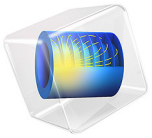
在 COMSOL Multiphysics 6.3 版本中创建



厚板应力分析

本模型基于《COMSOL 软件许可协议》 6.3 版本授权。
所有商标均为其各自所有者的财产。请参见 cn.comsol.com/trademarks。

简介

本例实现了 NAFEMS 报告 *Background to Benchmarks*（参考资料 1）第 77 页 LE10 号测试 “Thick Plate Pressure” 中描述的静态应力分析，将计算出的应力水平与基准报告中给出的值进行比较。

模型定义

几何结构为一个椭圆，其上有一个椭圆形的孔。由于载荷和几何结构的对称性，我们仅分析四分之一个椭圆。

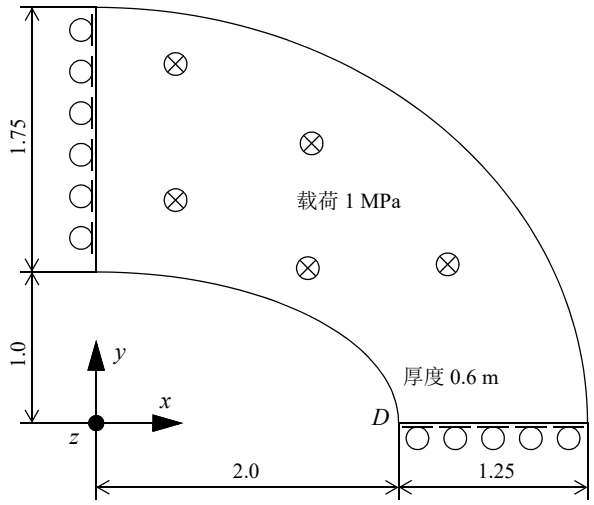


图 1：厚板几何结构，由于对称，已简化为四分之一个椭圆。

材料

材料为各向同性材料， $E = 2.1 \cdot 10^{11}$ Pa， $n = 0.3$。

载荷

上表面指向负 z 方向的 10^6 Pa 分布载荷。

约束

- 对称平面， $x = 0$， $y = 0$。
- 在 x 方向和 y 方向约束外椭圆表面。
- 在 z 方向上约束外椭圆表面的中面。

结果

本例计算图 1 中椭圆形孔内部坐标为 (2, 0, 0.6) 的点 *D* 处上表面的正应力 σ_y。采用粗化网格的情况下，该值与 NAFEMS 基准 （参考资料 1）非常一致，差值约为 6%。

结果	COMSOL MULTIPHYSICS	NAFEMS （参考资料 1）
σ_y （*D* 处）	-5.72 MPa	-5.38 MPa

应力的 y 分量如图 2 所示。

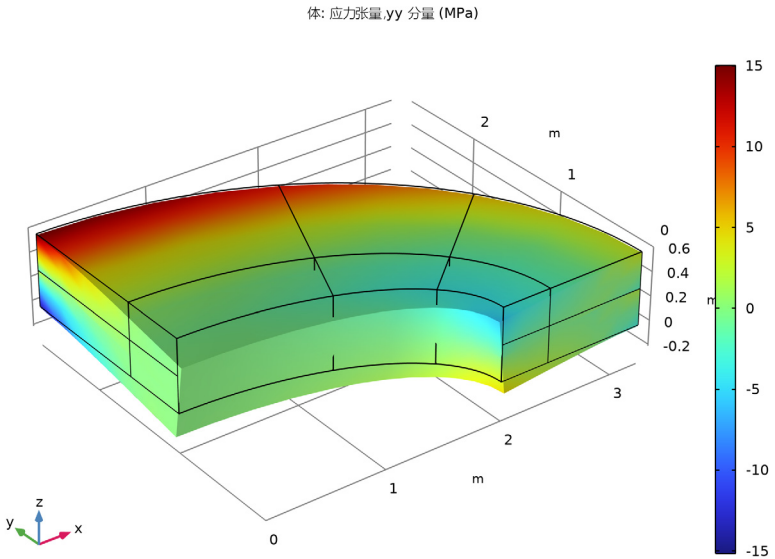


图 2：y 方向的应力。

关于本例的一个注意事项是， *z* 方向约束仅应用于边。这是奇异约束，会在受约束的边产生局部应力。就理论而言，这些应力不受限，但实际上，应力和垂直位移很大程度上与网格相关。但这不会对确定远离奇异约束处的应力产生影响。

