

基于图像处理技术的混凝土碳化深度测量

徐 港, 苏义彪, 王 青, 邓 庆

(三峡大学 土木与建筑学院, 湖北 宜昌 443002)

摘要: 针对现有混凝土碳化深度测量方法(直尺测量法)的不足,提出了一种新的测量方法.首先比较了照相机和普通扫描仪的不同工作原理和图像获取效果,介绍了利用专用扫描设备获取混凝土试件碳化图像的具体方法;对比 RGB 与 HSV 模式图像各通道的灰度直方图,给出了利用色相灰度图测量碳化深度的思路;并基于 Matlab 软件开发了相应的 GUI 程序,方便地实现了对图像的读入、裁剪、旋转、灰度处理、碳化深度测量及数据导出.为验证新方法的可靠性,分别采用常规测量与色相灰度图测量方法对多个试件的碳化深度进行测量并比较.结果表明,新方法不仅测量值准确,能有效减小人为误差、提高精度,而且在操作上具有明显的便利性并可大大减少试验工作量.因此,该种基于专用扫描设备获取混凝土试件碳化图像结合色相灰度图测量碳化深度的新方法,可以用于混凝土碳化深度测量,并且操作方便、测量结果可靠.

关键词: 混凝土;碳化深度;图像处理; Matlab 软件

中图分类号: TV331

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2013)03-0021-04

碳化是大气环境下影响混凝土结构耐久性的主要因素^[1-2],与之相关的研究已进行了几十年,成果丰富,然而直至目前国内外试验规范规定的混凝土碳化深度测量方法几乎仍采用直尺测量.众多试验者在实际操作过程中发现,由于视线误差和直尺倾斜误差,使得测量结果容易受人为因素干扰,导致误差增大,而且测量过程复杂,测试试样清理后测试结果难以复核.随着科学技术的发展,图像处理技术已普遍应用于土木工程领域^[3-5],近年来,I. Segura 等^[6]提出了采用数码照像技术测量水泥砂浆试块碳化深度的方法,但由于图像获取方法的先天不足,导致该法的精度较低且测量误差较大.本文提出一种新的混凝土试块碳化深度测量的方法,即采用新型扫描设备获取碳化试块劈裂面的正面投影图像,再基于图像映射处理算法,通过编写程序对图像进行数字化处理以实现碳化深度测量,希望此方法能为混凝土结构耐久性的相关研究提供参考.

1 图像获取

照相机和扫描仪是获取静态图像的主要设备,但其工作原理并不相同.相机的拍摄原理是被拍摄物体反射出的光线经透镜多次处理,最终聚焦其上,容易出现畸变^[7].相机的位置,镜头的远近、角度(如图1拍摄出的图像劈裂面呈整体倾斜,左上角偏低)以及抖动等对拍摄出的图片效果影响很大,存在的偶然因素较多,尤其当物距较大时,这些差异对拍摄效果影响明显(如微小的角度偏差会产生很大的位移偏差).因此,对于混凝土碳化试件图像的获取若采用数码相机,放大倍率和角度偏差很难控制,所引起的误差甚至可达碳化深度值相同量级,因此精度较低.

扫描仪的光源和 CCD 感光元件都是线状的^[8],平行的光线照射到试块上,再反射到感光元件上.随着光源的移动,感光元件能接收到线状光源在每个时刻的图像信号,图像基本不存在畸变,而且图像获取过程中

收稿日期: 2012-12-16

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51109121);湖北省自然科学基金计划创新群体项目(2010CDA076);高速铁路建造技术国家工程实验室开放基金资助项目

作者简介: 徐 港(1974-),男,内蒙古达茂旗人,副教授,博士,主要从事混凝土结构耐久性研究.

