

## 算例 4-003

### 轴对称实体 – 旋转的环形盘

#### 问题描述

本例中，一个均质环形盘以匀角速度 200 弧度每秒绕其自身轴旋转。使用 2x20 网格的轴对称实体单元面内这个盘，并使用不相容弯曲模式。模拟该盘的 10 度的一部分。该盘的内径为 10 英寸，外径为 20 英寸，1 英寸厚。该盘由钢制成，重量密度为  $0.28 \text{ lb/in}^3$ 。

将盘中部（半径 15 英寸处）的径向应力和外边缘的径向位移与手算结果进行了比较。

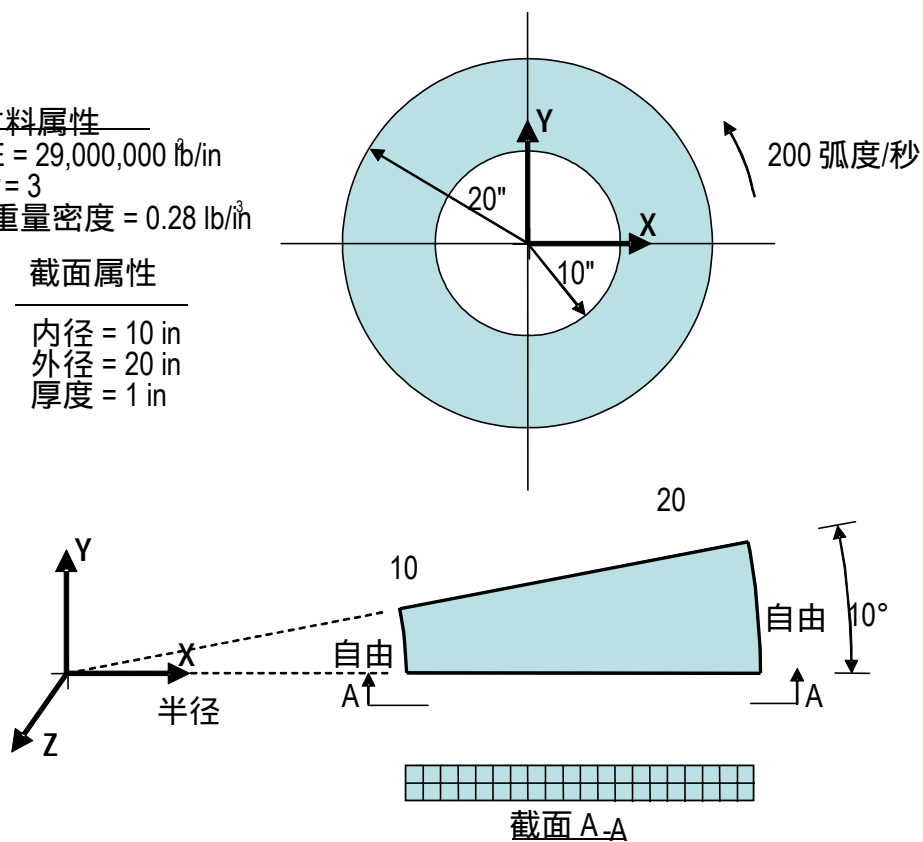
#### 几何特性、属性和荷载

##### 材料属性

$E = 29,000,000 \text{ lb/in}$   
 $\nu = 3$   
重量密度 =  $0.28 \text{ lb/in}^3$

##### 截面属性

内径 = 10 in  
外径 = 20 in  
厚度 = 1 in



**校验的 SAP2000 的技术特色**

- 使用轴对称实体单元的分析
- 轴对称实体旋转荷载

**结果对比**

基于 Roark and Young 1975 中 567 页第 8 项的公式得到手算结果。

**包括不相容弯曲模式**

输出参数	SAP2000	独立结果	差异百分比
径向位移 in 外边缘处, $r = 20$ in	0.12040	0.12035	0%
径向应力 psi $r = 15$ in 处	45783	45891	0%

计算模型文件: Example 4-003

**结论**

与独立结果相比, SAP2000 的结果可以接受。

## 手算过程

Reference: Roark and Young 1975  
Item 8, page 567



$\rho$  = density lb/in<sup>3</sup>  
 $\omega$  = angular velocity rad/sec  
 $E$  = modulus of elasticity lb/in<sup>2</sup>  
 $\nu$  = poisson's ratio  
 $r_1$  = inner radius of disk  
 $r_2$  = outer radius

$$\sigma_r = \frac{3+\nu}{8} \frac{\rho \omega^2}{386.4} \left( r_1^2 + r_2^2 - \frac{r_1^2 r_2^2}{r^2} - r^2 \right) \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

$$\Delta r_2 = \frac{1}{4} \frac{\rho \omega^2}{386.4} \frac{r_2}{E} \left[ (1-\nu) r_2^2 + (3+\nu) r_1^2 \right] \text{ in}$$

$$\rho = 0.28 \text{ lb/in}^3$$

$$\omega = 200 \text{ cycle/sec} = 400\pi \text{ rad/sec}$$

$$E = 29,000,000 \text{ lb/in}^2$$

$$\nu = 0.3$$

$$r_1 = 10 \text{ in}$$

$$r_2 = 20 \text{ in}$$

## Software Verification

PROGRAM NAME: SAP2000  
REVISION NO.: 2

$$\sigma_r @ r=15'' = \frac{3+0.3}{8} \frac{0.28 \times (400\pi)^2}{386.4} (10^2 + 20^2 - \frac{10^2 \times 20^2}{15^2} - 15^2)$$

$$\sigma_r = 45891 \text{ lb/in}^2$$

$$\Delta_{r2} = \frac{1}{4} \frac{0.28 \times (400\pi)^2}{386.4} \frac{20}{29,000,000} [(1-0.3)20^2 + (3+0.3)10^2]$$

$$\Delta_{r2} = 0.12035$$