

文章编号:1005-0523(2001)03-0000-00

砌体结构中墙体与构造柱间的荷载分配

张敏, 张和平

(华东交通大学 土木建筑学院, 江西 南昌 330013)

摘要: 针对设置钢筋混凝土构造柱的组合砌体,提出了荷载分配的通用计算公式,分析了荷载分配的影响因素,并针对不同砌体材料墙体给出了便于应用的简化式¹⁹。
关键词: 构造柱; 墙体; 圈梁; 荷载分配
中图分类号: TU **文献标识码:** A

1 概述

多层混合结构设计有时以墙体中设构造柱、墙体上设置圈梁来解决墙体抗压承载力不足的问题,但对该种结构明确的内力分析目前并没有合适的方法以供使用¹⁹笔者在总结实践经验的基础上,认为墙体在破坏之前大致处于弹性状态,并利用弹性理论分析了两者的受力性能,提出了荷载分配的计算公式,解决了构造柱与墙体的内力分析问题¹⁹。

2 基本假定

- 笔者在分析结构受力时,采用了以下基本假定:
- 1) 构造柱与墙体上圈梁铰接¹⁹即构造柱仅承受轴力,不承受弯矩¹⁹同时仅考虑本跨荷载对墙体内力的影响¹⁹。
 - 2) 构造柱与墙体处于弹性状态¹⁹。
 - 3) 墙体视为其上部圈梁的弹性地基¹⁹。

3 公式推导

对图 1 所示结构,圈梁在弹性地基上的弯曲变形微分方程为

$$d^4v/dx^4 + 4\beta^2 v = q/EI \tag{1}$$

式中 v —— 圈梁在坐标 y 方向的变形
 β —— 特征常数 $\beta = \sqrt[4]{k/4EI}$
 k —— 单位墙体的抗压刚度 $k = E_w b_w / h_w$
 E_w, b_w, h_w —— 分别为墙体的弹性模量、墙厚、墙体层高引

入克雷洛夫函数,即

$$\begin{aligned} Y_1(\beta x) &= ch(\beta x) \cos(\beta x) \\ Y_2(\beta x) &= [ch(\beta x) \sin(\beta x) + sh(\beta x) \cos(\beta x)]/2 \\ Y_3(\beta x) &= [sh(\beta x) \sin(\beta x)]/2 \\ Y_4(\beta x) &= [ch(\beta x) \sin(\beta x) - sh(\beta x) \cos(\beta x)]/4 \end{aligned}$$

则方程(1)的通解为

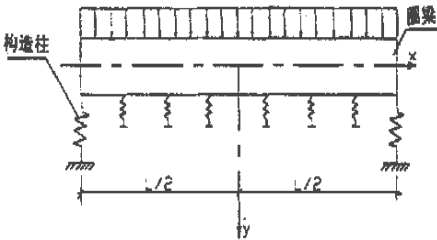


图 1 结构简图

$$V = V_0 Y_1(\beta x) + \theta / \beta Y_2(\beta x) - M_0 / (EI \beta) Y_3(\beta x) - Q_0 / (EI \beta) Y_4(\beta x) + q / k$$

式中 V_0, θ, M_0, Q_0 分别为 $x=0$ 处圈梁的变形、转角、弯矩和剪力边界条件

$$x=0 \text{ 时, } \theta=0, Q_0=0 \quad x=L/2 \text{ 时, } M_1=0, Q_1=-k_1 V_1$$

式中 M_1, Q_1, V_1 分别为 $x=L/2$ 处圈梁的变形、转角、弯矩和剪力; k_1 为构造柱的抗压刚度 $k_1 = E_c A_c / h_c$; E_c, A_c, h_c 分别为构造柱弹性模量、横截面面积、构造柱层高^[13]

