 数值计算软件在岩土工程中应用丛书



Midas/GTS 在岩土工程中应用

李 治 编著

中国建筑工业出版社

土工程中应用丛书

Midas /GTS 在岩土工程中应用

李 治 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

Midas/GTS 在岩土工程中应用/李治编著. —北京:
中国建筑工业出版社, 2012. 11
(数值计算软件在岩土工程中应用丛书)
ISBN 978-7-112-14761-8

I. ①M… II. ①李… III. ①岩土工程-有限元
分析-应用软件 IV. ①TU4-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 250289 号

Midas/GTS 是一种主要针对岩土与隧道分析设计的有限元软件, 在国内拥有大量的用户群。本书是国内第一本关于 Midas/GTS 在岩土工程中应用的书籍, 全书分为 Midas/GTS 简介、Midas/GTS 应用实例 10 个、学习 Midas/GTS 注意事项、Midas/GTS 常见问题答疑以及后处理结果说明 5 个部分。其中 Midas/GTS 应用实例包括基坑、隧道、边坡、桩基等岩土工程问题, 分析内容涵盖了施工阶段分析、渗流分析、边坡稳定分析、动力分析等。同时, 随书附光盘一张, 盘中包括最新的 Midas/GTS (试用版) 相关分析模型, 供学习本书时参考。

本书对提高 Midas/GTS 软件用户的技术水平大有裨益, 可供岩土工程相关领域的工程师、科研人员、高等院校的学生和教师参考使用。

* * *

责任编辑: 杨 允 王 梅

责任设计: 赵明霞

责任校对: 肖 剑 王雪竹

数值计算软件在岩土工程中应用丛书

Midas/GTS 在岩土工程中应用

李 治 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京市密东印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 13 字数: 320 千字

2013 年 2 月第一版 2013 年 2 月第一次印刷

定价: 40.00 元 (含光盘)

ISBN 978-7-112-14761-8

(22917)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前言

近 50 年来，随着计算机硬件和软件的飞速发展和应用，岩土数值分析技术也得到了很大的发展，出现了许多大型通用岩土分析软件，包括 Midas/GTS、FLAC、PLAXIS、GEO-STUDIO 等。

Midas/GTS 是由韩国 MID AS IT 公司开发研制的一套专业三维岩土有限元分析软件，从 2005 年进入国内市场以来，以其友好的界面，卓越的前后处理和完全的中文化为广大岩土工程专业人士所喜爱，在国内重大隧道、基坑、边坡等项目中得到广泛应用。

岩土工程分析就是用简化的物理模型去描述复杂的工程问题，再将其转化为数学问题并用数学方法求解。将岩土材料视为多相体，采用连续介质力学模型分析岩土工程问题一般包括下述方程：①运动微分方程式（包括动力和静力分析两大类）；②总应力、有效应力、孔隙压力（有效应力原理）；③连续方程（总体积变化为各相体积变化之和）；④几何方程，包括小应变分析和大应变分析两大类；⑤本构方程，即力学和渗流本构方程。对不同的岩土工程问题，基本方程中运动微分方程式、有效应力原理、连续方程和几何方程的表达式是相同的，不同的是本构方程、边界条件和荷载条件。常常有工程师朋友问我怎样学习 Midas/GTS，我就从基本原理回答：“学习 Midas/GTS 很容易的，就是定义材料、划分网格、定义边界条件和定义荷载工况”；也常常有工程师朋友问我为什么计算不收敛或结果不合理，我也只能从基本原理回答：“可能你采用的本构不合理，可能你的边界条件不充分、你的荷载不正确”。因此了解岩土有限元分析的原理，可以帮助你从宏观上理清建模分析思路，从而掌握软件。

岩土的应力-应变关系与应力路径、加载速率、应力水平、成分、结构、状态等有关，因此岩土体的本构关系十分复杂。同时考虑到岩土工程初始条件和边界条件的复杂性，岩土数值分析很难有精确解，可以认为岩土工程数值分析目前只能用于定性分析。希望学习者们也不要太纠结于某些小细节，主要是掌握位移变形、应力应变等规律。

