

梁式桥加固方法及应用比较

周建庭^{1,2}, 冉仕平³, 田金昌³, 梁光模³, 刘国金⁴, 刘思孟²

(1. 重庆大学博士后科研流动站 重庆市 400044; 2. 重庆交通大学 重庆市 400074;

3. 西藏自治区交通厅 拉萨市 820000; 4. 辽宁省交通勘察设计院 沈阳市 110000)

摘 要: 介绍了梁式桥的常用加固方法, 并结合工程实例, 从技术、经济及美观等几方面, 分析了各种加固方法的优缺点。

关键词: 梁式桥; 加固方法; 分析

梁式桥是我国应用最为广泛的桥型之一, 在全国范围内占有较大的比重。早期修建的梁式桥, 特别是 20 世纪 50~70 年代修建的梁式桥, 由于当时交通量小, 修建时技术标准普遍偏低。随着交通量的不断增大, 特别是近期一般干线公路均要求达到汽车—20 级, 挂车—100 的荷载标准, 因此, 原有桥梁大多存在承载力不足的问题, 急待加固增强。

本文结合实例, 介绍了梁式桥的常用加固方法, 并进行了技术、经济、受力性能等方面的分析, 以供同行借鉴参考。

1 工程背景

罗布江孜大桥位于西藏自治区日喀则~江孜公路, 该桥为一座 6×17 m 装配式钢筋混凝土简支工形梁桥, 全长 103.95 m, 桥面宽为 8 m, 于 1978 年建成通车。20 余年来, 由于受荷载的长期作用, 以及外界因素的影响, 该桥已产生了严重的病害, 主要表现在: (1) 桥梁已产生永久性变形, 最大变形值达 4 cm; (2) 裂缝不仅多而且有较大一部分裂缝的宽度超过规范要求; (3) 混凝土碳化; (4) 钢筋锈蚀; (5) 构件破损等。桥梁病害导致桥梁刚度的削减, 桥梁的振动也在加剧。

2 梁式桥实用加固方法

梁式桥的加固, 目前主要有碳纤维加固、体外预应力加固和截面转换加固方法。

2.1 碳纤维加固

碳纤维具有极高的抗拉强度和弹性模量。由它和树脂结合成的复合材料重量轻、施工便捷, 不需要大型施工机具, 在加固维修中可以充分利用其高强度的特点来提高混凝土结构的承载能力和延性, 特别适用于要求提高承载能力而不允许增加过多桥梁恒载的工程中。粘贴碳纤维的加固机理是将增强材料粘贴在混凝土结构的受拉缘或薄弱部位, 使之与结构形成整体, 用以代替需要增设的补强钢筋, 提高梁的承载能力。

2.2 体外预应力加固

体外预应力加固是通过在梁体外布设拉杆或撑杆, 并与被加固的梁体锚固联结在一起, 然后施加预应力, 强迫后加的拉杆或撑杆受力, 从而改变原结构的内力分布, 并降低原结构的应力水平, 以提高结构的承载力。加固后可减少结构的变形, 缩小裂缝宽度甚至使裂缝完全闭合。对于钢筋混凝土或预应力混凝土梁式桥, 采用对受拉区施加预加压力的加固, 可以抵消部分自重应力, 起到卸载作用, 从而能较大幅度地提高梁的承载能力。

2.3 截面转换加固

截面转换加固是重庆交通大学开发的一种新型的梁式桥加固方法。经实践证明, 该方法是一种非常成功的加固技术。加固机理主要是利用箱梁截面抗弯、抗扭刚度大, 箱形梁整体受力性能明显高于其他型式梁的特点而进行的加固整治。利用梁底新增设的钢筋混凝土底板可以将分离的主梁连成整体共同协调变形、承担活载, 以达到改善桥梁横向分布系

数、提高桥梁承载力的目的。

3 加固技术分析

以罗布江孜大桥为加固对象,比较上述 3 种加固方法的优缺点。

3.1 技术性

3.1.1 碳纤维加固

碳纤维具有轻质、高强、高弹性模量的特点。为验证碳纤维的加固效果,重庆交通科研设计院曾在试验室进行了模型试验,图 1、图 2 为新梁以及新梁加载破坏后用碳纤维加固后再加载的对比情况。通过试验,基本上认为用碳纤维加固梁式桥是可行的。

