通道及毛细管道起到决定性作用,从而会影响到混凝土的密实性而直接影响混凝土抗渗性能.所以应该保证水泥有足够保水性而不出现泌水,这样在混凝土中的多余水分蒸发后才不出现孔隙通道.

研究表明^[3],降低水灰比可以有目的地调整混凝土的毛细管构造,当水灰比大于0.6时,混凝土的抗渗性急剧下降,如图1所示.

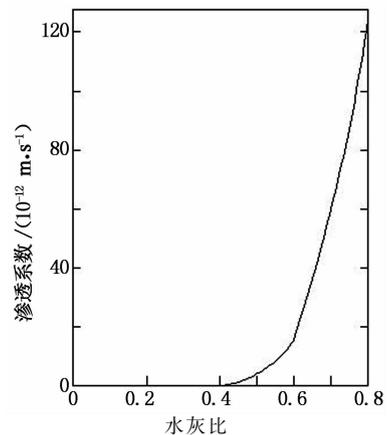


图1 水灰比与渗透系数

Fig.1 Relationship between water-cement ratio and permeability coefficient

1.3 掺加添加剂

掺加添加剂可以从材料上抑制或降低混凝土中孔隙的生成,例如纤维材料,经振捣凝结后构成一种宏观匀质和各向同性的混合混凝土材料,主要是减少混凝土孔隙的生成以堵塞和切断孔隙透水通道.此外,掺加粉煤灰和硅粉也可以提高抗渗能力.

1.4 加入引气剂

掺加引气剂能够切断毛细管道,抑制混凝土收缩,从而提高混凝土的抗渗能力.

此外,优良的骨料级配、改善养护条件和方法、选择最佳砂率、控制好施工质量以及增长带模养护时间等传统方法都可不同程度地提高混凝土的抗渗性能.

2 抗渗试验研究

传统方法对于提高混凝土抗渗性能的效果不明显^[4-7],抗渗问题一直是工程界及学术界研究的难

题,取得的成果很少.本文提出了用掺入 LX-3 添加剂的高性能复合砂浆涂抹在混凝土的迎水压面,此方法可有效提高混凝土的抗渗性能.

混凝土抗渗性测试方法主要有水渗透法、气体渗透法和氯离子渗透法等方法^[8-10].本试验采用水压力法中的抗渗标号法.

2.1 试验材料及设备

水泥:由长沙新星水泥厂生产的 P. I32.5 硅酸盐水泥.砂:使用普通河沙,属于 II 区中砂.石子:5~20 mm 连续级配的石灰质碎石. LX-3 添加剂:本材料由长沙磊鑫土木技术工程有限公司生产,其主要成分由聚丙烯纤维、钙矾石膨胀剂、减水剂、硅灰及粉煤灰等超细掺合料制成. H20 型 20T 多功能压力机,上海神模电气有限公司制造. HS-4 型混凝土抗渗仪,无锡市华南实验仪器有限公司制造. 混凝土抗渗试模:上口直径 175 mm,下口直径 185 mm,高 150 mm 的圆台试模.

2.2 试验前应注意的问题和解决的方法

1)因试块和抗渗仪模具之间存在空隙,在水压力作用下水可能会从试块侧面空隙中渗出,因此密封问题是面临的最困难问题.传统的密封方法有石蜡密封、黄油密封、橡胶套密封、玻璃硅胶密封等^[11],在试验过程中采用了以上方法分别进行密封,在试验中发现,水从侧壁很快渗出,说明密封失败.然后发现采用环氧树脂胶进行密封效果良好,当采用固化剂 B 胶(改性聚酰胺树脂)为 A 胶(改性环氧树脂)的一半时,发现虽然密封侧壁不渗水,但是脱模困难,经反复试验确定当固化剂 B 胶用量为 A 胶用量的 15%时,密封效果良好且容易脱模,则本实验采用环氧树脂胶进行密封,如图 2 所示.

