

上承式三肋混凝土拱桥的横向分布规律试验分析

吴海军¹, 董壮壮¹, 张文学²

(1. 重庆交通大学 土木建筑学院, 重庆 400074; 2. 北京工业大学 建筑工程学院, 北京 100124)

摘要:通过大跨三肋拱桥的荷载试验实测结果与空间有限元计算结果的比较和分析发现,在正载情况下,实测三个拱肋的横向分布特性是对称的,但中肋的实测横向分布系数明显较理论值大;在偏载情况下,偏载一侧的拱肋实测横向分布系数也较计算值大,远离偏载一侧的拱肋横向分布系数明显较小,这些现象表明,三肋拱桥的实际横向联系和横向刚度较弱,实桥通过横向联系分配和传递横向荷载的能力较比理论值小。三肋拱桥设计和加固时应考虑这一现象的影响。

关键词:三肋拱桥;实桥加载;横向分布系数;横向联系;空间分析

中图分类号:U445.4 **文献标识码:**A **文章编号:**2095-0373(2012)02-0048-04

0 引言

钢筋混凝土上承式肋拱桥具有结构轻盈、造型美观等特点,在我国应用较为广泛,但是由于拱肋刚度小、横向联系弱等缺陷,肋拱桥拱肋之间的共同作用性能较差,因此正常使用性能和超载能力比一般板拱桥差。双肋拱桥具有受力明确的特点,当桥面较窄时,一般均选用双肋拱;而当桥面较宽时,常选用三肋拱桥。相对于两肋拱桥,三肋拱桥的空间受力特性明显、横向分布特性复杂,是影响桥梁结构受力和使用的关键问题。由于三肋拱桥的工程应用较少,设计经验及实验研究相对不足,开展其横向分布规律的研究对于相关桥梁的建设和管养具有重要意义。

1 肋拱桥横向分布计算的基本理论

目前可用于上承式多肋拱桥横向分布系数计算的简化计算方法主要有偏心压力法、弹性支承连续梁法和推力体系比拟板法,这些方法理论基础不同、计算过程各异,分析结果之间往往有较大差异,给多肋拱桥计算方法的选择及工程应用带来较大困扰^[1]。以往进行肋拱桥结构分析时多采用平面有限元简化分析方法,难以准确反映上承式三肋拱桥的实际空间效应。结合一座大跨三肋拱桥的荷载试验实测结果与空间有限元计算结果的比较和分析,分析三肋拱桥的实际横向分布规律。

2 实桥测试与空间计算结果的分析

2.1 工程概况

重庆某两跨三肋钢筋混凝土上承式拱桥(见图1),净跨径60.0 m,净矢高10.0 m;桥面横向布置为0.25(防撞栏)+12.25(车行道)+0.25(防撞栏)=12.75 m。设计荷载等级为汽车-超20,挂120。

2.2 加载试验控制截面

根据桥梁的结构特点,选取桥跨拱脚、 $1/4L$ 、 $1/2L$ 、 $3/4L$ 及另一岸拱脚截面作为加载试验内力控制截面,截面位置如图2所示。

图2中K1、K5、K6、K10为拱脚测试截面,K2、K4、K7、K9分别为桥跨 $1/4L$ 、 $3/4L$ 测试截面,K3、K8为拱顶($1/2L$)测试截面。

收稿日期:2012-04-09

作者简介:吴海军 男 1975年出生 副教授

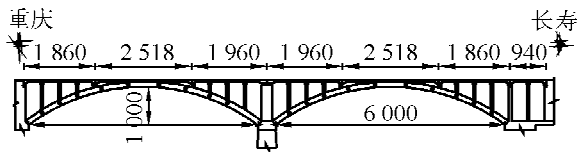


图1 桥梁立面图(单位:cm)

