

doi:10.11835/j.issn.1674-4764.2015.S1.021

高家花园大桥挠度长期监测数据分析

王茜, 张衡, 梁斯榕, 刘纲

(重庆大学 土木工程学院, 重庆 400045)

摘要:通过对高家花园大桥长期监测数据的分析,掌握大桥挠度与温度、车辆荷载等作用的变化规律,并初步确定大桥挠度的变化规律。对桥梁结构状态监测系统采集的温度、车流量及重车、挠度监测数据采用时间序列相关分析和小波分析,重点研究了桥梁跨中处挠度变化主要与温度、车辆荷载之间的关系。分析结果表明,桥梁跨中处挠度与温度具有较好的相关性,而挠度的波动主要是由重车引起的。分析结果为高家花园大桥和类似连续刚构桥的安全状态评估提供了技术支持。

关键词:结构健康监测;连续刚构桥;实测挠度;小波分析;相关性分析

中图分类号: TU279 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-4764(2015)S1-0117-04

Analysis of long-term deflection monitoring data of the gaojia garden bridge

Wang Xi, Zhang Heng, Liang Sirong, Liu Gang

(School of Civil Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China)

Abstract: Long-term deflection monitoring data of the Gaojia Garden Bridge is comprehensively investigated to master change laws of bridge deflection with temperature and vehicle load, and to primarily determine variation of deflection. Based on the time-series analysis and wavelet analysis of temperature data, vehicle flow and heavy trucks data from the condition supervision system, this paper studies the correlation between deflection variation at mid-span with temperature and vehicle load. As shown in the final results, there is an ideal relativity between deflection at mid-span and temperature, while deflection fluctuation is mainly related to heavy trucks, which will offer effective technical support for the Gaojia Garden Bridge as well as resembling continuous rigid-frame bridge condition assessment.

Key words: structural health monitoring; continuous rigid-frame bridge; monitoring deflection; wavelet analysis; correlation analysis

桥梁已成为保障我国经济建设以及实现伟大“中国梦”的重要基础设施。但桥梁在运营过程中,不可避免地受到自然灾害、环境侵蚀、材料老化和交变荷载的作用,导致结构的损伤不断累积和抗力持续衰减,从而出现结构破坏,在极端情况下甚至发生倒塌等重大安全事故。因此,有必要对运营状态下的桥梁进行实时长期的连续监测,以便及时准确地

评估桥梁的健康状态并为桥梁的管理养护提供科学依据。因此,桥梁健康监测的理论研究和应用技术应运而生,并越来越受到业界和重视,已成为桥梁领域的一个重要发展方向,在大跨度桥梁上安装具有自动监测功能的健康监测系统,对提高桥梁管理水平、保障桥梁安全运营具有重要的现实意义。

大跨径连续刚构桥已成为我国目前主要采用的

收稿日期:2015-11-10

基金项目:国家自然科学基金(51578095);中央高校基金项目(CDJZR14205501)

作者简介:王茜(1991-),女,硕士,主要从事结构健康监测研究,(E-mail) xwang@cqu.edu.cn。

刘纲(通信作者),男,教授,博士,(E-mail) gliu@cqu.edu.cn。

桥梁结构形式之一,但其主要的病害也非常突出,即主梁过度下挠及箱梁开裂,如 1996 年帕劳共和国科罗巴岛桥因过度下挠而发生倒塌^[1],造成了巨大的经济损失。因此,对实桥挠度监控数据进行准确分析,得到挠度的成因并采取相关措施是非常必要的。

牛艳伟等^[2]对挠度和裂缝的相关性分析表明,裂缝的出现,将导致桥梁挠度持续增大的结论。李雪莲等^[3]对跨中挠度与温度的相关性进行了分析,发现温度与跨中挠度具有较强的相关性,且存在时滞效应。唐春会^[4]对模拟挠度信号和实测挠度信号进行了分离,得到了温度效应相关系数和长期挠度

