

斜拉索索股及索套振动一致性研究

朱华栋, 沈兴彦

(贵州顺康路桥咨询有限公司, 贵州 贵阳 550000)

摘要: 依托贵州六广河特大桥, 对索股和索套的振动进行大样本量平行试验, 验证了其索股、索套振动的高度一致性; 通过综合分析拉索参数及边界条件, 得到了在不考虑拉索抗弯刚度的前提下, 索套与索股紧密接触的条件存在时, 以索套自振频率代替索股自振频率进行索力换算的误差能被接受的结论, 并将上述结论应用于右侧斜拉索采样分析中, 获得了满意的效果。

关键词: 桥梁; 斜拉索; 索股; 索套; 索力; 振动

中图分类号: U446.2

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2017)05-0154-03

斜拉桥索力是表征斜拉桥成桥状态的重要参数之一, 准确测量拉索张力值对评定斜拉桥成桥状态有着重要意义。

目前常用的索力测试方法有油压表法、传感器法、磁通量法和频率法, 前 3 种方法要求在施工过程中进行前期准备(安装传感器或千斤顶), 唯有频率法无需参与施工过程, 具有很好的适用性。但常用的频率法采用基于弦的振动模型推导出的换算公式计算索力, 而斜拉桥拉索自振与简单的弦自振吻合度不能完全满足测试精度要求。对于这个问题, 目前主要研究重心均在于“频率—>索力”这一过程, 提出了抗弯刚度修正和有效索长修正(弦模型边界条件与拉索实际边界条件不一致导致锚固索长和实际参与振动的有效索长存在差异)的相关公式, 也取得了较好的效果。该文依托息烽至黔西高速公路六广河特大桥检测, 对拉索自振频率测取中几种常见因素的影响进行分析, 着重研究“振动—>自振频率”这一过程中索套和索股的振动特征。

1 工程概况

六广河特大桥为整幅设计, 上部结构为 5×40 m 预应力砼先简支后结构连续 T 梁 + (243 + 580 + 243) m 双塔双索面混合式叠合梁斜拉桥, 中心桩号为 K40 + 300, 桥梁全长 1 280 m, 桥面宽度 27.7 m, 引桥桥面宽度 24.5 m。

斜拉索布置采用平面双索面、扇形密索体系, 每个主塔布置 23 对平面索。中跨斜拉索在梁上的标准索间距为 12 m, 边跨斜拉索在梁上的标准索距离为 12 和 8 m。斜拉索采用环氧涂层预应力钢绞线(见图 1)。

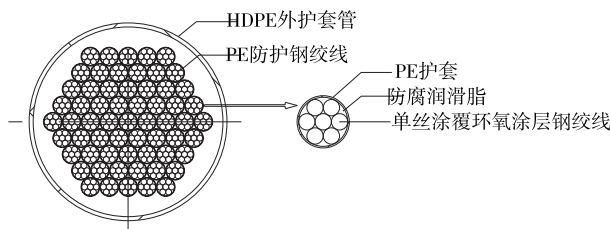


图 1 六广河特大桥斜拉索布置示意图

2 拉索参数

若不考虑吊杆或拉索抗弯刚度对其张力的影响, 可采用以下公式进行拉索张力求解:

$$T = 4\pi^2 ml^2 \frac{f_n^2}{(n\pi)^2} \quad (1)$$

式(1)即为常用的弦模型解。文献[1]表明: 对于工程上的拉索或吊杆, 当其长细比 > 600 时, 采用基于简支梁和弦振动所得索力测试公式计算的索力值的误差不超过 5%。该桥所有斜拉索的长细比均大于 600, 斜拉索索力计算可不考虑抗弯刚度。

由于可忽略抗弯刚度的影响, 在进行频谱分析时, 可采用取多阶频率定阶计算后求平均值的方式获取基频, 以避免某些阶数频谱图不规则对基频分析的影响。

3 边界条件

通过对现场情况的观察, 该桥拉索索套并未参与张拉受力, 对拉索的相对刚度较小, 其两端固定, 故索套的下挠相对拉索更大, 中间部分完全压在拉索上, 虽然二者的受力体系并非整体, 但在自重作用下接触紧密(见图 2)。

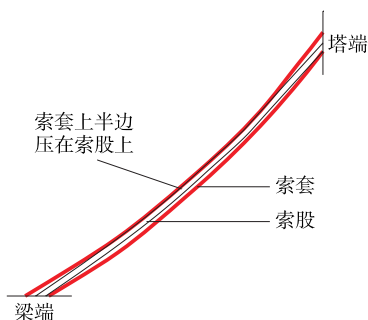


图2 六广河特大桥索套与索股空间关系示意图

根据斜拉索的振动特征——以面外横向振动为主,竖向振动受自重影响,其幅值很小,推断拉索索套与索股有着一致的面外横向振动。而频率法主要采集拉索的面外振动,故推断该桥索套自振频率与索股自振频率具有一致性。

