

文章编号:1009-6825(2010)25-0366-03

三维断裂分析软件 FRANC3D 教程浅析

张 涛 杨玉玲

摘 要:介绍了三维断裂分析软件 FRANC3D(Fracture Analysis Code in 3 Dimensions)的各个组成部分以及在学习过程中应注意的问题和常见的错误,就其初级教程的内容及原理做简单说明,以减少在以后应用软件的过程中产生错误。

关键词:断裂分析,FRANC3D,初级教程,简单说明

中图分类号:TP391.3

文献标识码:A

0 引言

三维断裂分析软件 FRANC3D 是美国康奈尔大学开发的一款专门用于断裂分析的自由软件,它和 OSM(Object Solid Modeler)立体对象建模器、BES(Boundary Element System)边界元系统共同构成一套完整的断裂分析系统。OSM 主要用于前处理的工

作,比如坐标的输入、线面体的形成等,BES 主要用于后处理的工作(有限元的分析)。初级教程里介绍了一个铝质材料的简单裂纹分析及扩展模拟。以下就此教程做简要的概述和分析。

1 OSM(立体对象建模器)

1.1 对象界面及按钮介绍

在施工中,我单位首次使用这种方法,不仅减少了劳动强度,并且取得了一定的经济效益,现就具体方法描述如下:第一步:外业测量。为了保证测量结果的准确性,取消了传统的花杆、皮尺测量方法,我们使用手持平板计算机配合 TNS-202 全站仪,进行横断面测量、记录横断面上每一个地形变化点到中桩距离和该点的地面高程。第二步:内业绘图。首先把外业测量结果输入 Excel 表格中;以中桩左侧点到中桩距离为负,中桩距离为 0,在中桩右侧的距离为正,输入到同一列中;进行顺序排序并且将该数组换成坐标形式,然后复制该数组。打开 CAD 程序输入“pline”绘图命令,进行粘贴,则地面线绘制出来。最后根据设计标高及标准横断面进行“戴帽子”。选择对象,用 CAD 面积查询命令扫描面积,并且把面积数量复制。第三步:内业计算。把复制的面积数量粘贴到已输入土石方计算公式的 Excel 表格中,进行土石方计算。

此次施工使用全站仪测量,用 Excel 配合 AutoCAD 进行土石方计算完全摆脱了在米格纸上绘图、卡面积的手工方法,实现了既经济实惠又快速准确的机械化方法。

5 AutoCAD 在工程施工中的一般应用

辅助制图的应用:AutoCAD 软件在建筑制图上非常有帮助,在电脑上绘制各种建筑施工图纸,洽商现场平面布置图、施工流水图等,直观准确的给予施工人员指导。例如施工中的放大样,利用 CAD 绘制图形后就可以准确的得出各部位所需的尺寸数据,这样就大大的节省了在工程管理中处理各项技术问题的时间。现场平面布置方案等也离不开 CAD 制图帮助,把宏观的现场微缩到计算机图形上,使工作变得更加快捷、简单。

随着工程设备备案制度的完善,传统的手工绘图已经不适应

工程建设需要了,而现在使用的办公软件 Word,Excel 等软件的绘图功能相对于 AutoCAD 软件在绘图功能上差很多,并且不能完成复杂图形的绘制。AutoCAD 软件就有强大的绘图能力,并且能够十分自由地在 Word,Excel 等软件中转换。

通过 CAD 技术的应用,项目部的内外沟通更加流畅,加强了对信息的收集、整理、处理、储存、传递管理。

6 结语

随着 CAD 技术的发展,计算机辅助管理也显得日益重要,如果只满足于用 CAD 出图,只能算是计算机辅助设计应用的初级阶段。目前,CAD 正向 4D,5D 发展,以 CAD 技术为基础的建筑信息模型(Building Information Modeling,BIM)是现在建筑行业研究的热点,也是建筑信息化的核心技术,它的全面应用,将为建筑界的科技进步产生不可估量的影响,大大提高建筑工程的集成化程度,使设计乃至整个工程的质量和效率显著提高,成本降低。展望未来,我们每一位工程人员都应以此先进的技术为手段,推广建筑信息模型这一新的概念、新的技术和新的方法作为加速建筑工程信息化技术的切入点,以迅速提升建筑企业的管理水平和技术水平,提高工程质量和效率,降低成本,增强企业竞争力。

