



多层砖房抗震设计 及工程实例选编

王广军 编

地震出版社

多层砖房抗震设计及 工程实例选编

王广军 编

地震出版社

1992

(京)新登字095号

内 容 简 介

本书依据《建筑抗震设计规范 (GBJ11-89)》目的是提供编写, 多层砖房抗震设计的方法和具体做法。

全书共分三章: 第一章选编11栋工程实例, 其中多层砖房6栋、底层框架砖房3栋、内框架砖房2栋; 第二章介绍规范中“多层砌体房屋”章节所有条文解说和应用中值得注意的问题; 第三章介绍规范中“底层框架砖房和多层内框架砖房”章节所有条文解说和应用中值得注意的问题。

本书有助于了解和应用规范进行多层砖房抗震设计, 可供从事建筑结构设计的工程技术人员阅读和使用。

多层砖房抗震设计及工程实例选编

王广军 编

地 震 出 版 社 出 版

北京民族学院南路9号

北京通县向阳印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

850×1168 1/32 11⁵/16印张 290千字

1993年1月第一版 1993年1月第一次印刷

印数 0001—6000

ISBN 7-5028-0722-5/·TU66

(1115) 定价: 9.50元

前 言

多层砖混房屋是我国的一种传统建筑形式,由于其施工简便且造价较为低廉,因此为我国房屋建筑中量大面广的建筑类型,年竣工面积约占建筑竣工面积总数的65%,占住宅竣工面积总数的90%以上。

砖砌体是一种脆性结构,抗拉、抗剪能力低,在强烈地震作用下,易发生脆性的剪切破坏,导致建筑的破损或倒塌。未经合理抗震设计的这类房屋,抗震性能比较差,地震时的破损率与其它类型建筑相比比较高,我国历次地震的调查结果都表明了这一点。

新的《建筑抗震设计规范(GBJ11-89)》(简称89规范)主要体现了大震不倒、小震不坏的设防思想。这一考虑对多层砌体房屋来说,就是通过对中、小震的抗震验算和防御大震的构造措施,来提高其抗震性能,以减轻震损和防止倒塌。

本书第一章选编了按89规范要求进行设计的11个工程实例,其中多层砖房6栋、底层框架砖房3栋、内框架砖房2栋。多层砖房实例有住宅、教学楼和办公楼,其中一例为多孔砖住宅房屋。底层框架砖房分别包括设砖抗震墙和钢筋混凝土抗震墙的例子。选编过程中注意了如下一些问题:① 尽可能指出规范公式的出处和算法;② 对规范中的重力荷载代表值(G_E)的计算和平均压应力(σ_0)值的求解及其简化计算方法通过实例加以说明;③ 为便于使用78规范的设计人员转变概念,选用一例砖房、一例底层框架-抗震墙砖房、一例内框架砖房分别列有78规范和89规范设计的结果;④ 对原例中与89规范精神不相符的地方加以校正。

本书为便于进行多层砖房、底层框架-抗震墙砖房、内框架砖房设计人员更好了解89规范条文规定的精神,还分别列出了89规范第五章“多层砌体房屋”、第七章“底层框架和多层内框架砖房”

EA0801/m

的所有条文的具体解说及使用这些条文时应注意的问题，并用图例提出符合条文构造要求的做法。

本书在选编时大量引用了有关同志的实例计算结果，在此表示谢意。皮声援同志担任了本书的责任编辑。限于时间及编者的书中错误和不当之处在所难免，衷心希望专家和读者批评指正。

编者

1992年11月

目 录

第一章 抗震计算实例

1.1 抗震计算步骤	(1)
1.2 某五层办公楼砖房	(19)
1.3 某五层砖混住宅	(32)
1.4 某四层内廊式砖房	(47)
1.5 某四层教学楼砖房	(54)
1.6 某四砖混办公楼	(69)
1.7 某六层多孔砖住宅楼	(76)
1.8 某三层底层框架砖房	(91)
1.9 某五层底层框架砖房	(138)
1.10 某六层底层框架砖房	(145)
1.11 某三层内框架砖房	(160)
1.12 某三层内框架(设构造柱)砖房	(206)

