

# 混凝土缺陷修补黏结部位抗渗性能的试验研究

张小娜<sup>1</sup>, 温中华<sup>2</sup>

(1. 黄河科技学院, 郑州 450006; 2. 华北水利水电大学, 郑州 450045)

**摘要:** 为防止缺陷修补工程中因抗渗性不足影响混凝土结构耐久性, 采用五种不同界面剂进行新混凝土与碳化老混凝土的黏结抗渗性能试验研究。通过对比新老本体混凝土试件与新老混凝土黏结试件间的渗水高度, 分析其抗渗性能, 以及界面剂和碳化对新老黏结混凝土抗渗性能的影响规律, 确定最佳界面剂类型及分析其作用机理。结果表明: 新老碳化与新老未碳化混凝土的黏结抗渗性能弱于新老本体混凝土; 在使用硅灰界面剂与减水界面剂时, 新老碳化混凝土黏结抗渗性强于新老未碳化混凝土的抗渗性, 且使用硅灰界面剂时抗渗性能最优。

**关键词:** 抗渗性; 冻融破坏; 缺陷修补; 耐久性; 界面剂; 碳化

**中图分类号:** TU50    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1672 1683(2015) 03- 0522-03

## Experimental study of impermeability in defect repair bond of concrete

ZHANG Xiaona<sup>1</sup>, WEN Zhonghua<sup>2</sup>

(1. Huanghe Science and Technology University, Zhengzhou 450006, China;

2. North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450045, China)

**Abstract:** In order to prevent the effects of insufficient impermeability on the durability of concrete structure in defect repair projects, experimental impermeability tests were conducted for the bonding layer of the new concrete and carbonated old concrete using five different interface agents. The permeability heights between the new and old concrete specimens and the new and old concrete bonding specimens were compared, the impermeability of bonding concrete and the effects of carbonization and interface agent on the impermeability of new and old bonding concrete were analyzed, and the best interface agent and its mechanism were determined. The results showed that the impermeability of the new and carbonated concrete and the new and non carbonated concrete are weaker than that of the new and old concrete in ontology. Moreover, use of silica fume interface agent and water reducing agent can enhance the impermeability of new and carbonated concrete compared to that of the new and non carbonated concrete, and use of silica fume interface agent can provide the best impermeability performance.

**Key words:** impermeability; freeze thaw damage; defect repair; durability; interface agent; carbonation

混凝土的抗渗性是指混凝土材料对压力水渗透的抵抗能力, 抗渗性能的不足易使混凝土结构发生冻融破坏及溶蚀破坏<sup>[1]</sup>, 进而造成混凝土的损伤, 影响混凝土结构的正常使用功能, 因此在对混凝土结构耐久性的分析研究过程中, 往往将混凝土的抗渗性作为一个极其重要的性能参考指标<sup>[2,3]</sup>。

在役混凝土结构受到自然灾害或其它不安全性因素影响时, 为保证混凝土结构具有足够的安全性和耐久性, 往往需要对缺陷混凝土进行加固与修补处理, 通常是先凿除老混凝土的碳化层, 再浇筑新混凝土, 而凿除过程费时且费力, 如能在未清除碳化层的老混凝土上直接浇筑新混凝土来进行

修补的话, 将大大节约人力与物力<sup>[4]</sup>。由于混凝土碳化的存在, 使得新、老混凝土之间的黏结部位最薄弱<sup>[5]</sup>, 因此为分析维修后混凝土的抗渗性, 就必须分析新混凝土与碳化老混凝土黏结部位的抗渗性。

## 1 试验概述

### 1.1 老混凝土的制作、凿毛与碳化

试验使用的老混凝土试件为半圆台体试块, 上下底面为半圆形, 直径分别为 175 mm 与 185 mm, 试块高为 150 mm。试件所用混凝土强度等级为 C20, 标准养护 28d 立方体抗压

收稿日期: 2014-07-16    修回日期: 2015-04-08    网络出版时间: 2015-05-13

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20150513.1550.021.html>

基金项目: 河南省教育厅科学技术研究重点项目“钢筋混凝土框架结构体系可靠度分析”(13A560730); 黄河科技学院科研项目“基于钢筋锈蚀的结构耐久性研究”(KYZR201303)

作者简介: 张小娜(1981-), 女, 河南舞钢人, 讲师, 主要从事工程结构可靠度方面研究。E-mail: 45165920@qq.com

强度标准值为 22.9 MPa。材料配比为:水泥:水:砂:石子=325:205:740:1110。为使试验所采用的混凝土与实际老混凝土更接近,将试件放入了标准养护室养护了 28 d,取出又经过了 6 个月的自然养护。

