

基于光纤光栅的预应力碳纤维板 实桥加固荷载试验研究

陆绍辉 王红伟 孟涛 庞忠华

(柳州欧维姆机械股份有限公司 广西柳州 545006)

摘要:为了研究光纤光栅预应力碳纤维板在实桥加固工程中的应用以及其与混凝土之间的工作机理,以山东省境内某座连续梁桥为工程实例,采用现场加固、荷载试验和有限元分析的方法,对其进行加固前后的荷载试验,并进行加固前后试验结果对比,结果表明,光纤光栅预应力碳纤维板与混凝土梁协同工作能力良好,对提升桥梁的承载力具有显著的效果。

关键词:桥梁加固 光纤光栅 智能 预应力碳纤维板 荷载试验 承载力 有限元

DOI: 10.13211/j.cnki.pstech.2017.01.002

引言

桥梁作为交通工程的枢纽,在保证交通运输畅通安全中发挥着巨大的作用。随着时间的推移,我国的大部分桥梁进入了维修和加固的高峰期^[1],针对桥梁加固的研究也在逐步展开。新型加固材料不断涌现,预应力碳纤维板就是其中典型代表,国内对其研究也比较多^[2-7]。光纤光栅预应力碳纤维板作为一种新型智能加固材料,将光纤光栅的智能、长效、高精度测力特性与预应力碳纤维板的高强、低预应力损失结合起来,充分发挥两者的优势,在桥梁加固工程中具有广阔的应用前景。但目前其在实验室内模型试验中应用较多^[8],在实际桥梁加固工程中应用较少^[9-11],因此,对其在实桥上的加固应用研究显得尤为重要。

本文以山东省境内某连续梁桥为工程实例,运用光纤光栅预应力碳纤维板对其进行加固,并进行加固前后荷载试验及加固效果对比,以研究光纤光栅预应力碳纤维板的加固作用。

1 工程概况

肖家大桥 I 号桥是青兰高速一座跨河的 PC 连续空心板桥,于 1994 年 11 月建成通车,全长 452.53m,桥宽组合为 0.5m+10.25m+0.757m。上部结构型式第一、二、三联: 5×25.0m,第四联: 15.5m+2×22.0m+15.5m,设计荷载为汽-超 20,挂-120。肖家 I 号桥主桥见图 1。



图1 肖家I号桥主桥

2 有限元模型

依据桥梁设计图纸和相关资料,采用 ANSYS 建立其有限元模型, Solid65 单元模拟混凝土, Link10 杆单元模拟预应力钢筋和光纤光栅预应力碳纤维板,支座采用约束方式。有限元模型见图 2。