COMSOL 软件功能实现说明

为了使网格与原始基准模型相同，我们在二维几何结构中额外绘制了几条线，因此，将会有多个域。在这个简单示例中，这种方法是有效的，但对于更复杂的几何结构，应考虑使用**网格控制域**。

参考资料

1. G.A.O. Davies, R.T. Fenner, and R.W. Lewis, *Background to Benchmarks*, NAFEMS, Glasgow, 1993.

案例库路径：`Structural_Mechanics_Module/Verification_Examples/thick_plate`

建模操作说明

从**文件**菜单中选择**新建**。

新建

在**新建**窗口中，单击 **模型向导**。

模型向导

1 在**模型向导**窗口中，单击 **三维**。

2 在**选择物理场**树中选择**结构力学** > **固体力学 (solid)**。

3 单击**添加**。

4 单击 **研究**。

5 在**选择研究**树中选择**一般研究** > **稳态**。

6 单击 **完成**。

几何 1

如果不想构建所有的几何结构，可以从存储的模型中加载几何序列。在**模型开发器**窗口的**组件 1 (comp1)** 下，右键单击**几何 1** 并选择**插入序列**。浏览至该模型的“案例库”文件夹，然后双击文件 `thick_plate.mph`。然后，您可以继续执行下面**添加材料**一节中的操作。

要从头开始构建几何结构，请执行下面的操作。

工作平面 1 (wp1)

1 在**几何**工具栏中单击 **工作平面**。

2 在**工作平面**的**设置**窗口中，单击 **转到平面几何**。

工作平面 1 (wp1) > 平面几何

在**模型开发器**窗口中，单击**平面几何**。

工作平面 1 (wp1) > 椭圆 1 (e1)

1 在**工作平面**工具栏中单击 **椭圆**。

2 在**椭圆**的**设置**窗口中，定位到**大小和形状**栏。

3 在 **a 半轴**文本框中键入 “3.25”。

4 在 **b 半轴**文本框中键入 “2.75”。

5 在**扇形角**文本框中键入 “90”。

6 单击 **构建选定对象**。

7 在**图形**工具栏中单击 **缩放到窗口大小**按钮。

工作平面 1 (wp1) > 椭圆 2 (e2)

1 在**工作平面**工具栏中单击 **椭圆**。

2 在**椭圆**的**设置**窗口中，定位到**大小和形状**栏。

3 在 **a 半轴**文本框中键入 “2”。

4 在**扇形角**文本框中键入 “90”。

5 单击 **构建选定对象**。

工作平面 1 (wp1) > 椭圆 3 (e3)

1 在**工作平面**工具栏中单击 **椭圆**。

2 在**椭圆**的**设置**窗口中，定位到**大小和形状**栏。

3 在 **a 半轴**文本框中键入 “2.416”。

4 在 **b 半轴**文本框中键入 “1.583”。

5 在**扇形角**文本框中键入 “90”。

6 单击 **构建选定对象**。

工作平面 1 (wp1) > 差集 1 (dif1)

1 在**工作平面**工具栏中单击 **布尔操作和分割**，然后选择**差集**。

2 选择 “对象” **e1** 和 **e3**。

3 在**差集**的**设置**窗口中，定位到**差集**栏。

4 单击以选择**要减去的对象**的 **激活选择**切换按钮。

5 选择 “对象” **e2**。

6 单击 **构建选定对象**。

工作平面 1 (wp1) > 多边形 1 (pol1)

1 在**工作平面**工具栏中单击 **多边形**。

2 在**多边形**的**设置**窗口中，定位到**对象类型**栏。

3 从**类型**列表中选择**开放曲线**。

4 定位到**坐标**栏。在表中输入以下设置：

xw (m)	yw (m)
1.783	2.3
1.165	0.812

工作平面 1 (wp1) > 多边形 2 (pol2)

