



内蒙古科技大学

Inner Mongolia University of Science & Technology

混凝土与砌体结构

第四章 砌体结构



第4章 砌体结构

主要内容：

- 概述
- 砌体结构的材料及物理力学性能
- 砌体结构设计基本原理
- 砌体结构构件设计计算
- 墙体的设计计算
- 圈梁、过梁、挑梁和墙梁的设计
- 砌体结构的墙体裂缝

重点：

- ✦ 砌体结构构件设计计算
- ✦ 墙体的设计计算

4.1 概述

砌体结构的定义及分类：

- 由块材和砂浆砌筑而成的墙、柱等作为建筑物主要受力构件的结构称为砌体结构。
- 砌体按照所使用块材的不同，可分为砖砌体、石砌体和砌块砌体等。
- 砌体按照是否配置受力钢筋，可分为配筋砌体和无筋砌体。

4.1 概述

- 由烧结普通砖、烧结多孔砖、蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖作为块体与砂浆砌筑而成的结构称为**砖砌体结构**。
- 由天然毛石或经加工的料石与砂浆砌筑而成的结构称为**石砌体结构**。
- 由普通混凝土、轻骨料混凝土等材料制成的空心砌块作为块体与砂浆砌筑而成的结构称为**砌块砌体结构**。
- 根据需要在砌体的适当部位配置水平钢筋、竖向钢筋或钢筋网作为建筑物主要受力构件的结构则总称为**配筋砌体结构**。

4.1.1 砌体结构的主要优缺点

主要优点：

- (1) **材料来源广泛，易于就地取材**：石材、粘土、砂是天然材料，分布广，价格也较水泥、钢材、木材便宜。此外，工业废料粉煤灰、页岩等都是制作块材的原料，用来生产砖或砌块不仅可以降低造价，也有利于保护环境。
- (2) **造价低**：采用砌体结构较钢筋混凝土结构可以节约水泥和钢材，并且砌体砌筑时不需模板及特殊的技术设备，可以节约木材。新砌筑的砌体上即可承受一定的荷载，因而可以连续施工。

4.1.1 砌体结构的主要优缺点

(3) **耐久性和耐火性好**：在保存至今的古建筑中，砌体结构占相当大的比例，主要原因是砌体结构的材料具有较好的化学稳定性、大气稳定性和耐火性。

(4) **保温、隔热、隔音性能好**：由于砌体结构材料的保温、隔热、隔音性能较好，用于住宅房屋，较易满足相关的建筑功能指标。

4.1.1 砌体结构的主要优缺点

主要缺点：

- (1) **砌体结构自重大**：一般砌体的强度较低，建筑物中墙、柱的截面尺寸较大，材料用量较多，因而结构自重大(在一般砖砌体结构居住建筑中，砖墙重约占建筑物总重的一半)。因此，应加强**轻质高强材料**的研究，以减小截面尺寸减轻结构自重。
- (2) **砌筑砂浆和砖、石、砌块之间的粘结力较弱**，因此无筋砌体的抗拉、抗弯及抗剪强度低，抗震及抗裂性能较差。因此，应研制推广**高粘结性砂浆**，必要时采用**配筋砌体**，并**加强抗震抗裂**的构造措施。

4.1.1 砌体结构的主要优缺点

(3) **砌筑工作繁重**：砌体结构基本采用手工方式砌筑，劳动量大，生产效率低。因此，有必要推广**砌块、混凝土空心墙板**等工业化施工方法。

(4) **占用农田，影响农业生产**：砖砌体结构的粘土砖用量很大，据统计，全国每年生产粘土砖上千亿块，毁坏农田近十万亩，使我国人口多、耕地少的矛盾更加突出。因此，必须加强**工业废料和地方性材料代替粘土实心砖**的研究，以解决上述矛盾。

4.1.2 砌体结构的现状及发展

1. 发展现状

(1) **民用建筑**：民用建筑中的**基础、内外墙、柱**等构件都可用砌体建造。无筋砌体房屋一般可建5~7层，配筋砌块剪力墙结构房屋可建8~18层。

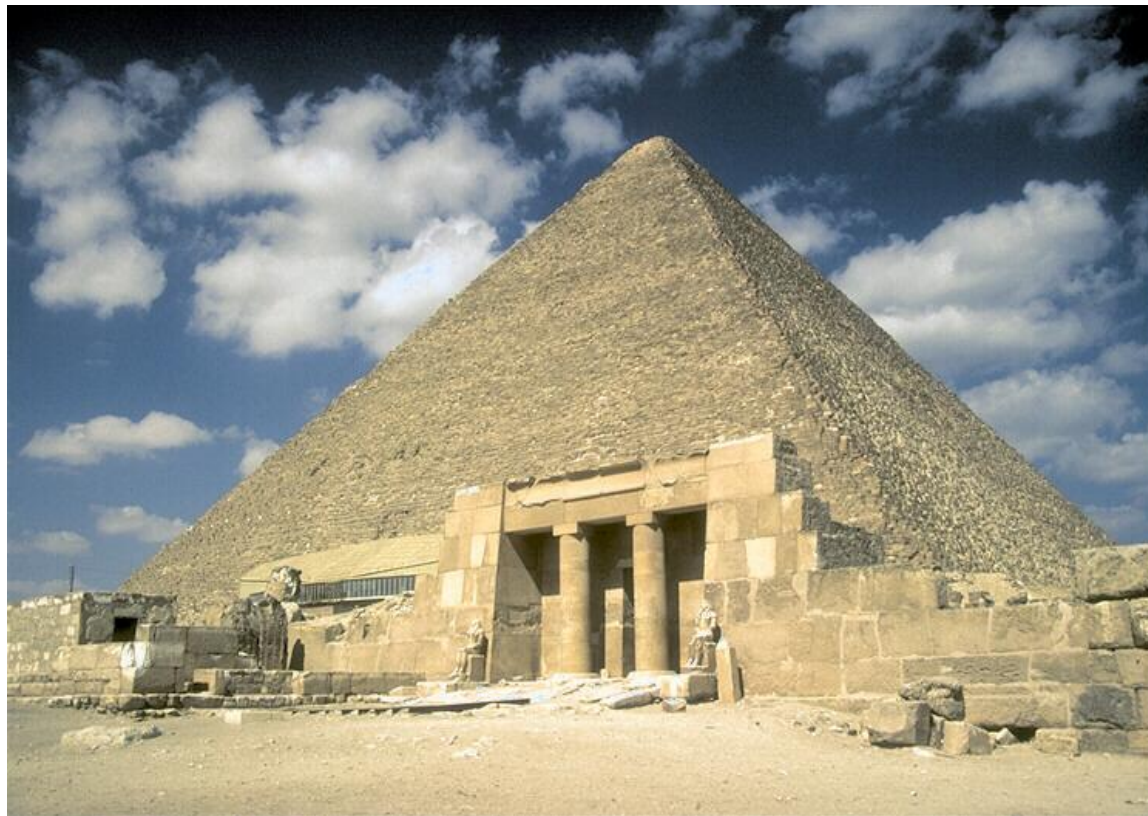
(2) **工业建筑**：工业建筑中砌体主要被用于砌筑**围护墙和填充墙**，另外，**烟囱、料斗、管道支架**、对渗水性要求不高的**水池**等特殊建筑也可用砌体建造。

(3) **交通运输方面**：砌体结构可用于建造**桥梁、隧道工程**，**涵洞、挡土墙**等也常用石材砌筑。在水利建设方面，可以用石材砌筑**坝、堰和渡槽**等。

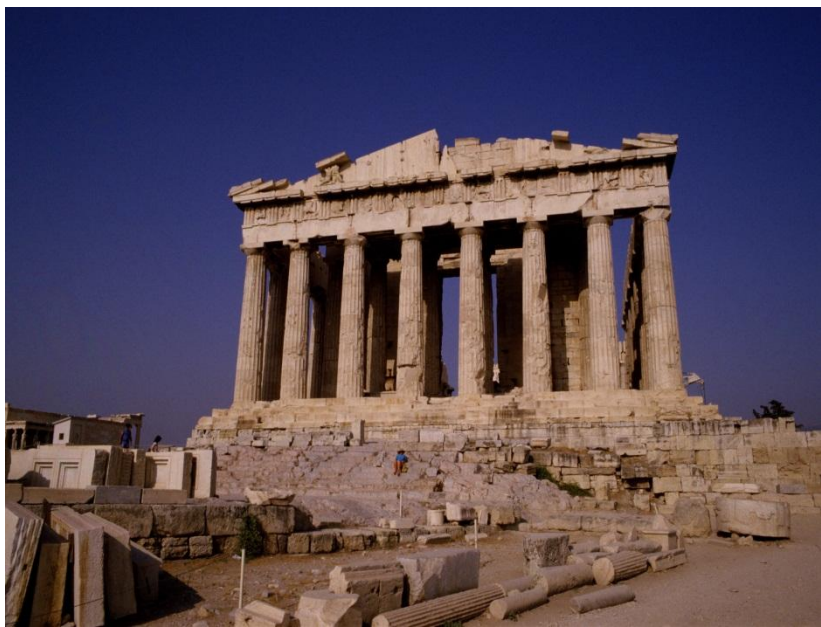
2. 砌体结构的发展简况

埃及胡夫金字塔，是现存世界最古老的石结构。系约公元前3000年埃及第三王朝第二个国王乔赛尔为自己修建的陵墓，是一座用230余万块巨石砌垒起来的高146.6m的伟大建筑。

