

第四章 多层砌体结构抗震设计

4.1 多层砌体结构的震害特点

4.1.1 宏观震害统计

多数砖房的抗破坏能力很低，但抗倒塌能力较高，经过合理的设计，可用于地震区。

历史震害统计（设防）

天津市8度区经7度设防的74年通用住宅震害统计（%）

基本完好	轻微破坏	中等破坏	严重破坏	倒塌
70.7	19.5	9.8	0.0	0.0

唐山地区8度区多层砖房的震害统计（%）

基本完好	轻微破坏	中等破坏	严重破坏	倒塌
11.8	35.3	29.4	23.5	0.0

从震害调查可见：经抗震设防可减轻砌体结构的震害，减少严重破坏和倒塌率。

历史震害统计（未设防）

唐山地区多层砖房的震害统计（%）

破坏程度	烈 度			
	8	9	10	11
基本完好	11.8	1.3	0.6	0.3
轻微破坏	35.3	6.8	5.0	1.5
中等破坏	29.4	34.3	6.5	4.7
严重破坏	23.5	32.5	19.9	11.7
倒塌	0.0	25.1	68.0	81.8

未经抗震设防的多层砖房在高烈度区的倒塌率非常高。

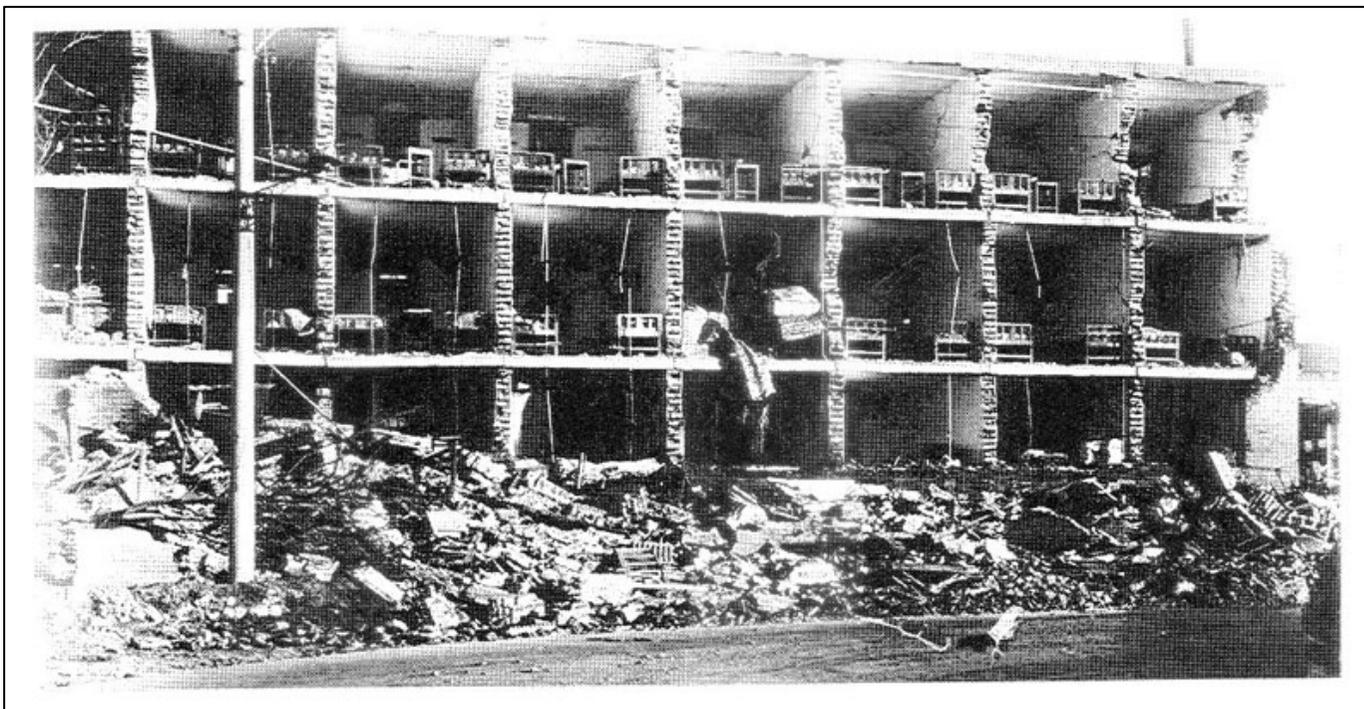
4.1.2 震害现象及分析

一、倒塌

- 1、全部倒塌 房屋整体性好，而底层强度不足时；
房屋整体性不好，而上层墙体过于弱时；
- 2、上部倒塌 房屋上层自重大，刚度差；
上层砌体强度过弱，整体性差时；
- 3、局部倒塌 个别部位的整体性特别差，纵墙与横墙间联系不好，平面或立面有显著的局部突出，抗震缝处理不当等；

4.1.2 震害现象及分析

一、倒塌



外纵墙全部脱离横墙
而坍塌是较常见的震害。

4.1.2 震害现象及分析

一、倒塌



4.1.2 震害现象及分析

二、裂缝

抗剪承载力不足, 产生裂缝, 主要有“X”形、水平和竖向三种类型。

1、 “X”形裂缝

墙体在竖向压力和反复水平剪力作用产生的裂缝。



常出现“X”形裂缝的位置:

与主震方向平行的墙体;
在横向, 房屋两端的山墙;
在纵向, 窗间墙。

4.1.2 震害现象及分析

二、裂缝

抗剪承载力不足,产生裂缝,主要有“X”形、水平和竖向三种类型。

1、“X”形裂缝

墙体在竖向压力和反复水平剪力作用产生的裂缝。

若主震方向与纵横墙成某一角度时,常在房屋的角部出现局部倒塌。

4.1.2 震害现象及分析

二、裂缝

抗剪承载力不足,产生裂缝,主要有“X”形、水平和竖向三种类型。

2、水平裂缝

大都发生于外纵墙窗口的上下皮处。

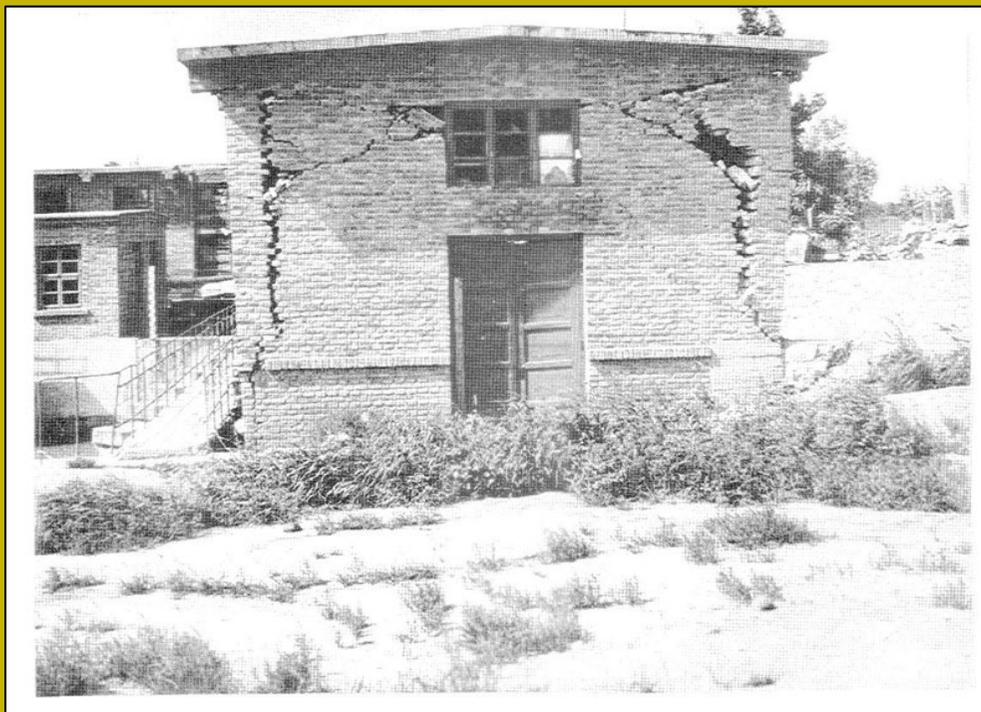
当房屋纵向承重,横墙间距大而屋盖刚度弱时,纵墙出平面受弯产生水平裂缝。

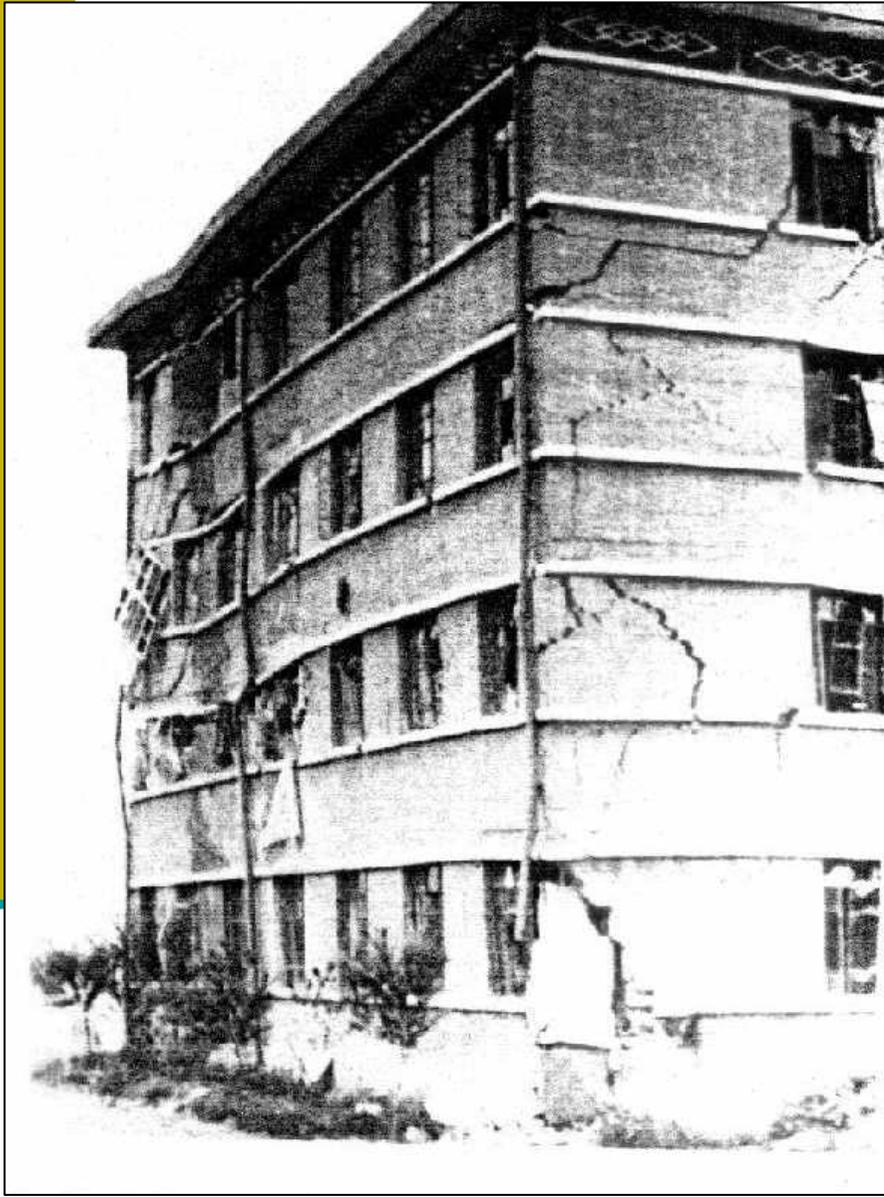
4.1.2 震害现象及分析

二、裂缝

3、 竖向裂缝

大都发生于纵横墙交接处或变化较大的两部体系的交接处。









三、其它破坏

1、楼梯间破坏

楼梯间的墙体一般震害较重。

原因是：
横墙间距小，抗剪刚度大；
空间刚度较小；
墙体有削弱等；

三、其它破坏

2、房屋附属物

突出屋面的屋顶间（电梯机房、水箱间等）、烟囱、女儿墙，由于“鞭端效应”引起破坏。

房屋附属物的破坏比下部主体结构破坏严重。6度区有所破坏，7度区普遍破坏，8-9度区几乎全部破坏或倒塌。

三、其它破坏

3、楼板和屋盖

楼板和屋盖是地震时传递水平地震作用的主要构件。

对于预制板楼板、楼盖，由于整体性较差、板缝偏小混凝土灌缝不够密实，地震时易于拉裂。9度以上地区，由于墙体开裂、错位、倒塌引起楼板、楼盖掉落。预制板端部搁置长度过短或无可靠的板与板及板与墙的拉接措施，也造成震害。

4.1.3 震害规律

- 刚性楼盖房屋，上轻下重；柔性楼盖房屋，上重下轻；
- 横墙承重房屋震害轻于纵墙承重；
- 坚硬地基上房屋震害轻于软弱及非均匀地基上房屋的震害；
- 外廊式房屋往往地震破坏较重；
- 预制楼板结构比现浇楼板结构破坏重；
- 房屋两端、转角、楼梯间及附属结构的震害较重。

4.2 多层砌体结构选型与布置

抗震设计的关键：

防倒塌

主要依靠抗震措施来保障

4.2 多层砌体结构选型与布置

4.2.1 结构布置

- 平立面尽量规整、抗侧力墙平面上应对齐、贯通；
- 竖向宜上下连续；
- 尽量采用横墙承重或纵横墙承重体系；
- 楼梯间避开房屋尽端和转角处；
- 合理设置防震缝。

缝宽：**50—100mm**；双墙防撞。

- 设置条件：
- 1) 立面高差大于**6米**；
 - 2) 有错层，且楼板高差较大；
 - 3) 各部分结构质量和刚度截然不同。

4.2.2 房屋的总高度与层数

房屋越高，地震作用越大，震害越严重；
应限制高度与层高

1 一般情况下，房屋的层数和总高度不应超过下表的规定。

房屋类别	最小 (mm)	烈度							
		6		7		8		9	
		高度	层数	高度	层数	高度	层数	高度	层数
普通粘土砖	240	24	8	21	7	18	6	12	4
多孔粘土砖	240	21	7	21	7	18	6	12	4
	190	21	7	18	6	15	5	---	---
混凝土小砌块	190	21	7	21	7	18	6	---	---

4.2.2 房屋的总高度与层数

2 对医院、教学楼等及横墙较少的多层砌体房屋，总高度应比前表的规定降低3m, 层数相应减少一层；

3 横墙较少的多层砖砌体住宅楼，当按规定采取加强措施并满足抗震承载力要求时，其高度和层数应允许仍按上表的规定采用。

注：横墙较少指同一楼层内开间大于4.20m的房间占该层总面积的40%以上。

4.2.3 房屋的高宽比

为了避免整体弯曲破坏，保证稳定性，限制高宽比

房屋最大高宽比

烈度	6	7	8	9
最大高宽比	2.5	2.5	2.0	1.5

注：单面走廊房屋的总高度不包括走廊宽度

4.2.4 抗震横墙的间距

为了保证结构的水平刚度，限制横墙间距

房屋抗震横墙最大间距 (m)

房屋类型	烈度			
	6	7	8	9
现浇或装配整体式钢筋混凝土楼、屋盖	18	18	15	11
装配式钢筋混凝土楼、屋盖	15	15	11	7
木楼、屋盖	11	11	7	4

4.2.5 房屋的局部尺寸

在强烈地震作用下，房屋首先在薄弱部位破坏，这些薄弱部位一般是，窗间墙、尽端墙段、突出屋顶的女儿墙等。

房屋局部尺寸限值(m)

部位	烈度			
	6	7	8	9
承重窗间墙最小宽度	1.0	1.0	1.2	1.5
承重外墙尽端至门窗洞边的最小距离	1.0	1.0	1.2	1.5
非承重外墙尽端至门窗洞边的最小距离	1.0	1.0	1.0	1.0
内墙阳角至门窗洞边的最小距离	1.0	1.0	1.5	2.0
无锚固女儿墙(非出入口处)的最大高度	0.5	0.5	0.5	0.0