第二章 多层砌体房屋抗震设计规定及其解说

2.1 适用范围	(211)
2.2 总高度、层高及层数限制	(212)
2.3 总高度与总宽度之比的限值	(219)
2.4 建筑结构体系要求	(221)
2.5 抗震横墙间距最大限值	(229)
2.6 局部尺寸限值	(232)
2.7 地震力计算	(238)
2.8 楼层水平地震剪力分配	(241)
2.9 抗剪强度设计值确定	(251)
2.10 截面强度验算	(253)
2.11 构造柱及其设置	(259)

2.12	外墙转角及内外墙交接处的构造要求	(270)
2.13	后砌承重隔墙的构造要求	(273)
2.14	现浇钢筋混凝土圈梁的设置要求	(275)
2.15	楼、屋盖要求	(283)
2.16	梁或屋架与墙、柱等的连接要求	(287)
2.17	坡屋顶房屋的屋架连接要求	(288)
2.18	过梁要求	(290)
2.19	楼梯间要求	(291)
2.20	基础要求	(294)
2.21	混凝土小砌块房屋芯柱设置要求	(294)
2.22	砌块房屋芯柱的构造要求	(296)

第三章 底层框架和多层内框架砖房的抗震设计规定及其解说

3.1	适用范围	(297)
3.2	总高度和层数限值	(298)
3.3	底层框架砖房的底层侧移刚度控制	(303)
3.4	钢筋混凝土结构抗震等级划分考虑	(305)
3.5	抗震计算方法考虑	(306)
3.6	底层框架砖房地震作用效应的调整	(307)
3.7	多层内框架砖房地震作用效应的调整	(309)
3.8	外墙砖柱的抗震验算	(312)
3.9	构造柱设置和截面尺寸要求	(313)
3.10	楼、屋盖及圈梁要求	(315)
3.11	纵向窗间墙宽度等要求	(318)

附录一 确定多层砖房楼层重力荷载代表值的

简化计算法	(321)
-------------	-------

附录二 多层砖房抗震墙数量估算

附录三 底层框架结构和砌体结构房屋抗震设

计程序 (FFSB)使用说明	(332)
----------------------	-------

参考文献

第一章 抗震计算实例

1.1 抗震计算步骤

一、多层砖砌体房屋

(一) 各层荷载计算

1. 质点及其取值

(1) 以每一楼层为一个质点,其中全地下室不作一层考虑,半地下室或类似半地下室应作一层考虑;

(2) 质点高度取楼、屋盖至室外地面的距离,半地下室则取至地下室室内地面。

(3) 质点的重力荷载代表值按抗震规范的第4.1.3条规定确定,即:

- 楼、屋盖自重 $1.0G_l$;
- 上、下各一半墙体自重 $1.0G_w$;
- 活荷载 $0.5G_l$ (藏书库、档案库 $0.8G_l$);
- 雪荷载 $0.5G_s$;
- 其他荷载(如不包括在活载中的设备等)。

(二) 结构总水平地震作用及各层地震作用标准值的计算

多层砖砌体房屋的地震作用计算,通常采用两种计算方法:一种是底部剪力法、另一种是振型分解反应谱法。大多数情况下采用第一种方法,只当结构很不规则时,才采用振型分解反应谱法。

