

大跨径斜拉桥塔墩梁固结处空间受力分析

黄 力, 刘志权, 石雪飞

(同济大学 桥梁工程系, 上海 200092)

摘要: 安徽五河淮河桥大桥为混合梁斜拉桥, 跨径布置为 $(246 + 125)$ m, 为独塔双索面塔墩梁固结体系。利用 Midas/Civil 建立空间杆系模型进行整体静力分析, 确定塔墩梁部位四种最不利荷载工况, 得到其活载影响线加载位置和荷载大小。再利用大型通用有限元软件 ANSYS 建立塔墩梁固结处三维实体模型进行受力分析, 为设计与施工提供科学理论依据。

关键词: 混合梁斜拉桥; 塔梁固结; 受力分析; 有限元法; 局部应力

中图分类号: U448.27 文献标识码: A 文章编号: 2095-0373(2012)04-0023-04

1 概述

对于大跨径混合梁塔梁固结形式斜拉桥, 其塔梁固结处的设计与应力计算尤其重要。该部分主塔要承受拉索传递的竖向力和由于拉索水平不平衡力造成的弯矩, 而主梁要承受巨大的轴力和弯矩, 同时承担由于汽车偏载引起扭矩作用。通常的空间杆系模型计算分析已不能满足设计要求, 必须建立塔梁固结处局部三维有限元实体模型, 分析研究其在各种最不利荷载工况下的受力特性与应力分布。

五河淮河大桥为柱式独塔空间双索面混合梁斜拉桥, 结构体系采用了塔梁固结体系, 跨径布置为 $246 \text{ m} + 125 \text{ m}$, 边跨和主跨距塔梁中心线 18.5 m 采用混凝土主梁, 其余部分采用钢主梁。故塔梁固结位置处于及其复杂的三向受力状态, 如图 1 所示。本研究中利用大型通用有限元软件 ANSYS, 对该区域建立三维实体模型, 分析其在三向荷载作用下的结构状态, 并对该区域设计提出合理优化建议。

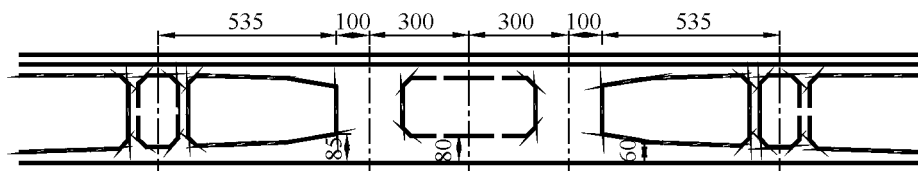


图 1 塔梁固结段主梁示意图(单位: cm)

2 空间有限元数值模型

为能与设计对比总体计算结果, 先利用 Midas 程序建立空间梁单元模型, 进行总体计算, 提供全桥内力值与各计算最不利工况影响线^[1]。另外, 为能真实模拟塔梁固结处主梁最外侧两截面和主塔上截面受力情况, 按照圣维南原理要求, 实际建模中塔梁固结局部实体模型分别向边跨主梁侧延伸 13.5 m , 向中跨主梁侧延伸 13.5 m , 索塔向上延伸至 13.54 m , 向下延伸至承台处, 如图 2 所示。

Midas 空间杆系模型考虑了恒载、活载、预应力、沉降、温度变化作用。计算中根据规范对各种荷载工况进行组合, 确定局部模型的最不利荷载工况组合, 图 3 为 Midas 空间杆系模型。

塔梁固结处采用大型通用有限元软件 ANSYS 建立塔梁固结段实体模型, 主塔和主梁使用 solid45 单元, 采用 Link8 单元模拟梁体体内、体外及横向预应力钢束, 刚臂采用 beam4 单元, 如图 4 所示。

收稿日期: 2012-06-11

作者简介: 黄力 男 1988 年出生 硕士研究生

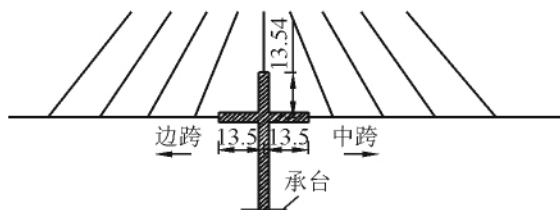


图 2 塔梁固结处局部模型在全桥中实际位置(单位: m)

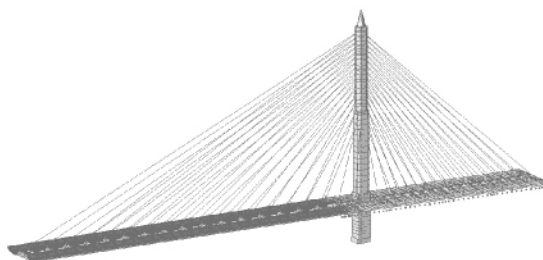


图 3 Midas 空间杆系模型

3 边界条件及最不利荷载工况

在进行塔梁固结处实体计算时,索塔下端采用固端约束,实现位移边界条件。索塔上端和混凝土主梁两端均采用刚臂约束并形成刚域,再施加空间杆端力,实现力的边界条件。

先运用 Midas 空间杆系模型进行分析,得到塔梁固结处四种最不利荷载组合,以及局部实体模型活载影响线加载位置和荷载空间内力边界条件^[2]。其最不利工况为:(1)最大轴力工况,(2)最大正弯矩工况,(3)最大负弯矩工况,(4)最不利扭矩工况。再在 ANSYS 模型中按照上述荷载组合及影响线位置进行活载加载。图 5 为塔梁固结处控制截面扭矩影响线示意图。