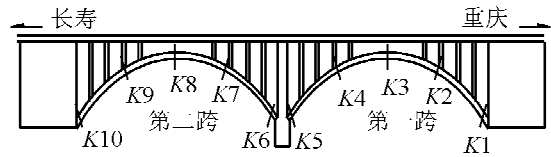


图2 试验截面布置图

2.3 加载用车量的确定

以计算分析的内力或变位控制值作为控制值,采用 320 kN 级载重车按照内力等效的原则,在其影响线上按最不利位置分级布载,使试验荷载效率 η 满足 $0.8 < \eta \leq 1.05$ 的要求,以此确定最大用车数和车辆加载的纵向位置^[2]

$$\eta = \frac{S_{\text{state}}}{S(1 + \mu)} \quad (1)$$

式中, η 为加载效率; S_{state} 为试验荷载作用下,某工况最大静力计算效应值; S 为设计活载产生的某试验工况的最不利计算效应值(不计冲击作用); μ 为冲击系数。

经计算分析,试验加载共需 4 辆 320 kN 级载重汽车。

2.4 车辆横桥向布置

横向分布效应研究时分别测试桥梁在正载及偏载作用下的结构反应,并据此进行分析^[3]。为达到充分掌握桥梁横向分布规律的研究目的,分别进行了双车正载加载、单车偏载加载及双车偏载加载,加载车辆横向布置参见图 3 ~ 图 5。

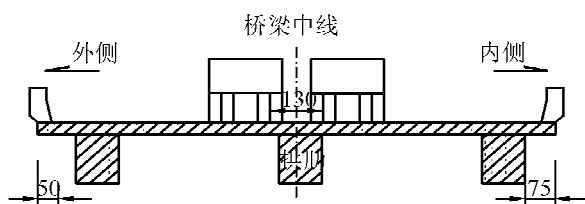


图3 正载2车横向布置图(单位:cm)

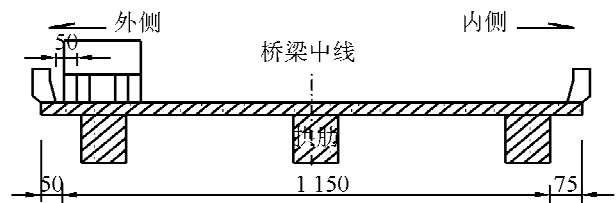


图4 偏载1车横向布置图(单位:cm)

(1) 正载工况 1 排 2 车时加载车布置见图 3。

(2) 偏载工况(第一跨偏载工况偏外侧) 1 排 1 车时加载车布置见图 4。

(3) 偏载工况(第一跨偏载工况偏外侧) 1 排 2 车时加载车布置见图 5。

2.5 空间有限元分析模型

为了真实反映桥梁的空间受力特性,避免平面分析或简化分析方法带来的偏差,采用 Midas Civil 程序建立了空间有限元分析模型,计算时拱上填料荷载作为非均布线性荷载施加于桥面单元上,活载加载时完全按照汽车在桥面的实际位置和荷载来施加,分析结果将能够真实反映桥梁的实际横向分布特征^[4]。有限元几何模型如图 6 所示。

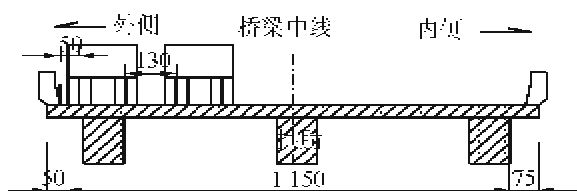


图5 偏载2车横向布置图(单位:cm)

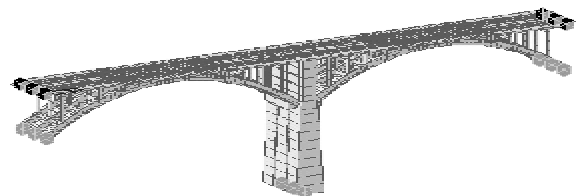


图6 桥梁空间有限元几何模型

2.6 实桥测试与空间分析结果

将本桥控制截面实测横向分布系数^[5](实测值)与空间分析结果(理论值)列表对照如图 7 ~ 图 14。

2.6.1 1/2L 截面

分析图 7、图 8 的相关数据可见:

