

M 融会贯通·工程软件
Master Engineering Software

ABAQUS

软件的工程应用实例集

THE APPLICATION OF
ABAQUS IN
ENGINEERING ANALYSES

史旦达 邓益兵 蒋建平 刘文白 著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

融会贯通——工程软件

The Application of ABAQUS in Engineering Analyses
ABAQUS 软件的工程应用实例集

史旦达 邓益兵 蒋建平 刘文白 著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书主要讲述了 ABAQUS 在工程中的应用实例。其内容主要包括海岸工程(高桩码头、板桩码头、重力式码头、海堤)、海洋工程(单桩承台、群桩承台、导管架)、桩基础(桩桶基础、抗滑桩、桩基础中的地层结构效应、桩侧阻与端阻的相互作用)、边坡工程(浅基础、隧道工程、地下连续墙)等。

本书可供土木工程、道路工程、桥梁工程、水利工程、港口航道与海岸工程、海洋工程、地下工程、地质工程等专业的本科生、研究生及教师参考,也可供以上专业的工程技术人员参考。本书不仅适合 ABAQUS 软件的初学者使用,由于实例多且复杂,范围广,也适合 ABAQUS 软件的中高级人员使用。本书还可作为其他专业的 ABAQUS 软件使用者的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

ABAQUS 软件的工程应用实例集 / 史旦达等著. —北京:人民交通出版社股份有限公司,2015.1

(融会贯通——工程软件)

ISBN 978-7-114-11791-6

I. ①A… II. ①史… 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(2014)第 243795 号

书 名: ABAQUS 软件的工程应用实例集

著 者: 史旦达 邓益兵 蒋建平 刘文白

责任编辑: 袁 方

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 19.5

字 数: 488 千

版 次: 2015 年 1 月 第 1 版

印 次: 2015 年 1 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-11791-6

定 价: 68.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前 言

ABAQUS 是国际著名的大型商用有限元软件,是由美国 ABAQUS 公司(原名 HKS 公司)针对固体和结构力学问题进行数值分析而开发的一套通用有限元程序系统。目前 ABAQUS 已成为国际上最先进的大型通用非线性有限元力学分析软件,并广泛地应用于科研、教学和实际生产之中。

ABAQUS 包括一个丰富的、可模拟任意几何形状的单元库,并拥有各种类型的材料模型库,可以模拟典型工程材料的性能,其中包括金属、橡胶、高分子材料、复合材料、钢筋混凝土、可压缩超弹性泡沫材料以及土壤和岩石等地质材料。作为通用的模拟工具,ABAQUS 除了能解决大量结构(应力/位移)问题,还可以模拟其他工程领域的许多问题,例如热传导、质量扩散、热电耦合分析、声学分析、岩土力学分析(流体渗透/应力耦合分析)及压电介质分析。

ABAQUS 虽然是通用的软件,但它针对岩土工程问题的分析功能也是非常强大的,特别是它包含有很多适合岩土材料的本构模型,这是非常难能可贵的。鉴于这一特点,ABAQUS 在岩土工程中也得到了广泛的应用。

但是由于岩土不是一般的材料,其物理力学性质特别复杂,特别是岩土中有地应力,ABAQUS 也像其他通用有限元软件一样,在处理地应力平衡方面的功能不是很强,如地应力平衡的手动操作法,较烦琐,且实际操作中地应力平衡的计算较难顺利通过,有时即使通过了,地面沉降误差却较大,所以掌握正确的地应力平衡的手动操作法很重要。从作者的几届研究生的 ABAQUS 操作实践及网上 ABAQUS 论坛中的主要问题来看,使用者在岩土工程中的问题较多,主要是具体的操作方面,特别是在地应力平衡的具体操作。且 ABAQUS 在岩土工程中应用实例的具体操作方面的资料(包括有关书籍和论文)很缺乏。鉴于此,本书主要讲述了 ABAQUS 在工程中的应用实例。本书作者们经过多年的研究与教学,深知研究生或初学者需要一本 ABAQUS 软件一步一步如何操作的指导书,使他们能马上上手。只要学会了软件的操作,下一步进行模型的验证、计算实际的工况就相对容易了。

本书共分五章:第一章为 ABAQUS 在海岸工程中的应用实例;第二章为 ABAQUS 在海洋工程中的应用实例;第三章为 ABAQUS 在桩基础中的应用实例;

第四章为 ABAQUS 在浅基础中的应用实例;第五章为 ABAQUS 在边坡、隧道、地下连续墙等中的应用实例。

本书的出版得到了国家自然科学基金项目(50909057、51078228、51208294、41372319)、2013 年上海市研究生教育创新计划实施项目(第二批)(20131129)、上海市教委一流学科建设项目、上海市教委科研创新项目(14YZ101、15ZZ081)、上海海事大学学术创新团队建设项目、上海海事大学科研基金项目(20120074)的资助;同时,上海海事大学海洋科学与工程学院同仁为本书出版给予了很大的帮助;为了本书的出版,研究生熊志勇、陈功奇、杨熙、李才志、冯基芳、李小强、朱晨霞、贾宁、路倬、刘鹏、毛海英、黄智勤、马恒、顾晰妍、敖曼、金玉鑫、封薇薇、张家得、姚均东、丛佩文等做了的大量工作。在此,一并致以衷心的感谢!