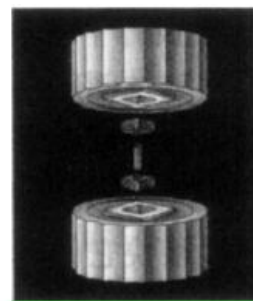
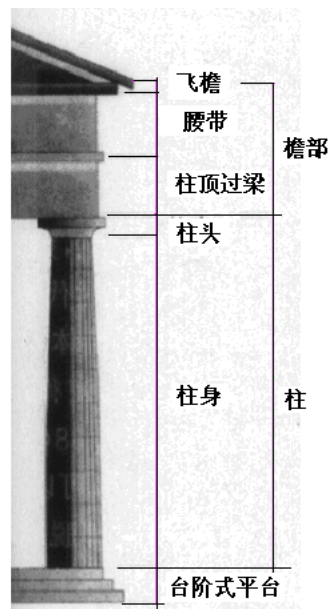
金字塔



从古希腊巴特农神庙的构造可以看出，它是先在地下深处用石灰岩块石做成基础，在基础上砌3或4层大理石平台，在平台上用石块叠成长立柱，在柱顶安放石过梁、石腰带和飞檐，形成人字形屋顶图。立柱通常由几个像鼓一样的单元构件连接而成，它们用埋置在铅内的销钉对中，其间灌有砂浆。在将单元构件仔细连接后，才由熟练雕工雕刻成凹槽。



巴特农神庙



巴特农神庙构造示意图

(a) 柱身做法 (b) 柱身单元构件间的连接 (c) 石块间连接

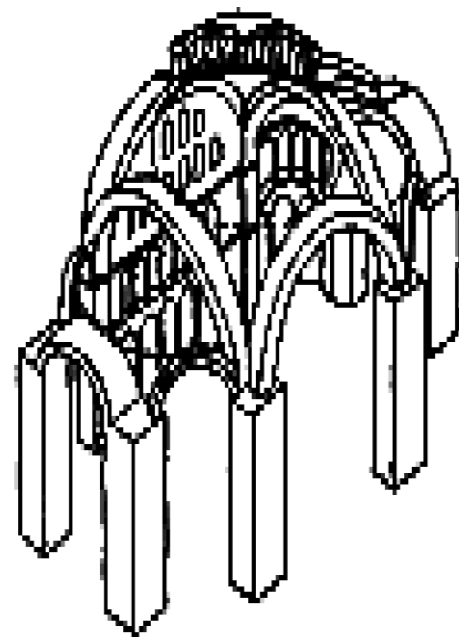
伊斯坦布尔的索菲亚大教堂，建成于公元537年，是一座用砖砌球壳(直径约30m，壳顶离地约50m)、石砌半圆拱和巨型石柱组成的宏伟砖石建筑。



(a) 索非亚大教堂外观



(b) 索非亚大教堂内部

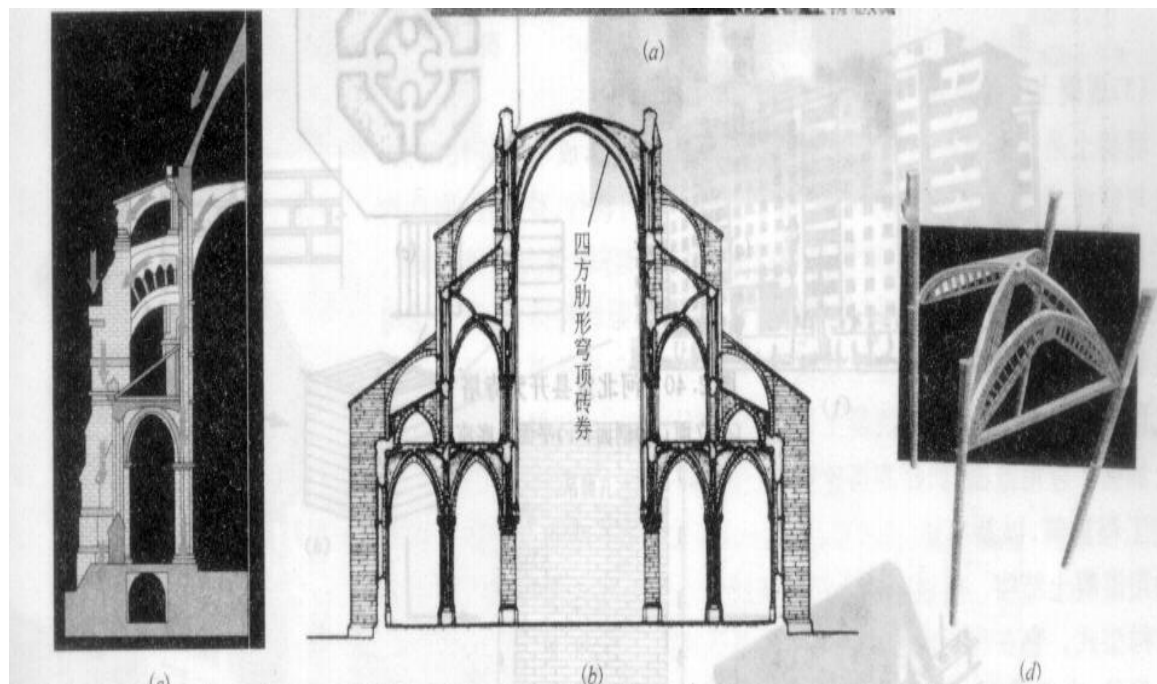


(c) 索非亚大教堂的结构体系

巴黎圣母院是世界著名歌德式教堂建筑，约建成于1180年，建筑平面宽47m，深125m，可容纳万人。采用的是以柱墩骨架、券拱和飞扶壁等组成的砖石框架结构，墙体不承重。



巴黎圣母院



巴黎圣母院结构特征

中国历史上举世闻名的万里长城，它是两千多万年前用“秦砖汉瓦”建造的最伟大的砌体工程之一；

万里长城



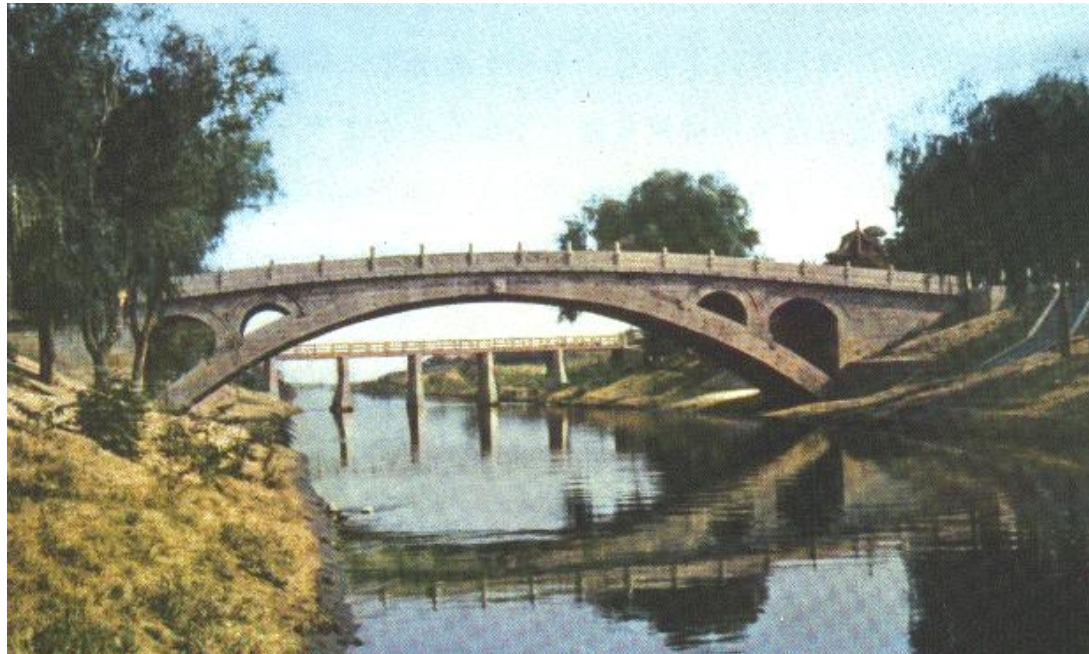
在春秋战国时期兴修水利，如今仍然起灌溉作用的秦代李冰父子修建的都江堰水利工程。



都江堰

1400年前由料石修建的河北赵县的安济桥，这是世界上最早的单孔敞肩式石拱桥，净跨为37.02m，宽约9m，为拱上开洞，既可节约石材，且可减轻洪水期的水压力，它无论在材料使用、结构受力、艺术造型和经济上，都达到了相当高的成就，该桥已被美国土木工程学会选入世界第12个土木工程里程碑。

安济桥



明代建造的南京灵谷寺无梁殿是以砖拱券为主体结构，室内空间为一大型砖拱，总长53.5m，总宽37.35m，纵横两个方向均为砖砌穹拱，无一根梁。外部出檐、斗拱、檁、枋等均以砖石仿造木构件制作。



灵谷寺无梁殿

河北定县开元寺塔(又称料敌塔)于公元1055年建成,是当时世界上最高的砌体结构。它高84.2m,共11层,平面为八边形,底部边长9.8m,采用砖砌双层筒体结构体系。



