

文章编号: 0451-0712(2005)12-0019-03

中图分类号: U441.5

文献标识码: A

钢筋混凝土连续曲线箱梁桥剪力滞效应研究

胡兆同¹, 刘芸欣^{1,2}, 蔡建明³

(1. 长安大学公路学院 西安市 710064; 2. 中铁大桥局设计院 武汉市 430050; 3. 衢州交通设计有限公司 衢州市 324002)

摘 要: 针对连续曲线箱梁桥的结构形式, 重点研究了钢筋混凝土连续曲线箱梁桥的剪力滞效应。通过运用大型有限元通用软件 ANSYS, 对不同因素变化下的钢筋混凝土连续曲线箱梁桥进行建模分析。在实桥荷载试验的基础上, 计算各种工况作用下箱梁梁体的挠度、应变应力及剪力滞系数值; 分析曲率半径等因素对曲线箱梁剪力滞效应的影响。研究结果表明曲率半径对连续曲线箱梁的剪力滞效应有较大影响, 因而在曲线箱梁的设计中应加以考虑。

关键词: 连续曲线箱梁; 剪力滞效应; 曲率半径

箱形截面是目前修建大中跨径桥梁最常采用的形式。由于箱形截面梁具有较大的抗弯刚度和良好的抗扭性能, 因而用于扭矩较大的曲线梁桥上具有很大的优越性。但是, 由于箱梁中剪力滞效应的存在, 认为翼板中各点的弯曲应力相同的初等梁弯曲理论已不再适用。同时, 用精确的理论来分析翼缘应力的不均匀分布规律是比较复杂的, 尤其不便于工程设计中的应用。为了既能利用简单的初等梁理论公式, 又能得到接近于翼缘实际应力的最大值, 便提出翼缘有效宽度的概念。而目前我国现行公路桥梁规范中仅对直线箱梁在纵向弯曲荷载作用下, 由考虑剪力滞效应而引出的翼板有效宽度计算做了具体规定。

工程界普遍定义: $\lambda = \sigma / \sigma_0$ 为剪力滞系数, 式中 σ 为实际截面上发生的应力, σ_0 为按初等梁理论计算出的应力。翼缘有效宽度的简单定义是: 按初等梁理论的公式也能算得与真实应力峰值接近相等的那个翼缘折算宽度。它的几何解释是由真实应力峰值 σ_{\max} 为高度的矩形面积等于真实应力曲线所包围的面积, 而矩形面积的边长, 就是翼缘的有效宽度。

忽略了剪力滞的影响, 可能导致低估箱梁内的应力状态, 造成不安全隐患, 甚至引起重大的事故。例如 1969 年 11 月~1971 年 1 月, 在奥地利、英国、澳大利亚及德国相继发生的 4 起钢箱梁失稳或破坏事故, 其原因之一就是设计中未认真考虑剪力滞效应。

再如国内宁波招宝山大桥, 于 1998 年 9 月斜拉桥主梁施工时发生了压溃破坏事故。对于事故原因有较多的分析意见。有专家认为, 对于该桥所采用的扁平箱梁型式, 已不符合平截面假定, 需计入剪力滞效应。后经用 ANSYS 程序计算研究, 该桥箱梁在控制断面处的剪力滞系数在 1.10~1.17 左右。

本文针对浙江衢州落马桥连续曲线箱梁的结构形式, 重点研究了常用跨径范围内的钢筋混凝土连续曲线箱梁桥的剪力滞效应。通过运用大型有限元通用软件 ANSYS, 对不同因素变化下的钢筋混凝土连续曲线箱梁桥进行建模分析。在实桥荷载试验的基础上, 对落马桥的匝道桥进行了计算分析, 研究各种工况作用下箱梁梁体的挠度、应变应力及剪力滞系数值。考虑的影响剪力滞效应的因素包括: 曲率半径、高宽比、腹板间距、独柱墩支承偏心距、横隔板道数及截面形式。研究结果表明, 曲率半径对连续曲线箱梁的剪力滞效应有较大影响, 因而在曲线箱梁的设计中应加以考虑。

1 实桥荷载试验

为了配合钢筋混凝土连续曲线箱梁桥的课题研究工作, 建设单位委托浙江大学土木工程测试中心对落马桥至叶家公路改建工程进行设计荷载下的实桥静荷载试验。本文对 D 匝道桥 (4 孔 20 m 钢筋混凝土连续曲线箱梁, 曲率半径为 60 m) 进行受力、变形分析, 并与实桥测试数据及浙江大学土木工程测

