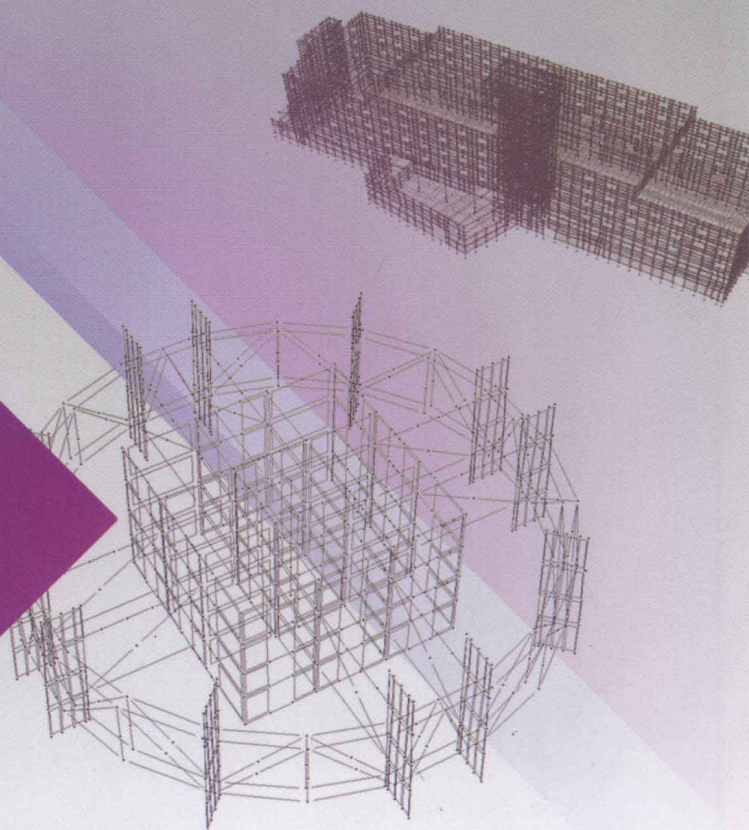


国内第一本PERFORM-3D的中文入门教程

PERFORM-3D

基本操作与实例

曾 明 主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

PERFORM-3D 基本操作与实例

曾 明 主编

中国铁道出版社

2013年·北京

内 容 简 介

PERFORM-3D 是三维结构非线性分析与性能评估软件, 是一个用于抗震设计的非线性计算软件。

本书分为 4 篇, 共 13 章, 是一本 PERFORM-3D 的入门教程, 主要内容包括: 基础篇介绍软件的基础知识、用户界面、文件和文件夹; 建模篇介绍软件的建模功能, 有定义节点和框架、定义组件属性、定义单元、辅助定义以及荷载工况和施加; 分析篇介绍软件的常用分析功能, 结果显示和输出; 实例篇介绍软件分析钢框架和剪力墙两个实例。

本书可作为高等院校土木专业师生的学习用书, 也可作为从事建筑结构设计人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

PERFORM-3D 基本操作与实例/曾明主编. —北京:
中国铁道出版社, 2013. 3
ISBN 978-7-113-15497-4

I. ①P… II. ①曾… III. ①三维—非线性结构分析—
软件工具 IV. ①O342-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 239261 号

书 名: **PERFORM-3D 基本操作与实例**

作 者: 曾 明

策划编辑: 陈小刚

责任编辑: 冯海燕 电话: 010-51873193

封面设计: 郑春鹏

责任校对: 胡明锋

责任印制: 郭向伟

出版发行: 中国铁道出版社 (100054, 北京市西城区右安门西街 8 号)

网 址: <http://www.tdpress.com>

印 刷: 三河市华丰印刷厂

版 次: 2013 年 3 月第 1 版 2013 年 3 月第 1 次印刷

开 本: 787mm×1 092mm 1/16 印张: 14.25 字数: 337 千

书 号: ISBN 978-7-113-15497-4

定 价: 40.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 请与本社读者服务部联系调换。

电 话: 市电 (010) 51873170, 路电 (021) 73170 (发行部)

打击盗版举报电话: 市电 (010) 63549504, 路电 (021) 73187

前 言

PERFORM-3D (Nonlinear Analysis and Performance Assessment for 3D Structure) 三维结构非线性分析与性能评估软件, 其前身为 Drain-2DX 和 Drain-3DX, 由美国加州大学伯克利分校的 Powell 教授开发, 是一款用于抗震设计的非线性计算软件。

笔者系一名北京工业大学建筑工程学院研究生, 研究课题为钢框架-核心筒结构体系减震控制。研二下学期开始接触课题, 本想使用 ABAQUS 作结构分析, 但 ABAQUS 分析大型结构的前后处理比较困难, 因此放弃而尝试改用 PERFORM-3D 进行分析。经查阅发现, 目前国内尚无 PERFORM-3D 的中文教程, 于是决心编写一本中文教程, 希望能够帮助一些读者入门学习 PERFORM-3D。本书主要依据当前最新版本 Version 5 的软件编写。

