

预应力混凝土连续弯箱梁侧向位移的产生原因分析与控制

杨运鹏，文平，王国栋，王抗

(中国水利水电第十工程局有限公司,四川成都 610072)

摘要:预应力混凝土连续弯箱梁的侧向位移是弯箱梁桥梁工程中容易出现的问题之一。引起侧向位移的主要因素有:桥梁支座的布置形式、温度效应、弯梁的曲率半径、恒荷载作用、活荷载作用、梁体的截面形式及预应力的施工因素。通过对上述因素进行研究与分析,采取了预防侧向位移的限位措施,避免了弯箱梁发生侧向位移。

关键词:弯箱梁;侧向位移;限位措施;原因分析

中图分类号:U444;U445;U442

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2019)04-0125-03

Cause Analysis and Control of Lateral Displacement of Prestressed Concrete Continuous Curved Box Girder

YANG Yunpeng, WEN Ping, WANG Guodong, WANG Kang

(Sinohydro Bureau 10 Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 610072)

Abstract: The lateral displacement of prestressed concrete continuous curved box girder is one of the common problems that often occur in the construction of curved box girder bridges. The main factors causing lateral displacement are the layout of bridge supports, temperature effect, curvature radius of curved beams, constant load, live load, section form of beams and construction factors of prestressing force. Research on and analysis of the above factors, the limit measures are taken to avoid the lateral displacement of the curved box girder.

Key words: curved box girder; lateral displacement; limit measures; cause analysis

1 概述

环高明湖经济带建设PPP项目位于四川省通江县,为综合性市政工程,包括19条市政道路,总里程为15.83 km,其中桥梁11座;湿地公园和生态公园各一座,总占地面积达2 700亩($1 \text{ hm}^2 = 15 \text{ 亩}$)。笔者以该项目所含的市政道路中混凝土连续弯箱箱梁为研究对象,结合以往工程实例中发生的侧向位移病害进行了分析与研究,总结出一些限制弯箱梁桥发生侧向位移的经验措施,旨在今后类似工程中推广应用,减小此类桥梁工程病害的发生。

2 预应力混凝土连续弯箱梁的侧向位移

弯箱梁桥设计时常采用预应力混凝土连续弯箱梁。但在实际施工和建成后的运营过程中,弯箱梁梁体往往会出现侧向位移^[1](爬移)、梁体扭转、桥墩开裂^[2]甚至梁体倾覆等质量安全事故,其

中侧向位移造成事故机率占大多数。

多重外界因素影响下会有横桥方向的侧向位移发生,例如弯箱梁的预加应力、车辆行驶时的离心力、昼夜温差等因素的综合作用。如果梁体产生侧向位移,且发生的位移量不能完全得到恢复,日积月累会产生较大的侧向位移,该过程即为爬移现象的产生过程。

此外,现场施工时对影响侧向位移的因素考虑不充分,弯箱梁梁体就会出现侧向的滑移,滑移程度较轻的会引起梁端伸缩缝破坏,程度严重的会引起梁体翻转倾覆而造成质量安全事故和经济损失。