注：1 局部尺寸不足时应采取局部加强措施弥补；

2 出入口处的女儿墙应有锚固；

3 多层多排柱内框架房屋的纵向窗间墙宽度，不应小于1.5m。

4.3 多层砌体结构的抗震计算

- 只需验算不利墙段在水平地震力作用下墙体自身平面内的抗剪承载力。

基本步骤：

- 1、确立计算简图；
- 2、分配地震剪力；
- 3、对不利墙段进行抗震验算。

4.3.1 计算简图

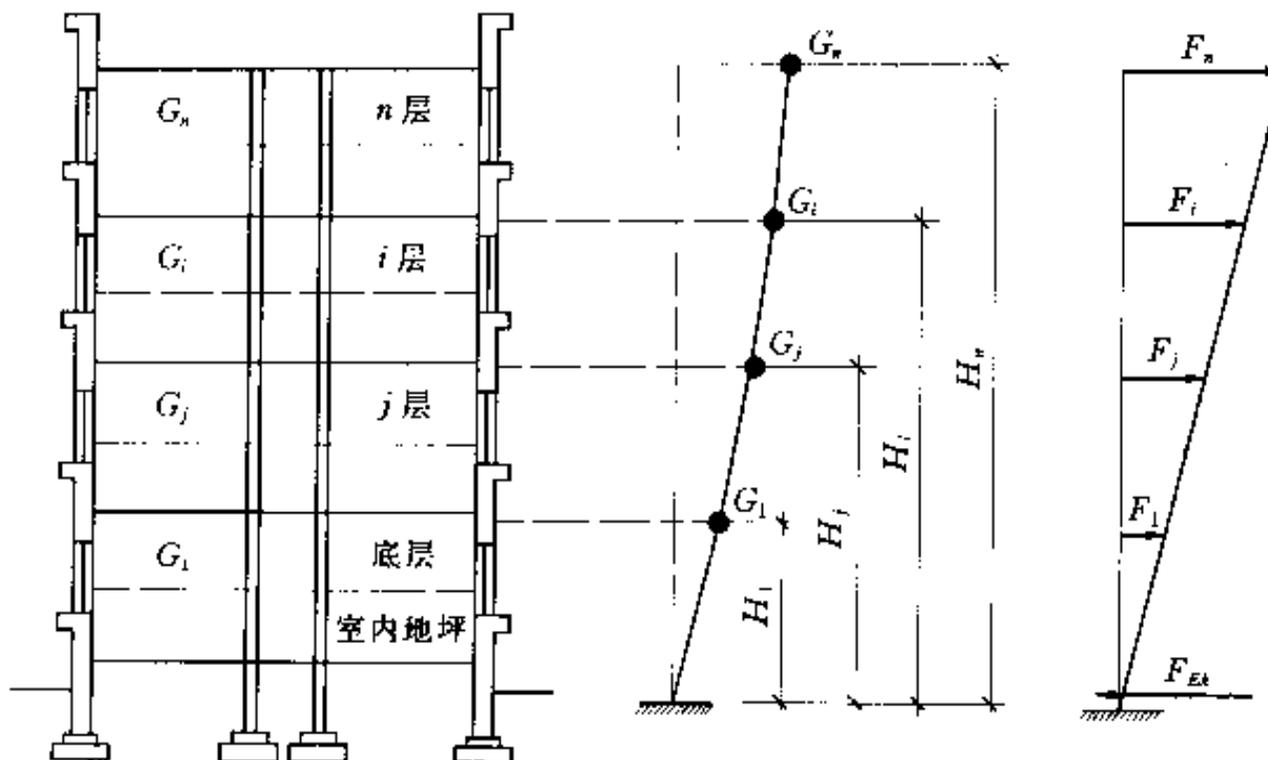


图 5-9 多层砌体房屋的计算简图

图中的 G_i 包括楼（屋）盖重力荷载代表值及上下层墙体、构造柱各一半的重力荷载。

底部固端位置：浅基础取为基础顶面；深基础取为室外地坪下**0.5m**处；

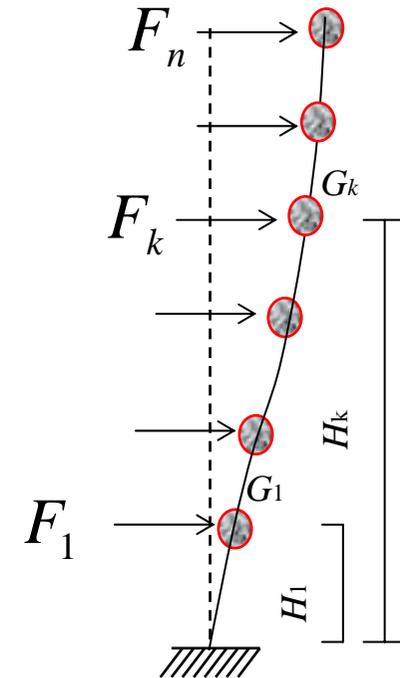
4.3.2地震剪力的计算与分配

1、楼层水平地震剪力

- 采用底部剪力法计算水平地震作用

$$F_{Ek} = \alpha_{\max} G_{eq}$$

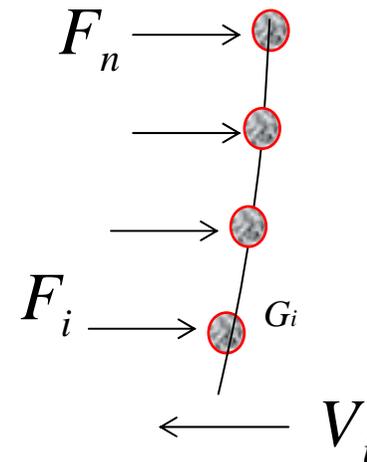
$$F_i = \frac{G_i H_i}{\sum_{i=1}^n G_i H_i} F_{Ek}$$



4.3.2地震剪力的计算与分配

- 1、楼层水平地震剪力
- 采用底部剪力法计算水平地震作用

$$V_i = \sum_{j=i}^n F_j$$



注：对突出屋面的结构，其地震作用应扩大三倍，但增大部分不下传。

例题：4-1

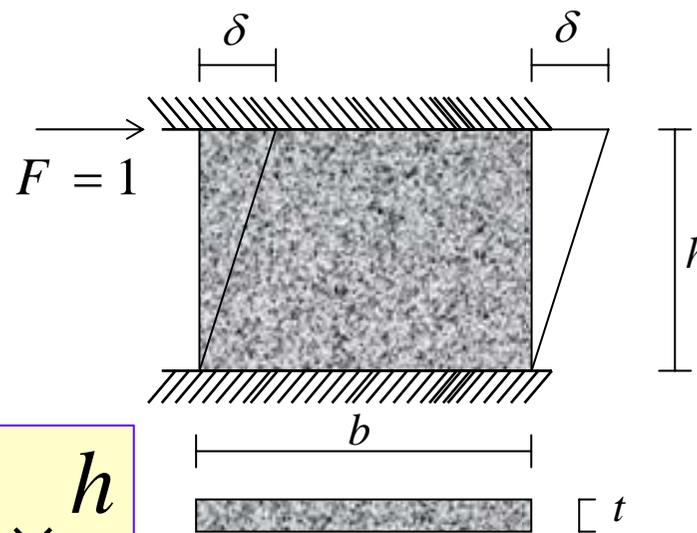
4.3.2地震剪力的计算与分配

2、墙体侧移刚度

墙体、墙段的侧移柔度包括层间弯曲变形 δ_b 和剪切变形 δ_s

$$\delta_b = \frac{h^3}{12EI} = \frac{1}{Et} \left(\frac{h}{b}\right)^3$$

$$\delta_s = \frac{\xi h}{AG} = \frac{\xi h}{btG} = \frac{1.2h}{bt \cdot 0.4E} = \frac{3}{Et} \times \frac{h}{b}$$



2、墙体侧移刚度——实心墙段

$$\delta_b = \frac{h^3}{12EI} = \frac{1}{Et} \left(\frac{h}{b}\right)^3$$

$$\delta_s = \frac{\xi h}{AG} = \frac{3}{Et} \times \frac{h}{b}$$

《规范》规定：

1) 当 $h/b < 1$ 时，剪切变形主导

$$K = \frac{1}{\delta_s} = \frac{Et}{3} \times \frac{b}{h}$$

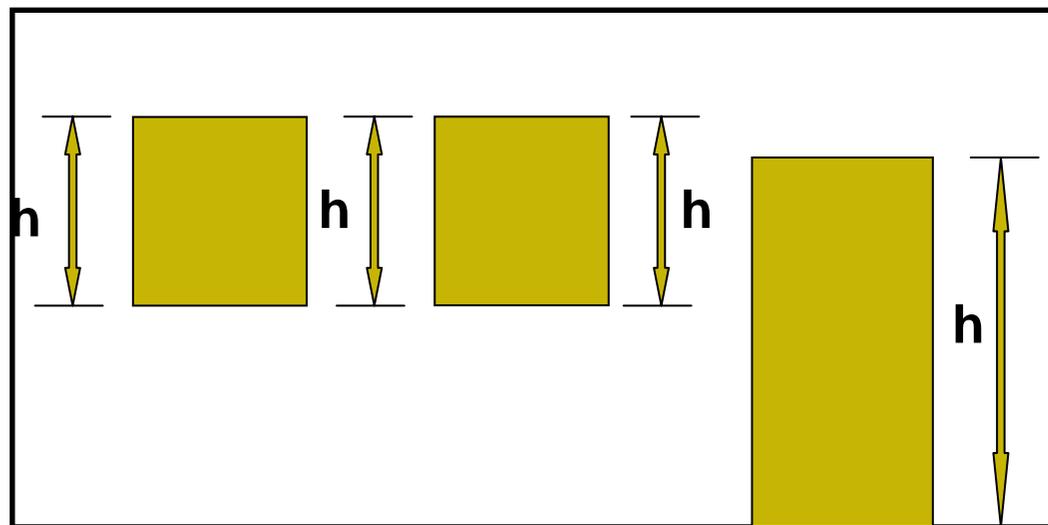
2) 当 $4 \geq h/b \geq 1$ 时，两种变形均考虑

$$K = \frac{1}{\delta_b + \delta_s} = \frac{Et}{\frac{h}{b} \left[\left(\frac{h}{b}\right)^2 + 3 \right]}$$