试中心的计算数据相比较,以验证本文计算的正确性。

1.1 试验荷载

对 D 匝道桥按汽车—20 级,挂车—100 荷载作用加载(选择最不利荷载类型),每辆汽车满载后为 300 kN(前轴重 60 kN,中、后双轴各重 120 kN;中前轴距为 3.40 m,中后轴距为 1.30 m)。

1.2 加载及测试截面位置

根据试验要求,选择最不利荷载位置(最大正弯矩与最小负弯矩)作为加载位置。 D 匝道连续曲线箱梁桥各测试截面的位置如图 1 所示。

1.3 理论计算值与实测值比较

图 2 为计算值与实测值的比较,由图中可以看出本文的计算挠度、应变值与实测值基本接近。造成

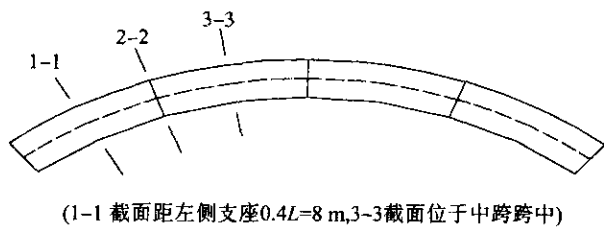


图 1 D 匝道测试截面布置

有一些差距的主要原因是:该理论计算建立在线弹性假定的基础上,模型中未能考虑混凝土开裂和环境温度等因素的影响。总体而言,本文的计算结果是可信的。

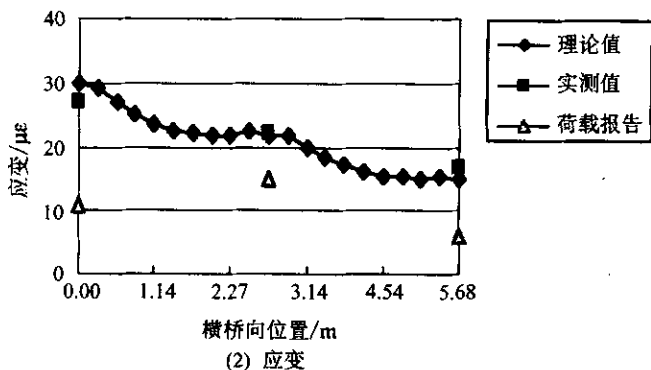
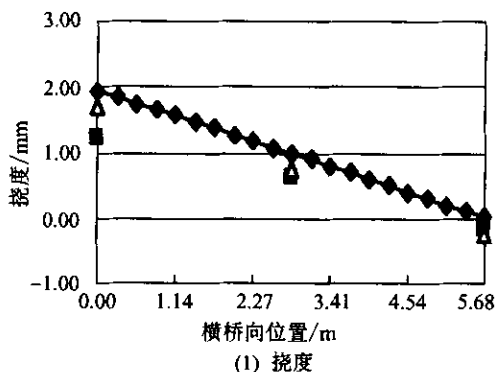


图 2 2-2 截面偏载时 3-3 截面下缘的挠度、应变

2 计算分析

本文所建的模型是以浙江衢州落马桥 D 匝道的截面及端横隔梁布置形式为基础的,为方便建模,稍做了简化。计算模型均为 3 跨 20 m 钢筋混凝土连续曲线箱梁桥。截面形式及尺寸如图 3 所示。

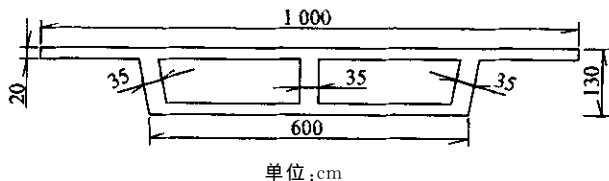


图 3 模型横截面尺寸

在本文的有限单元模型中,主要采用 4 节点及 3 节点壳单元实现对梁体及中横隔板的模拟,运用 8 节点及 6 节点实体单元实现对端横隔梁的模拟。计算中,以 $\lambda_{\text{中}}$ 表示中腹板与顶板相交位置处的剪力滞系数; $\lambda_{\text{内}}$ 表示内侧腹板与翼板相交位置处的剪力滞系数; $\lambda_{\text{外}}$ 表示外侧腹板与翼板相交位置处的剪力滞系数。

2.1 弯曲半径的影响

以下计算了不同曲率半径的连续曲线箱梁桥,在荷载作用下的剪力滞效应。半径选用 50 m、75 m、100 m、300 m 的 4 种情况。4 种不同半径曲线桥及直桥的剪力滞系数的计算结果汇总如表 1~表 3 及图 4~图 6 中。