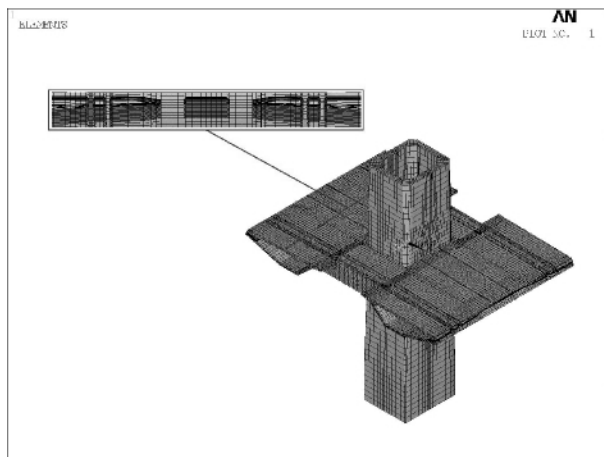


图 4 ANSYS 局部实体模型

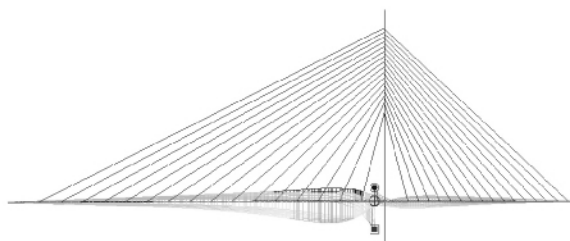


图 5 控制截面扭矩影响线示意图

4 计算结果与分析

通过比较四种最不利工况计算结果,在最大正弯矩工况下塔梁固结处平均应力水平最高。由于篇幅限制,下面仅分析最大正弯矩工况下塔梁固结处空间受力性能^[3-4]。

最大正弯矩工况为塔梁固结主梁横断面处承受最大活载正弯矩情况,该工况按照汽车荷载在结合面处弯矩影响线加载得到了主梁横断面的最大正弯矩工况;温度效应考虑了梯度温度效应;通过计算温度效应得到控制断面的最大正弯矩工况应叠加整体降温效应;支座沉降考虑了各种支座组合作用下的对结合段断面产生最大正弯矩工况组合,但未考虑混凝土收缩徐变效应。

4.1 主梁应力分析

由图 6 可知,主梁第三主应力水平较低,其范围控制在 $-16 \sim -7$ MPa 内,满足规范要求。由于边界刚域效应,在主梁左侧端部主梁顶板压应力失真,压应力值达到 19 MPa。在塔梁固结处主梁内部第三主应力范围控制在 $-10 \sim -7$ MPa 内,应力水平较低。其横梁两端由于预应力锚固作用,部分位置出现应力集中现象。

4.2 索塔应力分析

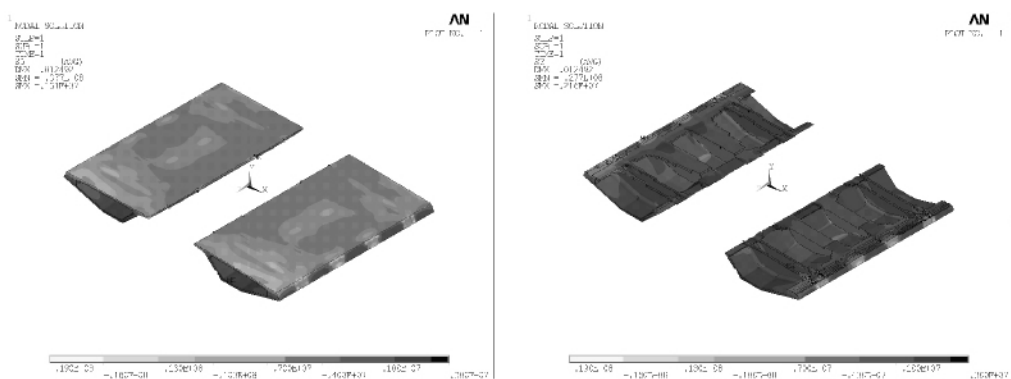


图6 塔梁固结处主梁第三主应力云图

从塔梁固结处索塔段外部第三主应力图7可以看出,索塔属于全截面受压状态,其外部第三主应力范围控制在 $-6 \sim -9$ MPa之间,内部第三主应力范围控制在 $-3 \sim -10$ MPa之间,整体应力水平较低。