3) 当 $h/b > 4$ 时，侧移柔度很大，取 $k=0$

2、 墙体侧移刚度——实心墙段

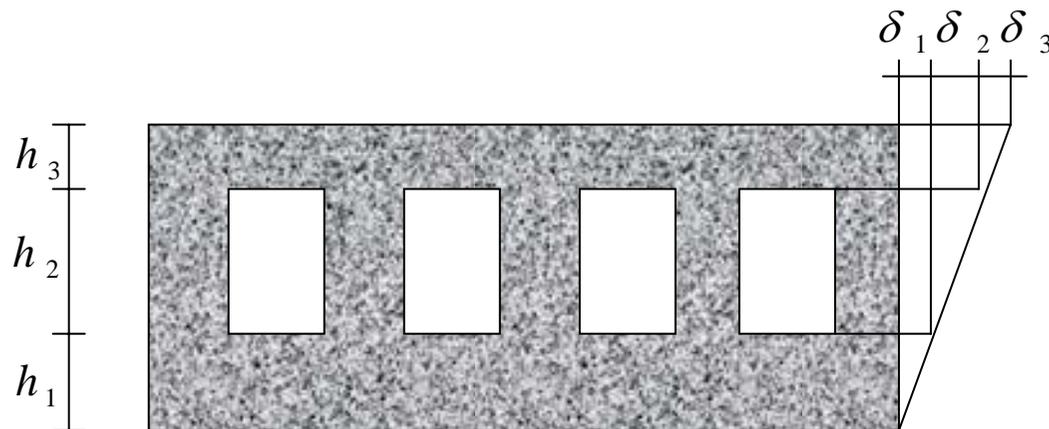
判别 h/b 的范围时 h 的取法:



有洞墙体——规则洞口情况

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3$$

$$\delta_i = \frac{1}{k_i}$$

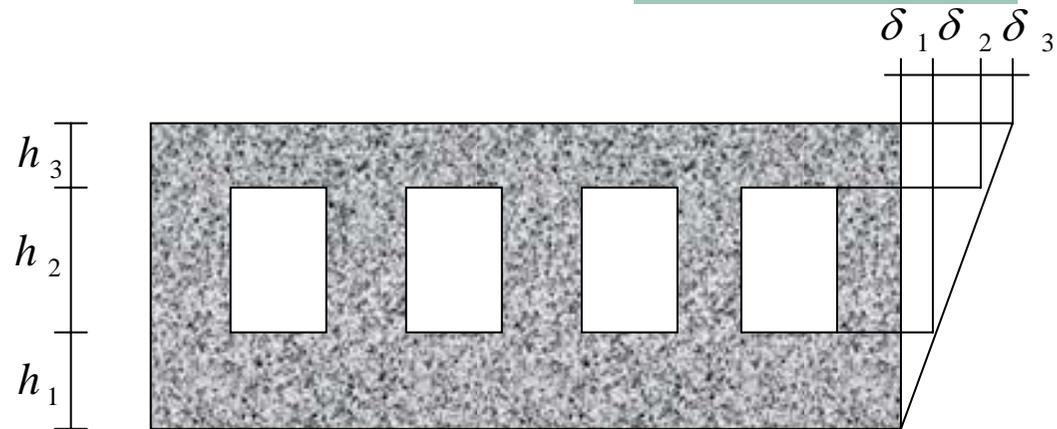


$$k = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \delta_i}$$

有洞墙体——规则洞口情况

对于水平实心墙带

$$k_i = \frac{Et}{3} \frac{b}{h_i} \quad i = 1, 3$$



对于窗间墙

$$k_i = \sum_{r=1}^s k_{ir} \quad i = 2$$

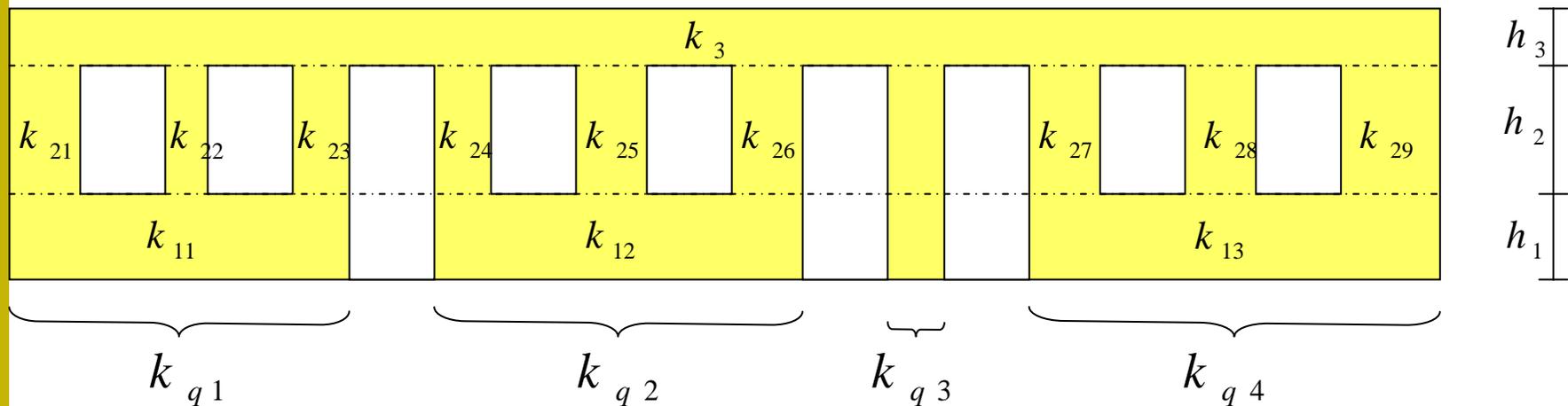
$h_{ir}/b_{ir} < 1$ 时

$$k_{ir} = \frac{Et b_{ir}}{3 h_{ir}}$$

$1 \leq \frac{h_{ir}}{b_{ir}} \leq 4$ 时

$$k_{ir} = \frac{Et}{3 \frac{h_{ir}}{b_{ir}} + \left(\frac{h_{ir}}{b_{ir}}\right)^3}$$

有洞墙体——不规则洞口情况



$$k_{q1} = \frac{1}{\frac{1}{k_{11}} + \frac{1}{k_{21} + k_{22} + k_{23}}}$$

$$k_{q2} = \frac{1}{\frac{1}{k_{12}} + \frac{1}{k_{24} + k_{25} + k_{26}}}$$

$$k_{q4} = \frac{1}{\frac{1}{k_{13}} + \frac{1}{k_{27} + k_{28} + k_{29}}}$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{k_{q1} + k_{q2} + k_{q3} + k_{q4}} + \frac{1}{k_3}}$$

