

不同支承形式对曲线混凝土梁桥性能影响分析

张谷雨, 王 冲

(陕西省交通规划设计研究院有限公司, 陕西 西安 710065)

摘 要: 为探明混凝土曲线梁桥在弯扭耦合作用下的受力特征,以某枢纽曲线预应力混凝土梁桥为工程背景,采用不同支承形式和预偏心作用下桥梁的支反力及扭矩性能,通过参数类比的方法进行了研究。结果表明:采用双支座能够有效降低曲线桥梁的扭转跨径,从而减小曲线桥梁的扭矩效应,且抗扭支座设置得越多,对减小曲线梁桥扭矩效应越为明显;曲线梁桥可以通过设置合理的预偏心值来降低梁端扭矩,平衡支座反力,尤其是在中墩采用单支点传力情况下;预偏心设置有效改变了支点位置处的集中扭矩作用,使得扭矩分布沿着支点位置存在突变,从而达到扭矩值趋于平衡的作用,使抗扭支点控制截面扭矩峰值减小。

关键词: 支承方式;曲线梁桥;预偏心设置;支座反力;扭矩分布

中图分类号: U448.35

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2025)07-0313-04

Analysis on Influence of Different Support Patterns on Performance of Curved Concrete Beam Bridge

ZHANG Guyu, WANG Chong

(Shaanxi Provincial Transportation Planning Design and Research Institute Co., Ltd., Xi'an 710065, China)

Abstract: To verify the stress characteristics of concrete curved beam bridges under the bending torsion coupling, taking a prestressed concrete curved beam bridge in a hub as the engineering background, the support reaction and torque performance of the bridge under different support forms and pre-eccentricity action are studied through parameter analogy. The results show that the use of double supports can effectively reduce the torsional span of curved bridges, thereby reducing the torque effect of curved beam bridges. The more anti-torsion supports are set, the more obvious the reduction of torque effect of curved beam bridges. The curved beam bridges can reduce the beam end torque and balance the support reaction force by setting a reasonable pre-eccentricity value, especially when the central pier adopts a single support point for force transmission. The pre-eccentricity setting effectively changes the concentrated torque effect at the fulcrum position, causing a sudden change in torque distribution along the fulcrum position, thereby achieving a balanced torque value and reducing the peak torque of the anti-torsion fulcrum control section.

Keywords: support pattern; curved beam bridge; pre-eccentricity setting; support reaction force; torque distribution

0 引 言

小半径曲线混凝土桥梁的支座布置方式是直接影响全桥内力分布的重要因素^[1-5]。受曲率影响,主梁在承受竖向荷载的同时必然发生扭转效应,进而因扭转作用导致主梁挠曲变形。曲线混凝土梁受主梁的弯扭耦合作用,同时因质量中心不在轴线两端的连线上,桥梁在自重作用下也会产生扭矩,因此曲线桥梁受力特点^[6-10]远比直线桥复杂。具体表现为:

(1)曲线桥梁由于其质量中心不在轴线连线上,导致梁体弯扭耦合作用效应明显;

(2)由于受弯扭耦合^[11-15]作用效应,内侧梁体与外侧梁体受力不均匀,两侧的支座反力也有一定差异;

(3)曲线桥梁的支承反力有外侧大、内侧小倾向,尤其是在曲率半径较小时,较为容易出现负反力,产生支座脱空现象。

本文以实际运营桥梁为研究对象,通过对曲线桥梁不同支承方式的研究,对比主梁扭矩、支座反力等因素,研究支承形式和支座预偏心对小半径曲线桥梁的影响,进而总结出相关规律,选用对结构受力有利的支承形式,对在役桥梁加固改建及新建桥梁具有重要的工程参考价值。

