

薄壁空心高墩温度效应仿真分析

周妞妞, 张运波

(石家庄铁道大学 土木工程学院 河北 石家庄 050043)

摘要:日照温度荷载作用下,混凝土薄壁空心高墩的应力和变形,是造成墩身工程事故的主要因素之一。以晋济高速公路仙神河大桥 150.07 m 高的八边形薄壁空心高墩为研究对象,在 ANSYS 平台上进行二次开发,编制了薄壁空心高墩结构温度场和温差效应分析的专用程序,并给出实例验证了二次开发成果的准确性。同时利用二次开发成果,对八边形薄壁空心高墩在日照温差荷载作用下的温差效应进行了仿真分析。计算结果表明:日照引起的薄壁空心高墩结构的温差应力和变形较大,不容忽视。

关键词:薄壁空心高墩;温度场;温度效应;仿真分析

中图分类号:U441.5 **文献标识码:**A **文章编号:**2095-0373(2013)04-0027-05

0 引言

随着我国桥梁建筑技术的不断提高,现代桥梁朝着薄壁、大跨、轻型的方向发展。而桥墩作为桥梁的重要结构,为了更好地适应现代桥梁特点的需要,改变了以往粗、大、实的结构,转向轻型、薄壁、高强、注重造型的方向发展。其中薄壁空心高墩是一种较好的形式^[1]。

此类桥墩裸露于大气中,必然要长期受到太阳辐射和气温变化的影响。由于外界环境的瞬变性以及混凝土结构本身的导热性能差,使得空心墩结构内外表面形成了比较大的温差,当由此温差产生的温度变形受到约束的时候,就会产生温度应力。这种由温差作用引起的温度变形和温度应力称为温差效应。现有研究结果证明^[2-3],在薄壁空心高墩结构中,日照温差效应产生的应力有时与恒载、活载产生的应力属于同一个数量级,甚至使桥墩结构发生开裂,导致结构损坏,影响桥梁的正常运行。因此为了预防工程事故的发生,很有必要对薄壁空心墩结构的温差效应进行研究。

目前 ANSYS 有限元计算软件已得到成熟发展,其计算结果具有较高的可信度和准确性。因此以晋济高速公路仙神河大桥 150.07 m 高的八边形薄壁空心高墩为研究对象,利用 ANSYS 软件强大的二次开发技术和热分析功能,编制了薄壁空心高墩结构日照温度场和温差效应分析的专用程序,并结合实例验证了二次开发成果的准确性。同时利用二次开发成果,对八边形薄壁空心高墩在日照温差荷载作用下的温差效应进行了仿真分析,并得出有益的结论。

1 ANSYS 的二次开发

ANSYS 具有强大的二次开发功能,用户可利用 ANSYS 自身提供的 APDL、UPFs、UIDL 等二次开发工具,根据各具体专业的需求,在 ANSYS 系统中开发出具有中文界面的、特定功能的专用模块^[4]。本文通过利用二次开发工具 UIDL 语言来编制 ANSYS 界面的菜单部分和编写对话框,利用 APDL 语言来编写程序命令流,二者结合起来,在 ANSYS 软件中开发出一个关于薄壁空心高墩结构从建模到热分析再到温度应力计算的专用程序。

1.1 用 UIDL 语言编制用户图形界面

UIDL 语言(User Interface Design Language)是 ANSYS 自身提供的用户界面设计语言,主要用来编写

收稿日期:2013-02-27

作者简介:周妞妞 女 1986 年出生 硕士研究生

或更改 ANSYS 的图形界面,它可以在 ANSYS 中添加自定义的菜单、制定对话框,还可以将用 APDL 语言编辑的专业有限元程序放进 ANSYS 中,从而建立有专业针对性的有限元计算模块,实现 ANSYS 的二次开发^[5-7]。修改和编写用户界面是通过用 UIDL 语言修改以 .GRN 为扩展名的控制文件来实现的。本文通过在控制文件 UIMENU.GRN 和 UIFUNC2.GRN 中添加编制的自定义菜单代码及对话框代码,实现了在 ANSYS 程序的 Main Menu 部分添加自定义菜单以及对话框的编制。对话框以热分析参数定义为例,其界面如图 1 所示。

