

科学计算软件在岩土工程计算中的应用

王国欣

(吉林大学建设工程学院, 长春 130026)

【摘要】 计算机技术的发展和许多诸如 MATLAB 和 ANSYS 科学计算软件的出现, 为岩土工程技术人员在解决岩土工程问题时提供了新思维和新方法, 相信科学计算软件必将成为岩土工程技术人员的得力助手。

【关键词】 MATLAB; ANSYS; 岩土工程

【中图分类号】 TU470.3

the Application of Science Computing Software in Geotechnical Computing

【Abstract】 With development of computer technology and appearance of many science computing software such as MATLAB and ANSYS, which provides new idea and method for geotechnical engineers to solve geotechnical problems. It's worth believing that science computing software will become right hand of geotechnical engineers.

【Key words】 MATLAB; ANSYS; geotechnical engineering

0 引言

计算机的应用离不开程序设计语言, FORTRAN、BASIC、C 等语言已成功地应用于各种场合, 但作为科学和工程问题, 更多的是在分析计算(如常用的矩阵计算和复杂的函数运算)和形象的图示等方面, 应用通常的程序设计语言并不方便。为此, 近年来, 国内外出现了许多集计算、分析及图形模拟诸功能的大型科学计算软件, 如: MATLAB、ANSYS、MATHEMATICA、ALGOR 等, 它们可将科学与工程计算所产生的大量数据信息转化为直观的、易于理解的静态或动态的图形, 以便于研究人员对被模拟对象的客观规律及其分析过程的认识, 从而避免了直接处理大量抽象数据的情况^[1]。这些科学计算软件以其高效、可视化和推理能力等特点, 已越来越受到岩土工程技术人员的青睐, 使他们能够方便、快速地解决大多数岩土工程问题。

目前, 在岩土工程界比较流行的是 MATLAB、ANSYS, 下面就介绍一下 MATLAB 及 ANSYS 在岩土工程计算中的应用。

1 MATLAB 及其在岩土工程计算中的应用

MATLAB 是 Mathworks 公司于 1982 年推出的一套高性能的数值计算和可视化软件, 它集数值分析、矩阵运算、信号处理和图形显示于一体, 构成了一个方便、界面友好的用户环境。MATLAB 语言易学易用, 不要求用户有高深的数学和程序语言知识, 不需要用户深刻了解算法及编程技巧。MATLAB 既是一种编程环境, 又是一种程序设计语言^[2]。这种语言与 FORTRAN、BASIC、C 等语言一样, 有其内定的规则, 但 MATLAB 的规则更接近于数学的表示。因此其使用非常方便, 避免了其它高级语言的许多限制, 如变量、矩阵无需定义等。而且 MATLAB 语句的功能更强, 一条语句可完成较为复杂的任务, 如 fft 语句可完

成对指定数据的快速傅利叶变换,这相当于几十条甚至几百条 C 语言语句的功能。MATLAB 还提供了良好的用户界面,许多函数本身会自动绘制出图形,而且会自动选取坐标刻度。有了这些使用方便、功能强大、界面友好的函数,可使我们岩土工程设计人员大大节约设计时间,提高设计质量。下面就举个例子以某解题格式^[3]说明 MATLAB 在岩土工程中的应用。

例如:有一岩质圆形硐室,硐半径为 R ,垂直应力为 σ_v ,水平应力为 σ_h ,试画出硐室围岩的径向应力 σ_r ,切向应力 σ_θ 以及剪应力 $\tau_{r\theta}$ 的应力分布等值线图。

1) 建模

假设岩体为各向同性的均质连续介质,在变形范围内完全为弹性变形,则可把这圆形硐室按弹性力学中的圆孔对应力分布的影响求解,由此,各应力 σ_r 、 σ_θ 、 $\tau_{r\theta}$ 的计算方程为:

$$\sigma_r = \frac{\sigma_h + \sigma_v}{2} \left[1 - \frac{R^2}{r^2} \right] + \frac{\sigma_h - \sigma_v}{2} \left[1 + 3 \frac{R^4}{r^4} - 4 \frac{R^2}{r^2} \right] \cos 2\theta \quad (1)$$

$$\sigma_\theta = \frac{\sigma_h + \sigma_v}{2} \left[1 + \frac{R^2}{r^2} \right] - \frac{\sigma_h - \sigma_v}{2} \left[1 + 3 \frac{R^4}{r^4} \right] \cos 2\theta \quad (2)$$

$$\tau_{r\theta} = -\frac{\sigma_h - \sigma_v}{2} \left[1 - 3 \frac{R^4}{r^4} + 2 \frac{R^2}{r^2} \right] \sin 2\theta \quad (3)$$