小开口墙段

- 对于小开口墙段，按不考虑开洞墙计算刚度，然后根据墙体开洞率乘以适当的洞口影响系数。

墙段洞口影响系数

开洞率	0.10	0.20	0.30
影响系数	0.98	0.94	0.88

注：开洞率为洞口面积与墙段毛面积之比；
窗洞高度大于层高**50%**时，按门洞对待。

3、楼层地震剪力在各墙体间的分配

- 一个方向的楼层水平地震剪力由与该方向平行的所有墙体共同来承受。

(1) 横向楼层地震剪力的分配

- 刚性楼盖
- 柔性楼盖
- 中等刚度楼盖

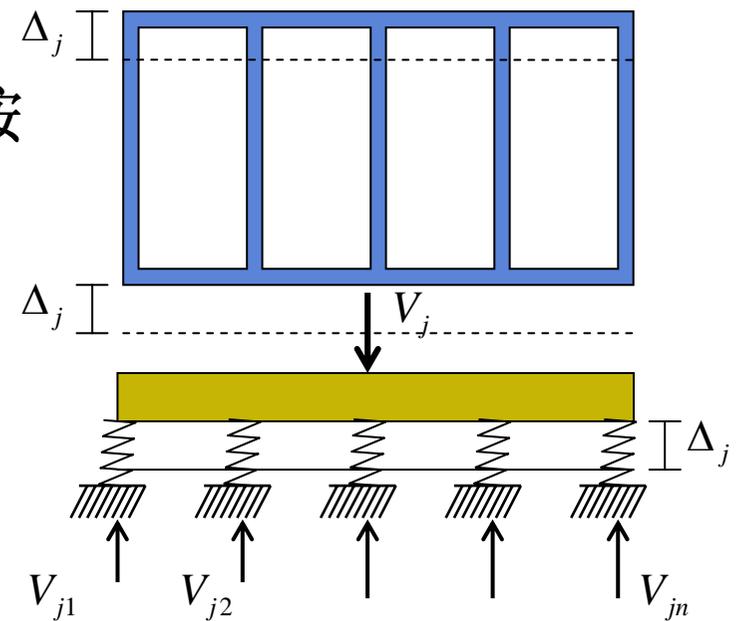
横向楼层地震剪力的分配

■ 刚性楼盖

各横墙产生相等的层间位移，故按照各墙体的侧移刚度比例分配：

$$V_{ij} = \frac{K_{ij}}{\sum_{j=1}^m K_{ij}} V_i$$

$$K = \frac{Etb}{3h} = \frac{EA}{3h}$$



各横墙一致且无洞口时，
上式相当于：

$$V_{ij} = \frac{A_{ij}}{\sum_{j=1}^m A_{ij}} V_i$$

横向楼层地震剪力的分配

■ 柔性楼盖

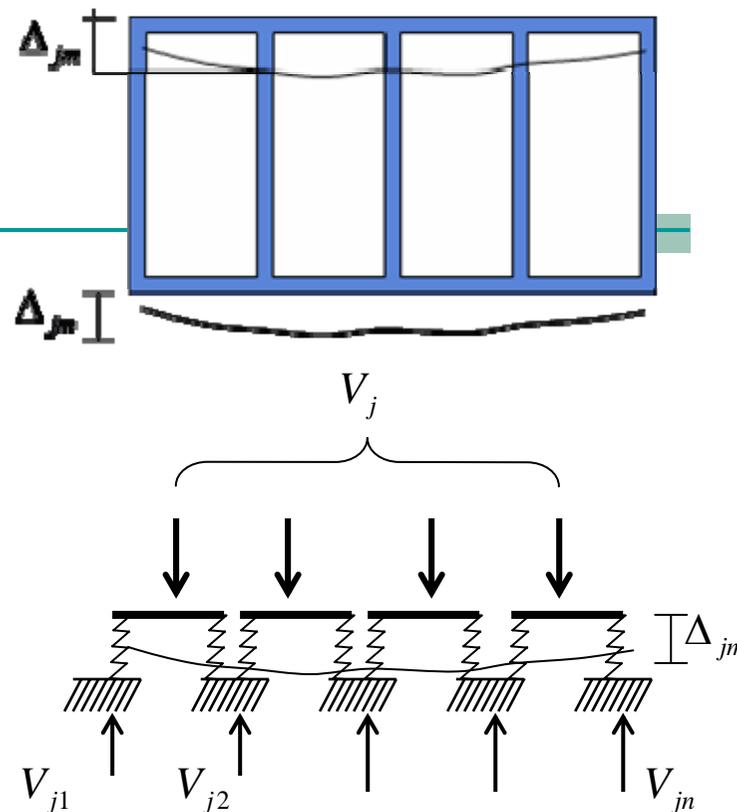
楼盖刚度小，各横墙产生的层间位移不相等，位移取决于从属面积上的楼盖重力荷载代表值引起的地震作用。

$$V_{ij} = \frac{G_{ij}}{G_i} V_i$$

当楼层上重力荷载均匀布置时：

$$V_{ij} = \frac{A_{ij}^f}{A_i^f} V_i$$

A_{ij}^f ：i层 j横墙的从属面积。



横向楼层地震剪力的分配

- 中等刚度楼盖

取前两种的平均值

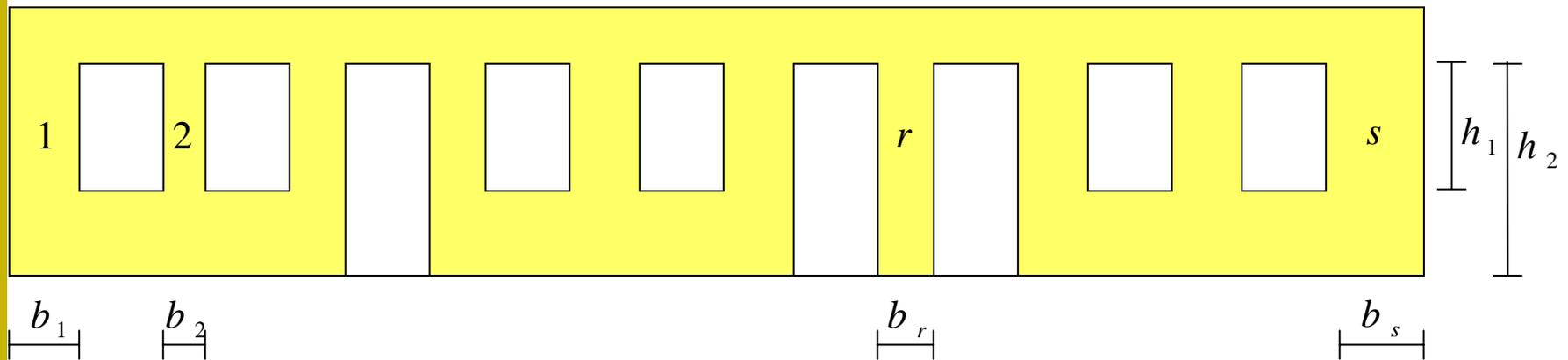
$$V_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{K_{ij}}{\sum_{j=1}^m K_{ij}} + \frac{G_{ij}}{G_i} \right) V_i = \frac{1}{2} \left(\frac{A_{ij}}{A_i} + \frac{A_{ij}^f}{A_i^f} \right) V_i$$

纵向楼层地震剪力的分配

- 由于房屋纵向抗侧刚度大，无论何种楼盖均视为刚性，故

$$V_{ij} = \frac{K_{ij}}{\sum_{j=1}^n K_{ij}} V_i$$

同一道墙上各墙肢间地震剪力的分配



第m道墙第r墙段所分配的地震剪力为：

$$V_{mr} = \frac{k_{mr}}{\sum_{i=1}^s k_{mi}} V_{jm}$$

例题4-2

4.3.3 墙体抗震强度验算

1、砌体抗剪强度理论

1) 主拉应力强度验算公式（砖砌体）：

$$\text{主拉应力: } \sigma_1 = -\frac{\sigma_0}{2} + \sqrt{\left(-\frac{\sigma_0}{2}\right)^2 + \tau^2} \leq f_t$$

2) 剪切摩擦强度理论（砌块砌体）：

$$f_v = f_{v_0} + \mu\sigma_0$$

规范的砌体抗震强度设计值

各类砌体沿阶梯形截面破坏的抗剪强度设计值

$$f_{VE} = \xi_N f_V$$

f_V —— 非抗震设计的砌体抗剪强度设计值，按《砌体结构设计规范》采用；

ξ_n —— 砌体强度正应力影响系数，按下表确定：

砌体强度的正应力影响系数 ξ_n

砌体类别	σ_0 / f_V							
	0.0	1.0	3.0	5.0	7.0	10.0	15.0	20.0
普通粘土砖,多孔粘土砖	0.80	1.00	1.28	1.50	1.70	1.95	2.32	
混凝土小砌块		1.25	1.75	2.25	2.60	3.10	3.95	4.80

σ_0 为对应与重力荷载代表值的砌体截面平均压应力。

4.3.3 墙体抗震强度验算

2、砌体截面抗震强度验算

验算承受剪力较大的、或竖向压应力较小的、或局部截面较小的不利墙段。

无筋砌体：

$$V \leq \frac{f_{VE} A}{\gamma_{RE}}$$

γ_{RE} ：承载力抗震调整系数。墙体两端设构造柱时取**0.9**；自承重墙体取**0.75**；其余取**1.0**。

当按上式验算不能满足时，除采用配筋砌体的提高承载力外，尚可采用在墙段中部增设构造柱的方法。

4.3.3 墙体抗震强度验算

2、砌体截面抗震强度验算

横向配筋砌体：

$$V \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (f_{VE} + \xi_s f_y \rho_V) A$$

ρ_V -层间墙体体积配筋率；

ξ_s -钢筋参与工作系数。

墙体高宽比	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2
ξ_s	0.10	0.12	0.14	0.15	0.12

墙体较合理的配筋量在**0.07%~0.17%**之间

4.3.3 墙体抗震强度验算

2、砌体截面抗震强度验算

混凝土小型砌块砌体

$$V \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} [f_{VE}A + (0.3f_tA_c + 0.05f_yA_s)\xi_c]$$

ξ_c : 芯柱影响系数

填孔率 ρ	$\rho < 0.15$	$0.15 \leq \rho < 0.25$	$0.25 \leq \rho < 0.5$	$\rho \geq 0.5$
ξ_c	0.0	1.0	1.10	1.15

填孔率:芯柱根数与孔洞总数之比。

例题4-3

4.4 多层砌体结构抗震构造措施

- 目的:

加强结构的整体性;

保证抗震计算目的的实现;

