

# H-型钢的有限元分析

刘畅 5130109014

## 1. 实验目的

- 1. 熟悉有限元软件（Abaqus）的建模，分析过程；
- 2. 对比有限元方法求解结果与材料力学求解结果，了解有限元方法的优越性；
- 3. 对比不同单元有限元方法求解结果，了解单元选取对求解结果的影响。

## 2. 问题描述

求解一 H-型钢在一段固定，另一端受集中载荷作用下的沿长度方向的横向位移以及固定端应力沿高度分布，其中截面参数如下图：

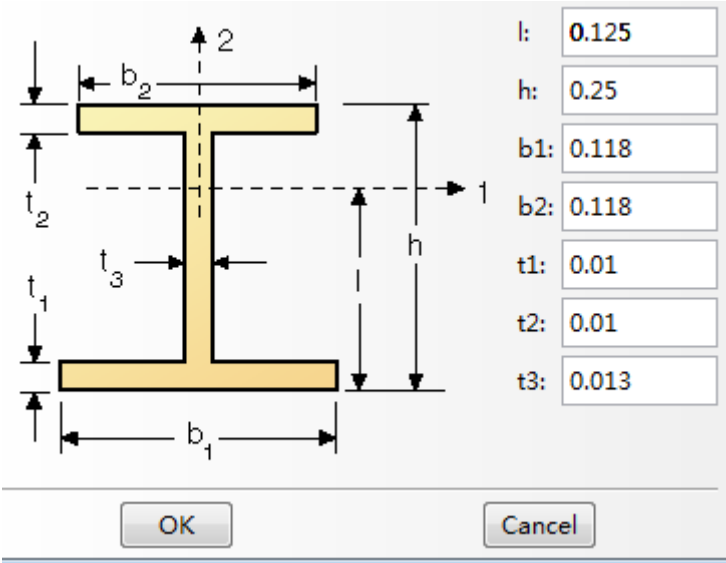


图 2-1 H-型钢截面尺寸示意图(单位：m)

其他相关参数见下表：

参数名称	数值	单位
几何参数		
长度	2	m
材料参数（合金钢）		
弹性模量 $E$	206	GPa
泊松比 $\mu$	0.3	
载荷参数		
集中力大小 $P$	10000	N

### 3. 材料力学模型

经计算，该截面的惯性矩为：

$$I_x = \frac{bh^3 - (b-t)(h-2d)^3}{12} = 4718.6cm^4 \tag{3-1}$$

使用材料力学模型，可以得到一段固定的悬臂梁的弯曲方程式为：

$$y(x) = -\frac{Pl^3}{6EI_x}[(\frac{x}{l})^2(3-\frac{x}{l})] \tag{3-2}$$

代入相应数据，得：

$$y(x) = -1.36[(\frac{x}{l})^2(3-\frac{x}{l})] \text{ (mm)} \tag{3-3}$$

其在最大横向位移在集中力施加点，为  $y(2) = -2.72mm$

其端部的应力分布为：

$$\sigma(y) = \frac{M(0)h}{2I_x} \frac{y}{h/2} = 52.98 \frac{y}{h/2} \text{ Mpa} \tag{3-4}$$

