

文章编号:1673-9469(2011)04-0030-03

体外预应力加固桥梁挠度分析

李自林, 孙丹

(天津城市建设学院, 天津 300384)

摘要:本文桥梁在建成后,经过多年运营及在温度应力作用下,主跨跨中出现了严重下挠病害。采用体外预应力技术对其进行加固。在结构加固中,确定体外预应力的设计并推导出加固后挠度计算公式。挠度监测点监测结果与挠度计算公式计算结果相比误差均小于5%,实践表明体外预应力加固后挠度计算公式是正确的,且表明此加固技术是减小挠度的有效方法。

关键词:桥梁工程;体外预应力加固;挠度分析;施工监测

中图分类号: TU443

文献标识码: A

The deflection analysis of the bridge strengthened by external prestressed

LI Zi-lin, SUN Dan

(Tianjin Institute of Urban Construction, Tianjin 300384, China)

Abstract: The main span cross of the bridge in this paper appeared the serious down-warping plant disease causing by long-time operation and temperature stress. The bridge was reformed by using external prestressed strengthening technology. During the reinforcement, we confirmed the design of externally prestressed and proposed the calculation formula of the deflection after reinforcement process. The error between monito-ring results of deflection monitoring stations and calculation results of deflection formula was less than 5%. The results showed that the deflection calculation formula after externally prestressed reinforcement was correct and the externally prestressed reinforcement technique is the effective method to reduce the deflection.

Key words: bridge engineering; externally prestressed reinforcement; analysis on deflection; construction monitoring

体外预应力是由布置在混凝土构件截面之外的后张预应力筋产生的预应力,预应力筋仅在锚固区及转向块处与构件相连接^[1]。其一般布置形式有直线体外束束形或双折线体外束束形。目前该技术已应用于桥梁工程建设中,并在旧桥加固中得到广泛应用,研究结果表明体外预应力加固混凝土箱梁对减小结构变形是显著的^[2-5]。

1 基本组成和预应力束的布置

体外预应力索、体外预应力钢束的锚固系统和转向装置,以及相应的防腐系统组成了体外预

应力混凝土系统,如图1。

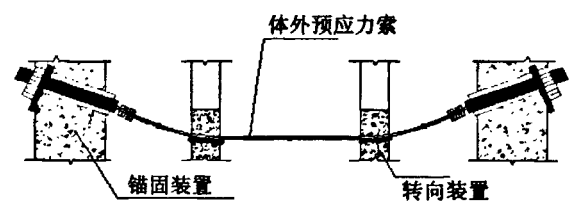


图1 体外预应力混凝土系统的基本组成

Fig.1 Basic composition of externally prestressed concrete system

收稿日期:2011-07-17

作者简介:李自林(1953-),男,河北成安人,教授,博士生导师,从事桥梁与隧道工程抗震与稳定性能研究。

体外预应力束选择、设计和优化是体外预应力加固桥梁结构的重要内容之一,根据体外预应力束在桥梁加固工程中的使用与施工条件,提出体外预应力束的初步布置方案,通过结构设计 with 束形分化的过程,确定体外预应力束的束形最终设计布置方案,与体内配置的预应力筋相比,体外预应力束传递预应力的方式具有其特殊性,即预应力作用反通过锚固区域节点和转向块来传递,因此,进行锚固局域节点和转向块节点设计就显得尤为重要。

2 工程概况

加固桥梁(如图2)全长为454 m,桥面设2.7%的单向纵坡,桥上无竖曲线,桥面横坡为双向2%。

主桥上部结构为三跨预应力混凝土连续刚构,跨径布置为122 m+210 m+122 m。箱梁为三向预应力结构,采用单箱单室截面,箱梁顶板宽22.5 m,底板宽11 m,外翼缘悬臂长5.75 m,箱梁顶板设置成2%双向横坡。箱梁根部梁高12.5 m,跨中及边跨现浇段梁高为3.5 m。从中跨跨中至箱梁根部,梁高以半立方抛物线变化。

该桥梁建成于2006年,经过几年运营后该桥出现主梁下挠的病害,检测发现主跨及边跨下挠程度均比理论分析值大,其中主跨跨中尤为严重。以主墩为相对参照零点,主跨跨中残留预拱度值不到3.2 cm;桥梁合拢时温度为20℃,温度为35℃,按桥梁均匀升温15℃进行计算,温度引起桥梁跨中上挠-2.1 cm,因此,若考虑温度力作用,则原设置预拱度值基本消耗殆尽。根据国内大跨径预应力混凝土梁式桥的工程实践经验,该类型桥的下挠周期应在10年左右,也即未来7到8年该桥还会继续下挠。同时主梁下挠使得箱梁底板大范围内存在纵向贯通裂缝(如图3),裂缝沿箱梁中心线左右对称分布,平均间距15-25 cm。

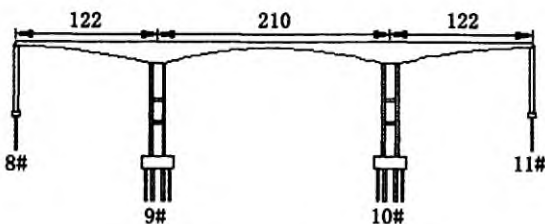


图2 加固桥梁

Fig.2 Reinforced bridge



图3 底板纵向贯通裂缝

Fig.3 Bottom longitudinal through cracks

3 体外预应力加固挠度分析

3.1 体外预应力加固设计

该桥梁在建桥施工时,已对箱梁底板采用粘贴钢板进行加固,现检测时发现,共有47处锚栓松动,部分锚栓锈蚀,此种情况的出现使得主梁跨中有呈现继续下挠的趋势。

为延缓该桥跨中继续下挠的趋势和适当恢复桥面线形,加强腹板截面抗剪能力,抑制裂缝的扩展,对该桥采用主梁增设体外预应力钢束的措施进行加固整治。

体外预应力束设置在主桥中跨,两端分别锚固于两0号块横隔板的边跨侧,整个桥跨共设置8束19根 $\Phi 15.2$ mm的体外预应力束,每个腹板对应4束,通过5个转向板分批进行下弯,锚下控制应力为1116 MPa。

