

山区曲线桥梁设计问题的探讨

刘 剑

(甘肃省交通规划勘察设计院股份有限公司, 甘肃 兰州 730030)

摘 要: 受到道路整体线形的布置和地形的阻碍, 山区桥梁在设计过程中直线线形通常不能满足指标要求, 所以曲线桥的发展越来越受到人们的关注。直线桥和曲线桥的设计要求大相径庭, 针对曲线桥的设计进行了分析研究。主要研究了曲线桥的受力方式、曲线桥的分析方法及不同曲率下桥梁的空间分析。通过利用 Midas FEA 桥梁建立实体模型, 计算分析了曲率半径对支座反力、主梁内外侧挠度差值及应力差值的影响。对桥梁的设计工作提供了相应的理论依据。

关键词: 曲线桥; 支座反力; 挠度差值; 应力差值; 曲率

中图分类号: U442.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2020)11-0073-03

0 引言

山区曲线桥的建设是我国交通事业发展的必然产物, 曲线桥的发展也是必然趋势^[1]。如今曲线桥被利用得非常广泛, 这也使我国交通事业的发展又迈向了一个新阶段。曲线桥自身存在线形流畅、美观的特性, 并且能够与自然地形互相融合, 形成统一。既不失自然风景的美, 也注入了人类的智慧^[2]。曲线桥能给人视觉上的舒适感, 更避免了驾驶疲劳。曲线桥和直线桥的直观区别就是存在曲率。也正因为曲线桥这一特性, 在设计时的受力分析比直线桥复杂。

随着我国人口流动性的增大、交通事业的发展, 曲线桥得到了广泛应用^[3]。由于我国曲线桥的发展起步晚, 前期经验不足, 受力分析时参照直线桥的设计方式只考虑了剪力、弯矩的影响, 忽略了其他不利因素的作用, 更没有结合曲线桥自身特性进行分析受力, 使设计不能满足要求。

本文针对这一现象, 利用 Midas FEA 为曲线桥建立模型, 分析了支座反力、主梁内外侧挠度差、应力差等指标的变化情况。

1 曲线桥受力特性

在分析方法上, 曲线桥与直线桥存在着一定差异, 主要原因是曲线桥中曲率的存在, 使桥梁本身不仅会产生竖向变形, 还会产生扭转变形。在桥梁的受力分析中把这种情况称为弯扭耦合作用^[4]。在弯扭耦合作用下, 曲线桥的受力特点会出现如下变化特点:

(1) 曲线桥两侧挠度产生差异。桥梁承受弯矩变形时会产生一定挠度, 而扭矩和弯矩共同作用于桥梁时就会使两侧形成挠度差。主要表现为内侧挠度小于外侧挠度, 并且挠度差与桥面宽度成正比。

(2) 曲线桥两侧应力产生差异。相对于直线桥梁, 曲线桥梁在对称荷载影响下会产生较大扭矩, 形成内侧应力小、外侧应力大的现象。

(3) 曲线桥两侧支反力产生差异。曲线桥的特点是外侧曲线弧长大于内侧曲线弧长, 这种结构特性使桥梁对外侧支座的压力大于内侧支座的压力, 即桥梁外侧支反力大于内侧支反力。当曲率半径过小时, 内侧支座甚至与桥梁分离。在设计时应重点分析支座的受力情况, 当不满足要求时应采取相应的构造措施。

(4) 横梁的作用。曲线桥横梁除了具有将桥面活载传递给各片主梁的作用外, 在曲线桥中横梁具有很大的刚度, 主要能够有效保证桥梁的稳定性。

2 曲线桥的分析方法

曲线桥的分析方法大体可以归结为三种: 数值计算法、解析法和半解析法。每种方法都有各自的适用范围和假定前提, 所以受力方法的选定应依据研究内容而定。本文通过资料查询总结出以下几种分析方法:

(1) 梁格系理论, 该方法主要适用于箱梁、主梁结构。

(2) 正交异性板理论, 该方法主要适用于变截面曲线桥。

(3) 有限单元法, 该方法主要适用于所有型式的曲线桥。

(4) 有限条法, 该方法主要适用于截面高度不

收稿日期: 2020-05-06

作者简介: 刘剑(1980—), 男, 本科, 高级工程师, 从事桥隧设计工作。

变的曲线桥。

(5)能量法,该方法主要适用于设置支撑的连续弯梁桥。

通过以上分析方法的归纳整理可知,曲线桥梁的分析方法有正交异性板理论、有限条法、能量法、梁格系理论、有限单元法。每种方法依据的理论基础不同,所以适用的桥梁结构型式也不同。通过分析对比这几种研究方法,发现它们的研究范围存在局限性,只有有限单元法适用于所有型式的曲面桥梁^[5]。为了保证研究的严谨性、内容分析的适用性,本文采用有限单元法的理论进行研究。