相关系数,但由于条件限制,无大量实时在线监测的挠度信号验证该算法。

现有研究多从挠度与温度的相关性角度对实测挠度数据进行分析,很少研究挠度与温度、车辆荷载的相关性,因而采用高家花园大桥挠度、温度和车辆荷载监测数据,而分别对挠度的温度相关性和车重相关性进行研究探讨。为类似桥梁的挠度成因提供参考。

高家花园大桥的挠度、温度及车辆荷载的测点布置图分别如图 1~3 所示。

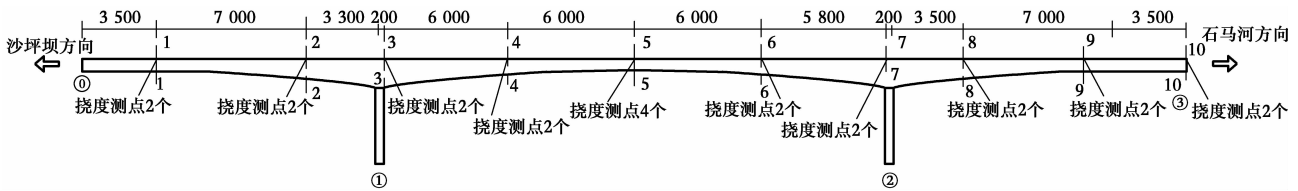


图 1 挠度测点布置图

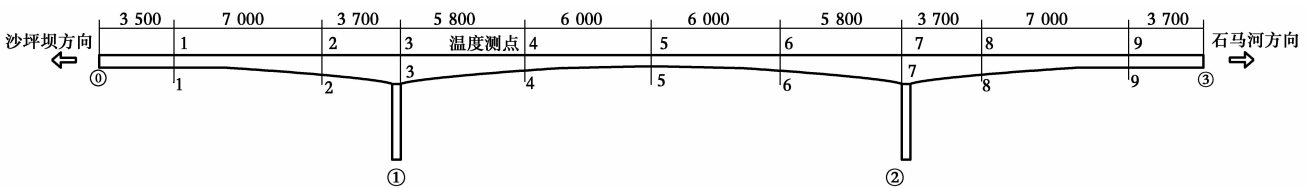


图 2 温度测点布置图

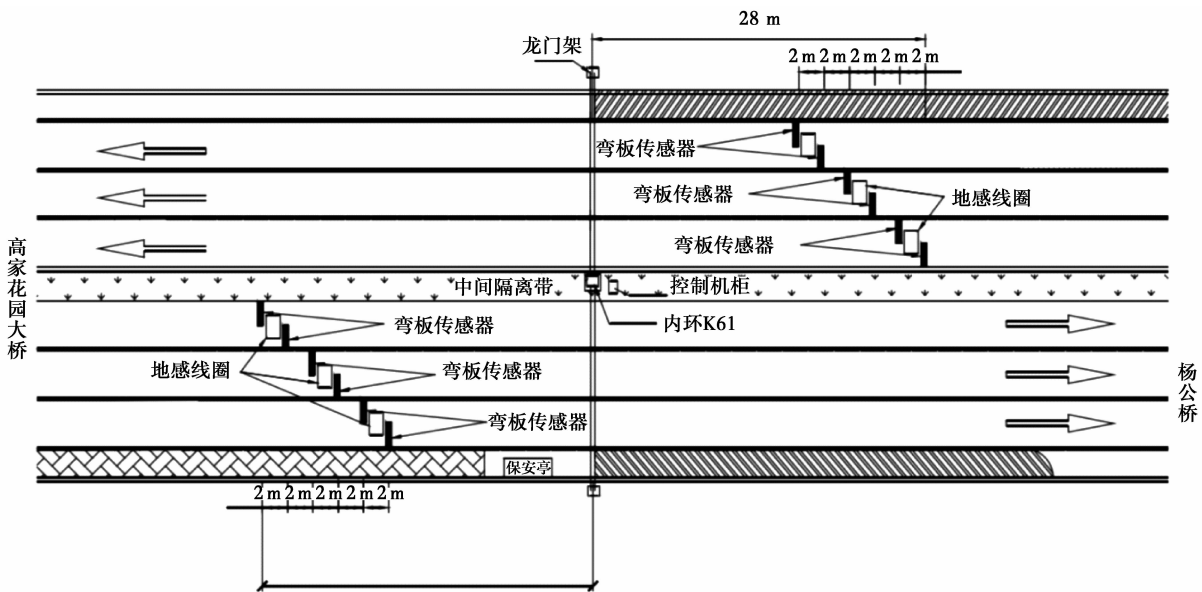


图 3 车辆荷载测点布置图

1 监测数据

1.1 温度监测数据

高家花园大桥在箱梁内置了 8 只温度传感器,

对该桥的整体温度进行了监测,从 2014 年 1 月 11 日至 12 月 31 日全桥温度变化如图 4 所示。

1.2 车流量监测及重车监测数据

选取 2014 年 1 月和 2 月每日的车流量如图 5

