

# 三维框架单元温度变化时的等效节点荷载<sup>①</sup>

李艺云, 程赫明, 金立兵

(昆明理工大学建筑工程学院, 云南昆明 650093)

**摘要** 通过材料力学的方法导出三维框架单元在温度变化时的等效节点荷载, 并利用 SAP93 得出一框架梁在温差等效节点荷载作用下的计算结果.

**关键词:** 三维框架单元; 等效节点荷载; 温度变化

中图分类号: TU 311. 1 文献标识码: A 文章编号: 1007- 855X(2001) 03- 126- 03

## 0 前言

钢筋混凝土建筑物, 由于受到自然环境中各种温度变化的影响, 结构中梁、柱等构件会产生温度变形, 这种变形受到约束时就会产生温度应力, 当温度应力达到一定数值时, 结构内部会产生裂缝甚至破坏. 因此温度应力的计算就成为需要解决的问题. 下面仅导出三维框架单元温度变化时的等效节点荷载.

## 1 均匀温度分布的等效节点荷载

如图 1(a), 两端受固定端约束的三维框架单元, 两端节点分别为  $i$  和  $j$ , 轴向刚度为  $EA$ , 温度均匀变化  $\Delta T$ . 这时如果单元只

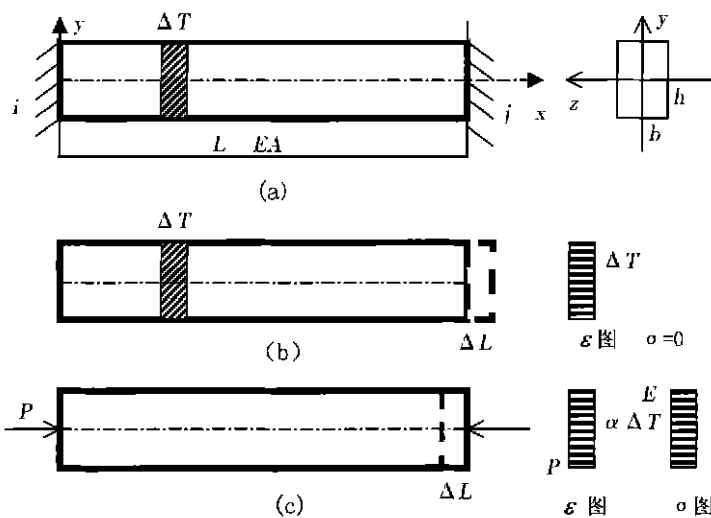


图 1 均匀温度分布等效节点荷载

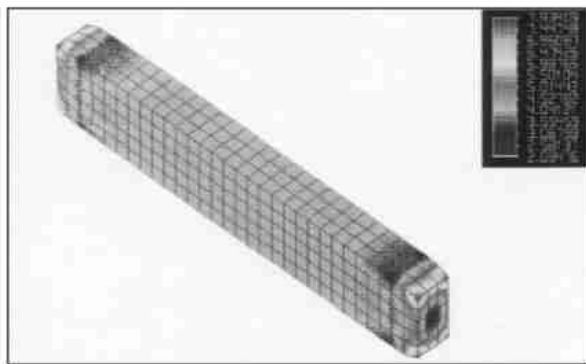


图 2 框架梁应力及变形图

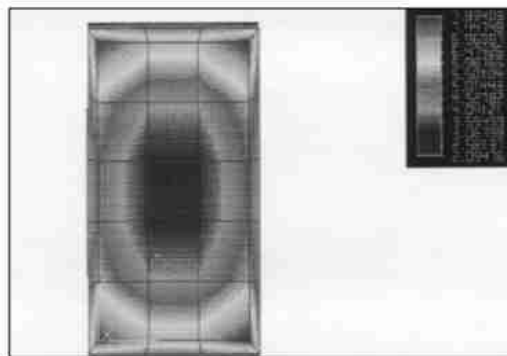


图 3 横截面应力及变形图

有一端例如  $i$  端固定, 则温度升高后, 单元将自由地伸长(图 1(b)). 但因刚性支承  $j$  的阻挡, 使单元不能伸长, 这就相当于在单元的两端加了约束力使单元发生相反的变形(图 1(c)) 受均匀温度变化的等效节点荷载, 即为图 1(b) 和图 1(c) 两种状态下的约束反力之和<sup>[1]</sup>.

① 收稿日期: 2000- 11- 22;

基金项目: 云南省自然科学基金资助项目, 云南省教育厅科研基金资助项目;

第一作者简介: 李艺云(1975- ), 女, 在读研究生, 主要研究结构工程.