弥补抗震计算的不足。

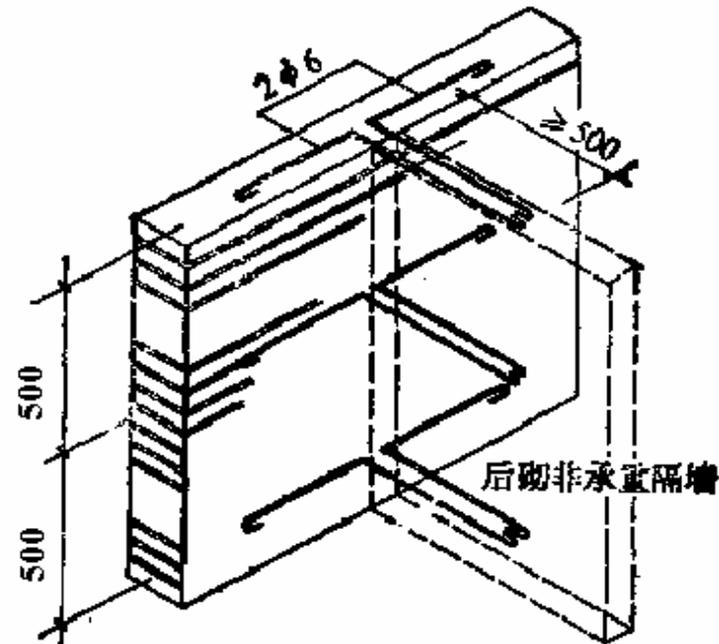
4.4.1 加强结构的连接

1、纵横墙的连接

对7度区层高超过**3.6m**或长度大于**7.2m**的大房间以及8度、9度时外墙转角及内外墙交接处，未设构造柱时，应沿墙高每隔**0.5m**配置**2 ϕ 6**拉结钢筋，并每边伸入墙内不少于**1m**。

如图4-12

后砌的非承重墙应沿墙高每隔**0.5m**配置**2 ϕ 6**钢筋与承重墙或柱拉结，并每边伸入墙内不少于**0.5m**。



4.4.1 加强结构的连接

1、纵横墙的连接

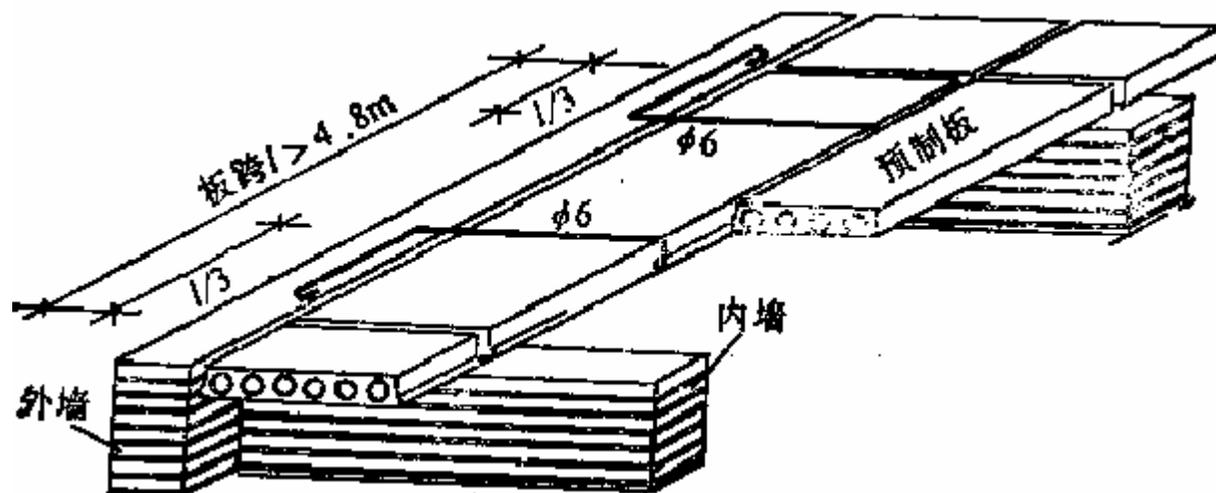
混凝土小砌块房屋墙体交接处或芯柱与墙体连接处应沿墙高每隔**0.6m**设置 $\phi 6$ 点焊钢筋网片，网片每边伸入墙内不少于**1m**。

4.4.1 加强结构的连接

2、楼板间及楼板与墙体的连接

钢筋混凝土预制板之间及其与板、墙和圈梁之间的连接要可靠 图4-13、4-14

现浇钢筋混凝土楼板伸入墙内的长度一般不小于**120mm**，在梁上不小于**80mm**。



4.4.2 设置钢筋混凝土构造柱和芯柱

1、构造柱和芯柱的作用

- 试验研究表明：构造柱对开裂后的墙体主要起着约束作用，使其延性增加，抗倒塌能力大大提高；

2、设置要求

1) 构造柱

- 根据抗震能力大小的不同，按下表的要求设置

砖房构造柱的设置要求

房屋层数				设置部位	
6度	7度	8度	9度		
四、五	三、四	二、三		外墙四角， 错层部位横 墙与外纵墙 交接处较大 洞口两侧， 大房间内外 墙交接处	
六、七	五	四	二		7、8度时，楼、电梯的四角，每隔15m左右的 横墙或单元横墙与外墙交接处
八	六、七	五、六	三、四		隔开间横墙(轴线)与外墙交接处,山墙与内纵墙 交接处,7-9度时,楼、电梯的四角
				内墙(轴线)与外墙交接处,内墙的局部较小墙垛 处,7-9度时,楼、电梯的四角,9度时,内纵墙与横 墙(轴线)交接处	

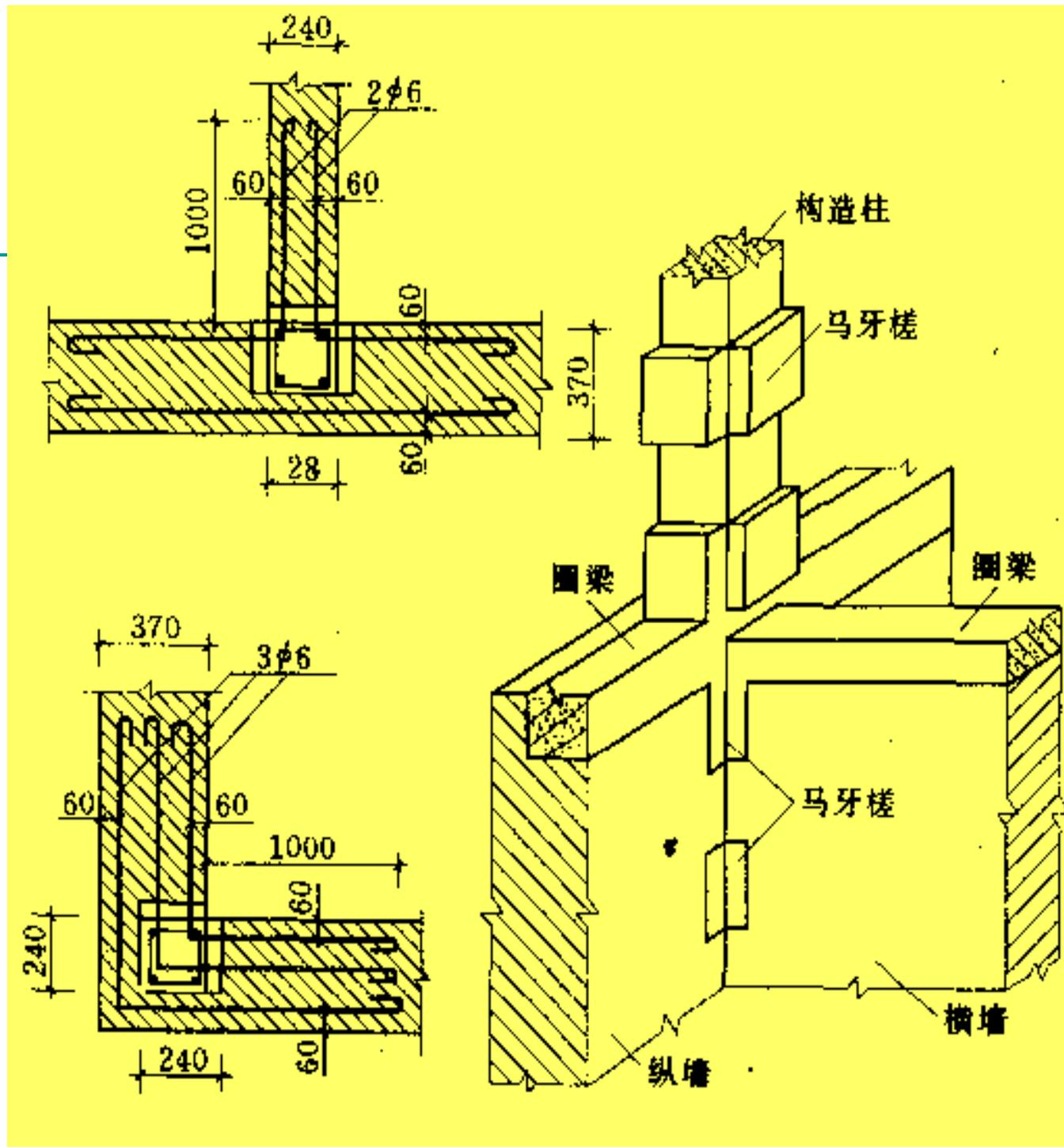
外廊式和单面走廊式的多层房屋，应根据房屋增加一层后的层数，按上表设置构造柱，且单面走廊两侧的纵墙均应按外墙处理。