开元寺塔

3. 砌体结构的发展趋势

(1) 轻质高强：加强对轻质、高强的砖和砌块以及高粘结强度的砂浆的研究。

(2) 约束砌体：设置构造柱和圈梁；在多孔砖和空心砌块的孔洞内配置竖向钢筋，必要时在水平缝内配置横向钢筋；对柱或墙体采用配筋砌体等，增强砌体结构的抗震性能。

(3) 墙体改革：积极发展粘土砖的替代产品，采用非烧结材料，利用工业废料制成蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖、轻集料混凝土砌块以及混凝土小型空心砌块，有利于可持续发展。

(4) 工业化：加速实现块体材料生产的工业化、自动化，采用现代化施工技术，提高砌体结构的质量并减轻手工劳动。

4.2 块体与砂浆的种类和强度等级

一、块体的种类

(1) 烧结普通砖

原料：粘土、页岩、煤矸石、粉煤灰，孔洞率不大于15%

标准砖尺寸：240mm×115mm×53mm

强度等级：MU30、MU25、MU20、MU15、MU10

(2) 烧结多孔砖

原料：同烧结普通砖，但孔洞率不小于15%

尺寸：承重多孔砖目前主要采用P型砖（240×115×90）和M型砖（190×190×90）mm

多孔砖优点：节约粘土，减少砂浆用量，节省墙体造价；减轻块体自重，增强墙体抗震性能。

4.2 块体与砂浆的种类和强度等级

(3) 蒸压灰砂砖和蒸压粉煤灰砖

原料：石灰和砂

尺寸：同烧结普通砖

强度等级：MU25、MU20、MU15、MU10

(4) 砌块

原料：普通混凝土和轻骨料混凝土，**空心率**为25%～50%

尺寸：390×190×90mm

强度等级：MU20、MU15、MU10、MU7.5、MU5

(5) 石材

分类：（按容重）重石和轻石

（按加工后的外形规则程度）料石和毛石

强度等级：MU100、MU80、MU60、MU50～MU20共七级

4.2 块体与砂浆的种类和强度等级

二、砂浆

作用：填满块体间的缝隙，使块体受力均匀，使块体粘结成整体以承受荷载。

分类：水泥砂浆（无塑性掺合料）
混合砂浆（有塑性掺合料）
石灰砂浆（不含水泥）

强度等级： M15、 M10、 M7.5、 M5、 M2.5

对砌体所用砂浆的要求：

- a 符合强度及耐久性要求
- b 具有一定的流动性，在砌筑时能很容易且较均匀的铺开
- c 具有足够的保水性

4.2 块体、砂浆的种类和强度等级

三、块体和砂浆的选择

1. 对于五层及五层以上房屋的墙，以及受振动或层高大于6m的墙、柱所用材料的最低强度等级：**砖MU10、砌块MU7.5、石材MU30、砌筑砂浆M5**；对于安全等级为一级或设计使用年限大于50年的房屋，墙、柱所用材料的最低强度等级，还应比上述规定至少提高一级。

4.2 块体、砂浆的种类和强度等级

2. 对于地面以下或防潮层以下的砌体、潮湿房间的墙所用材料的最低强度等级见下表

基土的潮湿程度	烧结普通砖、蒸压灰砂砖		混凝土砌块	石 材	水泥砂浆
	严寒地区	一般地区			
稍湿的	MU10	MU10	MU7.5	MU30	M5
很湿的	MU15	MU10	MU7.5	MU30	M7.5
含水饱和的	MU20	MU15	MU10	MU40	M10

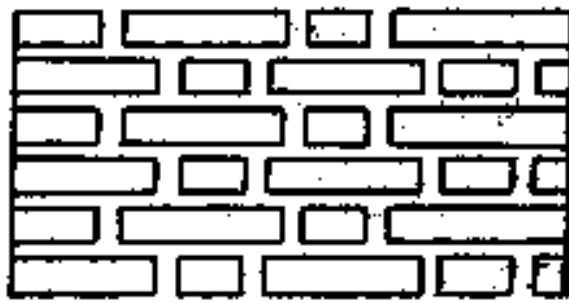
注：在冻胀地区，地面以下或防潮层以下的砌体，当采用多孔砖时，其孔洞应用水泥砂浆灌实；当采用混凝土砌块时，其孔洞应采用强度等级不低于Cb20的混凝土灌实。

4.2 砌体墙的砌筑方式

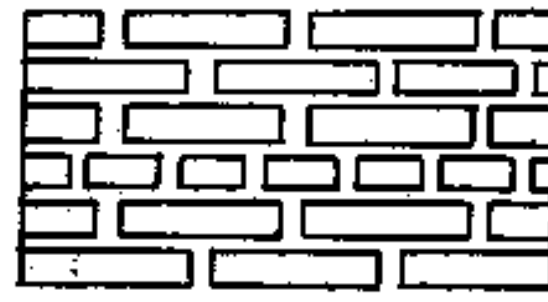
实心砖砌体墙通常采用一顺一丁(砖长面与墙长度方向平行的则为顺砖, 砖短面与墙长度方向平行的则为丁砖)、三顺一丁或梅花丁等砌筑方式。



(a) 一顺一丁



(b) 梅花丁



(c) 三顺一丁

试验表明, 采用同强度等级的材料, 按照上述几种方法砌筑的砌体, 其抗压强度相差不大。但应注意上下两皮顶砖间的顺砖数量愈多, 则意味着宽为240mm的两片半砖墙之间的联系愈弱, 很容易产生“两片皮”的效果而急剧降低砌体的承载能力。