本书是国内第一本关于 Midas/GTS 运用的书籍，全书分为 Midas/GTS 简介、Midas/GTS 运用实例 10 个、学习 Midas/GTS 注意事项、Midas/GTS 常见问题答疑以及后处理结果说明 5 个部分。其中 Midas/GTS 运用实例包括基坑、隧道、边坡、桩基等岩土工程问题，分析内容涵盖了施工阶段分析、渗流分析、边坡稳定分析、动力分析等。同时，随书附光盘一张，盘中包括最新的 Midas/GTS（试用版）相关分析模型，供学习使用本书时参考。光盘中的分析模型和书中分析结果均以 Midas/GTS（V 4.20）版本为准。读者在阅读本书时，结合光盘中的相关分析模型理解实例内容学习效果会更好。

书中绝大部分实例都是典型的岩土工程实例，具有非常强的实用性。为了避免累赘和节省篇幅，书中实例主要是采用二维模型，让读者掌握原理、思路和技巧，读者可以举一反三，由二维模型扩展到三维模型。同时书中实例操作部分省略了一些几何网格选择过程、切换视图和网格组命名、合并等操作，建议读者可以先了解下 Midas/GTS 操作界面

风格，再学习工程实例。希望本书对 Midas/GTS 广大用户和爱好者提高应用水平大有帮助。

本书由李治主编，安危、王涛、蒋卿校审。参加本书编写者为：上海地下空间设计研究总院有限公司李治（第 1~4 章，13~15 章）；江苏科技大学周爱召（第 5、6 章）；上海地下空间设计研究总院有限公司安危（第 7、12 章）；上海地下空间设计研究总院有限公司颜文（第 8、10 章）；江苏省交通规划设计院股份有限公司王涛（第 9、11 章）。感谢北京迈达斯技术有限公司桂满书、姜毅荣、邱顺东、罗燕、金红梅、刘井学、蒋卿等给予的帮助和支持。

由于时间紧迫和编者水平有限，本书中难免有欠妥和错误之处，敬请读者批评指正。联系 E-mail: lizhi3736@163.com。

目录

第 1 章 Midas/GTS 概况	1
1.1 Midas/GTS 软件概述	1
1.2 Midas/GTS 简介	1
第 2 章 土工格栅挡墙的稳定性的分析	4
2.1 工程概况	4
2.2 知识要点	4
2.3 材料特性	4
2.4 建模过程	5
2.5 结果查看与分析	16
第 3 章 桩锚支护边坡稳定性分析	18
3.1 工程概况	18
3.2 知识要点	18
3.3 材料特性	18
3.4 建模过程	19
3.5 结果查看与分析	28
第 4 章 土石坝应力变形分析	31
4.1 工程概况	31
4.2 知识要点	31
4.3 材料特性	31
4.4 建模过程	32
4.5 结果查看与分析	39
第 5 章 堤坝的非稳定流分析	42
5.1 工程概况	42
5.2 知识要点	42
5.3 材料特性	42
5.4 建模过程	43
5.5 结果查看与分析	51
第 6 章 单桩承载力分析	54
6.1 工程概况	54
6.2 知识要点	54
6.3 材料特性	55
6.4 建模过程	56
6.5 结果查看与分析	67

第 7 章 砂井固结分析	70
7.1 工程概况	70
7.2 知识要点	70
7.3 材料特性	70
7.4 建模过程	71
7.5 结果查看与分析	81
第 8 章 基坑开挖分析	86
8.1 工程概况	86
8.2 知识要点	86
8.3 材料特性	86
8.4 建模过程	87
8.5 结果查看与分析	103
第 9 章 隧道开挖分析	107
9.1 工程概况	107
9.2 知识要点	107
9.3 材料特性	107
9.4 建模过程	108
9.5 结果查看与分析	120
第 10 章 桩基动力分析	124
10.1 工程概况	124
10.2 知识要点	124
10.3 材料特性	124
第一部分 特征值分析	125
10.4 建模过程	125
10.5 结果查看与分析	133
第二部分 线性时程分析	133
10.6 结果查看与分析	137
第 11 章 隧道爆破分析	140
11.1 工程概况	140
11.2 知识要点	140
11.3 材料特性	142
第一部分 特征值分析	142
11.4 建模过程	142
11.5 结果查看与分析	148
第二部分 爆破荷载动力分析	149
11.6 结果查看与分析	152
第 12 章 地铁端头井分析	157
12.1 工程概况	157
12.2 知识要点	157