2) MATLAB 程序

求解时,应力重分布范围按 6 倍硐半径计算。

```
theta=0:0.1:2*pi %产生极角向量
R=input('请输入硐室的半径:R=');
sh=input('请输入硐室的水平应力:sh=');
sv=input('请输入硐室的垂直应力:sv=');
for i=1:5*R+1
j=0;
j=i+R-1;
x(i,:)=j*cos(theta); %所求点的横坐标
y(i,:)=j*sin(theta); %所求点的纵坐标
sigma1(i,:)=((sh+sv)/2)*(1-(R*R)/(j*j))+((sh-sv)/2)*(1+3*(R^4)/(j^4))-4*(R^2)/(j^2)*cos(2*theta); %径向应力方程
sigma2(i,:)=((sh+sv)/2)*(1+(R*R)/(j*j))-((sh-sv)/2)*(1+3*(R^4)/(j^4))*cos(2*theta); %切向应力方程
tao(i,:)=-(sh-sv)/2*(1-3*(R^4)/(j^4)+2*(R^2)/(j^2))*sin(2*theta); %剪应力方程
end;
axis('equal');
a=contour(x,y,sigma1); %画径向应力等值线图
label(a); hold on;
```

```
*(R^4)/(j^4)-(4*R*R)/(j*j))*cos(2*theta);
%径向应力方程
sigma2(i,:)=((sh+sv)/2)*(1+(R*R)/(j*j))-((sh-sv)/2)*(1+3*(R^4)/(j^4))*cos(2*theta);
%切向应力方程
tao(i,:)=-(sh-sv)/2*(1-3*(R^4)/(j^4)+2*(R^2)/(j^2))*sin(2*theta);
%剪应力方程
end;
axis('equal');
```

```
a=contour(x,y,sigma1); %画径向应力等值线图
label(a); hold on;
```

3) 运行结果

取硐半径为 5 m,垂直应力为 3 MPa,水平应力为 4 MPa,这样当运行以上简单的程序时,就可以得到以下结果(图 1)。

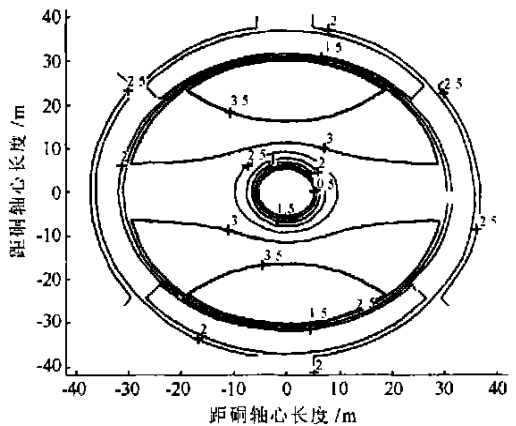


图 1 硐室径向应力等值线分布图

同理在更改程序的最后两行后,相应就可以得到切向应力及剪应力的等值线图。

从上可以看出 MATLAB 在这方面有着先天的优势,相信只要在岩土工程领域多加以利用,一定可以给工程技术人员带来极大的便利。

2 ANSYS 及其在岩土工程计算中的应用

众所周知,在岩土工程领域数值计算是不可或缺的,这些数值分析方法有有限元法、边界元

法、有限差分法等。其中尤以有限元法应用最广, 它在地基稳定、隧道围岩稳定、边坡稳定等计算中发挥了不可缺少的作用, 并已经将其列入了相应的规范。以前我们在用 FORTRAN 语言计算时, 往往需要手工画出有限元剖分网格, 统计各单元信息及节点坐标, 然后输入电脑进行计算, 并且得到的只是一系列的数据, 只有配合一些相应的后处理程序才能通过电脑显示出来, 计算过程过于复杂。

随着计算机软件及图形学的发展, 现在有了众多的通用和专用有限元软件, ANSYS 是最为通用有效的商用有限元软件之一, 在多次用户调查中, ANSYS 都名列前茅。ANSYS 从 20 世纪 70 年代诞生至今, 经过近 30 年的发展, 已经成为能够紧跟计算机硬、软件发展的最新水平, 功能丰富、用户界面友好、前后处理和图形功能完备的高效有限元软件系统。它拥有丰富和完善的单元库、材料模型库和求解器, 保证了它能够高效的求解各类结构静力、动力、振动、线性和非线性问题; 它用户界面友好和程序结构简单, 易学易用; 它完全交互式的前后处理和图形软件, 大大减轻了工程技术人员创建工程模型、生成有限元模型以及分析和评价计算结果的工作量; 它可以和多种 CAD 软件(如 AUTOCAD 等)有效的连接, 可以轻松的把复杂的工程结构体的 CAD 设计图形输入到 ANSYS 中加以有限元分析。

为了更好的说明 ANSYS 在岩土工程中的应用, 下面同样用一个硇室的简单例子以某种解题格式⁴⁾来说明。

例如: 有一岩质圆形硇室, 硇半径为 5 m, 硇室围岩重度为 0.027 MN/m^3 , 弹性模量为 20 000 MPa, 泊松比为 0.25, 求其在重力作用下的围岩位移及应力场。(忽略天然地应力)

