

基于光学放大的混凝土自生收缩测试方法及测试用模具的研制

郭昊霖¹, 尤齐铭¹, 李锦铭¹, 张亚杰¹, 吕建福¹

(哈尔滨工程大学航天与建筑工程学院, 哈尔滨 150001)

摘要: 本文介绍了一种用于混凝土自生收缩测试系统, 该系统具有高精度测量、自校正数据和即时测量的特点。通过设计光学放大机构, 系统可以将目标测试的微位移放大, 实现微位移可以方便地采用光学技术来实现测量, 从而消除电磁干扰等因素引起微位移测量的误差。采用图像识别与测距技术、显微尺测距与校准的方法, 测试设备可以高精度进行微位移测量及自校正功能, 解决了传统测量方法无法在测试过程中校准的功能。此外, 该系统可在混凝土浇筑后即时进行测量, 避免了起始测试时间引起的测量误差。

关键词: 混凝土自生收缩测试系统; 光学放大机构; 校准方法; 图像识别; 测距技术

Development of an Optical Amplification-Based Method for Autogenous Shrinkage Testing of Concrete and Design of a Test Mold

Guo Haolin¹, You Qimin¹, Li Jinmin¹, Zhang Yajie¹, Lv Jianfu¹

(College of Aerospace and Civil Engineering, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China)

Abstract: This paper presents a system for autogenous shrinkage testing of concrete, which features high-precision measurement, self-calibrating data, and real-time measurement capabilities. By designing an optical amplification mechanism, the system can magnify the micro-displacements in the target test, enabling convenient measurement using optical techniques and eliminating errors caused by factors such as electromagnetic interference in the measurement of micro-displacements. By employing image recognition, ranging technology, and a combination of micro-scale ruler measurements and calibration methods, the testing equipment achieves high-precision measurement of micro-displacements and self-calibration functionality, addressing the limitation of traditional measurement methods that lack in-process calibration capabilities. Additionally, this system allows for immediate measurement after concrete pouring, avoiding measurement errors caused by the starting time of the test.

Keywords: Autogenous shrinkage testing system for concrete; Optical amplification mechanism; calibration methods; image recognition; ranging technology.

1 设计背景

混凝土的自生收缩测定不仅需要精确的测量方法，而且需要从初凝即开始测定，另外还需要保证被测试体系（试件）与外界无水分交换，因此给测试工作带来了很大的难度。国内通常依照 GB/T50082—2009《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法》^[1]中指定的收缩试验装置或 SL352-2006《水工混凝土试验规程》^[2]中的“混凝土自生体积变形试验”来测量混凝土的自生收缩值。但现有方法在浆体早期强度较低、弹性模量较低的阶段无法准确测量收缩值，导致结果精确度不足；其次，传统的混凝土自生收缩测定装置存在标靶固定不完全、测量系统会受外界环境电磁场、温度和湿度等因素的干扰而产生较大误差等问题，测量结果难以保证准确性。此外，传统的测量系统在测试过程中缺乏校准技术，试验结果的准确性仅凭经验确定。

为了解决这些问题，需要改进水泥基材料在终凝前的收缩测定方法，开发合理的测量装置和实验方法。同时，应研发实时误差校准技术，以解决环境变化和干扰因素对测定设备的测试结果准确性的影响。这些改进将有助于提高混凝土自生收缩测定结果的准确性和可靠性。

2 实现方案简介

2.1 设计原理

本系统通过将待测混凝土填充至设计好的模具中，将标靶埋置其中，并设计了光学放大机构及制定相应的测试方法，通过分析放大后的图像，得到混凝土试样自生收缩过程中放大机构的输出端的位移量，计算得到混凝土自生收缩的实际位移值，进而得到混凝土的体积变化量/率，实现了高精度的位移测量；同时光学放大机构的输出端侧放置显微尺，进行显微尺图片的拍摄及读数，进行位移数据的实时校准。本系统使用图像识别测距技术，并结合显微尺测距与校准的方法，获得高精度的位移值，并自校正混凝土自生收缩实际位移值，消除了传统方法中的测量误差。

相较于传统方法，本系统可实现浇筑后即可进行混凝土自生收缩的测量，从而避免测试起始时间确定及由于测试起始时间不同而引起的误差，且降低了硬件要求与成本，同时避免了传感器易受环境因素干扰的情况，测量结果可实现校准和修正，更加准确、可靠。

2.2 设计方法

1) 模具的设计

混凝土自生收缩测试用模具如图 1 所示；包括底板、基板、两个固定支架、标靶、滑动装置和测头，基板与底板的边缘固定连接，形成槽结构，两个固定支架以底板的中线对称安