采用底部剪力法时,总水平地震作用为:

$$F_{Ek} = \alpha_{max} G_{eq} \quad (1.1-1)$$

各层水平地震作用标准值为:

$$F_i = \frac{G_i H_i}{\sum_{j=1}^n G_j H_j} F_{Ek} \quad (1.1-2)$$

式中 F_{Ek} ——结构总水平地震作用标准值；

α_{max} ——水平地震影响系数最大值，如表1.1-1所示；

表1.1-1 水平地震影响系数最大值

烈 度	7	8	9
α_{max}	0.08	0.16	0.32

G_{eq} ——结构等效总重力荷载，取总重力荷载代表值的85%；

F_i ——质点*i*的水平地震作用标准值；

G_i, G_j ——质点*i, j*的重力荷载代表值；

H_i, H_j ——质点*i, j*的计算高度。

对突出屋面的楼、电梯间、水箱间、女儿墙、烟囱等，应考虑地震效应的放大，宜乘以增大系数3，即：

$$F_{\text{小房间}} = 3F_i = \frac{3G_i H_i}{\sum_{j=1}^n G_j H_j} F_{Ek} \quad (1.1-3)$$

但此增大部分不往下传，即往下传递时仅取1倍。

各层地震剪力标准值为：

$$V_{ik} = \sum_{i=1}^n F_i \quad (1.1-4)$$

各层地震剪力设计值为：

$$V_i = \gamma_{Eh} \cdot V_{ik} \quad (1.1-5)$$

式(1.1-5)中的 γ_{Eh} 为水平地震作用分项系数，取值为1.30。

(三) 墙体侧移刚度或柔度计算

1. 无洞口墙体(矩形截面, 上下嵌固)侧移刚度

(1) 当墙体高宽比 $\rho < 1$ 时, 只考虑剪切变形, 即

$$K = \frac{1}{3\rho} \cdot Et = \xi_1 Et \quad (1.1-6)$$

(2) 当墙体高宽比 $1 \leq \rho < 4$ 时, 应同时考虑弯曲变形和剪切变形, 即

$$K = \frac{1}{\rho^3 + 3\rho} \cdot Et = \xi_2 Et \quad (1.1-7)$$

(3) 当墙体高宽比 $\rho > 4$ 时, 可不考虑其刚度。

式中 K ——无洞口墙体侧移刚度(kN/m);

ρ ——墙体的高度(h)、宽度(b)比;

t ——墙体的厚度(垂直于地震作用方向), 单位m;

E ——砌体弹性模量(kN/m²), 实心砖砌体按表1.1-2取值, 并取剪变模量 $G = 0.4E$;

ξ_1, ξ_2 ——相对刚度系数:

$$\xi_1 = \frac{1}{3\rho} \quad (1.1-8)$$

$$\xi_2 = \frac{1}{\rho^3 + 3\rho} \quad (1.1-9)$$

可按表1.1-3和1.1-4取值。

表1.1-2 实心砖砌体弹性模量 E (10³kN/m²)

砖强度等级	砂浆强度等级			
	M10	M7.5	M5	M2.5
MU15	3.00	3.28	2.91	2.20
MU10	2.98	2.68	2.37	1.70
MU7.5	2.59	2.32	2.05	1.55

上列式中, 当同一层墙体的材料(或厚度)相同时, 可假定 E (或 t)为1, 即不乘 E (或 t); 当材料与厚度均相同时, 可假定 Et 为1, 即不

乘 EI ,只取 ξ_1 或 ξ_2 ,即 $K = \xi_1$ 或 ξ_2 。此时 K 可称为相对侧移刚度,仍可供侧力分配之用。

表1.1-3 相对刚度系数 $\xi_1 = \frac{1}{3\rho}$

ρ	0.100	0.125	0.150	0.175	0.200	0.225	0.250	0.275
ξ_1	3.333	2.667	2.222	1.905	1.667	1.481	1.333	1.212
ρ	0.300	0.325	0.350	0.375	0.400	0.425	0.450	0.475
ξ_1	1.111	1.026	0.925	0.888	0.833	0.784	0.741	0.702
ρ	0.500	0.525	0.550	0.575	0.600	0.625	0.650	0.675
ξ_1	0.667	0.635	0.606	0.580	0.555	0.533	0.513	0.494
ρ	0.700	0.725	0.750	0.775	0.800	0.825	0.850	0.875
ξ_1	0.476	0.460	0.444	0.450	0.417	0.404	0.392	0.381
ρ	0.900	0.925	0.950	0.975	0.999			
ξ_1	0.370	0.360	0.351	0.342	0.333			