本书分为 4 篇, 共 13 章, 是一本 PERFORM-3D 的入门教程, 主要包括: 概述篇介绍软件的基础知识、用户界面、文件和文件夹; 建模篇介绍软件的建模功能, 有定义节点和框架、定义组件属性、定义单元、辅助定义以及荷载工况和施加; 分析篇介绍软件的常用分析功能, 结果显示和输出; 实例篇介绍软件分析钢框架和剪力墙两个实例。

本书在编写过程中得到了北京建筑工程学院结构专业刘博文和北京工业大学建筑工程学院赵堃宇的鼓励和帮助, 特此致谢! 在编写过程中, 还得到了导师赵均教授和北京奇太振控科技发展有限公司董事长陈永祁先生的悉心指导, 在此深表感谢! 另外在编辑校对过程中, 中国铁道出版社的策划编辑陈小刚为本书的编辑出版也花费了不少心思, 在此表示感谢!

由于笔者水平有限, 书中错误或疏漏在所难免, 敬请广大读者批评指正!

编 者

2013 年 2 月于北京工业大学

目 录

第 1 篇 基础篇

第 1 章	PERFORM-3D 基础知识	3
1.1	建模功能	3
1.2	分析功能	6
1.3	运行环境	10
第 2 章	PERFORM-3D 用户界面	11
2.1	用户界面	11
2.2	菜单命令	11
2.3	模块和任务栏	12
2.4	视图方向和透视	13
2.5	报告	14
2.6	建模分析实例	15
第 3 章	PERFORM-3D 文件夹和文件	27
3.1	保存和打开结构文件	27
3.2	ECHO 文件路径	28
3.3	移动或复制工程或结构文件	29
3.4	其他文件夹	29
3.5	模型导入和导出	31
3.6	从 SAP2000 导入模型	35

第 2 篇 建模篇

第 4 章	定义节点和框架	41
4.1	定义节点	41
4.2	定义框架	48
第 5 章	定义组件属性	50
5.1	单元和构件	50
5.2	定义组件的操作	50
5.3	管理组件属性	56
5.4	打印报告	57
5.5	$F-D$ 关系曲线	57
5.6	强度损失	61
5.7	强度损失警告	63
5.8	轴力作用下柱子屈服极限	64
5.9	变形和强度能力	67

5.10	梁或柱基于铰转动的剪切强度	69
5.11	循环退化	70
5.12	滞回环形状控制	72
5.13	截面	73
5.14	使用截面尺寸	75
5.15	自动组件	76
5.16	定义组件的上限和下限	78
第 6 章	定义单元	80
6.1	单元类型	80
6.2	定义单元的方法	83
6.3	单元方向	85
6.4	单元属性	85
6.5	改变单元组	86
6.6	$P-\Delta$ 效应和大位移效应	86
第 7 章	辅助定义	90
7.1	定义荷载模式	90
7.2	定义剖切截面	93
7.3	定义侧移和扰度	97
7.4	定义极限状态和使用比	99
第 8 章	荷载工况和施加	102
8.1	重力荷载工况	102
8.2	Pushover 荷载工况	104
8.3	地震荷载工况	108
8.4	动力荷载工况	110
8.5	一般加载顺序	116

第 3 篇 分析篇

第 9 章	分析工况和阻尼	121
9.1	定义分析工况	121
9.2	弹性黏滞阻尼	125
9.3	运行分析	129
第 10 章	常用分析功能	131
10.1	反应谱分析	131
10.2	Pushover 分析	133
10.3	非线性时程分析	146
第 11 章	结果显示和输出	148
11.1	振型形状显示	148
11.2	能量图形显示	149
11.3	侧移形状显示	153
11.4	绘制时程曲线	155

11.5	绘制滞回曲线.....	158
11.6	绘制弯矩图和剪力图.....	158
11.7	绘制目标位移曲线.....	160
11.8	绘制使用比图形.....	162
11.9	荷载工况组合和包络.....	163

第4篇 实例篇

第12章	钢框架实例	169
12.1	结构概况.....	169
12.2	SAP2000 线性分析结果	169
12.3	检查转换的模型.....	170
12.4	修改转换的模型.....	185
12.5	非线性时程(地震)分析.....	191
第13章	剪力墙实例	196
13.1	定义剪力墙单元.....	196
13.2	剪力墙建模实例.....	200
参考文献		219

