

拱桥吊杆病害及桥面铺装无损更换标准研究

张志国, 聂磊

(石家庄铁道大学 土木工程学院, 河北 石家庄 050043)

摘要:从桥梁事故灾害出发,重点分析了拱桥吊杆常见病害,对吊杆更换保证桥面铺装不开裂条件及控制方法进行了研究,提出了由正常使用设计荷载建立桥面铺装不开裂,控制桥面标高的计算方法。结合实际桥梁吊杆更换,按照此方法进行计算,得出了更换吊杆时桥面标高变化不超过10 mm的控制标准,经过实际工程应用,表明结果是合理和安全的。此研究为实现桥面铺装不开裂提供了理论依据。

关键词:拱桥;吊杆更换;桥面铺装;无损更换标准

中图分类号:U445.4 **文献标识码:**A **文章编号:**2095-0373(2010)02-0094-04

0 引言

吊杆拱桥一般是指中、下承式拱桥,主要由拱肋、横向联系、悬挂结构组成。其中悬挂结构包括吊杆、横梁、纵梁以及行车道板等。桥面荷载作用于行车道板,然后传至横梁与纵梁,通过吊杆将荷载传至拱肋上,拱肋受力后,通过拱脚传至桥墩。吊杆拱桥由于具有传力明确、受力体系合理和造型美观等诸多优点,所以一直是国内外常采用的一种重要桥梁结构形式。

1 拱桥吊杆构造及常见病害分析

吊杆是吊杆拱桥的主要结构部件,是桥面系荷载传递至拱肋的唯一途径。吊杆一般由钢索、锚具和防护三部分组成。钢索是吊杆的关键组成部分,一般用冷轧粗钢筋、高强钢丝或钢绞线等高强度钢材制作。锚具是吊杆连接拱肋及横梁(或锚固于系梁)的装置,高强钢丝束做的吊杆一般采用墩头锚、冷铸锚,冷轧粗钢筋则采用轧丝锚与拱肋、横梁相连。由于吊杆的材料主要是钢材,容易锈蚀,为提高吊杆的耐久性,必须增加防护措施。吊杆防护的关键是将钢索、锚具与大气和水隔离,防止其表面形成可作为电解液的水化膜。目前,吊杆的防护措施很多,主要有缠包法和套管法等。

目前危旧拱桥吊杆普遍存在的病害是由于服役多年,结构的耐久性降低,防护管开裂破损,导致钢索与大气和水接触,造成钢索锈蚀严重,截面承载能力削弱;对于那些不经过封锚处理的锚具而言,下锚头锈蚀也是吊杆拱桥的常见的病害。

在以往设计中,一般对强度问题比较重视,对吊杆的最大应力控制的比较好,而忽略了振动、冲击、弯曲附加应力等因素的影响,对与疲劳有关问题考虑较少,即便考虑也只是将应力幅控制在一定范围内,就认为吊杆钢索和锚头可以满足疲劳方面的要求。实际上,钢材在反复荷载的作用下,虽然应力低于极限强度,甚至低于屈服点,也会发生破损,即疲劳破坏。它与钢索的腐蚀破坏共同作用,可使吊杆病害加剧,大大降低吊杆的安全系数。由于现在交通量增加,荷载标准加大,造成吊杆应力水平提高,也对吊杆病害的产生和发展起到了加剧作用^[1]。

目前,有大部分吊杆拱桥的吊杆存在以上病害,导致吊杆的承载能力下降,影响整个拱桥的安全性,

收稿日期:2010-04-21

作者简介:张志国,男,1971年出生,博士,教授。研究方向:桥梁,钢结构。发表论文40多篇,其中被EI收录12篇。出版教材3部。主持科研项目10多项。

基金项目:河北省科技支撑计划项目(09276914)

临时吊杆分级加载次数增加,使吊杆力转移效率降低,延长工期,造成浪费。对桥面铺装完好的更换吊杆拱桥,可以认为在正常使用荷载作用下,桥梁处于弹性工作阶段,桥面铺装不开裂,这样可以借助该桥设计荷载作用于桥面上的产生桥面变形来确定控制条件 $[\theta]$,从而保证桥面铺装不开裂,实现桥面无损更换,并具有一定的安全系数。桥面铺装转角 θ 的计算模型如图 1。