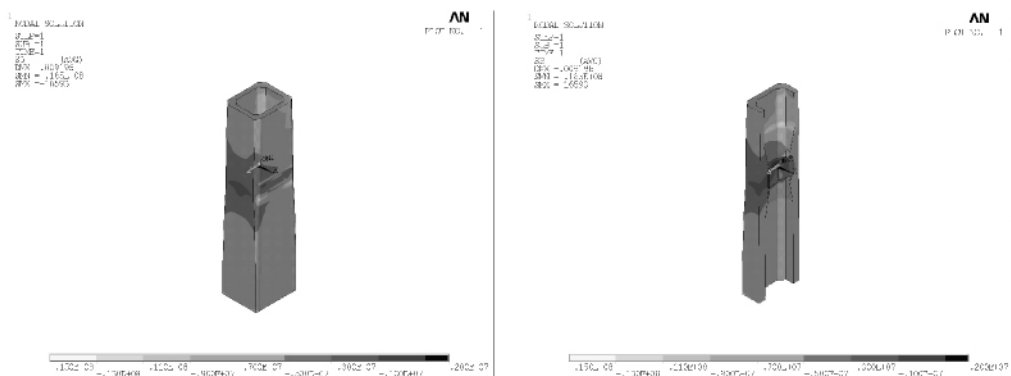


图7 塔梁固结处索塔第三主应力云图

4.3 横梁及盖板应力分析

由应力图8可知,横梁横桥向应力范围控制在 $-9 \sim -4$ MPa之间,横梁上、下缘均处于受压状态。由于纵桥向预应力钢束均锚固在横梁上,产生明显应力集中现象,在局部锚固点处出现了一定拉应力。由边跨侧主梁上盖板纵桥向应力云图9可知,在盖板的下缘在出现较大纵桥向拉应力,应力范围在 $-0.5 \sim -1.5$ MPa内,但拉应力出现范围沿上盖板高度方向延伸很小。

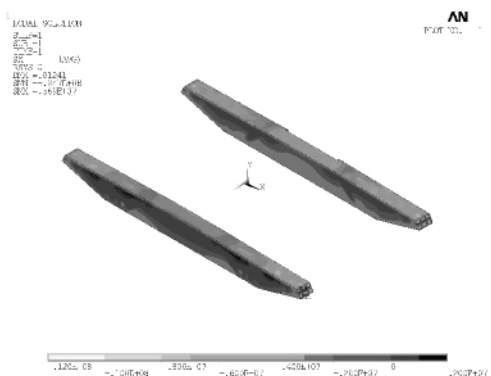


图8 横梁横桥向应力云图



图9 边跨侧主梁上盖板顺桥向应力云图

5 结论

通过对塔梁固结段四种最不利荷载工况的空间应力计算,整体变形较小,纵桥向应力和横桥向应力及第三主应力水平较低,满足规范要求^[5]。说明塔梁固结段结构设计合理,同时根据计算结果,提出以下

几点建议:

(1) 在最大正弯矩工况下,横梁中间的主梁底板表面有小范围拉应力出现,应多配钢筋或采用抗拉性能较好的碳纤维混凝土。

(2) 边跨侧主梁上盖板的下缘表面在四种最不利工况下均有小范围拉应力。可增大该处竖向倒角,采用抗拉性能较好的碳纤维混凝土。

(3) 在扭矩作用下,主跨侧横梁与主梁连接角隅点有较大压应力,可在该处设置小尺寸倒角。

(4) 索塔与主梁相交位置压应力较大,应多配钢筋或采用高强度混凝土。

参 考 文 献

- [1] 虞庐松,朱东生.部分斜拉桥塔梁墩固结点局部应力分析[J].桥梁建设,2008(1):54-57.
- [2] 王晓明,郝宪武,段瑞芳.斜拉桥塔梁固结处的空间应力分析[J].湖南交通科技,2007,33(1):84-88.
- [3] 毕桂平,魏红一,范立础.鄂黄长江公路大桥斜拉桥主塔应力仿真分析[J].结构工程师,2001(4):8-12.
- [4] 曹忠强.异性矮塔斜拉桥塔梁固结部位应力分析[J].交通科技,2010(3):41-44.
- [5] 交通部公路规划设计院.JTJ023—85 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,1985.

Analysis of Spatial Mechanical Behavior of Pylon , Girder and Pier Rigid Fixity Structures of Long-span Cable-stayed Bridge

Huang Li , Liu Zhiquan , Shi Xuefei

(Department of Bridge Engineering ,Tongji University ,Shanghai 200092 ,China)

Abstract: The Huaihe and Five Rivers Bridge of Anhui is hybrid girder cable-stayed bridge , with span arrangement (246 + 125) m and single tower double cable planes tower pier beam consolidation system. Midas/ Civil is used to establish a space truss model for the overall analysis to determine the most unfavorable parts of the tower-pier-beam loading conditions. With the large general-purpose finite element software ANSYS , three-dimensional solid model tower-pier-beam consolidation is established , which provides scientific and theoretical basis for the design and construction.

Key words: hybrid girder cable-stayed bridge; pylon and girder fixity; mechanical analysis; finite element method; local stress

(责任编辑 刘宪福)