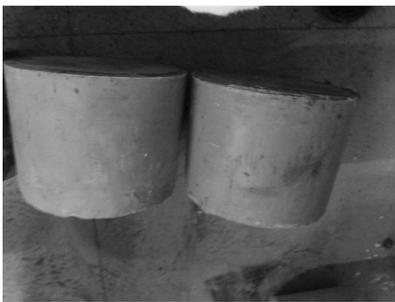


图 2 环氧树脂密封的试块

Fig. 2 Test block sealed by epoxy resin

2)将养护好的混凝土试块表面晾干,将配好的环氧树脂胶涂抹在混凝土试块的侧面,需要注意的是在试件的两端面上不涂抹环氧树脂胶.

2.3 试验过程

试验测定素混凝土的抗渗等级,首先对 C10, C20 和 C30 素混凝土及在素混凝土中掺加添加剂的试块进行试验,后期采用 C10 混凝土测定在混凝土受压面涂抹未掺加添加剂的普通水泥砂浆的抗渗等级.然后测定在混凝土迎水面涂抹掺入 LX-3 添加剂的复合砂浆的抗渗等级,通过改变砂浆中添加剂 LX-3 的掺入量及复合砂浆的厚度,与前期试验对比,最后整合数据,得出结论.

在制作素混凝土试块时,采用普通硅酸盐水泥,严格按照 C10, C20, C30 混凝土配合比,与制作混凝土中掺入添加剂试块时的方法相似,并改变添加剂的掺入量.

在制作未掺加添加剂的普通水泥砂浆涂抹在混凝土迎水面的试块时,首先在浇筑混凝土的模具中浇筑一定高度的水泥砂浆(水泥:砂子:水(质量比)=1.0:2.2:0.32),在制作时每组制作 6 块抗渗试块(如图 3 所示)和 6 块立方体试块(如图 4 所示),然后改变水泥砂浆的涂抹厚度,分别进行试验.制作掺入 LX-3 添加剂的高性能复合砂浆涂抹在混凝土迎水面的试块时,在砂浆中掺入一定量的 LX-3 添加剂(添加剂的掺入量为水泥用量质量的百分比),然后改变 LX-3 添加剂的掺入量及复合砂浆的涂抹厚度,分别进行试验.



图 3 涂抹复合砂浆的混凝土试块

Fig. 3 Concrete block applied with composite mortar



图 4 混凝土立方体试块

Fig. 4 Concrete cubes

2.4 试验步骤

试件养护 28 d 后,擦干试块表面,在试块侧面均匀涂抹配好的环氧树脂胶,然后用压力机将试块压入抗渗仪试模中,由于此时环氧树脂胶未硬化而影响密封效果,故将装入抗渗试模中的试块放置 24 h,待侧壁环氧树脂胶密封良好后将试模放在抗渗仪上,拧紧螺丝进行试验,如图 5 所示。



图 5 试验台
Fig. 5 Test bed

试块底部水压从 0.1 MPa 开始进行试验,每隔 8 h 水压力增加 0.1 MPa,每组 6 个试块,如果其中有 3 个试块被压力水穿透,或者加载至规定压力,则停止试验。每组试块中如果有 4 个试块未发现渗水现象,则此时最大水压力作为混凝土抗渗标号的依据,若所持续的时间越长,则抗渗标号越大,混凝土的抗渗性能越好。

2.5 试验结果及分析

混凝土抗渗标号是以每组 6 个试块中 4 个试块发生渗水现象最大压力表示,其计算公式为^[12]:

$$P = 10H - 1$$

式中: P 为混凝土抗渗标号; H 为第 3 个试块表面开始渗水时的水压力值 (MPa)。规定当抗渗标号 $\geq P6$ 时,具有良好的抗渗性能。编号为 Q1—Q5 的 5 组混凝土试件,添加剂含量分别为 0, 10%, 14%, 18% 和 22%, 每组试件包括 C10, C20, C30 3 种试块。试验结果如图 6 和图 7 所示。