3 导致侧向位移的主要影响因素

3.1 支座布置形式的影响

支座的布置形式可以从两方面进行调整:①对支座类型进行调整;②对支座间距进行调整。

弯箱梁使用的支座类型有单向滑动支座、双

向滑动支座、固定支座三种类型。支座类型的选择虽然对竖向支反力没有太大的影响,但对水平方向的支反力却有着较大的影响,水平方向的支

反力是制约梁体侧向位移的关键因素,因此,选择正确的支座应进行严格的计算(图1)。

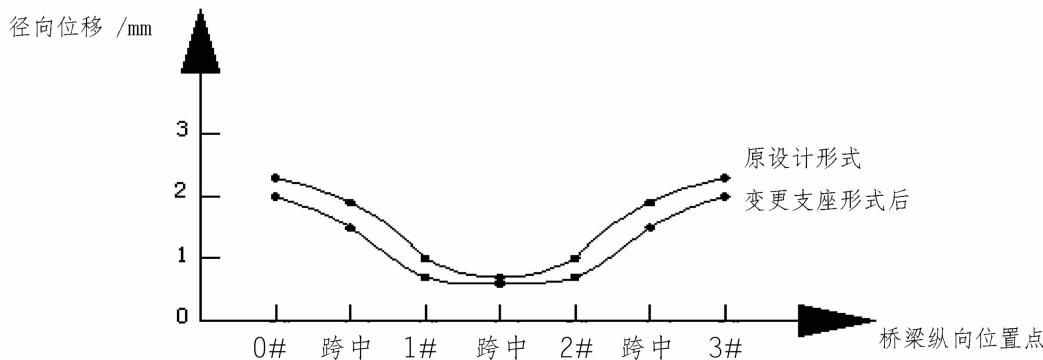


图1 变更支座形式对径向位移的影响示意图

对支座间距进行调整会影响到支座的竖向支反力,减小支座间距会使内外侧支座竖向支反力趋于相等;增大支座间距则会使内外侧支座的竖向支反力差值变大,其外侧支座变为主要受力点,致使内外侧支座受力不均、侧向位移量亦将加速产生,从而导致梁体的使用寿命远远小于设计寿命。

3.2 恒荷载作用的影响

对于弯箱梁而言,虽然横截面对于中心线而言是左右对称,但是梁体的重心位置对于梁体的中心位置却有一定的偏移。由于弯箱梁的顶面形式和扇环类似,我们取一段厚度均匀的扇环(图2),其截面形心即为其剪力中心,该剪力中心的半径为 R_0 ,桥面宽度为 B 。由偏心距公式 $e = -B^2/12R_0$ 可以得出以下结论:弯箱梁的重心偏心距与梁截面形式和曲率半径有关,弯箱梁梁体有向外倾覆的趋势,因此,在布置支座形式时必须考虑在弯箱梁外侧设置一定的预偏心,进而改善支座支反力和梁体扭矩的分布形式。

3.3 弯箱梁曲率半径的影响

由于弯箱梁的曲率半径对梁体侧向位移具有重要的影响,因此,不同的曲率半径对梁体的影响亦不同。如果曲率半径增大,内外侧支座的支反力则趋于相近,当曲率半径趋于无穷大时,弯箱梁桥即变为直线桥,其内外侧的支座支反力变为相等。在不同曲率半径下,特别是梁端支座竖向支反力的变化范围要比中间支座支反力的变化大的多;反之,梁体的曲率半径越小,梁体内侧支座的

竖向支反力越敏感,梁体的扭转就越明显,弯箱梁向外侧的侧向位移亦越大,以上变化以边跨及梁端的变化最为明显。

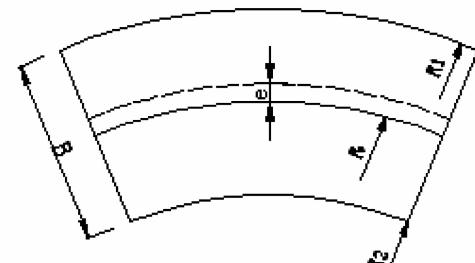


图2 扇环示意图

3.4 温度效应的影响

温度效应引起梁体侧向位移的原因有两种,笔者对其进行分析如下:

第一种是由温度梯度^[3](日照温差)引起的。梁体受到太阳照射后,向阳面的温度变化幅度较大,而背阳面的温度变化幅度则较小,而且沿梁体高度各个层面的温度亦不相同,从而产生横向、竖向的温度梯度。由于结构材料具有热胀冷缩的性

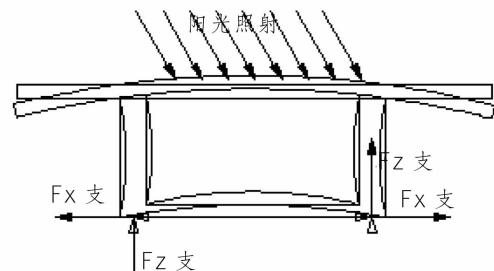


图3 梁体箱型截面在日照温差下的变形形式图

质,势必会产生温度形变,对于截面闭合的弯箱梁梁体在横截面上就会产生出如图3所示的变形形式。温度梯度会使梁体支座在平面内产生方向相反的支反力。弯箱梁在日照温差作用下,梁曲率半径越大,梁体越会表现出纵桥向的变形;梁曲率半径越小,梁体越会表现出横桥向或竖向的变形特征。

第二种是由体系温差(季节温差)引起的。弯箱梁梁体在体系温差作用下,各单项活动支座和固定支座将会承受一定平面内的支反力,特别是梁端单项支座承受的横向推力较大。在体系温差大小不同的情况下,支座竖向支反力和径向支反力的大小不同,体系温差越大,支反力越大,且支反力的大小与体系温差呈线性变化,进而引起梁体侧向位移越大。

