

索力振动测试法在景观斜拉桥索力测试中的应用

李运攀

广东省有色工业建筑质量检测站有限公司

摘要: 本文以一座景区玻璃廊桥为项目背景, 阐述了基于频率的索力振动测试法检测斜拉桥索力测试的方法流程, 得到各索索力值, 为索力调整提供了依据。采用索力振动测试法对调整之后的索力进行复测, 得出了一些结论, 可指导频率法在桥梁索力测试的工程中的应用。

关键词: 拉索; 频率; 索力

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2021.22.054

拉索是斜拉桥结构体系中的重要组成部分, 为主梁提供弹性约束, 使主梁在受力模式上转变为多跨弹性支承连续梁, 斜拉桥在自身恒载及活载的长期作用下, 结构的受力状况不断发生变化, 外部荷载的变化会引起斜拉索索力相应的变化, 并形成新的索力分布, 使结构达到新的平衡状态^[1]。斜拉索通过新的索力分布, 对结构的整体抗变形能力进行调整, 保持结构始终处于平衡稳定状态。各拉索的实际索力大小就成评价桥梁安全性和承载能力的主要参数。斜拉桥索力的检测贯穿于索结构的施工控制、状态评估、和健康检测各阶段。振动法测索力广泛应用于索结构的施工控制和健康监测, 其原理是基于弦振动理论, 索拉力与自振频率之间存在简单的关系, 因此可以由实测的自振频率计算得到索力。^[2]

一、项目背景

某景区建设景观廊桥, 建成投入使用后, 为了解运营后桥梁的安全情况, 委托对各索的索力值进行检测, 为设计提供校核依据, 经过初测后索力值与设计值偏差较大, 建设单位组织索力调整后, 再次委托对索力进行复测。通过索力检测, 记录斜拉索受力情况, 为桥梁索结构技术状况及承载能力评定和日后养护、维修、加固

的决策提供科学依据和支持。

二、索力测试

(一) 试验方法及要点

目前斜拉索索力测试方法有以下几种: 压力表测试法、压力传感器测试法、频率法、振动波法、三点弯曲法和磁通量法等。其中频率法测试索力具有操作简单、费用低和设备可重复利用等优点, 特别适用于结构定期检测中的索力测试

本项目采用随机环境激振的测量方法, 采集索在环境激励下的振动信号, 测量时索未附有外置阻尼器。本试验所使用的压阻式加速度传感器(型号1B101)采用专用绑带固定在索股上, 安装位置距离索股锚固端1m左右, 尽可能远离索股锚固端, 如图2所示, 现场测试如图3所示。使用东华DHDAS动态信号采集分析系统采集并分析振动信号, 采样频率为100Hz, 记录时间5min。测量索的面外横向振动, 得到各阶频谱图 典型频谱图如图1所示。

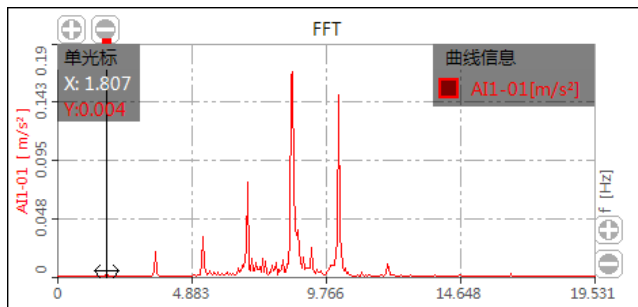


图1 索力测试频谱分析图

本次试验共包含测试对象12个, 按照设计图纸进行

表1 索力测试参数

| 索号 | 拉索材料 | 等效直径 (m) | 计算长度 (m) | 设计索力 (kN) | 索密度 (kg/m) | 弹性模量 (MPa) |
|-----|----------|----------|----------|-----------|------------|--------------------|
| 1# | 15.2钢绞线束 | 0.0582 | 39.660 | 529 | 25.825 | 1.15×10^5 |
| 2# | | 0.0582 | 39.660 | 529 | 25.825 | |
| 3# | | 0.0582 | 26.950 | 428 | 26.549 | |
| 4# | | 0.0582 | 26.950 | 428 | 26.549 | |
| 5# | | 0.0582 | 16.410 | 334 | 28.006 | |
| 6# | | 0.0582 | 16.410 | 334 | 28.006 | |
| 7# | | 0.0582 | 19.100 | 80 | 27.784 | |
| 8# | | 0.0582 | 19.100 | 80 | 27.784 | |
| 9# | | 0.0582 | 30.030 | 645 | 26.320 | |
| 10# | | 0.0582 | 30.030 | 645 | 26.320 | |
| 11# | | 0.0582 | 43.280 | 662 | 25.699 | |
| 12# | | 0.0582 | 43.280 | 662 | 25.699 | |