第 1 篇 基础篇

第 1 章 PERFORM-3D 基础知识

PERFORM-3D 具有强大的非线性分析能力,但并不表示程序可以进行所有的非线性分析。若我们并不清楚结构在强震作用下进入非弹性阶段后将会怎样,则 PERFORM-3D 将会帮助我们发现结构在强震作用下的薄弱环节,并指导我们改进设计。但 PERFORM-3D 无法精确地按照工程师期望的那样进行分析,因为它是基于位移设计理论和性能设计理论的工具而已,它不能替代工程师进行工程设计,而只能辅助设计决策。

1.1 建模功能

1. 单元

PERFORM-3D 有以下几种单元:

①梁、柱和支撑的框架单元;②剪力墙单元;③楼板单元;④黏滞类型的(只有轴向刚度)杆单元;⑤屈曲约束支撑;⑥缝单元;⑦橡胶型和摩擦摆隔震单元;⑧力和位移比非线性关系的液体阻尼器;⑨模拟梁柱结点剪切变形的连接板区域;⑩只有剪切强度和刚度的填充板。

另外,还有黏滞类型的变形监测单元。这些单元没有刚度,用来计算变形,可得到变形的需求能力比。

2. 组件

在 PERFORM-3D 中,大部分单元由一些组件构成。例如,梁单元可能由图 1.1 中表格的一些组件构成。

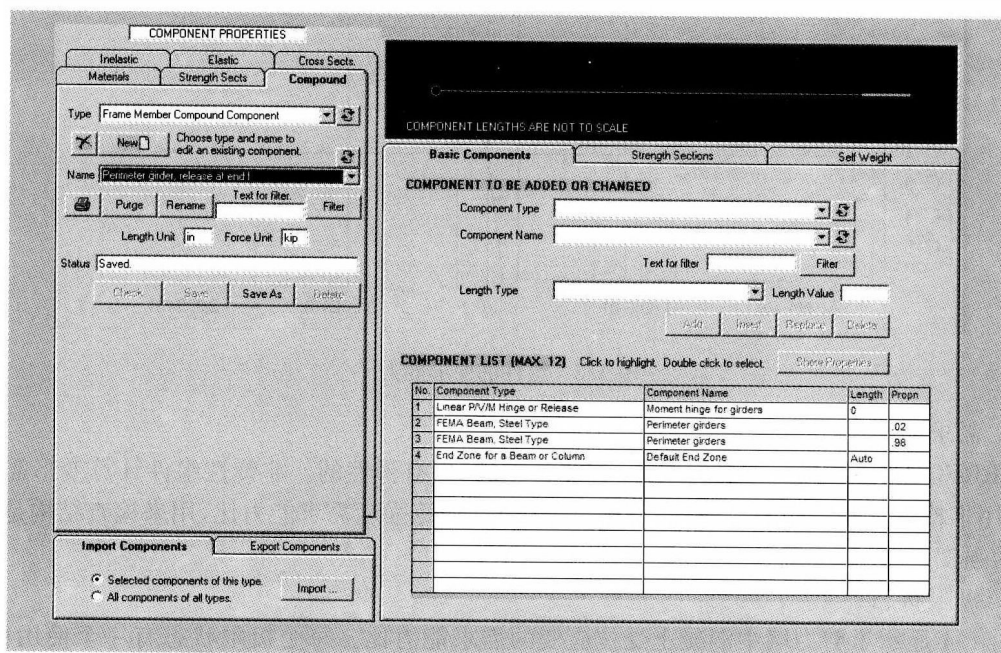


图 1.1 组件 Component

3. 滞回曲线

非弹性组件的滞回曲线可以考虑刚度退化,画出单元期望的滞回曲线形状,如图 1.2 所示。

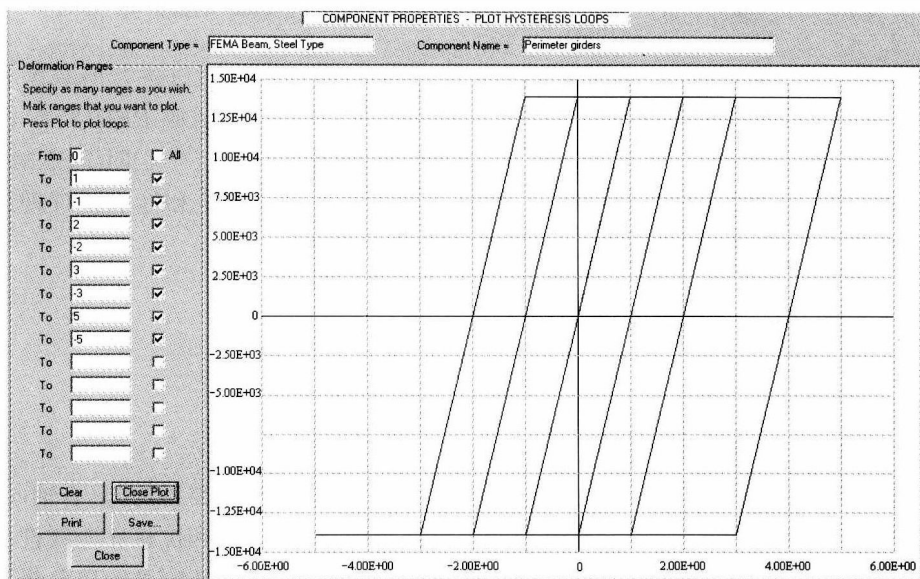


图 1.2 组件的滞回曲线

4. 变形能力(图 1.3)