4.3 砌体的受压性能

一、砌体的受压破坏过程与特点

第一阶段：自受力到单块砖内出现竖向裂缝。

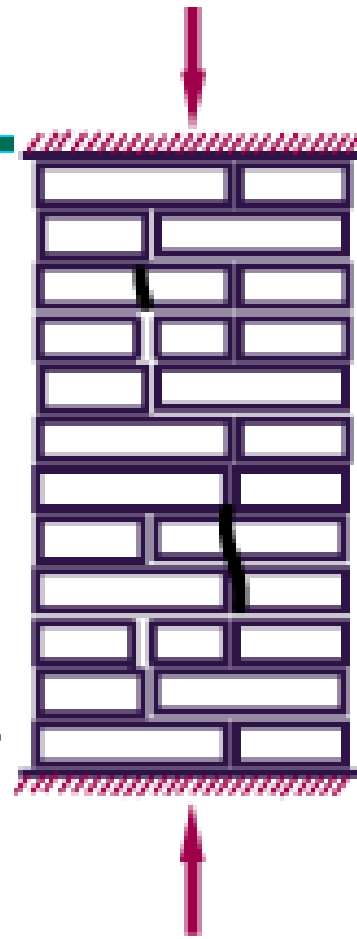
特点：停止加载，裂缝停止发展

第二阶段：单块砖内裂缝发展、连接并穿过若干皮砖

特点：荷载不变，裂缝仍将继续发展

第三阶段：裂缝贯通，将砌体分成几个1/2砖立柱，失稳

特点：因个别块体被压碎或小立柱失稳而破坏



4.3 砌体的受压性能

一、砌体的受压破坏过程与特点

第一阶段：自受力到单块砖内出现竖向裂缝。

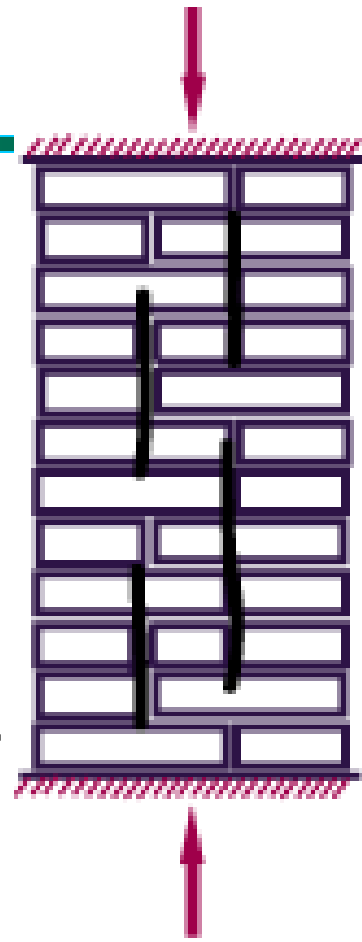
特点：停止加载，裂缝停止发展

第二阶段：单块砖内裂缝发展、连接并穿过若干皮砖

特点：荷载不变，裂缝仍将继续发展

第三阶段：裂缝贯通，将砌体分成几个1/2砖立柱，失稳

特点：因个别块体被压碎或小立柱失稳而破坏



4.3 砌体的受压性能

一、砌体的受压破坏过程与特点

第一阶段：自受力到单块砖内出现竖向裂缝。

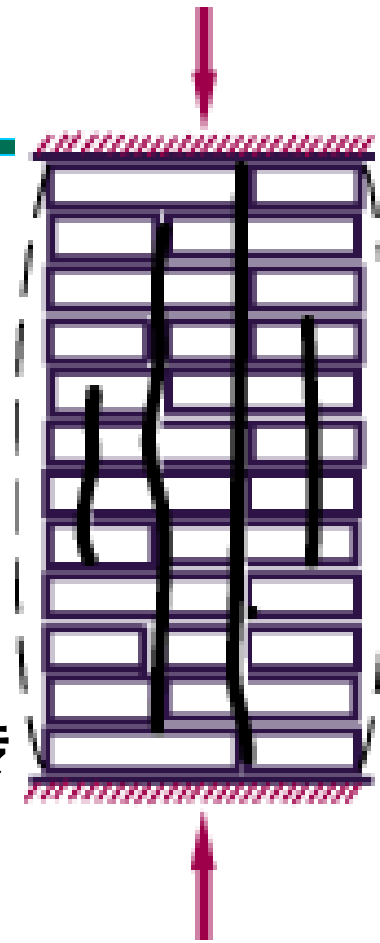
特点：停止加载，裂缝停止发展

第二阶段：单块砖内裂缝发展、连接并穿过若干皮砖

特点：荷载不变，裂缝仍将继续发展

第三阶段：裂缝贯通，将砌体分成几个1/2砖立柱，失稳

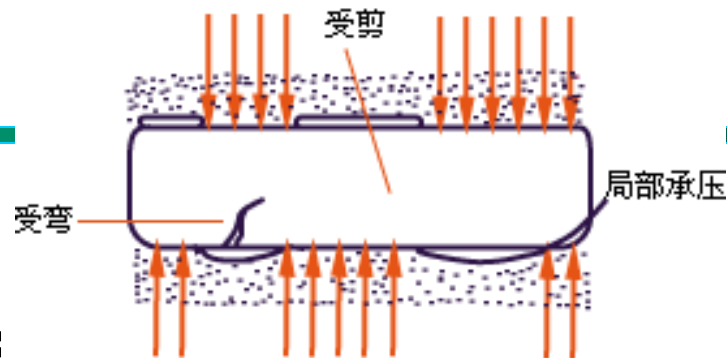
特点：因个别块体被压碎或小立柱失稳而破坏



4.3 砌体的受压性能

二、受压砌体应力状态的分析

受压砌体中块体和砂浆应力状态的特点：



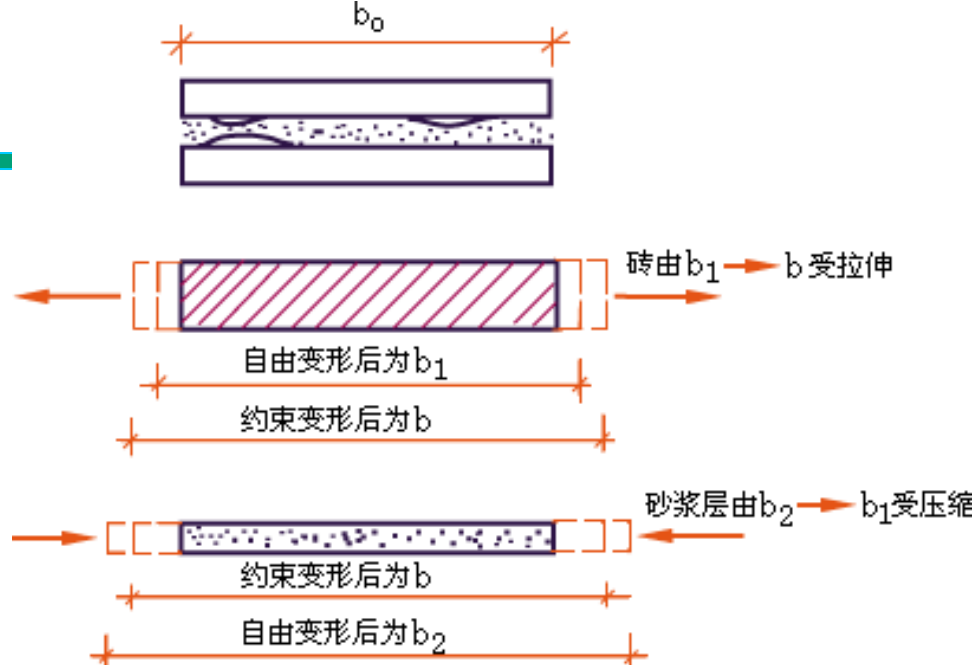
(1) 块体处于压、弯、剪的复杂应力状态。

由于块体表面不平整，砂浆铺砌厚度和密实性不均匀，使单个块体不均匀受压，同时受到弯矩和剪力作用。

由于块体的抗弯、抗剪强度远低于抗压强度，因此砌体在受压第一阶段，较早地出现单个块体裂缝。

块体处于压、弯、剪的复杂应力状态，导致块体的抗压能力不能充分发挥，所以砌体抗压强度低于块体抗压强度。

4.3 砌体的受压性能



(2) 块体与砂浆间的交互作用

砌体横向变形时，块体和砂浆共同变形。但由于两者的弹性模量及横向变形系数不一致，通常中、低等级砂浆的横向变形比块体大，因此砂浆横向变形时将使块体受拉，使块体处于竖向受压、横向受拉状态，其抗压强度降低。另一方面，由于砂浆的变形受到块体的约束而横向受压，使砂浆处于三向受压状态，因此即使采用的砂浆强度为零，砌体仍有一定的抗压强度。

4.3 砌体的受压性能

(3) 在块体间的竖向灰缝处存在应力集中

由于竖向灰缝不可能填满，使得砂浆与块体的粘结力不足以保证砌体的整体性，造成竖向灰缝内存在拉应力和剪应力，使得块体受力更为不利。

4.3 砌体的受压性能

三、影响砌体抗压强度的因素

1. 块体的种类、强度等级和形状

块体的强度越高，砌体的抗压强度越高；

块体高度越大，其抗弯、抗剪能力增大，砌体抗压强度越高；

块体形状越规则，表面越平整，则受弯、受剪作用越小，砌体抗压强度越高。

2. 砂浆的强度等级

砂浆的强度越高，变形越小，在块体中产生的附加拉力越小，砌体的抗压强度越高。

4.3 砌体的受压性能

2. 砂浆的种类和灰缝厚度

水泥砂浆容易失水而降低流动性，影响铺砌质量和砌体抗压强度；混合砂浆流动性和保水性较好，因此**同一强度等级的混合砂浆砌筑的砌体强度要比水泥砂浆砌筑的砌体强度高。**

砂浆的灰缝厚度较大，容易铺砌均匀，对改善单块砖的受力性能有利，但**过厚时**，将使砂浆的横向变形增大，对块体的横向拉力增大，产生不利影响。**过薄时**，块体表面不平整造成的弯、剪作用将增大，降低砌体的抗压强度。

对于砖和小型砌块砌体，灰缝厚度应控制在10~12mm。

4.3 砌体的受压性能

3. 砌筑质量

砂浆铺砌 **饱满、均匀**，可改善块体在砌体中的受力性能，使之较均匀地受压而提高砌体的抗压强度；反之，则降低砌体强度。同时，块体在砌筑前要提前浇水湿润，以增加块体和砂浆的粘结性能。