4 试验结果分析

检测时该桥索套并未完全放下(见图3),可实现索套和索股的平行测量。拟通过该桥所有拉索的索套和索股进行平行测试(传感器同时布置在索套和索股上,见图4),验证索套自振与索股自振的



图3 六广河特大桥索套安装现状



图4 传感器布置位置示意图

一致性。

左侧拉索索股和索套实测基频差、左侧拉索索股和索套实测索力差分别见图5、图6。

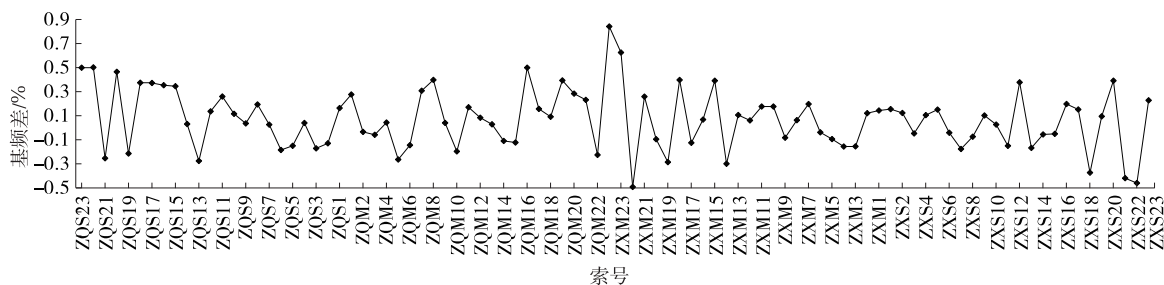


图5 六广河特大桥左侧拉索索股和索套实测基频差

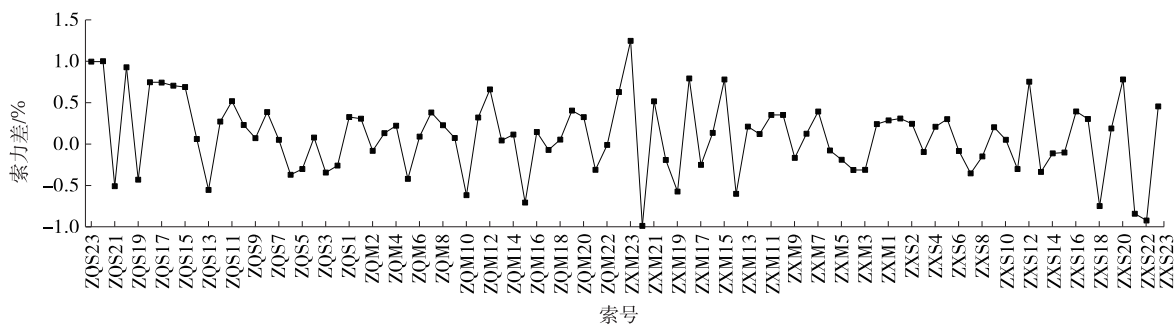


图6 六广河特大桥左侧拉索索股和索套实测索力差

由图5、图6可知:六广河特大桥索股实测基频和索套实测基频误差较小,为 $-0.5\% \sim 0.9\%$,换算成索力,其误差为 $-1\% \sim 1.5\%$ 。根据 JTG/T J21—2011《公路桥梁承载能力检测评定规程》,斜拉索

索力实测值与设计值偏差不大于 10% 。六广河特大桥索套实测基频与索股实测基频及相应换算索力的误差可被接受。

根据上述试验结果得到以下结论:在长细比较

大(>600)、抗弯刚度可忽略的斜拉索中,若索套下挠比索股大,索套与索股紧密接触,则索套与索股的面外振动具有高度的一致性,以索套自振频率代替索股自振频率进行拉索张力计算,其误差可被接受。

