

普通高等教育“十二五”规划教材

MIDAS

在结构计算中的应用

蒋玉川 傅昶彬 阎慧群 等编著

MIDAS
ZAI JIEGOU JISUANZHONG DE YINGYONG



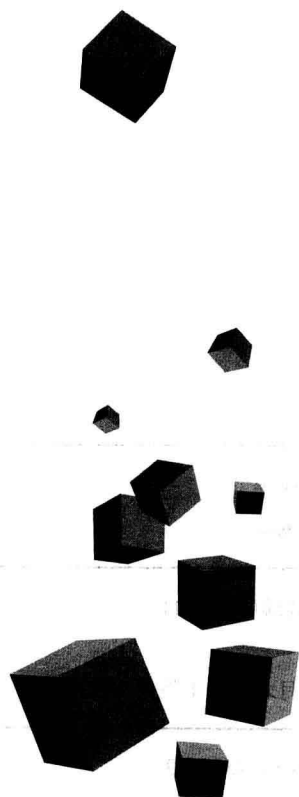
化学工业出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

MIDAS

在结构计算中的应用

蒋玉川 傅昶彬 阎慧群 等编著



化学工业出版社

·北京·

本书是高等工科院校土木工程、工程力学、水利工程专业的学生学习结构力学的配套教材, 主要介绍 MIDAS/Gen 的基本操作和在结构计算中的应用。主要内容有: 应用 MIDAS/Gen 计算连续梁、平面刚架、平面桁架、拱结构、空间刚架、空间桁架(网架)、框架-剪力墙、组合结构和大跨越结构等现代结构, 以及 MIDAS/Gen 在全国大学生结构设计竞赛中的应用。教材由浅入深地介绍算例, 从平面到空间, 从静力到动力分析, 让学生学会利用结构分析软件 MIDAS/Gen 进行现代结构计算。

本书可作为高等工科院校土木工程、水利工程及工程力学专业本科生和研究生学习结构力学的辅助教材, 也可供从事结构工程的技术人员在学习和工作中参考。

图书在版编目(CIP)数据

MIDAS 在结构计算中的应用/蒋玉川等编著. —北京:
化学工业出版社, 2011.11
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-122-12453-1

I. M… II. 蒋… III. 结构计算: 计算机辅助计算-应用
软件, MIDAS-高等学校-教材 IV. TU311.4-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 200971 号

责任编辑: 满悦芝
责任校对: 周梦华

文字编辑: 张绪瑞
装帧设计: 尹琳琳

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 18 $\frac{3}{4}$ 字数 465 千字 2012 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 39.80 元

版权所有 违者必究

前 言

结构力学是高等院校土木工程和水利工程专业的必修课程，现行结构力学教材的体系基本上还在沿用二十世纪八九十年代的体系，即只讲经典结构力学的内容。近年来国内也出版了不少计算结构力学或程序结构力学的教材，主要是把有限元法应用于结构计算，基本做法是通过编程来实现，应用范围和规模都有局限性。

本书是在结构分析软件 MIDAS/Gen 的平台上编写的一本教材，主要是解决经典结构力学和程序结构力学无法解决的问题，如现代结构的计算，包括空间刚架、空间桁架（网架）、框架-剪力墙及大跨越结构等的计算。编写本教材的目的是要在讲好经典结构力学的基础上，让学生学会利用结构分析软件 MIDAS/Gen 进行现代结构计算。同时，为高校学生参加全国结构设计竞赛建模提供指导和帮助。力争避免培养出来的学生完全与现代结构发展脱节，学完结构力学后，遇到工程实际问题还是不能解决。我们通过自学和收集 MIDAS/Gen 的应用资料，编写了本教材。教材首先介绍 MIDAS/Gen 的基本操作，而后由浅入深介绍算例及背景知识，如从平面结构到空间结构、从静力计算到动力分析，以及我校师生利用 MIDAS/Gen 软件在全国大学生结构设计竞赛中的建模实例。这样，在结构力学教学中既讲述经典结构力学的内容，同时也介绍 MIDAS/Gen 在结构力学和结构设计竞赛中的应用。做到既不放松结构力学大纲要求的基本内容，又让学生初步学会应用现代结构分析软件解决更为复杂的结构的力学计算问题。同时为高校学生参加全国结构设计竞赛建模提供指导和参考。

本书的主要编著者多年从事结构力学和土木工程专业课教学，指导和组织了所在学校历次结构设计竞赛，对 MIDAS/Gen 软件有较系统的了解，编写工作具体分工如下：王泽龙编写第 1 章，应志君编写第 2 章，蒋玉川编写第 3 章，傅昶彬编写第 4 章和附录，全书由蒋玉川负责统稿，阎慧群负责校对。

在本教材的编写过程中，得到了四川大学熊峰教授、王启智教授、张新培教授、张建海教授和李章政教授等的帮助，在此表示感谢；另外，参考了北京迈达斯技术有限公司出品的 MIDAS/Gen 用户手册，在此表示致谢。