1 在**工作平面**工具栏中单击 **多边形**。

2 在**多边形**的**设置**窗口中，定位到**对象类型**栏。

3 从**类型**列表中选择**开放曲线**。

4 定位到**坐标**栏。在表中输入以下设置：

xw (m)	yw (m)
2.833	1.348
1.783	0.453

5 在**工作平面**工具栏中单击 **全部构建**。

工作平面 1 (wp1) > 平面几何

在**图形**工具栏中单击 **缩放到窗口大小**按钮。

工作平面 1 (wp1) > 分割对象 1 (par1)

1 在**工作平面**工具栏中单击 **布尔操作和分割**，然后选择**分割对象**。

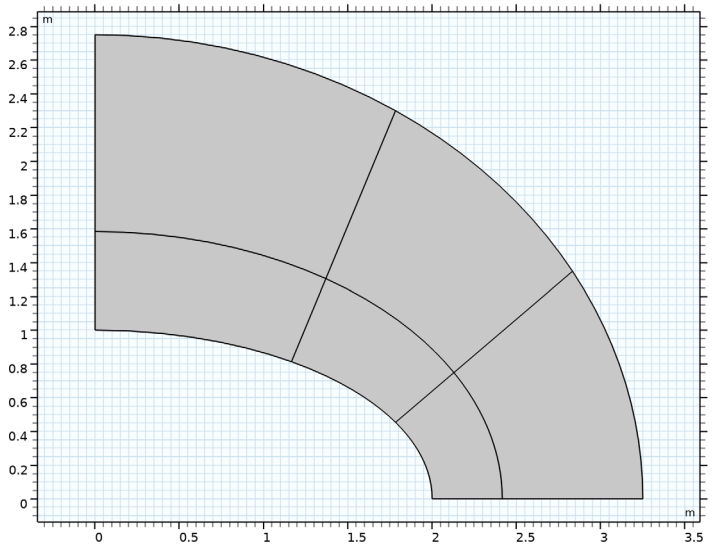
2 选择 “对象” **dif1**。

3 在**分割对象**的**设置**窗口中，定位到**分割对象**栏。

4 单击以选择**工具对象**的 **激活选择**切换按钮。

5 选择 “对象” **pol1** 和 **pol2**。

6 单击 **构建选定对象**。



拉伸 1 (ext1)

1 在**模型开发器**窗口的**组件 1 (comp1)** > **几何 1**节点下，右键单击**工作平面 1 (wp1)**并选择**拉伸**。

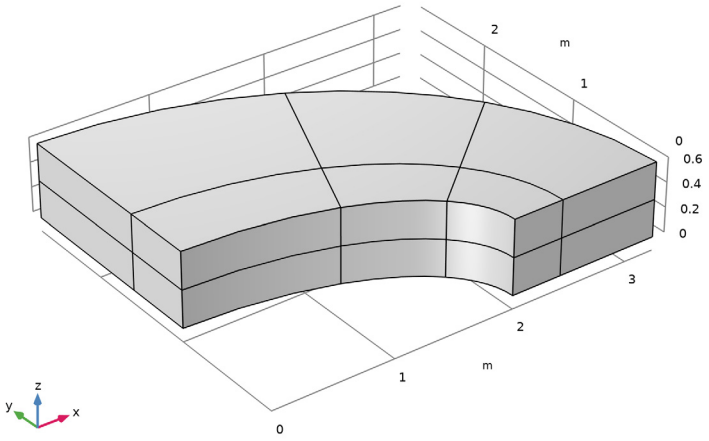
2 在**拉伸**的**设置**窗口中，定位到**距离**栏。

3 在表中输入以下设置：

距离 (m)
0.3
0.6

4 单击 **构建选定对象**。

5 在**图形**工具栏中单击 **缩放到窗口大小**按钮。



材料

材料 1 (mat1)

1 在**模型开发器**窗口的**组件 1 (comp1)** 节点下，右键单击**材料**并选择**空材料**。

2 在**材料**的**设置**窗口中，定位到**材料明细**栏。

3 在表中输入以下设置：

属性	变量	值	单位	属性组
杨氏模量	E	210[GPa]	Pa	杨氏模量和泊松比
泊松比	nu	0.3	1	杨氏模量和泊松比
密度	rho	7850	kg/m³	基本