图 1(b) 状态下, 单元自由变形为:

$$\Delta L = \varepsilon L = \alpha \Delta TL \quad (1)$$

约束反力及内力均为零. 式中  $\alpha$  为材料的温度线膨胀系数. 图 1(c) 状态下, 单元缩短  $\Delta L$ , 因此约束反力为:

$$P = \frac{\Delta L}{L}EA \quad (2)$$

将式(1)代入式(2), 得:

$$P = \alpha \Delta TEA \quad (3)$$

这就是三维框架单元在均匀温度变化时的等效节点荷载<sup>[2]</sup>, 即:

$$X_i = -X_j = \alpha \Delta TEA \quad (4)$$

设有一框架梁, 两端固定, 长 3m, 宽 0.25m, 高 0.5m,  $E = 2.55 \times 10^4 \text{kN/m}^2$ ,  $\alpha = 1 \times 10^{-5}$ , 温度均匀升高  $20^\circ\text{C}$ , 其应力及变形结果如图 2, 图 3, 图 4<sup>[2]</sup>.

## 2 线性温度分布的等效节点荷载

如图 5(a), 两端受固定端约束的三维框架单元, 两端节点分别为  $i$  和  $j$ , 绕  $Z$  轴的弯曲刚度为  $EI_z$ , 温度沿  $Y$  轴线性分布, 上部升温  $T/2$ , 下部降温  $T/2$ . 这时如果单元不受约束, 则由于温度变化, 单元将自由弯曲(图 5(b)); 但因两端有固定支承, 单元不能弯曲, 这就相当于在单元两端加了弯矩, 使其发生相反的变形(图 5(c)). 受线性温度分布的等效节点荷载即为图 2(b)和图 2(c)两种状态下的约束反力之和.

在图 5(b) 状态下, 单元发生纯弯曲变形, 其顶部应变为:

$$\varepsilon L = \frac{1}{2} \alpha \Delta T \quad (5)$$

底部应变与之相反, 应力及约束反力均为零.

在图 5(c) 状态下, 单元发生相反的变形, 由应力图很容易求得单元内的弯矩<sup>[4]</sup>:

$$\begin{aligned} M_Z &= \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} \sigma y b dy = 2 \int_0^{\frac{h}{2}} \frac{1}{h} \alpha \Delta TE y^2 b dy \\ &= \frac{2\alpha \Delta TE b}{h} \int_0^{\frac{h}{2}} y^2 dy \\ &= \frac{\alpha \Delta TE}{h} \cdot \frac{bh^3}{12} = \frac{\alpha \Delta TEI_z}{h} \end{aligned} \quad (6)$$