由于编著者水平和学识有限，书中不足在所难免，望读者批评指正。

编著者
2011 年 12 月

目 录

第 1 章 MIDAS 软件概况 1	2.1.3 结构模型的建立..... 24
1.1 MIDAS 软件简介..... 1	2.1.4 边界条件的输入与修改..... 29
1.1.1 MIDAS 系列软件发展及功能简介..... 1	2.1.5 建筑物数据的设定..... 36
1.1.2 MIDAS/Gen 的介绍..... 1	2.2 定义边界条件..... 42
1.1.3 其他各软件简介..... 2	2.3 荷载的输入..... 42
1.2 MIDAS/Gen 软件的图形操作界面..... 3	2.3.1 静力荷载工况的输入..... 44
1.2.1 菜单栏..... 3	2.3.2 自重的输入..... 44
1.2.2 窗口..... 5	2.3.3 楼面荷载的定义及分配..... 45
1.2.3 状态栏..... 5	2.3.4 风荷载的输入..... 47
1.3 MIDAS/Gen 软件的坐标系..... 5	2.3.5 反应谱分析数据和时程分析数据的 输入(地震作用的输入)..... 48
1.3.1 全局坐标系..... 6	2.3.6 将荷载转换成质量..... 55
1.3.2 单元坐标系..... 6	2.4 分析结果的查看..... 56
1.3.3 节点坐标系..... 8	2.4.1 梁单元计算结果的查看..... 56
1.4 MIDAS/Gen 软件的单元类型、边界 条件及材料类型..... 8	2.4.2 桁架单元计算结果的查看..... 64
1.4.1 MIDAS/Gen 单元类型..... 8	2.4.3 框架计算结果的查看..... 69
1.4.2 边界条件..... 9	2.4.4 分析结果表格的查看..... 77
1.4.3 材料类型..... 10	第 3 章 MIDAS/Gen 在结构力学中的 应用 78
1.5 MIDAS/Gen 软件的选择、捕捉及 钝化/激活功能..... 11	3.1 连续梁..... 78
1.5.1 选择功能..... 11	3.1.1 三跨连续两次超静定梁..... 79
1.5.2 捕捉功能..... 14	3.1.2 三跨静定梁..... 86
1.5.3 钝化/激活功能..... 15	3.1.3 三跨连续一次超静定梁..... 89
1.6 通过例题演示 MIDAS/Gen 的操作..... 16	3.2 桁架分析..... 90
1.6.1 结构概况..... 17	3.2.1 内部一次超静定桁架..... 91
1.6.2 新建项目及设定基本环境..... 17	3.2.2 内、外部一次超静定桁架..... 97
1.6.3 建立模型..... 19	3.3 拱结构分析..... 98
1.6.4 运行分析..... 22	3.3.1 高跨比 $H:L=1:4$ 的拱结构..... 99
1.6.5 查看分析结果..... 22	3.3.2 高跨比 $H:L=1:5$ 的拱结构..... 105
第 2 章 MIDAS/Gen 的基本操作 23	3.3.3 高跨比 $H:L=1:7$ 的拱结构..... 106
2.1 应用 MIDAS/Gen 软件建立结构模型..... 23	3.3.4 三种高跨比结构计算结果的比较..... 107
2.1.1 单位体系的设定..... 23	3.4 平面框架分析..... 107
2.1.2 材料和截面特性的定义..... 24	3.4.1 全刚接门式框架..... 108

3.4.2 带有铰接点的门式框架	113	4.2.3 建立构件单元	187
3.5 有倾斜支座的框架结构	115	4.2.4 定义边界条件	193
3.5.1 无倾斜支座框架	116	4.2.5 荷载定义与输入	193
3.5.2 有倾斜支座框架	122	4.2.6 结构分析	200
3.6 空间框架结构分析	124	4.2.7 静力分析成果	202
3.6.1 模型建立及荷载输入	124	4.3 用 MIDAS/Gen 作竞赛模型的	
3.6.2 运行分析及结果查看	134	动力分析	207
3.7 空间桁架(网架)分析	136	4.3.1 确定结构质量	208
3.7.1 模型建立及荷载输入	137	4.3.2 时程分析数据	211
3.7.2 运行分析及结果查看	149	4.3.3 结构分析	218
3.8 钢框架分析及设计	151	4.3.4 分析所得成果	220
3.8.1 模型建立及荷载输入	152	4.4 川大学子参加结构设计竞赛情况简介 ...	225
3.8.2 运行分析及结果查看	166	4.4.1 第二届参赛情况	225
3.8.3 钢结构设计	166	4.4.2 第三届参赛情况	231
3.9 高层建筑结构分析	170	4.4.3 第四届参赛情况	237
3.9.1 钢筋混凝土框架剪力墙结构构件		4.4.4 第五届参赛情况	238
配筋设计	170	附录 A 第四届全国大学生结构设计竞赛	
3.9.2 配筋设计结果的查看	173	赛题	240
习题	174	附录 B 川大学子参加第四届全国大学生	
第 4 章 MIDAS 在结构设计竞赛中的		结构设计竞赛文本	246
应用	177	附录 C 第五届全国大学生结构设计竞赛	
4.1 结构设计竞赛与 MIDAS 软件	177	赛题	262
4.2 用 MIDAS/Gen 作竞赛模型的		附录 D 川大学子参加第五届全国大学生	
静力分析	180	结构设计竞赛文本	269
4.2.1 网格建模	181	参考文献	291
4.2.2 定义材料和截面特性	183		

第 1 章 MIDAS 软件概况

1.1 MIDAS 软件简介

1.1.1 MIDAS 系列软件发展及功能简介

MIDAS 中文名为“迈达斯”，是“Multi-tier Distributed Applications Services”的缩写。

MIDAS 系列软件是以有限元为理论基础开发的分析和设计软件。早在 1989 年韩国浦项制铁集团成立 CAD/CAE 研发机构开始专门研发 MIDAS 系列软件，于 2000 年 9 月正式成立 Information Technology Co., Ltd. (简称 MIDAS IT)。

目前 MIDAS 系列软件包含建筑 (Gen)、桥梁 (Civil)、岩土隧道 (GTS)、机械 (MEC)、基础 (SDS)、有限元网格划分 (FX+)、单体结构 (SET)、剪力墙 (ADS) 等多种软件。

1.1.2 MIDAS/Gen 的介绍

(1) MIDAS/Gen 的概况

MIDAS/Gen 是为了对建筑结构的分析和设计，而开发的“建筑结构通用有限元分析和设计软件”。Gen 是“General Structure Design System for Windows”的缩写。