固体力学 (SOLID)

对称 1

1 在**物理场**工具栏中单击 **边界**，然后选择**对称**。

2 选择 “边界” 1、 4、 8、 11、 40、 41、 49 和 50。

指定位移 1

1 在**物理场**工具栏中单击 **边界**，然后选择**指定位移**。

2 选择 “边界” 15、 16、 31、 32、 51 和 52。

3 在**指定位移**的**设置**窗口中，定位到**指定位移**栏。

4 从 **x 方向的位移**列表中选择**指定**。

5 从 **y 方向的位移**列表中选择**指定**。

指定位移 2

1 在**物理场**工具栏中单击 **边**，然后选择**指定位移**。

2 选择 “边” 20、 41 和 72。

3 在**指定位移**的**设置**窗口中，定位到**指定位移**栏。

4 从 **z 方向的位移**列表中选择**指定**。

边界载荷 1

1 在**物理场**工具栏中单击 **边界**，然后选择**边界载荷**。

2 选择 “边界” 7、 14、 23、 30、 39 和 48。

3 在**边界载荷**的**设置**窗口中，定位到**力**栏。

4 将 $\mathbf{f}_A$ 矢量指定为

0	x
0	y
-1e6	z

网格 1

映射 1

在**网格**工具栏中单击 **更多生成器**，然后选择**映射**。

分布 1

右键单击**映射 1** 并选择**分布**。

映射 1

选择 “边界” 7、 14、 23、 30、 39 和 48。

分布 1

1 在**模型开发器**窗口中，单击**分布 1**。

2 在**分布**的**设置**窗口中，定位到**分布**栏。

3 在**单元数**文本框中键入 “2”。

4 定位到**边选择**栏。从**选择**列表中选择**所有边**。

5 单击 **构建选定对象**。

扫掠 1

1 在**网格**工具栏中单击 **扫掠**。

2 在**扫掠**的**设置**窗口中，单击 **全部构建**。

研究 1

在**研究**工具栏中单击 **计算**。

设置默认的结果显示单位。

结果

首选单位 1

1 在**结果**工具栏中单击 **配置**，然后选择**首选单位**。

2 在**首选单位**的**设置**窗口中，定位到**单位**栏。

3 单击 **添加物理量**。

4 在**物理量**对话框中，选择模型树中的**固体力学 > 应力张量 (N/m^2)**。

5 单击**确定**。

6 在**首选单位**的**设置**窗口中，定位到**单位**栏。

7 在表中输入以下设置：

物理量	单位	首选单位
应力张量	N/m^2	MPa

8 选中**对具有相同量纲的表达式应用转换**复选框。

9 单击 **应用**。

点计算 1

1 在**结果**工具栏中单击 **点计算**。

2 选择 “点” 24。

这对应于图 1 中的点 D。

3 在**点计算**的**设置**窗口中，单击**表达式**栏右上角的**替换表达式**。从菜单中选择**组件 1 (comp1) > 固体力学 > 应力 > 应力张量 （空间坐标系） - N/m² > solid.sGpyy - 应力张量， yy 分量**。

4 定位到**表达式**栏。在表中输入以下设置：

表达式	单位	描述
solid.sGpyy	MPa	应力张量，y 分量 (COMSOL)
-5.38[MPa]	MPa	应力张量，y 分量 (NAFEMS)

5 单击 **计算**。

应力 (solid)

修改默认表面图，显示应力张量的 y 分量。

体 1

1 在**模型开发器**窗口中展开**结果** > **应力 (solid)** 节点，然后单击**体 1**。

2 在**体**的**设置**窗口中，单击**表达式**栏右上角的**替换表达式**。从菜单中选择**组件 1 (comp1)** > **固体力学** > **应力** > **应力张量（空间坐标系） - N/m²** > **solid.sGpyy - 应力张量，yy 分量**。

3 定位到**着色和样式**栏。从**颜色表**列表中选择 **Rainbow**。

4 在**应力 (solid)** 工具栏中单击 **绘制**。