

算例 1-019

框架 – 刚性框架的失稳

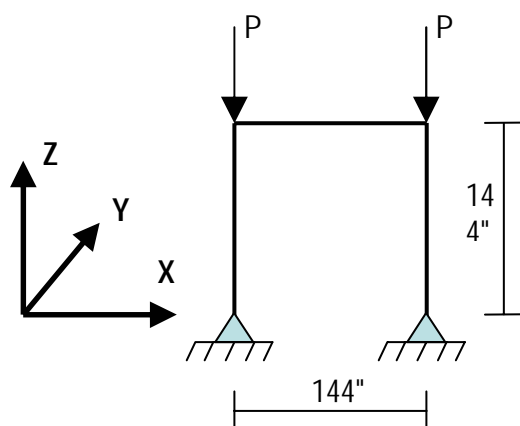
例题注释

一个一层、一榀两维的框架体系，每个柱子顶部施加了轴向力 P 。对于这个结构失稳荷载被计算出来并且与使用 Timoshenko and Gere 1961 发表方法的手算结果进行了对比。SAP2000 使用了几个模型。每个模型除了框架对象的细分程度外，其它的都是相同的。

重要注释:只考虑 XZ 平面内的失稳。假设框架在 YZ 平面内有支撑来避免失稳。这是通过在分析设置中只设置 U_x , U_z 和 R_y 自由度来实现的。

重要注释:本例中只考虑弯曲变形，忽略剪切变形和轴向变形。在 SAP2000 这一点是通过设置对象属性修改中面积系数为 100,000 和设置抗剪面积为 0 来实现的。

几何、属性和荷载参数



材料属性

$E = 29,900 \text{ k/in}^2$

截面属性

W8X31

$A = 9.12 \text{ in}^2$

$I = 110 \text{ in}^4$

框架单元离散化

模型 A: 每个框架对象细分为1个框架单元

模型 B: 每个框架对象细分为2个框架单元

模型 C: 每个框架对象细分为4个框架单元

校验的 SAP2000 的技术特色

- 刚性框架的失稳分析
- 框架对象的自动细分

结果对比

手算解是使用 Timoshenko and Gere 1961 中 62 页至 66 页文章 2.4 的公式进行的。

模型	输出参数	SAP2000	手算解	差异百分比
A 每个对象划分 1 个单元	失稳荷载 (kips)	280.98	280.19	+0.28%
B 每个对象划分 2 个单元	失稳荷载 (kips)	280.24	280.19	+0.02%
C 每个对象划分 4 个单元	失稳荷载 (kips)	280.19	280.19	0%

计算模型文件: Example 1-019a, Example 1-019b, Example 1-019c

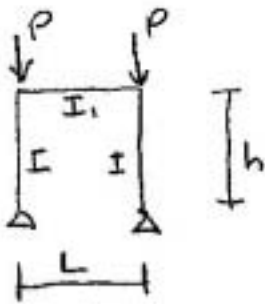
结论

SAP2000 的结果显示了程序结果与手算结果之间可以接受的误差。在 SAP2000 中当细分程度加深时，结果将更趋向于手算结果。

手算过程

See Timoshenko and Gere 1961

Article 2.4 pages 62-66, particularly pg 66



$$P_{cr} = \frac{(Kl)^2 EI}{h^2}$$

$$Kl \tan Kl = \frac{6I_1 h}{IL}$$

$$I = I_1 = 110 \text{ in}^4$$

$$E = 29000 \text{ Ksc}$$

$$h = L = 144 \text{ in}$$

$$Kl \tan Kl = 6$$

By trial and error using Excel $Kl = 1.34955282$

$$P_{cr} = \frac{1.34955282^2 \times 29000 \times 110}{144^2}$$

$$P_{cr} = \underline{\underline{280.185 \text{ K}}}$$