图 6 和图 7 为不同掺量的添加剂对混凝土 28 d 抗渗性能的影响。从图 6 和图 7 可知,掺加添加剂混凝土的渗水时间以及抗渗等级虽然有所提高,但提高的幅度有限,混凝土的抗渗能力仍然较差。这是由于在添加剂掺量较低时,普通混凝土并没有达到颗粒的最紧密堆积,孔隙特征比较差,混凝土内部有较多的可使水通过的孔隙,故容易渗水。

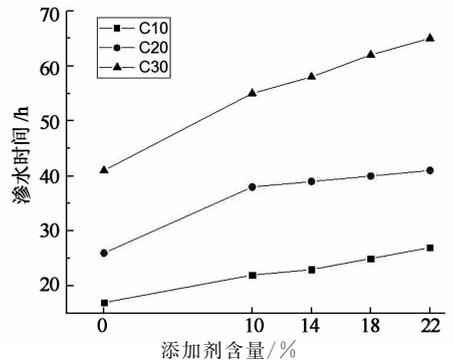


图 6 添加剂掺量与渗水时间的关系
Fig. 6 Relationship additive dosage and time of seepage

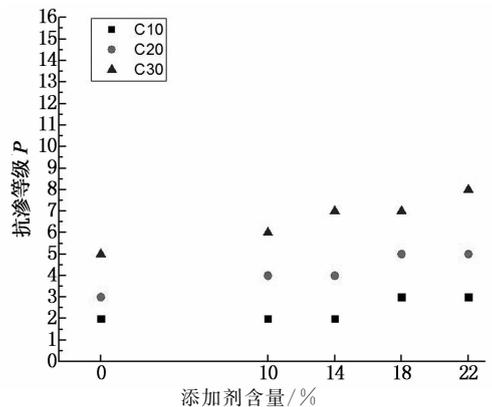


图 7 添加剂含量与抗渗等级的关系
Fig. 7 Additive dosage level of relations with the impermeability

后续试验针对复合砂浆涂抹在混凝土迎水面进行试验。试验所得结果如图 8 及图 9 所示。

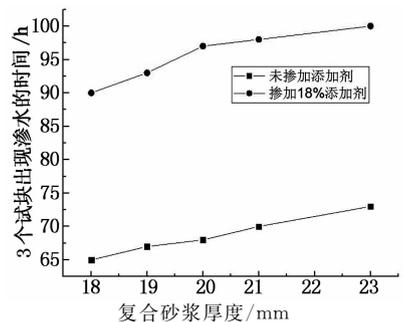


图 8 砂浆厚度与渗水时间的关系
Fig. 8 Relationship between thickness of the mortar and seepage time

从以上试验结果及分析图表可知:掺加 LX-3 添加剂的高性能复合砂浆对混凝土的抗渗能力有很大帮助,当 LX-3 掺入量为 18% 及复合砂浆厚度为 20 mm 涂抹在混凝土的受压面时,抗渗效果显著。可将此抗渗技术应用到各大工程建设中,包括水利工程、

隧道工程及各种防水工程. 此方法解决了混凝土工程建设中出现的渗漏难题, 增加了结构的耐久性, 延长了构筑物的使用年限.