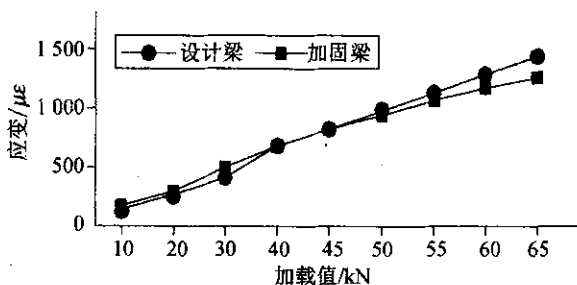


图 1 试验梁荷载试验的钢筋应变

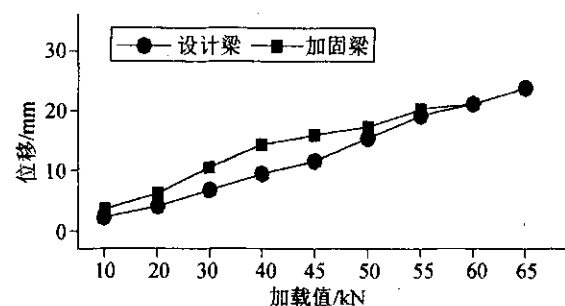


图 2 试验梁跨中竖向位移

3.1.2 体外预应力加固

体外预应力加固,实际上也是改变了梁体原有受力体系的加固方法。体外预应力加固方法具有许多优点,如加固效果好,可以减少或限制结构的裂缝和其他变形;对桥梁运营的影响较小,可在不限制通行的条件下完成加固施工;在人力、物力和资金消耗方面也具有明显的经济合理性。因此,体外预应力加固技术既可作为桥梁通过重车的临时加固手段,又可作为永久性提高桥梁荷载等级的措施。

3.1.3 截面转换加固

截面转换加固是梁式桥一种新的加固方法,重庆交通大学做了大量的模型试验,试验结果见图 3、图 4、图 5 所示。

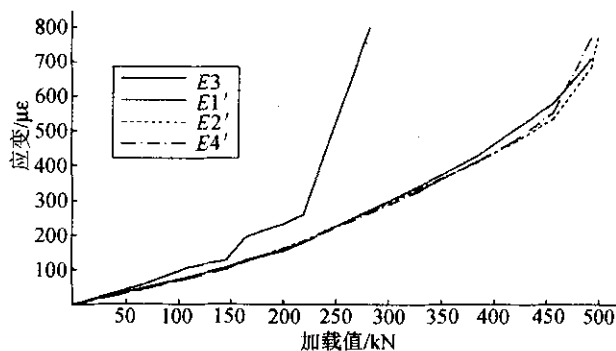


图 3 试验梁跨中截面荷载—混凝土压应变关系曲线

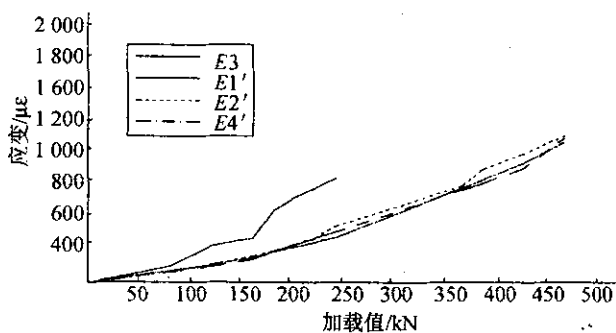


图 4 试验梁跨中截面荷载—钢筋拉应变关系曲线

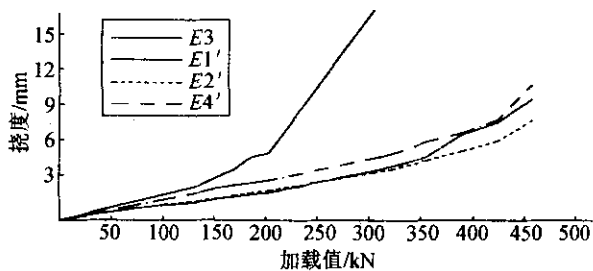


图 5 试验梁跨中截面荷载—挠度关系曲线

图中: E_3 为未加固前的试验梁; E_1' 、 E_2' 为原梁加载至开裂后经过加固的试验梁; E_4' 为原梁经加固后的试验梁。

图 3 和图 4 表明,由于加固后主梁整体强度的提高,使得同级荷载作用下试验梁的混凝土压应变和钢筋拉应变均较加固前减小 30%~50%;开裂后的试验梁 E_1' 、 E_2' 与加固后的试验梁 E_4' 相比较,所测应变无明显差别,表明本加固方法对原梁下缘是否开裂均为适用。