索号确定。利用加速度传感器和东华DHDAS动态信号采集仪获取索的各阶频率。主要计算参数见表1

(二) 试验数据处理

对采集的信号进行分析, 各阶频率差与测得的第1



图2 传感器安装位置



图3 索力现场测试

阶自振频率近似相等,不存在漏频现象,根据实测的前几阶自振频率计算索力,取前5阶计算值的均值做完索力实测值。

本次检测斜拉索的抗弯刚度不可忽略,因此索力计算按照公式1进行:

$$T = \frac{4\rho L^2 f_n^2}{n^2} - \frac{n^2 \pi^2 EI}{L^2} \quad (式1)$$

(三) 索力振动测试法

采用索力振动测试方法检测斜拉桥索力,虽然比较方便快捷,但是由以下因素需要考虑,影响采集信号的质量及数据的可信性。

(1) 但需要考虑索的抗弯刚度时,应当对基频进行修正:

(2) 仪器采样频率设置,采样频率应大于等于索股第5阶自振频率的5倍,宜不定于100Hz,记录时间大于5min;

(3) 传感器安装在不同位置进行数据采集是否对数据有影响,安装索面外。

三、数据分析

(1) 通过将调整前索力及调整后的索力及设计索力进行对比。将调整前索力与设计索力值比对,索力值与设计值偏差较大,尤其是7#、8#索,索力严重偏大,9#~12#索力整体偏大,索力分布规律与设计偏差较大,如图3及表2所示,桥梁受力状态与设计不符,严重影响桥梁安全性能。

(2) 通过采用千斤顶对索力进行调整后,进行复测,调整后的索力分布规律基本与索力设计值相符。

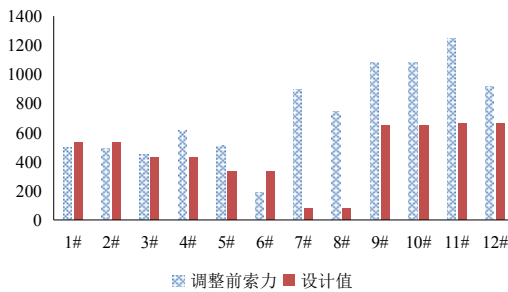


图3 调整前索力与设计对比

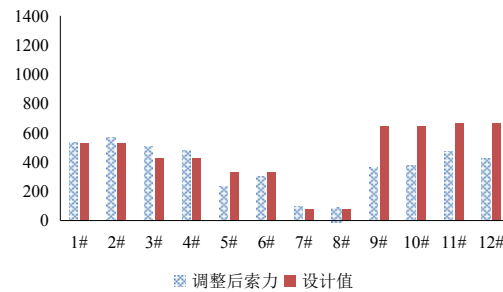


图4 调整后索力与设计对比

表2 调整前后索力值与设计值对比

| 索号 | 调整前索力 (kN) | 调整后索力 (kN) | 设计索力值 (kN) |
|-----|------------|------------|------------|
| 1# | 498 | 531 | 529 |
| 2# | 493 | 570 | 529 |
| 3# | 448 | 506 | 428 |
| 4# | 617 | 482 | 428 |
| 5# | 512 | 234 | 334 |
| 6# | 187 | 304 | 334 |
| 7# | 899 | 94 | 80 |
| 8# | 742 | 81 | 80 |
| 9# | 1083 | 366 | 645 |
| 10# | 1085 | 379 | 645 |
| 11# | 1244 | 471 | 662 |
| 12# | 915 | 422 | 662 |

四、结论

通过采用索力振动测试对全桥12条索力进行测试,并经过索力调整后重新复测得出以下结论:

(1) 采用索力振动测试法可以快速、便捷的测试斜拉索索力值,可以作为定期检测索力的便捷方法;

(2) 斜拉桥索力值的分布规律影响桥梁的整体受力状态,桥梁索力定期复测并与目标理论值进行对比,防止索力偏差过大,显得尤为重要。

参考文献

[1]张严.振动法检测桥梁索力值[J].河南建材,2009年第2期.

[2]陈刚.振动法测索力与实用公式[D].福州大学,2004.

作者简介:

李运攀(1989-)男,汉族,湖北襄阳人,三峡大学,硕士研究生,广东省有色工业建筑质量检测站有限公司,工程师,研究方向:道路与桥梁,建筑结构检测与鉴定。