

# 斜交桥加固设计

苏彦鸿<sup>1</sup>, 朱文正<sup>2</sup>, 张俊平<sup>2</sup>

(1. 广州市广园路建设公司, 广东广州 510605; 2. 广州大学土木工程学院, 广东广州 510605)

**摘要:** 该文介绍了某斜交桥加固设计过程, 对比了常用桥梁加固方法的特点, 通过对主动加固方案各步骤的计算分析, 说明了主动加固方案的有效性, 该文建议在桥梁加固时优先选用主动加固方案, 对桥梁的加固设计与施工有一定指导意义。

**关键词:** 斜交桥; 桥面板梁加固; 体外预应力

中图分类号: U445.72 文献标识码: A 文章编号: 1009-7716(2006)04-0098-02

## 0 引言

某斜交桥桥面宽 26 m, 斜交角为  $60^\circ$ 。桥梁上部结构采用现浇钢筋混凝土连续板, 桥墩、桥台为现浇钢筋混凝土板式墩台, 构成三等跨门式结构, 每跨跨径为 7.5 m。桥墩及桥台基础采用钻孔灌注桩基础。桥梁混凝土等级为 C25。原设计荷载为汽车 - 20、挂车 - 100 级, 人群荷载为  $3.5 \text{ kN/m}^2$ 。由于道路改造, 拟将该桥原设计荷载等级提高到城 - A 级, 并在原桥面上加铺平均约 30 cm 厚的铺装层, 桥梁平、立面如图 1、图 2 所示。

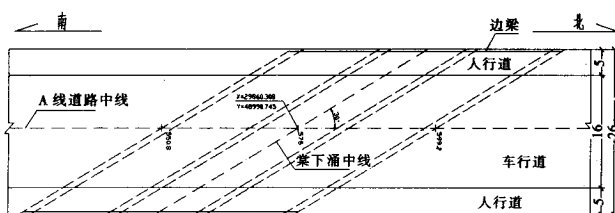


图1 桥梁平面示意图 单位: m

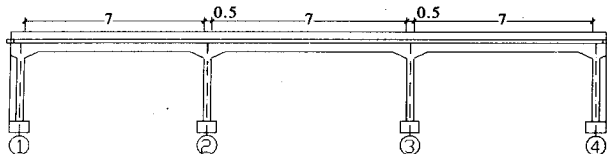


图2 桥梁立面示意图 单位: m

在桥梁检查时, 发现桥面板梁存在较多平行于桥跨方向的裂缝, 裂缝从板梁开始, 长度多在 1.5~2.5 m 之间, 大部分裂缝宽度大于 0.2 mm, 且部分裂缝贯通板厚; 桥墩和桥台均未发现裂缝, 图 3 为部分裂缝的分布图。

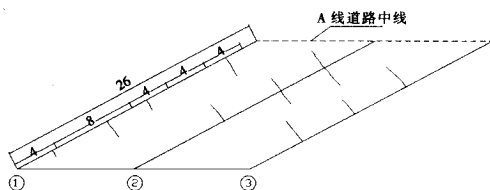


图3 板梁下表面部分裂缝分布示意图 单位: m

## 1 加固方案

通过对该桥的静动载试验检测, 发现: (1) 该桥在加铺新的铺装层后, 承载能力能够满足桥梁改造后的设计荷载等级要求。(2) 该桥空间受力特征明显, 由于其横桥向构造较弱, 导致桥面混凝土板梁出现了较多的平行于桥跨方向的裂缝, 裂缝宽度超过规范允许值, 部分裂缝贯通板厚; 试验过程中原有裂缝有一定程度的扩展, 并有新裂缝出现; 裂缝已经严重影响到结构受力的整体性和耐久性, 需要对桥面板梁进行加固处理。