E-mail: postxg@163.com 通信作者: 王青(E-mail: postwq@163.com)

环境相对稳定,与试块的距离也较小,造成的误差远远要小于照相机.成像效果也证明碳化试块扫描图片更加精确,更符合真实情况,所以就理论而言,对于混凝土碳化试件图像采用扫描技术获取更合适.然而,碳化试块的劈裂面(即碳化深度的测量面)是不平整的,如直接放在扫描仪上,试块会发生倾斜,不仅可能损坏扫描仪的玻璃面板,而且也得不到碳化试块的正面投影图.为解决此难题,课题组研发了专用设备(图2(a)),采用顶面悬空扫描的方式,通过控制箱体深度即可避免试块与扫描仪面板接触,从而实现正面扫描.具体操作时,首先将被测试件碳化面(劈裂面)朝上浇筑面(平面)朝下平放在专用设备箱内,并确保试件总高度低于设备箱高,然后合上箱顶(内置专用扫描仪)进行扫描得到碳化面图像.可见,采用该法只需保证试块底面平整,即可方便、快捷地得到一个甚至多个(设备箱内可同时放置多个试件)碳化试块的正面扫描图像(图2(b)).



图1 碳化照片

Fig.1 Photo of carbonation



(a) 图像获取专用设备



(b) 碳化扫描图像

图2 图像获取专用设备及碳化扫描图像

Fig.2 Image acquisition equipment and scanning image of carbonation

2 图像处理

破型试件喷涂酚酞后变色,其边缘轮廓线常常参差不齐(图2(b)),导致碳化深度不容易界定.因此需对扫描图片进行处理,以使未碳化(变色)与碳化(未变色)边缘更加清晰,方便识别.常用的处理措施是灰度处理与二值化处理:灰度处理的原理是根据图片每个像素的RGB值经过运算得出该点的灰度值(范围在0~255之间),灰度值分为256个级别,越小越接近白色,越大越接近黑色;二值化处理是将图像设置一个阈值^[9],大于阈值的呈白色,小于阈值的呈黑色.为此,本文首先采用以上两种方法对扫描图像(图2(b))进行了处理(如图3),但发现效果并不理想,均不能很好地反应出碳化边界.



(a) 灰度处理



(b) 二值化处理

图3 灰度处理和二值化处理

Fig.3 Gray scale image and binary image

彩色图像处理的常用模式有RGB模式和HSV模式.RGB模式即图像中每个像素点都是由三原色组成(红、绿、蓝),图像的G矩阵就是每个像素点绿色通道值的矩阵,I. Segura使用的方法就是分解三原色,使每种原色单独表现出来,并通过对比发现由G矩阵表现出的图像效果更好,故以之反映碳化程度,但他仅基于砂浆碳化试件对其方法的适用性进行了验证,而试验表明砂浆碳化试件的劈裂面远较混凝土试件平整,变色边缘也更为分明.本文采用I. Segura的方法验证其对混凝土碳化深度测量的精度时发现效果并不理想(如图4),每幅灰度直方图的灰度级都比较集中,为此将尝试采用HSV模式进行碳化深度测量.

使用色相、亮度、饱和度表示每个像素点称为图像的HSV模式.彩色图像中碳化区与非碳化区颜色对比强烈,其根本在于人眼的受体细胞接收到的反射光波长不同,在色彩学中称之为色相不同.在紫色(未碳化区的颜色)中色相成分占主要地位,而在灰色(碳化区颜色)中饱和度和亮度占的比重远远超过色相,这是因为色相中并无灰色,灰色是通过亮度、饱和度表现的.因此,对彩色图像矩阵进行分解分别得到色相、饱和度、

亮度的灰度图与其灰度直方图(如图5),由灰度直方图可以看出色相灰度图的间隔较大,从而有利于图像的分析 and 识别^[6].