限于作者水平,缺点、错误和不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

作者
2014 年 9 月

目 录

绪论	1
第一章 ABAQUS 在海岸工程中的应用实例	7
第一节 ABAQUS 在高桩码头中的应用实例	7
第二节 ABAQUS 在遮帘式板桩码头中的应用实例	36
第三节 ABAQUS 在重力式码头中的应用实例	57
第四节 ABAQUS 在海堤中的应用实例	75
第二章 ABAQUS 在海洋工程中的应用实例	92
第一节 ABAQUS 在风力发电基础(单桩)中的应用实例	92
第二节 ABAQUS 在风力发电基础(群桩)中的应用实例	113
第三节 ABAQUS 在海洋导管架工程中的应用实例	143
第三章 ABAQUS 在桩基础中的应用实例	147
第一节 ABAQUS 在桩桶基础中的应用实例	147
第二节 ABAQUS 在桩基础地层结构效应中的应用实例	152
第三节 ABAQUS 在桩侧阻与端阻相互作用中的应用实例	175
第四章 ABAQUS 在浅基础中的应用实例	190
第一节 ABAQUS 在浅基础地层结构效应中的应用实例	190
第二节 ABAQUS 在浅基础自动地应力平衡中的应用实例	213
第五章 ABAQUS 在边坡、隧道、地下连续墙等中的应用实例	222
第一节 ABAQUS 在边坡工程中的应用实例(抗滑桩二维)	222
第二节 ABAQUS 在边坡工程中的应用实例(抗滑桩三维)	241
第三节 ABAQUS 在隧道工程中的应用实例	272
第四节 ABAQUS 在地下连续墙中的应用实例	285
参考文献	305

绪 论

ABAQUS 是一款通用有限元软件,用于机械、土木、电子等行业的结构和场分析。ABAQUS 早年属于美国 HKS 公司的产品,于 2000 年卖给了达索公司,该软件又被称为达索 SIMULIA。ABAQUS 非常适合用作科学研究。ABAQUS 的名称来自 abacus,英文为计算器、算盘之意。ABAQUS 早年的 logo 就是一把中国人常用的算盘,后来 logo 有所变化,但是仍然可以看到算盘珠的影子。

ABAQUS 是国际著名的 CAE 软件,它以其强大的非线性分析功能以及解决复杂和深入的科学问题的能力赢得广泛称誉。ABAQUS 软件已被全球工业界广泛接受,并拥有世界上最大的非线性力学用户群。ABAQUS 已成为国际上最先进的大型通用非线性有限元分析软件。ABAQUS 软件除普通工业用户外,也在以高等院校、科研院所等为代表的高端用户中得到广泛认可。研究水平的提高引发了用户对高水平分析工具需求的加强,作为满足这种高端需求的有力工具,ABAQUS 软件在各行业用户群中所占据的地位也越来越突出。

一、基本介绍

ABAQUS 包括一个丰富的、可模拟任意几何形状的单元库,并拥有各种类型的材料模型库,可以模拟典型工程材料的性能,其中包括金属、橡胶、高分子材料、复合材料、钢筋混凝土、可压缩超弹性泡沫材料以及土壤和岩石等地质材料。作为通用的模拟工具,ABAQUS 除了能解决大量结构(应力/位移)问题,还可以模拟其他工程领域的许多问题,例如热传导、质量扩散、热电耦合分析、振动与声学分析、岩土力学分析(流体渗透/应力耦合分析)及压电介质分析。ABAQUS 为用户提供了广泛的功能,且使用起来又非常简单。大量的复杂问题可以通过选项块的不同组合很容易地模拟出来。例如,对于复杂多构件问题的模拟是通过把定义每一构件的几何尺寸的选项块与相应的材料性质选项块结合起来。在大部分模拟中,甚至高度非线性问题,用户只需提供一些工程数据,像结构的几何形状、材料性质、边界条件及荷载工况。在一个非线性分析中,ABAQUS 能自动选择相应荷载增量和收敛限度。ABAQUS 不仅能够选择合适参数,而且能连续调节参数以保证在分析过程中有效地得到精确解。用户通过准确的定义参数就能很好地控制数值计算结果。

ABAQUS 有两个主求解器模块——Abaqus/Standard 和 Abaqus/Explicit。ABAQUS 还包含一个全面支持求解器的图形用户界面,即人机交互前后处理模块——Abaqus/CAE。ABAQUS 对某些特殊问题还提供了专用模块来加以解决。

ABAQUS 被广泛地认为是功能最强的有限元软件,可以分析复杂的固体力学、结构力学系统,特别是能够驾驭非常庞大复杂的问题和模拟高度非线性问题。ABAQUS 不但可以做单一零件的力学和多物理场的分析,同时还可以做系统级的分析和研究。ABAQUS 的系统

级分析的特点相对于其他的分析软件来说是独一无二的。由于 ABAQUS 优秀的分析能力和模拟复杂系统的可靠性使得 ABAQUS 被各国的工业和研究中所广泛的采用。ABAQUS 产品在大量的高科技产品研究中都发挥着巨大的作用。

二、功能介绍

ABAQUS 软件的功能主要包括:

- (1) 静态应力/位移分析:包括线性,材料和几何非线性,以及结构断裂分析等。
- (2) 动态分析、黏弹性/黏塑性响应分析:黏塑性材料结构的响应分析。
- (3) 热传导分析:传导、辐射和对流的瞬态或稳态分析。
- (4) 质量扩散分析:静水压力造成的质量扩散和渗流分析等。
- (5) 耦合分析:热/力耦合、热/电耦合、压/电耦合、流/力耦合、声/力耦合等。
- (6) 非线性动态应力/位移分析:可以模拟各种随时间变化的大位移、接触分析等。
- (7) 瞬态温度/位移耦合分析:解决力学和热响应及其耦合问题。
- (8) 准静态分析:应用显式积分方法求解静态和冲压等准静态问题。
- (9) 退火成型过程分析:可以对材料退火热处理过程进行模拟。
- (10) 海洋工程结构分析:对海洋工程的特殊荷载,如流荷载、浮力、惯性力等进行模拟;对海洋工程的特殊结构,如锚链、管道、电缆等进行模拟;对海洋工程的特殊的连接,如土壤/管柱连接、锚链/海床摩擦、管道/管道相对滑动等进行模拟。
- (11) 水下冲击分析:对冲击荷载作用下的水下结构进行分析。
- (12) 柔体、多体动力学分析:对机构的运动情况进行分析,并和有限元功能结合进行结构和机械的耦合分析,并可以考虑机构运动中的接触和摩擦。
- (13) 疲劳分析:根据结构和材料的受载情况统计进行生存力分析和疲劳寿命预估。
- (14) 设计灵敏度分析:对结构参数进行灵敏度分析并据此进行结构的优化设计。
- (15) 软件除具有上述常规和特殊的分析功能外,在材料模型、单元、荷载、约束及连接等方面也功能强大并各具特点:

①材料模型:定义了多种材料本构关系及失效准则模型,包括:

a. 弹性。

线弹性可以定义材料的模量、泊松比等弹性特性;正交各向异性具有多种典型失效理论,用于复合材料结构分析;多孔结构弹性用于模拟土壤和可挤压泡沫的弹性行为;亚弹性可以考虑应变对模量的影响;超弹性可以模拟橡胶类材料的大应变影响;黏弹性可适合时域和频域的黏弹性材料模型。

b. 塑性。

金属塑性:符合 Mises 屈服准则的各向同性和遵循 Hill 准则的各向异性塑性模型。

铸铁塑性:拉伸为 Rankine 屈服准则,压缩为 Mises 屈服准则。

蠕变:考虑时间硬化和应变硬化定律的各向同性和各向异性蠕变模型。

扩展的 Druker-Prager 模型:适合于砂土等粒状材料的不相关流动的模拟。

Capped Drucker-Prager 模型:适合于地质、隧道挖掘等领域。

Cam-Clay 模型:适合于黏土类土壤材料的模拟。

Mohr-Coulomb 模型:这种模型与 Capped Druker-Prager 模型类似,但可以考虑不光滑小表面情况。

泡沫材料模型:可以模拟高度挤压材料,可应用于消费品包装及车辆安全装置等领域。
混凝土材料模型:这种模型包含了混凝土弹塑性破坏理论渗透性材料模型,提供了依赖于孔隙比率、饱和度和流速的各向同性和各向异性材料的渗透性模型。

其他材料特性:包括密度、热膨胀特性、热传导率、导电率、比热、压电特性、阻尼以及用户自定义材料特性等。

②**单元库:**ABAQUS 包括内容丰富的单元库,单元种类多达 562 种。它们可以分为 8 个大类,称为单元族,包括:实体单元、壳单元、薄膜单元、梁单元、杆单元、刚体元、连接元、无限元。还包括其中针对特殊问题构建的特种单元如针对钢筋混凝土结构或轮胎结构的加强筋单元、针对海洋工程结构的土壤/管柱连接单元和锚链单元,还有专门的垫圈单元和空气单元等特殊的单元等,这些单元对解决各行业领域的具体问题非常有效。

另外,用户还可以通过用户子程序自定义单元种类。对 ABAQUS 进行二次开发也极为方便,ABAQUS 支持 FORTRAN 或 VC++ 来二次开发。

③荷载、约束及连接。

荷载:荷载包括均匀体力、不均匀体力、均匀压力、不均匀压力、静水压力、旋转加速度、离心荷载、弹性基础,伴随力效应,集中力和弯矩,温度和其他场变量,速度和加速度等。

约束:除常规的约束外,还提供线性和非线性的多点约束(MPC),包括刚性链、刚性梁、壳体/固体连接、循环对称约束和运动耦合等。连接强大的接触对定义与分析功能为管接头接触密封分析,铰链连接分析,壳体密封分析等带来极大的便利。

三、ABAQUS 功能模块介绍

ABAQUS 软件主要由 Abaqus/CAE、Abaqus/Standard、Abaqus/Explicit 三个模块组成。其中,Abaqus/CAE 是前后处理模块;Abaqus/Standard 是隐式求解器模块;Abaqus/Explicit 是显式求解器模块。