所示,1月和2月每日超过40t的车辆流量如图6所示。

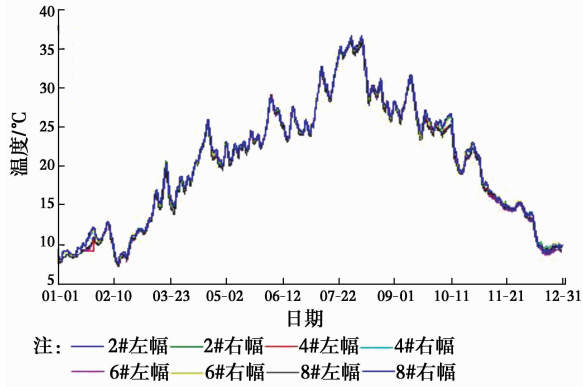
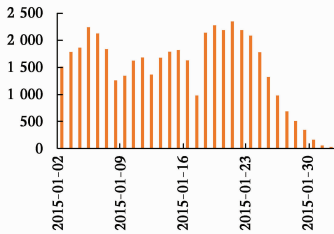
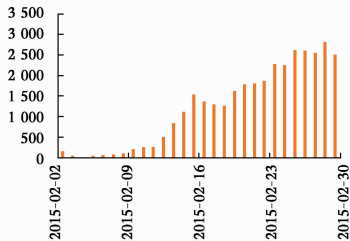


图4 全桥温度变化曲线



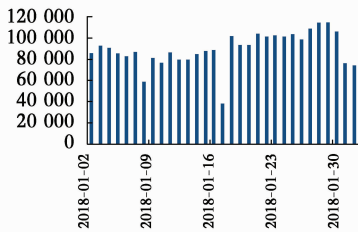
1月车流量统计图



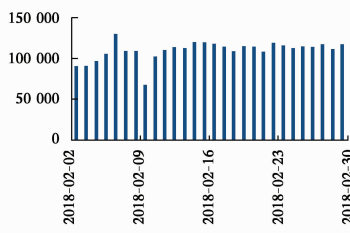
2月车流量统计图

注: ■ 重车

图5 1月、2月每日车流量统计表



1月车流量统计图



2月车流量统计图

注: ■ 车流量

图6 1月、2月每日重车过桥数量统计表

1.3 桥梁跨中挠度监测数据

以挠度正式开始监测时刻,即2014年1月11日凌晨12:00时刻的挠度为基准点,以后各时点采集的挠度均减去该时刻的挠度,得到从该基准时刻挠度为0开始的挠度增量。其中,左幅桥梁跨中挠度监测得到的增量数据如图7所示。