3.2 体外预应力加固挠度分析

体外预应力加固挠度分析时,将预应力筋的应力视为作用在梁上的外力^[6],而预应力筋的作用将对原桥梁结构产生一个反拱挠度 f ,其与荷载引起的向下挠度相反^[7],因此在本工程中采用体外预应力加固桥梁将延缓该桥继续下挠的趋势并适当恢复桥面线形。

采用结构力学中图乘法对加固后的反拱挠度 f 进行理论的推导,并与最终的监测结果进行对比。

在预应力筋的拉力 N_y 作用下,混凝土梁的反拱挠度可由图4的计算图式确定,此时梁的刚度取为 $E_h I_o$ 。

预应力筋拉力作用下的内力为

梁端弯矩 $M_o = n_y \eta (h_1 \cos \alpha - x \sin \alpha)$

梁中端弯矩 $M_1 = -N_1 h_2$

式中 x - 支点到所计算截面的水平距离; h_1 - 锚固点到换算截面形心轴的距离; h_2 - 预应力筋重心到换算截面的形心轴的距离。

梁在单位力 $p = 1$ 作用下的弯矩图如图 4 所示。

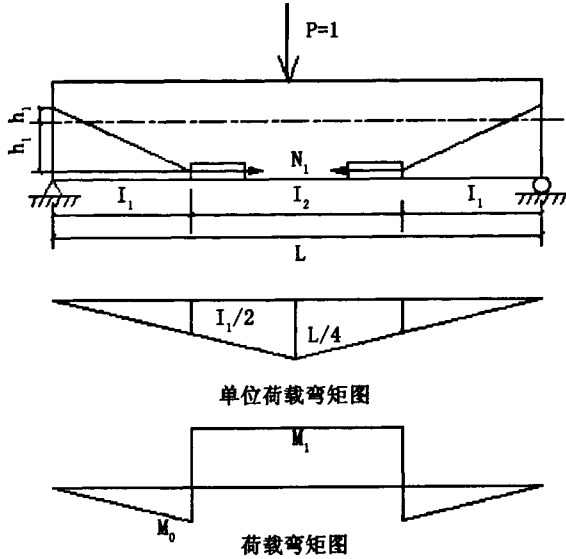


图4 反拱挠度计算图式

Fig. 4 Calculation scheme of anti-arch deflection

$$\text{由图乘法得 } \Delta k = \int \frac{\bar{M}_k M_p}{EI} ds = \frac{\omega y_o}{EI}$$

根据图 4 得

$$\Delta k = \frac{\omega y_i}{E_h I_o} = \frac{N_y \eta (h_1 \cos \alpha - l_1 \sin \alpha) \times l_1 \times \frac{2l_1}{3}}{E_h I_o}$$

$$- \frac{\frac{N_y h_2 l_2}{2} \times \frac{l_1}{2} + \frac{N_y h_2 l_2}{2} \left(\frac{L}{4} - \frac{l_1}{2} \right) \times \frac{1}{2} \times 2}{E_h I_o}$$

$$= \frac{N_y}{E_h I_o} \left[\frac{1}{3} \eta l_1^2 (h_1 \cos \alpha - l_1 \sin \alpha) - \frac{l_2}{4} \left(l_1 + \frac{1}{2} L \right) h_2 \right]$$

经过修正得体外预应力加固反拱挠度为

$$f = \frac{N_1}{\lambda EI} \left[\frac{1}{3} \eta l_1^2 (h_1 \cos \alpha - l_1 \sin \alpha) - \frac{l_2}{4} \left(l_1 + \frac{1}{2} L \right) h_2 \right]$$

式中 l_1 - 锚固点至转向块的距离; L - 梁跨长度; η - 转向块两端预应力筋的用力的关系系数; λ - 刚度折减系数, 一般为 0.85。

4 结论

1) 对体预应力进行设计, 并对加固后的反拱挠度进行理论方法的推导, 推导出的反拱挠度计算公式。

2) 理论推导公式的结果与挠度监测的结果进行了对比, 在结果上数值误差在理论范围内, 表明公式可以作为体外预应力加固后反拱挠度计算的一种方法。

参考文献:

- [1] JGJ92 - 2004, 无粘结预应力混凝土结构技术规程 [S].
- [2] 李丽, 金陵志, 朱万旭. 钢筋混凝土简支梁体外预应力加固法的挠度分析[J]. 混凝土, 2010(12): 51 - 53.
- [3] 李晨光, 刘航, 段建华, 等. 体外预应力结构技术与工程应用[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.
- [4] 王景全, 付修兵, 孙宝俊, 等. 体外预应力加固设计方法和软件设计 - 简支梁加固[J]. 工业建筑, 2005(1): 79 - 81.
- [5] 楼铁炯, 秦从律, 郭艺林, 等. 体外预应力混凝土梁的分析方法研究[J]. 自然科学进展, 2004(11): 1272 - 1276.
- [6] 王子林. 体外预应力钢 - 混凝土组合连续梁的变形计算[J]. 中国科技论文在线, 2008(07): 497 - 502.
- [7] 王连广, 刘莉. 现代预应力结构设计[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2008.

(责任编辑 刘存英)