表 1 边跨 1/4 截面处剪力滞系数

项目	半径/m				直桥
	50	75	100	300	
$\lambda_{\text{外}}$	1.248	1.174	1.153	1.132	1.133
$\lambda_{\text{中}}$	1.185	1.092	1.069	1.041	1.038
$\lambda_{\text{内}}$	1.319	1.221	1.189	1.147	1.136

表 2 边跨 1/2 截面处剪力滞系数

项目	半径/m				直桥
	50	75	100	300	
$\lambda_{\text{外}}$	1.145	1.102	1.090	1.080	1.083
$\lambda_{\text{中}}$	1.213	1.144	1.126	1.107	1.104
$\lambda_{\text{内}}$	1.215	1.151	1.128	1.099	1.092

表 3 中跨 1/2 截面处剪力滞系数

项目	半径/m				直桥
	50	75	100	300	
$\lambda_{\text{外}}$	1.061	1.081	1.090	1.120	1.120
$\lambda_{\text{中}}$	1.304	1.281	1.279	1.274	1.278
$\lambda_{\text{内}}$	1.230	1.211	1.194	1.172	1.161

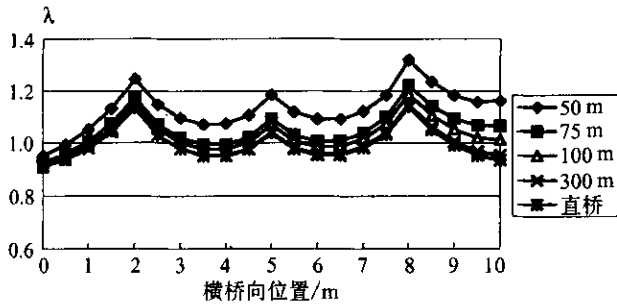


图 4 荷载作用下边跨 1/4 截面处剪力滞系数沿桥横向分布

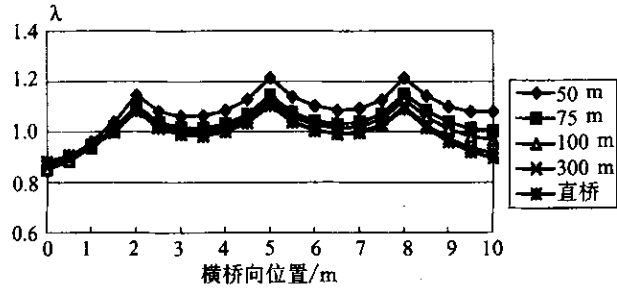


图 5 荷载作用下边跨 1/2 截面处剪力滞系数沿桥横向分布

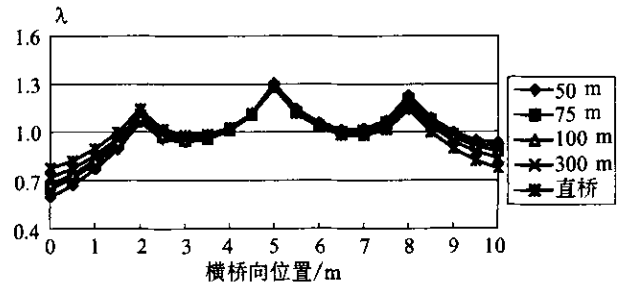


图 6 荷载作用下中跨 1/2 截面处剪力滞系数沿桥横向分布

由计算结果可知:

(1)箱梁的曲率半径越小,同一位置处的剪力滞系数越大。如半径为 50 m 的 $\lambda_{\text{中}}$ 与直桥的 $\lambda_{\text{中}}$ 在边跨 1/4 截面处,相差 14.16%,与边跨 1/2 截面处相差 9.87%,与中跨 1/2 截面处相差 2.03%,故半径变化对剪力滞效应的影响较大;

(2)由于曲梁内侧曲率半径小, $\lambda_{\text{外}} < \lambda_{\text{内}}$,两者在中跨 1/2 截面处差别较大,最大差距为 15.92%;

(3)综合考虑曲率半径对 $\lambda_{\text{中}}$ 、 $\lambda_{\text{外}}$ 及 $\lambda_{\text{内}}$ 的影响,按照与直桥的剪力滞系数差距小于 5% 进行控制,只有当半径 $R \geq 300$ m 时,才可以不考虑半径影响,直接按照直梁桥进行计算。