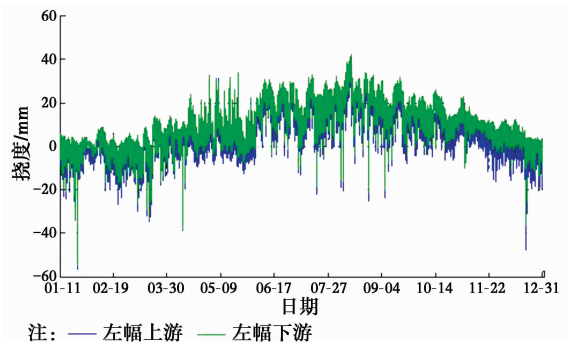


图7 左幅箱梁中跨跨中挠度变化曲线

由上图,从1月11日至12月31日,左、右幅桥梁挠度变化规律基本一致,即总体上表现为挠度的先增加后降低;在同一幅箱梁中,上、下游挠度的变化一致,即上、下游挠度无偏差。

2 监测数据分析

2.1 温度相关性分析

因中跨跨中各挠度测点与温度的相关规律均相同,仅选取左幅上游挠度测点为例,作其与箱梁内、外温度的时程曲线如图8所示。

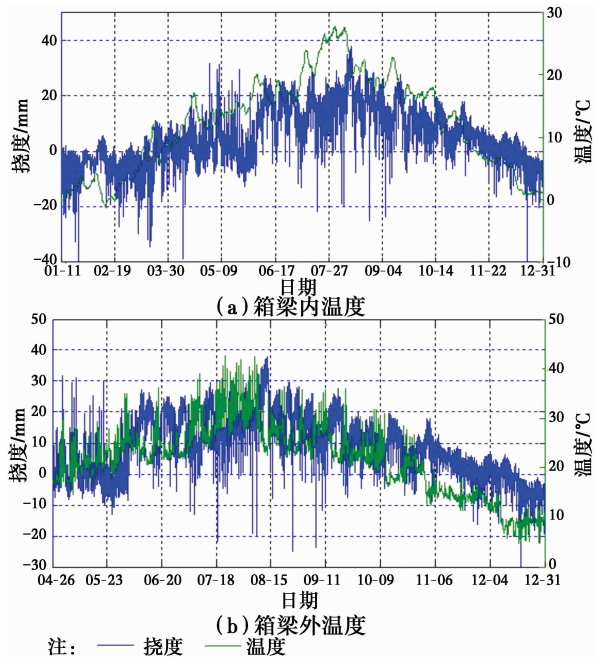


图8 中跨跨中挠度温度相关性分析

从图 8、图 9 可知,跨中挠度与温度具有较强相关性,特别是箱梁内温度,表明高家花园大桥挠度的变化主要是由结构温度变化产生的。应注意到的是,在图 9(b)中的曲线具有一定的圆环状,表明挠度具有一定的时滞效应,即挠度的变化晚于温度的变化。