12.3	材料特性	158
12.4	建模过程	159
12.5	结果查看与分析	172
第 13 章	学习 GIS 注意事项	175
13.1	建模基本注意事项	175
13.2	高级几何功能	176
13.3	网格划分	178
第 14 章	常见问题答疑	180
14.1	程序安装	180
14.2	前处理	180
14.3	分析功能	185
14.4	后处理	189
第 15 章	后处理结果说明	191
15.1	支座反力	191
15.2	位移	191
15.3	1D 单元内力	191
15.4	板单元内力	192
15.5	1D 单元应力	192
15.6	板单元应力	193
15.7	板单元应变	194
15.8	2 维单元应力	195
15.9	2 维单元应变	195
15.10	3 维单元应力	195
15.11	3 维单元应变	196
15.12	接触单元结果	196
15.13	渗流分析结果	196
15.14	动力分析结果	197
15.15	桩单元结果	197
参考文献		198

第 1 章 Midas/GTS 概况

1.1 Midas/GTS 软件概述

Midas/GTS 是由韩国 MIDAS IT 公司开发研制的一套专业三维岩土有限元分析软件，MIDAS IT 拥有 GTS、Civil、Gen 等一系列土木工程有限元分析与设计软件，在世界多个国家建立了分支机构，应用于实际工程达 5000 多个。其中最具代表性的有世界最高建筑物阿联酋 Burj Dubai Tower、世界跨度最大的斜拉桥——中国苏通大桥以及 2008 年北京奥运会体育场馆、韩日世界杯体育场馆等。在这些载入世界土木建筑史册的结构的应用，证明了 MIDAS IT 已经成为世界上最优秀的土木软件开发公司之一。

1.2 Midas/GTS 简介

Midas/GTS 最大优点在于其完全中文化，并采用 Windows 风格操作界面，学习起来非常容易上手。同时其操作习惯和分析内核也综合了国内外众多软件的优点，使学习者更容易理解和掌握。

1.2.1 Midas/GTS 分析功能

Midas/GTS 包含的分析功能如下：

- 静力分析
 - ◆ 线性静力分析
 - ◆ 非线性静力分析
- 施工阶段分析
 - ◆ 施工
 - ◆ 稳态渗流
 - ◆ 瞬态渗流
 - ◆ 固结
- 稳态流分析
 - ◆ 稳态流分析
 - ◆ 非稳态流分析
- 固结分析
- 边坡稳定
 - ◆ 极限平衡法
 - ◆ 强度折减法
- 动力分析
 - ◆ 特征值分析
 - ◆ 时程分析
 - ◆ 反应谱分析

Midas/GTS 基本上涵盖了岩土方面所有的分析计算功能，经过了国内外很多大工程的运用和验算，结果准确可靠。

1.2.2 单元库

Midas/GTS 包含的单元库如下：

- 线类型
 - ◆ 桁架 / 植入式桁架
 - ◆ 梁
 - ◆ 桩
 - ◆ 土工格栅 (1D)
 - ◆ 只受拉 (钩), 只受压 (间隙)
 - ◆ 仅显示 (建模虚拟用)
- 实体类型
 - ◆ 实体
- 其他
 - ◆ 点弹簧, 矩阵弹簧, 接触
 - ◆ 弹性连接, 刚性连接
- 面类型
 - ◆ 板 (喷射混凝土, 衬砌)
 - ◆ 土工格栅 (2D)
 - ◆ 平面应力
 - ◆ 平面应变
 - ◆ 轴对称
 - ◆ 仅显示 (建模虚拟用)

GTS 提供线性和抛物线类型的板、平面应力和实体单元。在 GTS 中, 所有的单元均可通过三种方法建立:

- (1) 自动/映射网格生成, 网格扩展和网格连接;
- (2) 在 GUI 和表格中手动建立;
- (3) 导入其他程序的网格数据。

全面的单元库, 使计算模拟更加符合实际受力状态。

1.2.3 材料本构

Midas/GTS 包含的材料本构模型如下:

材料模型	特 征
线性弹性 Linear Elastic	最简单
莫尔-库仑 Mohr-Coulomb	弹塑性, 软化
特雷斯卡 Tresca	弹塑性
范梅塞斯 Von Mises	弹塑性
德鲁克-普拉格 Drucker-Prager	弹塑性
横向各向同性 Transversely Isotropic	横向各向同性弹性
邓肯-张 Duncan-Chang	双曲线, 非线性弹性
霍克-布朗 Hoek-Brown	弹塑性
节理 Jointed Rock	各向异性弹性-各向异性塑性
剑桥 Cam-Clay	弹塑性
修正剑桥 Modified Cam-Clay	
应变软化 Strain Softening	应变软化
修正莫尔-库仑 Modify Mohr-Coulomb	弹塑性
用户自定义 user defined	用户接口

丰富的材料本构模型, 针对各种岩体土体材料, 准确模拟其应力应变关系。

1.2.4 建模分析流程

步骤一: 属性定义

单元	属性	材料	岩土	选择土体材料的本构模型,输入参数,以准确模拟其受力变形情况
			结构	输入结构材料的参数,一般为混凝土和钢筋,认为是弹性材料
	特性	梁、桁架截面尺寸	选择杆件单元的截面形状并输入截面尺寸	
		板厚	输入板单元的厚度	
		弹簧/接触	输入弹簧刚度和接触刚度特性等	

步骤二：几何尺寸定义

既可以导入第三方软件的数据文件，如 STEP, IGES, Parasolid, STL (Mesh), AutoCAD DXF (2D\ 3D)，也可以在 GTS 里面利用其几何工具进行建模，最方便实用的是 AutoCAD DXF (2D\ 3D)。

步骤三：网格划分

GTS 提供了多样的网格划分形式，建议读者灵活应用，划分最优网格。

循环网格化 (Loop Mesher)，基于循环法则的直接曲面网格化；

德劳内网格化 (Delaunay Mesher)，基于德劳内三角形分割的间接曲面网格化；

栅格网格化 (Grid Mesher)，基于修正网格逼近的混合曲面网格化；

四面体网格化 (Tetra Mesher)，基于德劳内四面体化和前沿的实体网格化；

映射网格化 (Map Mesher)，基于超限插值法的结构化的曲面/实体网格化。

步骤四：边界荷载定义

根据工程实际受力条件、边界条件和分析工况，定义边界荷载。

荷载

- 自重
- 力、弯矩
- 强制位移
- 压力
- 梁单元荷载
- 单元温度、温度梯度
- 初始应力
- 节点质量
- 反应谱分析数据 (包含各种设计谱数据)
- 时程分析数据
 - 荷载函数 (包括 54 个地震加速度记录)
 - 地面加速度
 - 时变静力荷载
 - 节点动力荷载，面动力荷载
 - 时程结果函数

边界条件

- 一般支承
- 节点水头边界
- 节点流量边界，面流边界
- 渗流边界函数
- 非饱和特性函数
 - 渗透函数
 - Gardner 系数
 - Frontal 函数
 - 用户定义
 - 含水量函数
 - Van Genuchten, 用户定义
- 释放梁端约束
- 释放板端约束
- 材料变化
- 边界组变化

步骤五：施工阶段定义

如果是施工阶段分析，就需根据实际的施工工序定义施工阶段。GTS 提供施工阶段模拟对话框，只需要拖放就可以实现单元的生死，同时对于工况特别多的工程，GTS 提供了施工阶段建模助手，根据网格组名称轻松定义施工阶段。

步骤六：分析工况定义

根据分析需求选择分析工况。

第 2 章 土工格栅挡墙的稳定性分析

2.1 工程概况

某地区修建一座土工格栅加筋式挡墙（如图 2-1 所示），土墙墙高 $H=6\text{m}$ ，无浸水情况，墙后填土为砂性土；挡墙面板为 C20 混凝土板，板厚 35cm；土工格栅间距为 0.6m，共 10 层，容许拉应力 $[T_a]=50\text{kN/m}$ ，设计长度 4m，与墙面牢固连接；地基为碎石土地基，地基承载力高，压缩性小。