图 5 说明,由于加固后主梁整体刚度的提高,使得在同级荷载作用下,试验梁跨中截面挠度较加固前减小 30%~60%;开裂后的试验梁 E_1' 、 E_2' 和加固后的试验梁 E_4' 相比,所测挠度无明显差别,表明主梁加固前是否开裂对加固效果也无明显影响。

综上所述,将主梁截面转换为箱形截面的加固方法具有以下优点:

- (1)提高了梁体的抗弯和抗扭性能,在偏心荷载作用下,较加固前的多片主梁大为有利;
- (2)极大地改善了桥梁的横向分布系数;
- (3)具有良好的动力特性;
- (4)具有较大面积的底板,便于布置钢筋。

3.2 经济性

3 种加固方法的经济指标分析见表 1。

表 1 不同加固方法的经济效益分析

加固方法	加固费用 万元	计算依据
碳纤维	110	按当时工程造价为 1 800 元/m ² 计算
体外预应力	65	包括搭设支架、张拉钢筋、锚固安装等工程费用,依据以往实践经验计算而得
截面转换	49	实际发生费用 (仅指截面转换加固部分费用)

注:上述费用中未包括主梁裂缝的处治费用。

3.3 受力性能

3 种加固方法的受力性能比较见表 2。

表 2 不同加固方法主梁受力性能分析

加固方法	受力性能
碳纤维	提高桥梁承载能力 20%~40%
体外预应力	提高桥梁承载能力 10%~30%
截面转换	提高了梁体的抗弯和抗扭性能,具有良好的动力特性,经实测后,可提高原桥承载力 30%~50%

3.4 使用性能

3 种加固方法的使用性能见表 3。

表 3 不同加固方法的使用性能分析

加固方法	使用性能
碳纤维	碳纤维与原主梁的粘结性能需经实践的考验,采用环状封闭后,桥梁具有较好的耐久性
体外预应力	由于钢筋外露,需要涂防腐材料,耐久性、防锈蚀性欠佳
截面转换	主梁被封闭连接成整体后,显著提高了桥梁的耐久性

3.5 美观性

3 种加固方法的美观分析见表 4。

表 4 不同加固方法的美观分析

加固方法	美观性
碳纤维	主梁整体美观性较好,但与主梁构造色彩协调欠佳
体外预应力	主梁美观性不好,由于钢筋外露,与主梁色彩协调欠佳
截面转换	主梁被封闭,连接成整体,表面光滑美观,在色彩上能与主梁很好地协调

3.6 施工难度与工期

3 种加固方法的施工情况见表 5。

表 5 不同加固方法的施工情况分析

加固方法	施工情况
碳纤维	对设备和施工队伍要求很高,工期约为 48 d
体外预应力	对设备和施工队伍要求较高,工期约为 55 d
截面转换	对设备和施工队伍有一定要求,实际发生工期为 45 d

综合 3 种加固方法,从技术、经济、受力、美观等方面的分析,课题组最后采用了截面转换加固技术。该桥加固竣工至今已安全营运了一年多,使用情况良好,表明加固是成功的。

4 结语

根据上述分析,梁式桥的 3 种加固方法都有自己的特点,具体选用哪种方法要根据实际情况具体分析,在选择加固方法时要充分考虑造成病害的原因,以选择合理的加固方案。

参考文献:

[1] 周建庭,郝 ,等. 截面转换加固 T 形梁桥试验研究[J]. 公路交通科技,2006,(4).

[2] 杨文渊,徐奔. 桥梁维修与加固[M]. 北京:人民交通出版社,2000.

[3] 谌润水,胡钊芳,帅长斌. 公路旧桥加固技术与实例[M]. 北京:人民交通出版社,2001.

[4] 赵彤,谢剑. 碳纤维布补强加固混凝土结构新技术[M]. 天津:天津大学出版社,2001.

[5] 周建廷. 桥梁承载力评定与加固增强研究[D]. 重庆交通学院,1996.

[6] 王世槐. 旧危桥加固补强新技术研究报告[R]. 1989.

[7] 周建廷,冉仕平,等. 截面转换加固罗布江孜大桥研究[J]. 公路,2003,(12).