最大应力在  $y = \frac{h}{2}$  时取到，为  $52.98MPa$

### 4. 梁的有限元模型

在 Abaqus 中建立梁单元模型，并设置截面为如图 2-1 的 H-型钢沿长度方向划分为 10 个单元，如图 4-1 所示：



图 4-1 梁单元 H-型钢单元划分示意图

计算结果如下：

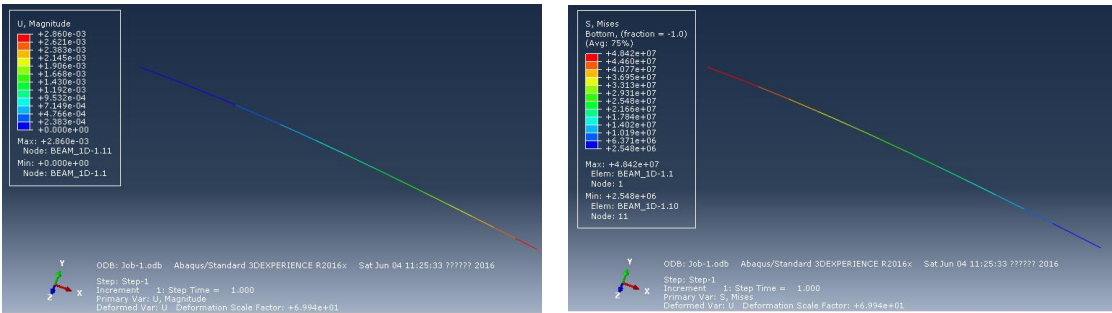


图 4-2 梁单元 H-型钢位移计算结果(10 单元)      图 4-3 梁单元 H-型钢应力计算结果(10 单元)

从图中可以得出，最大位移在集中力加载处，为  $2.86mm$ ，最大应力在固定端，为  $48.43MPa$ 。

将单元数增加到 200，可得结果如下：

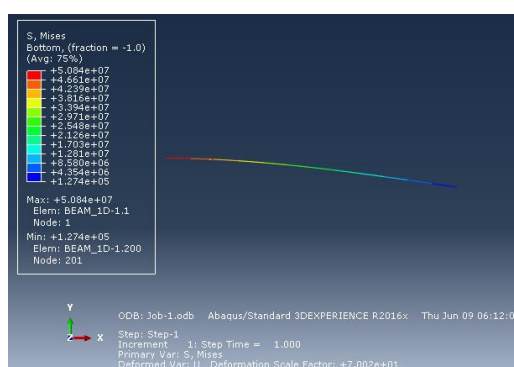
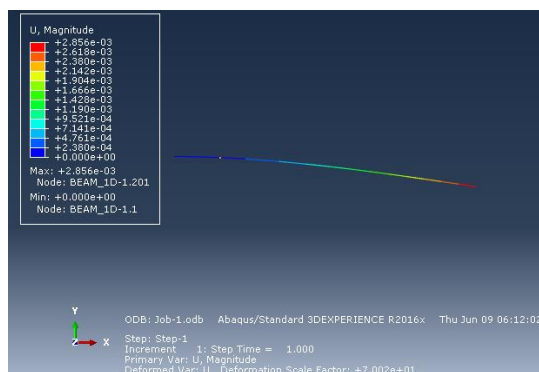


图 4-4 梁单元 H-型钢位移计算结果(200 单元) 图 4-5 梁单元 H-型钢位移计算结果(200 单元)

划分的单元增加到 200 后，最大位移在集中力加载处，为 2.856mm，最大应力在固定端，为 50.84MPa，更接近于材料力学求解结果。

## 5. 板单元的有限元模型

在 Abaqus 中建立板单元模型，将形如图 2-1 的 H-型钢划分成三块板并设置相应板厚。随后在板上划分单元，共 147 个节点，120 个单元，如下图所示：