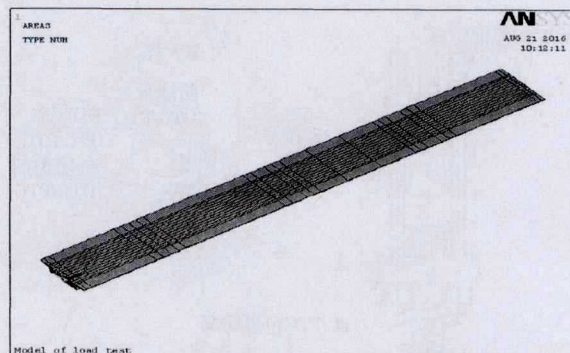


图2 肖家I号桥有限元模型

3 光纤耦合碳板和测点布置

3.1 光纤耦合碳板布置

根据试验目的和现场的实际情况,选取第四

联第三孔进行光纤耦合碳板的加固布置, 试验跨光纤耦合碳板平面布置图见图3, 横断面布置图

见图4。选取4条碳板做光纤光栅耦合测试, 其中1#、3#按设计应力张拉, 2#、4#不张拉。

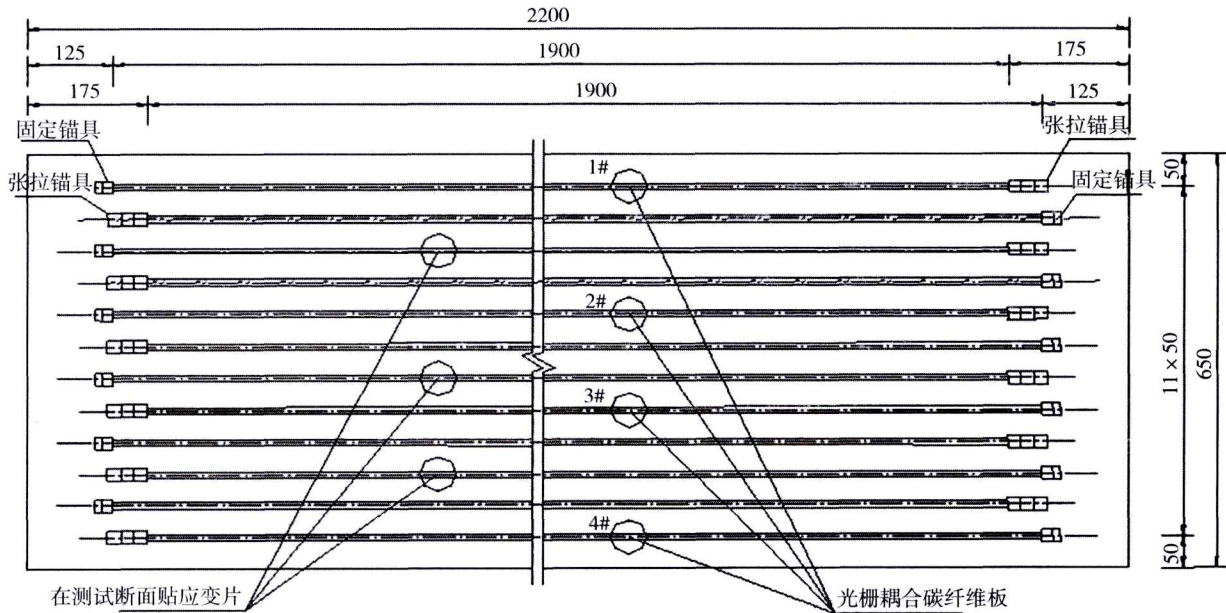


图3 光纤耦合碳板平面布置图

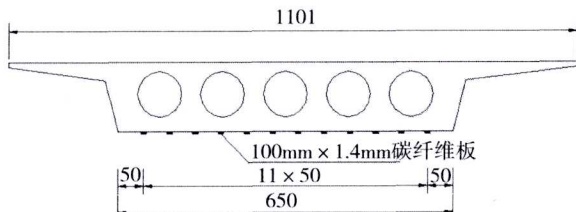


图4 光纤耦合碳板横断面布置图

3.2 测点布置

根据试验跨结构特点, 选取A-A, B-B和C-C8个截面为测试截面, 试验跨纵断面布置图见图5, 试验跨中B-B截面测点横向布置图见图6。光纤耦合碳板粘贴和测点布设见图7。

