

硅烷浸渍混凝土防水效果的现场评价方法

蒋正武

(同济大学 先进土木工程材料教育部重点实验室, 上海 200092)

摘要: 提出了一种新的硅烷浸渍混凝土防水效果的混凝土表面吸水量现场评价方法, 并试验研究了这种方法对不同的硅烷浸渍混凝土防水性能的评价效果。结果表明, 采用这种方法计算出的2h平均渗透系数可有效反映硅烷的防水效果。

关键词: 硅烷; 防水; 现场; 评价; 方法

中图分类号: TU528.32 文献标识码: A 文章编号: 1003-3688(2006)05-0027-03

Method of Field Evaluation of Waterproofing Effect of Silicane Immersed Concrete

JIANG Zheng-wu

(Key Laboratory of Advanced Civil Engineering Materials of the Ministry of Education,
Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: A new method to evaluate on site the waterproofing effect of silicane immersed concrete by way of measurement of surface soaking is proposed, which has been tested and studied to assess its evaluation results of the waterproofing performance of different types of silicane immersed concrete. The results indicate that the average permeability coefficient of 2 hours calculated by using the proposed method can effectively reflect the waterproofing effect of silicane.

Key words: silicane; waterproof; field; evaluation; method

1 前言

有机硅防水剂是一种理想的混凝土、砂浆、砖石等建材的新型防水材料, 可以水溶液、乳液或溶液形式喷涂在建筑物表面和砖石结构上, 提高其防水、防污、防腐蚀、抗风化和耐久性能, 硅烷产品是第四代有机硅防水材料, 是一种具有良好渗透性、防水、耐久、环保型的有机硅防水、防腐剂, 也是一种性能优良的混凝土表面密封剂, 已广泛应用于道路、桥梁、隧道、水工、海工等工程中^[1-4]。因硅烷一般是无色液体, 如何有效、快速地对应用硅烷产品后的混凝土防水效果进行实验室和现场的评价一直是这一领域国内外研究热点^[5-7]。

本文从硅烷防水材料的特性与工程现场条件出发, 提出了一种快速、准确、方便的现场评价方法, 并试验研究了这种评价方法的有效性。

2 硅烷防水效果评价方法进展

混凝土表面密封剂的质量根据其抵抗各种外界环境持

续不断的潜在破坏力的能力来评价。目前, 评价硅烷表面密封剂性能的方法有很多种, 其中包括AASHTOT259、NCHRP 244、ASTM C624、ASTMC672、ASTM C666、AASHTO277、渗透深度(ODOT)以及中国《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》(JTJ275-2000)规定的各项试验方法等^[8-11]。

AASHTO T259 规范中的“混凝土抗氯离子渗透力”, 通常是指90 d的浸水养护法。使用这种方法, 可确定混凝土的各种变量对抗氯离子渗透的影响。已有的关于混凝土渗透性密封剂的调查报告认为, T259是测试硅烷密封剂应用最广泛的方法, 其次是NCHRP244第二系列。NCHRP 244 报告的目的是为了研究在不同环境条件下, 混凝土中使用的不同化学表面硅烷密封剂的效果。在实验室4种不同的试验阶段, 确定硅烷密封剂预防或避免海水侵入混凝土的能力, 便可确定硅烷密封剂的效果。蒸发渗透试验是俄克拉荷马州交通厅发明的一种评价试验, 检验硅烷密封剂在保持减少吸水性能的同时, 也检验释放蒸发水的能力。

1990年, 柯拉提出了另一种混凝土桥梁密封剂的评价方案, 方案分两部分。第一部分, 先用硅烷密封剂处理混

收稿日期: 2005-12-30 修回日期: 2006-07-27

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(05058029)

作者简介: 蒋正武(1974—), 男, 副教授, 博士。主要从事混凝土材料、工程防水、修补等领域的研究。

凝土试样，再置于各种模拟环境中，这些环境有： 支架老化试验，分3个阶段把试样置于户外老化，老化期为3个月和 12个月； 老化仪试验，试件置于 XWR 弧光灯老化仪内，经受加速变化的气候条件，风蚀周期为 102 min，紧接着 18min雨淋和日晒； 冻融循环试验，3 个月养护龄期的试样，经受300次冻融循环； 耐磨试验，3个月龄期的试件，在混凝土试件前后表面上采用喷砂器进行喷磨，喷砂器喷砂量为1 200g（2号砂），压力为3.1 MPa。完成规定应力试验之后，试件贮存在室温下直到试件的质量值稳定下来，然后，把试件浸入5%的盐水 28d，这样便可评价密封剂的防水渗透性能。方案的第二部分是： 快速氯化物渗透试验（AASHTO T 277的修正规范）； 水分蒸发渗透性试验； 仪表测定分析（气体色谱及红外光谱）； 确定剩余量； 渗透深度。