四、砌体抗压强度平均值计算公式

$$f_m = k_1 f_1^\alpha \left(1 + 0.07 f_2 \right) k_2$$

4.4 砌体的轴心抗拉、抗弯、抗剪性能

(a) 砌体的轴心受拉破坏形态

➤ 沿块体与竖向灰缝截面破坏

➤ 沿齿缝截面破坏

➡ 砂浆与块体间粘结强度

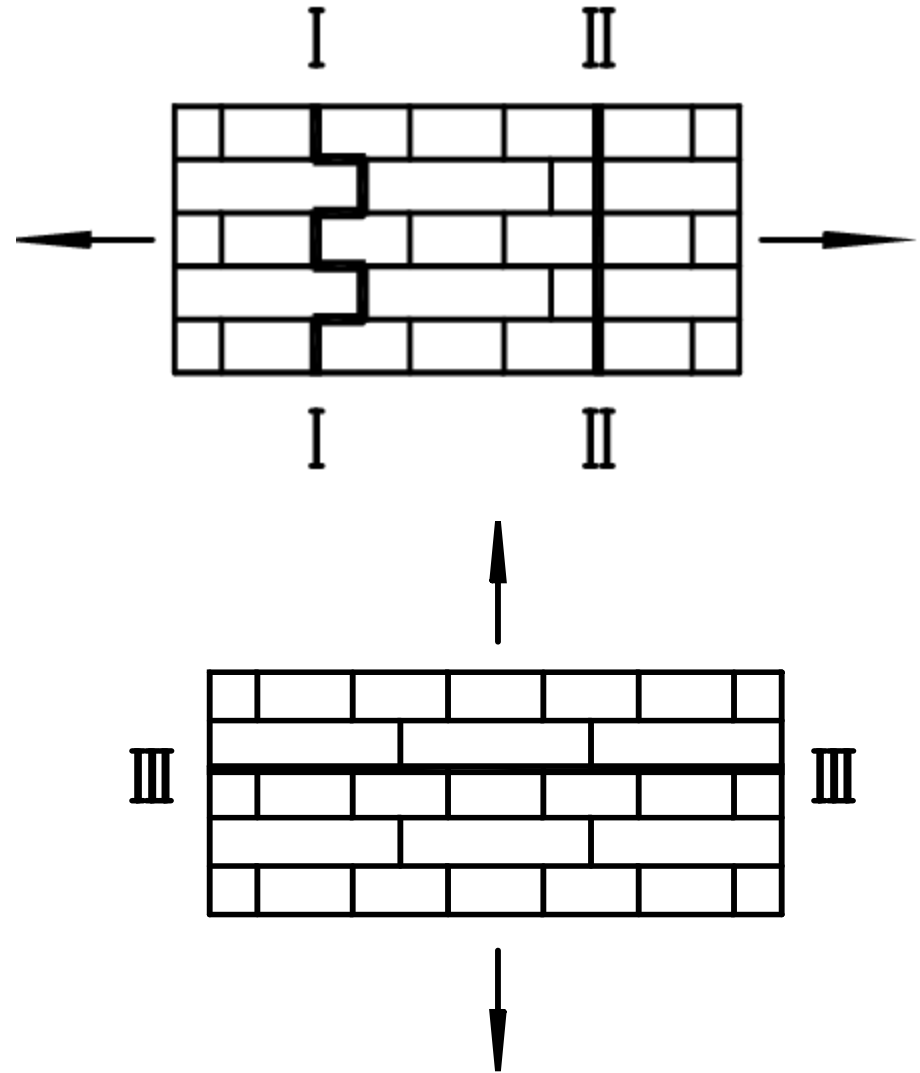
(b) 受弯破坏

(c) 受剪破坏

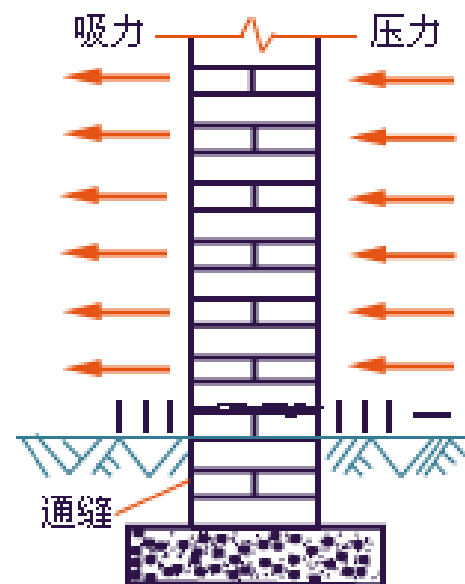
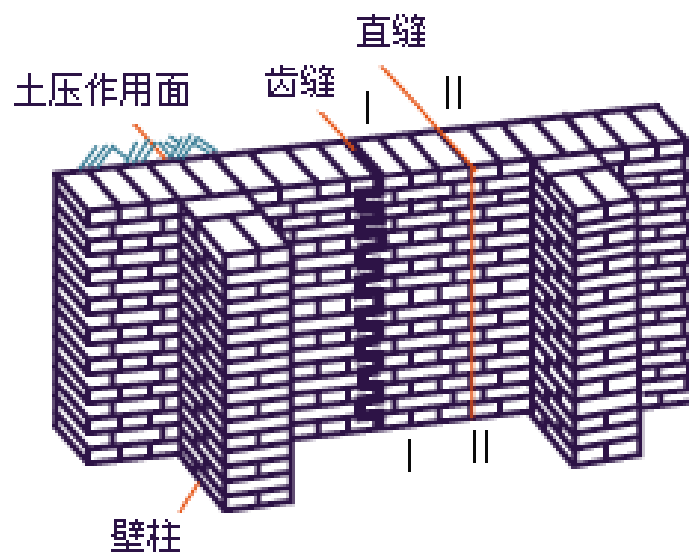
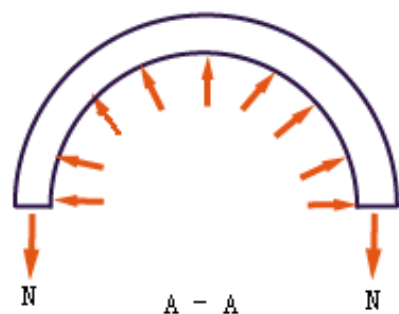
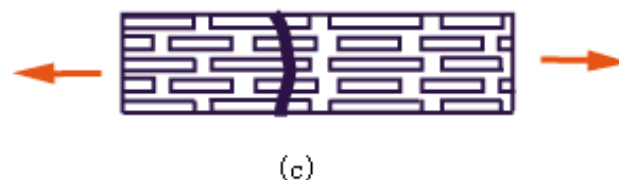
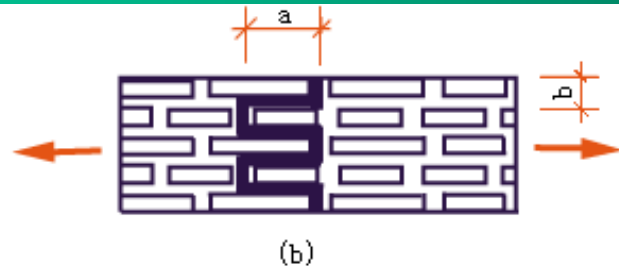
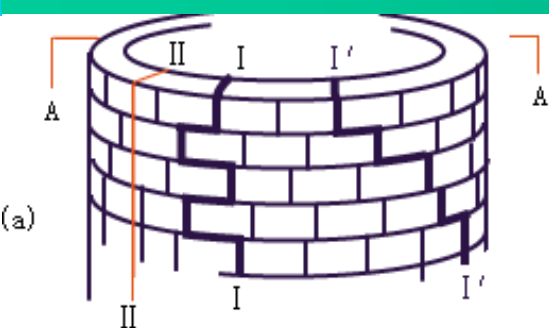
➤ 沿通缝截面破坏

➤ 沿齿缝截面破坏

➤ 沿阶梯形灰缝截面破坏



4.4 砌体的轴心抗拉、抗弯、抗剪性能



4.5 砌体结构的设计方法和砌体的强度设计值

4.5.1 接近似概率理论的极限状态设计方法

1. 结构功能的极限状态

砌体结构应按**承载能力极限状态**设计，并满足**正常使用极限状态**的要求。一般情况下，砌体结构**正常使用极限状态**可由相应的**构造措施**保证，而不必再进行验算。

4.5 砌体结构的设计方法和砌体的强度设计值

2. 承载力极限状态设计表达式

砌体结构按承载力极限状态设计时，应按下列公式中的最不利组合进行计算。

$$\gamma_0(1.2S_{GK}+1.4S_{Q1K}+\sum_{i=2}^n \gamma_{Qi}\psi_{ci}S_{QIK})\leq R(f, a_k\dots)$$

$$\gamma_0(1.35S_{GK}+1.4\sum_{i=1}^n \psi_{ci}S_{QIK})\leq R(f, a_k\dots)$$

公式中字母含义同混凝土结构。

4.5 砌体结构的设计方法和砌体的强度设计值

3. 整体稳定性验算

需验算整体稳定性，如倾覆、滑移、漂浮等时，应把砌体结构作为一个刚体，按下式进行验算。

$$(1.2S_{G2K} + 1.4S_{Q1K} + \sum_{i=2}^n S_{Qik}) \leq 0.8S_{G1K}$$

式中： S_{G1K} ——起有利作用的永久荷载标准值的效应。

S_{G2K} ——起不利作用的永久荷载标准值的效应。

4.5 砌体结构的设计方法和砌体的强度设计值

4.5.2 砌体的强度设计值

1. 施工质量控制等级

项目	施工质量控制等级		
	A	B	C
现场质量管理	制度健全，并严格执行；非施工方质量监督人员经常到现场，或现场设有常驻代表；施工方有在岗专业技术管理人员，人员齐全，并持证上岗	制度基本健全，并能执行；非施工方质量监督人员间断地到现场进行质量控制；施工方有在岗专业技术管理人员，并持证上岗	有制度；非施工方质量监督人员很少作现场质量控制；施工方有在岗专业技术管理人员
砂浆、混凝土强度	试块按规定制作，强度满足验收规定，离散性小	试块按规定制作，强度满足验收规定，离散性较小	试块强度满足验收规定，离散性大
砂浆拌合方式	机械拌合；配合比计量控制严格	机械拌合；配合比计量控制一般	机械或人工拌合；配合比计量控制较差
砌筑工人	中级工以上，其中高级工不少于20%	高、中级工不少于70%	初级工以上

4.5 砌体结构的设计方法和砌体的强度设计值

2. 砌体强度设计值的确定

《砌体规范》规定：以砌体施工质量控制等级B级作为确定砌体强度设计值的依据。

教材给出了各类砌体的强度设计值，可直接查用。但是，此设计值是根据施工质量控制等级为B级、龄期为28d、以毛截面计算的各类砌体的抗压强度设计值、轴心抗拉强度设计值、弯曲抗拉强度设计值及抗剪强度设计值。

当施工质量控制等级为C级时，表中数值应乘以 $1.6/1.8=0.89$ 的系数；当施工质量控制等级为A级时，可将表中数值乘以1.05的系数。

4.5 砌体结构的设计方法和砌体的强度设计值

3. 特殊情况下各类砌体强度设计值调整系数 γ_a

砌体强度设计值的调整系数

使用情况		γ_a
有吊车房屋砌体、跨度 $\geq 9\text{m}$ 的梁下烧结普通砖砌体、跨度 $\geq 7.5\text{m}$ 的梁下烧结多孔砖、蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖砌体，混凝土和轻骨料混凝土砌块砌体		0.9
构件截面面积 $A < 0.3\text{m}^2$ 的无筋砌体		0.7+A
构件截面面积 $A < 0.2\text{m}^2$ 的配筋砌体		0.8+A
采用水泥砂浆砌筑的砌体（若为配筋砌体，仅对砌体的强度设计值乘以调整系数）	对附表11-4~表11-9中的数值	0.9
	对附表11-10中的数值	0.8
验算施工中房屋的构件时		1.1