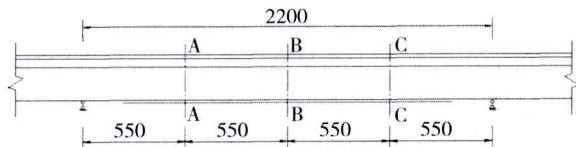


图5 试验跨纵断面布置图

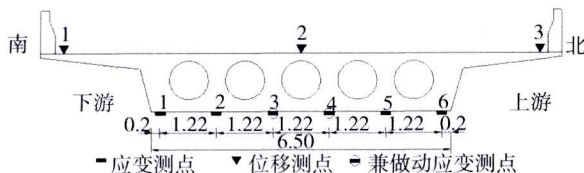


图6 试验跨B-B截面测点布置图



图7 光纤耦合碳板粘贴和测点布设

4 试验加载

试验前先进行不利试验荷载及检算荷载的计算, 使加载效率满足规范要求, 经有限元计算, 本次试验共采用4辆350kN加载车。

静力加载工况共分为A-A截面正、偏载工况, B-B截面正、偏载工况, C-C截面正、偏载工况, 共计6个工况。

5 试验结果分析

5.1 静力试验结果

由于工况数量和试验结果较多, 本次选用具有代表性的跨中B-B截面进行分析, 加固前后B-B截面正载挠度对比结果见图8, 偏载挠度对比见

图9。

加固前后B-B截面正载应变对比结果见图10，偏载应变对比见图11。

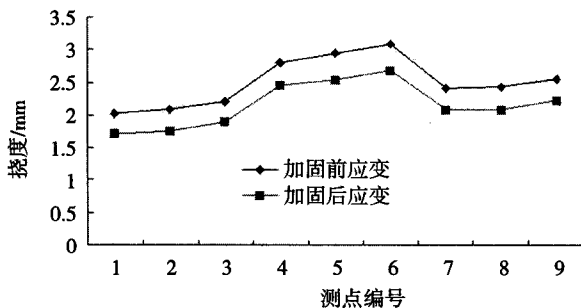


图8 B-B截面正载工况加固前后挠度对比图

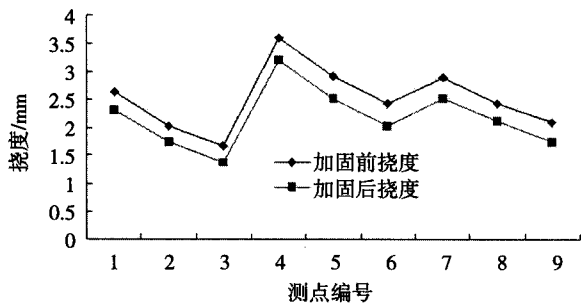


图9 B-B截面偏载工况加固前后挠度对比

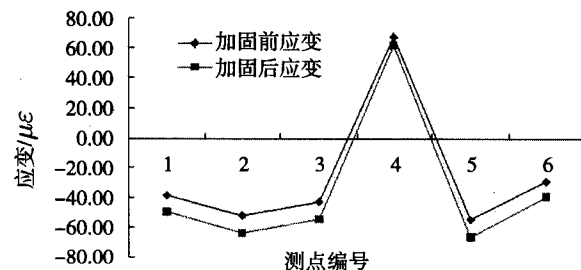


图10 B-B截面正载工况加固前后应变对比

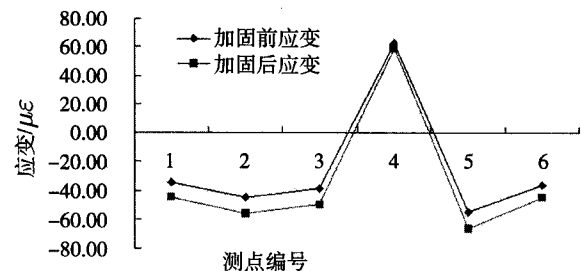


图11 B-B截面偏载工况加固前后应变对比

由图8~图11加固前后的静应变和静挠度对比可知：

(1) 采用光纤光栅预应力碳纤维板加固

后，桥梁的强度和刚度得到了提升；

(2) 由于部分预应力碳纤维板并未张拉，已经张拉的预应力碳纤维板对桥梁的加固提高幅度平均在20%以上，加固效果显著。

5.2 动力试验结果

对肖家I号桥进行加固前后的动力试验，加固前后的动力试验结果见图12和图13。

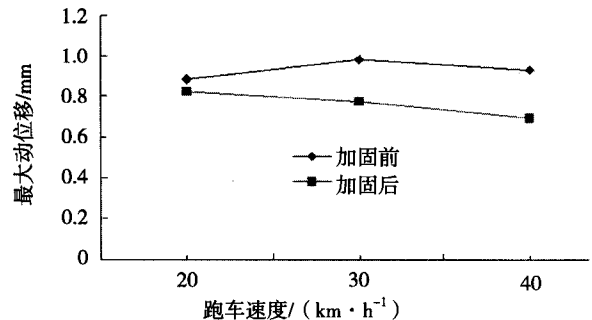


图12 加固前后跑车工况跨中最大动位移对比

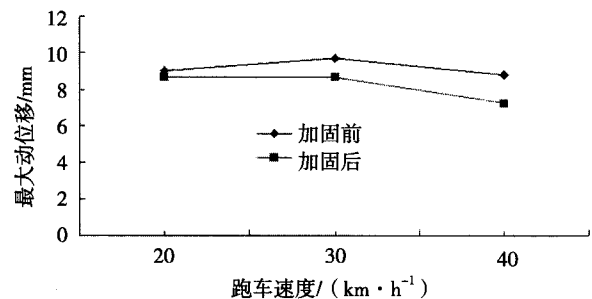


图13 加固前后跑车工况跨中最大动应变对比

由加固前后跨中最大动位移和最大动应变对比可以得出如下结论：

(1) 不同速度跑车工况下，相比于加固前，加固后跨中最大动位移和最大动应变均减小；

(2) 采用预应力碳纤维板加固，对改善桥梁的动力响应（跨中最大动位移和跨中动应变）效果明显。

5.3 光纤耦合碳板试验结果

本次试验中，1#、3#碳板已张拉至134.4kN，2#、4#碳板并未张拉。3#碳板采用现场标定数据拟合曲线计算力值，其余3块碳板均采用通用曲线（厂内试验板标定曲线）进行力值计算。2#碳板和4#碳板分别在A-A，B-B和C-C截面取一个