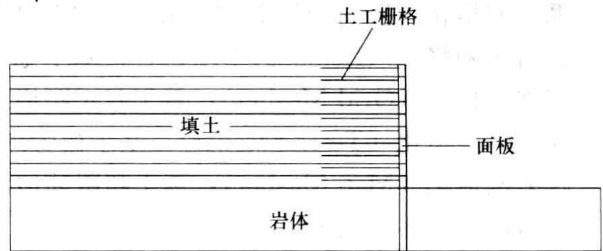


图 2-1

2.2 知识要点

Midas/GTS 单元库提供了土工格栅单元，土工格栅单元的结构性能是只能受拉，不能受压和受弯，用来模拟土工格栅在工程中的实际受力情况。

用接触单元模拟土工格栅和土体间的摩擦，Midas/GTS 接触单元为 goodman 单元，主要有切向刚度，法向刚度和 c 、 ϕ 四个参数，切向刚度模拟土工格栅和土体间的摩擦滑移，法向刚度取一大值，认为土工格栅和土不可以互相嵌入。

利用施工阶段建模助手可以很快的定义施工阶段。

掌握挡墙的变形规律和土工格栅内力分布规律。

2.3 材料特性

本例题采用的材料特性如表 2-1~表 2-3。

属性对应表

表 2-1

属性名称	类型	材料名称	特性名称
填土	平面	填土	—
岩体	平面	岩体	—
面板	平面	面板	—
土工格栅	线/土工格栅	土工格栅	土工格栅
界面接触	接触	—	界面接触

2.4 建模过程

材料参数表

表 2-2

材料名称	E (kN/m ²)	ν	γ (kN/m ³)	c (kN/m ²)	φ (°)	本构
填土	9000	0.35	18	5	20	莫尔-库伦
岩体	400000	0.3	24	36	36	莫尔-库伦
面板	2000000	0.3	24	—	—	弹性
土工格栅	26000000	0.33	24	—	—	弹性

截面和接触特性参数表

表 2-3

名称	K_n (kN/m ²)	K_t (kN/m ²)	c (kN/m ²)	φ (°)	厚度 (m)
土工格栅	—	—	—	—	0.005
界面接触	10000000	2300	15	27	—

2.4 建模过程

■打开文件

- (1) 在主菜单里选择【文件】>打开
- (2) 打开“模型-土工格栅.gtb”文件，如图 2-2 所示。

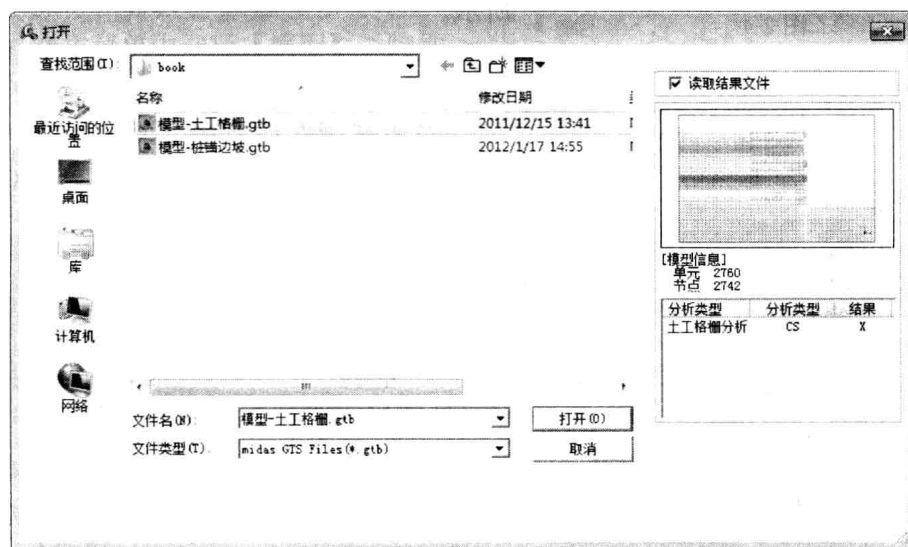


图 2-2

■属性材料特性定义

- (3) 在主菜单中选择【模型】>特性>属性。
- (4) 在“添加”中选择“平面”，如图 2-3 所示。
- (5) 号 1，名称中输入“填土”。
- (6) 单元类型中确认为“平面应变”，材料中点击“添加”，如图 2-4 所示。

