

减载法在梁式桥加固设计中的新应用

潘湘文

(中铁上海设计院集团有限公司,上海市 200070)

摘要:结合上海市某立交改造项目,提出了切割减载的方案,并结合桥面铺装方式进行了纵横向验算,现场通过横向预应力切割应力测试,取得横向有效预应力,为横向预应力补张拉提供了有力依据,经计算横向应力、承载力和裂缝宽度均满足规范要求。

关键词:减载法;梁式桥;加固

中图分类号:U445.7+2

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2020)12-0159-03

0 引言

据不完全统计,我国在役桥梁共约五十多万座,成为名符其实的桥梁大国。随着我国交通运输事业的发展,桥梁的实际运营荷载越来越大,桥梁结构的抗力却是随着时间逐渐退化,桥梁老化随之而来的各种各样的病害,逐渐影响着结构的安全性能,桥梁加固技术的发展也越来越成熟,在桥梁加固技术中如何做到“物美价廉”也显得尤为重要,因此,研究桥梁的加固与修复技术具有极大的实用价值。

1 传统加固方法综述

目前,常用的加固设计方法大致有增大截面法、体外预应力加固法、粘贴钢板法、粘贴纤维复合材料法、桥面系补强法等。

(1)增大截面法

增大截面法是在原来的基础上,增加构件受力面积,将原来受力构件进行扩大,从而提高桥梁构件的承载能力。增大截面加固法常见的形式有:加厚桥面板法,增大受拉区梁截面法,增大受压构件截面法三种。此方法技术成熟,工艺简单,费用低,但是养护工作量大。

(2)体外预应力加固法

体外预应力施加就是在原桥梁构件外施加主动预应力钢绞线,主要目的是调整结构应力分布,以提高结构承载力和抗裂性,可以在不中断交通的情况下进行加固维修。

(3)粘贴钢板法

粘贴钢板加固法将高强钢板粘贴到构件受力部位,是钢板和构件均匀的共同受力,以此提高构件整体的承载力,限制混凝土变形,适合轴向受力的桥梁构件。

(4)粘贴纤维复合材料法

碳纤维材料具有较高的强度和耐久性,其抗拉强度是同截面钢材的68倍,重量轻、强度高,同时可以用环氧树脂粘贴,易施工的特点。常应用于板桥的抗弯加固,除此之外还适用于桥梁的地震破坏修复。

(5)改变结构体系加固法

此法以增设附件或者调整自重的方式,改变桥梁受力状况,减小承载结构应力。常用的手法有调整拱上自重,加入新的支承点缩短计算跨度,加水平系杆加固等方法。

2 桥面系补强和减载法

桥面系存在着最普遍的病害现象,如桥面龟裂、积水较大裂缝,伸缩装置松动,混凝土面破损等。针对不同桥面形式,有两种常见的维修方法:补强法就是在桥面加铺一层钢筋混凝土,使桥面均匀受力,防止局部破坏引起破坏扩大;减载法是针对发生变形的大跨度桥梁,减小桥面厚度,以减小承载结构的负荷,提高桥梁性能。

3 桥梁加固方案

3.1 桥梁概况

高架桥梁跨越11股道铁路线、2股道轨道交通线、交通路,该处跨铁路桥梁为(30+47+30)m等截面预应力混凝土连续梁,与铁路斜交15°,桥墩顺铁路斜置。高架跨铁路桥梁的横断面布置如图1所示。

收稿日期:2020-05-22

作者简介:潘湘文(1983—),男,硕士,高级工程师,从事桥梁设计工作。

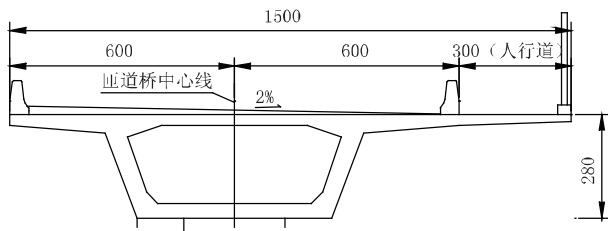


图1 高架跨铁路桥东半幅横断面图(单位:cm)

上部结构为单箱、单室、等高度连续梁,腹板及底板为变厚度,梁高 2.8 m,外侧斜腹板。箱底宽 5.2 m,顶板宽 15 m,顶板厚 30 cm,底板厚 20 cm,腹板上宽(40 cm)下窄(30 cm)。箱梁混凝土强度等级为 50 号。

下部结构采用双柱式桥墩;基础采用 $\Phi 550$ mm 预应力混凝土管桩,混凝土强度等级为 C60,打入法施工。

3.2 减载法加固方案

由于交通需求需在桥梁东侧增加 4 个车道,最东侧 3 m 宽度人行道是否可以作为车行道使用是该次加固方案的研究重点。该桥采用预制拼装施工,已运营近 20 a,接缝处漏水钙化。箱梁顶、底板布满预应力,基本没有体外预应力锚固区域。为尽量减少对既有结构的破坏,该次加固放弃体外预应力加固法,采用“做减法”的方式,减少结构自重和运营活载,即减载法。

