

文章编号:1673-9469(2009)03-0001-03

海河蚌埠桥大吨位支撑构件模型有限元分析

王元清¹, 邢继胜¹, 李吉勤², 李运生¹, 石永久¹, 张振学³, 汤洪燕³

(1. 清华大学 土木工程系, 北京 100084; 2. 中国建筑工程总公司, 北京 100026; 3. 天津城市建设院, 天津 300072)

摘要:天津海河蚌埠桥主体结构为特异三维空间网状构造, 受力复杂。桥梁在运营过程中的实际工作状态直接影响桥梁的安全性。在进行模型试验之后, 使用有限元软件进行建模计算。与试验结果对照, 以此评价本工程设计的安全性。通过分析, 我们计算得到构件应力分布情况, 研究了拉压荷载下撑杆的受力情况。而且通过对计算结果与试验数据的比较可以认为该拉压杆支撑构件能够满足受力要求。

关键词:大吨位; 支撑构件; 有限元分析

中图分类号: U441

文献标识码: A

Study on model of large - tonnage bracing member of Tianjin Haihe Bengbu Bridge

WANG Yuan-qing¹, XING Ji-sheng¹, LI Ji-qin², LI Yun-sheng¹, SHI Yong-jiu¹,
ZHANG Zhen-xue³, TANG Hong-yan³

(1. Department of Civil Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2. CSCEC, Beijing 100026, China; 3. Tianjin Urban Construction Design Institute, Tianjin 300072, China)

Abstract: Tianjin Haihe Bengbu Bridge is built in CBD of Tianjin city and crosses the Haihe River; it is dissymmetrical steel bridge of three dimensions Beam - Arch Combination System. The bridge is complex for both mechanical and tectonic consideration. The bracing member of abutment 1st and 6th are designed specially, which connect the main girder of the bridge and the rubber bearing of abutment. These buttress braces are designed uniquely in the world, in order to transfer large - tonnage axial load, including compressive force and tensile force, to bearings. The loading behavior of them are significant effect to the security of the bridge and need to be analyzed specially, so a 1:2.5 - scale model is made, destructive experiment of experimental member is done. Experiment member is elastic based on experimental data at tension load; limit axis load is 3002kN when the member is buckling. Except model experiment, a finite element analysis of model is also essential. Through experiment and finite element analysis, the reliability and safety of the bearings are verified.

Key words: large - tonnage; support component; finite element analysis

天津海河蚌埠桥是位于天津市中央金融商务区横跨海河的一座桥梁, 西连河西区的蚌埠道, 东接河东区的十三经路, 是天津市河东、河西两区间的一条跨河通道, 桥宽 23.5m, 辅桥宽各 3m, 桥梁全长 192.0m。桥墩位置如图 1 所示, 其中 1# 墩与 6# 墩位置的“撑杆”采用特殊构造处理, 两墩构造相同, 反对称布置, 承受的设计荷载也相同, 每墩位置各设置撑杆

两根。撑杆上部与主梁钢箱刚结为整体, 下部连接点通过橡胶支座与基础承台连接, 只传递轴向拉压荷载, 不承受弯曲及扭转荷载。

1# 墩(6# 墩)位置撑杆受到较大的拉压力的作用, 该拉压杆支撑构件的构造作法目前国内外桥梁上尚未有先例, 它在桥梁运营过程中的实际工作状态直接影响到桥梁的安全性, 因此需要通

收稿日期: 2009-06-15

基金项目: 北京市自然科学基金(8053021)

作者简介: 王元清(1963-), 男, 安徽人, 教授, 博士生导师, 从事结构工程方面的研究。

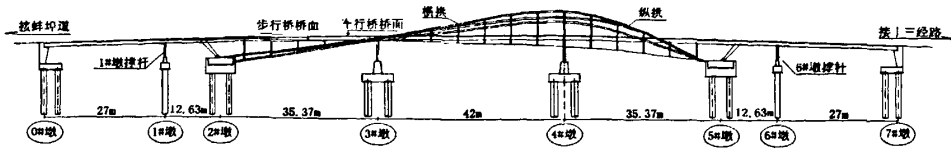


图1 天津蚌埠桥桥墩布置(纵向)

Fig.1 The layout of Tianjin Haihe Bengbu Bridge

过专门的试验及有限元分析研究其受力特点。

1 模型实验结果

本试验采用1:2.5 缩尺模型试验。通过模型试验^[1],给模型施加拉力和压力,在实际试验过程中,在压杆中部的侧向布置一个水平千斤顶,为构件施加侧向挠度。试验中拉力荷载加至1.2 倍设计拉力并取整值,压力加至设计荷载后再继续加载直至构件破坏,撑杆模型受力以及实验中最终加载值见表1。