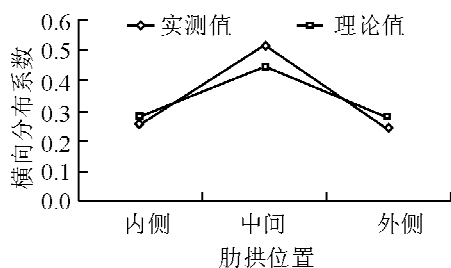


图 7 1/2L 截面最大正弯矩正载作用下横向分布系数

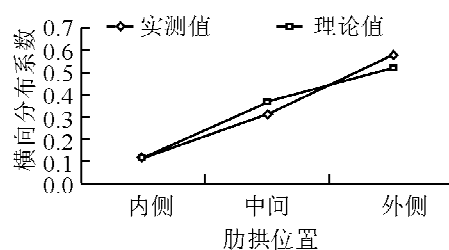


图 8 1/2L 截面最大正弯矩偏外侧作用下横向分布系数

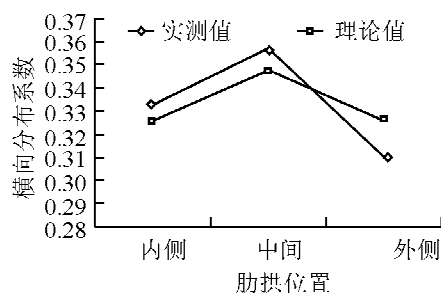


图 9 1/4L 最大负弯矩正载作用下横向分布系数

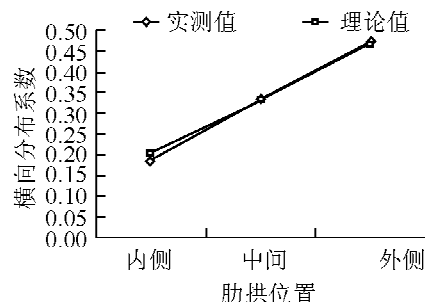


图 10 1/4L 最大正弯矩偏外侧作用下横向分布系数

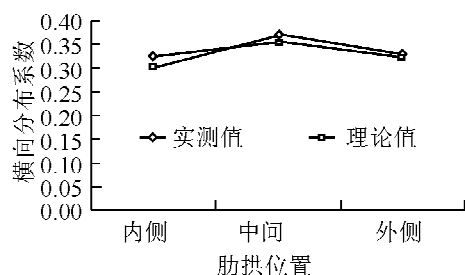


图 11 拱脚截面最大正弯矩正载作用下横向分布系数

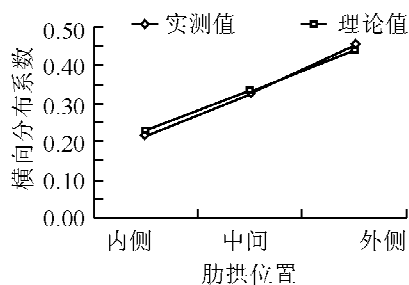


图 12 拱脚截面最大正弯矩偏外侧作用下横向分布系数

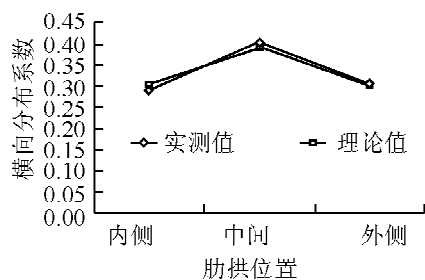


图 13 拱脚截面最大负弯矩正载作用下横向分布系数

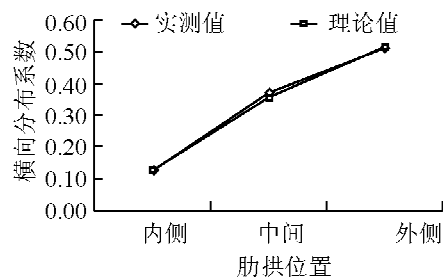


图 14 拱脚截面最大负弯矩偏外侧作用下横向分布系数

(1) 正载作用下, 横向分布系数理论上应该是内外两侧肋的横向分布系数相同, 实测数值表明两边肋实际分布系数与理论值有偏差, 绝对偏差约为 0.02, 考虑到加载及测试难免存在一定偏差, 可以认为本桥实际结构性能总体上是对称的^[6]。

