

# 新桐山大桥动力特性的测试与分析

秦泽豹<sup>1</sup> ( <sup>1</sup> 福建工程学院土木工程系,福州 350007 )

孙 潮<sup>2</sup> 陈宝春<sup>2</sup> ( <sup>2</sup> 福州大学土木建筑工程学院,福州 350002 )

**[提 要]** 福鼎新桐山大桥主桥为 51m+75m+51m 三跨连接的下承式钢管混凝土刚架系杆拱,拱肋采用了新型哑铃型截面,本文介绍了该桥自振特性和冲击系数的测试和计算,分析结果可为此类桥梁的设计提供参考。

**[关键词]** 钢管混凝土;系杆拱;动力特性

**Abstract:** The main bridge of X inTongShan bridge adopts under-supporting steel tube concrete rigid-framed arch with 3continuous spans(51m+75m+51m). The cross section of arch rib adopted new dumbbell-shaped pattern. The paper introduces the dynamic test and the theoretical analysis of the bridge, and its result can be referred by similar bridge designs.

**Keyw ord:** steel-tube concrete ;tied arch bridge; dynam ic character

## 1 概况

钢管混凝土拱桥作为一种新型的、合理的拱桥形式,近年来在国内得到了广泛的应用。1990年四川旺苍大桥建成以来,钢管混凝土拱桥在我国得到了蓬勃的发展,目前已建和在建的桥例已达100多座,钢管混凝土拱桥正在成为桥梁建设类型的热点<sup>[1]</sup>。福鼎新桐山大桥位于福建省福鼎市,跨越桐山溪,连接104国道和福鼎市区。设计荷载为城-B级,设计洪水频率为五十年一遇。全桥总长233m,主桥为(51+75+51)m下承式钢管混凝土刚架系杆拱。桥面宽度18m,2片拱肋,拱肋为哑铃形断面。

该桥由福州大学土木建筑设计研究院设计,中铁大桥局集团第二工程有限公司施工。大桥于2002年10月开工,2003年12月竣工。新桐山大桥总体布置图见图1。

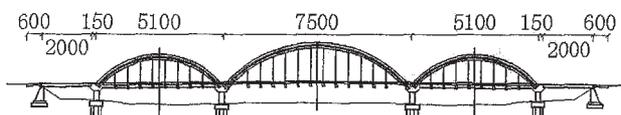


图1 新桐山大桥总体布置图(单位:cm)

主、边拱跨净跨径分别为70m和51m,净矢跨比均为1.5。拱肋分别采用由两根800×12mm(主拱)和700×12mm(边拱)的圆钢管混凝土组成的哑铃形断面,管内浇注C40混凝土,两管之间用钢板和加劲构造连接成整体,腹腔内除靠拱脚部分充填混凝土外,其余部分不充填混凝土,采用H型钢进行加劲,为与传统的腹腔中有充填混凝土的哑铃形截面相区别,称之为新型哑铃型截面,它可避免施工中腹腔出现爆管的问题<sup>[1]</sup>。主拱和边拱分别设置三根和二根横撑,横撑为一字式。由于主拱肋的腹腔中不充填混凝土,所以横撑没有采用单圆管,而同样采用了哑铃形截面,使横撑与拱肋的上下管分别对应,联结与传力均较为有利。主拱肋的横撑由两根600×8mm的圆钢管和钢腹板组成。边拱的横撑由两根500×8mm的圆钢管和钢腹板组

成。每肋拱脚间用无粘结钢绞线作为预应力系杆,以承担恒载作用下的拱脚水平推力。吊杆横梁为钢筋混凝土工字梁。桥面板为钢筋混凝土肋板式预制结构,湿接缝联结。桥面铺装为10cm厚的钢筋混凝土。为加强桥面系的整体性,系杆处设加劲纵梁<sup>[2][3]</sup>。

## 2 动力特性测试及有限元模型

车辆采用东风EQ型货车,前后轴距4.21m,横向轴距1.84m,前轴重4.2t,后轴重14.6t,总重18.63t。在面内(竖向)拱肋与桥面同步振动,因此测面内振动时将测点布置在桥面上吊杆处,每根吊杆处均布置一个测点。在面外拱肋与桥面振动不同步,而且拾振器要放在水平面上,因此测拱肋面外振动时将测点布置在吊杆上锚窝处。由于没有搭满堂脚手架,拱肋面外测点仅布置5个,见图2。主拱和边拱拱顶截面上缘布置了动应变片,用以测试冲击系数。

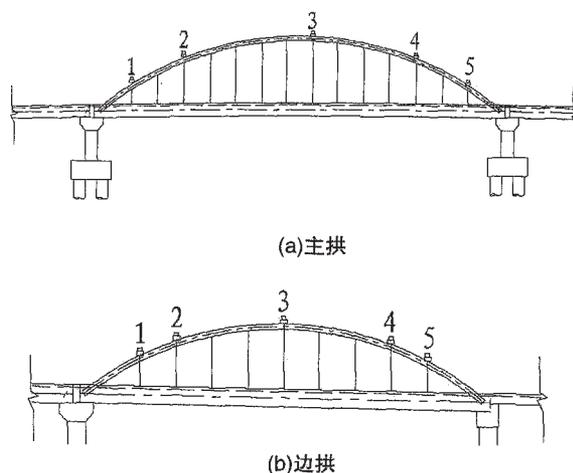


图2 拱肋测点布置图

采用大型通用软件ANSYS进行空间有限元的动力特性计算分析,吊杆和系杆采用Link10单元,其它的用空间梁单元Beam4建模,全桥计算模型见图3。

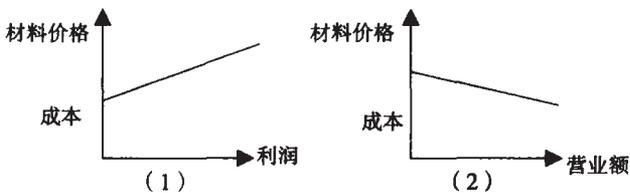
收稿日期 2005-05-23

(下转 P62)

