

## 算例 1-002

### 框架 – 温度荷载

#### 算例描述

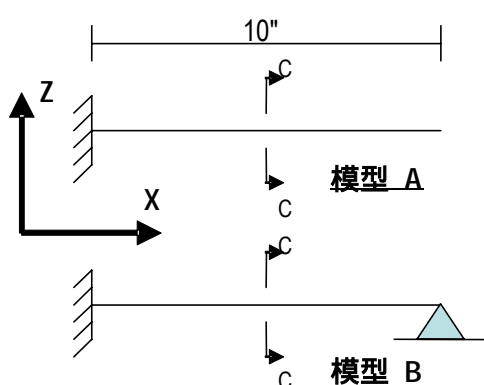
采用一个悬臂梁和一个一端简支一端固接梁测试了 SAP2000 中模拟的各种框架温度荷载。梁截面为高 3 in 宽 2 in 的矩形截面。

在 SAP2000 中，可以给一个框架单元施加三种温度荷载：整体温度变化（基于参考温度）；沿单元长度方向（局部坐标 1 方向）的温度变化；沿与单元长度垂直的方向（局部坐标 2、3 方向）的温度梯度。

在本例中，对悬臂梁和一端简支一端固接梁分别施加了这三种温度荷载。将悬臂梁自由端的位移及一端简支一端固接梁的简支端反力与手算结果进行了比较。

**重要提示：**在分析中，忽略了剪切变形。在 SAP2000 中，通过将剪切属性修正系数设置为 0 实现这一点。

#### 几何特性、属性和荷载



#### 材料属性

$E = 29,000 \text{ k/in}^2$   
 $\alpha = 0.0000065 / ^\circ\text{F}$

#### 截面属性

$A = 6 \text{ in}^2$   
 $I = 4.5 \text{ in}^4$

#### 温度荷载

**荷载工况 1:** 使用参考温度  $80^\circ\text{F}$  和一个温度荷载  $100^\circ\text{F}$  的温度荷载  
定义一个  $20^\circ\text{F}$  增量

**荷载工况 2:** 在单元长度沿局部 1 轴 (X 轴) 的变化为  $2^\circ\text{F}$  每 inch (总共  $20^\circ\text{F}$ )

**荷载工况 3:** 沿 2 轴 (绕 3 轴旋转) 的梯度为  $20^\circ\text{F}$  每 inch (在 3" 的截面高度共  $60^\circ\text{F}$ )

## 所测试的 SAP2000 技术要点：

- 参考温度、节点样式的指定
- 温度升高、横向温度梯度的施加
- 自由膨胀时的位移、由温度荷载引起的支座反力

## 结果比较

采用标准的热膨胀计算公式独立地计算出了荷载工况 1、2 的结果。采用 Roark and Young 1975 一书 107 页表 3 中 6a 和 6c 项手算得出了模型 B 的荷载工况 3 的结果。

### 模型 A: 悬臂梁的自由端

荷载 工况	输出参数	SAP2000	独立结果	差值百分比
1	$U_x$ (自由端) (in)	0.00130	0.00130	0%
2	$U_x$ (自由端) (in)	0.00065	0.00065	0%
3	$U_z$ (自由端) (in)	-0.00650	-0.00650	0%

### 模型 B: 一端简支一端固接梁

荷载 工况	输出参数	SAP2000	独立结果	差值百分比
1	$F_x$ (铰支端) (kips)	-22.62	-22.62	0%
2	$F_x$ (铰支端) (kips)	-11.31	-11.31	0%
3	$F_z$ (铰支端) (kips)	2.545	2.545	0%

## Software Verification

---

PROGRAM NAME: SAP2000  
REVISION NO.: 0

计算模型文件: Example 1-002a, Example 1-002b

### 结论

SAP2000 的结果和独立计算的结果精确地吻合。 .

手算过程：

Model A - Load case 1

$$\Delta = \epsilon t L = 0.0000065 \times 20 \times 10$$

$$\Delta = 0.0013 \text{ in}$$

Model A - Load Case 2

$$\Delta = \int_0^{10} 2 \times \epsilon dx = \epsilon x^2 \Big|_0^{10} = 100\epsilon = 100 \times 0.0000065$$

$$\Delta = 0.00065 \text{ in}$$

Model A - Load Case 3

Rourk and Young

Chapter 7, Table 3, Item 6a, page 107

$$\Delta = \frac{\epsilon L^2}{2h} (T_2 - T_1) = \frac{0.0000065 \times 10^2}{2 \times 3} (60)$$

$$\Delta = 0.00650 \text{ in}$$

## Model B - Load Case 1

$$R = \frac{EA\Delta}{L}, \text{ where } \Delta \text{ is from Model A}$$

$$R = \frac{29000 \times 6 \times 0.0013}{10}$$

$$R = 22.62 \text{ K}$$

## Model B - Load Case 2

$$R = \frac{EA\Delta}{L}, \text{ where } \Delta \text{ is from Model A}$$

$$R = \frac{29000 \times 6 \times 0.00065}{10}$$

$$R = 11.31 \text{ K}$$

## Model B - Load Case 3

Roark & Young

Chapter 7, Table 3, Item 6c, page 107

$$R = \frac{3EI\epsilon}{2hL^3} (T_2 - T_1) L^2 = \frac{3EI\epsilon (T_2 - T_1)}{2hL}$$

$$R = \frac{3 \times 29000 \times 4.5 \times 0.0000065 \times 60}{2 \times 3 \times 10}$$

$$R = 2.54475 \text{ K}$$