

两种载荷工况下的锥形悬臂梁

简介

本示例取自 NAFEMS 基准集合（[参考资料 1](#)），演示了如何对悬臂梁施加不同的边界条件并计算。

模型定义

悬臂梁的厚度为 0.1 m，宽度为 4 m，长边为 4 m，短边为 2 m。模型分析了两种情况。在第一种情况中，沿 y 负方向施加重力载荷 mg ，其重力加速度为 9.81 m/s^2 。左端边界完全固定（无位移）。在第二种情况中，没有重力载荷，但在右端施加了一个均匀分布的水平载荷 F ，为 10 MN/m。左端在 x 方向没有位移。左端中间点沿 y 方向固定约束，见图 1。

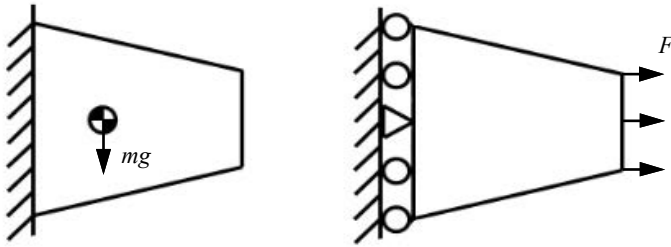


图 1：两种载荷工况的示意图描述。

材料模型

模型的材料属性如下所示：

- 材料为各向同性材料。
- 杨氏模量（弹性模量）为 210 GPa。
- 泊松比为 0.3。
- 密度为 7000 kg/m^3 。

结果与讨论

施加重力载荷的情况下，计算了剪切应力。点 (0, 2) 处的模型结果值与基准目标值 -0.200 MPa 非常吻合。选择默认的“常规”网格尺寸，COMSOL Multiphysics 中的计算结果值为 -0.199 MPa，见图 2。

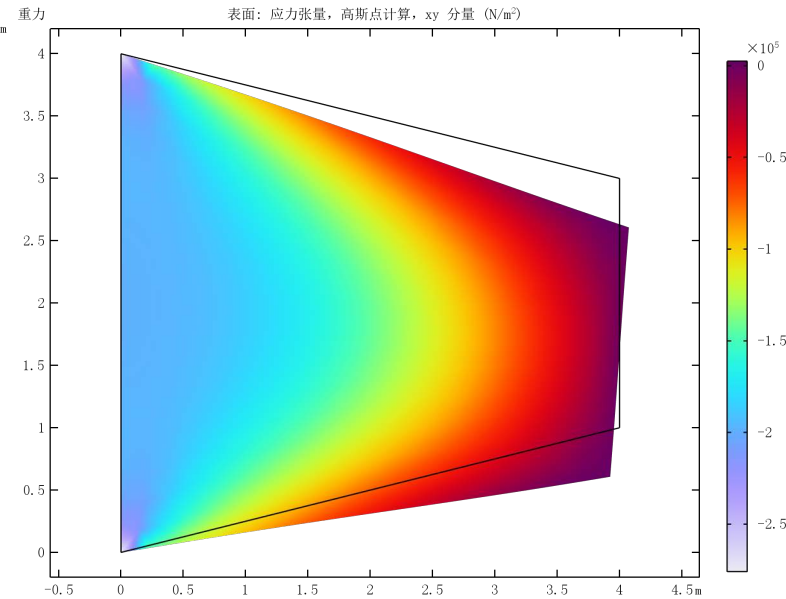


图2：重力载荷产生的平面内剪切应力。

施加载荷工况的情况下，计算了水平（x 方向）正应力。点 (0, 2) 处的计算结果与基准目标值 61.3 MPa 非常吻合。选择默认的网格尺寸，COMSOL Multiphysics 中的计算结果值为 61.4 MPa，见图 3。

