

# 钢筋混凝土一砖组合砌体结构在抗震设防中的应用

魏书华

(河北科技大学校园规划与建设处, 河北 石家庄 050018)

摘要: 砌体结构是一种传统的结构形式, 在抗震设防区, 钢筋混凝土一砖组合砌体结构与同层数的框架房屋相比, 其经济效益相当明显, 对此本文论述了钢筋混凝土一砖组合砌体结构的定义及相关计算公式。

关键词: 砌体; 抗震; 钢筋混凝土; 组合砌体

中图分类号: TU352.1 文献标识码: A

## 0 引言

砌体结构是一种经济适用的砖砌体房屋, 是深受人们欢迎的传统建筑结构形式。但由于它存在自重、抗拉、抗剪强度低, 变形能力小, 整体性能差等弱点, 因此抗震性能不好。为此, 我国《建筑抗震设计规范》明确规定了地震设防区砖砌体房屋的高度及层数的限值。随着建筑业的快速发展, 目前, 现代砌体与传统砌体有了许多区别, 按照砌体中的配筋率大小可将砌体结构分为: 无筋砌体结构、约束砌体结构和配筋砌体结构三类, 它们的界限定义为: 仅有少量的拉结钢筋, 含筋量在 0.07% 以下时为无筋砌体结构; 约束砌体结构适用于地震设防地区的砌体结构, 这类砌体的特点是在砌体周边均有钢筋混凝土约束构件, 如在墙段边缘设置钢筋混凝土构造柱边缘构件, 同时墙段上下设置圈梁, 这类砌体的配筋量约在 0.07%~0.17%; 配筋砌体适用于 0 层以上的中高层建筑, 其配筋率接近于现浇钢筋混凝土剪力墙结构, 即在 0.2% 左右<sup>[1]</sup>。

钢筋混凝土一砖组合墙结构, 是约束砌体结构的进一步发展, 它既具有传统砖砌体房屋的优点, 又能大大提高传统砖砌体结构的抗震性能, 在地震设防地区能达到建造中高层房屋的目的。

## 1 钢筋混凝土一砖组合墙结构的应用

### 1.1 组合墙定义

钢筋混凝土一砖组合墙(简称组合墙)结构是由砖砌体及嵌于其中的钢筋混凝土梁、柱组成的一个

整体结构。它是在带构造柱的砖砌体和设砖填充墙的钢筋混凝土框架结构的研究基础上提出来的的一种新的抗震结构体系。

约束砌体(带构造柱的砖砌体结构)比无筋砌体结构的抗剪强度虽有所提高, 但在砖砌体端部设置钢筋混凝土构造柱的主导思想是利用它的变形能力来提高砌体的延性, 用约束构件来改善墙体的抗震性能和加强纵、横墙的联结, 达到地震时墙体裂而不倒。这种砌体结构中构造柱不是主要的受力构件, 所以其截面及配筋不需要计算确定<sup>[2]</sup>。

设砖填充墙的钢筋混凝土框架结构, 主要是钢筋混凝土梁、柱受力, 砖填充墙主要是起围护和隔断的作用。

钢筋混凝土一砖组合墙结构是由砖砌体和根据计算配置的钢筋混凝土梁、柱组成的一个整体, 能共同抗压、抗拉、抗弯和抗剪。而且由钢筋混凝土梁、柱形成骨架, 对骨架内砖砌体的变形、开裂和散落均能起到约束作用, 我们把这种根据计算配置的钢筋混凝土梁、柱构件称之为约束梁、约束柱。

组合墙结构主要是通过约束梁以及在砖砌体中预留马牙槎和拉结筋, 后浇约束混凝土柱等措施, 保证钢筋混凝土柱与砖砌体有可靠的连接, 从而在竖向荷载和水平荷载作用下, 共同工作, 成为一种带钢筋混凝土框格的砖抗震墙。