MIDAS/Gen 是在国内外专业技术人员和 S/W 专家的努力下，考虑设计人员的实际设计要求，用 Visual C++ 在 Windows 环境下开发的。MIDAS/Gen 在研发过程中进行了几千种例题的计算，并将其结果与理论值与其他 S/W 的计算及结果进行了验证和比较，此外，还应用于国内外 4000 多个大型工程项目中，均证明了其高效性和准确性。

(2) 发展历程

1989 年韩国浦项制铁集团(POSCO)研发机构开始开发，1996 年发布 Windows 版本；

2000 年进入国际市场（中国、美国、加拿大、日本、印度等）；

2002 年 MIDAS/Gen 完全中文化，并加入 2002 年新结构规范；

2004 年 1 月通过原建设部评估鉴定；

2005 年 11 月与荷兰 TNO DIANA 结成战略联盟，加强技术领域的合作。

截至 2009 年末，在短短的几年时间内在国内诸如中国建研院建筑技术总公司、北京建筑设计研究院、上海建筑设计研究院有限公司、广东省建筑设计研究院、华东建筑设计研究院，上海建工、东北电力设计院、东南网架、浙江精工、清华大学、同济大学、东南大学等几百家涉及多种土木领域的设计、施工、高校科研单位都成为 MIDAS 的用户。设计人员应用该软件出色完成了国内外近万项实际大中型工程项目的分析和设计。

(3) 适用范围

钢筋混凝土结构、钢结构、钢骨混凝土结构、组合结构、空间大跨结构、高层及超高层建筑结构等工业与民用建筑、各类特种结构（筒仓、水池、大坝、塔架、网架及索缆结构）等。可以导入 PKPM、AutoCAD、SAP、SATWE、STAAD 等文件，便于互相校核。

(4) 分析功能

可以进行静力弹塑性分析 (Pushover 分析)、动力弹塑性分析、预应力分析 (预应力钢束布置、钢束预应力损失、混凝土的徐变和收缩)、施工阶段分析 (考虑材料收缩、徐变及柱子的弹性收缩)、静力分析、特征值分析、反应谱分析、 $P-\Delta$ 分析、几何非线性分析、材料非

线性分析、屈曲分析、水化热分析、温度荷载、隔震、消能减震及支座沉降分析、时程分析、钢结构优化（包括强度优化及位移优化）。

(5) 设计结果输出

按国内新规范输出各种结果（剪重比，层刚度比，振型参与有效质量系数，偶然偏心），同时可以实现平法输出配筋结果简图、钢结构验算结果简图等及设计计算书文本输出。

(6) 国内部分成功案例（表 1-1）

表 1-1 部分成功案例

序号	工程项目	设计单位	备注
1	奥运会主体育场(“鸟巢”, 见图 1-1)	中国建筑设计研究院	钢结构优化设计
2	国家游泳中心(“水立方”, 见图 1-2)	中建国际设计顾问公司	—
3	上海旗忠国际网球中心(见图 1-3)	上海建筑设计研究院有限公司	中国首个开闭式屋盖
4	北京国际机场扩建	北京建筑设计研究院	—
5	广东佛山体育馆(图 1-4)	广东省建筑设计研究院	—
6	大连国际贸易中心	大连建筑设计研究院	超高: 348m
7	北京电视台	北京建筑设计研究院	巨型钢框架柱及桁架支撑结构体系
8	江苏利港煤仓	东北电力设计院	特殊结构: 高 50m, 直径 40m

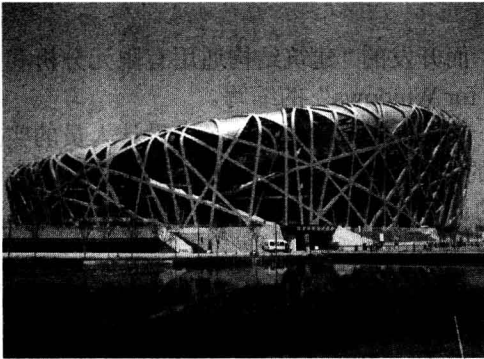


图 1-1 国家体育场“鸟巢”

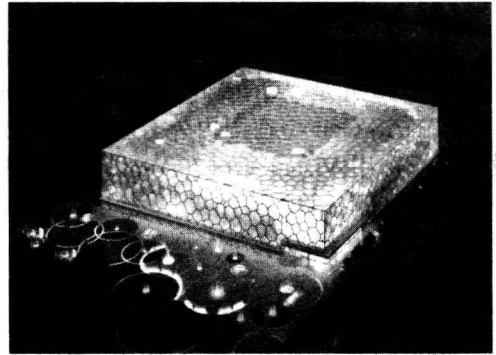


图 1-2 国家游泳中心“水立方”

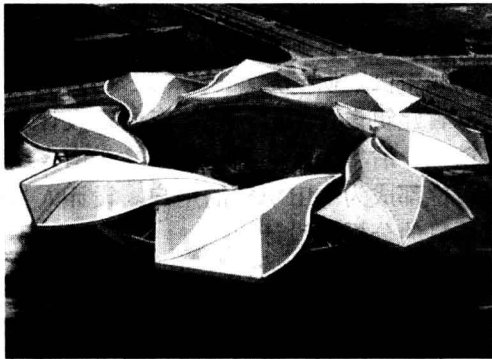


图 1-3 上海旗忠国际网球中心



图 1-4 广东佛山体育馆

1.1.3 其他各软件简介

(1) MIDAS/Civil 简介

MIDAS/Civil 桥梁结构分析与设计软件，主要是针对土木工程，特别是分析像预应力箱

型桥梁、悬索桥、斜拉桥等特殊的桥梁结构形式，同时可以做非线性边界分析、水化热分析、材料非线性分析、静力弹塑性分析、动力弹塑性分析。广泛地应用于钢筋混凝土桥梁、联合桥梁、预应力钢筋混凝土箱型桥梁、大跨度桥梁、大体积混凝土的水化热分析、地下结构、工业建筑、国家基础设施建设等领域。