编注: $\rho < 0.100$ 时,宜按 $\xi_1 = 1/3\rho$ 直接计算。

表1.1-4 相对刚度系数 $\xi_1 = \frac{1}{\rho^2 + 3\rho}$ 值

ρ	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
ξ_1	0.250	0.216	0.188	0.164	0.144	0.127	0.112	0.100
ρ	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
ξ_1	0.089	0.080	0.071	0.064	0.058	0.052	0.048	0.043
ρ	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3
ξ_1	0.039	0.036	0.033	0.030	0.028	0.026	0.024	0.022
ρ	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	>4.0
ξ_1	0.020	0.019	0.017	0.016	0.015	0.014	0.013	不考虑

2. 小洞口墙体侧移刚度

小洞口墙体通常指墙面开洞率 $\alpha > 4$,且洞高与层高之比小于

0.35的墙体。

$$K_0 = (1 - 1.2\alpha)K \quad (1.1-10)^*$$

式中 K_0 ——小洞口墙体的侧移刚度；

K ——按无洞口计算的墙体侧移刚度；

α ——墙面开洞率，等于洞口立面面积与墙体立面面积之比的平方根， $\alpha < 0.4$ 。

3. 大洞口墙体侧移刚度

(1) 有门窗洞口的大洞口墙片，通常可将墙片划分为各个墙肢分别计算，然后求出墙片刚度总和，墙肢划分可参见图1.1-1和表1.1-5。

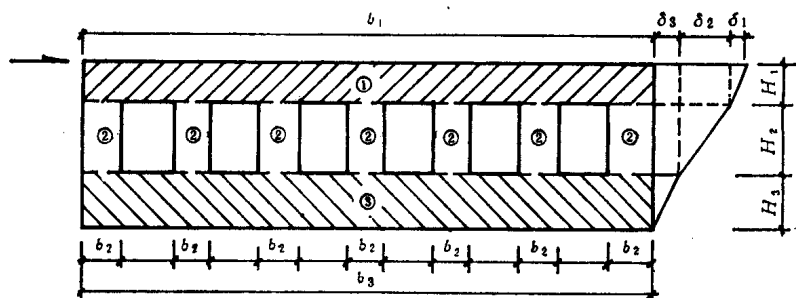


图1.1-1 只有窗洞时的墙肢划分

表1.1-5 墙肢高度(H)、宽度(b)取值

墙肢代号	①	②	③	④
墙肢名称	门窗顶墙	窗间墙	窗台墙	门间墙
高度 H	H_1	H_1	H_1	H_1
宽度 b	b_1	b_2	b_1	b_1

(2) 墙片刚度计算可按下述方法加以考虑。

同一点、同一方向的侧移刚度与侧移柔度互为倒数，即

$$K_{ij} = \frac{1}{\delta_{ij}} \quad (1.1-11)^*$$

$$\delta_{ij} = \frac{1}{K_{ij}} \quad (1.1-12)$$

同一水平面上“刚度可迭加”，即墙段总刚度等于该墙段内各墙肢刚度之和，如图1.1-1所示的 H_2 墙段，可先算出刚度 $K_2 = K_{21} + K_{22} + \dots + K_{27} = \Sigma K_{2i}$ ，然后再求出柔度 δ_i 。

同一竖面上“柔度可迭加”，即某点的柔度等于其下各墙段柔度之和，如图1.1-1所示墙顶可先算出其柔度 $\Sigma \delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3$ ，然后求其刚度 $K = 1/\Sigma \delta = 1/(\delta_1 + \delta_2 + \delta_3)$ 。