1 工程概况

本文以某互通匝道小半径曲线混凝土梁为研究

收稿日期: 2024-11-09

作者简介: 张谷雨(1995—),男,本科,工程师,从事桥梁与市政结构设计工作。

对象,桥梁上部结构为5×25 m 预应力混凝土箱梁,桥梁平面位于圆曲线段,曲线半径为 198 m;主梁为单箱双室截面,底板宽 6.5 m,桥面宽 10.5 m,高 1.5 m,桥面铺装采用 10 cm 沥青混凝土+防水层+8 cm 防水混凝土结构方式。桥梁标准横断面图见图 1。

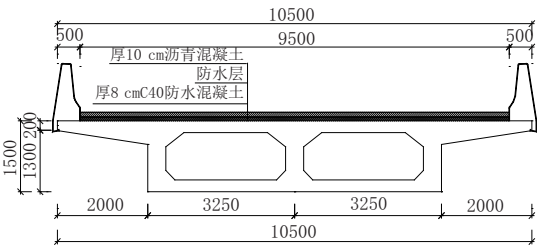


图1 桥梁标准横断面图(单位:mm)

2 小半径曲线桥梁的支承形式介绍

由于恒载变化不明显,不同曲线半径梁桥在恒载或者活载作用下的弯矩和剪力分布与同跨径的直线桥梁差异不大,但扭矩变化较为明显。尤其是过大的扭矩容易给小半径曲线桥梁上部结构设计及支座布置带来困难,主要原因为支座下部内外反力相差较大。实际设计过程中可通过调整支座偏心^[16-20]来减小主梁扭矩的分布。

曲线桥梁设置支座偏心示意图见图 2。

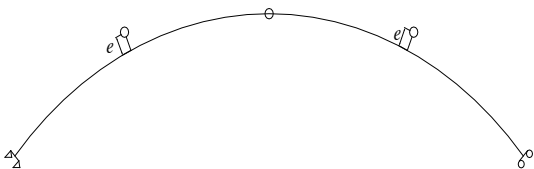


图2 曲线桥梁设置支座偏心示意图

通过支座偏心来改善曲线桥梁扭矩分布的主要原理如下:一般情况下,曲线桥梁中支点为铰式支座,扭矩最大值出现在曲线梁桥端部位置处,通过调整中间支座偏心向曲线外侧移动,由中间支座偏心产生的偏心力矩使得桥梁扭矩产生重新分布,且扭矩方向与桥梁在不设置偏心情况下的作用相反,通过两者叠加作用,使得桥梁最终承受的扭矩得到大大改善。但是设置支座偏心后,在梁端扭矩减小的同时可能会导致跨中其他截面扭矩有所增加,故如何选择合适的偏心支座偏心距,使得曲线桥梁最大正负扭矩相等就显得尤为关键。基于此,本文选取 4 种支承方式来研究不同支承形式对曲线混凝土梁桥的影响,如图 3 所示。

图 3 所示 4 种支承形式的梁端均设置抗扭支座,不同之处在于支承形式二至四分别在中间不同位置处增设了抗扭支座。其中支承形式二在两端及第 1 个

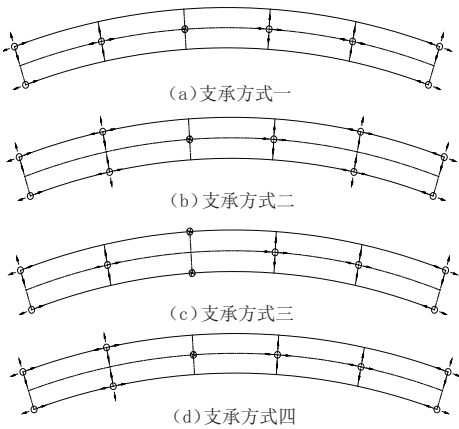


图3 4种支承形式示意图

内支座位置设置了抗扭支座,用来加强端部抗扭能力;支承形式三、四的不同之处在于支承形式三的抗扭支座与单支座间隔布置,从而缩短了扭转跨径。

3 不同支承形式下曲线桥梁受力分析

根据不同支座的分布形式,桥梁采用有限元软件 MIDAS Civil,计算了不同支承形式下,桥梁在恒载作用下的支座反力值、最大和最小扭矩,如表 1 和图 4 所示。