### 1.2 组合墙截面抗震承载力验算的近似公式

(1) 横向及内纵向组合墙(横墙以一片独立墙体为计算单元, 内纵墙以一个开间为计算单元)

$$V \leq \beta [f_{vE} (k_1 A_{mm} + \sum \eta_c E_c \cdot A) / E + \sum \eta_y f_y \cdot$$

$A_{sc}]/r_{RE}$

式中各变量的物理意义如下:  
V—墙体剪力设计值  
 $\beta$ —考虑弯矩对组合墙抗剪强度的影响系数,可按表1采用。  
 $r_{RE}$ —承载力抗震调整系数,承重墙时取  $r_{RE}=1.0$ , 自承重墙时取  $r_{RE}=0.75$ 。

$f_{vE}$ —墙体沿阶梯形截面破坏时的抗震抗剪强度设计值,  $f_{vE}=f_v\cdot\xi_N$

$f_v$ —非抗震设计的粘土砖砌体抗剪强度设计值,按《砌体结构设计规范》采用。

$k_1$ —砖砌体受约束作用时抗剪强度提高系数。  
当砂浆强度等级为 M10 时,  $k_1=1.2$   
当砂浆强度等级为 M7.5 时,  $k_1=1.1$   
当砂浆强度等级为 M5 时,  $k_1=1.0$   
 $A_{nm}$ —砖砌体水平截面净面积。

$\eta_c$ —约束柱的混凝土参加墙体工作系数,可按表2采用。

$A_c$ —组合墙中约束柱的水平截面面积。  
 $A_{sc}$ —组合墙中约束柱的纵向钢筋截面面积,柱的配筋率应 $\leq 2\%$ 。

$\eta_y$ —组合墙中约束柱的纵向钢筋参加抗剪的工作系数。

当组合墙仅两端有柱或  $H_0/B\geq 0.9$  时,  $\eta_y=0.05$

$E_c$ 、 $E$ —分别为约束柱混凝土及砖砌体的弹性模量。

$f_y$ —钢筋抗拉强度设计值。

表 1 弯矩影响系数  $\beta$  值统计表

| 墙体的 $H/B$ | $\leq 1.5$ | 1.75 | 2.00 | 2.25 | 2.50 |
|-----------|------------|------|------|------|------|
| $\beta$   | 1.00       | 0.90 | 0.85 | 0.80 | 0.75 |

表中:  $H$  为自屋顶至计算墙体所在处的高度。

$B$  为墙体宽度。

表 2 约束柱的混凝土参加墙体工作系数统计表

| $H_0/B$    | 柱名称      |       |       |      |
|------------|----------|-------|-------|------|
|            | $\eta_c$ | 边柱、角柱 | 边中柱   | 中柱   |
| $\geq 0.5$ |          | 0.26  | 0.338 | 0.39 |
| $< 0.5$    |          | 0.24  | 0.312 | 0.36 |

表中:  $H_0$ 、 $B$  及柱位置、名称如图 1 所示;

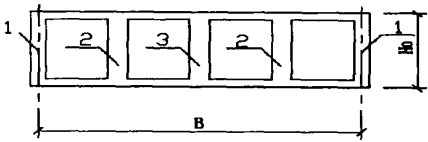


图 1 约束柱位置图

图中: 1 为边柱; 2 为边中柱; 3 为中柱。

(2) 外纵向组合墙、约束柱间距 $\leq 3.9\text{m}$ , 且洞口尺寸 $\leq 1.8\text{m}$  时, 其柱间墙体的截面抗震承载力, 应按下式进行计算, 并可取一个窗间墙(含一根约束柱)为计算单元。

$$V\leq \beta\cdot[f_{vE}(k_1A_{nm}+0.24E_c\cdot A_c/E+0.11\cdot f_y\cdot A_{sc})]/r_{RE}$$

式中:  $A_c$ 、 $A_{sc}$  均为一根柱子的水平截面面积及纵向钢筋面积,  $A_{nm}$  为一个窗间墙砌体的净截面面积。

(3) 当横向组合墙中配置水平钢筋时, 其截面抗震承载力可按下式进行验算。

$$V\leq \beta\cdot[f_{vE}(k_1A_{nm}+\sum\eta_cE_c\cdot A_c/E+\sum\eta_yf_y\cdot A_{sc})]/r_{RE}+0.15\cdot f_y\cdot A_s$$