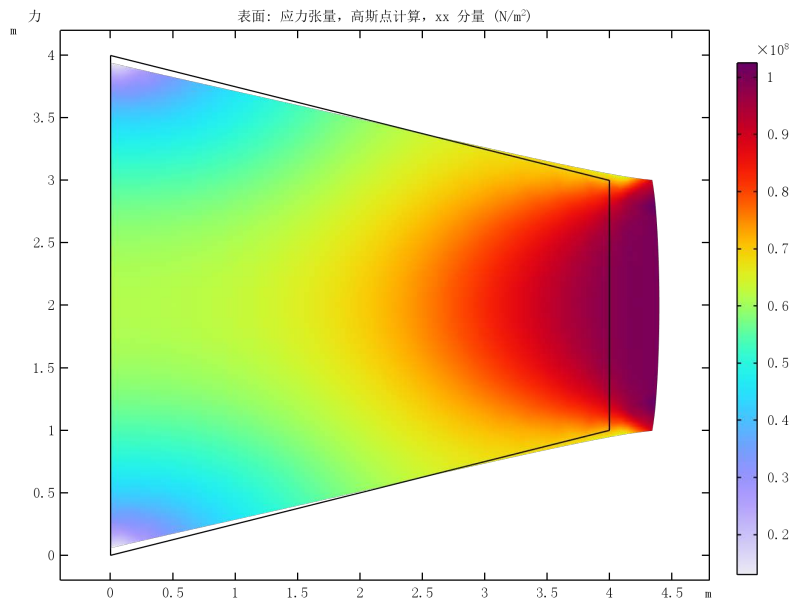


图3：施加边载荷后产生的反作用应力。

COMSOL 软件功能实现说明

通过预置的重力加速度和密度变量，在体载荷中输入重力载荷。COMSOL 随后会使用几何的厚度计算此载荷。

使用“固体力学”接口进行应力分析。有限元模型使用默认的二阶三角形拉格朗日单元。为了得到更接近基准值的结果，创建更细的网格。

使用“载荷组”和“约束组”特征实现在不同研究中启用的条件。在“全局定义”中定义一个组，在对应的载荷或约束组中指定其参数名称。在“研究类型”的“研究扩展”中定义载荷工况，并启用活动的载荷组和约束组；见图4，其中，lg表示载荷组，cg表示约束组。权重用作相应载荷组的倍增因子。

☑ Define load cases						
» Load case	lgGravity	Weight	lgForce	Weight	cgGravity	cgForce
Gravity	✓	1.0	✗	1.0	✓	✗
Force	✗	1.0	✓	1.0	✗	✓

图4：载荷工况的定义。

参考资料


1. D. Hitchings, A. Kamoulakos, and G.A.O. Davies, *Linear Statics Benchmarks Vol. 1*, NAFEMS, Glasgow, 1987.

案例库路径: COMSOL_Multiphysics/Structural_Mechanics/tapered_cantilever




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  **二维**。
- 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

多边形 1 (pol1)


- 1 在**几何工具栏**中单击  **多边形**。
- 2 在**多边形的设置**窗口中，定位到**坐标**栏。
- 3 从**数据源**列表中选择**矢量**。
- 4 在 **x** 文本框中键入 “0 4 4 0 0”。
- 5 在 **y** 文本框中键入 “0 1 3 4 0”。
- 6 单击  **构建选定对象**。

点 1 (pt1)

- 1 在**几何工具栏**中单击  **点**。
- 2 在**点的设置**窗口中，定位到**点**栏。

- 3 在 **y** 文本框中键入 “2”。
- 4 单击  构建选定对象。

形成联合体 (fin)

- 1 在模型开发器窗口中，单击形成联合体 (fin)。
- 2 在形成联合体 / 装配的设置窗口中，单击  构建选定对象。

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，定位到材料属性明细栏。
- 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	7000 [kg/m^3]	kg/m³	基本

全局定义

载荷组，重力

- 1 在模型开发器窗口中，右键单击全局定义并选择载荷与约束组 > 载荷组。
- 2 在载荷组的设置窗口中，在标签文本框中键入 “载荷组，重力”。
- 3 在参数名称文本框中键入 “lgG”。

载荷组，力

- 1 在模型开发器窗口中，右键单击载荷与约束组并选择载荷组。
- 2 在载荷组的设置窗口中，在标签文本框中键入 “载荷组，力”。
- 3 在参数名称文本框中键入 “lgF”。

约束组，重力

- 1 右键单击载荷与约束组并选择约束组。
- 2 在约束组的设置窗口中，在标签文本框中键入 “约束组，重力”。
- 3 在参数名称文本框中键入 “cgGravity”。

约束组，力

- 1 右键单击**载荷与约束组**并选择**约束组**。
- 2 在**约束组**的**设置**窗口中，在**标签**文本框中键入 “约束组，力”。
- 3 在**参数名称**文本框中键入 “cgForce”。

固体力学 (SOLID)


