

文章编号 1000-5013(2005)03-0331-02

框筒结构长宽比对剪力滞后的影响及其分析

刘中辉 王全凤

(华侨大学土木工程学院, 福建 泉州 362021)

摘要 剪力滞后现象是高层框筒结构的一个重要力学现象, 影响剪力滞后现象的因素有很多. 文中应用剪力滞后系数的概念, 分析在其他影响因素不变的情况下, 框筒结构长宽比对剪力滞后的影响.
关键词 框筒结构, 剪力滞后系数, 剪力滞后现象, 长宽比
中图分类号 TU 973+ .16; TU 973+ .2 **文献标识码** A

近年来, 框筒结构因其具有良好的空间整体受力性能, 在高层及超高层建筑中得到了广泛的应用. 但该种结构存在一个严重的缺点——剪力滞后现象. 框筒不再保持平截面变形, 腹板框架柱的轴力是曲线分布的, 翼缘框架柱的轴力也是不均匀分布的, 靠近角柱的柱子轴力大, 远离角柱的柱子轴力小. 这种应力分布不再保持直线规律的现象称为剪力滞后现象^[1]. 影响框筒剪力滞后现象的因素很多, 主要有梁柱刚度比、建筑物高宽比、平面形状等^[2]. 本文着重讨论框筒结构在其他条件不变的情况下, 平面长宽比对剪力滞后现象的影响情况.

1 剪力滞后系数

为定量分析剪力滞后效应, 引入剪力滞后系数 $\lambda^{[3]}$. 该系数表示为考虑“剪力滞后效应”所得的竖向应力与按平截面假定所求得的竖向应力的比值. 法向框架考虑剪力滞后效应的竖向应力^[3]为

$$\sigma(z) = \frac{aM(z)}{I} \left[1 + \frac{EI}{M(z)} \left(1 - \frac{y^2}{b^2} - \frac{2I_2}{3I} \right) w'(z) \right]. \quad (1)$$

按平截面假定所求得的竖向应力, 如图 1 中虚线所示. 即

$$\left. \begin{aligned} \sigma(z) &= aM(z)/I, \\ \lambda &= 1 + \frac{EI}{M(z)} \left(1 - \frac{y^2}{b^2} - \frac{2I_2}{3I} \right) w'(z). \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

当 $y=b$ 时, 角点 $\lambda = 1 - \frac{2EI_2}{3M(z)} w'(z)$; 当 $y=0$ 时, 中点 $\lambda = 1 + \frac{EI}{M(z)} \left(1 - \frac{2I_2}{3I} \right) w'(z)$. 式中, $M(z)$ 为水平力作用下框筒 z 处

的弯矩, $w(z)$ 为框筒 z 处的竖向变形. 由此可知, 欲求框筒角点和中点的剪力滞后系数, 关键是要求出 $w'(z)$. 由文[4]可知, 框筒的竖向变形 $w(z)$ 满足微分方程

$$w''(z) - k^2 w(z) = (5n/4EI) Q(z). \quad (3)$$

式(3)的解为 $w(z) = \frac{5n}{4EI} (C_1 \text{sh} kz + C_2 \text{ch} kz - \frac{Q(z)}{k})$. 对于仅受屋顶集中水平力作用的等截面框筒结构, 有 $w'(z) = \frac{5nk}{4EI} (C_1 \text{sh} kz + C_2 \text{ch} kz)$, $w''(z) = \frac{5nk^2}{4EI} (C_1 \text{sh} kz + C_2 \text{ch} kz)$. 由方程 $w(0) = \frac{5n}{4EI} (C_2 -$

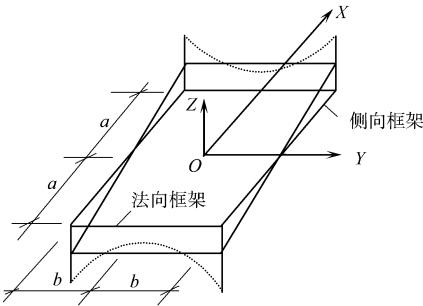


图 1 框筒结构平面尺寸及内力分布图

收稿日期 2004-09-27

作者简介 刘中辉(1981-), 男, 硕士研究生, 主要从事结构耐久性的研究. E-mail: liuzhonghui123@163.com

基金项目 福建省自然科学基金资助项目(E0410023)

$\frac{Q(0)}{k^2})=0$ 和 $w''(H)=\frac{5nk^2}{4EI}(C_1\text{sh}kH+C_2\text{ch}kH)=0$ 可求得 C_1 和 C_2 , 进而可求得 λ 和 λ_0 .