注：① 表中构件截面面积 A 以 m^2 计。

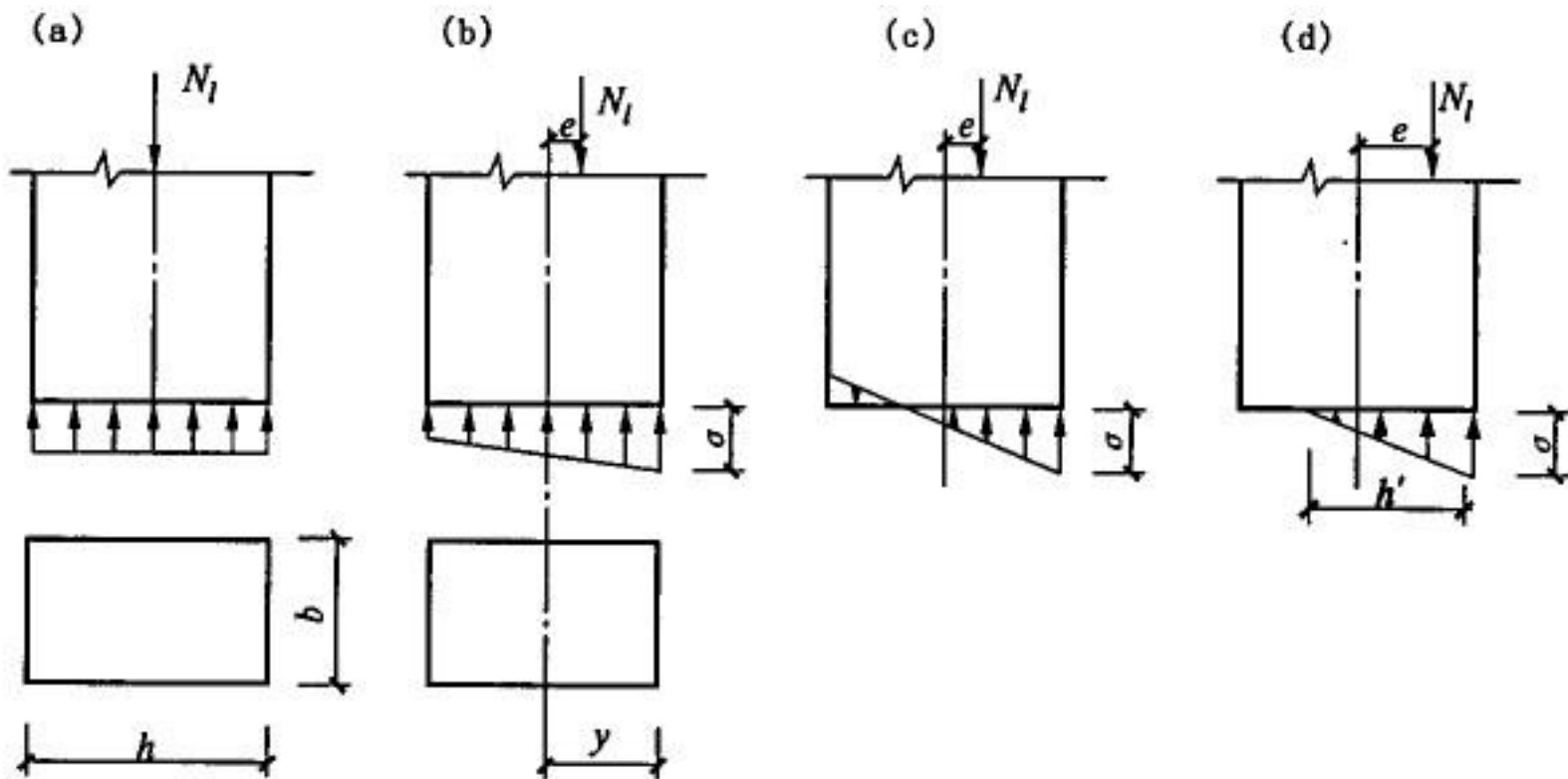
② 当砌体同时符合表中所列几种使用情况时，应将砌体的强度设计值连续乘以调整系数。

4.6 砌体结构构件的承载力

1. 受压短柱的承载力分析

对图示砌体受压短柱，当承受轴向压力 N 时，如果将砌体视为匀弹性体，按照材料力学公式计算，则截面受压边缘的较大应力

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{Ne}{I} y = \frac{N}{A} \left(1 + \frac{ey}{i^2} \right)$$



4.6 砌体结构构件的承载力

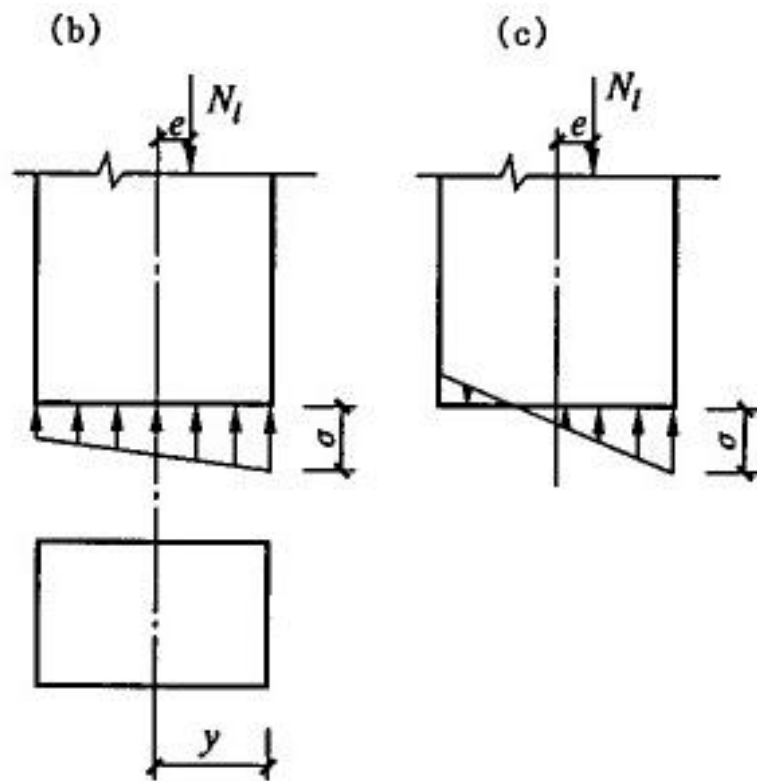
- 在偏心距不很大，全截面受压或受拉边缘尚未开裂的情况下，当受压边缘的应力达到砌体的抗压强度时，该短柱所能承受的压力为

$$N_u = \frac{1}{1 + \frac{ey}{i^2}} Af_m = \alpha' Af_m$$

$$\alpha' = \frac{1}{1 + \frac{ey}{i^2}}$$

对矩形截面

$$\alpha' = \frac{1}{1 + \frac{6e}{h}}$$



4.6 砌体结构构件的承载力

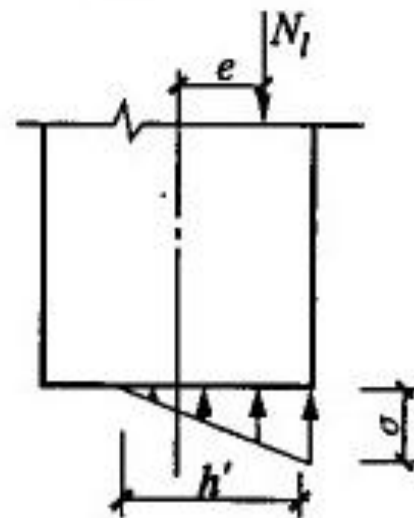
- 对于偏心距较大，受拉边缘已开裂的情况，若不考虑砌体受拉，则矩形截面受力的有效高度：

$$h' = 3\left(\frac{h}{2} - e\right) = h\left(1.5 - \frac{3e}{h}\right)$$

$$N_u = \frac{1}{2}bh'f_m = \frac{1}{2}bh\left(1.5 - \frac{3e}{h}\right)f_m = \left(0.75 - 1.5\frac{e}{h}\right)Af_m$$