解方程, 可得圈梁在荷载 q 作用下的弯曲变形方程

$$V = q / k \cdot [1 - (k_1 Y_1(\beta L/2) Y_1(\beta x) + 4k_1 Y_3(\beta L/2) Y_3(\beta x)) / \Delta]$$

$$\Delta = [4EI \beta Y_2(\beta L/2) + k_1 Y_1(\beta L/2)] + [4EI \beta Y_4(\beta L/2) + k_1 Y_3(\beta L/2)] \cdot 4Y_3(\beta L/2)$$

$$x=L/2 \text{ 时, 则 } V_1 = q / k \cdot [1 - (Y_1^2(\beta L/2) + 4Y_3^2(\beta L/2) / \Delta) k_1]$$

$$\text{化简, 则 } V_1 = q / k \cdot \left[1 - \frac{1}{k_1 + 2EI \beta \cdot (\sin(\beta L) + sh(\beta L) / \cos(\beta L) + ch(\beta L))} \right]$$

构造柱所受压力 N_1 为

$$N_1 = k_1 V_1 = q \cdot \frac{k_1}{k} \cdot \left[1 - \frac{k_1}{k_1 + 2EI \beta \cdot (\sin(\beta L) + sh(\beta L) / \cos(\beta L) + ch(\beta L))} \right] \quad (2)$$

墙体所受压力为 N_w 为: $N_w = ql - 2N_1$

$$N_w = ql - 2q \frac{k_1}{k} \cdot \frac{2EI \beta \cdot (\sin(\beta L) + sh(\beta L) / \cos(\beta L) + ch(\beta L))}{k_1 + 2EI \beta \cdot (\sin(\beta L) + sh(\beta L) / \cos(\beta L) + ch(\beta L))} \quad (3)$$

$\beta \geq 3.5$

公式(2)(3)即为构造柱、墙体所受的轴压力设计值公式^[13]

经分析, 对常用结构 则 $(\sin(\beta L) + sh(\beta L)) / (\cos(\beta L) + ch(\beta L)) \approx 1.0$

因此, 公式(2)(3)可简化成下面两式

$$\begin{cases} N_1 = q \cdot (k_1 / k) [1 - k_1 / (k_1 + 2EI \beta)] \\ N_w = ql - 2q \cdot (k_1 / k) \cdot 2EI \beta / (k_1 + 2EI \beta) \end{cases} \quad (4)$$

$$\quad (5)$$

将 k, k_1 代入, 得

$$\begin{cases} N_1 = q \cdot (E_c A_c / (E_w b_w + 2\beta E_c A_c)) \\ N_w = ql - 2q \cdot (E_c A_c / (E_w b_w + 2\beta E_c A_c)) \end{cases} \quad (6)$$

$$\quad (7)$$

由式(6)可知结构 $\beta \geq 3.5$, 构造柱所受轴力与构造柱间距无关, 这表明构造柱所受的荷载仅分布在构造柱附近的一个几乎恒定的小区域内, 在该区域之外的荷载则全部由墙体承担^[13]

$$\text{在式(6),(7)中, } \beta = \sqrt[4]{3E_w / (E_c h \cdot h_b^3)}$$

式中 h 为层高; h_b 为圈梁的截面高度; E_c 为圈梁砼的弹性模量^[13]

另外由式(6)可知, 构造柱、圈梁刚度越大, 层高越高, 则构造柱承担轴力越大^[13]当圈梁为刚体时, 则构造柱与圈梁共同变形, 此时构造柱轴力为

$$N_1 = q \cdot (E_c A_c / (E_w b_w + 2E_c A_c / l))$$

由此对比式(6)可知, β 相当于构造柱与墙体的共同变形系数^[13]

推论

1) 对 M_u7.5 砖, M5 混合砂浆, 2.80m 层高墙体, 墙两端设构造柱 240×240, 墙顶设圈梁 240×240, C20 砼, 则

$$\beta = \sqrt[4]{3 \times 2055 / (2.55 \times 10^4 \times 2800 \times 240 \times 240 \times 240)} = 1.58 \times 10^{-3}$$

$$\begin{cases} N_1 = q \cdot \frac{2.55 \times 10^4 \times 240 \times 240}{2055 \times 240 + 2 \times 1.58 \times 10^{-3} \times 2.55 \times 240 \times 240} = 286q \\ N_w = ql - 2N_1 = ql - 572q \end{cases}$$

