

西安交通大学

Xi'an Jiaotong University

材料力学论文



Task No. 1

学科 材料力学

班级 自动化钱 71

学号 2171310846

姓名 吴思源

应力集中与圣文南原理

一、圣文南原理

圣文南原理是描述应力分布与加载方式影响的原理，虽然已经被大量的实验和模拟计算证实，但是至今还没有被严格的理论所证明。圣文南原理的内容是：应力等效的不同加载方式只对加载处附近区域的应力分布有所影响，离开加载处较远的区域，其应力分布没有显著的差别。

二、研究内容

本实验在 ANSYS 软件 中对于中间开孔的矩形板进行了有限元分析与仿真，通过仿真建模，计算了加载时有贯通矩孔的矩形构件中的应力分布。

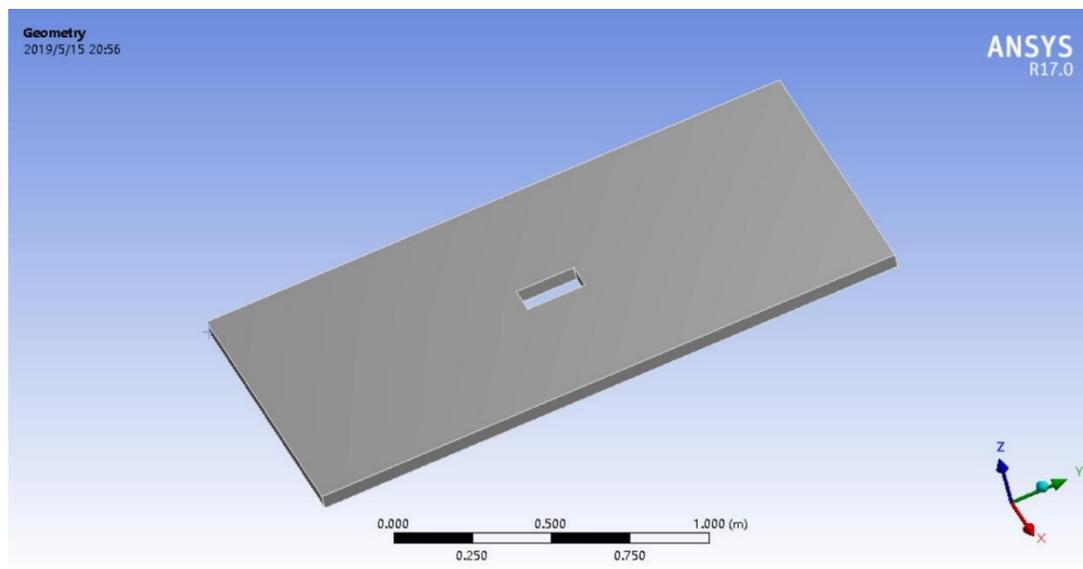


图 1 有贯通矩孔的矩形板

实验中模型的构建如下：如图，在实验中取中间具有小矩形孔的矩形板进行有限元建模分析。矩形板的形状参数为：长 2.000

米，宽 1.000 米，厚度为 0.05 米。在矩形试件的中心处有一个长 0.2 米，宽 0.1 米，厚度 0.05 米的贯穿矩孔。

矩形板的材料为钢，相关参数如下表：

表格 1 试件材料的相关参数

试件材料的相关参数	数值
杨氏模量	$2 \times 10^{11} Pa$
泊松比	0.3
体积模量	$1.6667 \times 10^{11} Pa$
剪切模量	$7.6923 \times 10^{11} Pa$