(2) MIDAS/GTS 简介

MIDAS/GTS 岩土隧道分析设计软件，完全中文化，适用于公路隧道、铁路隧道、城市隧道、山岭隧道分析，桩土协同工作，三维基坑支护等结构的分析。

(3) MIDAS/SDS 简介

MIDAS/SDS 是楼板与筏式基础有限元分析与设计程序。可以做单双向密肋楼盖、无梁楼盖、一般楼板、独立基础、联合基础及筏式（包括桩筏）基础的精确分析与配筋设计，可以为用户提供冲切验算及配筋数据；尤其对于厚板转换层楼板可以方便地进行有限元分析计算并输出设计所需的配筋结果；可以对楼板做振动效应分析，自动计算柱、墙、桩及地基弹性支撑刚度、自动进行布桩设计等。

(4) MIDAS/FEmodeler 简介

MIDAS/FEmodeler 是有限元分析前处理软件，程序使用独自开发的运算法则提供以基本形状为基础的参数式建模方式；自动进行复杂的几何处理；自动划分有限元网格；生成立体等网格操作。用户可以快速方便地建立各种复杂的模型，如模型内部的孔洞，分隔的线和点也同样可以包含在网格中，从而为有限元分析提供最佳的网格。

(5) MIDAS FEA 简介

MIDAS FEA 是目前唯一全部中文化的土木专用非线性及细部分析软件，它的几何建模和网格划分技术采用了在土木领域中已经被广泛应用的前后处理软件 MIDAS FX+的核心技术，同时融入了 MIDAS 强大的线性、非线性分析内核，并与荷兰 TNO DIANA 公司进行了技术合作，是一款专门适用于土木领域的高端非线性分析和细部分析软件。MIDAS FEA 的界面简洁直观，即使是初学者也可以在短期内迅速掌握。

1.2 MIDAS/Gen 软件的图形操作界面

MIDAS/Gen 软件的图形操作界面主要由菜单栏、窗口和状态栏组成。菜单栏包括主菜单、图标菜单、树形菜单和关联菜单；窗口包括模型窗口、表格窗口和信息窗口。

MIDAS/Gen 软件的图形操作界面如图 1-5 所示。

1.2.1 菜单栏

(1) 主菜单

主菜单包含 MIDAS/Gen 软件中所有功能的命令和快捷键。

【文件】：包含了文件的新建、打开、关闭、保存、导入、导出、数据交换和打印等相关功能。

【编辑】：包含了撤销、重做、剪切、复制、粘贴、删除和查找等功能。

【视图】：模型视觉化的各种调整功能、选择功能、激活/钝化功能等。

【模型】：模型的建立，轴网、节点、单元、材料、截面、边界条件的输入与定义功能。

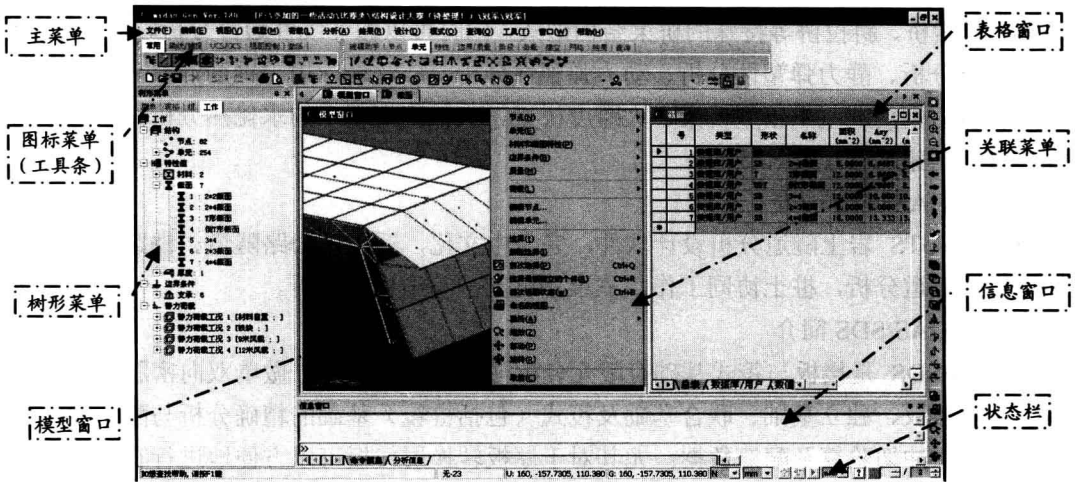


图 1-5 MIDAS/Gen 软件的图形操作界面

【荷载】：各种静荷载、动荷载、温度荷载、预应力荷载以及水化热分析、非线性分析、施工阶段分析所需数据的输入功能等。

【分析】：进行分析前的各种控制数据的输入和运行分析等功能。

【结果】：荷载组合的输入以及反力、位移、内力、应力等分析结果的查看与分析功能。

【设计】：钢结构与钢筋混凝土结构等各种结构构建的设计参数输入和辅助设计功能。

【模式】：前处理模式和后处理模式的转换功能。

【查询】：查询某节点和单元的各项属性，查看节点、单元、质量、荷载等的统计表。

【工具】：单位体系和总体默认设置的设定、MGT 命令窗口、生成材料统计目录和地震波数据、截面特征值计算器、用户自定义窗口结构和转换格式等功能。

【窗口】：操作界面各种窗口的调整和排列以及更换皮肤功能。

【帮助】：通过目录、索引使用帮助功能，连接 MIDAS IT 主页以及搜索功能。

(2) 图标菜单 (工具条)

为方便用户使用常用功能，提高工作效率，MIDAS/Gen 在主菜单下提供了图标菜单 (工具条)，用户可通过【工具/用户定制】的操作来定制和选择所需工具条。将鼠标悬停在工具条总的图表处，就会出现本功能的名称。