非弹性组件可以定义变形能力来计算变形需求能力比。最多可定义变形能力的 5 个性能水平。

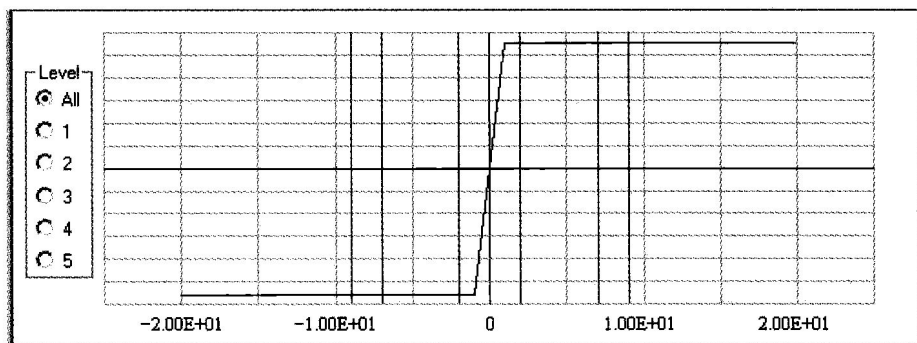


图 1.3 组件的变形能力

5. 需求能力比

PERFORM-3D 包括大量的组件,有非弹性的,也有弹性的。非弹性组件计算变形需求能力比,用来检查结构是否有足够的延性。弹性组件计算强度需求能力比,用来检查结构是否有足够的强度。

6. 极限状态

图 1.4 显示了剪力墙中混凝土受拉应变的需求能力比。每个极限状态有一个使用比,即组件最大的需求能力比。为了使结构满足性能需求,极限状态的使用比不能超过 1.0。

Be careful when you specify the limit state conditions, to make sure that you choose the correct element group, component type, deformation type and performance level.

No.	Element Group	Element Type	Component Type	Deformation Type	Level	D/C Limit
1	Perimeter girders	Beam	FEMA Beam, Steel Type	End Rotation, Pos or Neg	1	1

图 1.4 极限状态

7. 框架结构

简单框架结构由梁单元和柱单元构成。如图 1.5 所示。梁单元和柱单元又由不同的组件构成,这些组件可以是弹性,也可以是非弹性的。对于这种结构,可以考虑 $P-\Delta$ 效应,也可以忽略。

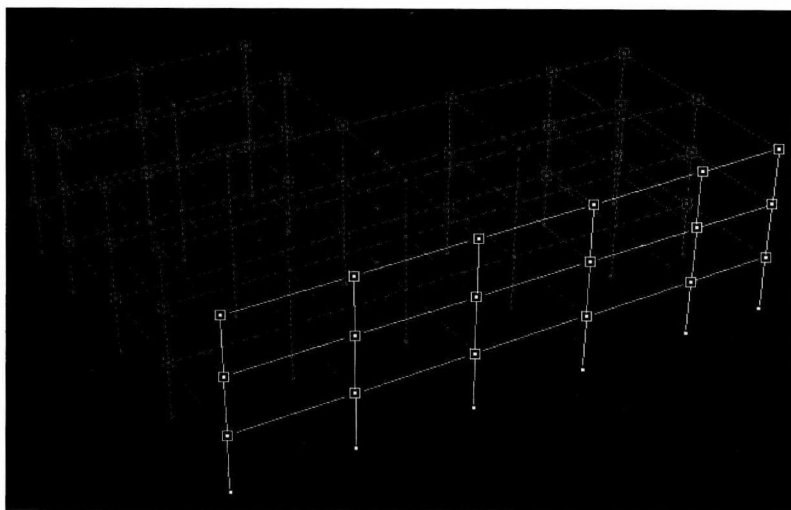


图 1.5 框架结构

8. 剪力墙结构

剪力墙使用墙板单元来模拟。如图 1.6 所示,复杂剪力墙核心筒由板单元构成。墙单元具有受弯或受剪的非弹性行为。连梁一般采用受弯或受剪作用都表现非弹性行为的梁单元来模拟。