有限单元法基于变分原理和加权残值法,其基本求解思想是将计算域划分为有限个不重叠单元。在每个单元中,选择一些合适的节点作为解函数的插值点,借助于变分原理或加权残值法,将微分方程中的变量改写为由每个变量或其导数的节点值和所选插值函数组成的线性表达式,对微分方程进行离散求解。

3 不同曲率下桥梁的空间分析

3.1 工程概况

本文所依托的工程是甘肃省某山区桥梁的一段,该段桥梁截面是60 m长的箱梁截面,桥梁宽度为10 m,底板宽度为7.5 m,顶板、底板厚分别为22 cm、20 cm。梁高1.8 m,设计半径200 m,桥梁上部结构中垫层采用12 cm厚的混凝土,面层采用10 cm厚的沥青混凝土。

3.2 建立模型

本文利用软件 Midas FEA 对曲线桥梁建立相应模型,通过曲率的变化来研究支反力、扭矩等各因素的变化情况。本文依据工程实际选取的曲率分别为 $r=60\text{ m}$, $r=100\text{ m}$, $r=200\text{ m}$, $r=500\text{ m}$, $r=1\ 000\text{ m}$ 。模型建立过程如图1所示。

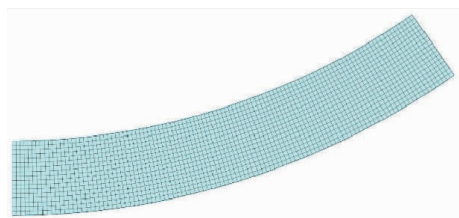


图1 曲线桥模型示意图

3.3 支反力变化分析

本文选取断面为桥梁端部截面、桥梁跨中截面、桥梁中间支点截面。通过 Midas FEA 计算三处内、外侧支反力得到以下数据,如图2所示。

由图可以看出,三个位置均呈现如下变化:随着半径的增大,内侧支反力增大,外侧支反力减

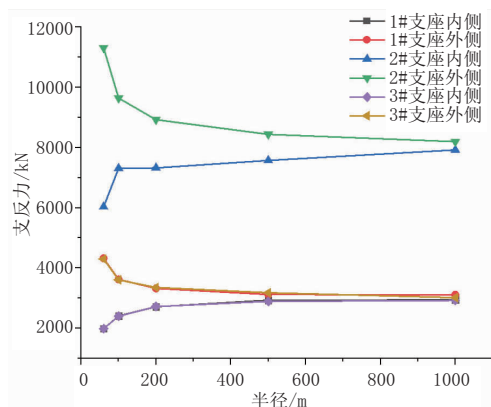


图2 支座反力变化曲线

小,且半径在60~500 m范围内,内侧支反力增大大幅度较大,外侧支反力减小幅度也较大;同一半径情况下,外侧支反力大于内侧支反力,且随着半径的增大,同一位置的内、外侧支反力数值趋于相近。

3.4 扭矩变化分析

通过建模分析,利用 Midas FEA 计算可以得知,不同曲率变化下,曲线桥的梁端扭矩变化值见表1。

表1 曲线桥梁端扭矩变化值

半径/m	梁端扭矩/(kN·m)	变化幅值/(kN·m)
60	7 123.52	0
100	3 896.28	-3 227.24
200	1 971.66	-1 924.62
500	779.82	-1 191.84
1 000	507.17	-272.65

通过以上数据可以看出,随着曲线桥梁半径的增大,梁端扭矩变化幅值有较大变化。半径由60 m增加到100 m时,扭矩减小了3 227.24 kN·m;半径由100 m增加到200 m时,扭矩减小了1 924.62 kN·m。以此类推,可以看出扭矩的减小值在不断增大,说明半径越大,曲线桥产生的扭矩越小。而通过幅值变化可以看出,随着半径的增大,扭矩的减小幅度在减小,尤其是半径500 m增加到1 000 m的过程中,扭矩幅度减小了272.65 kN·m。

通过以上分析可以得出:

(1)曲线桥梁在相同外部条件下,半径越大,产生的扭矩越小。

(2)当半径达到500 m时,随着半径的增大,扭矩值变化幅度越来越小,趋于平稳。

3.5 钢筋预应力损失分析

曲线桥在设计时预应力的分析是相当困难

的,因为预应力的存在会产生次应力,这对钢筋的布置影响很大,所以曲线桥在受力分析时应把预应力作为重点分析对象。本节将结合曲线桥自身的特点,结合模型的分析来研究不同曲率下曲线桥的预应力损失变化情况,见表2。通过计算得出的数据如图3所示。