3.5 动荷载作用的影响

在分析车辆在桥面上行驶时力的作用时,参照集中力的形式可知施加在车轮着地点的力对梁体产生竖向荷载(车辆自重)和水平离心力荷载,刹车时还会有切向力(制动力)^[4]。如果车辆行驶处于梁体边缘则会使梁体产生偏心受力,进而会导致梁体发生侧移。高速行驶车辆带来的离心力不仅会引起梁体的侧向位移,还会引起梁体伸缩缝的剪切破坏和端部支座破坏。高速车辆行驶过后,梁体的侧向位移在支座摩擦力影响下并不能够完全恢复,会产生横桥方向上的残余位移,当残余位移长时间叠加后就会产生梁体的侧向位移,即爬移现象会愈加严重。

3.6 梁体预应力的影响

预应力钢束的布置形式不同、预应力对弯箱梁梁体的作用形式及作用位置不同,所产生的支座反力和扭转形式也会有所不同^[5]。由于弯箱梁梁体本身存在曲率,所以,预应力钢束在梁体内存在双向曲率。预应力可以分解为竖向分力和水平向分力,两种分力分别会带来梁体起拱和梁体的侧向位移,而起拱则会使梁体的内侧支座脱空、产生梁体扭转的趋势。对于梁体而言,曲率半径越小,水平方向分力的作用效果就越明显,由于弯箱梁预应力钢束空间上存在双向曲率,即使在梁体截面对称位置同时张拉且张拉力相同,仍然会有水平方向上的分力,而且还会产生侧向位移。如果按照不规范的张拉顺序进行张拉,梁体的侧向

位移将会更大。

4 弯箱梁桥侧向位移的限位措施

侧向限位措施是防止弯箱梁发生“爬移”现象的预防措施,采取限位措施的目的包括:避免弯箱梁出现拉反力,即避免支座出现脱空现象;避免支座横向推力过大;尽量使弯箱梁梁体与桥墩、桥台在平面内的变形趋于协调,以避免弯箱梁扭转变形过大。该工程施工中主要是通过改善弯梁箱自身构造达到限位目的的,其采取的主要措施有:

(1)采用盆式橡胶支座。盆式橡胶支座是由钢构件和橡胶组合而成的新型桥梁支座,具有承载力大、水平位移量大、运转灵活等特点,能够更好地协调梁体与桥墩之间的变形;

(2)鉴于桥墩墩身较高,应尽可能地多使用单向活动支座和固定支座。由于桥墩较高,桥墩自身的柔度可以很好地适应梁体的变形,使梁体和桥墩达到共同变形。因此,单向活动支座和固定支座可以使弯箱梁在平面内的变形受到支座和桥墩的约束,利用桥墩的平面抗推刚度来降低梁体在平面内的变形;

(3)减小下部结构的抗推刚度。减小桥墩的抗推刚度也就是增加了桥墩的柔度,而桥墩自身的柔度可以很好地适应梁体的变形,从而使梁体和桥墩达到共同变形;

(4)设置弹性侧向支撑。即利用弹性支撑代替下部结构的柔度,这样实施不仅能够减小梁端的支反力,还能够使顺桥向各墩台的刚度协调,从而减小弯梁的侧向位移;

(5)改变梁端支座的横向布置。其一般做法是加大端部双支座的间距。梁体宽度不够时,则考虑向外侧增加梁体,再将支座向外侧进行偏移,这种设置可以很好地改善支反力,并能增强梁体的抗扭性能;

(6)改变预应力钢束的布置形式。由于配置在底板的预应力钢束远多于配置在顶板处的钢束,即弯箱梁向外侧扭转的扭矩要大于向内侧扭转的扭矩,故在预应力混凝土连续梁中适当地配置了一些顶板预应力钢束以改善梁体的扭转变形并减小内侧支座的拉反力。

5 结语

该项目实施的两座预应力混凝土连续弯箱梁
(下转第131页)