该方法直接切除 3 m 人行道挑臂,更新既有桥面铺装,如图 2 所示。

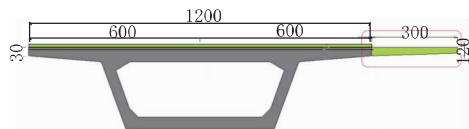


图2 翼缘板人行道切除及混凝土铺装加固方案(单位:cm)

4 加固验算

4.1 纵向验算

根据《公路混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTJ 023—85)要求,对主梁正常使用极限状态正截面抗裂、正常使用极限状态斜截面抗裂进行验算,对比结果见表 1。

$$\sigma_n - 1.1\sigma_0 \geq 0$$

$$\text{短期组合 } \sigma_{z1} \leq 0.9R^b_1 = 2.7 \text{ MPa,}$$

$$\sigma_{za} \leq 0.9R^b_a = 22.75 \text{ MPa}$$

$$\text{长期组合 } \sigma_{z1} \leq 0.8R^b_1 = 2.4 \text{ MPa,}$$

$$\sigma_{za} \leq 0.6R^b_1 = 21.00 \text{ MPa}$$

4.2 横向验算

根据车辆的横向布置,横向加载计算的荷载模式按照图 3 所示计算。

表 1 加固前后纵向验算对比表

效应组合	加固前 /MPa	加固后 /MPa	允许值	结果	
正应力	短期组合	-1.6(梁底)	0.0(梁底)	0	满足
	长期组合	-1.0(梁底)	0.2(梁底)	0	满足
主拉应力	短期组合	-3.5	-2.3	-2.7	满足
	长期组合	-2.5	-2.2	-2.4	满足
主压应力	短期组合	18.7	17.3	22.75	满足
	长期组合	18.7	16.7	21.00	满足

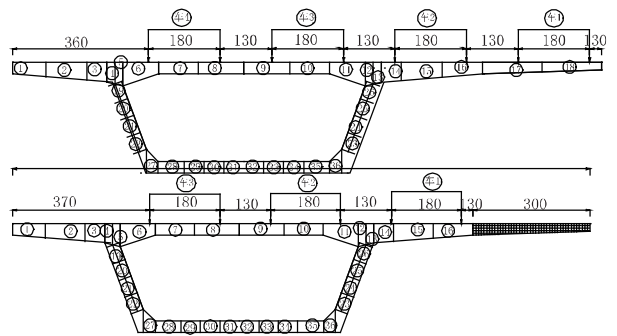


图3 加固前\后横向荷载计算模式图(单位:cm)

4.2.1 横向应力计算

悬臂切除前,悬臂体内存在预应力,按照预应力结构进行验算。悬臂切除后,最不利状态为横向预应力失效,横向按照钢筋混凝土构件进行验算。根据横向预应力损失情况,本文分别计算了预应力损失为 0~90%情况下悬臂顶部钢筋和混凝土应力状态,结果如图 4 所示。

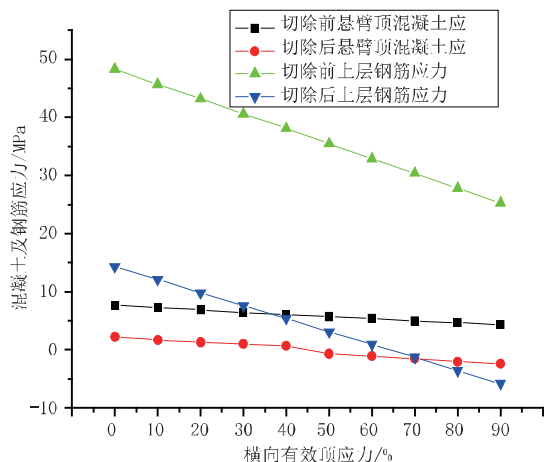


图4 既有桥横向预应力损失与钢筋应力

4.2.2 横向承载力验算

加固前后横向承载力和稳定性验算见表 2。

4.2.3 横向裂缝宽度验算

如图 5 所示,根据不通规范和铺装方案进行悬臂根部裂缝宽度计算,《铁路桥涵钢筋混凝土和

表2 加固前后承载力和稳定计算

加固前后	验算内容				
	悬臂根部 抗力/(kN·m)	悬臂根部 内力/(kN·m)	承载力	横向 反力	横向 稳定
加固前	557	624	不满足	出现 负反力	不满 足
加固后	247	123	满足	不出现 负反力	满足