- 1 在**模型开发器**窗口的**组件 1 (comp1)**节点下，单击**固体力学 (solid)**。
- 2 在**固体力学**的**设置**窗口中，定位到**二维近似**栏。
- 3 从列表中选择**平面应力**。
- 4 定位到**厚度**栏。在 *d* 文本框中键入 “0.1”。

首先，定义这两种载荷工况的全部约束，然后给它们指派给不同的载荷与约束组。


固定约束 1

- 1 在**物理场**工具栏中单击  **边界**，然后选择**固定约束**。
- 2 选择 “边界” 1 和 3。
- 3 在**物理场**工具栏中单击  **约束组**，然后选择**约束组，重力**。

体载荷 1

- 1 在**物理场**工具栏中单击  **域**，然后选择**体载荷**。
- 2 选择 “域” 1。
- 3 在**体载荷**的**设置**窗口中，定位到**力**栏。
- 4 将 F_V 矢量指定为


0	x
$-g_const * solid.rho$	y

- 5 在**物理场**工具栏中单击  **载荷组**，然后选择**载荷组，重力**。

辊支承 1

- 1 在**物理场**工具栏中单击  **边界**，然后选择**辊支承**。
- 2 选择 “边界” 1 和 3。
- 3 在**物理场**工具栏中单击  **约束组**，然后选择**约束组，力**。

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” 5。
- 3 在**边界载荷**的**设置**窗口中，定位到**力**栏。

4 从**载荷类型**列表中选择**单位长度的力**。

5 将 F_L 矢量指定为

10 [MN/m]	x
0	y

6 在**物理场**工具栏中单击  **载荷组**，然后选择**载荷组，力**。

固定约束 2

1 在**物理场**工具栏中单击  **点**，然后选择**固定约束**。

2 选择 “点” 2。

网格 1

在**模型开发器**窗口的**组件 1 (comp1)** 节点下，右键单击**网格 1** 并选择**全部构建**。

研究 1

步骤 1：稳态

1 在**模型开发器**窗口的**研究 1** 节点下，单击**步骤 1：稳态**。

2 在**稳态**的**设置**窗口中，单击以展开**研究扩展栏**。

3 选中**定义载荷工况**复选框。

4 单击  **添加**。

5 在表中输入以下设置：


载荷工况	lgG	权重	lgF	权重	cgGravity	cgForce
重力	√	1.0		1.0	√	

6 单击  **添加**。

7 在表中输入以下设置：

载荷工况	lgG	权重	lgF	权重	cgGravity	cgForce
力		1.0	√	1.0		√

两种载荷工况的研究扩展应如图 4 所示。


8 在**主屏幕**工具栏中单击  **计算**。

结果

正应力

在**二维绘图组**的**设置**窗口中，在**标签**文本框中键入 “正应力”。


表面 1

- 1 在模型开发器窗口中展开正应力节点，然后单击表面 1。
- 2 在表面的设置窗口中，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（高斯点） > 应力张量，高斯点计算（空间坐标系） - N/m^2 > solid.sGp_{xx} - 应力张量，高斯点计算，xx 分量。
- 3 在正应力工具栏中单击  绘制。



剪切应力

- 1 在模型开发器窗口中，右键单击正应力并选择复制粘贴。
- 2 在二维绘图组的设置窗口中，在标签文本框中键入“剪切应力”。
- 3 定位到数据栏。从载荷工况列表中选择重力。



表面 1

- 1 在模型开发器窗口中展开剪切应力节点，然后单击表面 1。
- 2 在表面的设置窗口中，定位到表达式栏。
- 3 在表达式文本框中键入“solid.sGp_{xy}”。
- 4 在剪切应力工具栏中单击  绘制。

点计算 - 正应力

- 1 在结果工具栏中单击  点计算。
- 2 在点计算的设置窗口中，在标签文本框中键入“点计算 - 正应力”。
- 3 选择“点”2。
- 4 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（高斯点） > 应力张量，高斯点计算（空间坐标系） - N/m^2 > solid.sGp_{xx} - 应力张量，高斯点计算，xx 分量。
- 5 单击  计算。

点计算 - 剪切应力

- 1 在结果工具栏中单击  点计算。
- 2 在点计算的设置窗口中，在标签文本框中键入“点计算 - 剪切应力”。
- 3 选择“点”2。
- 4 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（高斯点） > 应力张量，高斯点计算（空间坐标系） - N/m^2 > solid.sGp_{xy} - 应力张量，高斯点计算，xy 分量。
- 5 单击  计算。