9. 复杂结构

PERFORM-3D 也可以分析大型的复杂结构,如图 1.7 所示。

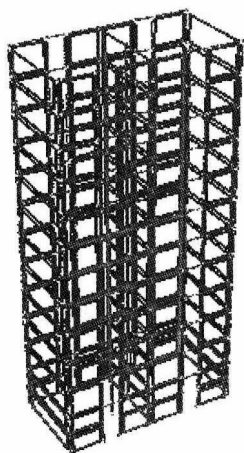


图 1.6 剪力墙结构

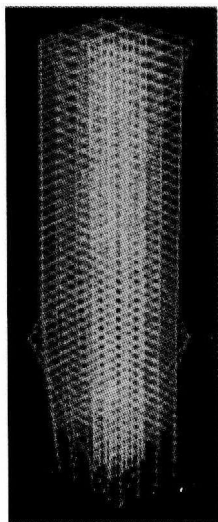
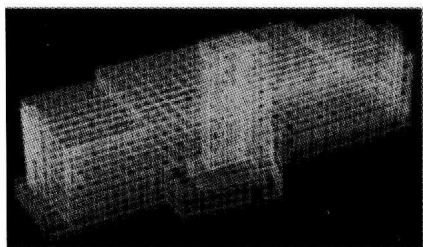


图 1.7 复杂结构

1.2 分析功能

1. 分析类型

PERFORM-3D 可以运行的分析类型有：①模态分析，得出周期和有效质量参与系数；②重力荷载分析；③静态 Pushover 分析；④地震运动反应时程分析；⑤动力荷载反应时程；⑥(有限制的)反应谱分析。

即使当 $P-\Delta$ 效应引起结构不稳定，非弹性组件有负刚度时，非线性分析方法也是十分可靠的。

2. 分析顺序

最通用的分析顺序是：①施加重力荷载；②运行一个或多个静态 Pushover 分析，保持重力荷载不变；③运行一个或多个地震反应时程分析，保持重力荷载不变。这是标准顺序。也可以采用通用顺序，例如，循环 Pushover：①施加重力荷载；②施加指定的正向侧移的 Pushover 荷载；③施加指定的负向侧移的 Pushover 荷载，逐渐增加每个方向的侧移。

3. 分析工况

一个分析工况由标准或通用分析顺序的一系列分析构成。对于每个分析工况，以下结构属性可能会改变：①质量分布和大小，这可能影响静力 Pushover 分析和动力时程分析；②动力反应时程分析的阻尼量和类型；③(某个极限的)结构组件的强度和刚度。因此，不用建立新的分析模型就能改变结构的属性。

4. 处理分析结果和理解结构行为的工具

下面一些工具可用来评价结构的行为，并检查分析是否合理。

①侧移形状：对于 Pushover 分析和动力反应，可以动态显示，如图 1.8 所示。

②时程曲线：进行地震时程分析时，有一些反应，包括节点加速度、单元和组件的力与变形关系曲线，剖切整个或部分结构的结构截面力，如图 1.9 所示。梁、柱和剪力墙的弯矩和剪力图，如图 1.10 所示。