(2) 正载作用下, 中肋的横向分布系数实测值较明显大于理论值, 说明通过横向联系传给内外两侧肋的力较理论值小, 桥梁横系梁的实际横向刚度及协同受力性能小于理论值。

(3) 偏载(偏外侧)作用下, 三肋的横向分布系数总体趋势与理论计算情况相符。但外侧横向分布系数实测值大于理论值, 且中肋的分布系数小于理论值, 也说明横系梁的横向连接性能小于理论值。

2.6.2 1/4L 截面

分析图 9、图 10 的相关数据可见:

(1) 正载作用下,中肋横向分布系数实测值明显比理论值要大。说明通过横向联系传给内外两侧肋的力较理论值小,桥梁横系梁的实际横向刚度及协同受力性能小于理论值。

(2) 偏载作用下,偏载侧边肋横向分布系数实测值比理论值大。说明通过横向联系传给中肋的力较理论值小,桥梁横系梁的实际横向刚度及协同受力性能较差。

2.6.3 拱脚截面

分析图 11 ~ 图 14 的相关数据可见:

(1) 正载作用下,中肋实测值大于理论值。但理论值与实测值的绝对偏差在 5% 以下,与理论值总体相符。

(2) 在偏外侧加载作用下,拱脚截面处的横向分布系数,外肋实测值大于理论值。说明靠加载位置越近,横向分布系数越大,且最大理论值比实测值要小。横向联系在实际中比理论中要弱。

3 结语

通过大跨三肋拱桥的荷载试验实测结果与空间有限元计算结果的比较和分析发现:

(1) 在正载情况下,实测三个拱肋的横向分布特性基本是对称的,但中肋的实测横向分布系数明显较理论值大。

(2) 在偏载情况下,偏载一侧的拱肋实测横向分布系数也较理论值大,远离偏载一侧的拱肋横向分布系数较理论值小,这些现象表明三肋拱桥的实际横向联系和横向刚度较弱,实桥通过横向联系分配和传递横向荷载的能力较比理论值小。

(3) 横向分布特性直接影响肋拱桥各肋承受荷载的大小,会进一步影响整个结构的受力和安全,在设计施工时应加强三肋拱桥的横系梁强度及和拱肋受力的整体性。

参 考 文 献

- [1] 顾安邦. 桥梁工程(下)[M]. 北京:人民交通出版社,2001.
- [2] 中交公路规划设计院. JTG D62—2004 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S]. 北京:人民交通出版社,2004.
- [3] 宋建永,张浩阳,张树仁. 公路桥梁荷载横向分布系数简化计算[J]. 东北公路,2003,26(4):77-79.
- [4] 罗文泉,叶霜. 模型试验的相似方法[J]. 工业加热,1999(1):17-19.
- [5] 李松辉,李冲,闰明. 在役桥梁实测荷载横向分布系数研究与应用[J]. 山东科技大学学报,2009,28(5):29-34.
- [6] 安井刚. 桥梁荷载横向分布系数影响因素分析[J]. 交通科技,2010(4):13-15.

Experimental Analysis of the Lateral Distribution Law of the Concrete Three-Ribbed Arch Bridges

Wu Haijun¹, Dong Zhuangzhuang¹, Zhang Wenxue²

(1. School of Civil Engineering & Architecture, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China;

2. College of Architecture and Civil Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

Abstract: Comparing the measured results of load test and the calculation results of the model of the three-ribbed arch bridges, it is found that the measured lateral distribution characteristic of the three ribs is symmetrical, but the value of middle rib is obvious bigger than the calculation result under the condition of upright load. Under the partial load, the measured value of partial load side rib is also bigger than the others, and the rib's value far from the load side is obvious smaller than the others. These phenomena indicate the actual connecting property of the diaphragms is poorer than that in theory. These phenomena should be considered under the three-ribbed arch bridge design and strengthening.

Key words: three-ribbed arch bridges; load testing in real bridge; lateral distribution factors; horizontal contact; space analysis

(责任编辑 刘宪福)