1. Abaqus/CAE 模块(前后处理)(图 0-1)

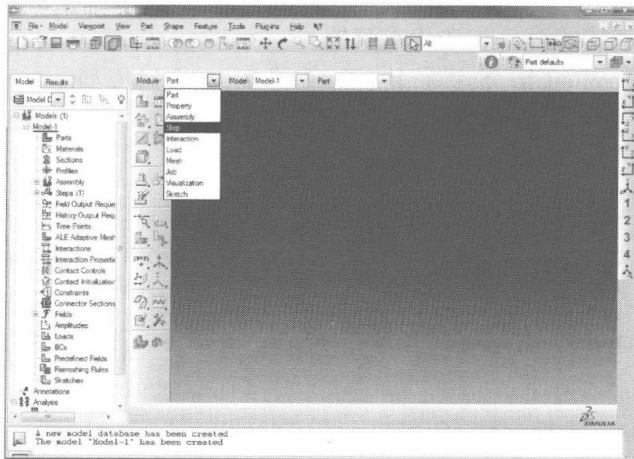


图 0-1 Abaqus/CAE 模块



Abaqus/CAE 模块是运用 ABAQUS 软件进行分析求解的人机交互界面,在 CAE 模块下,用户可以实现模型建立、材料定义、分析类型的定义、荷载及边界约束的施加、网格划分、结果后处理等与分析相关的任何定义。

在 Abaqus/CAE 中,用户能够创建参数化几何体,如拉伸、旋转、扫略、倒角和放样。同时也能够由各种流行的 CAD 系统导入几何体,并运用上述建模方法进一步编辑。

Abaqus/CAE 支持广泛的 ABAQUS 分析功能并且为初学者和经验丰富的用户提供人机交互的使用环境。熟悉 ABAQUS 分析的概念,如分析步、接触、约束和预设条件等,能够通过操作简便的界面得以实现。Abaqus/CAE 还提供了完全的后处理和可视化功能,即使最大规模的 ABAQUS 分析结果也可以高速、高质量地进行绘图。

2. Abaqus/Standard 模块(通用程序)

Abaqus/Standard 是一个通用的隐式求解器,它可以为工程师和分析专家提供强有力的工具来解决许多工程问题:从线性静态、动态分析到复杂的非线性耦合物理场分析。其主要应用领域可以概括如下:

- (1) 常规的静态弯曲变形、强度分析。
- (2) 结构的固有振动特性及在某种荷载状态下的振动特性分析。
- (3) 轴承、轴套、螺栓连接等接触非线性分析。
- (4) 频域动响应分析。
- (5) 机构运动过程分析。
- (6) 超弹性橡胶、复合材料分析。
- (7) 结构传热分析。
- (8) 各种耦合分析。
 - ①热机械平衡的原理(热固耦合);
 - ②热电(焦耳加热)原理进行分析(热电耦合);
 - ③压电性能(电固耦合);
 - ④结构的声学研究(声固耦合)。
- (9) 方便灵活的用户子程序,生成用户特殊的单元、材料、摩擦、约束和荷载等。
- (10) 并行处理、高效的直接和迭代求解器。
- (11) 与 Abaqus/Explicit 结合,进行特殊过程模拟,如金属成型。

Abaqus/Standard 提供并行的稀疏矩阵求解器。该求解器对各种大规模计算问题都能十分可靠地快速求解。

业内领先的 Abaqus/Standard 分析能力,结合与现有前后处理器的兼容能力,使 ABAQUS 常常成为用户的唯一选择:用户可以把他们所有的有限元分析需求全部集成在 ABAQUS 中进行求解。

此外, ABAQUS/Standard 有最好的行业技术支持和完备的手册做后盾,用户完全可以放心地使用该产品。

3. Abaqus/Explicit 模块(显示分析)

Abaqus/Explicit 是求解复杂非线性动力学问题和准静态问题的理想程序,特别是用于

模拟冲击和其他高度不连续事件。Abaqus/Explicit 不但支持应力/位移分析而且还支持完全耦合的瞬态温度—位移分析、声固耦合分析。Abaqus/Explicit 与 Abaqus/Standard 有机的结合,使求解能力更加强化和灵活。任意的拉格朗日—欧拉(ALE)自适应网格功能可以有效地模拟大变形非线性问题。与以上两种分析模块输入文件的基本格式是相同的,他们的输出是相似的。其主要应用领域包括:

- (1) 通用的显式问题求解;
- (2) 非线性动力学分析和准静态分析;
- (3) 完全耦合的热力学分析;
- (4) 自动接触(General Contact)提供简单和稳定的接触建模方法;
- (5) 并行处理技术,包括 SMP 和 DMP 系统;
- (6) 和 Abaqus/Standard 有机结合,分析特殊过程和问题,如装配预应力;
- (7) 运用 ALE 技术创建自适应网格(模拟几何体的移动与位移);
- (8) 冲击和 underwater 爆炸分析功能。

4. Abaqus/Aqua(波动荷载)

Abaqus/Aqua 模块的一系列功能可以附加在 Abaqus/Standard 上应用。该模块的目的是模拟海上结构,例如海洋石油平台或船体。其中某些功能包括模拟波浪、风荷载及浮力的影响。

Abaqus/Aqua 拓展了 Abaqus/Standard 在海洋工程中的应用。它包括海洋平台导管架和立管的分析、J 形管的拖曳模拟、底部弯曲计算和漂浮结构的研究。结构可以承受由稳定流和波效应引起的拖曳力、浮力和流体惯性荷载。还可以为自由水面以上的结构施加风载。Abaqus/Aqua 与 Abaqus/Standard 其他的功能兼容,同时可以考虑静力、动力或频率分析中的线性和非线性效应。