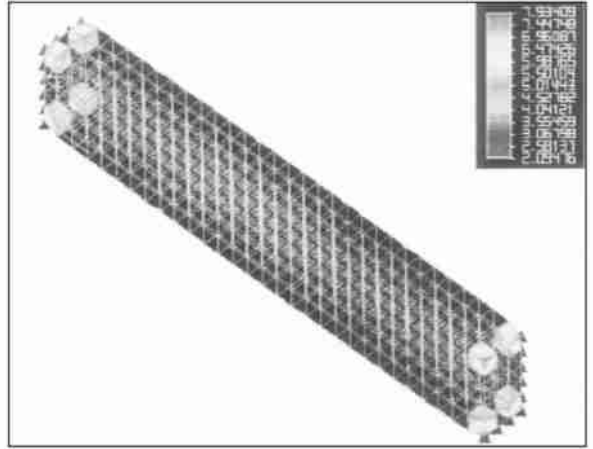


图 4 梁中应力最大的单元

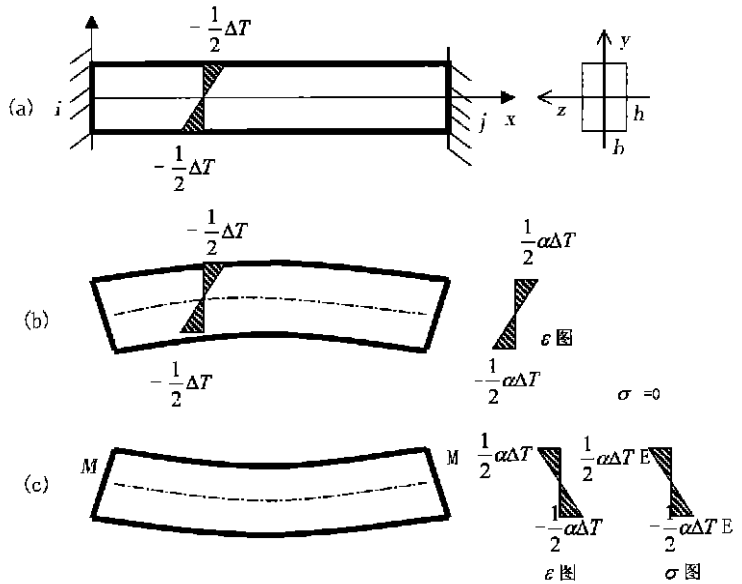


图 5 线性温度等效节点荷载

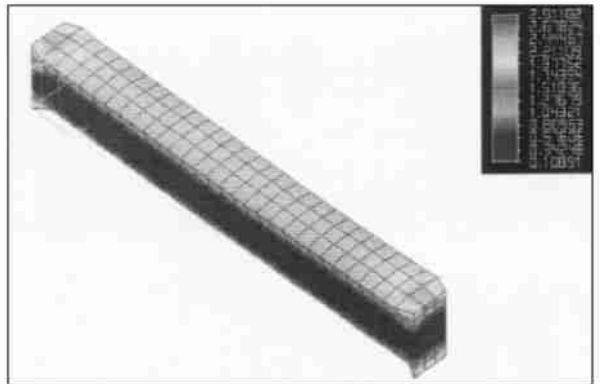


图 6 框架梁应力及变形图

因此, 三维框架单元在线性温度分布下的等效节

点荷载为<sup>[2]</sup>:

$$M_{Zi} = - M_{Zj} = \frac{\alpha \Delta T E I_Y}{h} \quad (7)$$

同样, 如果温度作用沿 Z 轴线性分布, 其等效节点荷载为:

$$M_{Yi} = - M_{Yj} = \frac{\alpha \Delta T E I_Y}{h} \quad (8)$$

同上节中的框架梁, 温度沿 Y 轴线性分布, 上部升温 10℃, 下部降温 10℃, 其应力及变形结果如图 6, 图 7, 图 8<sup>[3]</sup>.

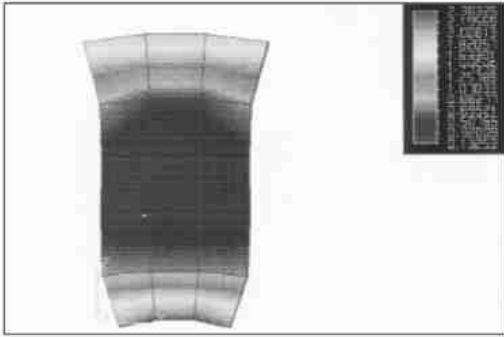


图 7 横截面应力及变形图

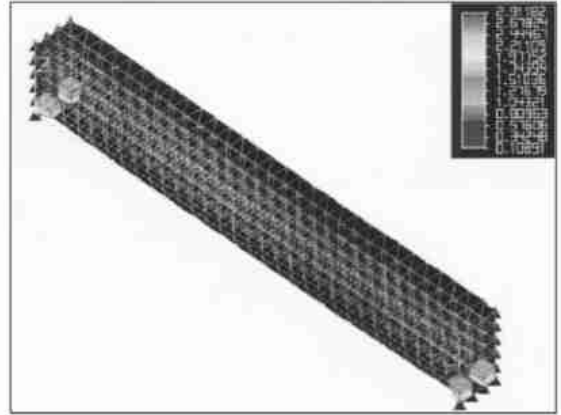


图 8 应力最大的单元

### 3 结 论

由以上讨论表明, 在建筑物的梁、柱等构件中, 温度应力是一个不容忽视的问题, 由此而产生的裂缝及变形影响了结构的正常使用, 降低了结构的耐久性, 可采用增配钢筋以及相应的构造措施——放、抗、防三种措施来减小温度应力对结构的影响。

#### 参考文献:

- [1] 孙训方等. 材料力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1994. 302~ 306.
- [2] 梁启智. 高层建筑结构分析与设计[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 1992. 655~ 662.
- [3] ALGOR FEAS(SUPER SAP 93). 软件的分析计算[M], 1993. 243~ 262.
- [4] 樊江. 框架结构温度应力、变形计算及构造措施[J]. 昆明理工大学学报. 2000, 10~ 14.

## The Equivalent Joint Load of Three- dimensional Frame Element in Temperature Difference

LI Yi —yun, CHENG He —ming, JIN —Libin

(The Faculty of Architectural Engineering, Kunming U niversity of Science and Technology, Kunming 650093, China )

**Abstract** According to the method of mechanics of materials, equivalent joint load of three- dimensional frame element in temperature difference is deduced. The calculation result of a three- dimensional frame beam in equivalent joint load of temperature difference by SAP93.

**Key words:** three- dimensional frame element; equivalent joint load; temperature difference