

混凝土内部相对湿度测试方法

董淑慧, 葛 勇, 张宝生, 袁 杰

(哈尔滨工业大学材料科学与工程学院, 哈尔滨 150001)

【摘要】 混凝土内部相对湿度及湿度梯度分布对混凝土性能具有重要影响, 不同仪器及试验方法所测得的混凝土内部相对湿度差异很大, 本文研究了不同湿度传感器及测试方法对混凝土内部湿度测试结果的影响。试验结果表明, 14d 以前, 采用预埋电阻型湿度传感器的方法所得测试结果高于温湿度探头插入式测量, 14d 以后则相反; 预埋测量法对仪器长时间处于高湿环境下产生的漂移无法预测, 而插入式测量可随时对仪器进行标定校准, 避免仪器漂移对试验结果产生影响; 采用温湿度探头插入式测量混凝土内部相对湿度时, 在环境湿度为 90% 和 60% 时测得试验结果基本相同, 而在环境湿度较低条件下, 测试结果略低。

【关键词】 混凝土; 相对湿度; 湿度传感器; 温湿度探头

【中图分类号】 TU528

【文献标识码】 B

【文章编号】 1001-6864(2008)06-0029-03

0 前言

混凝土的湿扩散速度依赖于混凝土本身的湿度状态, 混凝土内部相对湿度是影响其体积变化的重要参数。由于混凝土的含湿状态难以准确地测量, 长期以来, 混凝土的表面裂缝问题在理论上并没有得到很好地分析与解释。殷此, 混凝土结构内部相对湿度及湿度梯度分布的研靠, 对于研究混凝土收缩变形, 进而计算收缩引起的应力具有重要意义^[1]。

1 国内外测试方法的比较

对空气相对湿度的测量方法有很多, 大体分为三类: 一是, 将干湿球温度计接到数字表上, 直接显示湿度值; 二是, 由湿度传感器与数字表组成的湿度测量仪; 三是, 由两支特性一致的铂电阻温度计组成的干、湿球温度计, 测量干球和湿球之间的温差, 查相对湿度表而得到湿度值^[2]。干湿球测湿仪一般要求在通风的情况下测试, 因此, 测量混凝土内部相对湿度通常采用湿度传感器, 但测试相对比较困难, 并且由于传感器技术等原因, 湿度测量一直是国际公认的难题, 不同学者对于混凝土内部相对湿度的测量结果差异也很大。

有关混凝土内部及其在使用环境中相对湿度变化的研究文献很少。Andrade 等测量了室外环境中的成熟混凝土内部相对湿度和温度的变化^[3]。Parrott 和 Nilsson 等对于暴露在自然环境中或海水中的混凝土试件内部的相对湿度进行了试验检测^[4-5]。上述试验中所采用的混凝土试件均是成熟混凝土, 然而现代混凝土结构开裂大多发生在早期, 因此准确知晓早龄期混凝土内部相对湿度的变化对于监控混凝土结构变形具有更重要的价值。

伊利诺伊斯大学香槟分校研发了一种测定混凝土内部相对湿度的仪器。采用的是一种电容式 RH 传感器, 精度为 $\pm 1.8\% \text{RH}$ ($< 80\%$) 和 $\pm 0.3^\circ\text{C}$ (20°C)。利用电热调节器测定温度, 它将 RH 和温度传感器嵌入到带有塑性涂料帽的塑料管中制成^[6], 塑性涂料帽能够隔断传感器和浆体之间的接触, 但是允许气体传输。这种传感器在 $\text{RH} < 80\%$ 时精度较高, 对于成熟混凝土而言可以满足测试需要, 但是对于早龄期混凝土, 其内部相对湿度由 100% 开始下降, 在较高湿度

的情况下测试精度很难保证。

Z. C. Grasley 和 D. A. Lange 采用相对湿度系统测量了两个对称面允许水分散失, 其余表面密封的混凝土内部不同位置的相对湿度^[7,8]。试件成型后将管子插入到距离表面不同的深度处, 并立即用塑料套密封, 每隔 3min 测定其相对湿度的变化, 直至 28d。