1.2 用 APDL 语言编写命令流

APDL 是 ANSYS Parametric Design Language 的缩写,即 ANSYS 参数化设计语言。它是类似 FORTRAN 的一种解释性语言,只能在 ANSYS 环境中运行,主要包括参数、矩阵操作、数组、流程控制、重复功能和缩写功能、宏文件以及用户子程序等程序设计语言以及 1 000 多条 ANSYS 命令。利用 APDL 语言编写了关于薄壁空心高墩从建模到网格划分、从热分析到结构分析的程序命令流,主要包括:

material.ans 热参数定义程序命令流

piermodel.ans 导入空心墩模型的程序命令流

duntaiyang.ans 计算太阳辐射的程序命令流

dunduiliu.ans 对流计算程序命令流

dunchangbo.ans 长波辐射计算程序命令流

dunjisuan.ans 综合计算热流密度、划分网格、热学分析程序命令流

令流

yuntu.ans 获取截面温度云图程序命令流

dunjiemian.ans 获取截面温度数据命令流

Bridge.ans 导入截面数据程序命令流

Yinglijisuan.ans 温度应力计算程序命令流

houchuli.ans 结果后处理程序命令流

.....

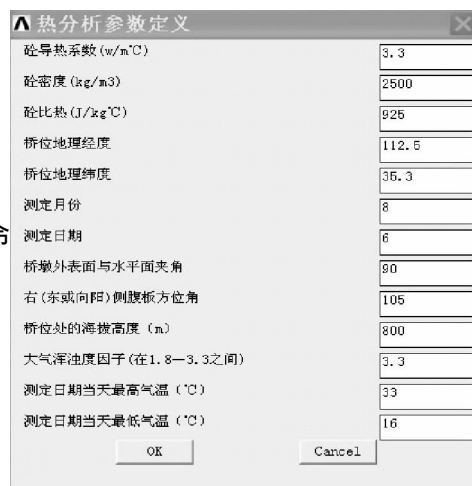


图 1 热分析参数定义对话框

1.3 二次开发成果

结合 APDL 语言和 UIDL 语言,按照上述方法进行二次开发的成果为“薄壁空心高墩温度应力分析系统”,程序界面如图 2 所示。

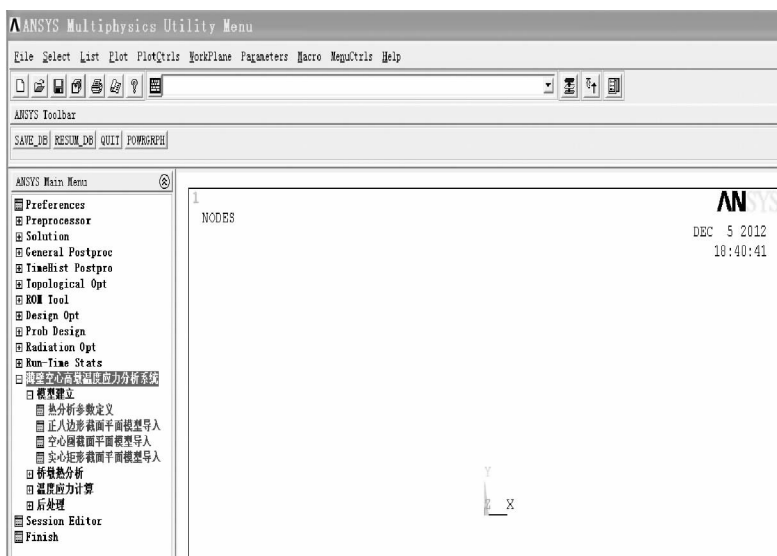


图 2 二次开发程序界面

利用本文开发的“薄壁空心高墩温度应力分析系统”,只需要输入或改变必要的参数,便可以很方便、很直观地实现在任意时间和地点、任意季节以及任意截面形状等条件下的高墩结构在日照温差作用下的

温度效应的计算。计算流程如图3所示。

1.4 实例验证

为了验证二次开发成果“薄壁空心高墩温度应力分析系统”的准确性和实用性,对一具有实测数据的薄壁空心高墩结构的温度场及温度效应进行了分析。表1和表2给出了距离墩顶15 m处截面向阳侧壁板一点在不同时刻的计算值与实测值以及向阳侧壁板沿壁厚方向分别距离外壁板0 m、0.20 m、0.40 m、0.60 m、0.80 m、1.00 m处共计6个点在13:00时刻的温度计算值与实测值。