图 1 中 Δ 为控制截面处设计荷载作用时桥面最大位移, Δ_1 、 Δ_2 为相临吊杆处桥面位移, L 为相邻吊杆间距。由此可以得出桥面铺装转角 θ 的计算公式为

$$\theta = (\Delta - \Delta_1)/L + (\Delta - \Delta_2)/L = (2\Delta - \Delta_1 - \Delta_2)/L \quad (1)$$

此转角即为桥面铺装不开裂条件控制转角 $[\theta]$,在实际运用时,可以对桥梁进行加载计算,找到控制吊杆及计算出吊杆位置挠度值,然后代入式(1)即可得到更换时的控制转角 $[\theta]$ 。

2.3 桥面无损更换施工控制条件优化

要实现桥面无损更换,必须通过有效的施工控制来实现。根据前面分析的结果,得出了保证桥面不开裂时的控制转角 $[\theta]$ 。但是桥面转角在施工过程中测量困难,增大了施工控制难度,必须对控制条件进行优化。

在吊杆更换过程中,临时吊杆逐级缓慢加载,该吊杆处横梁产生与临近横梁向上的相对位移,正是该相对位移使桥面铺装在该横梁处产生了转角。由于桥面位移可以通过测量桥面标高得出,因此,若将控制桥面铺装转角转化为控制桥面标高变化,则会大大降低施工控制难度,确保桥面无损更换。

对式(1)进行变形,并代入保证桥面铺装不开裂的控制转角 $[\theta]$,可以得出更换吊杆处桥面标高变化与相临吊杆处桥面标高变化关系

$$\Delta = L[\theta]/2 + (\Delta_1 + \Delta_2)/2 \quad (2)$$

吊杆处桥面标高变化与两个因素有关,即吊杆长度变形及拱肋标高变化。由于在更换吊杆施工过程中,相临吊杆力变化很小,临时吊杆加载的力基本等于该更换吊杆减少的力,并且拱肋截面抗弯惯性矩很大,因此拱肋标高变化很小,可以忽略。另外,若忽略相邻吊杆处位移 Δ_1 、 Δ_2 影响,将使控制标准变得更严格而偏于安全,这样,可以由式(2)得出桥面无损更换优化控制条件 $[\Delta]$ 的计算公式

