

文章编号:1007-6492(1999)03-0050-04

设置剪力墙的多层砌体房屋抗震验算的探讨

魏星¹,高峰²,刘立新¹,梁远森¹

(1. 郑州工业大学土木建筑工程学院, 河南 郑州 450002; 2. 郑州市建筑工程质量监督站, 河南 郑州 450000)

摘要: 提出在多层砌体房屋结构体系中, 沿房屋高度设置一定数量的钢筋混凝土剪力墙的新型结构体系. 剪力墙可以提高砌体房屋的抗侧力强度和延性, 拓宽了砌体房屋在抗震区的应用范围. 通过理论推导, 给出了该种结构体系抗震验算的参考公式, 并提出了相应的设计建议. 分析结果表明, 与普通砌体房屋相比较, 设置钢筋混凝土剪力墙的砌体房屋具有较好的抗震性能和变形能力.

关键词: 水平地震荷载; 水平地震剪力; 多层砌体房屋; 钢筋混凝土剪力墙

中图分类号: TU 398.5 **文献标识码:** A

0 引言

大开间多层砌体房屋可提供一灵活的空间, 但其竖向承重构件较少, 抗震验算时抗剪强度不易满足. 如果能够吸收框架-剪力墙结构体系的工作原理, 在多层砌体房屋结构体系的某些部位沿竖向全高设置一定数量的钢筋混凝土剪力墙作为抗震墙, 以提高砌体房屋抵抗水平地震荷载的能力, 从而达到改善多层砌体房屋的建筑性能, 又能保持砌体房屋结构的固有特点. 设有剪力墙的多层砌体房屋的内力计算分为竖向荷载作用下的内力计算和水平地震荷载作用下的内力计算, 竖向荷载作用下的内力计算可按多层砌体房屋刚性方案的方法进行计算, 本文就有关问题进行分析 and 讨论.

1 基本假定和计算简图^[1]

设有钢筋混凝土剪力墙的多层砌体房屋的砌体墙和剪力墙是紧密连接在一起的一个整体结构, 只是两者墙体材料不同而已. 在水平荷载作用下, 剪力墙如同一下端固定、上端自由的悬臂梁, 其变形曲线为弯曲型, 上部侧移比下部侧移增加快; 而砌体墙则类似于竖向悬臂的剪切梁, 其变形曲线为剪切型, 上部侧移比下部侧移增加慢. 这种结构既有剪力墙又有砌体墙, 既有剪切变形又有

弯曲变形, 由于楼盖的约束作用使两者的变形协调, 而结构的整体变形仍以剪切变形为主, 仍可采用底部剪力法进行抗震验算. 可将这种结构体系简化为平面结构来处理, 同时作如下假定:

(1) 楼盖在其自身平面内的刚度无穷大, 可忽略其变形.

(2) 在同一楼层, 砌体墙与剪力墙的水平位移相等: $u_m = u_c$ (这里不考虑扭转的影响).

(3) 砌体墙仅考虑剪切变形的影响; 钢筋混凝土剪力墙仅考虑弯曲变形的影响.

(4) 砌体墙的剪切刚度仅考虑与水平地震荷载平行的墙体参加工作.

(5) 水平地震荷载由剪力墙和砌体墙共同承担, 即

$$P = P_m + P_c; \quad (1)$$

$$V = V_m + V_c. \quad (2)$$

式中: 脚标 m 代表砌体墙; c 代表剪力墙.

由上述假定, 设有剪力墙的多层砌体房屋的计算简图见图 1. 结构单元中所有剪力墙合并为一个总剪力墙, 相当于竖向悬臂弯曲杆件; 所有砌体墙合并为一个总砌体墙, 相当于一个竖向悬臂剪切构件, 楼盖用刚性无穷大的链杆代替. 总剪力墙、总砌体墙的刚度分别为各类抗侧力结构单片刚度之和:

$$EI_c = \sum EI_{ci}; \quad (3)$$

收稿日期: 1999-03-10; 修订日期: 1999-05-11

基金项目: 河南省科技攻关项目 (971190110)

作者简介: 魏星 (1973-), 男, 辽宁省海城市人, 郑州工业大学硕士研究生.

