

## 算例 6-004

### 连接单元- HOOK(钩)单元

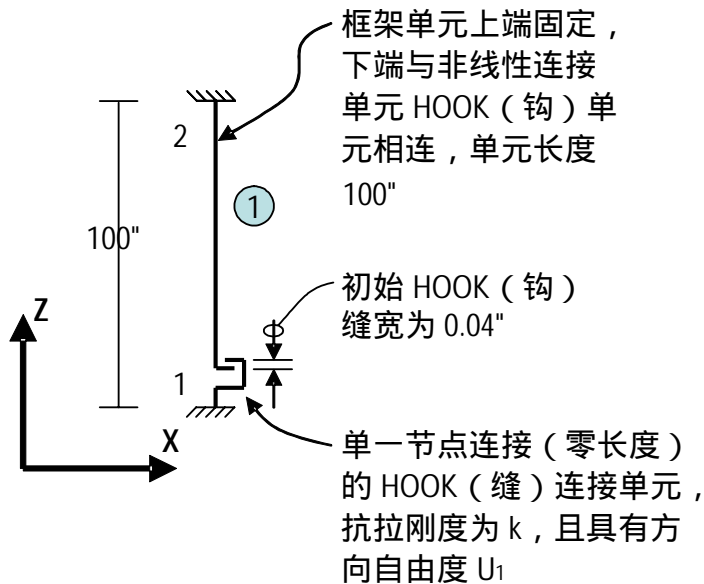
#### 例题注释

在本例中，模型具有单自由度，一个框架单元一端固定，另一端通过一个 HOOK(钩)单元与地相连。HOOK(钩)初始缝宽为 0.04in。指定框架单元一个 100 度的温度下降。温度变化引起的节点 1 位移和连接单元及框架单元的轴力变化都与手算结果进行了对比。

模型是建立在 XZ 平面上的。只有  $U_z$  方向的自由度是激活状态。HOOK(钩)单元在节点 1 处模拟成单节点连接单元。这意味着 HOOK(钩)单元的一端是与地相连的另一端是与节点 1 相连的。HOOK(钩)单元的指向是默认的其轴向 1 轴与全局坐标 Z 轴正向一致。这是单节点连接单元默认的指向。只有  $U_1$  方向的属性是被定义成 HOOK(钩)单元的。当拉紧时，HOOK(钩)单元的刚度是 5,000 k/in。

分析使用了静力非线性分析工况。

## 几何、属性和荷载参数



### 连接属性 (缝 $U_1$ DOF)

线性  $K_e$  = 0 k/in  
线性  $C_e$  = 0 k-sec/in  
非线性 K = 5,000 k/in  
非线性缝宽 = 0.04 in

### 框架材料属性

$E = 29,000$  k/in<sup>2</sup>  
 $\alpha = 0.0000065$  /°F

### 框架截面属性

$A = 10$  in<sup>2</sup>

### 荷载

温度下降 = 100 °F

### 激活自由度

$U_z$

## 校验的 SAP2000 的技术特色

- HOOK(钩)单元
- 力控制静力非线性分析
- 框架温度荷载

## 结果对比

手算结果是根据热膨胀标准公式计算出来的。

输出参数	SAP2000	手算解	差异百分比
$U_z$ 在节点 1 处位移 in	0.04918	0.04918	0%
连接轴向内力 kips	45.886	45.886	0%

## Software Verification

PROGRAM NAME: SAP2000  
REVISION NO.: 1

框架轴向内力 kips	45.886	45.886	0%
----------------	--------	--------	----

计算模型文件: Example 6-004

### 结论

SAP2000 结果显示了程序计算结果与手算结果完全一样

## 手算过程

Calculate shortening,  $s$ , of frame element due to  $100^{\circ}\text{F}$  temperature drop assuming hook element has zero stiffness

$$s = \alpha (\Delta T) L$$

$$s = \frac{0.0000065}{^{\circ}\text{F}} \times 100^{\circ}\text{F} \times 100 \text{ in}$$

$$s = 0.065 \text{ in}$$

Calculate lengthening of hook,  $h$ , when hook has zero stiffness

$$h = s - \text{open}$$

$$h = 0.065 \text{ in} - 0.04 \text{ in}$$

$$h = 0.025 \text{ in}$$

Now apply hook stiffness to calculate final deflected position and axial force.

$\Delta$  = displacement of joint 1 measured from its location after the temperature load is applied and the hook has zero stiffness, to its final location

$E$  = frame element modulus of elasticity

$A$  = Frame element area

$L$  = Frame element length

$K$  = hook element stiffness

$$\text{Force in frame element} = \frac{EA\Delta}{L}$$

$$\text{Force in hook element} = K(h - \Delta)$$

Equating the force in the frame element with the force in the hook element and solving for  $\Delta$ :

$$\frac{EA\Delta}{L} = K(h - \Delta)$$

$$\frac{EA\Delta}{L} + K\Delta = Kh$$

$$\Delta = \frac{Kh}{K + \frac{EA}{L}}$$

$$\Delta = \frac{5000 \times 0.025}{5000 + \frac{29000 \times 10}{100}}$$

$$\Delta = 0.0158228 \text{ in}$$

Calculate Final displacement of Joint 1,  $x$

$$x = S - \Delta$$

$$x = 0.065 - 0.0158228$$

$$\underline{\underline{x = 0.0491772 \text{ in}}} \text{ (final displ of joint 1)}$$

Calculate force in frame element,  $F_f$

$$F_f = \frac{EA\Delta}{L}$$

$$F_f = \frac{29000 \times 10 \times 0.0158228}{100}$$

$$\underline{\underline{F_f = 45.886 \text{ Kips}}} \text{ (force in frame element)}$$

Calculate for in hook element,  $F_h$  and check that it is the same as  $F_f$

$$F_h = K(h - \Delta)$$

$$F_h = 5000(0.025 - 0.0158228)$$

$$\underline{\underline{F_h = 45.886 \text{ Kips}}} \text{ (force in hook)}$$

$$F_f = F_h \checkmark$$