测点进行不同工况下的结果采集。

由图14和图15可以看出：

(1) 张拉后的光纤光栅预应力碳纤维板的受力状况比较均匀，对于未张拉的两根光纤光栅预应力碳纤维板，由于环境等因素影响较大，故存在一定的变异性；

(2) 由现场观测和数据的后续采集分析可知，光纤光栅预应力碳纤维板与桥梁整体协同工作能力良好，预应力损失非常小，可以忽略不计。

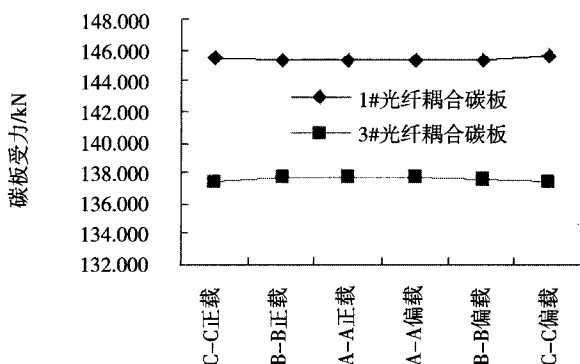


图14 1#与3#光纤耦合碳板受力

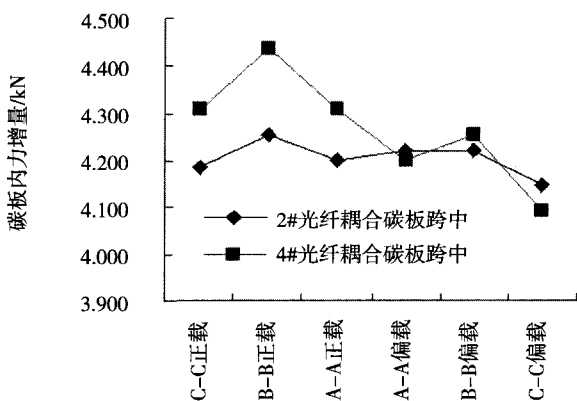


图15 2#与4#光纤耦合碳板受力

6 结论

通过对加固前后的荷载试验结果进行对比分析，可以得出如下结论：

(1) 普通预应力碳纤维板和光纤光栅预应力碳纤维板工作性能良好，与混凝土接触良好，碳板胶粘性能良好，支座锚固性能可靠，锚具回缩变形为0，碳纤维板预应力损失小；

(2) 无论是普通预应力碳纤维板还是光纤

光栅预应力碳纤维板，与桥梁结构协同变形受力，碳纤维板与桥梁整体协同工作性能良好；

(3) 由于本次预应力碳纤维板并未全部张拉，但是已经张拉的预应力碳纤维板对桥梁的加固效果达到20%，由静应力和静挠度结果可以看出，光纤光栅预应力碳纤维板对桥梁的加固效果显著；

(4) 由加固前、后桥梁在最大动应变和最大动挠度可以看出，采用预应力碳纤维板加固后桥梁动力特性得到改善和提高。

综上所述，光纤光栅预应力碳纤维板在桥梁加固工程中具有良好的加固效果和广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 路飞, 彭程. 常见桥梁加固方式的分析比较与应用研究[J]. 公路, 2013(10): 121-123.
- [2] 尚守平, 张宝静, 吕新飞. 预应力碳纤维板加固梁桥新技术的应用[J]. 施工技术, 2016(4): 95-99, 132.
- [3] 黄金林, 黄培彦, 郑小红. 预应力碳纤维板加固钢筋混凝土梁预应力损失试验研究[J]. 建筑结构学报, 2015(1): 85-91.
- [4] 尚守平, 张宝静, 吕新飞. 预应力碳纤维板加固梁桥长期徐变性能的试验研究[J]. 公路交通科技, 2015(5): 68-74.
- [5] 朱万旭, 吕娟娟, 黄颖等. 预应力碳板张拉端锚固支座的有限元分析及试验[J]. 建筑科学, 2015(11): 68-73.
- [6] 邓朗妮, 赵思敏, 廖玲等. 预应力碳纤维板加固钢结构预应力损失研究[J]. 工业建筑, 2014(2): 147-150, 82.
- [7] 陈鹏飞, 杨勇新, 姚勇等. 预应力碳纤维板加固混凝土梁施工技术[J]. 施工技术, 2016(4): 100-102.
- [8] 邓朗妮, 梁静远, 廖玲等. 基于光纤光栅的预应力碳纤维板加固钢梁抗弯性能试验研究[J]. 广西科技大学学报, 2015, 26(2): 73-77.
- [9] 潘勇, 张红雷, 邵佳妮等. 基于长标距光纤光栅传感的新沭河加固效果监测研究[C]. 江苏省公路学会. 江苏省公路学会学术年会论文集: 2015年卷.
- [10] 毛江鸿, 周峥栋, 许斌峰等. 基于光纤光栅传感的预应力梁张拉状态监测应用研究[J]. 工业建筑, 2015(7): 138-141, 131.
- [11] 兰春光, 王天昊, 刘航等. 光纤光栅缓粘智能钢绞线的研制及应用[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2014(6): 100-104.