

算例 2-013

壳 – 沿壳厚度恒定的温度加载

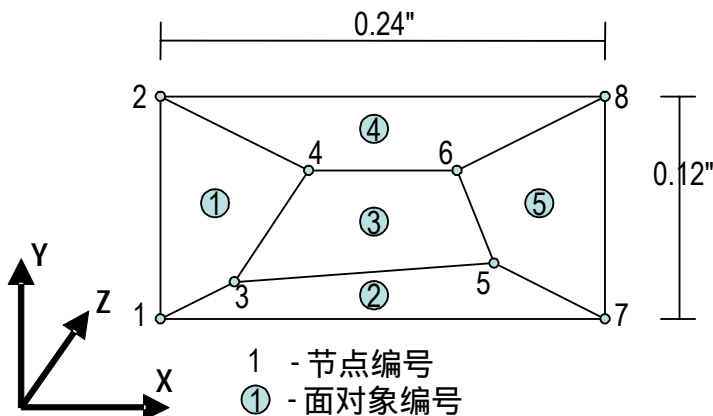
问题描述

本例中，一个矩形板用不规则单元划分，施加一个沿壳厚度恒定的温度荷载。板的几何和属性与参考文献 MacNeal and Harder 1985 中的一致。温度荷载产生的节点位移和应力与手算结果进行比较。

本例中初始温度是 60 °F，温度荷载由 100 °F 升高到 160 °F 温度产生。在 SAP2000 中，参考温度是 60 °F，指定到壳单元的温度荷载是 160 °F。

本例创建两个模型。除了节点约束外这两个模型是一样的。Model A 在节点 1 有固定约束，允许板的自由伸张。Model B 在四个角点（1、2、7、8）有铰约束，限制温度膨胀。

几何，属性和荷载



节点坐标(inches)			
节点	X	Y	Z
1	0	0	0
2	0	0.12	0
3	0.04	0.02	0
4	0.08	0.08	0
5	0.18	0.03	0
6	0.16	0.08	0
7	0.24	0	0
8	0.24	0.12	0

材料属性

$E = 1,000,000 \text{ lb/in}^2$
 $\nu = 0.25$
 $\gamma = \text{热膨胀系数}$
 $= 5.5\text{E-}06$

截面属性

厚度 = 0.001 in

节点支撑

模型 A: 节点 1 有 U_x , U_y , U_z , R_x , R_y 和 R_z 约束
模型 B: 节点 1, 2, 7 和 8 有 U_x , U_y 和 U_z 约束

荷载

原始温度 = 60 °F
温度上升至 160 °F

SAP2000 测试的技术特性

- 壳单元的温度荷载
- 壳单元的参考温度

结果比较

手算解基于文献 Cook and Young 1985 中 9 页公式 1.3.4。薄板和厚板选项单独表示。

薄板选项

模型	输出参数	SAP2000	手算解	误差百分比
A 自由伸缩	U_x (节点 8) in	0.000132	0.000132	0%
	U_y (节点 8) in	0.000066	0.000066	0%
	σ_{xx} (节点 8) lb/in ²	0	0	0%
	σ_{yy} (节点 8) lb/in ²	0	0	0%
B 受约束	U_x (节点 8) in	0	0	0%
	U_y (节点 8) in	0	0	0%
	σ_{xx} (节点 8) lb/in ²	-733.33	-733.33	0%
	σ_{yy} (节点 8) lb/in ²	-733.33	-733.33	0%

PROGRAM NAME: SAP2000
REVISION NO.: 0

厚板选项

模型	输出参数	SAP2000	手算解	误差百分比
A 自由伸缩	U_x (节点) in	0.000132	0.000132	0%
	U_y (节点 8) in	0.000066	0.000066	0%
	σ_{xx} (节点 8) lb/in ²	0	0	0%
	σ_{yy} (节点 8) lb/in ²	0	0	0%
B 受约束	U_x (节点 8) in	0	0	0%
	U_y (节点 8) in	0	0	0%
	σ_{xx} (节点 8) lb/in ²	-733.33	-733.33	0%
	σ_{yy} (节点 8) lb/in ²	-733.33	-733.33	0%

文件: Example 2-013a-thick, Example 2-013a-thin;
Example 2-013b-thick, Example 2-013b-thin

结论

SAP2000 结果与手算解比较对薄板和厚板完全匹配。

HAND CALCULATION

Reference = Cook and Young 1985
Equation 1.3.4 on page 9

$$\epsilon_x = \frac{1}{E} (\sigma_x + \nu \sigma_y) + \alpha T$$

$$\epsilon_y = \frac{1}{E} (\sigma_y + \nu \sigma_x) + \alpha T$$

$$\sigma_x = \frac{E}{1-\nu^2} (\epsilon_x + \nu \epsilon_y) - \frac{E \alpha T}{1-\nu}$$

$$\sigma_y = \frac{E}{1-\nu^2} (\epsilon_y + \nu \epsilon_x) - \frac{E \alpha T}{1-\nu}$$

Model A - Free Expansion - $\sigma_x = \sigma_y = 0$

$$U_{x \text{ at } B} = \epsilon_x L_x = \alpha T L_x = 0.0000055 \times 100 \times 0.24$$

$$\underline{U_{x \text{ at } B} = 0.000132 \text{ in}}$$

$$U_{y \text{ at } B} = \epsilon_y L_y = \alpha T L_y = 0.0000055 \times 100 \times 0.12$$

$$\underline{U_{y \text{ at } B} = 0.000066 \text{ in}}$$

Model B - Restrained - $\epsilon_x = \epsilon_y = 0$

$$\sigma_{x \text{ at } B} = \sigma_{y \text{ at } B} = \frac{E \alpha T}{1-\nu} = \frac{1,000,000 \times 0.0000055 \times 100}{1-0.25}$$

$$\underline{\underline{\sigma_{x \text{ at } B} = \sigma_{y \text{ at } B} = 733.33 \text{ lb/in}^2}}$$