$$[\Delta] = L[\theta]/2 \quad (3)$$

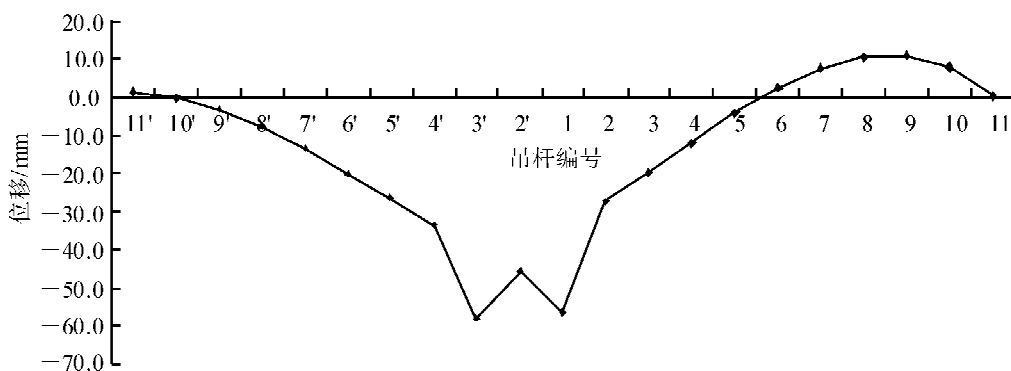


图 2 桥面铺装位移折线图

3 工程应用效果

采用提出的桥面铺装无损控制条件,对城西大桥进行了实际计算。该桥主要参数为:桥梁全长 98.6 m,跨径组合 1.3 m + 2 × 3.0 m + 84.0 m + 2 × 3.0 m + 1.3 m,主跨为钢筋混凝土中承式无铰拱桥。桥梁全宽 15.2 m,横向布置为:2.0 m 人行道 + 1.1 m 拱肋 + 9.0 m 行车道 + 1.1 m 拱肋 + 2.0 m 人行道。拱肋为箱形断面,高 1.8 m,宽 1.1 m,顶、底板厚 0.2 m,腹板厚 0.18 m,拱肋每 3 m 设置一道 0.3 m 厚横隔板;吊杆横梁采用预应力结构,高 0.90 m,跨中宽 0.5 m;桥面板简支于吊杆横梁上,高 0.18 m,宽 0.99 m;吊杆间距为 3 m;该桥原设计荷载等级为汽车-20 级,挂车-100,人群荷载为 3.0 kN/m²。2001 年因为桥面破损,对桥梁进行了加固,重新铺筑了桥面,并增设伸缩缝。经过几年的运营,桥梁又出现了吊杆锈蚀加剧

情况,因此,该桥需要在保证桥面不开裂条件下完成吊杆更换。

通过对该桥移动加载,发现当挂车-100 前轮作用于 1[#]吊杆位置时,桥面铺装将产生最不利转角。此状态下桥面铺装产生的位移折线图如图 2 所示。

由图 2 可以看出,在 2[#]、4[#]吊杆处桥面铺装负弯矩转角较大,但是该吊杆附近桥面铺装作用于移动荷载,不能够反映在吊杆更换过程中桥面铺装受力状态,因此不作为制定控制条件依据。在 2[#]吊杆处桥面铺装在吊杆间距范围内没有移动荷载作用,其桥面铺装受力状态符合吊杆更换过程中的实际情况。因假设移动荷载作用时桥面铺装不开裂,所以 2[#]吊杆处桥面铺装产生的转角可以作为制定控制条件的依据。根据式(1),即可计算出保证桥面铺装不开裂时的转角 $[\theta] = 0.007\ 186\ 67$ 弧度,再利用式(3)计算出控制条件 $[\Delta] = 10.78\ \text{mm}$ 。在具体施工时,要求吊杆处桥面标高变化不能超过 10 mm。以此做为施工控制条件,城西大桥成功地完成了全部吊杆更换,并且桥面没有发生开裂,实现了桥面无损更换^[4]。建立的方法可作为今后简支桥面系杆拱桥更换吊杆,且保证桥面不开裂提供依据。

参 考 文 献

- [1] 姚志强,阮小平,邓清. 拱桥吊杆变形差异引发桥面断裂及类似事故的预防措施[J]. 桥梁建设,2002(7):73-75.
- [2] 李文琪,贺立新. 对宜宾小南门桥事故的思考[J]. 中国公路,2002(22):47-48.
- [3] 钟启宾. 系杆拱桥吊杆、系杆设计寿命及相关问题[J]. OVM 通讯,2002(2):2-5.
- [4] 聂磊. 危旧吊杆拱桥加固改造关键技术研究[D]. 石家庄:石家庄铁道大学土木工程学院,2010.

Arch Bridge Hanger Diseases and Replacement Control Standards

Zhang Zhiguo, Nie Lei

(School of Civil Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China)

Abstract: In view of bridge disaster risk accidents, usual diseases of arch bridge hanger are analyzed, and the conditions to ensure bridge no-cracking of deck pavement and the control method during hangers change are researched. The calculation method for bridge deck elevation control according to no cracking of bridge pavement under normal service load is brought forward. Based on the actual hanger change project, the control standards for elevation variation limit of 10 mm during hanger change are obtained through calculations from the established methods in this paper, and its rationality and security are testified through the example. The conclusion in this paper provides theory basis for hanger change with no cracking of bridge pavement.

Key words: arch bridge; hanger change; bridge deck pavement; hanger change standards with no pavement damage

(上接第 15 页)

Propagation of Elastic Waves in Magneto-electro-elastic Solids

Liu Jinxi

(Department of Engineering Mechanics, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China)

Abstract: Magneto-electro-elastic solids are a class of new multifunctional composites. The novel characteristic and basic equations of magneto-electro-elastic solids are briefly introduced. The research progress of elastic waves (surface waves, interfacial waves and guided waves, etc.) propagating in magneto-electro-elastic materials or structures is reviewed.

Key words: magneto-electro-elastic; piezoelectric material; piezomagnetic material; elastic wave; magnetoelectric effect