混凝土的凿毛方法很多,本试验采用了机械加人工的复合方法,即机械切割加人工凿毛<sup>[7]</sup>,之后采用了灌浆法测量凿毛后老混凝土的粗糙度,且粗糙度控制在 2.5~3.0 mm<sup>[8,9]</sup>。之后将一半数量的凿毛好的老混凝土试件放入 CCB70 碳化箱碳化 10 mm 以上,完成老混凝土的碳化。

### 1.2 界面剂设计

为增强新老混凝土的黏结性能,试验中将新混凝土浇筑在老混凝土表面时,涂抹了界面剂<sup>[10-11]</sup>,分别采用了 1 号水泥净浆界面剂、2 号硅灰界面剂、3 号减水界面剂、4 号减缩界面剂、5 号膨胀界面剂。各界面剂的材料配制设计<sup>[12-13]</sup>见表 1。

表 1 各界面剂的材料配制

Tab. 1 The material preparation of each interface agent

界面剂	水泥	水	硅灰	减水剂	减缩剂	膨胀剂
1	1.0	0.4				
2	0.9	0.4	0.1			
3	0.9	0.3	0.1	0.01		
4	0.9	0.3	0.1	0.01	0.02	
5	0.8	0.3	0.1	0.01		0.1

### 1.3 新老混凝土黏结试件的制作

将经过凿毛与碳化处理的老混凝土试块在水中浸泡 4 d,取出后擦净并放于通风处晾至表面无明水,用毛刷在黏结

表 2 新老本体混凝土与新老碳化黏结混凝土、新老未碳化黏结混凝土的抗渗试验结果

Tab. 2 The impermeability test results of new and old concrete, new and old carbonated concrete, new and old non carbonated concrete

试件编号	LB	XB	CN1	UCN1	CN2	UCN2	CN3	UCN3	CN4	UCN4	CN5	UCN5
渗水高度/cm	3.14	0.95	14.1	11.6	8.7	10.3	12.5	13.6	13.1	10.6	13.5	11.4
平均渗透系数/(10 <sup>-10</sup> cm·s <sup>-1</sup> )	2.1	0.188	33.0	23.5	12.0	16.3	26.1	30.7	27.5	17.4	30.0	20.5

注:LB 为老混凝土本体试件;XB 为新混凝土本体试件;CN 表示新混凝土与碳化黏结混凝土,后面数字表示界面剂类型;UCN 表示新混凝土与未碳化黏结混凝土,后面数字表示界面剂类型。

### 2.2 新老混凝土黏结试件与新老本体混凝土试件抗渗性比较

从表 2 可知,新本体混凝土渗水高度最小,其次是老本体混凝土,而新老碳化黏结混凝土或新老未黏结混凝土(不论何种界面剂)的渗水高度都远远大于新老本体混凝土;各种混凝土的相对渗透系数与渗水高度的关系相同;新老碳化或未碳化黏结混凝土的相对渗透系数与老本体混凝土差一个数量级,而与新本体混凝土差两个数量级。总之,抗渗性依次为:新本体混凝土>老本体混凝土>新老碳化或未碳化黏结混凝土。

### 2.3 碳化对新老混凝土黏结抗渗性能的影响

从表 2 可知,在使用 2 号、3 号界面剂的方案中,新老碳化黏结混凝土 CN 的渗水高度小于新老未碳化黏结混凝土的 UCN 渗水高度,即对于使用 2 号硅灰界面剂、3 号减水界面剂的新老黏结混凝土,不消除老混凝土碳化层反而抗渗性能更好。在使用 1 号、4 号、5 号界面剂的新老黏结混凝土中,清除老混凝土碳化层的抗渗性能更好。

面上均匀涂抹界面剂,之后置于抗渗试模中(图 1),浇筑新混凝土,并在试件成型 24 h 后拆模<sup>[14]</sup>。新混凝土材料配合比为:水泥:水:砂:石=360:164:694:1182,掺入的减水剂与引气剂分别占水泥质量的 0.8%、0.01%,强度等级 C25,28 d 立方体抗压强度标准值为 26.8 MPa。同时制作新混凝土的本体试件与新混凝土与未碳化老混凝土黏结试件,将新混凝土本体试件与新老混凝土碳化与未碳化试件均放入养护室养护。

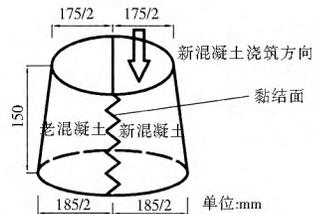


图 1 新老混凝土黏结浇筑示意图

Fig. 1 Schematic of new and old concrete bond placement

将新、老本体混凝土、新老碳化黏结混凝土、新老未碳化黏结混凝土每组 8 个共 96 个试件,均养护 28 d 后取出并通风晾干,之后在试件侧面经过一定防渗透处理,将试件装入钢模并安装在抗渗仪上,采用一次加压法量测渗水高度并计算相对渗透系数<sup>[15]</sup>。