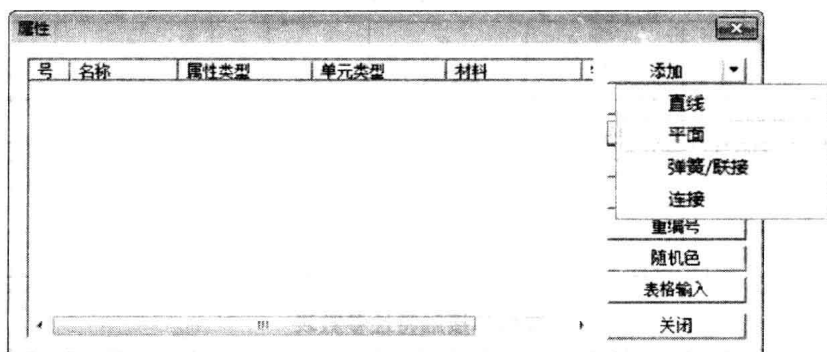


图 2-3

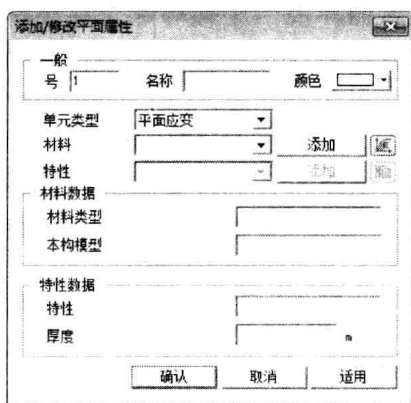


图 2-4

- (7) 号 1, 名称中输入“填土”。
- (8) 模型类型指定为“莫尔-库伦”。
- (9) 输入填土材料参数。
- (10) 点击“确认”, 如图 2-5 所示。

其余“岩体”“面板”使用同样的方法生成属性。

(11) 在主菜单中选择【模型】>特性>属性。

(12) 在“添加”中选择“直线”, 如图 2-6 所示。



图 2-5

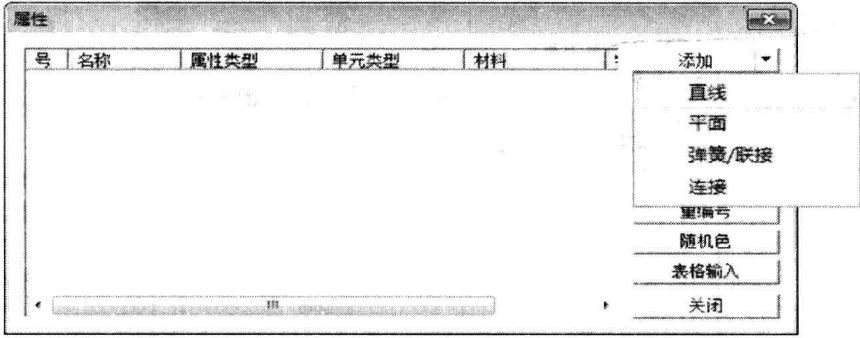


图 2-6

- (13) 号 2, 名称中输入“土工格栅”。
- (14) 单元类型中确认为“土工格栅 (1D)”, 材料中点击“添加”, 如图 2-7 所示。
- (15) 号 2, 名称中输入“土工格栅”。
- (16) 输入土工格栅材料参数。
- (17) 点击“确认”, 如图 2-8 所示。
- (18) 特性中点击“添加”。
- (19) 号 1, 名称中输入“土工格栅”。
- (20) 类型中确认为“土工格栅 (1D)”。
- (21) 在特性厚度 (t) 中输入“0.005”。
- (22) 点击“确认”, 如图 2-9 所示。
- (23) 在主菜单中选择【模型】>特性>属性。