教学楼、医院等横墙较少的房屋，应根据房屋增加一层后的层数，按上表设置构造柱；当教学楼、医院等横墙较少的房屋为外廊式或单面走廊式时，应按前款要求设置构造柱，但6度不超过四层、7度不超过三层和8度不超过二层时，应按增加二层后的层数考虑。

构造柱

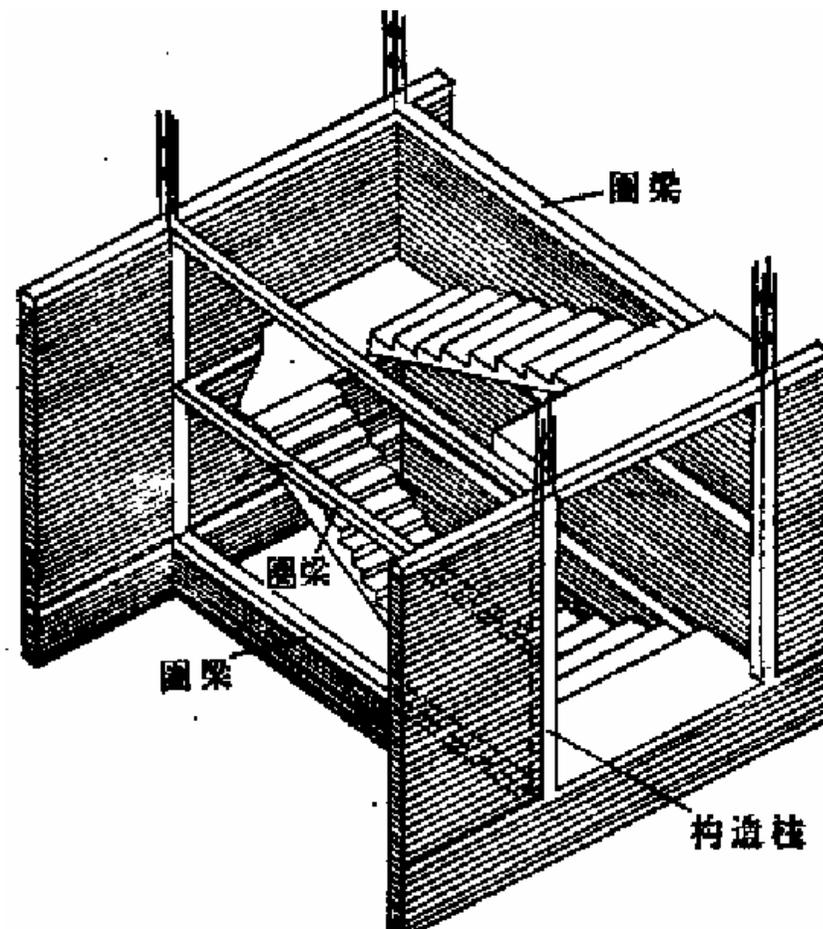
- 构造柱的截面不应小于**240mm×180mm**；
- 箍筋间距不宜大于**250mm**或**200mm**；
- 房屋四角的构造柱可适当加大截面及配筋。
- 构造柱与墙的连接应先砌墙、后浇混凝土，墙应砌成马牙槎，并应沿墙高设水平拉结钢筋；

构造柱



构造柱

- ❖ 构造柱与圈梁连接处，构造柱纵筋应穿过圈梁，无圈梁楼层处应增设配筋砖带，钢筋伸入构造柱拉结。配筋砖带截面高度不少于4皮砖，砂浆强度等级不低于M5；
- ❖ 构造柱可不单独设置基础，但应伸入室外地坪以下500mm，或锚入基础圈梁内。



4.4.2 设置钢筋混凝土构造柱和芯柱

2) 芯柱（砌块房屋）

- 分中、小型砌块分别设置

芯柱

混凝土小砌块房屋应按下表要求设置钢筋混凝土芯柱；对医院、教学楼等横墙较少的房屋，应根据房屋增加一层后的层数按下表要求设置芯柱。

房屋层数			设置部位	设置数量
6度	7度	8度		
四、五	三、四	二、三	外墙转角,楼梯间四角;大房间内外墙交接处;隔15m或单元横墙与外纵墙交接处	外墙转角,灌实3个孔; 内外墙交接处,灌实4个孔
六	五	四	外墙转角,楼梯间四角;大房间内外墙交接处;山墙于内纵墙交接处,隔开间横墙(轴线)与外纵墙交接处	
七	六	五	外墙转角,楼梯间四角;各内墙(轴线)与外纵墙交接处;8、9度时,内纵墙与横墙(轴线)交接处和洞口两侧	外墙转角,灌实5个孔;内外墙交接处,灌实4个孔;内墙交接处,灌实4~5个孔;洞口两侧各灌实1个孔
	七	六	同上; 横墙内芯柱间距不宜大于2m	外墙转角,灌实7个孔;内外墙交接处,灌实5个孔;内墙交接处,灌实4~5个孔;洞口两侧各灌实1个孔

芯柱

混凝土中砌块房屋芯柱设置部位

烈度	设置部位
6、7	外墙转角、楼梯间四角、山墙与内纵墙交接处、隔开间横墙与外纵墙交接处、大房间内外墙交接处
8	外墙转角、楼梯间四角、横墙与纵墙交接处、横墙门洞两侧、大房间内外墙交接处

芯柱

- 芯柱截面不宜小于**120 mm × 120 mm**。
- 芯柱混凝土强度等级不应低于**C20**。
- 芯柱的竖向钢筋应贯通墙身口与圈梁连接；
- 插筋不应小于**1 φ 12**；8度时超过六层和9度时，插筋不应小于**1 φ 14**；
- 芯柱应伸入室外地面下**500 mm**或与埋深小于**500 mm**的基础圈梁相连。

4.4.3 合理布置圈梁

- 作用：提高刚度，增强整体性，减轻震害；

圈梁

砖房现浇钢筋混凝土圈梁设置要求

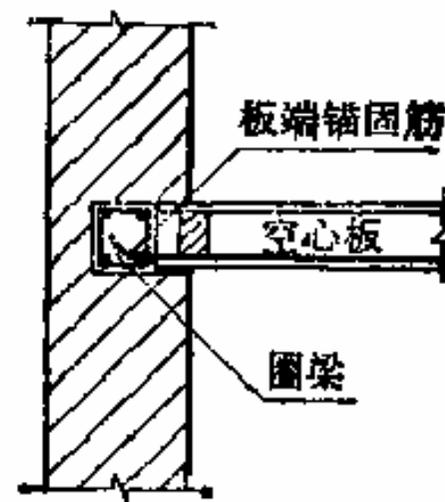
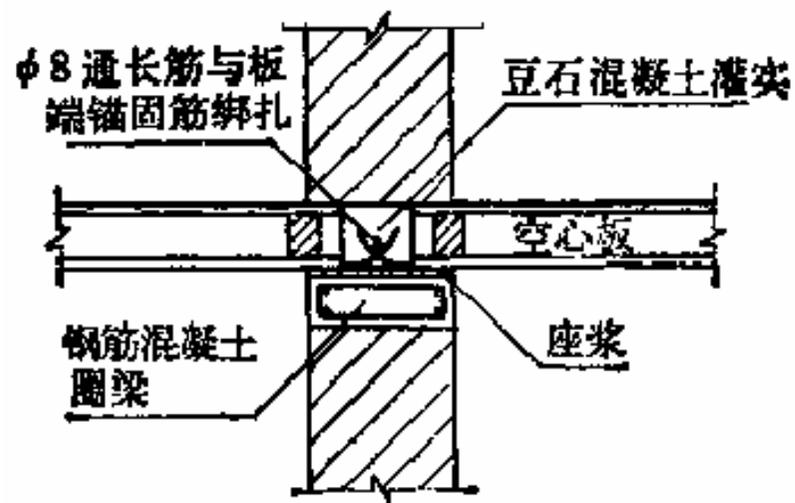
(1) 装配式钢筋混凝土楼盖、屋盖或木楼盖、屋盖的砖房，横墙承重时应按下表的要求设置圈梁，纵墙承重时每层均应设置圈梁，且抗震墙上的圈梁间距应比表内要求适当加密。