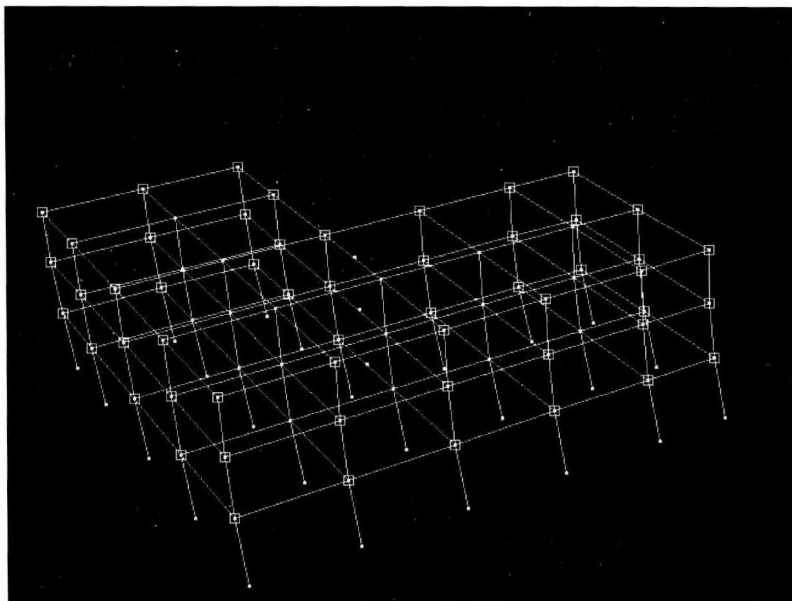


图 1.8 侧移形状

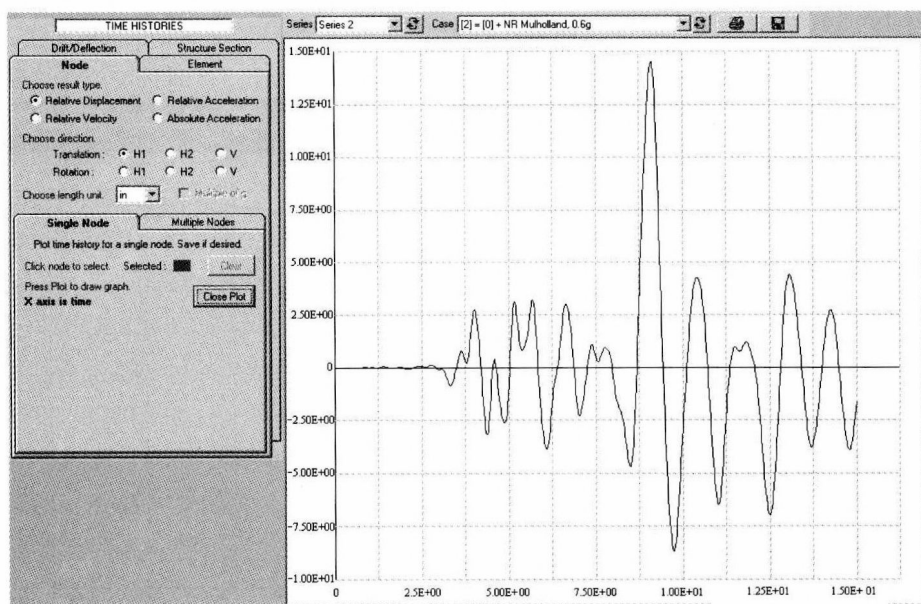


图 1.9 节点时程曲线

③能量平衡图:显示应变能、动能、非弹性能和阻尼耗能,包括内部和外部功的对比,提供分析数值精确度的指示。

5. 性能评价工具

只有显示的分析结果能够帮助工程师进行设计决策才是有用的。PERFORM-3D 包含了结构性能评价的有用工具,工程师可以借助这些工具进行设计决策。

①Pushover 分析目标位移计算使用了规范 ASCE 41 和 ATC 440 中的一些方法,如荷载工况的使用比。图 1.11 为 Pushover 目标位移曲线。