参考文献:

- [1] 邓学才.复杂建筑施工放线[M].第2版.北京:中国建筑工业出版社,2000.
- [2] 王继成,方从燊,倪占东.基于 CAD 平台的复杂弧形建筑施工放线[J].施工技术,2007(8):86-88.
- [3] 易 芳.浅析 AutoCAD 技术在隧道施工中的运用[J].山西建筑,2009,35(12):366-367.

On application of AutoCAD technique in complicated architectural projects

WANG Xiong-wei

Abstract: By combining with the project examples, the paper introduces the construction survey coordinate transfer, the simplified lining of all kinds of circular arcs and irregular curves with AutoCAD, and indicates the application of AutoCAD technique in complicated architectural projects, so as to improve the quality and efficiency of the projects and reduce the costs.

Key words: AutoCAD technique, complicated architectural project, application

收稿日期:2010-05-07

作者简介:张 涛(1986-),男,贵州大学土木建筑工程学院岩土工程专业硕士研究生,贵州 贵阳 550003

杨玉玲(1986-),女,贵州大学土木建筑工程学院岩土工程专业硕士研究生,贵州 贵阳 550003

运行 OSM 后,最先看见的就是如图 1 所示的界面,它主要由主菜单、信息栏以及一些显示控制按钮组成。

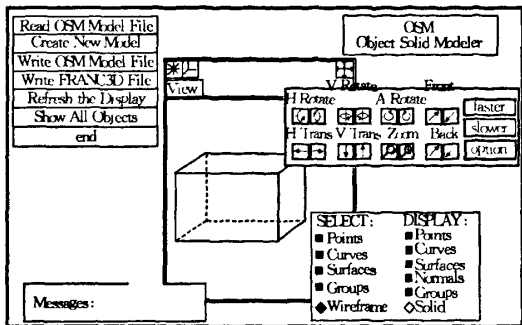


图1 OSM 操作界面(Image One The Interface of OSM)

对于先前建好的 OSM 模型,此时可以直接选择“Read OSM Model File”读入模型文件,第一次建模型则需选择“Create New Model”,按照教程所给坐标点,输入坐标。连点成线、连线成面,其中模型中的四分之一圆弧是由两个弧线连接而成的(如图 2 所示)。另外,需注意每个面的外法线的方向(教程上要求每个面法线的方向都必须向外),查看法线的方向可以点选显示菜单(SELECT, DISPLAY)中的 NORMALS。

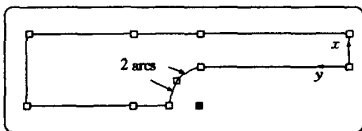


图2 圆弧线连接

1.2 对象显示的控制

按照教程的步骤建立好模型,保存模型文件即可进行下一步的操作,但是在必要的时候需要查看建立的模型是否正确,这就需要对象进行有关显示的操作,例如放大、缩小、翻转角度等。主要方法有两种:一种是鼠标点击控制按钮,这里不做说明;另一种是快捷操作,按住鼠标右键不动即可拖动模型、Shift + 鼠标右键可翻转角度、Ctrl + 鼠标右键可放大或缩小模型。

2 FRANC3D 结构处理

读入已经保存好的模型文件(后缀为 Dat)后,设置材料属性、

$$\begin{aligned}\sigma_x &= \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \cos \frac{\theta}{2} \left(1 - \sin \frac{\theta}{2} \sin \frac{3\theta}{2}\right) \\ \sigma_y &= \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \cos \frac{\theta}{2} \left(1 + \sin \frac{\theta}{2} \sin \frac{3\theta}{2}\right) \\ \tau_{xy} &= \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \sin \frac{\theta}{2} \cos \frac{\theta}{2} \sin \frac{3\theta}{2}\end{aligned}$$

