

文章编号: 0451-0712(2007)03-0084-03

中图分类号: U448.42

文献标识码: B

弯拱桥的设想和应用探讨

宁晓骏, 刘佳林, 胡雄伟, 刘庆志

(昆明理工大学建工学院 昆明市 650224)

摘 要: 提出了弯拱桥的一种简易实现方法。通过设计和计算,证实了弯拱桥在大跨径桥梁中采用是完全可行的,而且具有较广泛的应用前景。

关键词: 弯拱桥; 设想; 大跨径

1 问题的提出

在公路建设中,除特大桥梁外,一般要求中小桥梁的平面布置服从公路线形。在进行平、纵、横三方面综合设计时,应做到平面流畅、纵坡均衡、横断面合理,避免出现长直线;应考虑车辆行驶时的安全舒适,以使驾驶人员的视觉和心理反应能保持线形的连续性;同时还必须注意与周围的环境相协调,以提高对美观的要求,此时往往需要采用弯桥。

然而在我国山区的弯桥中,绝大部分是曲线梁桥,特别是道路曲线位置处在“V”形深谷时,采用曲线梁桥出现的桥墩高达七八十米,甚至达到 100 m 以上,高墩不仅造价高昂,而且整个桥梁也给人一种“腿长身子短”的感觉,极不协调。在“V”形深谷处现阶段修建的拱桥,也基本上是采用把拱桥两端的引

桥设计成极小半径的曲线梁桥,使其勉强适应整个道路的线形,从而使行车条件达到一般,而且还可能出现为了满足曲线半径的要求,将峡谷两边的山坡挖开,出现了高边坡的现象。

本文提出了适用于山区“V”形峡谷地区的大跨径弯拱桥的构想方案,即简单地采取通过悬伸立柱上的横梁来满足平曲线的要求。通过有限元分析软件 ANSYS 进行空间受力分析,结果证明这种构思方案是可行的。

2 国内现有的研究状况

在山区,由于石料丰富,因此有修建石及圬工弯拱桥的历史,并且形成了通用设计图《弯石拱桥》—JT/GQB031-75(跨径:6,8,10,13,16,20 m;载重:

收稿日期:2006-09-25

Analysis of Main Design Parameters of Cable-Stayed and Suspension Combined System Bridge

JIN Guo-sheng¹, YANG Zi-jiang², LIU Yan-hai²

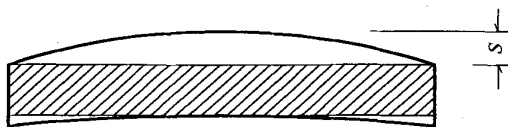
(1. Chongqing Communications Research and Design Institute, Chongqing 400067, China;

2. Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Using the program which takes into account geometrical nonlinear behavior, the structure static properties are analyzed under different load with different design parameters such as the ratio of suspension to span, the ratio of height to span, the number of auxiliary piles and structure support system, which takes completed bridge state as initial state. These conclusions drawn from the analysis offer some reference to the design parameters of this type of bridge.

Key words: cable-stayed and suspension; geometric nonlinear; parametric analysis

汽车—15级,挂车—80;汽车—20级,挂车—100)。通用设计图采用曲线型平面,如图1所示(如已知跨径和矢高 S ,则可反推其曲线半径),但是规定拱圈平面曲线图形的内弧矢高不大于60 cm,使施工不致过于复杂。



S 为内弧矢高,阴影部分为直拱平面

图1 弯拱桥平面示意

国内对弯拱桥的应用多偏向于中小跨径的圬工拱桥以及景观桥的设计,如上海市青浦城河景观桥采用的弯石拱桥,使桥梁的功能美、形态美,与所在的景观环境相协调;1983年建成的位于福建古田~水口公路的主跨为25 m的圬工弯拱桥;位于324线国道贵港~山心二级公路上的龙母桥为微弯拱桥,其跨径也仅属于中等跨径。

20世纪80年代~90年代,长安大学做了弯拱桥动力特性的模型试验,实验表明分析传统弯拱桥模型时,计算图式取两铰拱是正确的。弯拱与直拱自由振动最大的不同点是:直拱可作为平曲杆来研究自振特性;而弯拱却不能简化为杆件来研究它的自振特性,必须当作空间结构来分析,这样才能更加符合客观实际。

关于大跨径弯拱桥的理论研究和实例应用在国内尚不多见。

3 弯拱桥的受力特点

传统的圬工弯拱桥可以简化为直拱承重结构+直拱以外部分的恒载对纵轴的扭矩,而活载垂直力对纵轴的扭矩可以略去不计。

大跨径钢筋混凝土弯拱桥结构的受力较为复杂,拱圈除承受竖直的压力、顺桥向的水平推力、弯矩外,还承受横桥向的水平推力和对纵轴向的扭矩,弯扭组合效应较为明显,而且这种效应随平面半径的变小就越显得明显。桥梁的横向稳定性显得尤为重要。桥面板若采用简支结构,则可以近似地看作是弯桥直做;若采用连续桥面,与弯梁桥的桥面板受力特性较为接近。

4 弯拱桥的设计方法

某桥跨径组合为20 m+3×30 m+20 m的预应力

混凝土简支梁桥,位于平面半径 $R=300$ m的圆曲线上。

针对该桥,假定处理为弯拱桥。

取原桥的平面线形 $R=300$ m,桥型改成15 m+100 m+15 m。

主跨为4根截面尺寸为1.2 m×0.9 m的上承式钢筋混凝土肋拱弯桥,两边为15 m简支梁桥。沿拱的纵向每隔10 m设置一道横系梁,横系梁为1.0 m×0.8 m的矩形截面。