《预应力结构设计规范》(TB 10002.3—2005) 计算宽度最大,《公路桥涵设计通用规范》(JTJ 021—89) 计算宽度最小。采用高性能混凝土铺装方案时裂缝宽度明显小于普通混凝土铺装方案裂缝宽度。

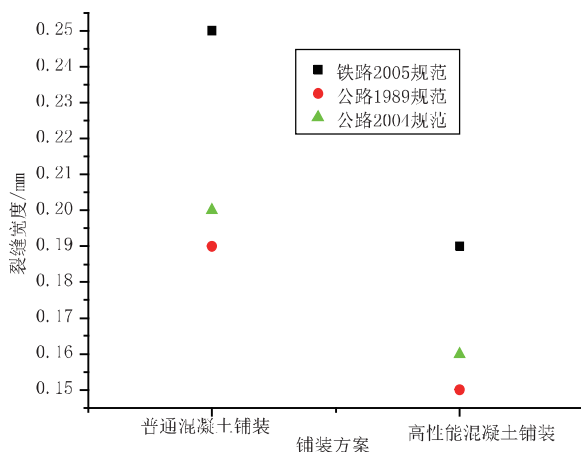


图5 不同铺装方案悬臂根部裂缝宽度(单位:mm)

5 横向预应力测试

悬臂切割时连带横向预应力需一同切除,为了保证横向预应力有效工作,该项目采用切割后再锚固的设计方案。为了测试横向预应力既有应力情况,该项目在人行道板上选9根横向预应力钢绞线(编号为:1号端~9号端)进行切割应力释放试验,根据实测预应力应力状态,进行预应力补充张拉。

分别对1~9号端钢绞线进行试验,动态采集仪自动记录钢绞线切割前后的钢绞线应力变化,测试结果分别如图6和图7所示。根据测试1~4号及8~9号端应力在800 MPa左右,5~7号端应力在500 MPa左右。桥梁横向预应力损失在40~60%之间,根据横向应力计算,在车辆荷载作用下,桥梁顶面混凝土基本处于0 MPa状态,桥梁裂缝满足规范要求,横向受力状态良好。

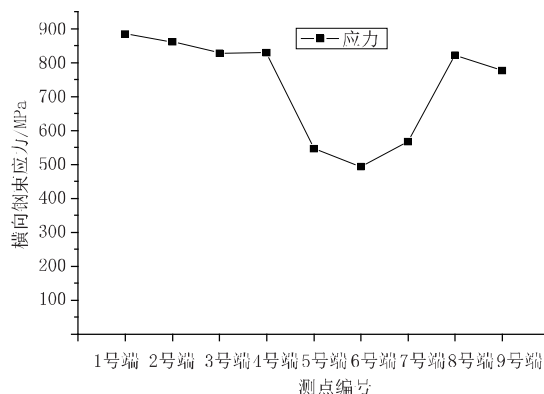


图6 1~9号端钢绞线应力

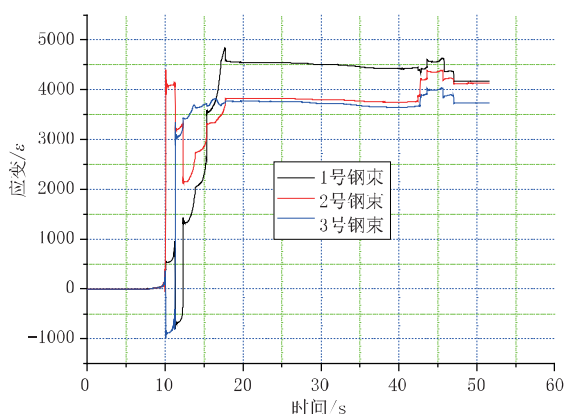


图7 应力释放应变时程记录图

6 结论

与传统减少桥面铺装重量的减载法不同,该桥加固方案不仅减少了恒载,而且减少了结构活载,并可以通过桥面铺装进一步加强结构,保证了结构运营安全。通过横向预应力切割释放试验,为横向预应力补张拉提供了有效依据。根据测试所得永存预应力在40~60%之间,车辆荷载作用下横向受力状态良好。

该项目加固方法操作简单,经济适用,采用减载法进行桥梁加固效果良好,可作为同类桥梁加固设计参考。

参考文献:

- [1] JTJ 023—85,公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范.
- [2] JTG D62—2004,公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
- [3] TB 10002.3—2005,铁路桥涵钢筋混凝土和预应力结构设计规范[S].
- [4] 上海市公路工程质量检测中心.南北高架跨铁路桥检测报告[R].上海:上海市公路工程质量检测中心,2017.
- [5] 中铁上海设计院集团有限公司.上海市北横通道新建工程II标段跨铁路立交桥工程可行性研究报告[R].上海:中铁上海设计院集团有限公司,2016.