表1 4种支承形式下的支座反力值 单位:kN

支承形式	支座位置	支座位置					
		1	2	3	4	5	6
一	内	897	5 600	5 141	5 086	5 512	913
	外	1 382	5 600	5 141	5 086	5 512	1 423
二	内	1 075	2 685	5 129	5 099	2 516	1 131
	外	1 215	2 908	5 129	5 099	2 985	1 208
三	内	1 017	5 579	2 409	5 127	2 557	1 131
	外	1 272	5 579	2 721	5 127	2 940	1 210
四	内	1 076	2 650	5 133	5 088	5 512	947
	外	1 214	2 943	5 133	5 088	5 512	1 310

由表 1 可知,不同支承形式下,箱梁支座反力均有一定差异。当采用支承形式一时,梁端反力差值最大,最大值为 510 kN;当在跨中增设抗扭支座时,对梁端支座反力差值偏差均有一定改善作用,梁端支座反力差值在不断减小。说明增设抗扭支座能够改善曲线桥梁内外支座反力的不平衡,且抗扭支座设置位置越靠近中墩,改善效果相对越好。

通过对比不同支承形式下桥梁的反力分布及箱梁最大、最小扭矩可知,类比于桥梁跨径,设置抗扭支座可大大减小桥梁的扭转跨径,而扭转跨径的减小可减小曲线桥梁扭矩作用。理论上分析,双支座设置越多,对曲线桥梁在弯扭耦合作用下的力学性能越有利,进一步分析可知,采用单双支座间隔布置

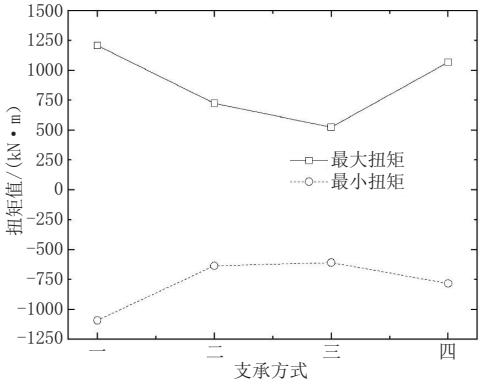


图4 4种支承形式下梁体最大和最小扭矩

对扭矩的减小效果最好。

大量计算表明,在抗扭支座设置较多(抗扭支座间隔不超过2跨)的情况下,内外侧支座受力相对较为均衡。实际设计过程中由于条件有限,多数情况不能实现全桥设置抗扭支座,只能通过独柱式点支承进行荷载传递,以及桥台两侧的抗扭支承来传递扭矩。因此有必要对桥梁支座设置预偏心进行研究,以减小全桥的扭矩分布。

4 预偏心对曲线桥梁受力影响分析

为考察支座预偏心对曲线桥梁力学性能的影响,本节拟采用曲线半径为198 m的混凝土连续梁进行研究。桥梁跨径布置为5×25 m,支座布置为梁端设置抗扭双支座,中间为单支座(参见支承形式一);支座预偏心值以间隔2 cm从0变化至16 cm。主要考察曲线混凝土梁在活载及恒载作用下的支座反力、最大和最小扭矩值。结果见图5至图8。

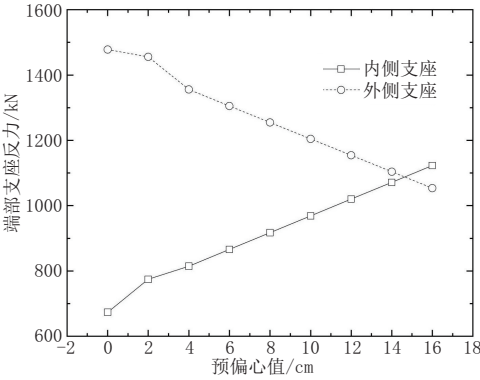


图5 恒载作用下支座反力值与预偏心值关系

由图5至图8可知:

(1)随着预偏心值的不断增大,端部支座反力差值在不断减小。在恒载作用下,当支座预偏心值为0时,内外支座反力差值为804.6 kN,当支座预偏心值为16 cm时,内外支座反力差值为69.2 kN;在恒载+活载作用下,当支座预偏心值为0时,内外支座反力

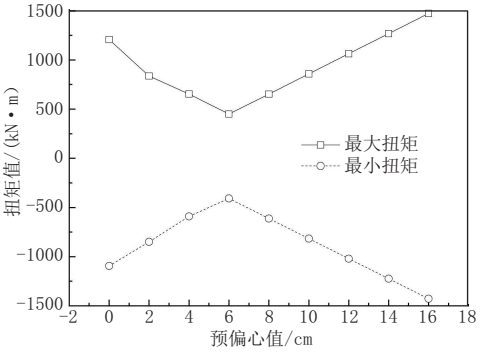


图6 恒载作用下扭矩值与预偏心值关系

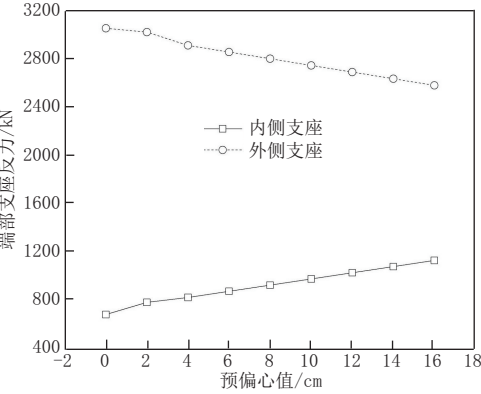


图7 恒载+活载作用下支座反力值与预偏心值关系

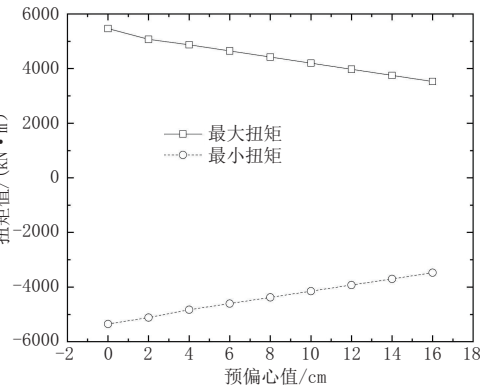


图8 恒载+活载作用下扭矩值与预偏心值关系

差值为2 379.4 kN,当支座预偏心值为16 cm时,内外支座反力差值为1 455.1 kN。

(2)随着预偏心值的不断增大,恒载作用下最大、最小扭矩值先减小再增大。当支座预偏心值为6 cm时,恒载作用下扭矩效应最小,其中最大、最小扭矩值分别为450.5、-407.3 kN·m,两者数值基本一致。随着支座预偏心值的不断增大,恒载+活载作用下扭矩随着支座预偏心值的增大而减小,当支座预偏心值为0时,正扭矩值为5 466.4 kN·m,负扭矩值为-5 352 kN·m,正负扭矩绝对值差值为114.4 kN·m;当支座预偏心值为16 cm时,正扭矩值为3 527.4 kN·m,负扭矩值为-3 474.4 kN·m,正负扭矩绝对值差值为53 kN·m。

进一步分析可知,预偏心设置有效改变了支点位置处的集中扭矩作用,使得扭矩分布沿着支点位置存在突变,从而达到扭矩值趋于平衡的作用,使抗扭支点控制截面扭矩峰值减小。从曲线梁的扭转角及支座位置处内外侧反力分析可知,当曲线梁桥桥墩位置处设置单支座,且通过支座预偏心设置减小了曲线梁桥的扭矩作用时,相当于减小了曲线梁桥的扭转跨径及扭转角,达到了让抗扭支座位置处支座内外反力趋于相等的效果。