2.2 其他因素的影响

计算分析中还考虑了箱梁高宽比、腹板间距、独柱墩支承偏心距、横隔板道数及截面形式等因素对曲线箱梁剪力滞效应的影响。限于篇幅这里只给出分析结果:高宽比变化对剪力滞效应的影响不大;较大的腹板间距,可以减小剪力滞效应的影响;独柱墩支承偏心距的大小对曲线箱梁的剪力滞效应基本无影响;横隔板的设置在一定范围内将改变剪力滞效应沿桥纵向的分布情况;腹板数量的增加可使截面受力更加均匀,降低剪力滞效应的影响。

3 结论

通过对钢筋混凝土连续曲线箱梁的计算分析,可以得出以下结论。

(1)曲率半径对连续曲线箱梁的剪力滞效应有较大影响。与直线箱梁相比,截面相同位置处的剪力滞系数,随着曲率半径的减小而增大,增幅远超过 5% 以上。

(2)连续曲线箱梁内、外侧的剪力滞系数有较大的差别,且 $\lambda_{\text{外}} < \lambda_{\text{内}}$,曲率半径越小差别越大。

(3)在我国现行公路桥梁规范中,仅对直线箱梁因考虑剪力滞效应而引出的翼板有效宽度的计算做了规定。因此,在进行连续曲线箱梁设计计算时,只能先按直梁计算翼板有效宽度,然后予以折减,但具体折减多少还有待做更多的研究工作来确定。

参考文献:

[1] JTG D62-2004,公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
[2] 张士铎,邓小华,王文洲. 箱形薄壁梁剪力滞效应[M]. 北京:人民交通出版社,1998.
[3] 刘芸欣. 钢筋混凝土连续曲线箱梁桥剪力滞效应研究[D]. 长安大学硕士学位论文,2004.

文章编号: 0451-0712(2005)12-0022-05

中图分类号: U447

文献标识码: B

大跨桥梁结构健康监测及安全评价系统研究与应用进展

张宇峰¹, 徐宏¹, 倪一清²

(1. 江苏省交通科学研究院 南京市 210017; 2. 香港理工大学 中国香港)

摘要: 大型桥梁结构健康监测及安全评估是近年来国内外的研究热点, 本文结合江苏省交通科学研究院近年来在健康监测及安全评价系统研究与设计中所取得的成果, 重点阐述了健康监测系统的目标、意义、主要内容、设计准则及在国内外的应用情况。

关键词: 桥梁; 健康监测; 损伤识别; 安全评价

桥梁在建造和使用过程中, 由于受到环境、有害物质的侵蚀, 车辆、风、地震、疲劳、人为因素等作用, 以及材料自身性能的不断退化, 导致结构各部分在远没有达到设计年限前就产生不同程度的损伤和劣化。这些损伤如果不能及时得到检测和维修, 轻则影响行车安全和缩短桥梁使用寿命, 重则导致桥梁突然破坏和倒塌。因此, 为保证桥梁结构的安全性、适用性和耐久性, 加强对桥梁健康状况的监测和评估, 从而实施合理的养护管理工作极为重要。

传统上, 桥梁结构健康状况评估是通过人工目测检查或借助于便携式仪器测量得到的信息进行的。但人工检查方法在实际应用中有很大的局限性, 美国联邦公路委员会的最近调查表明, 由人工目测检查做出的评估结果有56%是不恰当的。传统检测方式的不足之处主要表现在: (1) 需要大量人力、物力和财力并有诸多检查盲点; (2) 主观性强, 难于量化; (3) 缺少整体性; (4) 影响正常交通运行; (5) 周期长, 实时性差。

收稿日期: 2005-06-02

A Study on Shear Lag Effect for Continuously Curved RC Box Girders

HU Zhao-tong¹, LIU Yun-xin^{1,2}, CAI Jian-ming³

(1. Institute of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, China; 2. China Zhongtie Major Bridge Reconnaissance and Design Institute, Wuhan 430050, China; 3. Quzhou Communications Design Co. Ltd., Quzhou 324002, China)

Abstract: The finite element method is applied to analyze the shear lag effect of continuously curved RC box girders. The affecting factors include: curvature radius, ratio of height to width, distance of webs, bearing offsetting of single-pedestal pier, numbers of cross boards and forms of beam section. Based on the load testing in a real bridge, the deflection, strain, stress and shear lag coefficients are calculated. The rules of shear lag coefficients changing with the affecting factor are summarized. It is proved that curvature radius is the most important affecting factor and the suggestions on diminishing the shear lag effect in design are made.

Key words: continuously curved box girder; shear lag effect; curvature radius