清华大学黄瑜等人^[9]采用电容式数字温湿度传感器, 采用与文献[7]类似的方法, 研究一般室内环境条件下, 普通混凝土和高强混凝土试件单面干燥条件下内部不同深度(2.5、5、10、18cm)处相对湿度发展规律。张智博等^[10]选取 C30 和 C70 混凝土, 通过采用饱和盐溶液方法形成不同的相对湿度环境, 研究了混凝土干缩值与环境相对湿度之间的关系。

上述几种方法均采用将传感器密封在试件内部的方式进行测量, 这样可以避免预留孔与环境发生湿度交换。但同时也存在一个弊端, 即湿度传感器在一定温度、湿度的气氛下存放一段时间后, 其感湿特征量将产生长期漂移, 即长期稳定性问题。长期稳定性是湿敏元件最重要的参数之一, 它除了与元件本身的特性有关外, 还与所接触的环境污染状况、高温高湿条件等有很大关系^[11]。混凝土早期相对湿度持续较高, 湿度传感器在相对湿度低于 80% 时的测量精度要高于 90% 以上的精度, 长时间处于高湿条件下, 湿度传感器的漂移是不可避免的, 并且这种漂移是无规律可循的。

2 不同测试方法试验研究

2.1 试验仪器及试验方法

分别采用电阻型湿度传感器和温湿度探头进行了混凝土试件中心部位相对湿度的测量。

2.1.1 电阻型湿度传感器

由于体积小且自身带有保护壳便于埋放, 选择电阻型湿度传感器预埋于混凝土试件中心部位, 测量 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 混凝土试件内部相对湿度, 湿敏元件如图 1 所示。

用纯度为分析纯的几种无机盐和纯水(去离子水)配制饱和盐溶液提供湿度源对其进行标定^[12,13], 以消除系统误差, 不同盐溶液的相对湿度值见表 1。

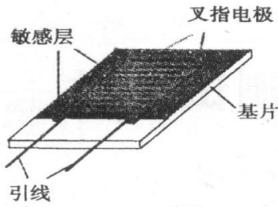


图1 湿敏元件的结构

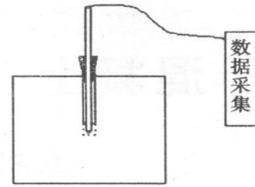


图2 测试装置示意图

表1 不同饱和盐溶液的相对湿度值

盐的种类	LiCl	MgCl ₂	Mg(NO ₃) ₂	KI	NaCl	KCl	BaCl ₂	K ₂ SO ₄
相对湿度/%	11	33	54	70	75	85	91	98
温度范围/℃	5~80	5~80	5~80	5~80	5~80	5~80	5~80	5~50

2.1.2 温湿度探头

采用芬兰 VAISALA 公司生产的 HMP42 型温湿度探头,其直径只有 4mm,该传感器具有精度高、滞后忽略、良好的长期稳定性等特点,在 0~90% RH 时精度为 ±2% RH,90%~100% RH 时为 ±3% RH,特别适用于狭小空间的温湿度测量。

试件尺寸为 100mm×100mm×100mm,成型时在试件中心预埋 φ6×50mm 塑料管,管内预先放置直径为 6mm 的不锈钢棒,使塑料管内壁与钢棒紧密接触,钢棒长度超出塑料管

上下端各 10mm,成型时保证塑料管上端高出试件表面 5mm。初凝后缓慢拔出钢棒,并立即用橡胶塞封口,并用环氧树脂密封塑料管外侧与混凝土接触面,避免其松动而产生气体交换,测试装置示意图见图 2。

预先将楔形橡胶套安装在温湿度探头测杆上,至待测龄期,将混凝土试件放置于与其内部温湿度相近的测试环境中,迅速拔下橡胶塞并将探头插入,用楔形橡胶套塞紧塑料管口,每 3min 自动采集 1 个读数,记录读数稳定时的数值。