(1) 周围介质

流体分布:用户提供流体密度和引力常数,同时需要提供稳态流速度与相对海床的位置和高度的函数。

波的分布:可以通过分析过程中计算的流体粒子速度、加速度和动力学压力,可以定义重力波。同时包含 Airy(线性)波理论和 Stokes 5 阶理论。Airy 理论允许任意数量的波列沿不同的方向传播。单个波列用于 Stokes 非线性理论,适合于模拟深水或大浪的情况。另外,可以直接在固定的网格上指定波速、加速度和动力学压力,然后通过线性或二次插值得到感兴趣点的相应的值。用户还可以通过用户子程序,将其他类型的波荷载施加到结构当中。

风的分布:因为 Abaqus/Aqua 纪录自由表面的高度,而且还允许结构的部分浸没,所以风载只对结构暴露在空气中的区域有效。用户可以指定风速的分布,用于计算梁、管道和一维刚体单元的荷载分布。风的分布在水的自由表面以上的部分以指数函数的形式沿高度变化。在水平面上,风不发生变化。

(2) 荷载

除了 Abaqus/Standard 提供的荷载形式(重力荷载、静水压力等),Abaqus/Aqua 为部分或全部浸没的结构提供特定的荷载库。用户可以指定那些单元承受那些类型的荷载,比如浮力或拖曳力。基于单元的几何形状、流体属性、稳态流、波的形式和风速的分布,程序将自

动确定荷载的大小和方向。

拖曳荷载:利用 Morison 方程计算拖曳荷载。流体和风都可能在结构上产生拖曳荷载。流体表面之下的稳态流和波荷载引起流体拖曳力,它同时具有横向和切向的贡献;风载施加于结构在洋流表面之上的部分,只具有横向作用。在流体和结构之间,切向和横向的作用力同相对速度的平方成比例。

浮力荷载:基于外露表面与垂直方向的取向计算浮力。默认情况下,提供封闭端条件。浮力可以用于梁单元、管道单元和弯管单元,还可以施加到刚体的表面用于研究浮动结构,比如张力腿平台和海船。拖曳力、浮力和点荷载可以施加于钢梁。可以得到刚体参考点瞬时的全部垂直荷载、剪力和翻转弯矩。当浮力荷载同波分布同时施加时,由静止表面干扰引起的动力学压力被添加到静水压力,用于计算总体浮力荷载。

惯性荷载:惯性力是基于管道和周围流体相对加速度而引入的附加质量的贡献。拓展 Morison 拖曳方程,允许用户分离从稳态流引起的部分拖曳荷载和从波引起的部分拖曳荷载,然后在单个分析中独立地施加这些荷载。频率分析可以包含这些附加质量效应。

(3) 附加特征

锚链:锚链用于海床管道的安装。它的重力与连接管道的漂浮设备的浮力平衡。Abaqus/Aqua 中,锚链被理想化为通过悬链线与管道相连的管道固定支座,适合于模拟管道的运动比锚链长度大很多的情况。

各向异性海床摩擦:在分析管道直接位于地面或海床上的响应时,摩擦的影响将非常重要。阻碍管道横向运动的阻力大于平行于管道方向的阻力。各向异性摩擦模型可以分析这种效果。海床较软的自然现象可以通过在刚体表面使用软接触表面行为很容易的模拟。

桩脚连接单元:桩脚连接单元利用等效的弹塑性响应,近似地模拟某些海洋平台结构土壤—结构的接触。

筒体结构的滑动线:通过在其他的管道中拉伸管道,将管道从海床提升到海面。Abaqus/Aqua 具有专门模拟 J 形管拉伸的单元。

自升式钻塔底座分析:利用特殊的单元模拟桩腿和海床的弹塑性接触。

缆绳单元:在底部弯曲分析中,通过缆绳在海床上拖动管道。

5. Abaqus/USA(水下冲击分析)

Abaqus/USA 是由洛克希德·马丁公司(Lockheed Martin)编写的 USA 软件与 Abaqus/Standard 的组合模块。它可以对受冲击荷载的水下结构进行分析。该部分现已并入 Abaqus/Explicit 中。

6. Abaqus/Design(优化敏感性分析)

Abaqus/Design 模块的一系列功能可以附加在 Abaqus/Standard 上应用。它的目的是对各种非线性结构进行优化敏感性分析。

7. Abaqus/Safe(疲劳分析)

Abaqus/Safe 模块的一系列功能可以附加在 Abaqus/Standard 和 Abaqus/Explicit 上应用。它的目的是通过疲劳分析预测部件和系统寿命。

二、具体操作步骤

(一) 启动 Abaqus/CAE

在 Windows 操作系统中,点击开始→所有程序→Abaqus6. x→Abaqus CAE;或者在操作系统的 DOS 窗口中键入命令“abaqus cae”,启动 Abaqus/CAE,然后在出现的 Start Session(开始任务)对话框中选择 Create Model Database,单击 With Standard/Explicit Model,建立一个名为 Model-1 的新模型。如图 1-2 所示。