$$\alpha' = 0.75 - 1.5\frac{e}{h}$$

α' ——为按材料力学公式计算的砌体偏心距影响系数。



4.6 砌体结构构件的承载力

- 大量的砌体构件受压试验表明，按上述材料力学公式的砌体偏心距影响系数计算，其承载力远低于试验结果。

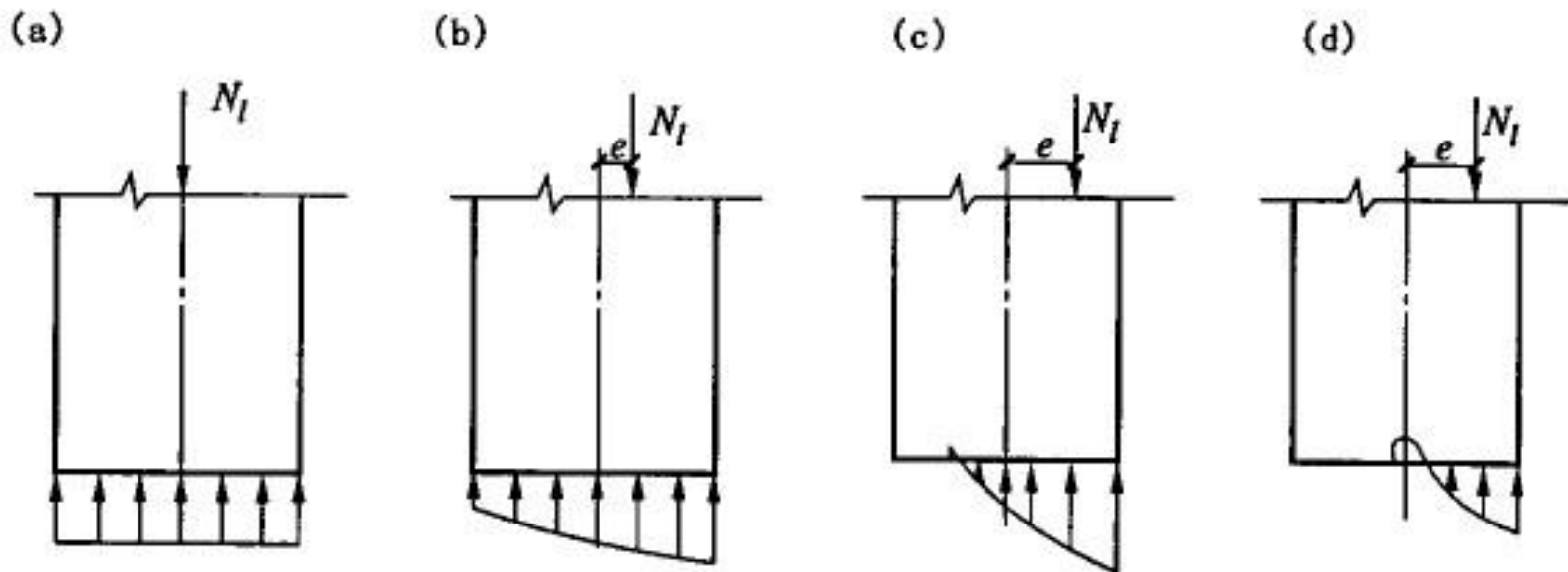


图 3.3 砌体受压时截面应力变化

4.6 砌体结构构件的承载力

- 在材料力学偏心距影响系数公式的基础上，根据我国大量的试验资料，经过统计分析，规定砌体受压时的偏心距影响系数按下式计算

$$\alpha_1 = \frac{1}{1 + \left(\frac{e}{i}\right)^2}$$

对矩形截面

$$\alpha_1 = \frac{1}{1 + 12 \left(\frac{e}{h}\right)^2}$$

对T形和十字形截面

$$\alpha_1 = \frac{1}{1 + 12 \left(\frac{e}{h_T}\right)^2}$$

4.6 砌体结构构件的承载力

2.1 轴心受压长柱的承载力分析

当长细比较大的砌体柱在承受轴心压力时，往往由于侧向变形增大而产生纵向弯曲破坏，因而长柱的受压承载力比短柱要低，所以在受压构件的承载力计算中要考虑稳定系数 φ_0 的影响。根据欧拉公式，长柱发生纵向弯曲破坏的临界应力为

$$\sigma_{cri} = \frac{\pi^2 EI}{AH_0^2} = \pi^2 E \left(\frac{i}{H_0} \right)^2$$

由于砌体的弹性模量随应力的增大而降低，当应力达到临界应力时，弹性模量已有较大程度的降低，此时的弹性模量可取为在临界应力处的切线模量 $E' = \xi f_m \left(1 - \frac{\sigma_{cri}}{f_m} \right)$ ，则相应的临界应力为

$$\sigma_{cri} = \pi^2 E' \left(\frac{i}{H_0} \right)^2 = \frac{\pi^2 \xi f_m \left(1 - \frac{\sigma_{cri}}{f_m} \right)}{\lambda^2}$$

$\lambda = \frac{H_0}{i}$ —— 构件柔度或长细比。

4.6 砌体结构构件的承载力

可求得轴心受压时的稳定系数为

$$\varphi_0 = \frac{\sigma_{cri}}{f_m} = \frac{1}{1 + \frac{1}{\pi^2 \xi} \lambda^2}$$

当为矩形截面时， $\beta = \frac{H_0}{h}$ ，称为构件的高厚比，则 $\lambda^2 = 12\beta^2$

当为T形成十字形截面时， $\beta = \frac{H_0}{h_T}$ ($h_T = 3.5i$)，则也有 $\lambda^2 = 12\beta^2$

因此上式可表示为

$$\varphi_0 = \frac{1}{1 + \frac{12}{\pi^2 \xi} \beta^2} = \frac{1}{1 + \alpha \beta^2}$$

式中： α 与砂浆强度等级有关。

4.6 砌体结构构件的承载力

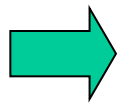
2.2 偏心受压长柱的承载力分析

长柱在承受偏心压力作用时，因纵向弯曲产生一个附加偏心距，使砌体柱中截面的轴向压力偏心距增大，所以应考虑附加偏心距对承载力的影响。设轴向压力的偏心距为 e ，柱中截面产生的附加偏心距为 e_i ，可得受压长柱考虑纵向弯曲和偏心距影响的系数为

$$\varphi = \frac{1}{1 + \left(\frac{e + e_i}{i} \right)^2}$$

当轴心受压时 $e=0$ ，则有 $\varphi = \varphi_0$

$$\varphi_0 = \frac{1}{1 + \left(\frac{e_i}{i} \right)^2}$$



$$e_i = i \sqrt{\frac{1}{\varphi_0} - 1}$$

对矩形截面



$$e_i = \frac{h}{\sqrt{12}} \sqrt{\frac{1}{\varphi_0} - 1}$$

$$\varphi = \frac{1}{1 + 12 \left[\frac{e}{h} + \sqrt{\frac{1}{12} \left(\frac{1}{\varphi_0} - 1 \right)} \right]^2}$$

4.6 砌体结构构件的承载力

表3. 12 影响系数 φ (砂浆强度等级 $\geq M5$)

β	e/h 或 e/h _T						
	0	0.025	0.05	0.075	0.1	0.125	0.15
≤ 3	1.00	0.99	0.97	0.94	0.89	0.84	0.79
4	0.98	0.95	0.90	0.85	0.80	0.74	0.69
6	0.95	0.91	0.86	0.81	0.75	0.69	0.64
8	0.91	0.86	0.81	0.76	0.70	0.64	0.59
10	0.87	0.82	0.76	0.71	0.65	0.60	0.55
12	0.82	0.77	0.71	0.66	0.60	0.55	0.51
14	0.77	0.72	0.66	0.61	0.56	0.51	0.47
16	0.72	0.67	0.61	0.56	0.52	0.47	0.44
18	0.67	0.62	0.57	0.52	0.48	0.44	0.40
20	0.62	0.57	0.53	0.48	0.44	0.40	0.37
22	0.58	0.53	0.49	0.45	0.41	0.38	0.35
24	0.54	0.49	0.45	0.41	0.38	0.35	0.32
26	0.50	0.46	0.42	0.38	0.35	0.33	0.30
28	0.46	0.42	0.39	0.36	0.33	0.30	0.28
30	0.42	0.39	0.36	0.33	0.31	0.28	0.26

4.6 砌体结构构件的承载力

无筋砌体受压构件，无论是**轴心受压**还是**偏心受压**，也不论是**短柱**($\beta \leq 3$)或**长柱**($\beta > 3$)，均可按下列公式计算：

$$N \leq N_u = \varphi f A$$

式中： N ——荷载设计值产生的轴向力；

φ ——高厚比 β 和轴向力偏心距 e 对受压构件承载力的影响系数，教材查附表或按公式计算；

f ——砌体抗压强度设计值（**注意有些情况需要进行调整**）；

A ——截面面积，对各类砌体均可按毛截面计算。

β ——受压构件的高厚比。

4.6 砌体结构构件的承载力

对于矩形截面： $\beta = \gamma_{\beta} \frac{H_0}{h}$ 对于T形截面： $\beta = \gamma_{\beta} \frac{H_0}{h_T}$

H_0 ——受压构件的计算高度，可查表15-10；

h ——矩形截面轴向力偏心方向的边长，当轴心受压时为截面较小边长；

h_T ——T形截面的折算厚度， $h_T = 3.5i$

i ——回转半径。

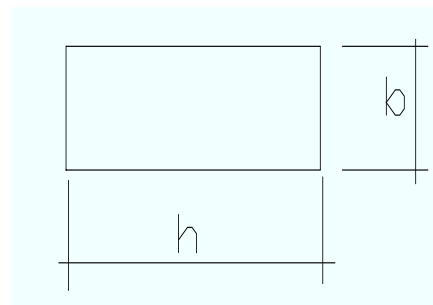
$$i = \sqrt{I/A}$$

γ_{β} ——不同砌体材料构件的高厚比修正系数。

承载力计算时应注意的几个问题

(一) 对于矩形截面构件，当轴向力偏心方向的截面边长大于另一方向的边长时，除按偏心受压计算外，还应对较小边长方向，按**轴向受压**进行验算，即还应满足：

$$N \leq \varphi_0 f A$$



(二) 在求高厚比 β 时，为了考虑不同种类砌体在受力性能上的差异，应乘以**高厚比修正系数** γ_β ：

1. 烧结普通砖、烧结多孔砖砌体—1.0。
2. 混凝土及轻骨料混凝土砌块砌体—1.1。
3. 蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖、细料石和半细料石砌体1.2。
4. 粗料石和毛石砌体——1.5。