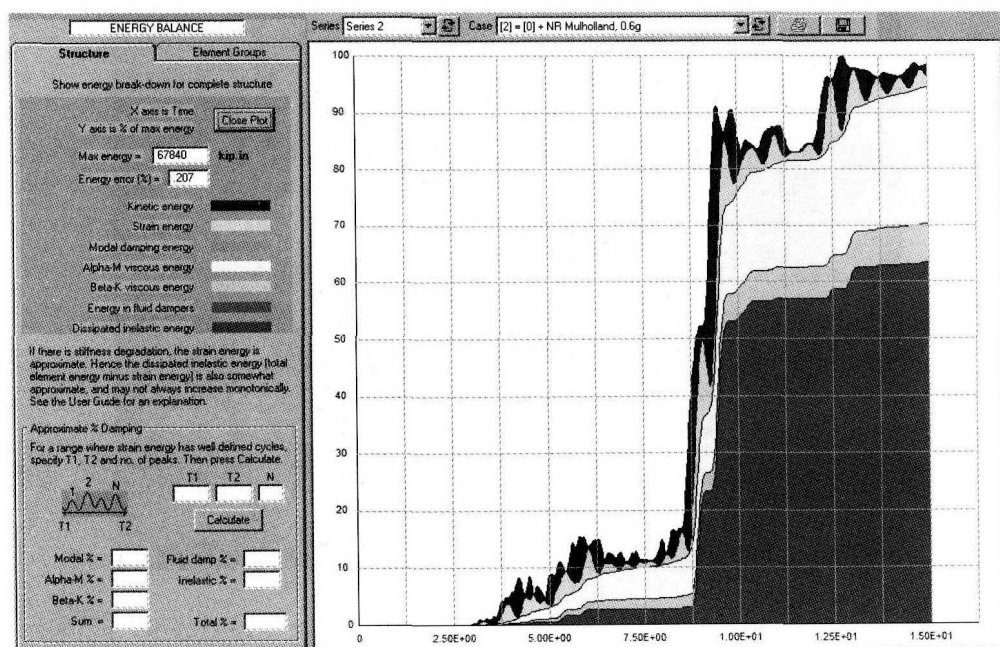


图 1.10 结构耗能图

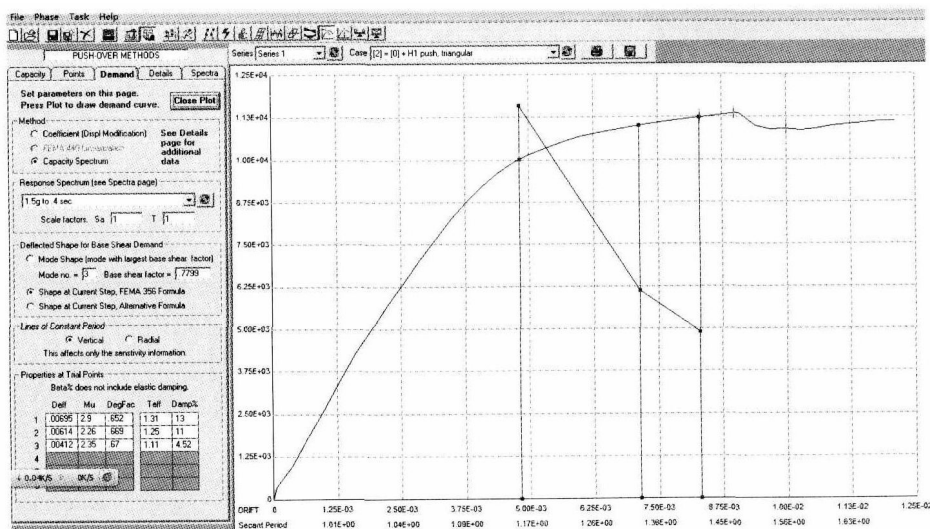


图 1.11 Pushover 目标位移曲线

②当 Pushover 分析或时程分析中的侧移增加时,极限状态的使用比也逐渐增加。使用比显示了用户选择的极限状态组的使用比的变化情况,如图 1.12 所示。

③荷载组合使用比包络图如图 1.13 所示。一般运行多个(一般 7 个或更多)地震反应时程分析,根据使用比的平均值来评估性能。

④需求能力比染色侧移形状如图 1.14 所示,它可以辨别组件严重变形的部位。

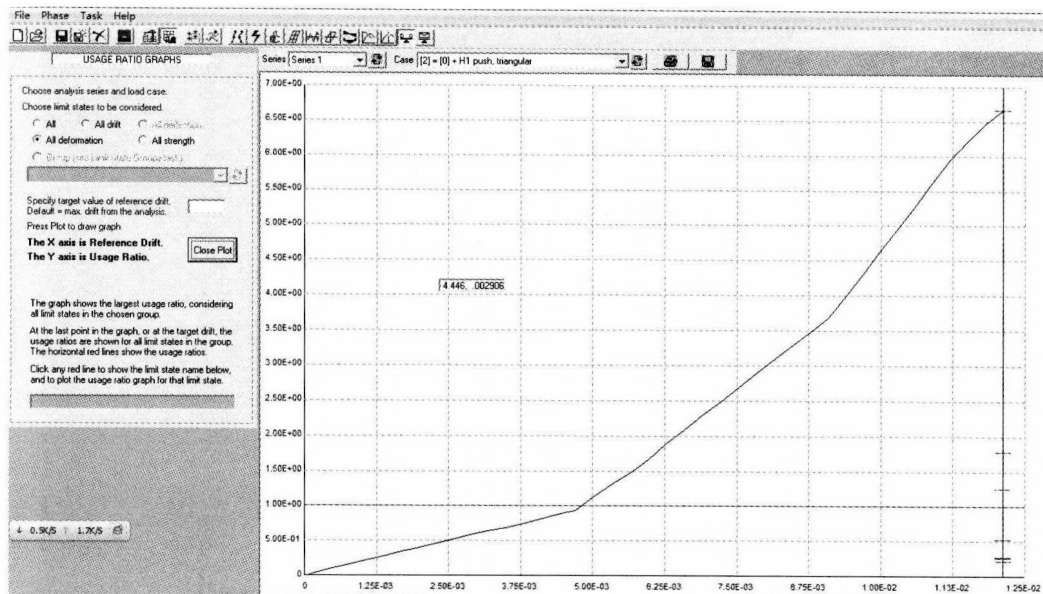


图 1.12 使用比曲线

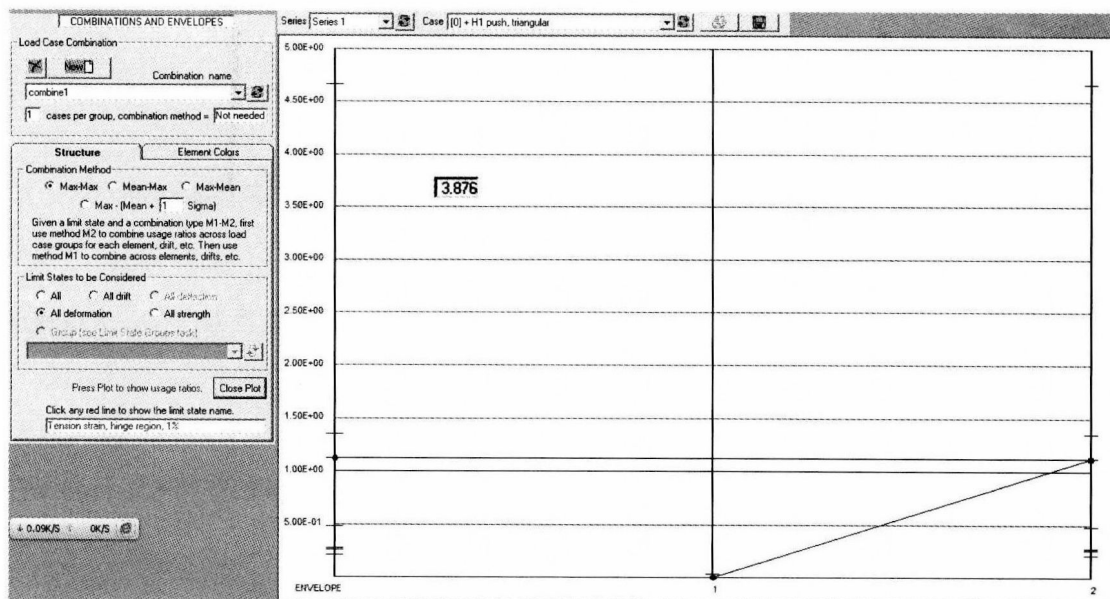


图 1.13 荷载组合和包络图

⑤ 分析结果的处理。

PERFORM-3D 分析结果被保存在一些文件中, 每个文件包括一些特定类型的结果(例如, 节点位移)。

若 PERFORM-3D 中的性能评价工具无法满足需求, 则可以找到这些结果文件, 按所选择的方法处理这些结果数据。