实验中，在矩形板的一端附加大小为 $1 \times 10^7 Pa$ 的均布压应力，另一端固定，通过有限元分析计算出矩形板各点处的最大正应力大小与方向。

三、数据分析

通过 ANSYS 软件的有限元分析计算仿真，获得加载时构建的应力分布如下图：

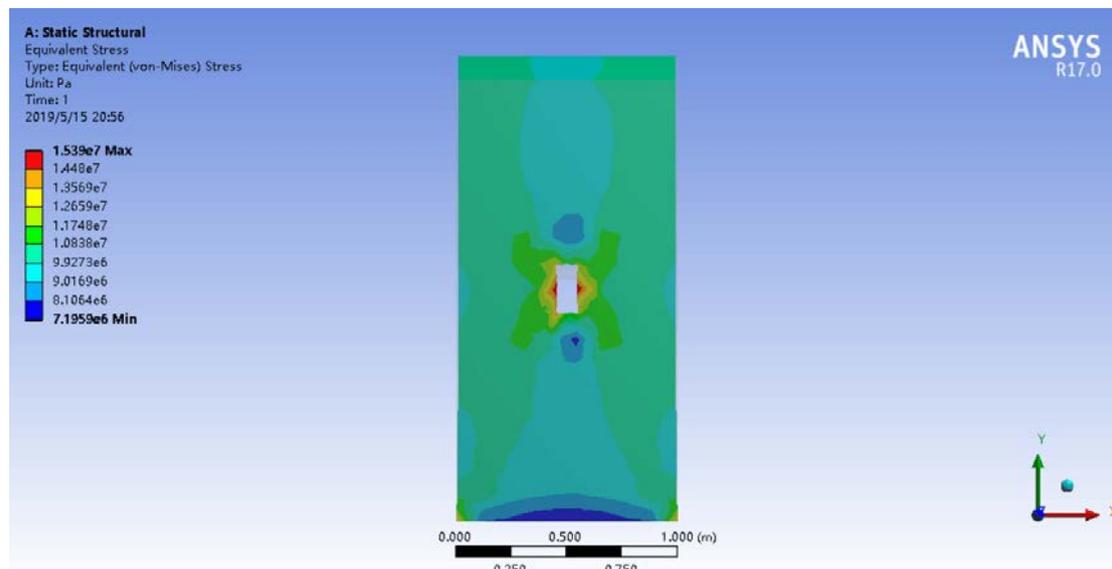


图 2 一端加载后的应力分布

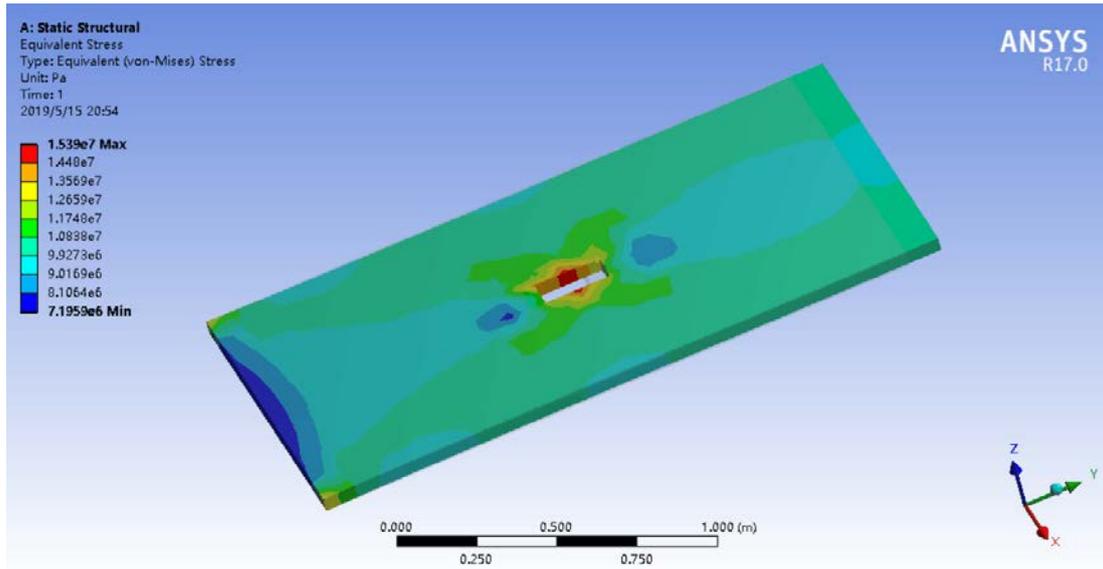


图 3 一端加载后的应力分布（不同角度）

图中应力绝对数值如图左的比例尺所示，在应力加载的情况下，应力在板中间贯穿矩孔区域发生应力集中现象，而板的其它区域应力与未开贯穿矩孔的试件没有太大变化，其数值相对均匀。