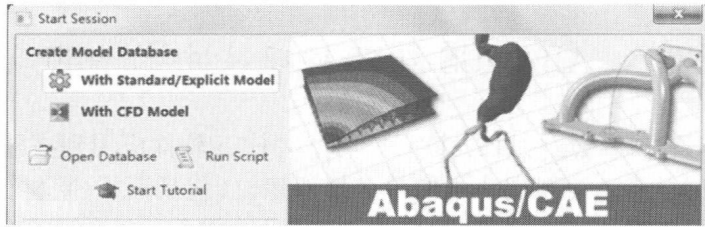



图 1-2 Start Session 对话框

(二) 分别建立岸坡土层和桩部件

在 Module 中选择 Part 模块。

1. 创建岸坡土层部件(Part-soil)

点击  按钮(Create Part),弹出 Create Part 对话框,在 Name 后面输入 Part-soil,将 Modeling Space 设置为 2D Planar,Approximate size 设置为 80,其他参数不变,如图 1-3 所示。

单击 Continue 继续,进入 Sketch 模块。单击绘图工具区中的画线工具按钮 ,在提示区对话框中依次输入坐标(0,0)、(40,0)、(40,24)、(30,24)、(26.25,22.125)、(26.25,5.5)、(25.75,5.5)、(25.75,21.875)、(22.25,20.125)、(22.25,5.5)、(21.75,5.5)、(21.75,19.875)、(18.25,18.125)、(18.25,5.5)、(17.75,5.5)、(17.75,17.875)、(14.25,16.125)、(14.25,5.5)、(13.75,5.5)、(13.75,15.875)、(10,14)、(0,14)和(0,0),完成对岸坡部件草图的绘制;然后在视图区中双击鼠标中键完成对地基部件(Part-soil)的创建,如图 1-4 所示。

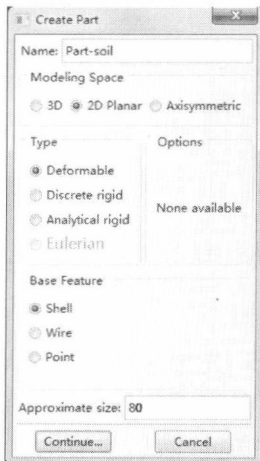


图 1-3 Create Part 对话框

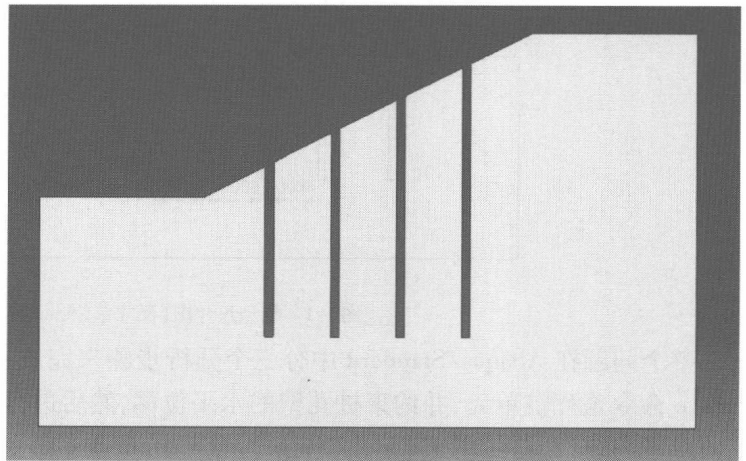



图 1-4 岸坡部件(Part-soil)

2. 创建桩部件(Part-pile)

单击  按钮(Create Part),弹出 Create Part 对话框,在 Name 后面输入 Part-pile,将 Modeling Space 设置为 2D Planar,Approximate size 设置为 37,其他参数不变,如图 1-5 所示。

单击 Continue 继续,进入 Sketch 模块。单击绘图工具区中的画线工具按钮 ,在提示区对话框中依次输入坐标(0,0)、(0.5,0)、(0.5,10.625)、(0.5,18)、(4,18)、(4,12.375)、(4,0)、(4.5,0)、(4.5,12.625)、(4.5,18)、(8,18)、(8,14.375)、(8,0)、(8.5,0)、(8.5,14.625)、(8.5,18)、(12,18)、(12,16.375)、(12,0)、(12.5,0)、(12.5,16.625)、(12.5,18)、(13,18)、(13,18.5)、(-0.5,18.5)、(-0.5,18)、(0,18)、(0,18)和(0,0),完成对桩部件草图的绘制;然后在视图区双击鼠标中键完成对桩部件(Part-pile)的创建,如图 1-6 所示。