表2 钢筋预应力损失值

半径/m	内侧损失值/MPa	中间损失值/MPa	外侧损失值/MPa
60	108.56	105.31	100.24
100	94.44	91.68	87.95
200	87.07	84.39	81.09
500	59.32	57.16	55.69
1 000	44.11	43.37	42.94

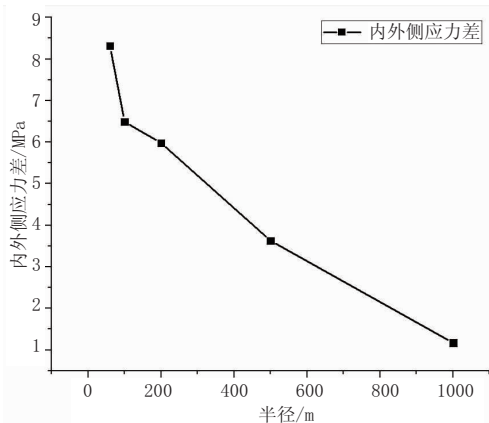


图3 预应力损失差值

对于后张法的预应力损失主要有钢筋与管道间的摩擦、混凝土的收缩徐变、混凝土的弹性压缩、预应力钢筋的应力松弛,以及锚具变形和钢筋回缩。以上几种影响因素中材料自身特点造成的影响与曲线桥半径无关,而预应力钢筋与管道间的摩擦对预应力损失影响最为严重。

通过对以上数据的分析可以看出,在半径不同的条件下,曲线桥的预应力损失变化情况如下:

(1)当曲线桥的半径变化时,随着曲线半径的增大,预应力损失也相应减小,当半径达到800 m以上时,预应力损失的变化值越来越小。

(2)当曲率半径不变时,由于桥面板存在一定宽度,所以同一截面的内侧、中间、外侧的预应力损失也不同,大体呈现内侧预应力损失>中间预应力损失>外侧预应力损失的趋势,这种趋势随着曲线桥半径的增大而越来越不显著。

4 结 语

本文以甘肃省某山区桥梁为依托,对曲线桥的设计进行探讨,通过利用Midas FEA对桥梁实体进行模型建立,通过计算分析了曲线桥在不同曲率下的变化情况,通过数据整理分析了曲率对支反力、扭矩、钢筋预应力损失的影响。通过以上步骤得出如下结论:

(1)随着曲率半径的减小,内侧支反力减小,外侧支反力增大,且半径在60~500 m范围内,内、外侧支反力变化幅度均较大;半径相同时,外侧支反力大于内侧支反力,且随着半径的增大,同一位置的内、外侧支反力数值趋于相近。

(2)曲线桥梁在相同外部条件下,随着曲率半径的减小,产生的扭矩也相应增大。当半径达到500 m时,随着半径的增大,扭矩值变化幅度越来越小,最终趋于平稳,所以在设计时应注意曲率半径过小而引起的支座“脱空”现象,因此梁端支座应采用抗扭支座。

(3)预应力损失一直是设计中的重点问题,本文通过数值分析可知曲率相同时,同一截面的不同位置的预应力损失不同,总体呈现截面内侧预应力损失值大于截面外侧预应力损失值,这种差值会随半径的增大而减小;不同曲率时,曲率半径越小,预应力损失值越大,当半径达到800 m以上时,预应力损失的变化值较平稳。

(4)桥梁上部结构选用抗扭刚度大的箱梁截面,在满足跨越能力的前提下,尽量减小箱梁的跨径,从而减小扭转产生的不利影响,同时在箱梁中适量增加横隔板数量,达到增强抗扭刚度的需要。

曲线桥梁的弯扭耦合作用是不可忽视的,导致曲线桥梁的受力比直线桥梁复杂,因此在桥梁设计时应全面考虑各种因素的影响,尽量避免最不利情况的出现。

参考文献:

- [1] 庄庆泰.曲线连续梁桥抗倾覆设计参数研究[J].交通世界,2020(22):112-113.
- [2] 颜心园,王琳,施文杰.复杂建设条件下绕城高速互通桥梁设计[J].工程与建设,2020,34(1):71-73.
- [3] 刘志才.矮腿Y形墩曲线连续刚构桥设计与施工[J].天津建设科技,2019,29(6):27-30.
- [4] 李邦映,魏庆庆,郑国华.高速公路改扩建曲线桥梁改造设计[J].工程与建设,2019,33(6):887-890.
- [5] 何中鹏.预应力混凝土曲线桥梁设计探析[J].交通世界,2019(32):115-116.