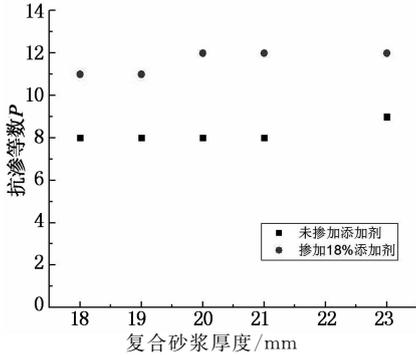


图9 砂浆的厚度与抗渗等级的关系

Fig. 9 Relationship between thickness of the mortar and impermeability grade

3 掺加添加剂的高性能复合砂浆加固混凝土结构

对结构进行加固, 不但可以维持正常使用功能, 延长结构使用寿命, 而且节约资金. 混凝土结构加固的方法很多, 常用的有加大截面加固法、外包刚加固法、预应力加固法、增设支点加固法及粘贴钢板加固法, 但是这些加固方法都有明显的不足^[13]. 掺加添加剂的高性能复合砂浆加固混凝土结构的方法已经相当成熟, 由中国工程建设标准化协会批准, 经建筑物鉴定与加固委员会审查后颁布了标准编号为 CECS242:2008 的《水泥复合砂浆钢筋网加固混凝土结构技术规程》, 并出版了《高性能水泥复合砂浆钢筋网加固混凝土结构设计及施工指南》加固教材^[14]. 此加固方法的实验数据论证研究已相当完善, 所以在此只定性地对加固方法进行简单描述, 结合建筑抗渗简要介绍高性能复合砂浆钢筋网加固结构的优点.

此加固技术是将高性能复合砂浆与钢筋网结合使用形成高性能水泥复合砂浆钢筋网薄层, 复合砂浆起到保护及锚固的作用, 钢筋网通过剪切销钉固定在结构物上, 可以提高结构承载力, 两种材料相互协调工作, 对结构加固效果很好, 且复合砂浆各项性能(粘结强度、流动性及保水性等)都要优于普通砂浆^[15].

施工工序主要为: 施工前的准备—钢筋网的加工—混凝土构件的表面处理—在构件表面植入剪切销钉—绑扎安装钢筋网(如图 10 所示)—涂刷界面

剂—涂抹复合砂浆(如图 11 所示)—养护.



图 10 绑扎安装钢筋网

Fig. 10 Lashing and installing steel mesh



图 11 混凝土构件涂抹复合砂浆

Fig. 11 Applying composite mortar on concrete structures

4 结 论

本文研究了混凝土抗渗及混凝土结构加固方法, 研究表明, 掺加 LX-3 添加剂的高性能复合砂浆涂抹在混凝土的表面可很大程度上提高混凝土的抗渗能力, 且可采用高性能复合砂浆钢筋网(HP-FL)有效地对结构承载能力进行加固. 此抗渗及加固方法简易高效, 具有以下优点:

1) LX-3 材料成本廉价, 很大程度上减少了工程维护和修复的成本.

2) 在普通水泥砂浆中添加 LX-3, 抗渗效果大幅提高, 在提高抗渗能力的同时也增强了结构的安全性和耐久性.

3) 此抗渗材料为无机材料, 对于混凝土的抗侵蚀及抗老化优于其他有机抗渗材料. 且对于许多造型复杂及特殊条件下的结构物, 此方法适用性强.

4) 加固时对结构外形、几何尺寸影响较小.

5) 此技术方法在提高混凝土抗渗能力的同时, 能对结构进行加固, 且加固效果甚好, 对同时有抗渗要求及结构加固要求的工程非常适用.