5 结 语

(1)双支座布置能够有效降低曲线桥梁的扭转跨径,进而减小曲线桥梁的扭矩作用。双支座设置越多,对曲线桥梁在弯扭耦合作用下的力学性能越有利,采用单双支座间隔布置对扭矩的减小能取得较好结果。

(2)小半径曲线梁桥通过预偏心设置,可调整曲线梁桥沿跨径的扭矩分布情况,且能够减小梁端扭矩的极值,改善抗扭支座内外侧支座反力分布。

(3)预偏心设置有效改变了支点位置处的集中扭矩作用,使得扭矩分布沿着支点位置存在突变,从而达到扭矩值趋于平衡的作用,使抗扭支点控制截面扭矩峰值减小。

参考文献:

- [1] 滕小竹. PC曲线梁桥水平约束布置及其力学性能[J]. 城市道桥与防洪, 2022(9): 53-58; 63.
- [2] 贺文涛, 叶策焕, 刘晨箐. 侧向限位支座对曲线梁桥力学性能的影响[J]. 公路, 2018, 63(6): 110-113.
- [3] 杨娜, 武登磊. 基于三维有限元支座布置对连续箱梁受力的影响

分析[J]. 北方交通, 2021(1): 29-31.

- [4] 刘宇, 张杰. 不同支座布置间距对横梁受力影响[J]. 黑龙江交通科技, 2020, 43(10): 102-103.
- [5] 赵秀璞, 吴刚, 张盼盼. 支座布置及荷载形式对匝道桥受力特性的影响分析[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2018, 14(2): 186-188.
- [6] 吴婷, 蒋昌兵. 曲率半径变化对曲线梁桥结构变形的影响分析[J]. 城市道桥与防洪, 2011(9): 60-62.
- [7] 李海沙, 唐怀平. 连续弯箱梁静力特性与曲率半径关系的研究[J]. 路基工程, 2008(3): 140-141.
- [8] 吴焱, 吴佳佳. 曲线桥梁爬移复位受力性能分析[J]. 山东交通科技, 2023(3): 92-94; 103.
- [9] 陈潮雨, 肖鹏. 公路预应力混凝土曲线梁桥设计问题探讨[J]. 黑龙江交通科技, 2019, 42(8): 112-115.
- [10] 宋福春, 李孟臣, 张国强. 曲线桥抗倾覆稳定性分析[J]. 公路, 2018, 63(4): 65-69.
- [11] 滕小竹. 小半径PC曲线梁桥预应力效应研究[J]. 上海公路, 2023(1): 49-58; 181.
- [12] 李森. 混凝土连续曲线箱梁桥设计分析[J]. 城市道桥与防洪, 2019(5): 111-114; 126.
- [13] 李莹. 单箱多室箱梁弯扭耦合剪力滞效应分析[D]. 邯郸: 河北工程大学, 2020.
- [14] 韩星. 曲线梁桥“弯扭耦合”效应影响因素分析研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2015.
- [15] 黄艳, 元路宽, 孙国富. 小半径预应力曲线连续梁桥的扭转效应研究[J]. 中外公路, 2009, 29(1): 112-115.
- [16] 赵洁. 中墩单点铰支承小半径曲线梁桥预偏心设计研究[J]. 市政技术, 2024, 42(8): 67-41.
- [17] 张博兰. 支座预偏心设置对曲线梁桥受力影响分析[J]. 福建建筑, 2015(1): 57-59.
- [18] 赵丽. 支座布置对连续弯桥抗倾覆性能的影响分析[J]. 工程与建设, 2021, 35(5): 882-883.
- [19] 徐涛. 大圆心角、小半径弯桥支座布置设计与分析[J]. 北方交通, 2019(5): 36-38.
- [20] 尹晋文. 小曲率半径高架桥支座的偏心设置分析[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2019, 15(2): 213-215.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴, 为您提供平台, 携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

官方网址: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: roadbridgeflood@163.com