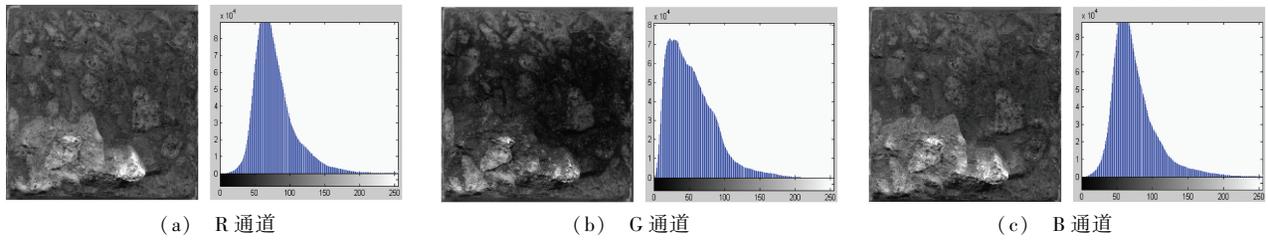


图4 RGB各通道及直方图

Fig.4 Channels of RGB and their gray scale histograms

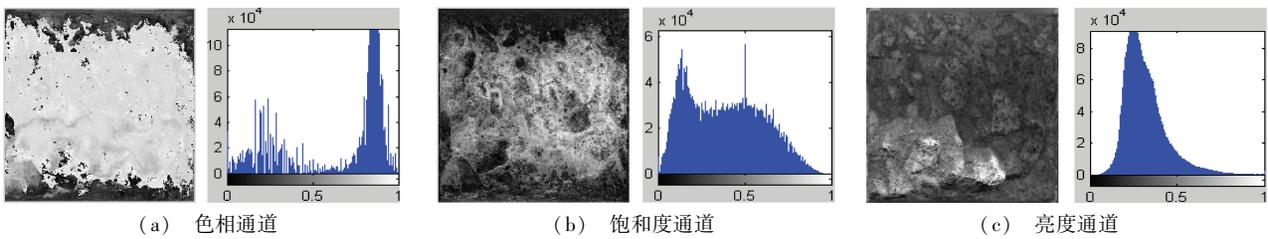


图5 HSV各通道及直方图

Fig.5 Channels of HSV and their gray scale histograms

在 Matlab 中彩色图像可以方便地表示为 RGB 模式或 HSV 模式,并实现两种模式的转换和图像矩阵的分解.为此,本文采用 MATLAB 进行图像处理,并借助其友好的 GUI 可视化编程功能^[10],编写了碳化试块图像处理及测量程序,该程序具有对碳化扫描图像进行编辑、色相灰度处理、测点标记、碳化深度测量及汇总计算和数据导出等功能.

3 方法验证

为验证新方法的准确性,取依照《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》(GB/T 50082-2009)^[11]完成的 14 d 标准碳化试件,首先采用传统方法(直尺测量法)进行碳化深度测量,并计算平均碳化深度;然后将试件置于自行研发的专用扫描仪中进行扫描以获取图像,再利用开发的图像处理程序进行碳化深度的数值化测量.对比 2 种方法的结果(图6),可见传统方法与本文方法的测量值变化趋势相同、相关性好,仅有个别数据点存在微小差异.另外又进行多组对比试验,结果表明两种方法测得的平均碳化深度均很接近,误差不超过0.1 mm.这充分说明本文方法不仅在操作上具有明显的便利性,而且结果是准确的,能有效减小人为误差,提高精度.

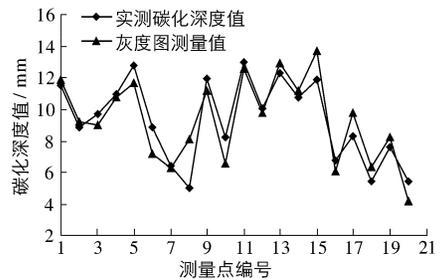


图6 碳化深度对比

Fig.6 Comparison between carbonation depths

4 结 语

本文针对现有混凝土碳化深度测量方法的不足,基于图像数字化技术,提出了一种新的测试方法,并详细介绍了其实现过程和效果.经多组试验数据对比表明,新方法与传统测量方法相比,不仅提高了测量的精度,实现了非接触式的碳化深度测量,大大减少了试验工作量,而且还方便了试验结果的保存和复查.