参考文献

- [1] 陈月顺,刘莉,吴宏伟.粉煤灰掺量对混凝土抗渗性影响的研究[J].新型建筑材料,2007,10(3):19-21.
CHEN Yue-shun, LIU Li, WU Hong-wei. Research on concrete impermeability influenced by fly ash mix ratio[J]. New Building Materials, 2007, 10(3): 19-21. (In Chinese)
- [2] 陈立军,王永平,尹新生.混凝土孔径尺寸对其抗渗性的影响[J].硅酸盐学报,2005,6(4):500-505.
CHEN Li-jun, WANG Yong-ping, YI Xin-sheng. Concrete pore size on its impermeability [J]. Ceramic Society, 2005, 6(4): 500-505. (In Chinese)
- [3] 张李黎,柳炳康,胡波.再生混凝土抗渗性试验研究[J].合肥工业大学学报:自然科学版,2009,32(4):508-510.
ZHANG Li-li, LIU Bing-kang, HU Bo. Experimental study on the impermeability of recycled concrete[J]. Journal of Hefei University of Technology: Natural Science, 2009, 32(4): 508-510. (In Chinese)
- [4] 赵帅,李国忠,曹杨.聚丙烯纤维和聚合物乳液对水泥砂浆性能的影响[J].建筑材料学报,2007,8(12):648-652.
ZHAO Shuai, LI Guo-zhong, CAO Yang. Influence of polypropylene fiber and polymer emulsion on cement [J]. Building Materials, 2007, 8(12): 648-652. (In Chinese)
- [5] ZHU W Z, BARTOS P J M. Permeation properties of self compacting concrete[J]. Cement and Concrete Research, 2003, 33(6): 921-926.
- [6] 许金余,李赞成,罗鑫.橡胶粉对混凝土抗渗影响的试验[J].硅酸盐通报,2014,33(2):389-392.
XU Jin-yu, LI Zan-cheng, LUO Xin. Experimental study on the effect of rubber powder on permeating-resisting properties of concrete[J]. Bulletin of the Chinese Ceramic Society, 2014, 33(2): 389-392. (In Chinese)
- [7] 刘丽芳,王培铭,杨晓杰.纤维类型及参数对砂浆抗渗性能的影响[J].同济大学学报:自然科学版,2005,33(10):1348-1350.
LIU Li-fang, WANG Pei-ming, YANG Xiao-jie. Effects of fiber kinds and factors on anti-permeability of cement mortar [J]. Journal of Tongji University: Natural Science, 2005, 33(10): 1348-1350. (In Chinese)
- [8] NIEMANN H J, KOPPER H D. Influence of adjacent buildings on wind effects on cooling towers[J]. Engineering Structures, 1998, 20(10): 874-880.
- [9] 孟振全,吴振琏.表面渗透性对混凝土耐久性的影响[J].工业建筑,1994,11(5):46-62.
MENG Zhen-quan, WU Zhen-lian. The influence of surface permeability of concrete durability[J]. Industrial Construction, 1994, 11(5): 46-62. (In Chinese)
- [10] TAYEH B A, ABUBAKAR B H, MEGATJOHARI M A, et al. Mechanical and permeability properties of the interface between normal concrete substrate and ultra high performance fiber concrete overlay[J]. Constr Build Mater, 2012, 12(4): 536-538.
- [11] 易成,谢和平,高伟.钢纤维对混凝土裂纹的抑制及其对抗渗性能的影响[J].土木工程学报,2004,1(3):19-25.
YI Cheng, XIE He-ping, GAO Wei. Effects of steel fiber on the restraining for propagation of concrete crack and on the permeability of concrete[J]. China Civil Engineering Journal, 2004, 1(3): 19-25. (In Chinese)
- [12] 李志勇,姚佳良,张宇.关于混凝土抗渗性试验方法的研究[J].混凝土,2006,16(2):57-60.
LI Zhi-yong, YAO Jia-liang, ZHANG Yu. Testing methods on concrete permeability[J]. Concrete, 2006, 16(2): 57-60. (In Chinese)
- [13] 建筑结构补强加固技术编写组.建筑结构补强加固技术[M].北京:中国铁道出版社,1987:20-42.
Building Structure Reinforcement Techniques Writing Group. Building structure reinforcement technology [M]. Beijing: China Railway Publication, 1987: 20-42. (In Chinese)
- [14] 尚守平.高性能水泥复合砂浆钢筋网加固混凝土结构设计与施工指南[M].北京:中国建筑工业出版社,2008:18-23.
SHANG Shou-ping. High-performance cement composite ferrocement concrete structure design and construction guidelines [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2008: 18-23. (In Chinese)
- [15] 尚守平,刘涛. HPFL加固混凝土结构斜截面承载力计算及工程应用[J].湖南大学学报:自然科学版,2011,38(2):1-7.
SHANG Shou-ping, LIU Wei. Calculation of diagonal section resistance and engineering application of strengthening rc structures using HPFL[J]. Journal of Hunan University: Natural Sciences, 2011, 38(2): 1-7. (In Chinese)