应力强度因子也可以从与位移相关的边界有限元分析中提

$$\begin{Bmatrix} u \\ v \end{Bmatrix} = 2(1+\nu) \frac{K_I}{E} \sqrt{\frac{r}{2\pi}} \begin{Bmatrix} \cos \left[1 - 2\nu + \sin^2 \frac{\theta}{2}\right] \\ \sin \left[1 - 2\nu + \cos^2 \frac{\theta}{2}\right] \end{Bmatrix} + 2(1+\nu) \frac{K_{II}}{E} \sqrt{\frac{r}{2\pi}} \begin{Bmatrix} \sin \frac{\theta}{2} \left[2 - 2\nu + \cos^2 \frac{\theta}{2}\right] \\ \cos \frac{\theta}{2} \left[1 - 2\nu + \sin^2 \frac{\theta}{2}\right] \end{Bmatrix} \quad (2)$$

同样的,应力强度因子 K 我们可以按式(3)提取:

$$\begin{Bmatrix} K_{II} \\ K_I \end{Bmatrix} = \frac{E}{(1-\nu)(1+\nu)} \sqrt{\frac{2\pi}{r}} \begin{Bmatrix} u_{FEM} \\ v_{FEM} \end{Bmatrix} \quad (3)$$

裂纹扩展的方向遵循最大环向应力准则即:当 $\sigma_{\theta\theta} = 0$ 时, $\sigma_{\theta\theta}$ 取得最大值,表达式见式(4):

添加边界约束条件、划分边界线,在划分弧面附近处的线段时,需保证较小的线段靠近弧面,选择“Reverse Ratio”可以更改比例方向。在模型网格化后,得到的网格化模型应如图 4 所示,若有错误则应重复划分边界线的工作,再次网格化模型,直到达到要求的为止。

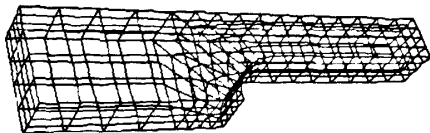


图4 模型初始网格化

此时的模型网格化只是简单、粗糙的划分,在后序添加裂缝后还需进行再一次模型网格化。

3 BES 结构再处理及分析

保存上述建立的模型:先保存 FRANC3D(.fys)文件;再保存 BES(.bes)文件。在保存 BES 文件时选择线性保存(linear),平方(quadratic)基本上用不到。保存文件完成后即可运行 BES 进行结构分析,运行完成后,切换出信息窗口,需看到“Max u adjustment 0.000000~”,此时表明运行正确,然后显示运行的结果,此处不再赘述。

裂纹添加的方法有两种,教程中都有给出。一种是手动输入坐标;另一种是数据库里调出裂隙数据,直接添加到模型上。本文简要说明一下自动添加裂纹,在弹出的数据对话框里面,可以设置添加的裂纹所被划分的段数、与裂纹相邻两边的起始点长度、裂纹添加的方向等,总之,按照教程以及自己的实际模型设置参数。

最后要注意的一点就是模型的再划分,模型在重新划分边界后需要再一次的网格化,选择自动网格化后,一定要检查模型是否完全划分,尤其是靠近弧面处的单元,若划分无误,则可以设置应力强度因子等进行裂隙的扩展模拟。关键在于模型是否能够准确的建立,此后的工作会较简单。

4 裂纹扩展中的简单原理

模型中的 3D 裂纹被沿着定义的几何边缘划分为一定的段数,对于在与裂纹前端正交的面上的每个点,二维裂纹扩展理论都是适用的。断裂力学的理论和裂纹的不同增长方式原理都包含在软件的修改模块里面,靠近裂纹尖端的应力和位移与功能因子 r 和 θ 有关,具体关系见式(1):

$$\begin{aligned}u &= 2(1+\nu) \frac{K_I}{E} \sqrt{\frac{r}{2\pi}} \cos \frac{\theta}{2} \left(1 - 2\nu + \sin^2 \frac{\theta}{2}\right) \\ v &= 2(1+\nu) \frac{K_I}{E} \sqrt{\frac{r}{2\pi}} \sin \frac{\theta}{2} \left(2 - 2\nu - \cos^2 \frac{\theta}{2}\right)\end{aligned} \quad (1)$$