参 考 文 献:

- [1] MEHTA P K. Concrete durability-fifty years progress[C]//Proc of 2nd Inter Conf on Concrete Durability. ACI SP126-1, 1991: 1-31.
- [2] 陈肇元. 土建结构工程的安全性与耐久性[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003. (CHEN Zhao-yuan. Security and durability of civil engineering structure[M]. Beijing: China Building Industry Press, 2003. (in Chinese))
- [3] AMMOUCHE A, RISS J, BREYSSE D, et al. Image analysis for the automated study of microcracks in concrete[J]. Cement & Concrete Composites, 2001, 23(2-3): 267-278.
- [4] SINHA S K, FIEGUTH P W. Automated detection of cracks in buried concrete pipe images[J]. Automation in Construction, 2006, 15(1): 58-72.
- [5] 卫军, 曹龙飞, 曾艳霞. 混凝土结构裂缝特征提取研究[J]. 武汉理工大学学报, 2011, 33(11): 72-75. (WEI Jun, CAO Long-fei, ZENG Yan-xia. Study on feature extraction of concrete structure cracks [J]. Journal of Wuhan University of Technology, 2011, 33(11): 72-75. (in Chinese))
- [6] SEGURA I, MOLERO M, APARICIO S, et al. Measurement of the degraded depth in cementitious materials by automatic digital image processing[J]. Measurement Science and Technology, 2010, 21(5): 055103.
- [7] 苏小华, 赵继广, 张慧星. CCD 摄像机成像畸变的研究[J]. 物理实验, 2003, 23(9): 39-41. (SU Xiao-hua, ZHAO Ji-guang, ZHANG Hui-xing. Research on distortion of CCD camera[J]. Physics Experimentation, 2003, 23(9): 39-41. (in Chinese))
- [8] 凌巍然. 扫描图像处理系统与软件几何校正[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2005. (LING Wei-ran. Scanning image processing system and software of the geometric rectification[D]. Xi'an: Xi'an Electronic and Science University, 2005. (in Chinese))
- [9] 吴冰, 秦志远. 自动确定图像二值化最佳阈值的新方法[J]. 测绘学院学报, 2001, 18(4): 283-286. (WU Bing, QIN Zhi-yuan. New approaches for the automatic selection of the optimal threshold in image binarization[J]. Journal of Institute of Surveying and Mapping, 2001, 18(4): 283-286. (in Chinese))
- [10] 徐港, 王青. Matlab 在混凝土结构仿真中的应用[J]. 三峡大学学报: 自然科学版, 2004, 26(2): 151-153. (XU Gang, WANG Qing. Application of Matlab to simulation of concrete structures[J]. Journal of China Three Gorges University(Natures Sciences), 2004, 26(2): 151-153. (in Chinese))
- [11] GB/T 50082-2009, 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准[S]. (GB/T 50082-2009, Standard for test methods of long-term performance and durability of ordinary concrete[S]. (in Chinese))

Carbonation depth measurement based on digital image processing technique

XU Gang, SU Yi-biao, WANG Qing, DENG Qing

(College of Civil Engineering & Architecture, China Three Gorges University, Yichang 443002, China)

Abstract: In view of the deficiencies in the existing measurement of carbonation depth of concrete, a new measuring method is presented here. The method of image acquisition (image of carbonized specimen) by using improved scanner is introduced and a new idea of using the hue gray scale image to measure the carbonation depth through comparison of every channel histogram of RGB and HSV is proposed. After that, a computer program GUI based on Matlab is developed to crop, rotate, gray and calculate the carbonation depth of concrete and exporting data conveniently. In order to verify the reliability of this new method, the carbonation depth of specimens is measured by two kinds of methods such as a conventional measuring method as well as a colour gray scale image processing method. The measured results show that the new method based on the special scanning apparatus is not only accurate for reducing human error greatly, but also convenient in operation for reducing the workload greatly.

Key words: concrete; carbonation depth; image processing; Matlab software