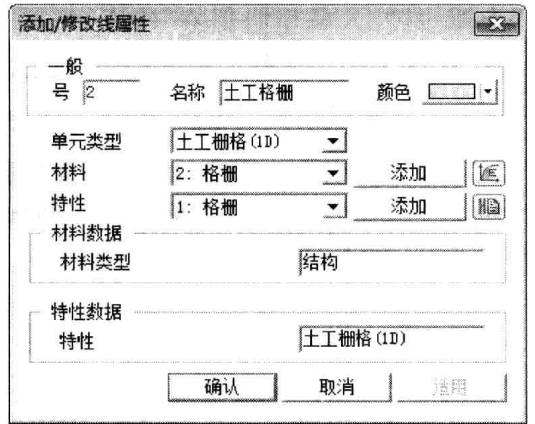


图 2-7

- (24) 在“添加”中选择“弹簧连接”, 如图 2-10 所示。

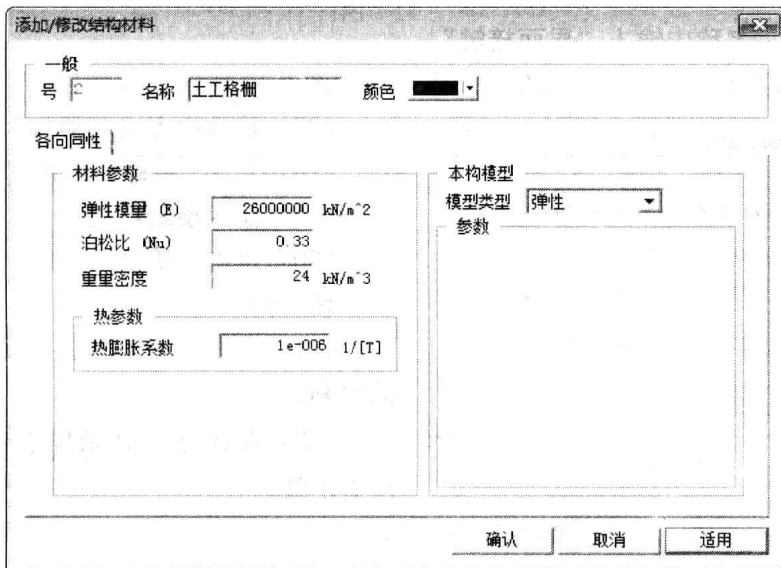


图 2-8

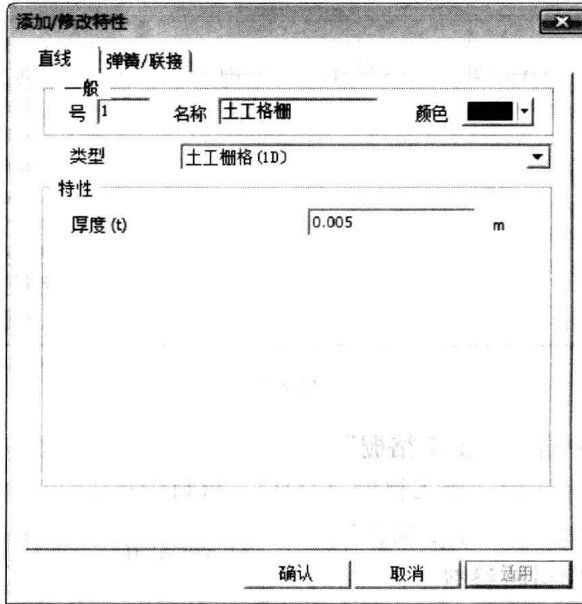


图 2-9

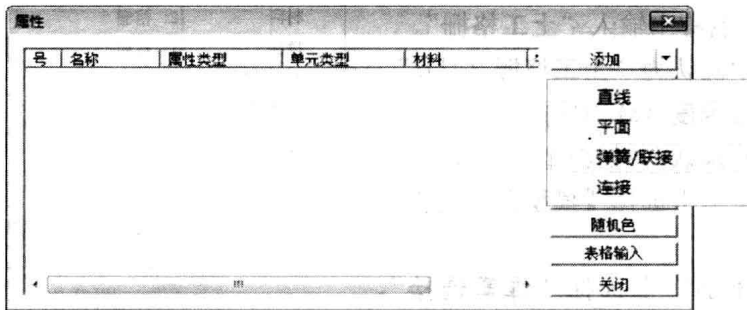


图 2-10

(25) 号 5，名称中输入“界面接触”。

(26) 单元类型中确认为“接触（二维）”，如图 2-11 所示。

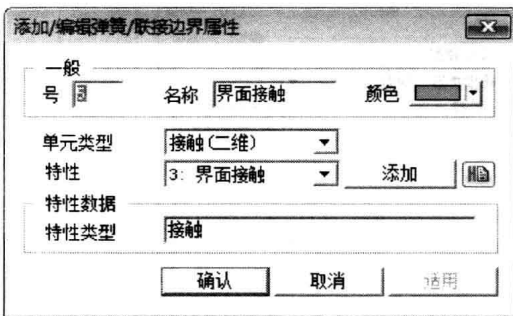


图 2-11

(27) 特性中点击“添加”。


(28) 号 3，名称中输入“界面接触”。

(29) 输入接触特性。

(30) 点击“确认”，如图 2-12 所示。

■几何分割

(31) 在主菜单里面选择几何>曲线>交叉分割。