当然, 可以使用任意的编程语言编写程序来处理结果数据。

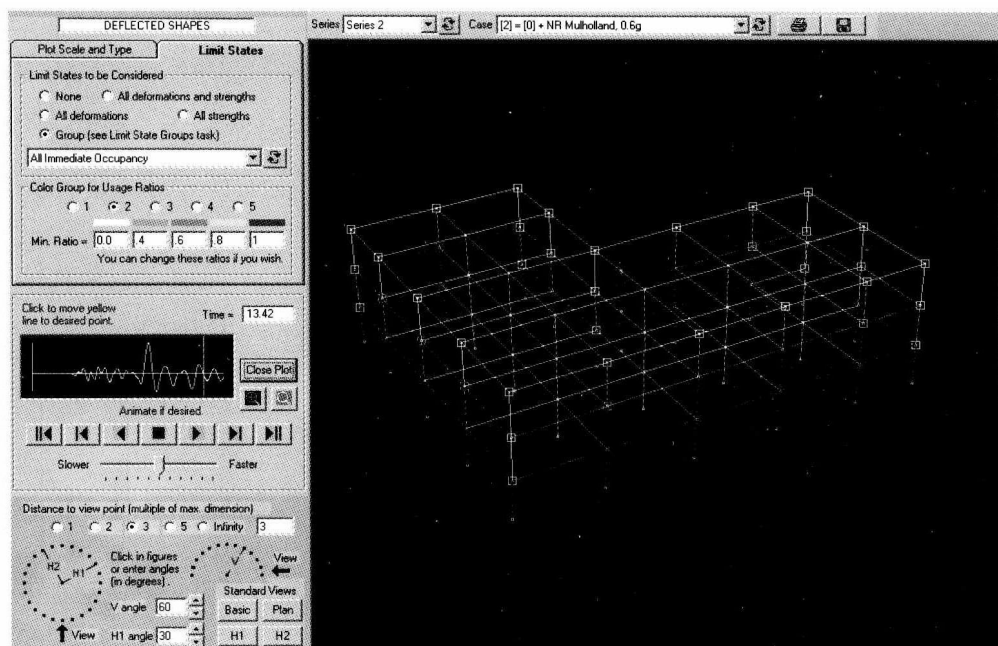


图 1.14 需求能力比染色侧移形状

1.3 运行环境

1. 操作系统

Microsoft Windows XP、Windows Vista 或 Windows 7, 32 位或 64 位版本均可。

2. 内存

最小: XP 操作系统至少 2 GB; Vista/Windows 7 操作系统至少 4 GB。

建议: 32 位操作系统采用 4 GB 内存, 64 位操作系统采用 8 GB 或者更大内存。求解速度随着内存增加而增加。

3. 硬盘

安装 PERFORM-3D 需要 6 GB 硬盘空间。

建议: 500 GB 或者更大硬盘 (7200 rpm SATA), 因为程序需要足够的空间来运行和保存模型文件和分析结果。

4. 显卡

最小: 支持 1024×768 像素 16 位 (GDI+) 图形模式。

建议: NVIDIA GPU 独立显卡, 显卡内存 512 MB 或更大, DirectX 图形模式, 显卡必须兼容 DirectX 9.0c。