板中间的贯穿矩孔区域，由于贯穿矩孔转角处截面尺寸剧烈改变，因此根据理论分析，切口尖锐处，应当应力集中较严重，应力远大于其它部分。从仿真结果可以看出，在贯穿矩孔附近应力出现了极大值 15.39MPa 的极大值，大于矩形板其它部分的平均值，约 10MPa。从侧面位置可以看出（见图 3），虽然宏观上中心贯通矩孔处的应力相对于板的其它位置满足圣文南原理和上述应力集中的实验结论，但是从微观来看，并不是在矩孔尖端处有最大的正应力在矩孔长边中点位置取得了最大的正应力，达到了 15.39MPa 的极大值，反而在矩形板短边的中点位置正应力较小，约 10MPa。

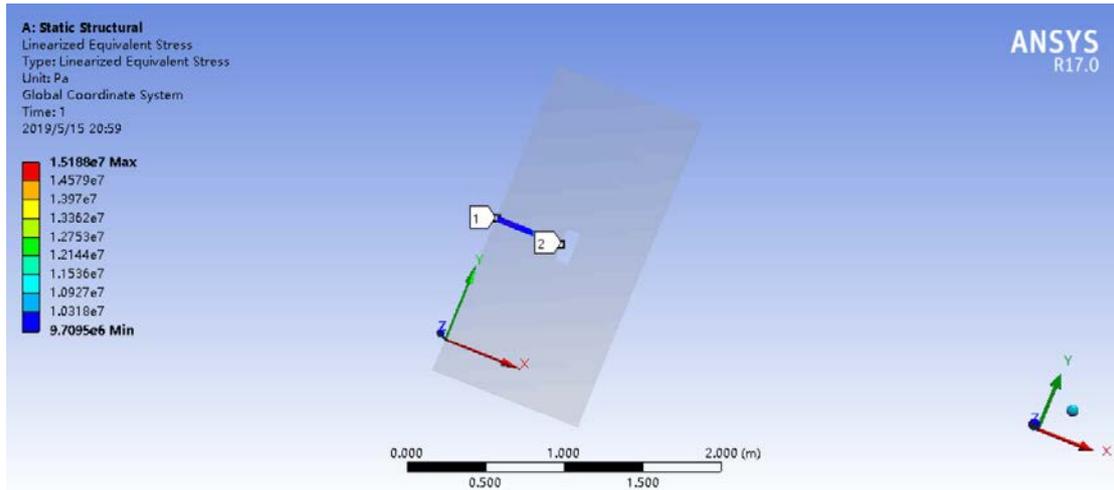


图 5 中心线位置示意图

下面的一张图显示了从板中心的一段到另一端上各点的主应力的变化情况。图中 ① 点为矩形板一个长边的中点，② 为矩形板中间矩形孔的长边中点。计算得到这两个点连线上各点的应力，并绘制图所示的曲线。其中，红色直线代表板上各点应力的平均值，黄色的曲线为均匀选取的五十个点的应力值。曲线中可以读出各点处应力的平均值为 10.8MPa，① 处的最大正应力为直线 ① ② 的最小值，约为 9.7MPa，② 处的最大正应力为直线 ① ② 的最大值，为 15.188MPa