表1 撑杆受力

Tab.1 The stress of strut

| 受力类型 | 荷载值(kN) |
|----------|-------------|
| 实际构件设计荷载 | 压力 6 134.4 |
| | 拉力 1 580.22 |
| 试验模型设计荷载 | 压力 1 000 |
| | 拉力 260 |
| 试验实际加载荷载 | 拉力 350 |
| | 压力 3 002 |

选取典型的拉力作用、压力作用下的结构“荷载-位移”曲线,如图2、图3所示。

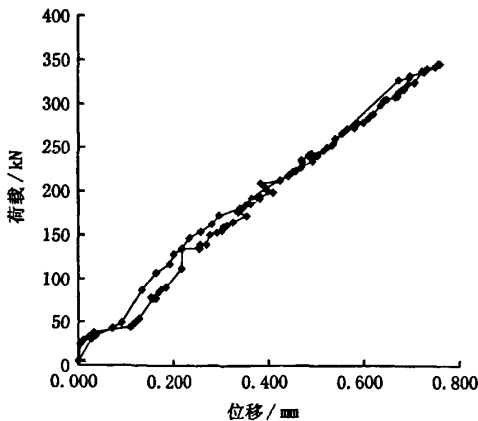


图2 拉力-竖向位移

Fig.2 The vertical displacement vs. tension

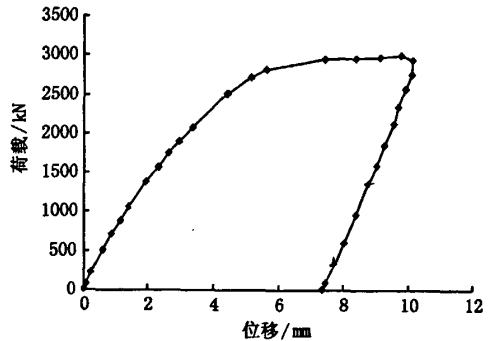


图3 压力-竖向位移

Fig.3 The vertical displacement vs. pressure

从试验中可以得出以下结论:

1) 拉力作用下加卸载曲线基本呈直线形态, 构件处于弹性工作状态阶段。

2) 在设计拉力作用下, 构件的最大应力为160MPa, 位移0.54mm。1.2 倍设计拉力时, 截面最大应力211MPa, 位移为0.78mm。

3) 构件在压力作用下最终进入塑性工作状态, 在进入屈服平台之前应力应变曲线的斜率便在逐渐降低, 加载卸载曲线不再单纯地呈线性关系。近似认为荷载达到2 000kN 之前曲线呈线性关系。

4) 当荷载达到出现一点屈服时, 此时荷载677kN, 屈服点发生在柱脚, 此时杆件竖向位移0.78mm。构件的极限荷载为3 002kN。但是构件出现一点屈服时荷载未达到设计荷载(1 000kN)。

2 有限元方法

本试验通用有限元软件 ANSYS 进行模拟, 根据试验构件的特点采用 SOLID45 单元进行建模^[2,3]。

材料本构参考 Hajjar 模型, 数值及屈服段长度采用材性试验得到的数据^[1], 应力应变曲线如图4 所示, 屈服强度372MPa, 极限强度434MPa。

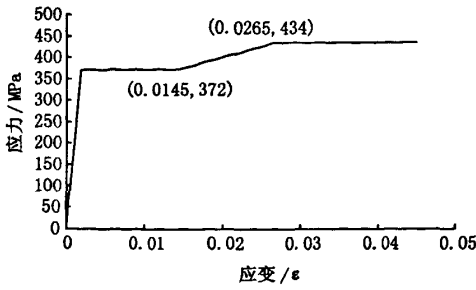


图4 钢材本构模型

Fig. 4 The constitutive model of steels

试验模型在模型的设计拉力荷载作用下有限元计算结果如图 5~ 图 6 所示。



图5 拉力作用下的试验模型位移

Fig. 5 The displacement of model tested under tension

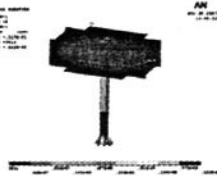


图6 拉力作用下的试验模型应力

Fig. 6 The displacement of model tested under tension

试验模型在模型的设计压力荷载作用下有限元计算结果如图 7~ 图 8 所示。



图7 压力作用下的试验模型位移

Fig. 7 The displacement of model tested under pressure

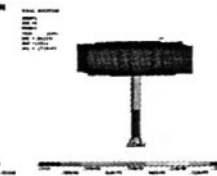


图8 压力作用下的试验模型应力

Fig. 8 The displacement of model tested under pressure

有限元模型极限“荷载-位移”曲线如图 9 所示。从有限元计算得到以下结论:

(1)从图 5~ 图 6 可知在模型的设计拉力作用下有限元计算的有限元模型最大应力 31.7MPa,最大位移 0.32mm。而实际试验得到的试验模型最大应力 160MPa,最大位移 0.54mm,有限元结果小于试验结果,但由于拉力作用下结构尚处于弹性工作阶段,对结构的安全影响不大。1.2 倍设计拉

力荷载作用下,构件也处于弹性工作阶段。

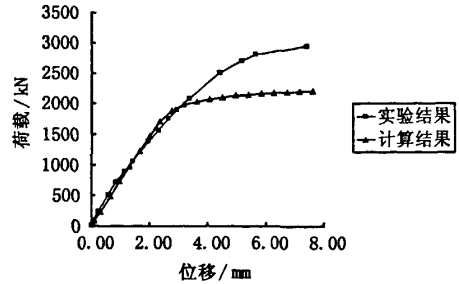


图9 压力作用下试验结果与计算结果的比较

Fig. 9 The comparison between calculated results and tested results under pressure

(2)从图 7~ 图 8 可知在模型的设计压力作用下,有限元计算的有限元模型的最大应力 171MPa,最大位移 1.29mm。而实际试验得到的最大应力已屈服,最大位移 1.32mm,有限元结果小于试验结果。

(3)从图 9 可对比试验与计算得到的“荷载-位移”曲线可知,有限元结果初始段与试验结果吻合较好,但是极限值与试验结果相差较大。有限元计算得到的极限承载力小于实验结果,是偏于安全的。

3 结论

1)有限元模型在设计拉压荷载作用下均处于弹性工作阶段。

2)有限元计算得试验构件的极限承载为 2 000kN。通过数据分析,该拉压杆支撑构件能够满足承载力要求。

3)由于实验过程中未进行初始应力的测量,因此我们只能推测,实验过程中试验构件柱脚先发生屈服,可能是初始应力过大所致,实际工程中应采取有效措施,降低构件的初始应力。

参考文献:

[1] 王元清,石永久,李运生,等. 海河综合开发基础设施建设蚌埠桥工程大吨位支撑构件试验研究[R]. 北京:清华大学,2007.

[2] ANSYS Inc. ANSYS User's Manual for V5.5[R]. 1998.

[3] ANSYS Inc. Release 10.0 Documentation for ANSYS[R]. 2005.

(责任编辑 刘存英)

海河蚌埠桥大吨位支撑构件模型有限元分析

作者: [王元清](#), [邢继胜](#), [李吉勤](#), [李运生](#), [石永久](#), [张振学](#), [汤洪燕](#), [WANG Yuan-qing](#), [XING Ji-sheng](#), [LI Ji-qin](#), [LI Yun-sheng](#), [SIH Yong-jiu](#), [ZHANG Zhen-xue](#), [TANG Hong-yan](#)

作者单位: [王元清](#), [邢继胜](#), [李运生](#), [石永久](#), [WANG Yuan-qing](#), [XING Ji-sheng](#), [LI Yun-sheng](#), [SIH Yong-jiu](#)(清华大学, 土木工程系, 北京, 100084), [李吉勤](#), [LI Ji-qin](#)(中国建筑工程总公司, 北京, 100026), [张振学](#), [汤洪燕](#), [ZHANG Zhen-xue](#), [TANG Hong-yan](#)(天津城市建设院, 天津, 300072)

刊名: [河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 

英文刊名: [JOURNAL OF HEBEI UNIVERSITY OF ENGINEERING\(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)

年, 卷(期): 2009, 26(3)

被引用次数: 2次

参考文献(3条)

1. [王元清](#); [石永久](#); [李运生](#) [海河综合开发基础设施建设蚌埠桥工程大吨位支撑构件试验研究](#) 2007
2. ANSYS Inc [ANSYS User's Manual for V5.5](#) 1998
3. ANSYS Inc [Release 10.0 Documentation for ANSYS](#) 2005

引证文献(2条)

1. [吴炳胜](#). [邵会超](#) [基于有限元分析的电动机底座结构的优化设计](#)[期刊论文]-[河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 2010(4)
2. [王元清](#). [石永久](#). [邢继胜](#). [李运生](#) [天津海河蚌埠桥构件性能试验研究](#)[期刊论文]-[施工技术](#) 2010(8)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjzkjxyxb200903001.aspx