

算例 2-017

壳—平面内失稳

例题注释

本例中使用了一个悬臂柱进行了壳单元平面内的稳定性测试。这个柱子是 100in 高，12in 宽，1in 厚。模型只有 U_x 、 U_z 和 R_y 自由度，因此柱避免了平面外失稳。一个单位的荷载 P 被施加在柱子顶部。SAP2000 计算的失稳应力 P_{cr} 与手算结果进行了对比。

柱子被剖分成了 2X12 个单元。单位荷载 P 的四分之一被加载在 37 和 39 节点，二分之一被加载在 38 节点。

节点 1 是铰接支撑，节点 2 和 3 是滑动支撑。滑动支撑的目的是避免泊松比影响，这一影响在手算中没有进行考虑。

校验的 SAP2000 的技术特色

- 壳的失稳分析
- 节点力荷载
- 有效自由度

材料属性

$$E = 3600 \text{ k/in}^2$$

截面属性

$$\text{厚度} = 1 \text{ in}$$

自由度

$$U_x, U_z, R_y$$

节点 1 约束

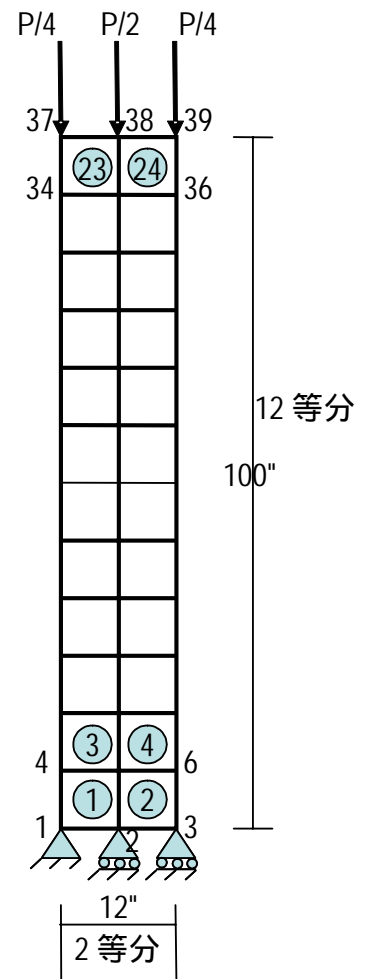
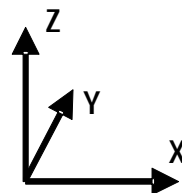
$$\text{节点 1: } U_x, U_z$$

$$\text{节点 2: } U_z$$

$$\text{节点 3: } U_z$$

1 - 节点编号

① - 面对象编号



结果对比

手算解是使用 Timoshenko and Gere 1961 的 48 页等式 2 - 4 方法计算的失稳应力 P_{cr} 。

壳元类型	输出参数	SAP2000	手算解	差异百分比
厚板	P_{cr} kips	127.22	127.91	-0.5%
薄板	P_{cr} kips	127.22	127.91	-0.5%

计算模型文件: Example 2-017-thick, Example 2-017-thin

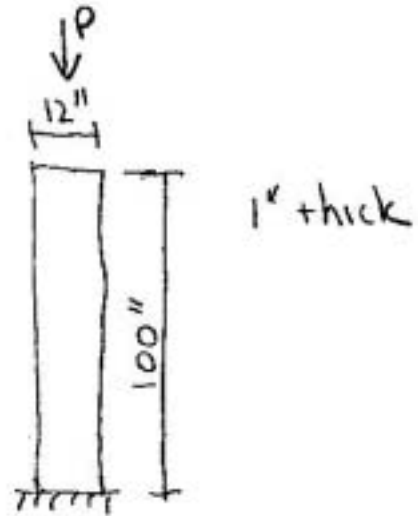
结论

无论对于厚板还是薄板，SAP2000 的结果与手算结果之间的误差都是可以接受的。

手算过程

From Timoshenko & Gere 1961
Equation 2-4 on page 48

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{4L^2}$$



$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \times 3600 \times \left(\frac{1 \times 12^3}{12} \right)}{4 \times 100^2}$$

$$P_{cr} = 127.91 \text{ K}$$