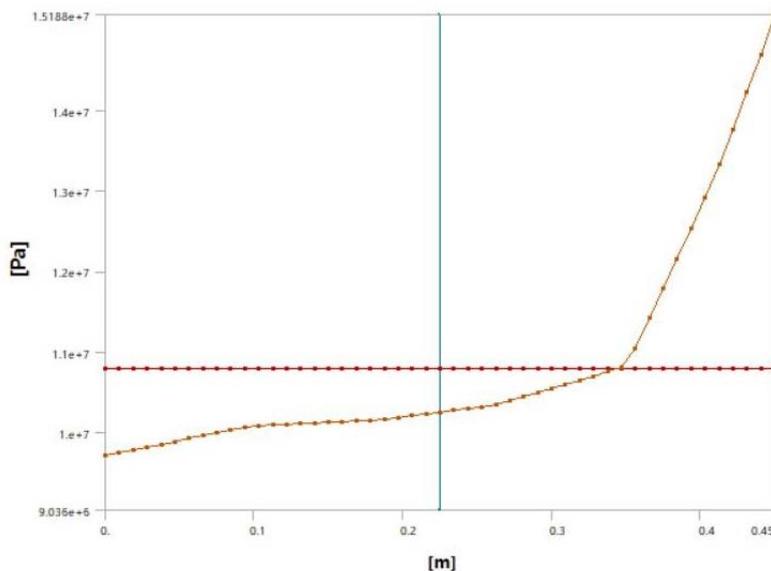


图 4 中心线上各点的应力值

下面的表格中列出了上述各点的位置和各项应力参数

<i>Length [m]</i>	<i>Membrane [Pa]</i>	<i>Bending [Pa]</i>	<i>Membrane + Bending [Pa]</i>	<i>Peak [Pa]</i>	<i>Total [Pa]</i>
0	1.08E+07	1.80E+06	9.04E+06	6.85E+05	9.71E+06
9.38E-03		1.73E+06	9.11E+06	6.47E+05	9.75E+06
1.88E-02		1.65E+06	9.18E+06	6.10E+05	9.78E+06
2.81E-02		1.58E+06	9.25E+06	5.72E+05	9.82E+06
3.75E-02		1.50E+06	9.33E+06	5.35E+05	9.85E+06
4.69E-02		1.43E+06	9.40E+06	4.98E+05	9.89E+06
5.63E-02		1.35E+06	9.47E+06	4.61E+05	9.93E+06
6.56E-02		1.28E+06	9.54E+06	4.25E+05	9.96E+06
7.50E-02		1.20E+06	9.62E+06	3.89E+05	1.00E+07
8.44E-02		1.13E+06	9.69E+06	3.54E+05	1.00E+07
9.38E-02		1.05E+06	9.76E+06	3.20E+05	1.01E+07
0.10312		9.76E+05	9.84E+06	2.64E+05	1.01E+07
0.1125		9.01E+05	9.91E+06	2.02E+05	1.01E+07
0.12188		8.26E+05	9.98E+06	1.43E+05	1.01E+07
0.13125		7.51E+05	1.01E+07	94036	1.01E+07
0.14063		6.76E+05	1.01E+07	75788	1.01E+07
0.15		6.01E+05	1.02E+07	1.06E+05	1.01E+07
0.15937		5.26E+05	1.03E+07	1.59E+05	1.01E+07
0.16875		4.51E+05	1.03E+07	2.18E+05	1.01E+07
0.17813		3.76E+05	1.04E+07	2.80E+05	1.02E+07
0.1875		3.00E+05	1.05E+07	3.42E+05	1.02E+07
0.19687		2.25E+05	1.06E+07	3.88E+05	1.02E+07
0.20625		1.50E+05	1.06E+07	4.38E+05	1.02E+07
0.21562		75102	1.07E+07	4.89E+05	1.02E+07
0.225		4.49E-10	1.08E+07	5.42E+05	1.03E+07
0.23438		75102	1.09E+07	5.97E+05	1.03E+07
0.24375		1.50E+05	1.09E+07	6.52E+05	1.03E+07

0.25312	2.25E+05	1.10E+07	7.08E+05	1.03E+07
0.2625	3.00E+05	1.11E+07	7.65E+05	1.03E+07
0.27187	3.76E+05	1.12E+07	7.92E+05	1.04E+07
0.28125	4.51E+05	1.12E+07	8.21E+05	1.04E+07
0.29062	5.26E+05	1.13E+07	8.51E+05	1.05E+07
0.3	6.01E+05	1.14E+07	8.83E+05	1.05E+07
0.30938	6.76E+05	1.14E+07	9.17E+05	1.06E+07
0.31875	7.51E+05	1.15E+07	9.51E+05	1.06E+07
0.32813	8.26E+05	1.16E+07	9.87E+05	1.07E+07
0.3375	9.01E+05	1.17E+07	1.02E+06	1.08E+07
0.34687	9.76E+05	1.17E+07	1.06E+06	1.08E+07
0.35625	1.05E+06	1.18E+07	9.31E+05	1.10E+07
0.36562	1.13E+06	1.19E+07	6.39E+05	1.14E+07
0.375	1.20E+06	1.20E+07	3.48E+05	1.18E+07
0.38437	1.28E+06	1.20E+07	2.21E+05	1.22E+07
0.39375	1.35E+06	1.21E+07	4.54E+05	1.25E+07
0.40313	1.43E+06	1.22E+07	7.85E+05	1.29E+07
0.4125	1.50E+06	1.23E+07	1.14E+06	1.33E+07
0.42188	1.58E+06	1.23E+07	1.53E+06	1.38E+07
0.43125	1.65E+06	1.24E+07	1.93E+06	1.42E+07
0.44062	1.73E+06	1.25E+07	2.36E+06	1.47E+07
0.45	1.80E+06	1.26E+07	2.81E+06	1.52E+07