(3) 树形菜单

树形菜单一般在窗口的左侧，可通过【工具/用户定制】的方式打开。其包含菜单、表格、组和工作四个选项卡，用树形的表示方式将建立模型、添加荷载、结果分析、表格和组的设定、查看、修改等功能系统地整理在这个菜单中，让使用者一目了然，能够迅速、准确地进行所需操作。使用者可以方便地使用该菜单对模型的数据进行查看、确认和修改等操作。见图 1-6。

(4) 关联菜单

为减少鼠标拖动的距离、缩短寻找功能菜单的时间，MIDAS/Gen 将最常用的功能集成在关联菜单中，只需在操作窗口中单击鼠标右键就可弹出关联菜单，在其中可进行与当前操作内容有关的或最常用的功能的操作。

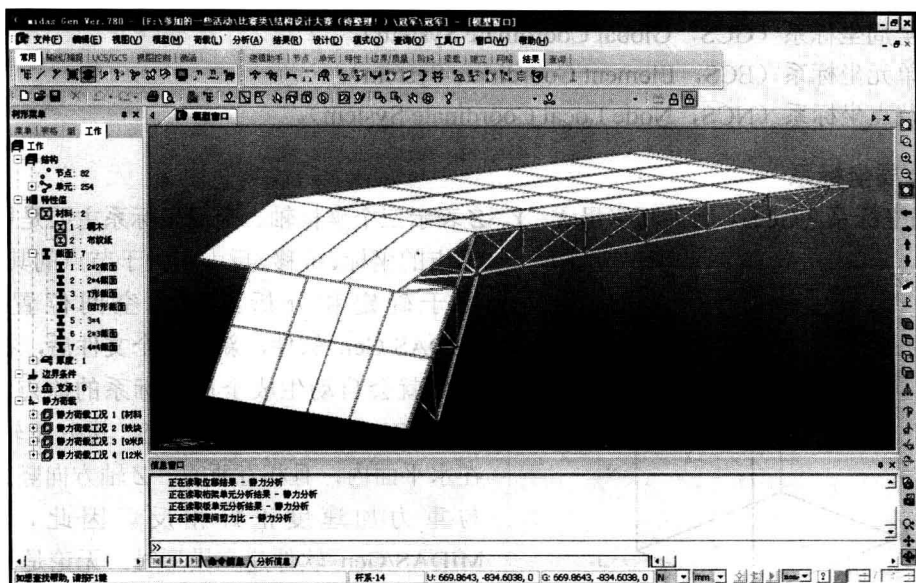


图 1-6 使用树形菜单的【工作】选项卡进行模型参数的修改

1.2.2 窗口

(1) 模型窗口

在 MIDAS/Gen 中进行建立模型、施加荷载和结果分析等操作的窗口，它是该软件界面的主体。一般在模型窗口的右侧有一个工具条，可以通过其中的工具实现窗口的缩放、移动、旋转和切换视图等功能。整个模型窗口可以将多个模型窗口同时显示其中，可通过上面的选项卡来进行切换操作。由于各个窗口都是相互独立的，所以在各个窗口中可以使用不同的坐标系来建模。此外，该软件还提供了动态查看功能，可以展示各种各样的视觉查看效果。例如边走边看建筑物，或者进入建筑物内部来查看模型的形态、状态和分析结果。

(2) 表格窗口

将各个数据的输入和分析结果以表格的形式展示在这个窗口中。在表格窗口中可以实现对数据的输入、编辑、查询和按属性整理等功能，同时其也可以与 Excel 或其他的数据库软件进行相互转换。

(3) 信息窗口

信息窗口中又有命令信息和分析信息两个窗口。命令信息窗口是在建模操作过程中，显示的警告或提示信息的窗口。分析信息窗口一般是显示运算过程所耗时间。

1.2.3 状态栏

为提高工作效率，快速查看当前操作对象的状态，操作窗口下方的状态栏提供了查看坐标系状况、单位设定、过滤选择、快速查询、单元捕捉状态调整等功能。

1.3 MIDAS/Gen 软件的坐标系

MIDAS/Gen 软件使用的坐标系均是满足右手螺旋法则的空间直角坐标系，其提供的坐标系包括：

- ① 全局坐标系 (GCS, Global Coordinate System);
- ② 单元坐标系 (ECS, Element Coordinate System);
- ③ 节点坐标系 (NCS, Node Local Coordinate System)。

1.3.1 全局坐标系

全局坐标系 (GCS) 用大写字母 X 、 Y 、 Z 表示三个坐标轴。全局坐标系主要是用于表达节点的坐标、位移、反力和关于节点的其他数据, 用于确定和分析结构的空位置。启动 MIDAS/Gen 软件, 新建一个文件后, 在模型窗口中就会自动生成全局坐标系的原点 ($X=0$, $Y=0$, $Z=0$) 和全局坐标系统。其中 X 轴和 Y 轴在水平面内, 且相互垂直, Z 轴方向竖直向上, 与重力加速度正好相反。因此, 在利用 MIDAS/Gen 软件建立模型时, 无论是平面结构还是空间结构, 都建议将结构的竖直方向与全局坐标系的 Z 轴相平行, 这会有利于结构的分析。如图 1-7 所示。