## 2 试验结果及分析

### 2.1 试验结果

新本体混凝土、老本体混凝土、新老碳化黏结混凝土、新老未碳化黏结混凝土试件抗渗试验结果见表 2。

### 2.4 界面剂对新老黏结混凝土抗渗性的影响

图 2 中直观的表现了新老黏结混凝土不同方案的平均渗透系数,可以看出不同界面剂的平均渗透系数差别很大<sup>[5]</sup>。在 CN 方案中,1 号界面剂平均渗透系数最大,2 号界面剂平均渗透系数最小,且最大值约为最小值的 2.77 倍。在 UCN 方案中,3 号界面剂平均渗透系数最大,2 号界面剂平均渗透系数最小,且最大值约为最小值的 1.91 倍。不论 CN 方案还是 UCN 方案,2 号界面剂的平均渗透系数均最小,其黏结混凝土抗渗性最好,而且 2 号界面剂的 CN 方案平均渗透系数小于 UCN 方案,即 2 号硅灰界面剂的 CN 新老碳化混凝土抗渗性强于 UCN 新老未碳化混凝土。

### 2.5 不同方案新老黏结混凝土抗渗性差异机理分析

图 3 为新老混凝土的黏结试件平面图,可以看出,试件由新混凝土层、界面剂层、老混凝土层、粘结面 1、粘结面 2 组成。粘结面 1、界面剂层、粘结面 2 构成复合粘结层,其中粘结面 1 是抗渗性能最为薄弱的部位,所以在混凝土缺陷修补中不同方案新老黏结混凝土抗渗性的差异主要体现在界面

剂与老混凝土的黏结效果差异。

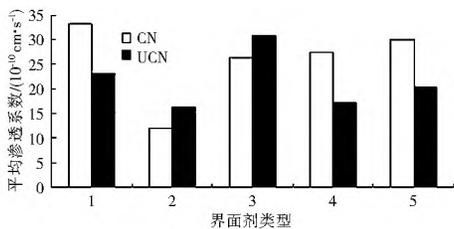


图 2 不同方案的平均渗透系数

Fig. 2 Average impermeability coefficient under different schemes

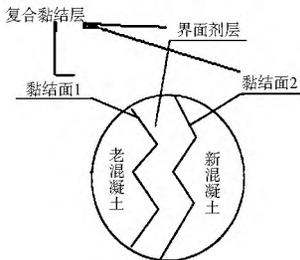


图 3 新老混凝土黏结试件平面图

Fig. 3 Plan view of new and old concrete bonding specimens

硅灰界面剂是将水泥净浆界面剂中的一部分水泥由硅灰代替,由于硅灰的粒径远小于水泥粒径,能更好地将其水化产物渗透到老混凝土层,增强黏结面 1 的密实性,因此硅灰界面剂的混凝土抗渗性强于水泥净浆界面剂的混凝土。在硅灰界面剂中掺入减黏水剂形成减水界面剂,由于使用水量减少,影响了水泥与硅灰水化反应的彻底性,降低了黏结面 1 的抗渗性,所以减水界面剂的抗渗性弱于硅灰界面剂。在减水界面剂中掺入减缩剂形成减缩界面剂,减缩剂会增加水分蒸发,加剧水泥与硅灰水化反应的不彻底性,因此减缩界面剂的抗渗性更差。在减水界面剂中掺入膨胀剂形成膨胀界面剂,膨胀剂的水化反应减少了水量,阻碍了水泥与硅灰的水化反应<sup>[6]</sup>,所以抗渗性弱于减水界面剂。总之,硅灰界面剂的抗渗性最优。

对硅灰界面剂来说,当老混凝土表面碳化层未经凿除掉时,由于碳化反应的生成物更好地填充了混凝土内部孔隙,提升了密实度,因此碳化层的存在比没有碳化层的黏结混凝土抗渗性更好。所以,硅灰界面剂方案中,CN 方案抗渗性强于 UCN 方案抗渗性,即新老碳化黏结混凝土的抗渗性强于新老未碳化黏结混凝土。

### 3 结论

(1) 新老碳化黏结混凝土、新老未碳化黏结混凝土抗渗性均弱于新本体混凝土、老本体混凝土,与新本体混凝土抗渗性差两个数量级,与老本体混凝土差一个数量级,因此应尽量采用新本体混凝土。

(2) 新老黏结混凝土中,当采用硅灰界面剂与减水界面剂时,不消除碳化层抗渗效果更好。

(3) 新老碳化黏结混凝土中,采用硅灰界面剂时抗渗性能最优。由于在对在役混凝土结构进行维修加固时,不凿除老混凝土的碳化层能显著节约人力与物力,因此推荐在新老混凝土的接触面上涂抹硅灰界面剂。