2) 对 200 厚砼小型空心砌块, 标号 M_u7.5 砖, M5 混合砂浆墙体, 2.80 m 层高, 墙两端设构造 200×300, 圈梁 200×250, C20 砼, 则

$$\beta = \sqrt[4]{3 \times 1400 \times 1.83 / (2.55 \times 10^4 \times 2800 \times 250^3)} = 1.62 \times 10^{-3}$$

$$\begin{cases} N_1=q \cdot \frac{2.55 \times 10^4 \times 200 \times 300}{1400 \times 1.83 \times 200 + 2 \times 2.55 \times 10^4 \times 200 \times 300 \times 1.62 \times 10^{-3}} = 280q \\ N_w=ql-2N_1=ql-560q \end{cases}$$

3) 对 200 厚砼中型空心砌块砌体, 标号 Mu7.5 砖, M5 混合砂浆, 2.80m 层高墙体, 墙两端设构造柱 200×300, 墙顶设圈梁 200×250, C20 砼, 则

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{3 \times 1900 \times 2.28 / 2.55 \times 10^4 \times 2800 \times 250^3}{}} = 1.58 \times 10^{-3}$$
$$\begin{cases} N_1=q \cdot \frac{2.55 \times 10^4 \times 200 \times 300}{1900 \times 2.28 \times 200 + 2 \times 2.55 \times 10^4 \times 200 \times 300 \times 1.85 \times 10^{-3}} = 234q \\ N_w=ql-2N_1=ql-468q \end{cases}$$

对其他各种材料的墙体, 也可按上述方法计算^[13]

4 算 例

如图 2 墙体中设三根构造柱 240×240, 构造柱间距如图所示, 墙顶设一根圈梁 240×240, 层高为 2.80m, 采用 C20 砼, 墙体采用 Mu7.5 砖, M5 混合砂浆, 试分析构造柱与墙体的受力¹⁹. 已知墙顶受均布荷载 q¹⁹.

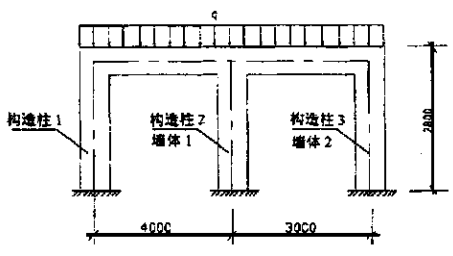


图 2

解: 由推论 1, 则
构造柱 1 受力 $N_1=240q/2+286q=406q$
构造柱 2 受力 $N_2=286q+286q=572q$
构造柱 3 受力 $N_3=286q+240q/2=406q$
墙体 1 受力 $N_{w1}=ql-572q=4000q-572q=3428q$
墙体 2 受力 $N_{w2}=ql-572q=3000q-572q=2428q$

5 结束语

本文分析是以弹性地基梁理论为基础, 忽略了墙体的整体性, 由此得出了一个偏于安全的结论^[13]同时, 本文给出了通用计算公式, 对各种材料, 各种层高的砌体组合墙体, 均可得出便于实际应用的简化计算公式, 由此本文方法方便地解决了墙体与构造柱间的荷载分配问题^[13]

参考文献:

[1] 杨弗康, 李家宝¹⁹结构力学[M]¹⁹. 北京: 高等教育出版社, 1983, 7¹⁹.
[2] 徐芝纶¹⁹弹性力学[M]¹⁹. 北京: 北京高等教育出版社, 1986, 2¹⁹.

The Distribution of Load between the Wall and the Construction Column in the Brick Construction

ZHANG Min, ZHANG He-ping,

(School of Civil Engineering and Aretitecture, East China Jiaotong Univ., Nanchang 330013, China)

Abstract: Aiming directly at the brick construction which was set up reinforced concrete construction column, this paper raise the common calculation formula of load distribution, analyze the effect factors of load distribution, and provide handy simplified calculation formula of wall of different materials.

Key words: construction column; wall; ring beam; load distribution