时间	计算值	实测值
0:00	14.829	14.0
3:00	14.627	14.1
6:00	15.224	14.6
9:00	24.391	23.6
12:00	30.938	31.2
13:00	31.244	31.9
14:00	30.669	31.6
15:00	29.363	30.3
16:00	28.026	28.9
18:00	26.096	26.4
21:00	23.242	22.1
24:00	20.139	18.6

表2 向阳侧壁板13:00沿壁厚方向温度数据计算值与实测值 $^{\circ}\text{C}$

距离外壁板的距离/m	计算值	实测值
0.0	31.244	31.9
0.2	19.513	20.7
0.4	15.387	16.6
0.6	14.658	15.4
0.8	14.740	14.7
1.0	15.608	15.6

从表1可以看出空心墩向阳侧壁板一点温度计算值和实测值24 h变化规律比较吻合,某一时刻的温度分布也大致相同,两者最大误差为1.539 $^{\circ}\text{C}$,符合计算规范要求,而且测点温度走势基本一致;由表2可以看出,沿着空心墩壁厚方向的计算温度分布与实测温度分布变化趋势基本一致。这说明八边形空心墩温度分布的仿真计算是准确的,本文的二次开发成果也是可信的。

2 基于 ANSYS 的薄壁空心高墩温差效应分析

2.1 桥梁概况

本文研究的仙神河大桥是一座较为典型的独塔预应力混凝土部分斜拉桥,地处山西省和河南省交界处,桥墩高150.07 m,采用的是正八边形薄壁空心高墩结构,为典型的薄壁空心高墩,桥墩布置如图4所示。主墩截面八边形内切圆直径为墩顶10.04 m,墩底16 m,自墩顶到墩底截面采用直线斜率变化,墩壁厚度均为1.2 m。该桥所在的地域属于晋城市山区河谷地区,昼夜温差变化较大,而且由于地形地貌等条件的限制,沿墩身各部分接受太阳辐射的时间也不一样,对于墩顶部分一天中接受太阳辐射时间要多一些,而墩底部分则受日辐射作用很少。因此温差对空心墩的影响比较大。

2.2 薄壁空心高墩温差效应 ANSYS 计算结果分析

为了研究日照下薄壁空心高墩结构的温差效应,根据相关气象资料提供的近几年山西晋城地区的天

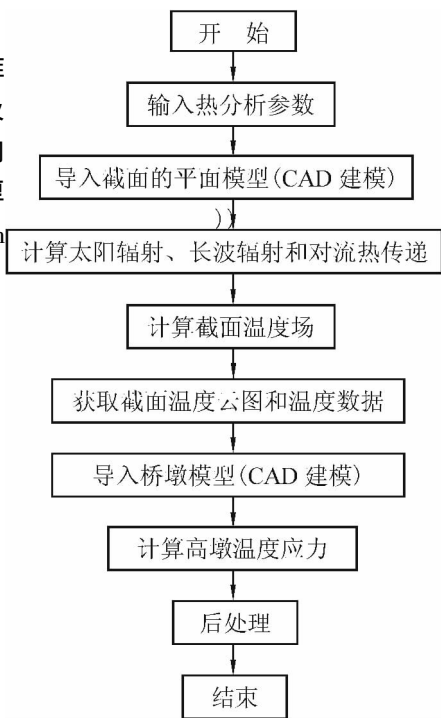


图3 简要流程图

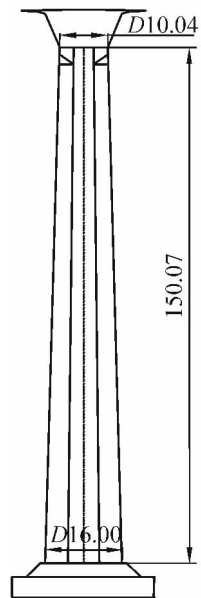


图4 仙神河大桥桥墩示意图(单位:m)

