

基于光学放大的混凝土干燥收缩测试方法及测试用模具的研制

吕建福¹, 郭昊霖¹, 尤齐铭¹, 王策¹, 刘新阳¹, 张亚杰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干燥收缩测试系统, 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: 混凝土干燥收缩测试系统; 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 Drying Shrinkage Testing of Concrete and Design of a Test Mold

Lv Jianfu¹, Guo Haolin¹, You Qimin¹, Wang Ce¹, Liu Xinyang¹, Zhang Yajie¹

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

Abstract: This paper introduces a system for drying shrinkage testing of concrete, which is characterized by high-precision measurement, self-calibrating data, and real-time measurement capabilities. By designing an optical amplification mechanism, the system magnifies 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: Concrete drying shrinkage testing system; Optical amplification mechanism; calibration methods; image recognition; ranging technology.

1 设计背景

干燥收缩在整个混凝土结硬过程中持续存在，28d 后依然进行，还有可能继续若干年甚至几十年。研究发现干缩往往是形成混凝土结构裂缝的关键因素，且干缩裂缝成因复杂，与施工、设计、环境条件及材料方面联系紧密，使此类问题不易解决。国内通常依照 GB/T 50082—2009《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法》中指定的收缩试验装置来测量混凝土的干燥收缩值；由于试件需重复取出放置，易触碰表架及表杆，难以充分保证试件每次放置的位置与方向的一致性，且每次测量前需先用标准杆校正仪器的零点，故而任务量大，测量误差难以避免。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。

如何准确、智能、省时省力的测量混凝土干燥收缩还是行业技术人员亟需解决的问题。为了解决这些问题，需要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干燥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，得到混凝土试样干燥收缩过程中放大机构的输出端的位移量，计算得到混凝土干燥收缩的实际位移值，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，并自校正混凝土干燥收缩实际位移值，消除了传统方法中的测量误差。

传统方法在测量混凝土体积变形时面临微米级位移测量难度大的问题。该系统设计了光学放大机构，通过光学原理放大位移，采用图像识别测距方法，结合校准尺的使用，实现了自校正位移测量，解决了这一问题，实现了高精度的位移测量；且根据混凝土干燥收缩的特点设计模具，从而减少了由模具产生的结果误差。

2.2 设计方法

1) 模具的设计

混凝土干燥收缩测试用模具如图 1 所示；包括底板、两块大侧板、两块小侧板、标靶和