我国《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》(JTJ275-2000)规定了评价硅烷防腐蚀的三项指标：吸水率系数、渗透深度、氯离子吸收量的降低值。这些试验方法所要求的试样均必须是现场钻芯取样或实验室成型制样，不仅试验测试时间较长，且现场钻芯取样需对工程结构产生一定程度的破坏，这往往不是所期望的。

尽管这些方法详细地规定了表面密封剂的各项质量指标，然而这些方法主要是实验室内部评价，很难在现场对硅烷浸渍效果进行评价。如何在工程现场快速、简易、准确地评价混凝土表面硅烷浸渍后的效果是本项目的主要研究目标之一。

3 混凝土表面吸水量现场评价方法的提出

现场评价硅烷密封剂时，首先应考虑所密封混凝土的类型。对渗透型硅烷密封剂，混凝土表面的渗透性是影响硅烷密封剂和氯化物两者渗透的主要因素。现场评价方法一要充分考虑硅烷的作用效果，二要充分考虑现场评价时的实际条件，因此，现场评价方法应快速、方便、准确。

充分考虑这些因素，本文提出利用Karsten量瓶测试混凝土表面吸水率的现场评价方法。该方法可以快速、有效地测试出混凝土表面是否进行硅烷浸渍以及硅烷浸渍后的混凝土防水效果，该方法可以测试单位时间内的水平表面或垂直表面的吸水量。

Karsten量瓶法是欧洲许多标准测定混凝土表面吸水性

表 1 两种不同混凝土的配合比与强度发展

序号	w/c	单位体积用量/(kg·m ⁻³)							抗压强度/MPa			
		水泥	硅灰	矿渣	粉煤灰	水	砂	石子	7 d	28 d	60 d	90 d
C1	0.35	174	23	273	0	165	700	1050	47.5	58.2	65.8	72.4
C2	0.35	176	0	176	88	154	725	1088	45.3	56.7	64.7	69.5

试验中制备混凝土试样所采用的原材料水泥为京阳水泥厂生产的嘉新牌 52.5 硅酸盐水泥。粉煤灰(FA)为石洞口电厂生产的一级粉煤灰。矿渣粉(Slag)是上海宝田建材公司生产的 S95矿渣粉。硅灰(SF)为埃肯公司生产的产品。细骨料为细度模数 $M_x=2.8$ 的河砂，表观密度为 2 520

的成熟方法，如德国交通部的混凝土表面保护技术规范 ZTV - SIB90^[12, 13]。使用该测试方法是利用带刻度的 Karsten 量瓶，其底面积 80mm²，有水平和垂直的两种。测试时，采用橡皮泥将其固定在混凝土结构表面，并使其周围密封，保证不漏水。后向量瓶内加入水至一定的刻度，再在水表面滴一滴液体石蜡，以防止水分的挥发。记录下该刻度并开始计时，测试不同时间下的量瓶内水位下降的高度，并计算出表面的吸水量，从而计算出一定时间内混凝土表面水渗透系数。图 1 为混凝土表面吸水量测试装置图。单位时间内混凝土表面的平均渗透系数按下式计算，

$$k = \frac{V}{S \cdot T}$$

式中： k 为平均渗透系数，m/s； V 为混凝土试件在单位内的吸水量，m³； S 为 Karsten 量瓶的吸水表面积，m²； T 为吸水时间，s。单位时间内平均渗透系数可以定量地比较硅烷浸渍混凝土的防水效果。



图 1 混凝土垂直表面吸水量的测试装置图

4 结果与讨论

为了比较这种现场试验方法的有效性和准确性，试验采用了这种试验方法对两种不同配合比混凝土进行了研究。两种不同混凝土的配合比见表 1。

kg/m³，堆积密度为 1 600kg/m³，含泥量小于 2 % 5~25 mm 连续级配碎石，表观密度为 2 640kg/m³，堆积密度为 1 560 kg/m³，针片状颗粒小于 3 %，压碎指标 10 %。淘正化工(上海)有限公司生产的聚羧酸系高效减水剂 SP1。所采用的硅烷产品为道康宁公司生产的硅烷产品：Z - 6403 硅烷防水剂，

一种高纯度的异丁基三乙氧基硅烷，100% 浓度。

表 2 给出了不同条件下两种硅烷浸渍混凝土的表面吸水量及其 2 h 平均渗透系数。从表 2 试验结果中可以看出，硅烷浸渍的混凝土在 2 h 后，吸水量增量便趋于稳定，24 h 后，其吸水率增长很小。而无硅烷浸渍混凝土的吸水量随着时间的增长而逐渐增长。为更有效地现场评价硅烷的浸渍效果，同时考虑实际中现场测试时间的限制，认为，测试并计算出混凝土的 2 h 平均渗透系数不仅可以有效比较有无硅烷浸渍混凝土的吸水率大小，且还可以定量反映硅烷浸渍后的防水效果。当然，也可以计算更长时间的平均渗透系数。

