

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyh.2022.08.019

# 薄壁空心高墩的设计与分析

谢 玮

(中机中联工程有限公司, 重庆市 400041)

**摘要:**薄壁空心高墩适用于多种复杂地势,且具有相当的柔性,可较好应对上部结构变形。与此同时,其空心结构可极大减少工程用料和自身重量,在高墩桥梁中应用广泛。运用 ANSYS 软件建立墩身空间梁单元模型,同时考虑温度效应影响,分析薄壁空心高墩几何非线性特性的考虑与否所导致墩顶位移及墩底弯矩变化情况。研究结果为薄壁空心高墩在设计过程中的结构安全控制奠定了一定的基础,可供同型桥梁参考借鉴。

**关键词:**薄壁空心高墩;太阳辐射;设计验算;几何非线性

中图分类号: U443.2

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)08-0065-03

## 0 引言

近年来,我国桥梁事业飞速发展,大量公路得以修建,对公路交通建设提出越来越高的要求。然而,西部多山区,沟谷洼地均需建设桥梁进行跨越,这在桥梁较好发展机遇的背景下增添不少挑战。基于西部山区地貌特点,公路的修建必然需要跨越深沟峡谷,桥梁高墩大跨化势在必行。新中国成立初期,由于受施工技术的限制,高墩的截面形式多为实体墩。随着墩高不断加大,墩身尺寸也随之增大,高墩所带来的一系列诸如墩身自重、刚度及受温度影响等问题,是我们亟须解决的。高墩具有相当大的建筑高度,为减轻其结构自重,同时减少材料用量降低成本,常被设计为空心薄壁形式。薄壁空心桥墩截面构造形式多样,按其外轮廓形状可划分为圆形、矩形及多边形截面,按其内部箱室可划分为单箱单室、单箱多室截面(见表1、表2)。基于薄壁空心高墩顺桥向较低的抗推刚度,上部结构内力得以释放,但其自身位移和弯矩需分析研究。

本文就薄壁空心高墩考虑温度效应的实际荷载响应分析建立有限元模型,重点分析其自重、上部结构传来的恒活载、制动力及温度荷载的共同作用下墩顶的最大水平位移及墩底最大弯矩,并给出几何非线性考虑与否对墩顶位移及墩底弯矩的影响。

## 1 工程概况

薄壁空心高墩作为目前桥梁设计中广泛应用的

收稿日期: 2021-11-10

作者简介: 谢玮(1982—),男,本科,高级工程师,主要从事道路和桥梁设计工作。

表1 国外目前已建成的高墩桥梁

桥梁名称	墩高/m	桥墩形式
Bridge over the river Guadiana	60	独柱墩
Sucz Canal Bridge	70	双肢薄壁空心墩
Kordshegy Viaduct	80	独柱墩
Haseltal Bridge	82	独柱墩
Dambach Valley Bridge	85	四边形双柱墩
Viaduct CrniKal	87.5	独柱墩
Ruden Lippitzbaeh Bridges	96	双肢薄壁空心墩
Sioule Wiaduet	135	双肢薄壁空心墩
Viaduct lavant	136	双肢薄壁空心墩

表2 国内目前已建成的高墩桥梁

桥梁名称	墩高/m	桥墩形式
构皮滩乌江大桥	72	圆端形薄壁双墩结构
新津口大桥	76	双壁实心墩
瓦窑堡特大桥	79	组合桥墩
石马河特大桥	84	双薄壁空心墩
广西布柳河特大桥	95	空心墩
徐水河特大桥	98	双肢矩形薄壁空心墩
茂井大桥	113	单肢薄壁空心墩
新寨河特大桥	132	方形空心墩
洛河特大桥	143.5	双薄壁空心墩
龙潭河特大桥	178	双肢变截面矩形空心墩

一种桥墩形式,可达较高高度的墩身和经济实用的空心结构是其备受青睐的原因<sup>[1]</sup>。华村立交南引桥4~7轴为3×51.5 m与嘉华连续刚构桥相接的3跨连续梁,立面如图1所示。其中,第5、6、7轴线的桥墩均为高桥墩,其高度分别为41.4 m、30.9 m、27.3 m。为了减小桥墩自重及下部结构工程量,减轻地基的负荷,并使结构在外观上变得更加轻盈,上述桥墩采用薄壁