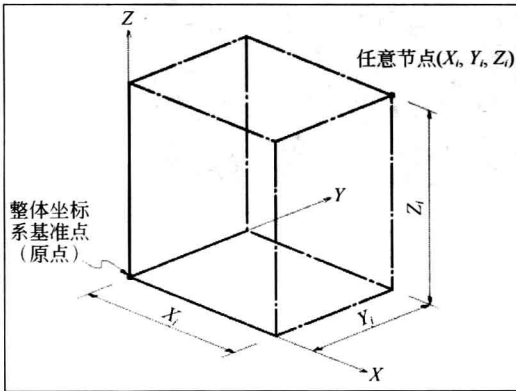


图 1-7 全局坐标系

1.3.2 单元坐标系

单元坐标系 (ECS) 用小写字母 x 、 y 、 z 表示三个坐标轴。单元坐标系主要用于表达单元的内力、应力和关于单元的其他数据。

MIDAS/Gen 软件的单元分为线性单元、平面单元和空间单元, 而不同类型的单元其单元坐标系方向的确定方式也是不同的, 下面介绍每种单元坐标系方向的确定方法。

(1) 线性单元坐标系

线性单元, 即由两节点 (P_1 、 P_2) 构成的线性三维单元。单元坐标系的 x 轴即为 P_1 、 P_2 的连线方向, 则 y 轴和 z 轴均与 x 轴垂直并构成右手螺旋空间直角坐标系, 如图 1-8 所示。

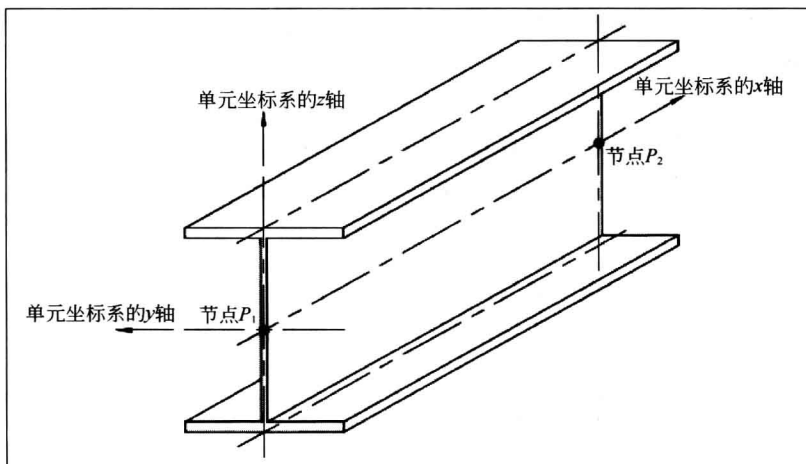


图 1-8 线性单元坐标系示意

MIDAS/Gen 软件通常用 β 角来表示单元坐标系的 y 轴和 z 轴的方向。具体方式如下:

当单元坐标系的 x 轴与全局坐标系的 Z 轴平行时, β 角为全局坐标系的 X 轴与单元坐标系的 z 轴之间的夹角;

当单元坐标系的 x 轴与全局坐标系的 Z 轴不平行时, β 角为全局坐标系的 Z 轴与单元坐标系的 $x-z$ 平面所形成的夹角。

注: 以单元坐标系的 x 轴为旋转轴, 由右手螺旋法则确定 β 角的正负。

(2) 平面单元坐标系

MIDAS/Gen 软件中的平面单元根据形状的不同, 可分为三角形平面单元 (3 节点平面单元) 和四边形平面单元 (4 节点平面单元)。

对于三角形平面单元, 节点 N_1 、 N_2 、 N_3 依次按照右手螺旋法则顺序排列。该三角形的中心 (三条中线的交点) 为该平面单元坐标系的原点, 平行于 N_1 、 N_2 连线由 N_1 指向 N_2 方向为该平面单元坐标系的 x 轴, 垂直于 x 轴的方向为该平面单元坐标系的 y 轴, 垂直于该平面单元所在平面的方向为该平面单元坐标系的 z 轴。如图 1-9 所示。

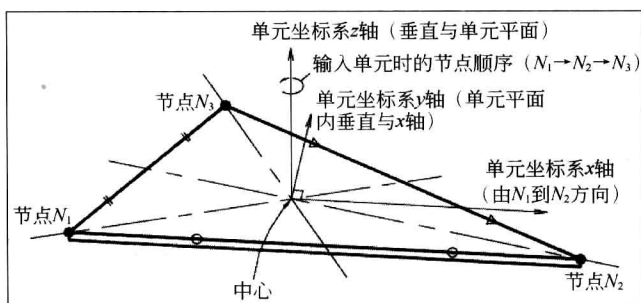


图 1-9 三角形平面单元坐标系

对于四边形平面单元, 节点 N_1 、 N_2 、 N_3 、 N_4 依次按照右手螺旋法则顺序排列。该四边形的中心 (对边中点连线的交点) 为该平面单元坐标系的原点, 由线段 N_1N_4 的中点指向线段 N_2N_3 中点的方向为该平面单元坐标系的 x 轴, 垂直于 x 轴的方向为该平面单元坐标系的 y 轴, 垂直于该平面单元所在平面的方向为该平面单元坐标系的 z 轴。如图 1-10 所示。

空间单元坐标系在这里不作介绍。

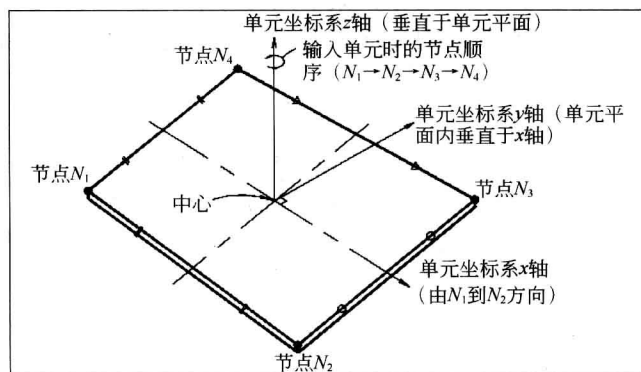


图 1-10 四边形平面单元坐标系

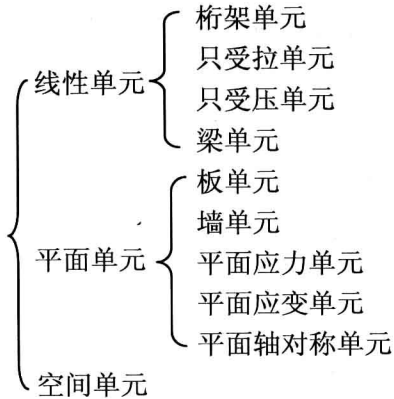
1.3.3 节点坐标系

节点坐标系 (NCS) 为按右手法则决定的直角坐标系, 使用小写的“ x 、 y 、 z ”表示各轴。节点坐标系用于给节点施加任意方向的约束条件、弹性支撑边界或强制位移等边界条件, 或计算并输出任意方向的反力。