$$G_m = \sum G_{mi} = \sum (K_{mi} \times h). \quad (4)$$

式中: EI_{ci} 为第 i 片剪力墙的等效抗弯刚度, 视剪力墙的类型 (如整体墙、小开洞墙等) 取各自的等效刚度^[1]; G_{mi} 为第 i 片砌体墙的等效剪切刚度; K_{mi} 为第 i 片砌体墙的等效抗侧移刚度, 视砌体墙的类型取各自的等效抗侧移刚度^[1]; h 为层高。

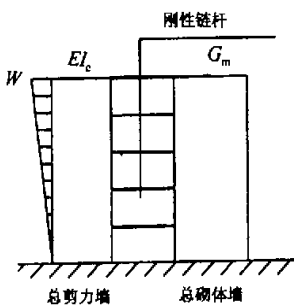


图1 剪力墙砌体结构的计算简图

2 受力分析^[2-4]

图1所示简图仍为一个多次超静定结构, 可简化为使刚性链杆竖向连续化, 即采用连续栅片法进行处理。同时将集中于每一楼层盖处的水平地震荷载按基底相同的原则化为连续分布的倒三角形荷载, 并将砌体墙在楼层处的集中反力也化为连续分布的反力, 见图2。在水平荷载 $P(z)$ 作用下, 剪力墙与砌体墙之间出现相互作用的弹性力 $P_f(z)$ 。

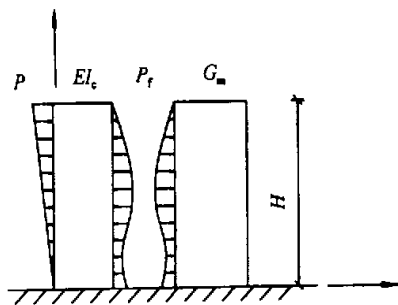


图2 砌体墙与剪力墙间的剪力传递

2.1 微分方程的建立

由剪切梁内力与位移的关系, 对砌体墙可得

$$V_m = G_m \frac{dy}{dz}; \quad (5)$$

$$P_m = -G_m \frac{d^2y}{dz^2}. \quad (6)$$

由弯曲梁的内力与位移的关系, 对剪力墙可得

$$M_c = -EI_c \frac{d^2y}{dz^2}; \quad (7)$$

$$V_c = -EI_c \frac{d^3y}{dz^3}; \quad (8)$$

$$P_c = EI_c \frac{d^4y}{dz^4}. \quad (9)$$

由式(1), $P = P_m + P_c$, 所以有

$$EI_c \frac{d^4y}{dz^4} - G_m \frac{d^2y}{dz^2} = P(z). \quad (10)$$

$$\text{令 } \xi = \frac{z}{h}, dz^2 = H^2 d\xi^2, dz^4 = H^4 d\xi^4,$$

$$\text{可得 } \frac{d^4y}{dz^4} - \frac{G_m H^2}{EI_c} \frac{d^2y}{dz^2} = P(\xi) \frac{H^4}{EI_c}. \quad (11)$$

$$\text{令 } \lambda = H \sqrt{\frac{G_m}{EI_c}}, \text{ 于是式(11)化为}$$

$$\frac{d^4y}{d\xi^4} - \lambda^2 \frac{d^2y}{d\xi^2} = P(\xi) \frac{H^4}{EI_c}. \quad (12)$$

上式为该种结构协同工作的基本微分方程。

2.2 微分方程的求解

求解式(12)微分方程, 得到

$$y = C_1 + C_2 \xi + C_3 \text{sh} \lambda \xi + C_4 \text{ch} \lambda \xi - \frac{P \xi^3 H}{6 G_m}. \quad (13)$$

$$\text{式中: } P(\xi) = \frac{P \xi}{H}, P \text{ 为倒三角形荷载的顶点值.}$$

联合边界条件可得微分方程的解为

$$y(\xi) = \frac{PH^4 \lambda^2}{EI_c} \left[A(\text{ch} \lambda \xi - 1) + B\left(\xi - \frac{1}{\lambda} \text{sh} \lambda \xi\right) - \frac{1}{6} \xi^3 \right], \quad (14)$$

$$\text{式中: } A = \left(\frac{1}{2\lambda} \text{sh} \lambda - \frac{1}{\lambda^3} \text{sh} \lambda + \frac{1}{\lambda^2} \right) \frac{1}{\text{ch} \lambda}; B = \frac{1}{2} - \frac{1}{\lambda^2}.$$