(3) 墙片刚度计算公式为：

只有窗洞时，

$$K_{ij} = \frac{1}{\Sigma \delta_i} = \frac{1}{\delta_1 + \delta_2 + \delta_3} \quad (1.1-13)$$

$$K_{ij} = \frac{1}{\Sigma \frac{1}{K}} = \frac{1}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{\Sigma K_2} + \frac{1}{K_3}} \quad (1.1-14)$$

有门窗洞时，

$$K_{ij} = \frac{1}{\delta_1 + \frac{1}{\Sigma \frac{1}{\delta_4} + \Sigma \left(\frac{1}{\delta_2 + \delta_3} \right)}} = \frac{1}{\delta_1 + \sum_{i=2}^4 \delta_i} \quad (1.1-15)$$

$$K_{ij} = \frac{1}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{\Sigma K_4 + \Sigma \left(\frac{1}{\left(\frac{1}{K_2} + \frac{1}{K_3} \right)} \right)}} \quad (1.1-16)$$

式中 K_{ij} ——墙片 j 的侧移刚度(或侧移刚度)；

K_1, K_2, K_3, K_4 ——墙肢①、②、③、④(参见图1.1-1)的侧移刚度(或相对侧移刚度)；

$\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$ ——墙肢①、②、③、④顶面对其底面的侧移柔度(或相对侧移柔度)。

(四) 地震剪力在墙体上的分配

1. 完全不需考虑弯曲变形时的分配

此种情况多用于横向验算, 因为横墙很少, 开大洞, 墙肢高宽比 $\rho < 1$, 按刚度比例分配, 可用按墙体净截面面积比例分配代替, 墙片大多即是墙肢, 故一般可一次分配到墙肢。

(1) 由楼层 i 分配到墙片 j ——第一次分配:

刚性楼盖,

$$V_{ij} = \frac{A_{wij}}{A_{wi}} V_i \quad (1.1-17)$$

柔性楼盖,

$$V_{ij} = \frac{A_{ij}}{A_i} V_i \quad (1.1-18)$$

半刚性楼盖,

$$V_{ij} = \frac{1}{2} \left[\frac{A_{wij}}{A_{wi}} + \frac{A_{ij}}{A_i} \right] V_i \quad (1.1-19)$$

(2) 由墙片 j 分配到墙肢 m ——第二次分配:

$$V_{jm} = \frac{K_{jm}}{K_{ij}} V_{ij} \quad (1.1-20)$$

如墙片不开大洞, 则墙片即为墙肢,

$$K_{jm} = \frac{K_{ij}}{V_{jm}} V_{ij} \quad (1.1-21)$$

即不需要第二次分配。

2. 需要考虑弯曲变形时的分配

此种情况多用于纵向验算, 因为纵墙大都有门窗洞口, 墙肢高宽比 $\rho > 1$, 需计算各墙肢刚度, 并且一般需要进行二次分配。

(1) 由楼层 i 分配到墙片 j ——第一次分配

刚性楼盖,

$$V_{ij} = \frac{K_{ij}}{K_i} V_i \quad (1.1-22)$$

柔性楼盖,

$$V_{ij} = \frac{A_{ij}}{A_i} V_i \quad (1.1-23)$$

半刚性楼盖,

$$V_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{K_{ij}}{K_i} + \frac{A_{ij}}{A_i} \right) V_i \quad (1.1-24)$$

(2) 由墙片*i*分配到墙肢*m*——第二次分配:

$$V_{jm} = \frac{K_{jm}}{K_{ij}} V_{ij} \quad (1.1-25)$$

上述各式中的符号意义为:

V_i 、 V_{ij} 、 V_{jm} ——楼层*i*、墙片*j*、墙肢*m*的地震剪力(kN);

K_i 、 K_{ij} 、 K_{jm} ——楼层*i*、墙片*j*、墙肢*m*的侧移刚度(kN/m);

A_i 、 A_{ij} ——楼层*i*、墙片*j*承受重力荷载面积(m²);