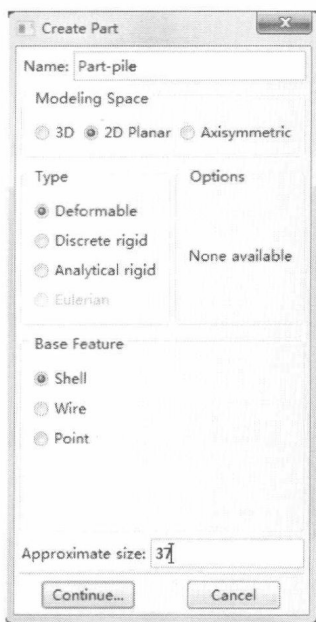


图 1-5 Create Part 对话框

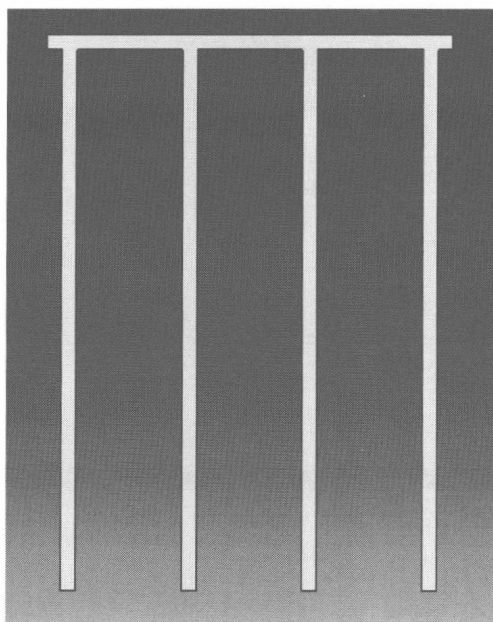


图 1-6 桩部件(Part-pile)

(三) 创建材料和截面属性

在 Module 列表中选择 Property(特性)模块,定义材料及截面属性。

1. 创建材料

(1) 创建岸坡材料

单击  按钮,弹出 Edit Material 对话框,在 Name 后输入 Material-soil,如图 1-7 所示。

在对话框中,选择 General→Density,在弹出对话框中,将 Mass Density 设置为 1800,如图 1-8 所示。

在对话框中继续选择 Mechanical→Elasticity→Elastic,在弹出的对话框中,将 Young's Modulus 设置为 $8e7$,Poisson's Ratio 设置为 0.3,其他参数不变,如图 1-9 所示。

选择 Mechanical→Plasticity→Mohr Coulomb plasticity,在 Plasticity 选项中,将 Friction An-

gle 设置为 20, 将 Dilation Angle 设置为 0, 如图 1-10 所示; 在 Cohesion 选项中, 将 Cohesion Yield Stress 设置为 80000, 将 Abs Plastic Strain 设置为 0, 其他参数不变, 然后点击 OK 完成对岸坡材料的定义, 如图 1-11 所示。

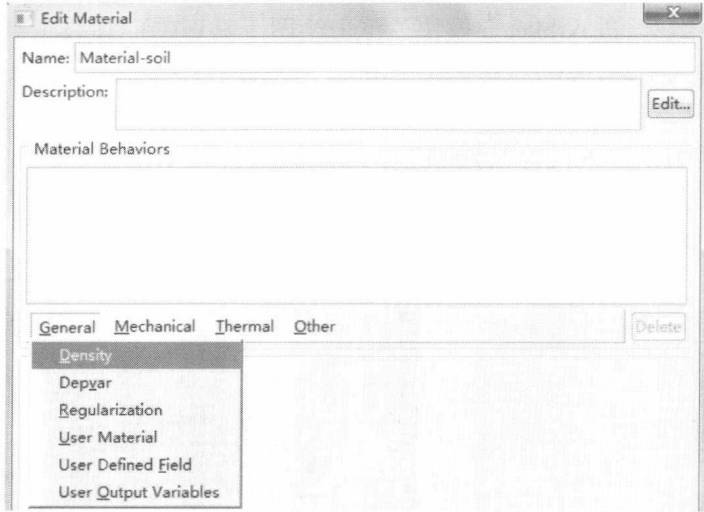


图 1-7 编辑材料对话框

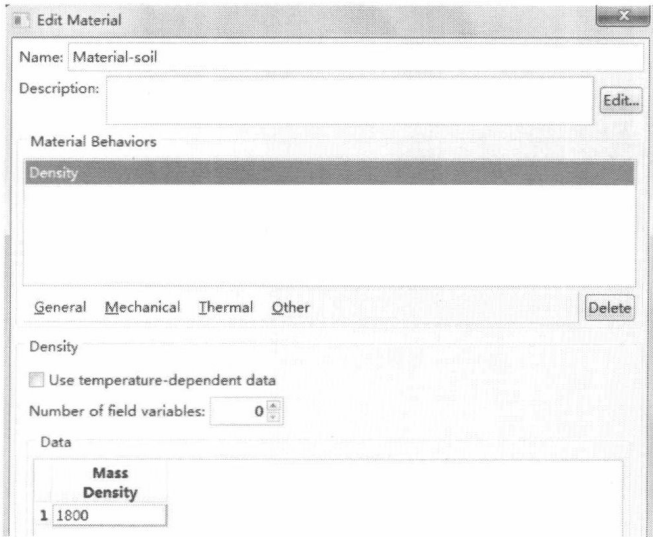


图 1-8 设置材料密度

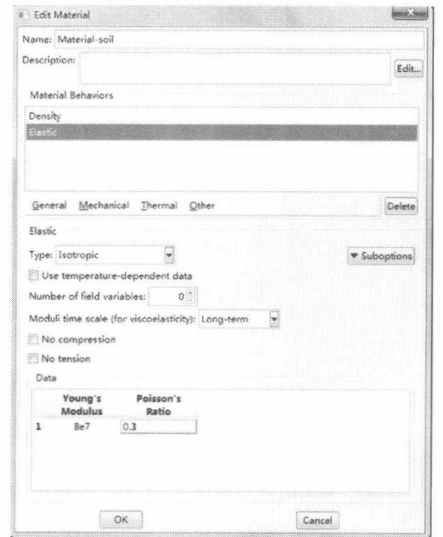



图 1-9 设置弹性参数

(2) 创建桩材料

同岸坡材料定义, 点击  按钮, 弹出 Edit Material 对话框, 在 Name 后输入 Material-pile。点击 Density, 在弹出对话框中, 将 Mass Density 设置为 2500。