5 实施效果

右侧索力采样时,直接采集索套振动特征,分析得到索套基频,再换算为索力,结果见图7和图8。

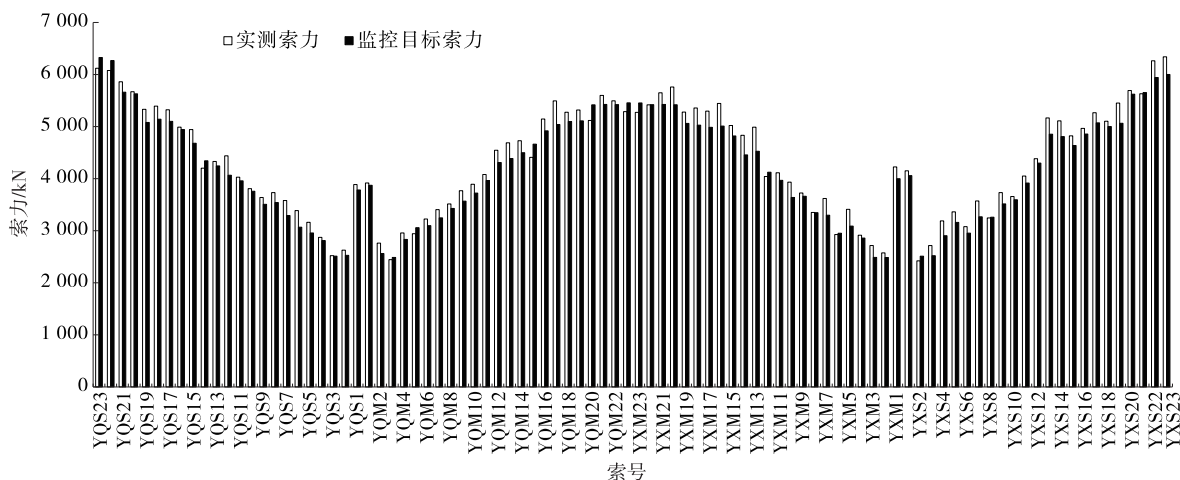


图7 六广河特大桥右侧拉索索套实测索力与监控目标索力

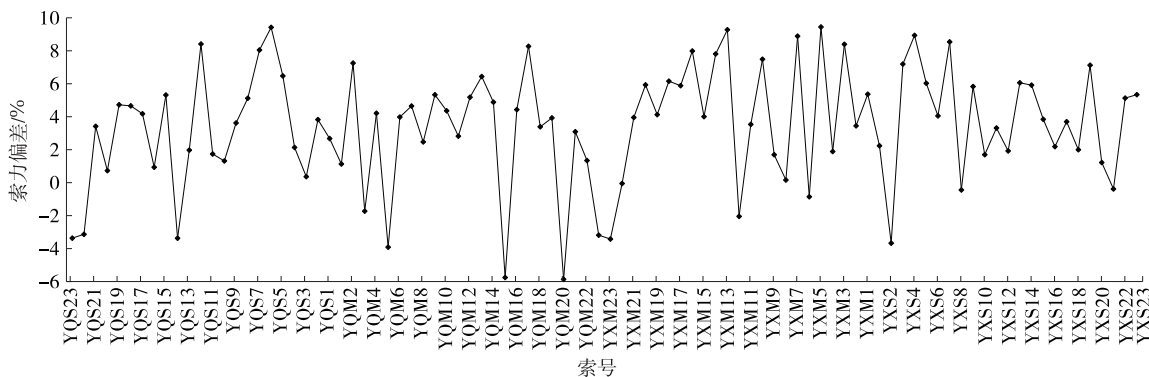


图8 六广河特大桥右侧拉索索套实测索力与监控目标索力偏差

从图8可看出:右侧实测拉索索套换算索力与监控目标索力偏差为 $-6\% \sim 10\%$,表明拉索索套实测基频可代替索股基频进行索力换算。

6 结论

- (1) 索股、索套面外横向振动具有高度一致性。
- (2) 不考虑抗弯刚度时,以索套自振频率代替索股自振频率进行索力换算的误差能被接受。
- (3) 在可以忽略抗弯刚度的情况下,采用取多阶频率定阶计算后求平均值的方式获取基频能较好地避免某些阶数频谱图不规则对基频分析的影响。

参考文献:

[1] 方志,汪建群,颜江平.基于频率法的拉索及吊杆张力

测试[J].振动与冲击,2007,26(9).

- [2] 邓水源,蔡敏.斜拉桥索力检测的振动频率法的分析及应用[J].交通科技与经济,2005(2).
- [3] 邵旭东,李国峰,李立峰.吊杆振动分析与力的测量[J].中外公路,2004,24(6).
- [4] 方志,张志勇.斜拉桥的索力测试[J].中国公路学报,1997,11(1).
- [5] 汪建群.大跨预应力混凝土箱梁桥早期开裂和远期下挠控制[D].长沙:湖南大学,2011.
- [6] 杨宏亮,杨万林.某不对称混合梁斜拉桥合理成桥状态分析[J].公路交通科技:应用技术版,2014(9).
- [7] 李庭波.索力测试频率法的研究及其工程应用[D].长沙:长沙理工大学,2007.

收稿日期:2017-03-11