2.2 试验结果分析

采用上述两种测试方法,对水胶比为 0.3,分别用普通骨料、页岩陶粒(1h 预湿,含水率 6.6%)和粉煤灰陶粒(1h 预湿,含水率 15.3%)所配制的三种混凝土,进行了不同龄期混凝土中心部位的相对湿度测试,试验结果如图 3 和图 4 所示。

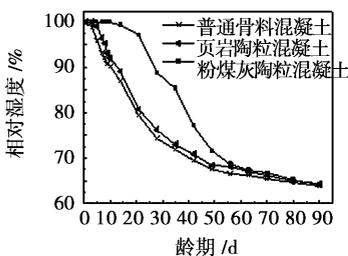


图3 电阻型湿度传感器预埋测量

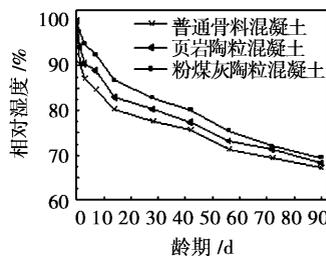


图4 温湿度探头插入式测量

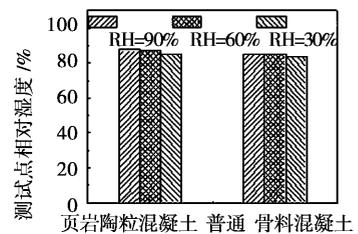


图5 环境相对湿度对测试结果的影响

结果表明,采用电阻型湿度传感器测试时混凝土内部湿度在前 3d 均为 100%,采用较高吸水率的粉煤灰陶粒所配制的混凝土在 14d 龄期内部湿度才由 100% 开始急剧下降,而用温湿度探头测试时各组混凝土内部相对湿度在 7d 前迅速降低,而后随龄期缓慢下降,并且,14d 以前,电阻型湿度传感器的测试结果高于温湿度探头,14d 以后则相反。

任何一种湿度传感器长期在高湿度下工作均会加剧漂移的产生,高分子电阻型湿度传感器工作时电流通过湿敏材料,导致了加速电老化,敏感层物质和微观结构发生变化,引起长期漂移;基片表面的缺陷(污染颗粒、损伤裂纹、凹坑等)会导致膜退化的加速,这都将影响传感器的相应特性和灵敏度。并且,传感器预埋在混凝土中以后无法再进行仪器的校准与标定,给测试结果带来的误差无法预计。而温湿度探头则可以随时进行标定校准,避免了仪器漂移带来的试验误差。但是,在胶塞拔出与探头插入的瞬间,测试孔与环境之间会产生一定量的气体交换,需要一段时间使测试孔内的空气的温湿度达到重新稳定(约为 15min)。为研究测试时可能产生的少量气体交换对试验结果的影响,采用温湿度探头对

同一试件在不同相对湿度环境下进行了内部湿度的测定,试验结果见图 5。可见,在环境湿度为 90% 和 60% 时测得试验结果基本相同,而在环境湿度为 30% 的条件下,测试结果约降低了 1.5%~2.0%。因此,使用插入式温湿度探头测试混凝土内部相对湿度时,最好将混凝土试件放置于与其内部温湿度相近的测试环境中,以减小试验误差。

3 结语

(1) 测试仪器与测试方法对混凝土内部相对湿度测量结果影响显著。14d 以前,采用预埋电阻型湿度传感器的方法所得测试结果高于温湿度探头插入式测量,14d 以后则相反;预埋测量法对仪器长时间处于高温环境下产生的漂移无法预测,而插入式测量可随时对仪器进行标定校准,避免了仪器漂移带来的试验误差。

(2) 采用温湿度探头插入式测量混凝土内部相对湿度时,在环境湿度为 90% 和 60% 时测得试验结果基本相同,而在环境湿度较低条件下,测试结果略低,可将混凝土试件放置于与其内部温湿度相近的测试环境中,以减小试验误差。