主拱拱肋为直拱,拱上结构部分采用弯桥直做。

立柱采用0.9 m×0.9 m的矩形截面,横向一排立柱的数量等于主拱的拱肋片数(4根),靠近拱脚的2排立柱各设置1根横系梁,立柱横系梁为0.8 m×0.8 m的矩形截面,支承桥面板的横梁截面为1.2 m×1.0 m。

弯拱桥的模型示意图见图2所示。

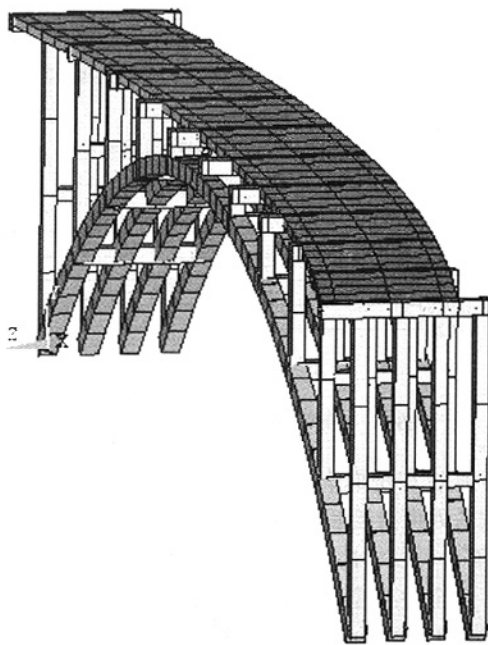


图2 弯拱桥的模型示意

从图2中可以看出,为了适应曲线,很多盖梁都有裸露段。如在实际工程中应用,可以做一些简单处理,以达到美观。

在设计时对拱轴系数进行了优化,详见文献[3]。

经过计算和比较,拱轴线采用拱轴系数 $m=1.756$ 的悬链线。

5 有限元计算

采用标准有限元软件ANSYS对该弯拱桥进行

空间力学分析。

全桥主拱肋、拱肋横系梁、立柱、立柱横系梁、横梁均采用 beam44 单元。beam44 为三维渐变不对称梁单元,具有拉伸、压缩、扭转和弯曲功能,该单元每个节点有 6 个自由度,同时该单元具有应力刚化和大变形功能。

桥面板采用 Shell63 单元。Shell63 为弹性壳单元,有弯曲和薄膜两种功能,面内和法向荷载都允许。该单元每个节点具有 6 个自由度,该单元也具有应力刚化和大变形功能。

在建模时忽略桥面超高对结构的影响。

在进行影响线(面)分析时,桥面板划分为 2 000 个单元,当进行加载时把桥面划分成 160 个单元。

恒载作用下,由于拱顶桥面部分在平曲线外侧悬臂,而在拱脚桥面部分在平曲线内侧悬臂,二者的比例为 2.433 : 1。这样使得 4 根拱肋受力不均,靠近平曲线外侧的拱肋承受的拱上荷载比靠近平曲线内侧的拱肋大。因此平曲线外侧拱肋的挠度大于内侧的挠度。

4 根拱肋拱顶的最大挠度变化见图 3 所示。



图3 4根拱肋拱顶的最大挠度变化

通过在桥面上移动汽车荷载,利用 ANSYS 的时程后处理器绘制出拱圈具有代表性的截面的影响线(面),可以得出本弯拱桥的最不利荷载位置。

对全桥模型按不同的工况组合进行加载,算出在各种工况组合下主拱肋各个截面的弯矩、轴力,并根据目前的规范进行了截面验算。结果证明这种桥

型的拱圈截面完全能承受上部曲线结构所产生的横向扭矩。

由于结构的强度破坏可以通过结点及构造处理使其具有预见性,而稳定破坏往往无法预测,故对于合理的结构设计来说,要求结构的强度破坏早于稳定破坏。根据已有的经验,对于该类桥型的设计,通常的强度储备安全系数为 2.0 左右,考虑到实际的结构稳定系数折减可达 50% 左右,因此必须保证取用的线弹性稳定系数不小于 5,才能免于稳定破坏早于强度破坏。

通过多种工况的计算,一阶稳定系数最小约为 14。因此,该桥的稳定有足够的保证。

计算表明:多种工况下一阶失稳模态均为拱肋面内失稳,说明该桥型的面外刚度相对面内刚度较大。本桥在运营阶段,虽然主拱肋在横桥向存在很大的弯矩和轴力,但是由于主拱采用的是 4 根拱肋和横系梁组成,使得主拱的抗扭刚度有了很大的提高,但是拱肋本身比较柔细,主拱的纵向刚度比其他箱拱等稍差,因此,其面内失稳比面外失稳显得更为突出。

6 结语

通过详细的计算和分析,表明本文提出的弯拱桥的处理方法是完全可行的,而且由于其结构和直拱桥基本一致,因此在施工上也没有特殊的困难。

对于山区的公路选线,在合适的位置如果考虑弯拱桥,很可能会明显降低工程投资。

参考文献:

- [1] 顾安邦,孙国柱.公路桥涵设计手册—拱桥(下册)[M].北京:人民交通出版社,1997.
- [2] 侯俊明.弯拱桥动力特性的模型试验[J].长安大学学报(自然科学版),2002,(3).
- [3] 刘佳林.新型大跨度钢筋混凝土弯拱桥的构想与研究[D].昆明理工大学,2005.