气情况,选择了夏季中气温相对较高,太阳辐射强烈,风速小的晴好天气进行分析。具体日期为 2008 年 8 月 6 日(晴),最高气温 33 ℃,最低气温 16 ℃,风速 3 m/s。经计算,西侧壁板下午 17:00 时刻温差最大,因此本文以下午 17:00 时刻的温度分布作为控制荷载,对沿墩身高度方向的各个截面,进行了的温差效应计算。限于篇幅,以距离墩顶 2 m 处截面为例,其在下午 17:00 时刻的应力云图和整体变形云图如图 5 和图 6 所示。

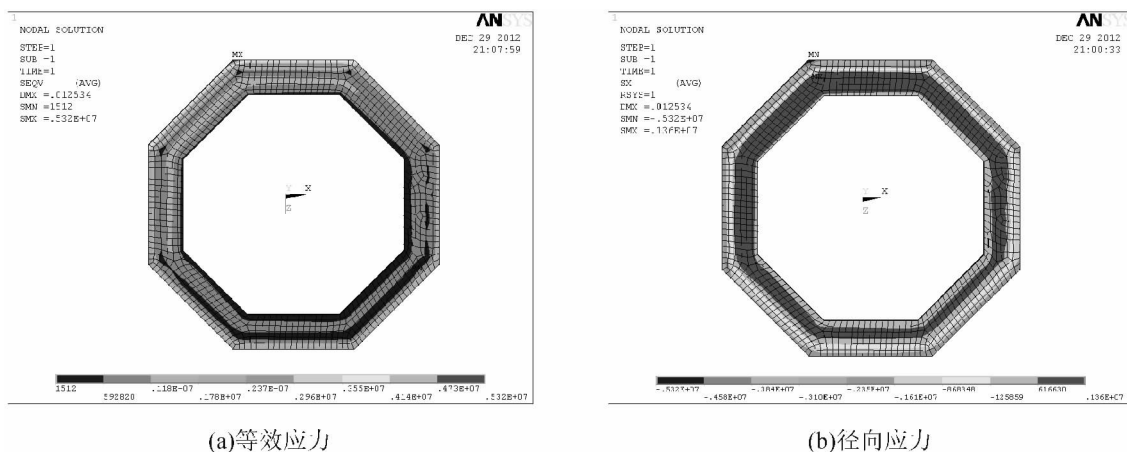


图 5 距墩顶 2 m 处截面最不利时刻应力云图

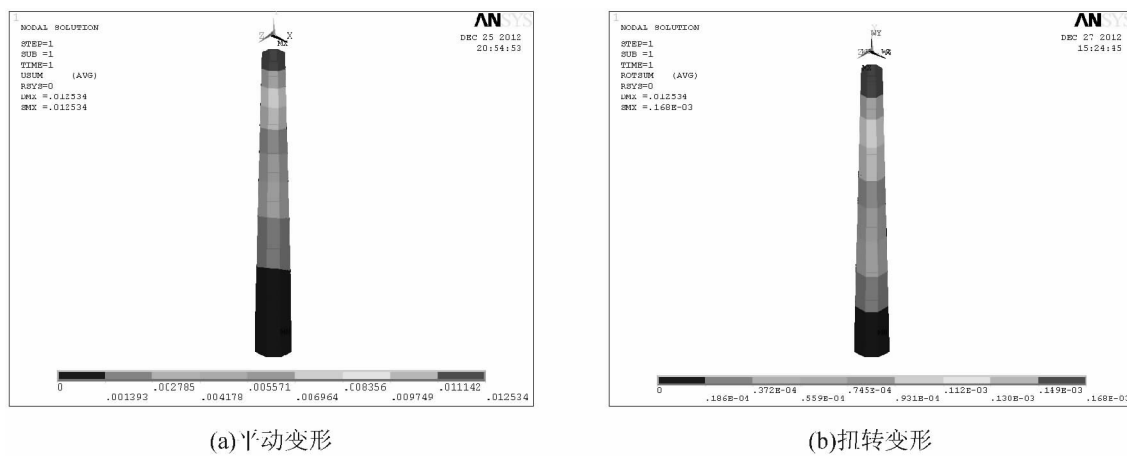


图 6 薄壁空心高墩结构整体变形位移云图

对上述温差效应计算结果进行比较分析,得出以下几点结论:

(1) 对图 5 进行分析可知,沿着八边形空心墩截面周向方向沿墩壁外表面的应力梯度较小,而径向方向的应力梯度较大,并且背阳面和向阳面沿着径向的应力分布规律一致,应力大致呈对称分布。

(2) 由图 5(a) 可知,截面的最大应力值在角隅处出现,且墩顶截面的最大等效应力值达到了 5.32 MPa,最大拉应力达到了 1.3 MPa。

(3) 由图 5(b) 可以看出,空心墩截面沿着墩壁厚度由外表面向内,在 0 ~ 0.4 m 段内,墩壁主要受压应力,且应力值较大,在 0.4 m 处,应力由最大压应力变化到最大拉应力,变化梯度较大;而 0.4 ~ 1.2 m 厚度范围内壁板全部受拉,应力值相对较小,拉应力分布区域达 0.8 m,占整个壁厚的 2/3,但应力有所减小,变化也不大。

(4) 由图 6 可以看出,结构的平动变形最大值和扭转变形最大值均出现在墩顶,结构整体平动变形最大值为 1.253 4 cm,最大扭转变形值约为 0.578',平动变形较大,扭转变形很小;且由墩顶至墩中再到墩底,结构的变形逐渐变小,靠近墩底部,结构的变形值为 0。

3 结论

(1) 利用 ANSYS 二次开发成果对薄壁空心高墩结构的温度场和温差效应进行计算分析,快速方便,结果合理,可为空心墩结构设计提供参考。

(2) 薄壁空心高墩结构无论是悬臂状态还是墩顶受支撑约束状态,在日照作用下都会产生较大的温差应力,而且墩顶都会产生位移变形,尤其是悬臂状态下,墩顶位移达到 1.253 4 cm,必须引起足够的重视。

(3) 日照引起的空心墩温度应力最大值在截面角隅处出现,其值较大对薄壁空心墩结构存在着安全隐患,在空心墩设计时应采取合理的配筋设计等,有效避免温度应力对墩身结构造成破坏。

参 考 文 献

- [1]刘兴法. 混凝土结构的温度应力分析[M]. 北京:人民交通出版社,1991.
- [2]将国富. 大跨径桥梁高墩日照温度效应的研究[D]. 西安:长安大学公路学院,2005.
- [3]董时全. 日照引起的混凝土空心高墩温度应力状态分析[J]. 桥梁与隧道工程,2012(14):155-157.
- [4]阚前华,谭长健,张娟,等. ANSYS 高级工程应用实例分析与二次开发[M]. 北京:电子工业出版社,2006.
- [5]葛俊颖,丁啸宇,张耀东. 预应力混凝土箱梁桥日照温度效应计算软件的编制[J]. 公路,2010(3):82-86.
- [6]张建业,杨甫勤,钱继锋. 基于 APDL 和 UIDL 的 ANSYS 二次开发技术及其应用[J]. 中国制造业信息化,2006,35(23):79-81.
- [7]程铭,吴志军,冯平法. 基于 UIDL 的 ANSYS 用户菜单定制技术[J]. 机械制造,2006,44(10):44-46.

Simulation of Temperature Effects for High Pier with Thin-Walled Hollow Sections

Zhou Niuniu, Zhang Yunbo

(School of Civil Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China)

Abstract: One of the main factors resulting in engineering accidents is the temperature stresses and deformations of concrete high pier with thin-walled hollow sections under the action of solar temperature load. This paper chooses the XianShenHe bridge's 150.07 m high hollow octagonal pier of JinJi Highway as a research object, puts forward secondary development based on ANSYS platform and establishes a specific program which is used to analyze the temperature field and the temperature effects of the thin-walled hollow high pier structure, and presents examples to verify the accuracy of the the results of re-development. Meanwhile, using the re-development achievements, the paper analyzes the temperature effects of the the XianShenHe bridge's 150.07 m high hollow octagonal pier under the action of solar temperature load. The computed results show that the the thermal stresses and deformations of hollow high piers induced by solar temperature load are comparatively large, and can not be ignored.

Key words: thin-walled hollow high pier; temperature field; temperature effect; simulated analysis

(责任编辑 刘宪福)