且价格幅度相差很大,这给采价工作带来一定的难度。有的人提出材料价格可以按购买时发票价格计算,但在现行市场发育不够完善,发票管理不规范的情况下,也是不妥当的。因此,先从材料价格的组成来探讨,如何编制好材料价格信息。

### 3.2 材料价格的成本

材料价格由原价、运杂费、运输损耗、采保费、检验试验费组成,除原价外,其他的价格组成因素都有固定的计算公式,容易计算出来,而原价难以确定。原价应包括为方便材料运输和保护而进行必要的包装所需要的费用,包装品有回收价值的应在材料价格中扣除,这里的原价有可能是出厂价,也有可能是经销商的价格。现就讨论经销商的价格,它由成本(出厂价)、经营人员的工资、店租、税收等以及经销商的利润构成。利润由经销商自主确定,这就产生了价格的不确定性,当利润取大值时,材料价格就上升如图(1);另一种情况是每月利润是定值如每月要净5.0万元,在成本不变的情况下,营业额增大,材料价格就降低如图(2)。因此,要想合理确定材料价格就必须有效地控制经销商的执业道德,以优质的服务态度赢得更多顾客来降低成本,提高营业额。



材料价格变化示意图

### 3.2 如何合理确定材料价格

(1) 建立诚信制度 材料经销商不能欺行霸市,以次充好,

(上接 P20)



图3 全桥计算模型

### 3 测试与计算结果分析

拱肋自振特性测试值和计算值见表1,为节省篇幅,本文仅列出主拱的第一振型,见图4。从实测结果和计算结果可见,拱肋第一阶振型均为面外对称,表明拱肋面外刚度小于面内刚度。实测振型与计算振型一致,实测一、二阶频率高于有限元分析结果,表明实桥结构的整体刚度优于设计值。

表1 自振特性(f为频率)

	序列	振型	实测 f(Hz)	计算 f(Hz)	误差%
主拱	1	面外一阶对称	0.62	0.607	2.1
	2	面外一阶反对称	1.43	1.393	2.59
	3	面内一阶反对称	1.72	1.657	3.66
边拱	1	面外一阶对称	1.17	1.055	9.83
	2	面内一阶反对称	2.66	2.57	3.38
	3	面外一阶反对称	2.76	2.303	16.56

坑害顾客,应童叟无欺,明码标价,提供优质的服务态度,吸引更多的回头客,管理部门应定期进行市场问卷调查,行业协会对诚信度高、服务态度好的经销商、厂家应给予表彰授匾。

(2) 采价人员要“勤”:要以人为本,善于交朋友,多沟通,以诚相待,对同种材料要多问几家,摸清市场的行情,提供市场真实的价格,采价人员还须对材料的组成、性能有所了解,在交流中才不会上当受骗。

(3) 广大造价执业人员应该有义务和责任提供自己所知道真实材料价格信息,采价人员毕竟有限,而我省造价执业人员有八千多名,如果每人都能提供3-5条的材料价格信息,就有几万条的材料价格信息,让大家共同享受你所提供的材料价格信息资源。

(4) 造价管理部门要建立材料价格信息网,让经销商、厂家上网登载材料价格信息,不断扩大信息量。网站设立A、B、C会员制,对价格合理、信息量大的可提升到B级会员制;在B级会员制中对诚信度高、服务态度好的建立绿色通道进入C级会员制。还要积极调动建设各方主体提供有效的材料价格信息,适时不断更新网站材料价格信息。

(5) 从招投标市场中了解厂家和经销商提供的确实有效的第一手资料,来验证材料价格信息网的价格准确性,并及时调整更新不合理的材料价格信息。

### 4 结束语

总之,材料价格信息的准确性、及时性以及品种、规格多样性是建设各方主体都迫切需要的,作为造价管理部门要充分调动社会各方人士积极参与材料价格信息网的建设,保证材料价格信息网健康发展,提供指导性和参考性的材料价格信息,为建设工程各方主体提供优质的服务。

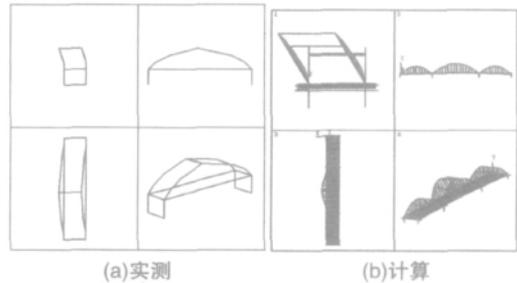


图4 主拱第1阶振型

### 4 结束语

桥梁的动力特性测试值与计算值吻合良好。拱肋第一阶振型为面外对称,说明拱肋面外刚度小于面内刚度。拱肋基频测试值略高于计算值,表明实际结构刚度高于设计值。在跑车荷载、跳车荷载和制动荷载等动力荷载作用下,结构各部位反应平稳,无任何异常现象发生,表明实桥结构的动力性能良好。

### 参考文献

[1] 陈宝春. 钢管混凝土拱桥设计与施工. 北京: 人民交通出版社, 1999年9月.  
 [2] 陈宝春. 钢管混凝土拱桥实例集(一). 北京: 人民交通出版社, 2002.  
 [3] 孙潮、陈宝春、陈水盛. 钢管-钢管混凝土复合拱桥动力特性分析, 地震工程与工程振动, 21(2) 2001年6月, pp 48-52.