墙类	烈度		
	6、7	8	9
外墙及内纵墙	屋盖处及每层楼盖处	屋盖处及每层楼盖处	屋盖处及每层楼盖处
内横墙	同上;屋盖处间距不应大于 7m ，楼盖处间距不应大于 15m ,构造柱对应部位	同上;屋盖处沿所有横墙，且间距不应大于 7m ；楼盖处间距不应大于 7m ,构造柱对应部位	同上;各层所有横墙

圈梁

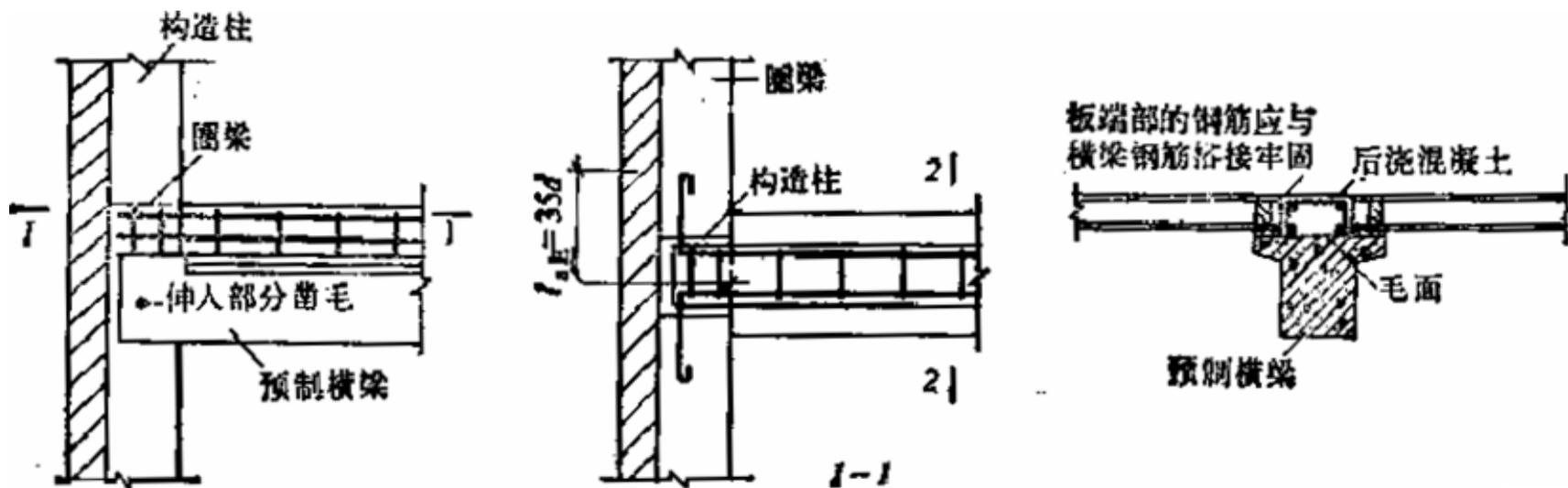
(2) 现浇或装配整体式钢筋混凝土楼盖、屋盖与墙体可靠连接的房屋可不另设圈梁，但楼板沿墙体周边应加强配筋，并应与相应的构造柱钢筋可靠连接。

(3) 圈梁应闭合，遇有洞口应上下搭接，圈梁宜与预制板设在同一标高处或紧靠板底。



圈梁

(4) 圈梁在前表要求的间距内无横墙时，应利用梁或板缝中配筋替代圈梁。



圈梁

圈梁的截面尺寸及配筋

圈梁的截面高度一般不应小于180mm，配筋应符合下表要求，但在软弱粘性土、液化土、新近填土或严重不均匀土层上的砌体房屋的基础圈梁，截面高度不应小于180mm，配筋不应少于 $4\phi 12$ 。

配筋	烈度		
	6、7	8	9
最小纵筋	$4\phi 10$	$4\phi 12$	$4\phi 14$
最大箍筋间距(mm)	250	200	150

4.4.4 重视楼梯间的设计

- 8、9度时，顶层的横墙和外纵墙每**500**高设**2Φ6**的通长钢筋；
- 9度时，在休息平台处设**60**厚配筋砂浆带（**M7.5**，**2Φ10**）；
- 8、9度时，楼梯间及门厅内墙阳角处大梁支承长度**≥500**，且与圈梁连接；
- 装配的楼梯段应与平台板可靠连接；不应采用插入墙内的悬挑踏步，不采用无筋砖砌栏板；
- 突出屋面间，应将构造柱伸到顶部，与圈梁连接，墙中设拉结筋。

4.5 底部框架砌体房屋抗震设计

4.5.1 概述



4.5 底部框架砌体房屋抗震设计

4.5.1 概述

- 上部各层纵横墙较密，重量及侧移刚度较大；而底层框架空间大，侧移刚度却小很多，使房屋的刚度沿竖向发生急剧变化。
- 当底层框架无抗震墙时，在地震作用下，震害主要集中在底层柔性框架部分，变形集中、侧移过大，导致底层破坏和倒塌。如果底层有较强的抗震墙时，其震害情况取决于上部刚度与底部刚度之比。
- 在底部框架房屋发生地震破坏时，各构件的震害表现为“墙比柱重，柱比梁重”。

4.5 底部框架砌体房屋抗震设计

4.5.1 概述

底部抗震墙最大间距

6度	7度	8度	9度
21	18	15	—

总高度 (m)和层数限制

6度		7度		8度		9度	
高度	层数	高度	层数	高度	层数	高度	层数
22	7	22	7	19	6	不宜采用	

4.5.2 抗震计算要点

1、底部剪力

$$V_1 = \xi \alpha_{\max} G_{eq}$$

$$\xi = \sqrt{\gamma} = \sqrt{\frac{k_2}{k_1}}$$

$$1.2 \leq \xi \leq 1.5$$

4.5.2 抗震计算要点

2、框架柱所承担的地震剪力

两道防线：

弹性阶段，由抗震墙承担全部的地震剪力；

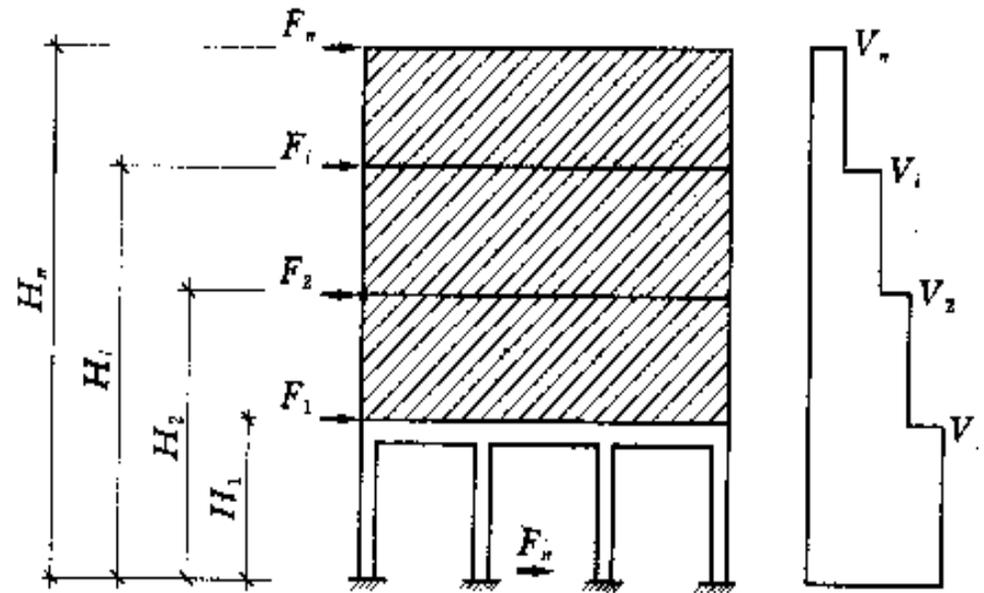
弹塑性阶段：抗震墙和框架柱共同承担地震力。

$$V_c = \frac{K_c}{0.3 \sum K_{wc} + 0.2 \sum K_{wm} + \sum K_c} V_1$$

4.5.2 抗震计算要点

3、地震倾覆力矩

$$M_1 = \sum_{i=2}^n F_i (H_i - H_1)$$



$$M_f = \frac{K'_f}{\sum K'_W + \sum K'_f} M_1$$

$$M_W = \frac{K'_W}{\sum K'_W + \sum K'_f} M_1$$

倾覆力矩在框架柱中所产生的附加轴力：

$$N_{cr} = \pm \frac{A_i x_i}{\sum A_i x_i^2} M_f$$

例题：4-4

4.5.3 抗震构造措施

- 自学

习题

■ P118 4.5、4.6