1.4 MIDAS/Gen 软件的单元类型、边界条件及材料类型

1.4.1 MIDAS/Gen 单元类型

MIDAS/Gen 软件的单元类型主要包括以下几类:



本节将对桁架单元、梁单元、板单元和墙单元等几种常用的单元进行介绍。

(1) 桁架单元

桁架单元属于单向受力的三维线性单元, 只能承受和传递轴向的拉力或压力。根据其受力特点, 桁架单元可以用于平面桁架、空间桁架和交叉支撑结构等结构模型的建立。

桁架单元的两端各有一个沿单元坐标系 x 轴的位移, 具有两个自由度。对于桁架单元这种只具有轴向刚度的单元而言, 其单元坐标系中只有 x 轴有意义, x 轴是基准变形的标准。但利用 y 、 z 轴可以确定桁架单元在视窗中的位置。

(2) 梁单元

梁单元属于等截面或变截面三维梁单元, 具有拉、压、弯、剪、扭等变形形态。

无论是在单元坐标系还是全局坐标系, 梁单元的每个节点均具有 3 个方向的线性位移和 3 个方向的旋转位移, 即每一个节点均具有 6 个自由度。对于梁单元坐标系中的 x 、 y 、 z 均有意义。

(3) 板单元

板单元是由在同一平面上的 3 个或 4 个节点所组成的平面单元。利用板单元可以解决平面张拉、平面压缩、平面剪切及沿板单元的弯曲、剪切等结构问题。

在 MIDAS/Gen 软件中, 板单元根据其平面外刚度的不同, 分为薄板单元和厚板单元。平面外刚度小的为薄板单元, 平面外刚度大的为厚板单元。

板单元的自由度是以单元坐标系为基准, 每个节点具有 x 、 y 、 z 轴方向的线性位移自由度和绕 x 、 y 轴的旋转位移自由度。

(4) 墙单元

墙单元用于建立剪力墙模型, 其形状可为长方形或正方形。

墙单元的刚度以单元的平面为基准分别有垂直方向的面内抗拉和抗压刚度、水平方向的面内抗剪刚度和面外抗弯刚度以及面外垂直方向的抗扭刚度。

根据是否包含面外抗弯刚度 MIDAS/Gen 将墙单元分为以下两种：

- ① 墙单元 1 (膜单元)：不包含面外抗弯刚度；
- ② 墙单元 2 (板单元)：包含面外抗弯刚度。

墙单元自由度是以单元坐标系为基准，在连接节点上，墙单元 1 (膜单元) 有 x 、 z 方向的位移自由度和对于 y 轴的旋转自由度，墙单元 2 (板单元) 则在此基础上还拥有对于 x 轴和 z 轴的旋转自由度。

1.4.2 边界条件

MIDAS/Gen 为用户提供多种边界条件，方便用户对结构不同边界条件进行定义的需求。这里将就几种常用的边界条件进行介绍。其他各种边界条件的具体使用可以参照 MIDAS 帮助文件 (按 F1 键)。

(1) 一般支承

功能：约束选定节点的自由度，或者替换或删除先前定义的支承条件。

定义路径：

- ① 从主菜单中选择【模型/边界条件/一般支承...】；
- ② 从树形菜单的菜单表中选择【几何模型/边界条件/一般支承】。

输入方式：支承条件类型 (局部方向)。

选择要约束的节点的自由度分量。定义了节点局部坐标系时，自由度的方向为局部坐标系，否则为整体坐标系方向。

D-ALL：全部平移自由度。

Dx：整体坐标系 X 轴方向 (或节点局部坐标 x 轴方向) 的平移自由度。

Dy：整体坐标系 Y 轴方向 (或节点局部坐标 y 轴方向) 的平移自由度。

Dz：整体坐标系 Z 轴方向 (或节点局部坐标 z 轴方向) 的平移自由度。

R-ALL：全部旋转自由度。

Rx：绕整体坐标系 X 轴方向 (或节点局部坐标 x 轴方向) 的旋转自由度。

Ry：绕整体坐标系 Y 轴方向 (或节点局部坐标 y 轴方向) 的旋转自由度。

Rz：绕整体坐标系 Z 轴方向 (或节点局部坐标 z 轴方向) 的旋转自由度。

(2) 节点弹性支承

功能：在 GCS 或节点局部坐标系的各个方向输入选定节点的弹性刚度，也可以替换或删除先前已定义的弹性支承刚度。

定义路径：

- ① 从主菜单中选择【模型/边界条件/节点弹性支承...】；
- ② 从树形菜单的菜单表中选择【几何模型/边界条件/节点弹性支承】。

(3) 一般弹性支承

功能：分配定义的一般弹性支承类型，或输入节点通用刚度矩阵(6×6)。其中包括选定的节点在整体坐标系或节点局部坐标系内各自由度之间相关的刚度，也可以替换或删除先前定义的弹性支承刚度。

注：分配一般弹性支承前首先定义节点一般弹性支承刚度。

定义路径:

- ① 从主菜单中选择【模型/边界条件/一般弹性支承...】;
- ② 从树形菜单的菜单表中选择【几何模型/边界条件/一般弹性支承】。
- (4) 一般连接

功能: 添加或删除非线性连接。由用户定义非线性连接及其非线性连接的两个节点。

定义路径:

- ① 从主菜单中选择【模型/边界条件/一般连接...】;
- ② 从树形菜单的菜单表中选择【几何模型/边界条件/一般连接】。
- (5) 刚性连接

功能: 强制某些节点(从属节点)的自由度从属于某节点(主节点)。包括从属节点的刚度分量在内的从属节点的所有属性(节点荷载或节点质量)均将转换为主节点的等效分量。

定义路径:

- ① 从主菜单中选择【模型/边界条件/刚性连接...】;
- ② 从树形菜单的菜单表中选择【模型/边界条件/刚性连接】。

1.4.3 材料类型

MIDAS/Gen 软件拥有非常强大的数据库,提供了包括 GB(中国国家标准)、ASTM、AISC、JIS、DIN、BS、EN、KS 在内的多项材料数据库。此外,该软件还可以满足自定义材料性质的需要,用户可以根据工程的实际需要自己设定所需材料的相关参数。

MIDAS/Gen 软件所包含的材料数据库根据用途分为“钢结构材料数据库”和“混凝土材料数据库”。

(1) 钢材数据库

GB03(S): 中国国家标准《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)。包括 Q235、Q345、Q390、Q420 钢。

GB(S): 中国国家标准《钢结构设计规范》(GBJ 17—1988)。包括 3 号钢、16Mn 钢、16Mnq 钢、15MnV 钢、15MnVq 钢。

JGJ(S): 中国行业标准《高层民用建筑钢结构技术规程》(JGJ 99—1998)。包括 Q235 钢、Q295、Q345、Q390、Q420。

JTJ(S): 中国交通运输部标准《公路桥涵钢结构及木结构设计规范》(JTJ 025—1986)。包括 A3 钢和 16Mn 钢。

ASTM (American Society for Testing Materials): 美国材料试验协会。

CSA (Canadian Standards Association): 加拿大标准协会标准。

BS (British Standards): 英国标准。

DIN (Deutsche Industrie Normen) 德国工业标准。

EN (European Code): 欧洲标准。

JIS (Japanese Industrial Standards): 日本工业标准。

KS: 韩国工业标准。

KS-Civil: 韩国土木工程标准。

IS: 印度标准。

CNS: 中国台湾标准。

(2) 混凝土数据库

GB: 中国国家标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)。包括 C15~C80。

GB-Civil: 中国交通运输部标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTJ 023—1985)。包括 C15~C80。

ASTM (American Society for Testing Materials): 美国材料试验协会。

CSA (Canadian Standards Association): 加拿大标准协会标准。

BS (British Standards): 英国标准。

EN (European Code): 欧洲标准。

JIS (Japanese Industrial Standards): 日本工业标准。

KS: 韩国工业标准。

KS-Civil: 韩国土木工程标准。

IS: 印度标准。

CNS: 中国台湾标准。

(3) 组合材料数据库

可以用以上数据库中的钢材和混凝土组合来定义材料。

(4) 用户自定义的材料

用户可以自定义输入实际所需材料的弹性模量、泊松比、线膨胀系数(即线胀系数)、容重、比热(即比热容)和热传导率(即热导率)等参数。如图 1-11 所示。

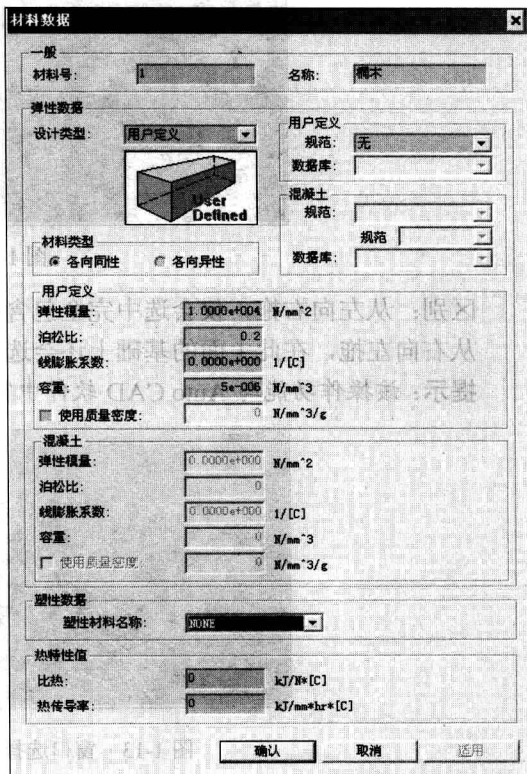


图 1-11 自定义设置材料各项参数

1.5 MIDAS/Gen 软件的选择、捕捉及钝化/激活功能

1.5.1 选择功能

在 MIDAS/Gen 软件中进行复制节点、单元或者输入边界条件以及施加荷载等操作时,需要使用到其中所包含的“选择”功能。本节将对该功能进行阐述。

MIDAS/Gen 软件为用户提供了单选、窗口选择、多边形选择、交叉线选择、平面选择、立体框选择、全选、前次选择、选择新建个体以及选择属性等多项选择功能。其中窗口选择、多边形选择、交叉线选择以及全部选择都配有接触选择功能。

(1) 单选

用鼠标点击“单选”按钮,然后单击待选取的节点或单元即可选中。当选中某个节点或单元时,会出现一个圆圈,同时被选中的节点会变成粉色,被选中的单元会变为浅蓝色。此操作用于选中一个或若干个不连续的节点或单元。

此操作没有专门的解除选择的按钮,若想解除单选,仅需再次单击此节点或单元即可。如图 1-12 所示。

(2) 窗口选择、窗口解除选择

点击“窗口选择”或“窗口解除选择”按钮后,鼠标点住并拖动矩形对角线,可以选中或解除选择包含在其中的节点或单元。