此式即为在水平倒三角形荷载作用下结构的侧移表达式。

2.3 综合钢筋混凝土剪力墙的内力和侧移

2.3.1 钢筋混凝土剪力墙顶点位移 $y_{z=H}(\xi=1)$

$$y_{z=H} = \frac{PH^4 \lambda^2}{EI_c} \left[A(\text{ch} \lambda - 1) + B\left(1 - \frac{1}{\lambda} \text{sh} \lambda\right) - \frac{1}{6} \right]; \quad (15)$$

2.3.2 钢筋混凝土剪力墙的弯矩和剪力

$$M_c = -EI_c \frac{d^2y}{dz^2} = PH^2 K_1; \quad (16)$$

$$V_c = -EI_c \frac{d^3y}{dz^3} = PH K_2. \quad (17)$$

$$\text{式中: } K_1 = \left[-A \lambda^2 \text{ch} \lambda \xi + B \lambda \text{sh} \lambda \xi + \xi \right] \frac{1}{\lambda^2};$$

$$K_2 = \left[A \lambda^3 \text{sh} \lambda \xi + B \lambda^2 \text{ch} \lambda \xi + 1 \right] \frac{1}{\lambda^2}.$$

当 $Z=0$, 即 $\xi=0$ 时, $K_1 = -A$, $K_2 = B$. 剪力墙基

底弯矩和剪力分别为

$$M_c = -APH^2; \quad (18)$$

$$V_c = BPH. \quad (19)$$

2.3.3 砌体墙的内力

在倒三角形荷载作用下,结构底部的弯矩 M_o 和剪力 V_o 分别为

$$M_o = \frac{1}{3}PH^2; \quad (20)$$

$$V_o = \frac{1}{2}PH. \quad (21)$$

联合式(19),(21),可得砌体墙的基底剪力

$$V_m = \frac{1}{2}PH - BPH, \quad (22)$$

式中: P 为倒三角形地震荷载 $P(z)$ 的顶点值^[2],

$P = \frac{2\partial_{\max} G_{eq}}{H}$; ∂_{\max} 为水平地震影响系数最大值^[2],

G_{eq} 为结构等效重力荷载^[2], $G_{eq} = 0.85 \sum_{i=1}^n G_i$, G_i 为

集中于 i 质点的重力荷载代表值^[2].

3 计算例题

4层内廊式粘土砖房,纵横墙承重,普通装配式钢筋混凝土楼、屋盖,其平面图及质点分布图见图3,设计条件如下:

- (1) 7度,近震,丙类建筑.(2) II类场地.(3) 轴线位置:内外墙均居中.(4) 墙体分两种情况:①所有承重墙均为砖墙,厚度 240 mm,砖 MU10;砂浆 1,2,3 层为 M7.5,4 层为 M5. ②3 轴和 18 轴为 240 mm 厚 C20 级钢筋混凝土剪力墙,其他承重墙为 240 mm 厚砖墙.(5) 门窗:外纵墙窗 1.5 m × 1.8 m,门 1.5 m × 2.7 m;内纵墙门 1.2 m × 2.7 m,高窗 1.2 m × 1.2 m;每 3 m 开间设门或窗各一扇.(6) 构造柱:外墙四角及沿外纵墙隔一开间设置,见图 3(a)圆点.

计算结果见表 1(仅以底层 6 轴墙体为例).