A_{wi} 、 A_{wij} ——楼层*i*、墙片*j*墙体净截面面积。

(五) 砌体抗震强度计算

砖砌体的抗震强度按下式计算:

$$f_{vE} = \xi_N \cdot f_v \quad (1.1-26)$$

式中 f_{vE} ——砌体沿阶梯形截面破坏的抗震抗剪力强度设计值(N/mm²);

f_v ——非抗震设计的砌体抗剪强度设计值(N/mm²);

ξ_N ——砌体抗剪强度的正应力影响系数,按表1.1—6取值。

表1.1-6 砖砌体 ξ_N 值

σ_v/f_v	0	1	3	5	7	10	15
ξ_N	0.80	1.00	1.28	1.50	1.70	1.95	2.32

(六) 抗剪承载力验算

按(GBJ11-89)规范规定,当建筑高宽比6、7度不大于2.5,8度不大于2.0,9度不大于1.5,则可不进行整体抗弯验算,而只

进行抗剪验算。

墙体抗剪承载力验算公式为:

$$V \leq \frac{f_{VE} \cdot A}{\gamma_{RE}} \quad (1.1-27)$$

式中 V ——墙体剪力设计值(N);

A ——墙体横截面面积(mm²);

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数; 两端均有构造柱的抗震墙取0.9; 其它抗震墙取1.0; 自承重墙体取0.75。

二、底层框架砖房

(一) 各层荷载计算

其考虑与多层砖砌体房屋相同。

(二) 总水平地震作用及各层地震作用的计算

总水平地震作用的计算方法同多层砌体房屋。

地震剪力标准值为:

$$V_{ik} = \sum_{i=1}^n F_i \quad (1.1-28)$$

一层的地震剪力设计值为:

$$V_1 = \eta_E \cdot \gamma_{Eh} \cdot V_{1k} \quad (1.1-29)$$

式中 η_E ——效应系数, 按二层与一层的纵向或横向侧移刚度比

值开平方 ($\sqrt{\delta_k}$) 取值, 但应取1.2~1.5间值。

二层以上的地震剪力值为:

$$V_i = \gamma_{Eh} \cdot V_{ik} \quad (1.1-30)$$

(三) 构件刚度计算

1. 底层钢筋混凝土框架

(1) 侧移刚度:

假定框架梁为绝对刚性, 柱两端为固定。

单柱,

$$K_0 = \frac{12E_0 I_0}{H_1^3} \quad (1.1-31)$$

式中 H_1 ——由基础顶面算起的柱高；

K_0, I_0 ——单柱侧移刚度和截面惯性矩。

框架，

$$K_t = \sum K_0 = \frac{12E_0 \sum I_0}{H_1^3} \quad (1.1-32)$$

式中 K_t ——一榀框架侧移刚度。

(2) 转动刚度：

由框架整体弯曲和框架基础整体转动两部分组成，

$$K'_t = \frac{1}{\frac{H_1}{E_0 \sum_{i=1}^n A_{ei} x_i^2} + \frac{1}{C_z \sum \left(A_{ti} x_{ti}^2 + \frac{1}{12} A_{ti} b^2 \right)}} \quad (1.1-33)$$

式中 K'_t ——一榀框架的转动刚度；

A_{ei}, x_i —— i 柱截面面积及其中心到框架形心的距离，如图 1.1-2 所示；

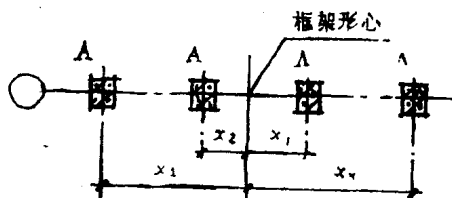


图 1.1-2 框架形心距离

A_{ti}, x_{ti} —— i 柱基础底层面面积及其中心到框架基础底面形心的距离；

b ——验算方向的柱基底面边长；

C_z ——天然地基抗压刚度系数，如表 1.1-7。

2. 底层钢筋混凝土抗震墙

(1) 侧移刚度 K_{wco} 。