空心高墩结构形式,其截面如图2所示。为了保证墩壁的稳定性和方便施工,并有效防止薄壁墩墩壁的畸变,在薄壁高墩内部按适当间距设置了横隔板。

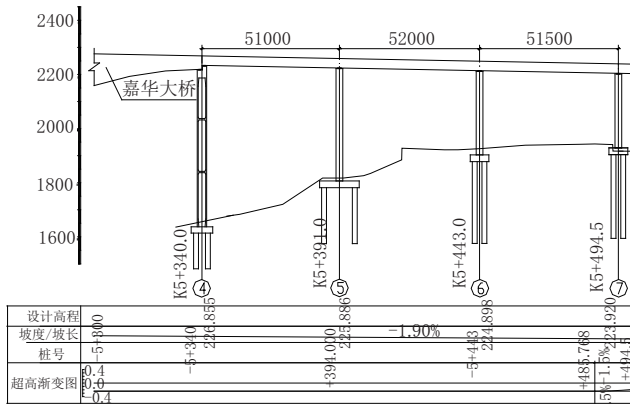


图1 南引桥4~7轴立面图(单位:mm)

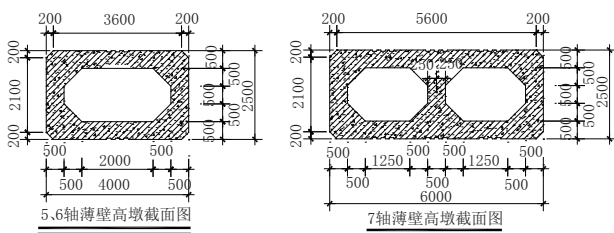


图2 南引桥薄壁空心高桥墩截面图(单位:mm)

## 2 设计要点

对于墩高在30 m以下的矮墩,往往仅需考虑纵向及横向的外力,其墩身截面尺寸由竖向应力控制。与常规桥墩相比,薄壁空心高墩的设计控制因素由竖向压应力转向墩顶位移和墩底弯矩,其几何非线性及受到的日照温差影响已不能忽视。

对于常规桥墩,仅采用基于弹性理论的几何线性分析方法对桥墩的内力及变形进行分析已然足够,不会引起较大误差。但薄壁空心高桥墩属于细长柔性杆件,其较为显著的几何非线性力学特征,是设计中应重视的因素。

另外,在日照作用下,钢筋混凝土桥墩向阳壁的表面温度因太阳光辐射而急剧升高,背阳面温度随着气温变化而缓慢变化,两者之间产生较大温差,从而在结构内部产生相当大的温度力。特别对于重庆地区,夏季气候酷热,日照时间长,使得温度效应成为薄壁高墩设计必须考虑的因素。

## 3 薄壁高墩的有限元分析

薄壁高墩的计算分析,除要考虑桥墩本身所受荷载,如自重、上部结构传来的恒活载、温度效应及风荷载外,还要考虑上部结构和基础对其的约束作用,上部结构通过支座,将其自身变形影响部分施加

于桥墩,即应上部、下部结构同时参与计算。

为准确把握南引桥薄壁空心高桥墩的受力特性,建立了相应的有限元模型进行结构分析。有限元分析采用通用有限元软件 ANSYS 进行。以 BEAM188 空间梁单元模拟箱梁及薄壁高墩,并进行了足够精细的单元划分<sup>[2]</sup>。图3为南引桥4~7轴薄壁高墩的计算模型。

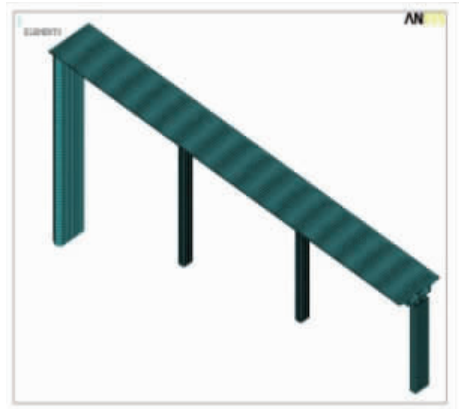


图3 南引桥薄壁空心高桥墩有限元模型

在有限元分析时,主要的荷载包括墩自重、上部结构传来的恒活载及制动力等。此外,还重点考虑了温度效应的影响。薄壁桥墩的温差荷载主要是日照温差荷载和升降温温差荷载。参考王永保等<sup>[3]</sup>的研究成果并考虑重庆市的气候状况,取日照温差荷载为10℃,整体升温荷载为20℃。根据《公路桥涵设计通用规范》<sup>[4]</sup>第4.1.6条的规定,按照承载能力极限状态设计时,温度荷载应乘以1.4的分项系数及0.8的组合系数,则温度荷载的设计值分别为:日照温差11.2℃及整体升温22.4℃。图4为7号轴桥墩的温度分布。

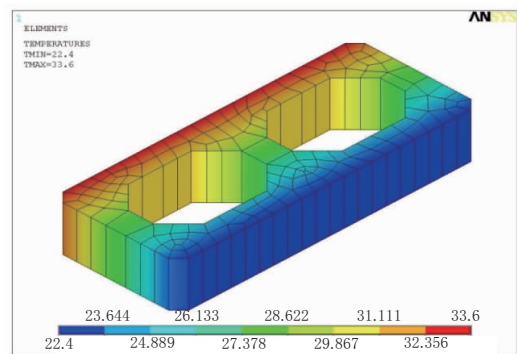


图4 南引桥7号轴薄壁空心高桥墩温度荷载分布

图5为南引桥薄壁高墩在自重、上部结构传来恒活载、制动力及温度荷载作用下的位移图,图6为相应的结构弯矩图,所有内力均为承载能力极限状态设计值。计算时同时考虑了因几何非线性引起的初应力刚度矩阵和大位移刚度矩阵对单元刚度的影响。

