

大型工程有限元分析软件 COSMOS/M 的开发与应用

傅永华

刘世凯

(武汉水利电力大学, 武汉 430072) (武汉交通科技大学, 武汉 430063)

摘要 介绍大型工程有限元分析软件 COSMOS/M 的性能、建模、分析计算与成果显示, 并以实际工程非线性问题为例进行展开。

关键词 COSMOS/M, 有限元, 前后处理, 非线性问题

1 简介

在我国工程界久负盛名的 SAP 系列结构分析程序在发表其最后版本 SAP6 后, 改名为 COSMOS, 1982 年由美国 SRAC (Structural Research & Analysis Corporation) 公司推出。本文介绍它的 94 年版, 其基本系统为功能强大的前后置处理模块与静力分析模块, 或者再加上动力分析模块。其它多种分析模块可根据需要选购, 计有静力、动力、线性、非线性、振动、疲劳、屈曲、蠕变、流场、电磁场、传热及优化等, 适用于各种领域。由于运用 SRAC 公司独家所有的 FFE (快速有限元分析) 专利技术, 分析速度较市场同类产品快 100 倍, 外存资源占用降低 20 倍。该软件以自然的英语作为命令语言, 提供在线帮助与下拉式菜单、命令按钮及多窗口操作, 适用于多种软硬件平台, 解题规模为 32 000 结点 (单元) 与 100 000 自由度^[1,2]。

进入 COSMOS 后键入 GEOSTAR 就进入图 1 所示屏幕, 为其唯一的工作屏幕, 进入不同模块时无须切换, 操作十分便利。屏幕顶部是 8 个主菜单, 访问每个标题均给出次级子菜单, 一些常用命令还可用功能键给出。屏幕右边的图标快速提供在线帮助与取消、重绘、命令重复、屏幕选取实体、清屏等常用功能,

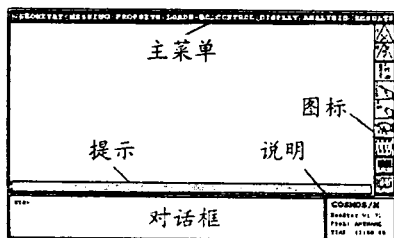


图 1

屏幕下方的对话框用于交互式操作, 软件运行简捷、直观。

2 建模、分析计算与成果显示^[2]

先进的有限元软件应具强大的前后处理能力, 可视化程度高, 建模方便, 模型数据完整。COSMOS/M 在前后处理模块 GEOSTAR 实现这些功能。

2.1 生成几何图形与划分网格

主菜单 GEOMETRY 拥有基本几何实体与多种生成功能, 可用简单基本元素构造复杂的几何图形 (图 2, 图 3)。MESHING 主菜单可通过参数选择形成网格, 也可全自动生成三角形或四面体单元的二维或三维网格 (图 2)。如果因几何构造或材料性质差异而需分区域划分网格, 公共边界结点会出现重复编号而破坏位移相容性, 则应使用相应命令如 NODEMERGE 加以消除。

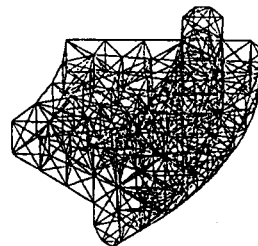


图 2

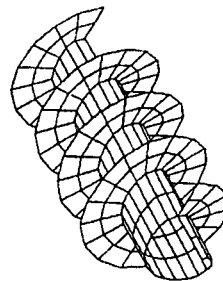


图 3

2.2 规定材料性质

在主菜单 PROPSETS 中定义或从内部材料库选取。

本文于 1998-03-29 收到。

2.3 确定边界条件与载荷

在主菜单 LOADS-BC 中规定边界条件与载荷,非线性问题的加载方式与加载曲线也在此给出。

2.4 数据选择与几何实体(包括结点、单元)的图形显示

在主菜单 CONTROL 中可选择单元组号、材料组号与截面特性组号,这既方便建模,也方便模型修改。这里还控制数据转换、输出、实体颜色与编号显示等,各种特性曲线的激活也在此实现,几何实体与结点、单元的图形显示则分别在生成它们的 GEOMETRY 或 MESHING 菜单中控制。