$A_s$ —一层间墙体竖向截面中水平钢筋截面面积之和。

1.3 计算组合墙的弹性抗侧刚度的近似公式

(1) 横向组合墙的层间弹性抗侧等效刚度

$$K_0=\lambda_w\cdot E\cdot A_g/(3H_0)$$

$\lambda_w$ —考虑弯曲作用、开孔影响的刚度修正系数

① 当  $H_0/B<1$  时:

$$\lambda_w=\psi A_{cm}/A_g$$

$A_{cm}$ —墙体折算水平截面面积。

$$A_{cm}=A_{nm}+\eta_cE_c\cdot A_c/E$$

$A_g$ —墙体水平截面毛面积。

② 当  $1\leq H_0/B\leq 1$  时:

$$\lambda_w=\psi[1+(EA_{cm}/3)\cdot(H_0^2/12EJ_{cm})]$$

$J_{cm}$ —水平截面  $A_c$  按  $E_c/E$  折算后与砌体净截面面积  $A_{nm}$  一起按工字形截面计算的惯性矩;

$\psi$ —开孔影响系数, 按表 3 取值。

表 3 墙片开孔影响系数统计表

| $\Delta P$ | 0.9  | 0.8  | 0.7  | 0.6  | 0.5  | 0.4  |
|------------|------|------|------|------|------|------|
| $\psi$     | 0.98 | 0.94 | 0.88 | 0.76 | 0.68 | 0.56 |

$\Delta P$  为孔洞系数,  $\Delta P=A/A_g$ ,  $A$  为墙体水平截面面积。

表 3 适用的范围如下所注:

- ① 门洞高度不超过墙片计算高度的 80%;
- ② 门、窗洞边离约束柱边净距 $\geq 500\text{mm}$ ;
- ③ 当窗洞高度大于墙片高的 50%时,与开门洞同样处理,当小于墙片高的 50%时,  $\psi$ 应乘 1.1;
- ④ 在同一墙片内开两个洞口,且洞间距小于 500mm 时,洞间墙亦作为开孔处理。

(2)内、外纵向组合墙的弹性抗侧等效刚度(以一个开间墙体为计算单元)

$$K_0 = \psi(0.24 \cdot E_c \cdot A_c + E \cdot A_{nm}) / (3H_0)$$

2 结论

有试验结果表明,在一些抗震设防区,钢筋混凝土

土一砖组合墙结构在试验过程中,未发现组合墙中的约束梁、柱与砌体脱开,因此证明用预留马牙槎、拉结筋以及后浇约束混凝土梁、柱的措施,能保证组合墙的各部分联结牢固,可以把组合墙作为一个整体构件进行内力分析。

在我国很多地区,为缓解居民住房紧张或旧城区改造,根据规划和使用要求,已建成了许多 7~9 层的中高层组合墙结构建筑。根据已建成的组合墙房屋与同层数的框架房屋相对比,整体造价可降低 20~25%,节省钢材 50%,节省木材 45%,其经济效益相当明显,因此组合墙结构很值得在抗震设防区推广应用。

参考文献:

[1] 建筑抗震设计规范[M]. CECS 146: 2003.  
[2] 叶列平. 混凝土结构(上册)[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.

Application of ferroconcrete and brick combining structure in aseismic design

WEI Shu-hua

(Department of Campus Planning and Construction, Hebei University of  
Science and Technology, Shijiazhuang 050018 China)

**Abstract:** Brick-concrete structure is a traditional construction form. Compared to frame structure, ferroconcrete-brick structure is economical evidently in aseismic design. Ferroconcrete-brick structure building as well as its corresponding calculation is introduced here.

**Key words:** building blocks; earthquake resistance; ferroconcrete; combined building blocks