依次点击 Mechanical→Elasticity→Elastic, 在弹出的对话框中, 将 Young's Modulus 设置为 $3e10$, Poisson's Ratio 设置为 0.2, 其他参数不变, 其他参数不变, 然后点击 OK 完成对桩材料的定义。

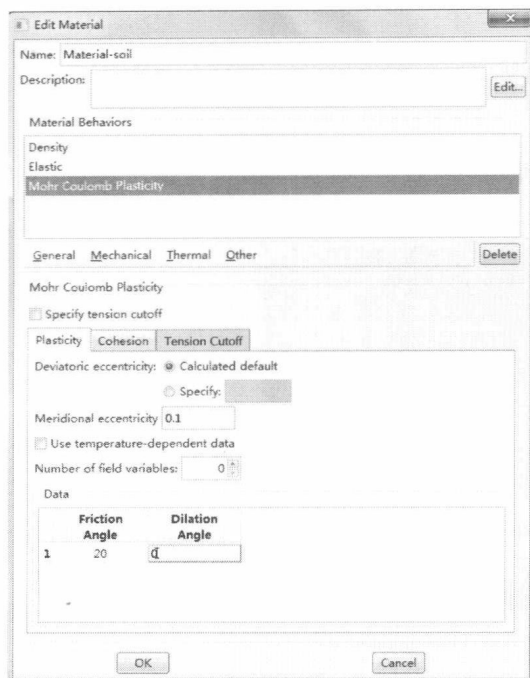


图 1-10 塑性参数定义

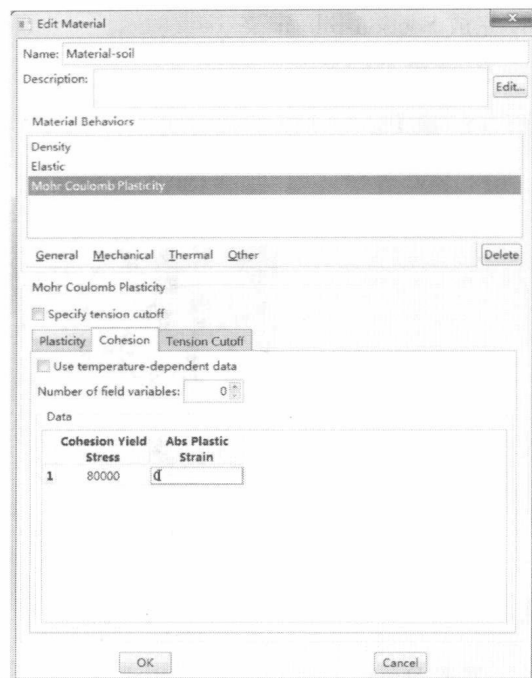


图 1-11 黏聚力定义

2. 创建截面属性

(1) 创建截面 Section-soil

单击 按钮 (Create Section), 弹出对话框 Create Section, 在 Name 中键入 Section-soil, Category 选择 Solid, Type 选择 Homogeneous, 如图 1-12 所示。

单击 Continue, 弹出 Edit Section 对话框, Material 选择 Material-soil, 其他参数不变, 单击 OK 完成 Section-soil 定义, 如图 1-13 所示。

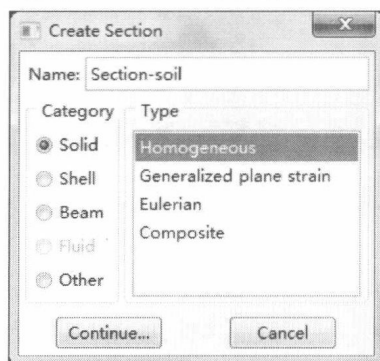


图 1-12 Create Section 对话框

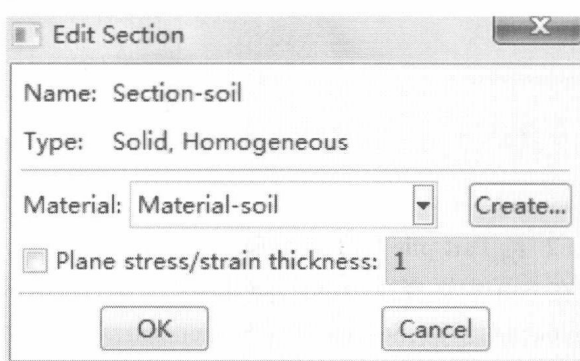


图 1-13 Edit Section 对话框

(2) 创建截面 Section-pile

同理, 单击 按钮 (Create Section), 弹出对话框 Create Section, 在 Name 中键入 Section-pile, Category 选择 Solid, Type 选择 Homogeneous。

单击 Continue, 弹出 Edit Section 对话框, Material 选择 Material-pile, 其他参数不变, 单击