2.5 分析计算

在 ANALYSIS 主菜单选定分析类型与分析方案,实行数据检查、分析计算或重分析计算。

2.6 计算结果后处理

主菜单 RESULTS 用于结果的数据显示或静动态图形显示,且通过 DISPLAY 主菜单可设置组合窗口与改变视图、比例、显示位置等,并可对三维问题形成各力学量的断面图或等值面图。

3 实际工程应用举例

以某古滑坡稳态分析为例说明 COSMOS/M 的有限元分析过程。古滑坡中部纵剖面如图 4 实线所示, I 为下部滑体, II 为上部滑体,均属粘质类土夹碎石堆积体, III 为亚粘土滑带,基岩为粉砂岩与泥质灰岩。材料的力学性质列于表 1^[3]。

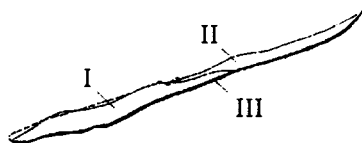


图 4

表 1

| 区域 | 杨氏弹模 (kPa) | 容重 (g/cm ³) | 内摩擦角 (°) | 粘聚力 (kPa) | 泊松比 | 抗压强度 (kPa) |
|-----|---------------|----------------------------|-------------|--------------|------|---------------|
| I | 186 200 | 2.35 | 17.5 | 39.2 | 0.40 | 2 082 |
| II | 245 000 | 2.40 | 16.5 | 34.3 | 0.39 | 3 062 |
| III | 13 720 | 2.25 | 17.5 | 19.6 | 0.40 | 153 |

进入图 1 所示工作屏幕并在对话框输入问题名 HT(滑体)后, GEOSTAR 自动建立数据库并在对话框给出提示符 GEO> 准备接受命令。为方便建模操作,可激活屏幕右侧的 SNP、REP 等图标。

首先生成几何图形,选择(用键盘或鼠标)主菜单 GEOMETRY 中的 PLANE 与 GRIDON 命令以及主菜单 DISPLAY 中的 VIEW 命令,依提示选定参数得到 XOY 面上单位 5m×5m 的格栅 1600m×550m。用 GEOMETRY-POINTS-PT 命令给出分区边界上的控制点,再依次用 GEOMETRY-CURVES-CRSPLINE 命令生成边界样条曲线,得到断面图(图 4),用 GEOMETRY-CONTOUR-CT 与 GEOMETRY-REGIONS-RG 命令将它定义为实体,成为能划分单元的几何图形。

决定材料与单元类型并划分网格。先在 PROPSETS-EGROUP 命令下说明单元特性:选择平面应变、Druck-Prager 本构关系与 Update Lagrange Formulation 列式;用 PROPSSETS-MPROP 命令定义各区域材料性质,同时在 MESHING-AUTO-MESH 中以基本长度 5m 的三角形单元自动剖分网格,从第二个区域起用 MESHING-NODE-NODEMERGE 命令消除重复的结点编号。共生成 3980 结点 7266 单元。

再在 LOAD_BC 的 STRUCTURAL 子菜单中设定边界条件与载荷:滑带与基岩完全约束,考虑自重,由于是非线性问题,须规定加载方式:在子菜单 LOAD_OPS 中设定加载步骤为 10 次,每次 1/10 自重,在 FUNK_CURVES 设定加载曲线并在主菜单 CONTROL 中激活。

最后进入主菜单 ANALYSIS 分析计算:子菜单 R_CHECK 数据检查、A_NONLINEAR 选定方案、R_NONLINEAR 计算。加完全部自重时滑体大部分上表面出现拉应力,最大位移达 1.55m,继续加载至 1.2 倍自重时,最大位移突增到 5.84m, I、II 区域分界处出现拉裂痕迹(图 4 虚线),古滑坡的下部滑体显示出整体滑移的迹象,整体稳定安全系数约 1.2,略大于萨尔玛法计算结果。

参 考 文 献

- 1 傅永华等译. COSMOS/M 学习版使用说明. (成都)创想软件工程有限公司. 武汉交通科技大学, 1996
- 2 COSMOS/M USER GUIDE(Volume 1). SRAC(美国), 1994
- 3 水利部长江水利委员会. 长江三峡水利枢纽库区巴东县迁建新址地质论证报告. 1994. 82~85