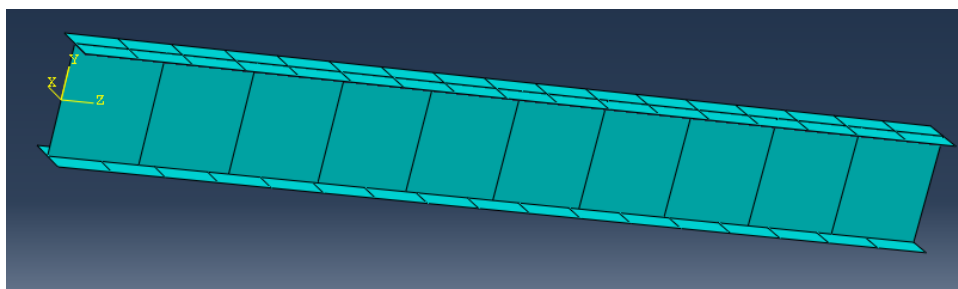


图 5-1 板单元 H-型钢单元划分示意图

计算结果如下：

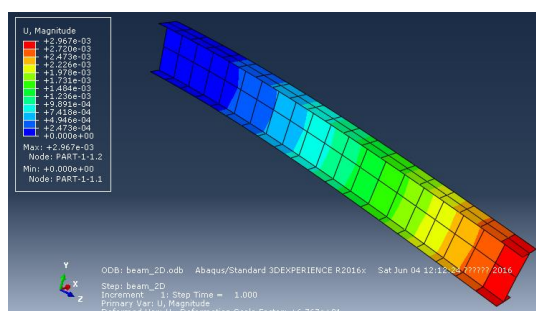


图 5-2 板单元 H-型钢位移计算结果

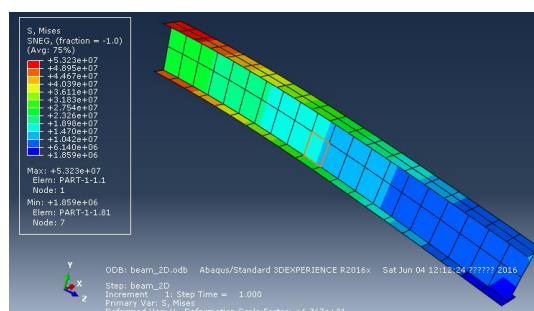


图 5-3 板单元 H-型钢应力计算结果

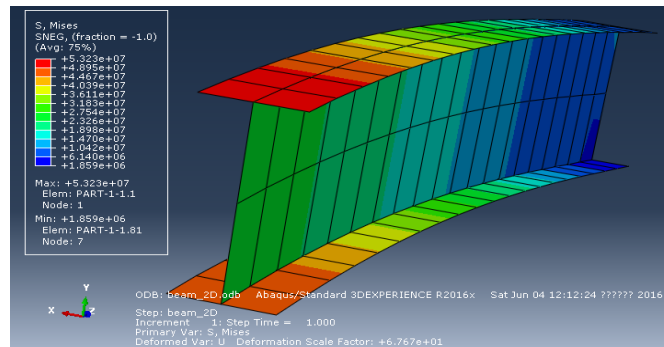


图 5-4 板单元 H-型钢固定端应力分布示意图

从图中可以得到，最大位移在集中力加载处，为 2.967mm，最大应力在固定端距中性面最远处，为 53.23MPa。

## 6. 三维单元的有限元模型

在 Abaqus 中建立三维单元模型，建立形如图 2-1 的 H-型钢的三维模型，并划分相应的单元，共 114285 个节点，75200 个单元，如下图所示：

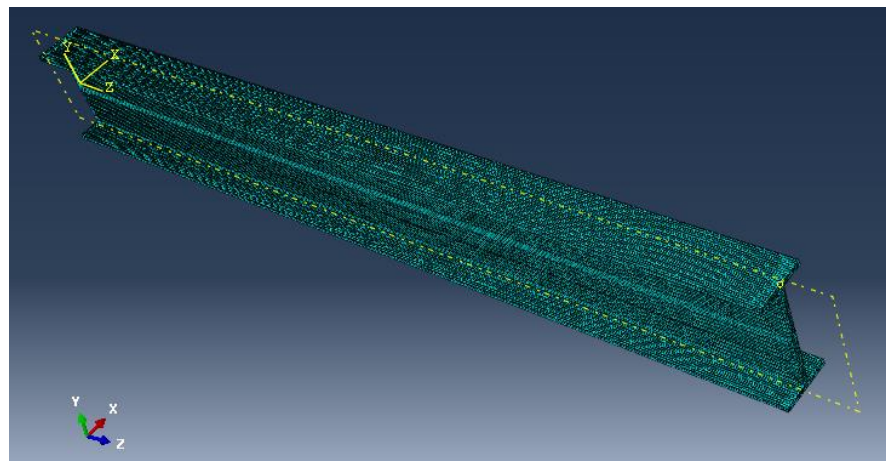


图 6-1 三维单元 H-型钢单元划分示意图

计算结果如下：

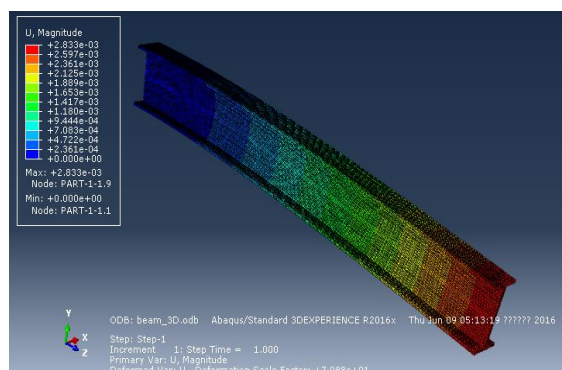


图 6-2 三维单元 H-型钢位移求解结果

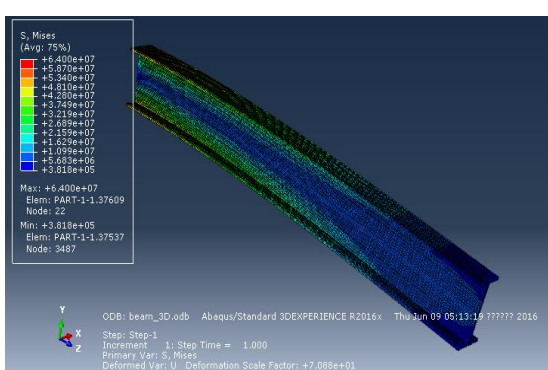


图 6-3 三维单元 H-型钢应力求解结果

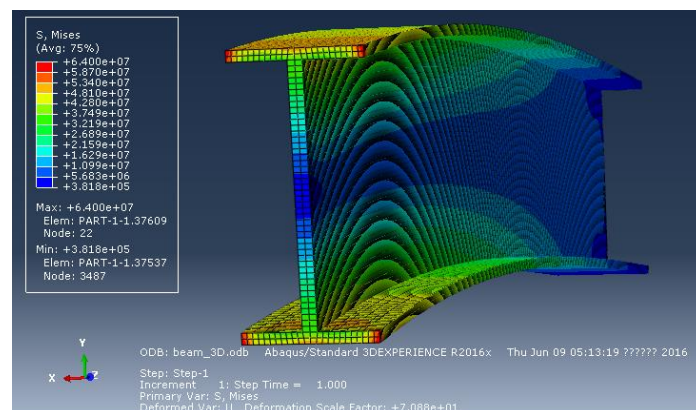