查阅桥梁的设计和施工资料, 并通过对桥梁的温度和荷载效应计算分析, 认为裂缝的形成原因有两种: (1) 由于板式桥墩、台与板梁的施工间隔时间较长, 26 m 宽桥面混凝土板梁施工时没有合理设置后浇带, 混凝土的收缩徐变受到墩、台的限制, 导致裂缝出现。(2) 由于横桥向钢筋配置较少, 板梁横向刚度较弱, 在使用荷载作用下出现裂缝。

针对桥梁出现的病害, 提出以下加固方案:

(1) 桥面板梁底满铺碳纤维布: 首先凿除桥面原有的 10cm 厚混凝土铺装, 对裂缝进行封闭, 然后在板梁底满铺碳纤维布, 以提高结构的耐久性, 改善结构的受力性能。

(2) 板梁底贴钢板: 首先凿除桥面原有的 10 cm 厚混凝土铺装, 对裂缝进行封闭, 然后在梁板底贴钢板, 以提高结构的耐久性, 改善结构的受力性能。

(3) 改变桥梁的受力体系, 在梁板底平行于桥轴方向增设多个混凝土框架式板肋, 调整结构内力, 加固方案如图 4、图 5 所示。

(4) 采用主动加固方法, 对裂缝进行封闭, 用无粘结预应力钢筋对桥梁横向施加体外预应力, 采用复合砂浆对预应力钢筋进行保护, 改善结构的受力状态。

收稿日期: 2006-02-20

作者简介: 苏彦鸿 (1962-), 男, 广东番禺人, 工程师, 主要从事路桥施工与管理工作。

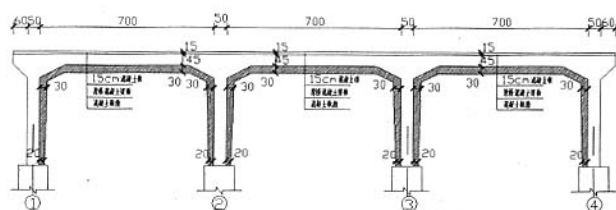


图 4 板肋加固方案立面示意图 单位:cm

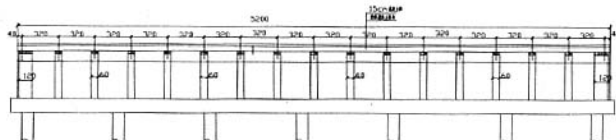


图 5 板肋加固方案剖面图 单位:cm

## 2 加固方案比选

满铺碳纤维布方案在作用原理上属于被动加固的范畴。在加固设计时,一期荷载(构件自重与恒载)由原梁承担,二期荷载(活载)由加固后的组合结构承担,加固材料的强度受到原结构变形的限制。碳纤维布的强度比较高,但其弹性模量大约与钢筋相同,则需要结构在荷载作用下有比较大的变形才能充分发挥其作用。对于该桥而言,碳纤维布很难发挥其应有作用。

粘贴钢板的方案与贴碳纤维布的方案在原理上是一致的,一般情况外加补强材料在极限状态下应力达不到其抗拉强度设计值,此种外加补强方法不能改善原结构的受力状态。

加板肋方案在板梁底增加了纵梁,可以改变结构的体系,但是该加固方法仍属于被动加固的范畴,一期荷载(原结构自重)由原板梁承担,板肋可与原结构一起承受活载的作用,另外由于受空间限制,施工非常困难,因而此方案对该桥加固不适用。

用无粘结预应力钢筋对桥梁横向施加体外预应力的方案,可以从根本上解决被动加固方法带来的后补强材料的应力滞后问题,充分发挥加固补强材料的力学性能,改善原结构的受力状态,提高材料的利用效率,因而决定采用该方案对桥梁进行加固。

## 3 加固方案计算

计算采用通用分析软件 ANSYS,采用空间板壳单元,按照桥梁的竣工图纸和采用的加固方案进行内力计算。为反映加固和使用状态桥梁的应力状态,加固计算包括 3 个部分:张拉预应力后桥梁的应力状态,张拉预应力和桥面铺装施工后桥梁的应力状态,张拉预应力、桥面铺装和使用荷载