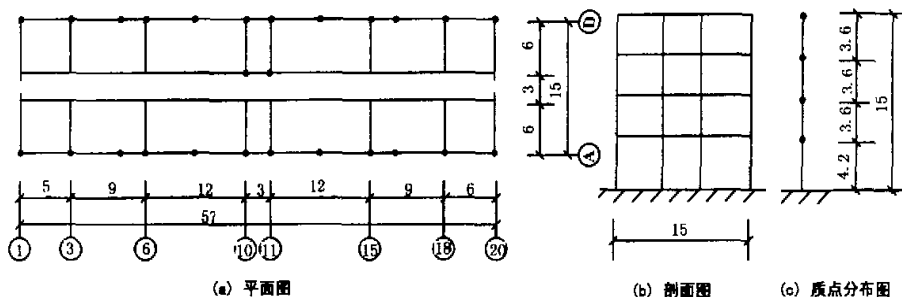


图3 建筑平面及质点分布图

表1 抗震验算结果

墙体情况	G_i/kN				$\Sigma G_i/\text{kN}$	底层剪力/kN	砖墙所分担的剪力/kN	6轴墙体剪力/kN	承载力情况
	1层	2层	3层	4层					
① 均为砖墙	8600	12860	11830	10219	43509	3846.7	3846.7	621.2	不满足
② 3,18轴为剪力墙	8662	12984	11954	10353	43953	3885	2508.6	405.1	满足

说明:6轴墙体的极限承载力为 470.4 kN.

4 结论

(1) 在多层砌体房屋体系中布置一定数量的钢筋混凝土剪力墙,可使砌体房屋在自重增加很少的情况下抗震承载力显著提高,改善了砌体房屋的力学性能.

(2) 在抗震验算中求得剪力墙的内力后,按等效弯曲刚度分配到每道剪力墙上,再按剪力墙抗弯抗剪的有关规定进行设计.总砌体墙的剪力求得后亦按等效剪切刚度分配到每片墙及墙段上,然后按一般砌体墙的抗震验算方法进行抗剪

强度验算.

(3) 变形协调后的设有剪力墙的砌体房屋在上部楼层砌体墙阻止剪力墙位移,而下部剪力墙阻止砌体墙位移.所以在进行抗震设计时建议上部楼层砌块及砂浆等级不宜变化太大.

(4) 为了充分发挥钢筋混凝土剪力墙抗倒塌能力和抗震性能,建议在剪力墙布置时宜按两个主轴方向设置剪力墙,并应在两个主轴方向有较好的连接形成一个整体.

参考文献:

- [1] GBJ 10-89, 建筑抗震设计规范[S].
- [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, 1985.
- [3] GBJ 3-88, 砌体结构设计规范[S].
- [4] 粟一凡. 材料力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1993.
- [5] 刘立新, 向 忠, 王 普. GRC 加固水砖墙体受剪性能的研究[J]. 郑州工业大学学报, 1999, 20(1): 6-11.

Discussion on Anti-earthquake Design About Multi-storey Masonry Building with R.C. Shear Wall

WEI Xing¹, GAO Feng², LIU Li-xin¹, LIANG Yuan-en¹

(1. College of Civil & Building Engineering, Zhengzhou University of Technology, Zhengzhou 450002, China; 2. Zhengzhou Quality Supervision Station of Building Project, Zhengzhou 450000, China)

Abstract: A new structure system—setting up some R.C. shear walls along the height of the multi-storey building is proposed. The shear walls can enhance the building's lateral resistant strength and ductility and broaden the application scope of masonry building in seismic region. Through the theory analyzed, some design suggestions are provided. The result of the design instant demonstrates that the masonry building with R.C. shear walls has better anti-earthquake behavior and anti-deformation capability.

Key words: horizontal earthquake load; horizontal earthquake shear; multiple-storey masonry building; reinforced concrete shear wall

(上接 46 页)

The Influences of Different Crystalline Structure TiO₂ Powders on PTC Starter's Resume Time

LI Hong-xia¹, ZHANG Rui¹, ZHENG Ying-zi¹, XIE Zhi-qiang², LU Su-xia²

(1. Department of Material Science and Engineering, Zhengzhou University of Technology, Zhengzhou 450002, China; 2. Henan STAR Electronic Instrument Co. Ltd., Zhengzhou 450001, China)

Abstract: PTC Resistor is one kind of the new electronic devices. This paper discusses the difference of starter's resume time when PTC elements are used as refrigerator compressing starters. Japanese rutile and internal anatase are combined with the same BaCO₃ in laboratory, and sintered at the same temperature. After analysing the PTC elements' resistivity-temperature characteristic, we find that the α_T in high temperature of internal PTC elements is lower than that of Japanese, the conclusion that the PTC starters' resume time has relationship with the raw material TiO₂'s crystalline is reached. It shows that the crystalline structure of TiO₂ powders has influences on the temperature coefficient of resistance of BaTiO₃-based PTCR materials.

Key words: TiO₂; PTC; crystalline; resume time; temperature coefficient