

算例 2-012

壳 – 具有明显剪切变形的板弯曲

问题描述

本算例是参考文献 Roark and Young 1975 中 376 页的例子。这是一个环形板，内径 1.4 in，外径 2 in，厚度 0.5 in。板在内边简支，在半径 1.8 in 处施加一圆形线荷载。自由外边缘的变形与文献中的结果进行了比较。

文献中给出了弯曲和剪切对边缘变形的贡献。为这个算例创建三个模型。第一个模型(Example 2-012a-thin)使用壳单元薄板选项。因为薄板公式不包括剪切变形效果，薄板模型结果与文献中的弯曲变形比较。

第二个模型(Example 2-012a-thick)使用厚板选项。因为厚板变形包括剪切变形影响，厚板模型结果与文献中弯曲和剪切变形的和进行比较。

第三个模型(Example 2-012b-thick)使用厚板选项但包含了面对象剪切刚度修正 $v_{13} = 1,000$ 和 $v_{23} = 1,000$ 。修正系数使壳单元在剪切上刚 1,000 倍，因此剪切变形可忽略不计。带剪切刚度修正的厚板模型结果与文献中变形比较。

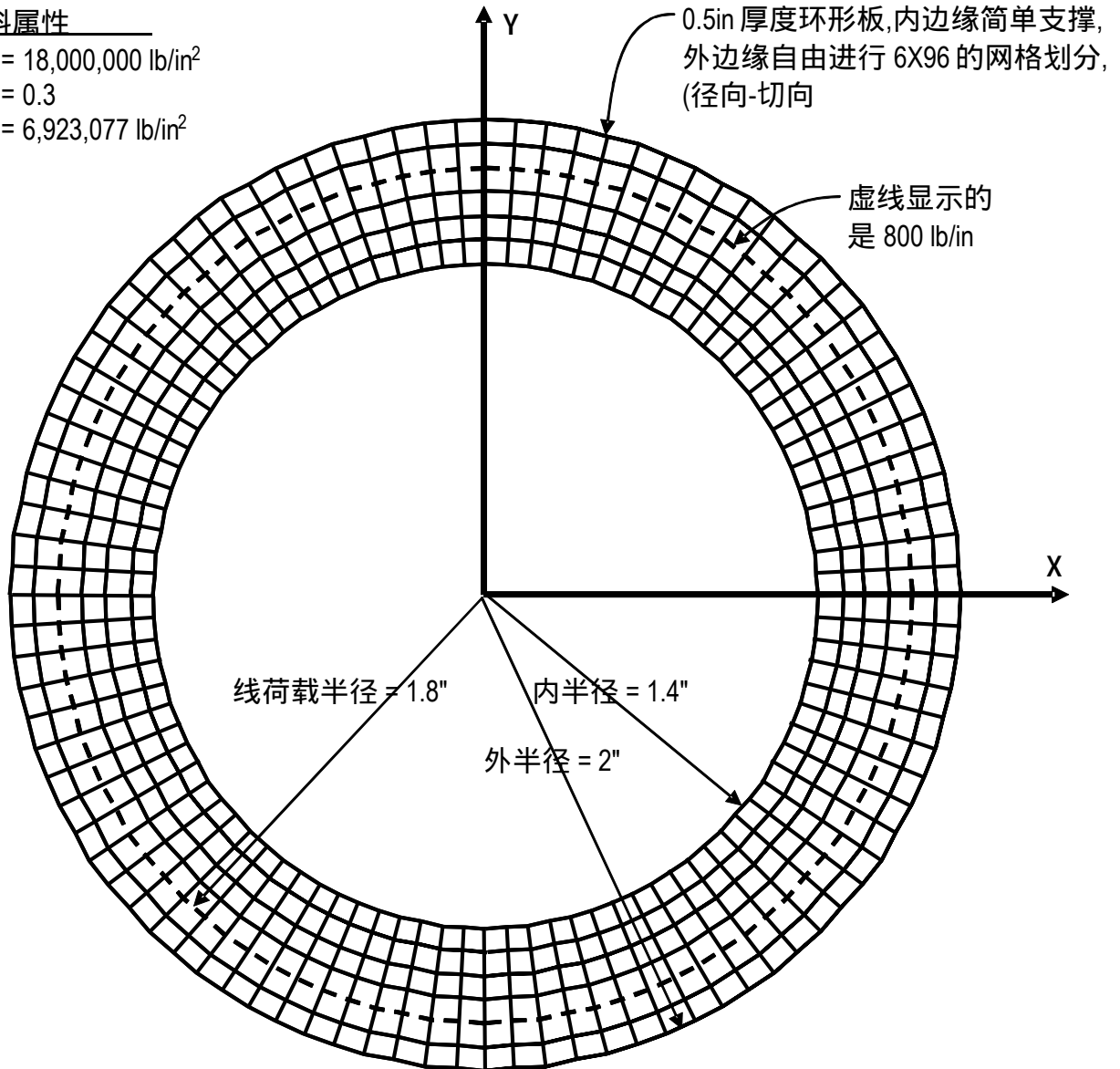
环形板用 6x96 网格剖分(径向乘切向)。

圆形线荷载作为分布荷载施加到虚框架单元上。对虚框架单元所有的属性修改设为零。因此虚框架单元没有刚度。

几何，属性与荷载

材料属性

$E = 18,000,000 \text{ lb/in}^2$
 $\nu = 0.3$
 $G = 6,923,077 \text{ lb/in}^2$



SAP2000 测试的技术特性

- 壳单元的板弯曲分析，剪切变形明显。
- 面对象刚度修正
- 框架分布荷载

结果比较

手算解在参考文献 Roark and Young 1975 中 376 页。文献中弯曲变形为-0.00521 in，剪切变形为-0.00521 in，弯曲和剪切共同作用变形为-0.00534 in。

模型	输出参数	SAP2000	手算解	百分误差
A 薄板	外边缘 U_z 弯曲变形 in	-0.00522	-0.00521	+0.2%
A 厚板	外边缘 U_z 弯曲加剪切变 形 in	-0.00534	-0.00534	0%
B 带剪切刚度 修正的厚板	外边缘 U_z 弯曲变形 in	-0.00521	-0.00521	0%

PROGRAM NAME: SAP2000
REVISION NO.: 0

文件: Example 2-012a-thick, Example 2-012a-thin;
Example 2-012b-thick

结论

SAP2000 结果与手算解在薄板选项上差别可以接受，在厚板选项上完全一样。