共同作用下桥梁的应力状态。

### 3.1 张拉预应力后桥梁的应力状态

预应力束为  $2\Phi j15.24$  钢绞线,标准强度为 720 MPa,控制张拉力为 391 kN/束。整个桥梁采用 33 束,总张拉力为 12883 kN。考虑预应力损失为 10%,经计算张拉预应力后的桥面梁板垂直桥跨方向处于受压状态,且底面压应力较顶面大。桥梁梁板底面的应力状态如图 6 所示。除去锚头处的应力失真,最大压应力为 1.23 MPa。

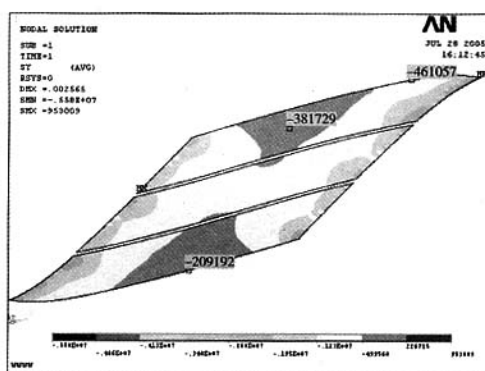


图 6 张拉预应力后桥梁板底面的应力状态

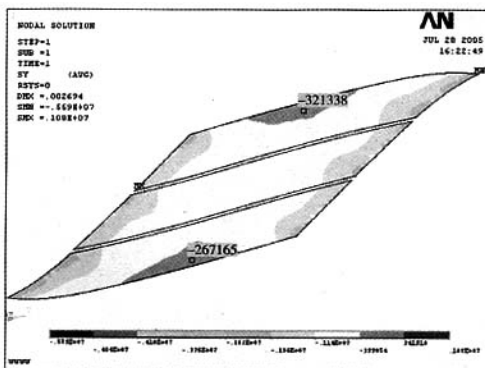


图 7 施加桥面铺装时桥梁板底面的应力状态

### 3.2 张拉预应力和桥面铺装施工后桥梁的应力状态

该桥桥面标高比改造后路面标高平均低 30 cm,所以按设计在桥面浇注 30 cm 左右厚的混凝土,取混凝土密度为 2500 kg,计算在桥面施加 7.5 kN/m<sup>2</sup> 的面压力。计算得桥梁的应力状态如图 7 所示。桥面梁板底面垂直桥跨方向处于受压状态,除去锚头处的应力失真,最大压应力为 1.14 MPa。

### 3.3 张拉预应力、桥面铺装及使用荷载作用下桥梁的应力状态

改建后的桥梁使用荷载为城-A 级,计算得桥梁的应力状态如图 8 所示。桥面梁板底面垂直桥跨方向处于受压状态,除去锚头处的应力失真,最大压应力为 0.76 MPa。

由以上计算结果可知,此方案可有(下转 102 页)

中最大的重量仅为 86.48 t,吨位均 < 100 t,可用 2 台浮吊进行双机台吊,迅速完成现场施工任务,能最大程度地减少对通航的影响(封航时间限制在每天 9:00 至 15:00 之间)。

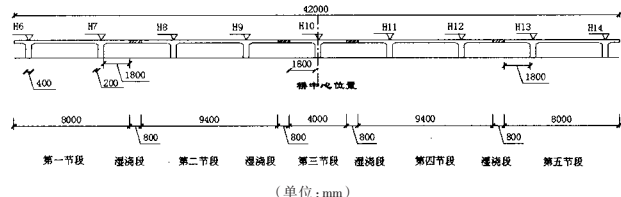


图 3 42 m 主梁分段示意图

## 2.4.2 主跨 42m 主梁施工组织

主跨 42m 主梁施工是该项目的重点,主要施工流程包括主梁预制、主梁吊装及调整等几个步骤。

(1) 主梁预制需要注意以下问题:

- 内模固定必须牢固,以防左右前后走动。
- 严格控制混凝土级配,在现实浇制前确保塌落度,保证构件强度稳定增长。
- 隔梁尺寸严格控制。
- 湿接头预留钢筋的长度要满足施工要求,确保 80 cm 后浇段钢筋有效焊接长度。
- 主梁预埋件主要有吊杆预埋件、贝雷梁连接悬吊点预埋件、施工监控预埋件等,确保预埋件位置的准确。
- 由于构件较大,严格做好养护工作,经常保持构件湿润状态,防止裂缝产生。

(2) 主梁吊装需注意以下问题:

- 吊装前,经认真检查吊带的位置及预制梁吊点的位置,如有变化应及时调整。
- 吊装时要听从统一指挥,避免浮吊钢丝绳碰到贝雷梁。
- 吊装顺序为先两边后中间依次吊装。

吊装完成后,通过调整悬吊提升系统上的千

(上接 99 页) 效地避免平行于桥跨方向裂缝的出现,改善桥梁的横向受力状态,是该桥有效的加固方案。

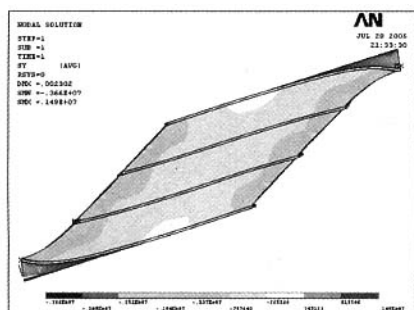


图 8 使用荷载作用下桥梁板底面的应力状态

## 4 结语

该文通过某斜交桥加固设计过程的介绍,对

千斤顶对主梁进行调整,其纵向、横均应符合规范要求。调整完成后,对贝雷梁挠度进行观测,观察其变化值。

(3) 湿接头浇筑过程中需注意以下问题:

- 混凝土浇筑应选择当天气温最低的时间,避免产生混凝土收缩裂缝。
- 模板安装必须与两端预制块紧密衔接,确保接缝处连接牢固,保证不漏浆。
- 预制梁预留钢筋采用双面焊连接,确保有效焊接长度。

## 3 结语

该文通过与同类桥梁的比较和分析,明确了该桥柔性钢筋混凝土主梁的特点。综合考虑自锚式悬索桥和柔性主梁的特点,总结得到了支架施工和预制节段施工两种可行的施工方法,给出了基本施工流程及需要考虑的关键问题。

结合安亭吴淞江桥自锚式悬索桥柔性主梁的特点,研究制定了该桥主梁部分支架施工、部分节段预制施工的总施工方法;提出了原料质量控制方法和主梁验收控制标准以确保主梁施工质量。

最后,基于柔性混凝土主梁施工方法,在具体施工组织环节中,经研究确定了预制区段的合理分段长度,较好地配合了施工,缩短了封航时间。

实践证明,柔性主梁施工方法和施工控制标准能够满足类似高跨比为 1/100 的柔性钢筋混凝土主梁的施工要求,有关经验可供类似工程参考。

## 参考文献

- [1] 苏善根. 大跨径悬索桥技术考察报告[J]. 公路, 1992(12)
- [2] 雷俊卿, 郑明珠等. 悬索桥设计[M]. 人民交通出版社, 2002
- [3] 倪宏新. 虎门大桥悬索桥钢箱梁架设[J]. 华东公路, 2001(5)

常用的加固方法的优劣进行了比对, 对比表明满铺碳纤维布和粘贴钢板方案并非桥梁加固的首选方案, 因为它们不能改变结构的受力状态, 并且加固材料强度的发挥受到原结构变形的限制, 加板肋方案可以改变结构体系, 但是由于后补强材料的应力滞后问题, 不能充分发挥加固补强材料的力学性能, 而施加体外预应力的方案, 即主动加固方案, 可以改变结构的受力状态, 充分发挥加固补强材料的力学性能, 提高原结构的承载能力和抗裂性能。通过对施加体外预应力方案的计算分析, 说明了主动加固方案的有效性, 因此建议在桥梁加固时优先选用主动加固方案, 该结论对桥梁的加固设计与施工具有一定指导意义。