取,裂纹尖端的位移场表达式(2):

$$\sigma_{\theta\theta} = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \sin \frac{\theta}{2} \cos^2 \frac{\theta}{2} + \frac{K_{II}}{\sqrt{2\pi r}} \left(\frac{1}{4} \cos \frac{\theta}{2} + \frac{3}{4} \cos \frac{3\theta}{2}\right) = 0 \quad (4)$$

则可求得 θ_0 的值(极坐标下):

$$\tan \frac{\theta_0}{2} = \frac{1}{4} \frac{K_I}{K_{II}} \pm \frac{1}{4} \sqrt{\left(\frac{K_I}{K_{II}}\right)^2 + 8} \quad (5)$$

这样就得到了我们分析裂纹扩展所需的一些基本参数。

5 结语

FRANC3D 是一款做 3D 裂纹扩展的专业软件,它采用的是面向对象的操作界面,相对于其他的命令流软件要更直观、易懂,但是面向对象的操作界面会产生一些修改不便的问题。本文就 FRANC3D 的简易教程做一个简单的介绍,根据自身学习教程的感受,对需要注意的事项做一个简单的概述。因软件本身包含众

多的力学原理,今后仍需进一步深入学习。

参考文献:

[1] FRANC3D and OSM 3D Tutorial . Version 2.6. Cornell Frac-ture Group,2003.
[2] FRANC3D/OSM. Overview Slides. Cornell Fracture Group,2003.
[3] 吴家龙. 弹性力学[M]. 北京:高等教育出版社,2001.
[4] 程 新,赵树山. 断裂力学[M]. 北京:科学出版社,1995.

The superficial analysis about the tutorial
of three-dimensional fracture analysis software FRANC3D

ZHANG Tao YANG Yu-ling

Abstract: Paper introduced three-dimensional fracture analysis software FRANC3D(Fracture Analysis Code in 3 Dimensions)as well as the various components of the process of learning should pay attention to the problems and common errors. This paper on its primary tutorial and brief principles to reduce unnecessary errors.

Key words: fracture analysis, FRANC3D, primary tutorial, briefly explanation

(上接第 330 页) 6)活载静挠度。活载作用下的静挠度为 4.3 cm,长期荷载增长系数 1.425,因此, $1.425 \times 0.043/175 = 1/2\ 855$,满足规范要求。

3.3 两种软件计算结果对比

MIDAS Civil 各项应力指标计算如表 1 所示。

《桥梁博士》各项应力指标计算如表 2 所示。

表 2 《桥梁博士》各项应力指标计算表

项目	指标
活载静挠度	4.0
正截面抗裂验算	满足
斜截面最大主拉应力/MPa	1.09
正截面上缘最大压应力/MPa	-17.3
正截面下缘最大压应力/MPa	-15.1
施工阶段最大压应力/MPa	-19.8
正截面抗弯承载力	满足
斜截面抗剪承载力	满足

从以上所列数据对比可以看出,两种软件结果相差不大,说明对主梁的受力分析是合理的。

4 结语

此类桥梁跨中下挠和斜截面裂缝等问题成为控制设计的关键因素。基于目前的设计理念可以通过加大配置顶板束、腹板束,以有效控制施工阶段恒载作用下挠度,从而控制成桥后跨中挠度。另外目前关于混凝土的收缩、徐变的计算存在不足,有待进一步完善。从长远来看,要转变设计理念,用恒载零弯矩理论配束,使自重弯矩和预应力弯矩的差值尽量减小,降低混凝土长期收缩徐变的影响。

参考文献:

[1] JTG D60-2004,公路桥涵设计通用规范[S].
[2] JTG D62-2004,公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
[3] JTG D63-2007,公路桥涵地基与基础设计规范[S].

Main girder mechanical analysis of 175 m
prestressed concrete continuous rigid frame bridge

LIU Jian-feng

Abstract: This article introduces the overall design of a highway prestressed concrete continuous rigid frame bridge, carries on finite element analysis on main beam mechanic, uses two software to respectively establish the entire bridge calculation models and makes a calculation, and the differences of the two calculating methods are narrow, which indicates that main girder mechanical analysis is reasonable.

Key words: continuous rigid frame with long span, design, main girder mechanical analysis