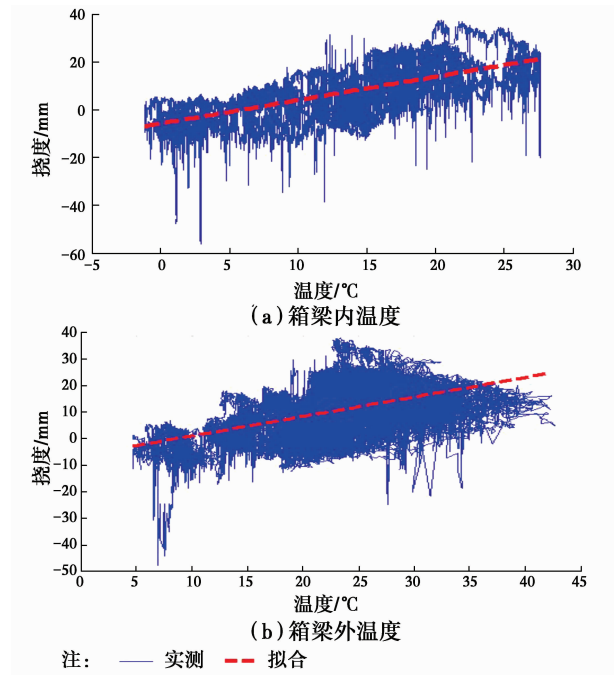


图 9 左幅中跨上游挠度测点与温度的相关性

2.2 车重相关性分析

在实测数据中,包含了温度、车辆荷载、测试误差、结构性能变化等因素。但由于各种因素的作用周期长短不一,例如车辆等活载的影响是瞬时的,温度的影响周期较长,而结构本身的疲劳、蠕变等将更加缓慢。因此,采用小波分析^[5]的多分辨率功能,可从实测挠度信号中分离温度效应的影响,进一步考虑温度引起的挠度变化和非温度因素引起挠度变化的规律。

2.3 中跨跨中挠度分析

选取左幅桥梁跨中上游截面的挠度数据进行离散小波分解,分解层数为 6 层,结果如图 10 所示。

从图 10(a)可知,在由温度引起的挠度中,存在明显的日温差。从图 10(b)可知,在 1 月 26 日至 2 月 6 日之间跨中挠度的波动较小,而其余时间挠度波动较大,说明重车上桥是引起图 10(b)中挠度波动的主要原因。

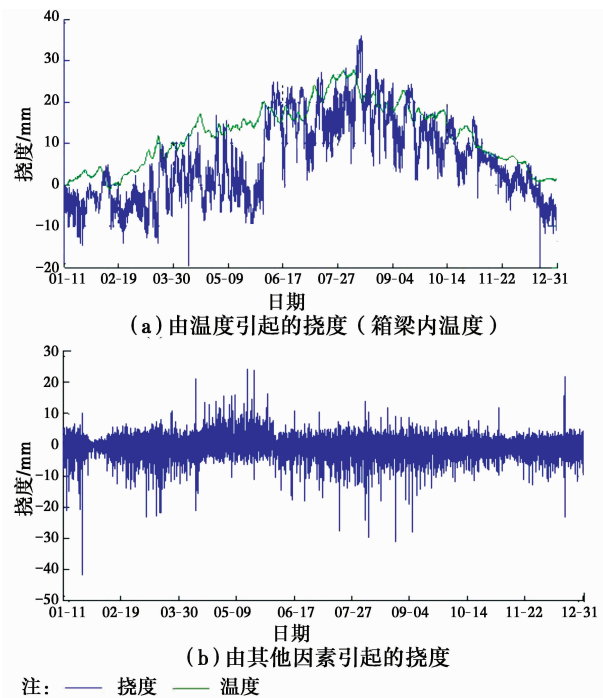


图 10 左幅中跨上游挠度数据的小波分析

3 结 论

通过对高家花园大桥挠度监测数据与温度及重车监测数据进行了相关性分析,得出以下主要结论:

- 1) 跨中挠度与温度有较强的线性相关性。挠度的变化主要是由温度引起的。
- 2) 重车是引起跨中挠度波动的主要原因。

参考文献:

- [1] 李城. 大跨度预应力混凝土箱梁桥长期下挠成因分析及对策研究[J]. 城市建设理论研究, 2013(15).
- [2] 牛艳伟, 石雪飞, 阮欣. 大跨径混凝土梁桥的长期挠度实测分析[J]. 工程力学, 2008(Sup): 116-1190.
- [3] 李雪莲, 孙利民, 孙守旺. 温度与斜拉桥跨中挠度的关联性分析[C]// 第 20 届全国结构工程学术会议, 2011.
- [4] 唐春会. 大跨径 PC 梁桥挠度信号分离研究[D]. 广州: 广州大学, 2012.
- [5] Hou Z, Noori M, Amand S R. Wavelet-Based Approach for Structural Damage Detection[J]. Journal of Engineering Mechanics, 2000, 126(7): 677-683.

(编辑 王维朗)