2 算例

某 20 层框筒结构, 层高 $h=3\text{ m}$, 柱距 $s=3\text{ m}$, 柱截面为 $0.5\text{ m}\times 0.9\text{ m}$, 角柱截面为 $0.9\text{ m}\times 0.9\text{ m}$, 梁截面为 $0.35\text{ m}\times 0.8\text{ m}$, 屋顶作用集中水平荷载 $p=2\,000\text{ kN}$. 在以上其他条件不变的情况下, 计算平面尺寸 $2a(\text{m})\times 2b(\text{m})$ 分别等于 30×30 , 24×36 和 21×42 . 即当长宽比 L/B 分别等于 1.0 , 1.5 和 2.0 时, 其剪力滞后系数的计算数据和结果如表 1, 2 所示.

表 1 基本计算数据

| L/B | t/m | G/E | I_2/m^4 | I_1/m^4 | I/m^4 | n | k | H/m |
|-------|--------------|-----------|------------------|------------------|----------------|---------|-----------|--------------|
| 1.0 | 0.15 | 0.048 224 | 2 025.00 | 675.00 | 3 024.00 | 2.262 6 | 0.034 819 | 60 |
| 1.5 | 0.15 | 0.048 224 | 1 555.20 | 345.60 | 2 108.16 | 2.595 7 | 0.031 078 | 60 |
| 2.0 | 0.15 | 0.048 224 | 1 389.15 | 231.52 | 1 779.43 | 2.861 7 | 0.027 97 | 60 |

表 2 不同高度(m)处 λ 和 λ_0 值

| L/B | λ | 3 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 55 | 58 |
|-------|-------------|------------|------------|----------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| 0.1 | λ_0 | 1.592 98 | 1.535 98 | 1.487 16 | 1.485 32 | 1.570 95 | 1.967 72 | 1.185 11 | 1.182 79 |
| 0.1 | λ_0 | 0.264 75 | 0.335 42 | 0.395 95 | 0.398 24 | 0.292 01 | - 0.199 98 | 0.770 46 | 0.773 38 |
| 1.5 | λ_0 | 1.865 07 | 1.805 54 | 1.764 98 | 1.797 08 | 1.977 60 | 2.709 33 | 4.299 31 | 9.167 48 |
| 1.5 | λ_0 | 0.106 12 | 0.167 64 | 0.209 45 | 0.176 37 | - 0.010 16 | - 0.766 27 | - 3.409 21 | - 7.439 51 |
| 2.0 | λ_0 | 2.175 15 | 2.110 07 | 2.079 96 | 2.158 34 | 2.523 68 | 3.729 07 | 6.302 86 | 14.149 06 |
| 2.0 | λ_0 | - 0.082 83 | - 0.022 88 | 0.004 88 | - 0.067 34 | - 0.403 98 | - 1.514 68 | - 3.886 26 | - 11.116 07 |

3 结束语

由剪力滞后现象和剪力滞后系数的定义可知, $\lambda_0>1$, $\lambda_0<1$, 且 λ_0 愈大, λ_0 愈小, 剪力滞后现象愈显著. 由表 2 可得出如 2 点. (1) 在框筒的任何高度处, λ 随 L/B 的增大而增大, λ 随 L/B 的增大而减小, 故剪力滞后现象随 L/B 的增大而增大. 因此, 在框筒结构的设计时, 应优先选择长宽比 L/B 等于 1.0 , 以减小剪力滞后现象的影响, 充分发挥框筒结构的整体工作特性. (2) 在 L/B 相同时, λ 随 z 的增加, 在底部逐渐减小, 在顶部无相同变化规律; λ_0 随 z 的增加, 在底部逐渐增大, 在顶部无相同变化规律. 说明用剪力滞后系数来研究剪力滞后现象, 在底部是较准确的, 在顶部将有较大的误差.

参 考 文 献

1 赵西安. 钢筋混凝土高层建筑结构设计[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1994. 1~ 132
2 包世华, 方鄂华. 高层建筑结构设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 1989. 1~ 231
3 刘开国. 变截面高层框筒结构的剪力滞后系数[M]. 建筑结构, 2003, 33(5): 12~ 14
4 刘开国. 结构简化计算原理及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 1996. 1~ 130

Influence of Length Width Ratio of Framed Tube Structure
on Shear Lag and Its Analysis

Liu Zhonghui Wang Quanfeng

(College of Civil Engineering, Huaqiao University, 362021, Quanzhou, China)

Abstract There are many factors influencing phenomenon of shear lag, which is an important mechanical phenomenon of high rise framed tube structure. By applying the concept of shear lag coefficient, the authors analyse the influence of length width ratio of framed tube structure on shear lag under the condition that the other influencing factors keep constant, and make suggestion for the design of framed tube structure.

Keywords framed tube structure, shear lag coefficient, shear lag phenomenon, length width