### 参考文献(References):

[1] 李平先.新老混凝土黏结面抗冻和抗渗性能试验研究[D].大连:大连理工大学,2004.(LI Ping xian. Experimental research

on freeze thaw resistance property and impermeability for adherence of new old Concrete[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2004. (in Chinese))

- [2] 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(2):57-60.(LI Zhi yong, YAO Jia liang, ZHANG Yu. Testing methods on concrete permeability[J]. Concrete, 2006(2): 57-60. (in Chinese))
- [3] 袁群,赵国藩,赵志方.新老混凝土粘结强度的影响因素分析[J].人民黄河,2000,22(4):3F-33.(YUAN Qun, ZHAO Guo pan, ZHAO Zhi fang. The influence factors of the new and old concrete bonding strength analysis[J]. RELLOW RIVER, 2000, 22(4): 3F-33. (in Chinese))
- [4] 李冰,李春跃,李平先.新老混凝土黏结面渗透性能改善方法探讨[J].四川建筑科学研究,2007,33(4):94-97.(LI Bing, LI Chun yue, LI Ping xian. Research on improving methods for permeability of new old concrete bonding interface[J]. Sichuan Building Science, 2007, 33(4): 94-97. (in Chinese))
- [5] 张雷顺,韩菊红,郭进军,等.新老混凝土黏结补强在某钢筋混凝土桥面板加固整修中的应用[J].土木工程学报,2003,36(4):82-85.(ZHANG Lei shun, HAN Ju hong, GUO Jir jun, et al. Application of bond between new and old concrete to strengthen RC bridge deck[J]. China Civil Engineering Journal 2003, 36(4): 82-85. (in Chinese))
- [6] 闫国新,张雷顺.新老混凝土黏结面粗糙度处理方法综述[J].混凝土,2007(8):98-100.(YAN Guo xin, ZHANG Lei shun. Method review of the interfacial roughness of new to old concrete[J]. Concrete, 2007(8): 98-100. (in Chinese))
- [7] 韩菊红,袁群,张雷顺.新老混凝土黏结面粗糙度处理实用方法探讨[J].工业建筑,2001(2):1-3.(HAN Ju hong, YUAN Qun, ZHANG Lei shun. Research on practical treating method for the interfacial roughness of new to old concrete[J]. Industrial Construction, 2001(2): 1-3. (in Chinese))
- [8] 闫国新,吴伟,张晓磊.随机凿毛与切槽法新老砼粘性能比较[J].科技咨询导报,2007(3):72-72.(YAN Guo xin, WU Wei, ZHANG Xiao lei. Random cut hair and grooving method, new and old concrete bonding performance comparison[J]. Science and Technology Consulting Herald, 2007(3): 72-72. (in Chinese))
- [9] 袁群,马峰,曹宏亮,等.具有防碳化作用界面剂的配制研究[J].混凝土,2011(10):139-144.(YUAN Qun, MA Feng, CAO Hong liang, et al. The configuration of the resistant carbonation interface agent[J]. Concrete, 2011(10): 139-144. (in Chinese))
- [10] Adachi I, Hashimoto K, Nishimura F. Construction Joint of Concrete Structures Using Shot Blasting technique, Transactions of the Japan Concrete Institute, 1983, 5: 6F-68.
- [11] Eduardo N. BSFemando A, B. Branco, et al. Concrete to concrete bond strength, Construction and Building Materials, 2004, 18: 675-681.
- [12] 潘东芳,乔运峰,夏春,等.新老混凝土界面处理材料的试验研究[J].混凝土,2006(9):60-61.(PANG Dong fang, QIAO Yur feng, XIA Chun, et al. The experimental study of the new and old concrete interface treatment materials[J]. Concrete, 2006(9): 60-61. (in Chinese))
- [13] 管大庆,陈章洪,石琮珠.界面处理对新老混凝土黏结性能的影响[J].混凝土与水泥制品,1994,6(3):23-24.(GUAN Da qing, CHEN Zhang hong, SHI Yur zhu. Affect the performance of the new and old concrete bonding processing interface[J]. China Concrete and Cement Products, 1994, 6(3): 23-24. (in Chinese))
- [14] 郭庆海,张剑,李平先,等.新老混凝土黏结面的树脂糙化处理与工程应用[J].人民黄河,2005(8):55-56.(GUO Qing hai, ZHANG Jian, LI Ping xian, et al. Rough on the surface of the new and old concrete bonding resin processing and engineering application[J]. Rellow River, 2005(8): 55-56. (in Chinese))
- [15] 赵志方.新老混凝土黏结机理和测试方法[D].大连:大连理工大学,1998.(ZHAO Zhi fang. The new and old concrete bonding mechanism and test methods[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 1998. (in Chinese))