1) 创建基本模型

GUI: Main Menu> Preprocessor> Modeling>Create> Areas-Circle> Annulus

输入圆环的中心坐标为(0, 0), 内径为 5, 外径为 30 即可。

2) 设定分析模块

GUI: Main Menu> Preferences
从中选择 Structural 即可。

3) 设定单元类型

GUI: Main Menu> Preprocessor> Element Type> Add/Edit/Delete> Add

从中选择 Structural Solid 中的 Quad 4node 42 即可。

4) 定义材料常数

GUI: Main Menu> Preprocessor> Material Props> Material Models

从中选择 Structural> Linear> Elastic

> Isotropic

输入弹性模量 EX=20 000 MPa, 泊松比 PRXY=0.25

选择 Structural> Density, 输入 DENS=0.027

5) 对几何模型划分网格

GUI: Main Menu> Preprocessor> MeshTool

选择 Mesh 点击几何模型, 并在对话框中点击 OK 即可。

6) 施加载荷及约束

GUI: Main Menu> Solution> Loads-Apply> Structural-Displacement> On Lines

从图形中选择边界圆的下半部进行 X、Y 两个方向的约束。

在这里假设载荷只由其重力引起, 不施加另外载荷。

GUI: Main Menu> Solution> Loads-Apply> Gravity

设定其 Y 方向重力加速度 Y-comp=-9.8

7) 进行求解

GUI: Main Menu> Solution> Solve-Current LS

当出现“Solution is done”提示退出即可。

8) 显示变形及应力分布图

GUI: Main Menu> General Postproc> Plot Results> Deformed Shape

从对话框中选择 Def + undeformed 即可显示洞室位移分布图。

从菜单栏的 Plot 中选择 Results 的 Vector

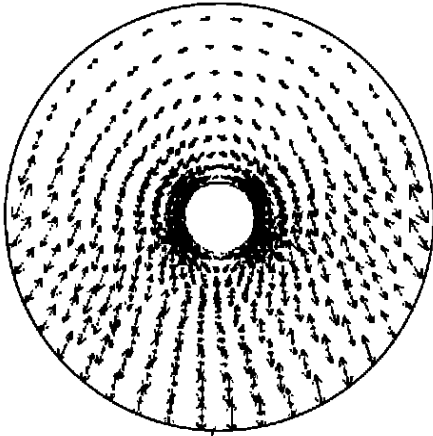


图2 洞室围岩主应力分布图

Plot,在弹出的对话框中选择 Stress 中的 Principal S 即可显示洞室的主应力分布图,所得的结果见图2、图3。

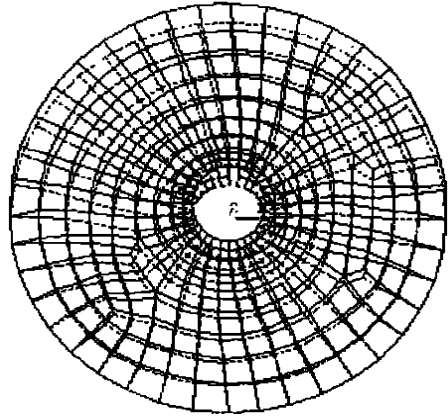


图3 洞室围岩位移分布图

从以上简单的例子中可以看出,用 ANSYS 来计算岩土工程中的一些有限元问题是非常方便的。

3 结论

本文通过 MATLAB 和 ANSYS 在岩土工程中的应用,目的是探索将 MATLAB 和 ANSYS 的快速计算与可视化引入岩土工程计算,采用可视化手段可以更形象、更逼真的方式分析各种岩土工程问题。相信随着计算机技术的进步和发展,各种科学计算软件必将给工程技术人员在解决岩土工程问题时提供新的思维和方法。

参 考 文 献

- 1 赖伟,周志浩. MATLAB 在结构地震动力分析中的应用. 四川大学学报(工程科学版), 2000, 32(5): 14~17
- 2 楼顺天等. MATLAB 程序设计语言. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1998. 1~2
- 3 陈怀琛. MATLAB 及其在理工课程中的应用指南. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2000. 86~93
- 4 王国强. 实用工程数值模拟技术及其在 ANSYS 上的实践. 西安: 西北工业大学出版社, 1999. 49~52

收稿日期: 2001-12-17

本刊 2002 年 2 月 21 日讯 中国地质学会第八届青年地质科技奖于近期揭晓, 中国地质学会工程地质专业委员会入选结果如下:

金锤奖 1 人 化建新(中兵勘察设计研究院)

银锤奖 3 人 许强(成都理工大学)

李晓昭(南京大学)

周志芳(河海大学)

《岩土工程技术》编辑部向上述获奖人员表示衷心祝贺!