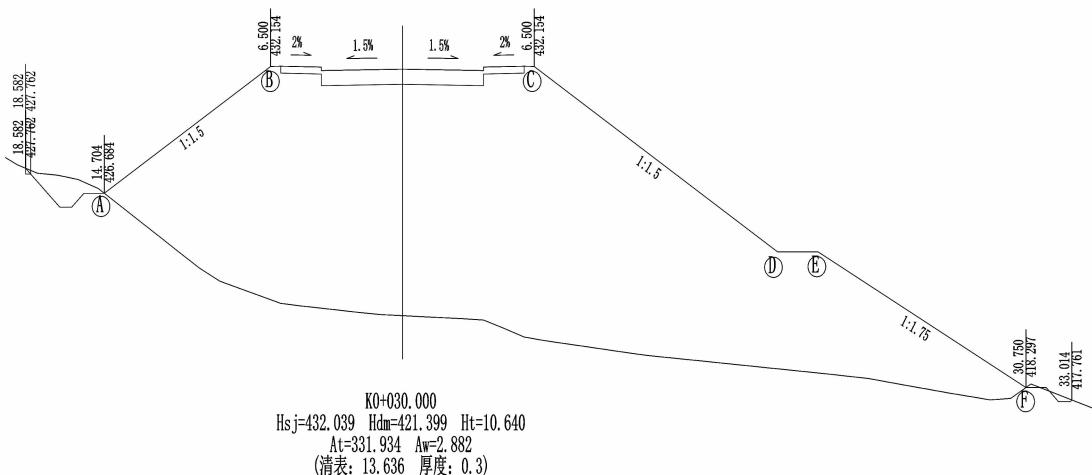


图3 设计标高离散点推算图

(3)采用同样的方法得到经三路 K0+024 两侧边坡、纬十路西段一标段 K0+192.282 与 K0+228.282 左侧边坡坡面上的设计标高离散点,有有了一定数量的设计标高离散点后,就可以建立三角网了,从而可以很方便地计算并得到交叉口人行道以外边坡的土石方工程量。当然,在推算过程中,推算的点越多,所得到的工程量就越精确。

5 结语

根据工程的实际情况选择合适的计算方法,并且也要选择合适的计算软件。多学习几种优秀的软件固然不是坏处,但软件的学习不在于“多”,而在于“精”,用简单的方法办复杂的事是笔者在该工程土石方计算中最深刻体会。

参考文献:

[1] 张光辉.快速计算土方量的方法[J].测绘通报,1997,43(5):23

(上接第 127 页)

目前正处于实施阶段,施工中在采取了上述侧向限位措施后取得了一定成效。但弯箱梁侧向位移的发生需要经历十分缓慢的过程,因此,有必要待工程完工后再及时布置观测仪持续跟踪观测,对桥梁侧向位移进行系统的研究,充分分析与其相关联的因素,进一步完善上述采用的预防措施,将会取得更好的效果。

参考文献:

[1] 孙光华.曲线桥梁计算[M].北京:人民交通出版社,1997:7—25.

[2] 艾四芽.京福高速公路兰圃互通 B匝道第一联受力[J].公路交通科技,2005,22(6):101—103.

—24.

- [2] 陈秋风,罗德仁.横断面法土石方计算的精度分析[J].江西测绘,2003,21(3):43—44.
- [3] 李志林,朱庆.数字高程模型[M].武汉:武汉大学出版社,2003.
- [4] 周越轩,刘学军,杨治洪,等.基于 DTM 的土方工程计算与精度分析[J].长沙交通学院学报,2000,16(4):39—43.
- [5] 范东明.道路横断面成图及土石方计算软件系统的关键技术[J].测绘通报,2004,50(5):47—48,66.

作者简介:

蒋保东(1986—),男,重庆梁平人,工程师,学士,从事建设工程施工技术与管理工作;
刘兴华(1984—),男,河北秦皇岛人,工程师,从事工程测量工作;
王抗(1986—),男,四川内江人,助理工程师,从事建设工程施工技术与管理工作;
王俊(1991—),男,河南鹿邑人,助理工程师,从事工程测量工作。

(责任编辑:李燕辉)

- [3] 何柏雷.“太阳把桥晒跑了?”深圳某立交 A 匝道事故分析[J].城市道路与防洪,2002,20(2):39—43.
- [4] 张伟.弯桥梁的加固施工[M].武汉:桥梁建设,2001:49—51.
- [5] 邵容光,夏淦.混凝土弯桥梁[M].北京:人民交通出版社,1994:15—69.

作者简介:

杨运鹏(1976—),男,山东肥城人,工程师,从事建设工程施工技术与管理工作;
文平(1978—),男,湖南湘乡人,高级工程师,从事建设工程施工技术及管理工作;
王国栋(1989—),男,河南濮阳人,助理工程师,从事建设工程施工技术及管理工作;
王抗(1986—),男,四川内江人,助理工程师,从事建设工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)