图 6-4 三维单元 H-型钢固定端应力分布示意图

从图中可知，最大位移在集中力加载处，为 2.833mm，最大应力在固定端的四角上，为 64MPa。

## 7. 不同模型求解结果对比

汇总以上求解结果，有：

表格 7-1 H-型钢不同模型求解结果对比

求解模型	最大位移	最大应力	最大应力所在位置
材料力学	2.720mm	52.98MPa	固定端
梁单元（10 单元）	2.860mm	48.43MPa	
梁单元（200 单元）	2.856mm	50.84MPa	
板单元（120 单元）	2.967mm	53.23MPa	固定端距中性面最远点
三维单元（75200 单元）	2.833mm	64.00MPa	固定端四个角点

从上表对比可知，梁单元求解结果与材料力学的求解相差不大，且随着单元数的增加，结果会趋近于材料力学求解结果。但是，材料力学和板单元的求解结果只能分析出最大应力出现在固定端面，无法分析固定端的应力分布。

板单元将 H-型钢近似看作三块板，求解结果与材料力学，梁单元求解结果相差不大，但是可以进一步分析出应力最大位置在固定端面距中性面最远处，但是由于该处等效成一块板，板单元无法分析出具体位置。

三维单元则较板单元更进一步，不仅可以分析出应力最大位置在固定端面距中性面最远处，而且可以分析出其具体位置在 H-型钢的四个角上。同时，随着分析结果更加具体，分析所得的最大应力明显大于前几种方法所求结果，为 64MPa。

三维单元有限元计算结果考虑了更多 H-型钢的具体细节，更接近于实际情况，其计算的最大应力计算结果，最大应力位置对于工程设计，焊接质量管理等更具有参考价值。