(32) 在选择工具条里点击  显示选择所有的线。

(33) 点击“适用”按钮，如图 2-13 所示。

■网格划分

(34) 在主菜单里选择【网格】>自动网格划分>平面。

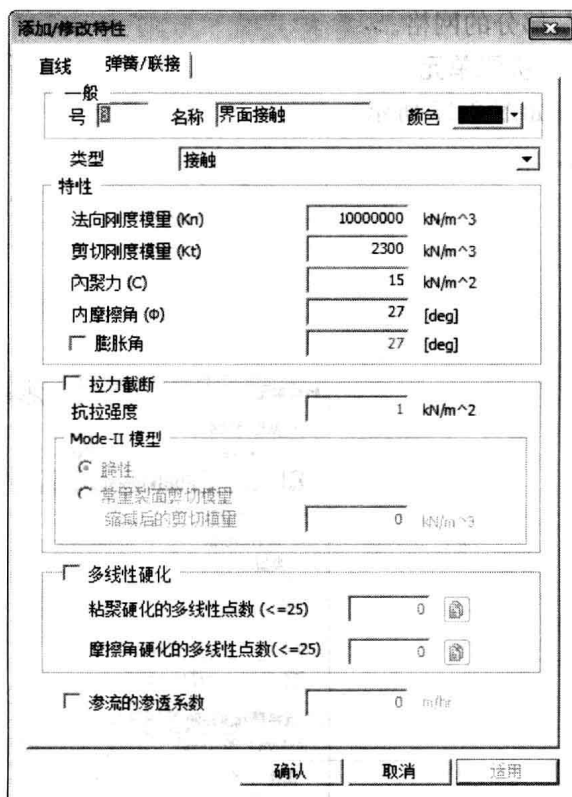


图 2-12

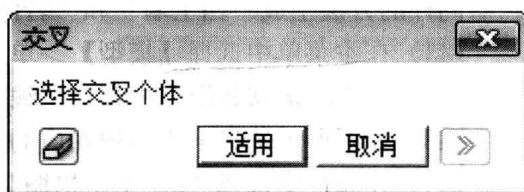


图 2-13

(35) 在“选择线”中按如图 2-14 所示选择线（不选择底部的岩体材料）。

(36) 将网格尺寸指定为“单元尺寸”后，其值输入“0.3”，如图 2-15 所示。

(37) 在属性里输入“1：填土”，网格组里输入“填土”。

(38) 点击“高级选项”。

(39) “类型”里选择“四边形”，如图 2-16 所示。

(40) 点击“确认”。

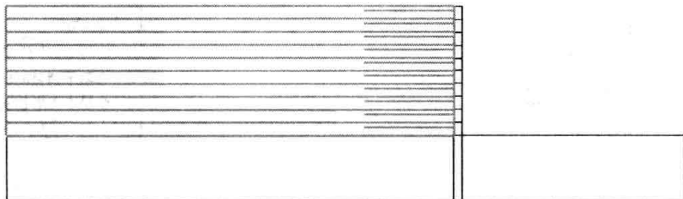


图 2-14

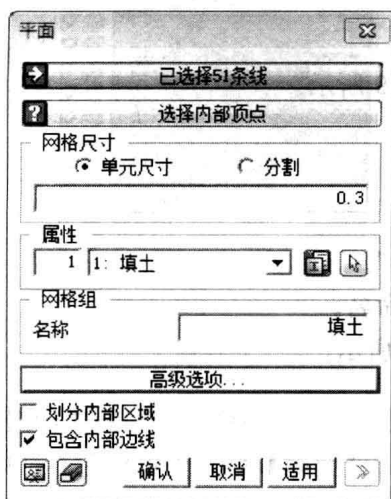


图 2-15



图 2-16