比较不同养护条件下混凝土吸水量，可以看出，对无

硅烷浸渍的混凝土而言，经过干燥 48 h 后的混凝土单位时间内表面吸水量明显大于室内养护的混凝土单位时间内的吸水量。对硅烷浸渍的混凝土，经过干燥 48 h 后的混凝土单位时间内表面吸水量与室内养护的混凝土单位时间内的吸水量基本相同，均很小，这主要是因为经硅烷浸渍的混凝土，表面吸水率显著下降，养护条件的改变，对其吸水率影响不大。

从试验原理、结果来看，Karsten 量瓶法主要可以快速反映不同状态的混凝土表面的吸水率大小，而该方法测试结果与氯离子渗透方法测试结果的相关性有待于进一步试验研究。

表 2 现场评价方法测试的不同条件下混凝土表面吸水量与渗透系数

序号	试件状态	硅烷浸渍	测试表面	吸水量/mL						2h 平均渗透系数/($10^{-12}m \cdot s^{-1}$)
				0.5h	1h	2h	6h	12h	24h	
C1	室内	无	水平	0.13	0.25	0.45	0.68	1.01	1.45	7.81
C1	室内	无	垂直	0.11	0.20	0.29	0.41	0.63	1.16	5.03
C1	干燥	无	垂直	0.16	0.30	0.44	0.77	1.10	1.56	7.64
C1-1	室内	有	水平	0.03	0.00	0.07	0.07	0.08	0.08	1.22
C1-1	干燥	有	水平	0.04	0.07	0.08	0.08	0.09	0.09	1.39
C1-1	室内	有	垂直	0.04	0.07	0.08	0.09	0.09	0.09	1.39
C1-1	干燥	有	垂直	0.03	0.06	0.08	0.08	0.10	0.10	1.39
C2	室内	无	垂直	0.13	0.22	0.31	0.45	0.70	1.28	5.38
C2	干燥	无	垂直	0.22	0.30	0.57	0.97	1.53	1.96	9.90
C2-1	室内	有	垂直	0.04	0.07	0.08	0.90	0.10	0.10	1.39
C2-1	干燥	有	垂直	0.05	0.07	0.09	0.09	0.10	0.11	1.56

5 结论

(1) Karsten 量瓶测试混凝土表面吸水量的试验方法可以有效地评价现场硅烷浸渍混凝土的防水效果，其不仅适用于混凝土水平表面，也适合于混凝土垂直表面。

(2) 养护条件对该方法评价硅烷浸渍混凝土的防水效果影响较小。该方法非常适合于现场操作，简易、快速、准确。

(3) 根据该测试方法计算出的 2 h 混凝土平均渗透系数不仅可有效比较混凝土表面吸水率大小，且还可定量反映硅烷浸渍混凝土的防水效果。

参考文献：

- [1] 黄君哲, 周欲晓, 王胜年, 等. 海工混凝土结构表面涂层暴露试验及应用效果 [J]. 中国港湾建设, 2002, (6): 17-20, 51.
- [2] 黄月文, 刘伟区. 水乳型有机硅系表面处理剂的性能 [J]. 涂料技术与文摘, 2003, 24(1): 30-31, 34.
- [3] 黄桂柏, 党涛. 硅烷封闭涂料用于建构筑物的维护 [J]. 新型建筑材料, 1998, (5): 23-25.
- [4] 蒋正武, 王利洁. 钢筋混凝土的环境侵蚀与表面防护技术 [J]. 腐蚀科学与防护技术, 2004, 10(5): 309-312.
- [5] Buenfeld NR, Zhang JZ. Chloride Diffusion through Surface-

Treated Mortar Specimens [J]. Cement and Concrete Research, 1998, 28(5): 665-674.

- [6] Ibrahim M, Al-Gahtani AS, Maslehuddin M, etc. Effectiveness of concrete surface treatment materials in reducing chloride-induced reinforcement corrosion [J]. Construction and Building Materials, 1997, 11(4): 443-451.
- [7] Nolan E, Basheer PAM, Long AE. Effects of three durability enhancing products on some physical properties of near surface concrete [J]. Construction and Building Materials, 1995, 9(5): 267-272.
- [8] Paxton JT. Ohio aggregate and concrete testing to determine d-cracking susceptibility [A]. Transportation Research Record 853 [C]. 1982. 20-24.
- [9] Smith KG, W Fowler, AH Meyer. Laboratory and field evaluation of rapid setting materials used for repair of concrete pavements [A]. Research report no. 311-14 (July) [C]. Austin: University of Texas Center for Transportation Research.
- [10] 美国国家科学研究院编著. 水混混凝土公路技术实践与展望 [M]. 王黛, 查旭东, 韩春花译. 北京: 人民交通出版社, 2000
- [11] JTJ275-2000, 海港工程混凝土结构防腐技术规范 [S].
- [12] 德国交通部 ZTV-SIB90, 混凝土表面保护技术规范 [S].
- [13] Basheer PAM, Basheer L, Cleland DJ, et al., Surface treatments for concrete: assessment methods and reported performance [J]. Construction and Building Materials, 1997, 11(7): 413.