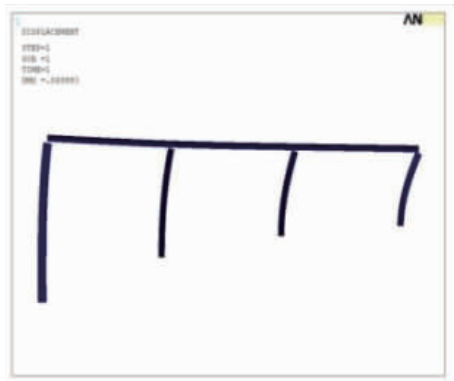


图5 南引桥薄壁空心高桥墩位移图

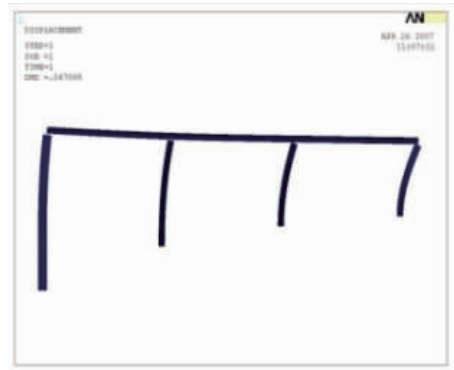


图7 南引桥薄壁空心高桥墩位移图(不考虑几何非线性)

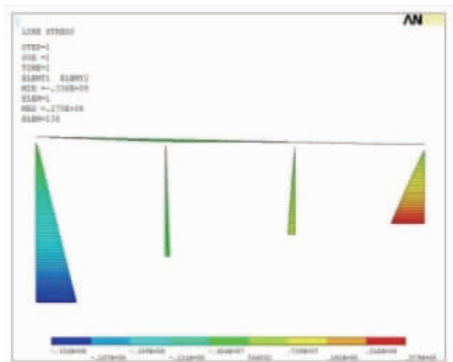


图6 南引桥薄壁空心高桥墩弯矩图

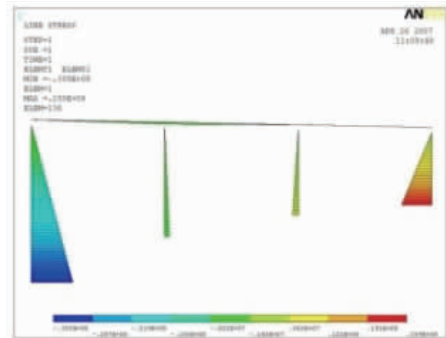


图8 南引桥薄壁空心高桥墩弯矩图(不考虑几何非线性)

由图5、图6可知,在自重、上部结构传来的恒活载、制动力及温度荷载的共同作用下,将在墩顶引起近5.0 cm的水平位移,并在7号轴墩底引起27 900 kN·m的强大弯矩,从而使该工况成为华村立交南引桥薄壁高墩设计的控制工况。

#### 4 薄壁高墩几何非线性的影响

在上述计算过程中,全面地考虑了薄壁高墩的大位移几何非线性特性。计算表明,若不考虑大位移几何非线性,对于薄壁高墩的设计将导致偏危险的结果。

图7、图8为不考虑大位移几何非线性时的位移和弯矩图。由图中可见,不考虑大位移几何非线性时,薄壁高墩墩顶水平位移减小为4.7 cm,7号轴墩底弯矩更降为25 900 kN·m。因此,不考虑大位移几

何非线性,将使薄壁高墩墩底弯矩被低估约7.2%而偏于危险。

#### 5 结语

通过分析发现,有日照温差荷载和整体升温荷载参与组合的荷载工况将成为华村立交薄壁高墩设计时的控制工况之一。忽略高柔桥墩的大位移几何非线性特性,有可能导致偏于危险的设计结果。

#### 参考文献:

- [1] 谢继凡.薄壁空心高墩施工技术在桥梁建设中的应用[J].交通世界,2019(32):90-91.
- [2] 唐先习,张景伟,孙拴虎,等.基于ANSYS的薄壁墩受力性能分析及参数优化研究[J].混凝土与水泥制品,2019(1):85-90.
- [3] 王永宝,赵人达.混凝土箱梁温度梯度取值研究[J].世界桥梁,2016(5):43-47,61.
- [4] JTG D60—2015,公路桥涵设计通用规范[S].

## 《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

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: [cdq@smedi.com](mailto:cdq@smedi.com)