建 筑 设 计

谈高校化学实验室建筑设计

李弘玉, 王新利

(哈尔滨工业大学建筑设计研究院, 哈尔滨 150090)

【摘要】 以两个高校实验楼设计为例,通过对高校实验建筑的分析,针对其中具有代表性的化学实验室的建筑设计进行归纳总结。对其中的实验单元构成和设备单元的节点处理等两个方面的设计难点进行了论述和解答。

【关键词】 化学实验室;实验单元;设备单元

【中图分类号】 TU244.5

【文献标识码】 B

【文章编号】 1001-6864(2008)06-0031-02

ARCHITECTURAL DESIGN OF UNIVERSITY CHEMICAL LABORATORY

LI Hong-yu, WANG Xin-li

(Architectural Design and Research Institute, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China)

Abstract: This article takes two universities' experiment building design as examples, through analyzing the characteristics of chemistry lab in the universities, the authors summarized the representative chemical laboratory architectural design. Some issues about the constitution of the experiment units and equipment units were discussed and the problems were solved.

Key words: chemical laboratory; experiment unit; equipment unit

1 高校实验建筑的特点和类型

高校实验建筑是实验建筑中的一个分支,在功能上同其它实验建筑有所区别,主要承担教学演示的任务,更多的为学生授课服务,而纯粹的实验建筑主要服务于实验任务本身。因此,高校实验建筑要考虑到授课的要求,要有黑板的

悬挂位置,并考虑座位和黑板之间的视线通畅,其它各方面也都要遵循教学的功能要求。

一般来讲,高校实验建筑主要分为两大方面:一是,基础学科的理化实验室类型(基础学科中的数学实验室基本由各类计算机机房取代);二是,应用学科的工程实验类型,不论

参考文献

- [1] Ayano T, Wittmann F H. Drying Moisture distribution and shrinkage of cement-based materials[J]. Materials and Structures, 2002, (35): 134-140.
- [2] 康志茹, 李小婷. 不同湿度测量方法的比较[J]. 计量技术, 2006, (6): 40-41.
- [3] Andrade C, Sarifa J A, Alonso C. Relative humidity in the interior of concrete exposed to natural and artificial weathering [J]. Cement and Concrete Research, 1999, (29): 1249-1259.
- [4] Parrott L J. Some effects of cement and curing upon carbonation and reinforcement corrosion in concrete [J]. Materials and Structures, 1996, (29): 164-173.
- [5] Nilsson L O. Long-term moisture transport in high performance concrete [J]. Materials and Structures, 2002, (35): 641-649.
- [6] N G Zoltners. Thermal properties of concrete under sustained elevated temperatures[J]. ACI SP-25-1, 1972: 1-27.
- [7] Z C Grasley, D A Lange, M D D Ambrosia. Internal relative humidity and drying stress gradients in concrete[J]. Materials and Structures, 2006, (39): 901-909.

- [8] Z C Grasley, D A Lange. Thermal dilation and internal relative humidity of hardened cement paste[J]. Materials and Structures, 2007, (40): 311-317.
- [9] 黄瑜, 祁锬, 张君. 早龄期混凝土内部湿度发展特征[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2007, 47(3): 309-312.
- [10] 张智博, 张君. 混凝土收缩与环境湿度的关系研究[J]. 建筑材料学报. 2006, (6): 720-723.
- [11] 顾大明, 李欣, 正宏会. 高分子电阻式湿敏元件的研究[J]. 哈尔滨建筑大学学报. 1995, 28(3): 118-123.
- [12] Greenspan L. Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions[J]. J. of Res., National Bureau of Standards, 1977, 81A: 89-96.
- [13] 郝光宗, 邢丽媛, 梁强威. 饱和盐水溶液湿度固定点(1)——原理及制备[J]. 传感器技术, 1999, (1): 1-4.

[收稿日期] 2008-09-12

[作者简介] 董淑慧(1979-),女,黑龙江庆安人,博士研究生,从事建筑材料研究工作。

(编辑 李卉玉)