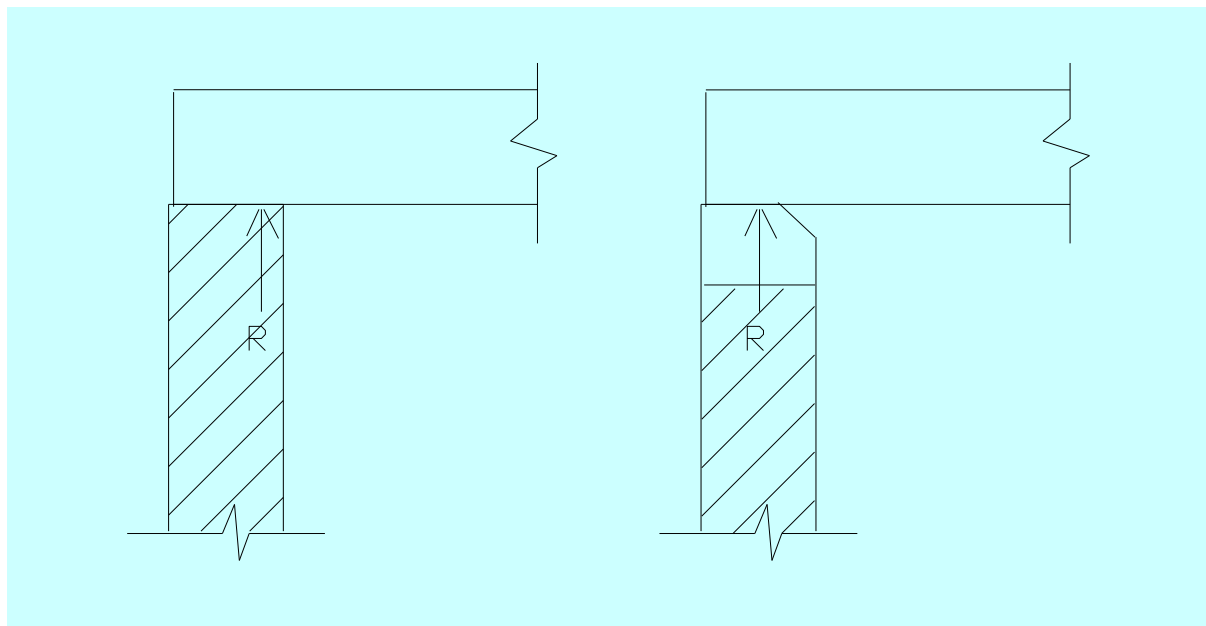
承载力计算时应注意的几个问题

(三) 轴向力的偏心距应符合下列限值要求即

$$e \leq 0.6y, \quad e = M/N$$

式中 y 为截面重心至轴向力所在偏心方向截面受压边缘的距离。
轴向力的偏心距超过上述规定限值时,可以采取修改截面尺寸的方法;当梁或屋架端部支承反力的偏心距较大时,可在其端部下的砌体上设置具有“中心装置”的垫块或缺口垫块。

原因: 偏心距较大, 使用阶段会过早出现裂缝。



4.6 砌体结构构件的承载力

例1：截面尺寸为 $370 \times 490\text{mm}$ 的砖柱，砖的强度等级为MU10，混合砂浆强度等级为M5，柱高3.2m，两端为不动铰支座。柱顶承受轴向压力标准值 $N_k=160\text{KN}$ （其中永久荷载130KN，已包括砖柱的自重），试验算柱的承载力。

4.6 砌体结构构件的承载力

解：可以判断荷载效应组合应是永久荷载控制的组合，

$$N = 1.35 \times 130 + 1.4 \times 0.7 \times 30 = 205.5 \text{ KN}$$

$$\beta = \frac{3.2}{0.37} = 8.65$$

查表得 $\varphi = 0.9$

柱的截面面积： $A = 0.37 \times 0.49 = 0.18 \text{ m}^2 < 0.3 \text{ m}^2$

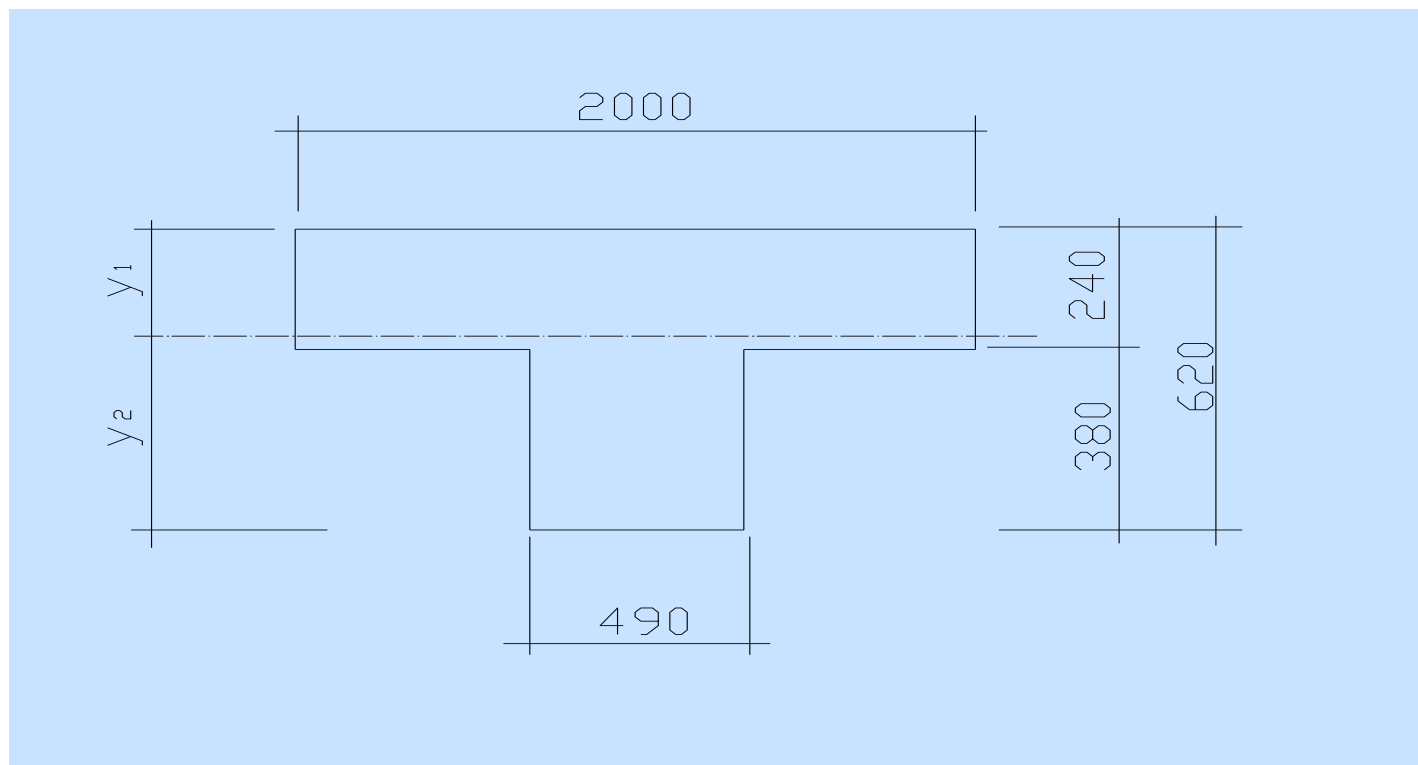
$$\gamma_a = 0.7 + 0.18 = 0.88$$

查表得 $f = 1.5 \text{ N/mm}^2$

$$\varphi \gamma_a f A = 0.88 \times 180000 \times 0.9 \times 1.5 = 213.84 \text{ KN} \quad \text{安全。}$$

4.6 砌体结构构件的承载力

例2 某带壁柱的窗间墙，截面尺寸如图，壁柱高5.4m，计算高度为6.48m，用MU10粘土砖及M2.5混合砂浆砌筑。控制截面内力为 $N=320\text{KN}$ ， $M=41\text{KNm}$ ，弯矩方向是翼缘受压，试验算该墙体的承载力。



4.6 砌体结构构件的承载力

解：截面面积： $A=2000 \times 240+380 \times 490=666200\text{mm}^2$

截面重心位置：

$$y_1 = \frac{2000 \times 240 \times 120 + 490 \times 380(240 + 190)}{666200} = 207\text{mm}$$

$$y_2 = 620 - 207 = 413\text{mm}$$

截面惯性矩：

$$I = \frac{1}{3} \times 2000 y_1^3 + \frac{1}{3} \times 490 y_2^3 + \frac{1}{3} \times (2000 - 490)(240 - y_1)^3 = 174.4 \times 10^8 \text{mm}^4$$

回转半径： $i = \sqrt{I/A} = 162\text{mm}$

4.6 砌体结构构件的承载力

截面折算厚度： $h_T = 3.5i = 566\text{mm}$

$$e = \frac{M}{N} = \frac{41000}{320} = 128\text{mm}$$

$$\frac{e}{h_T} = \frac{128}{566} = 0.226$$

$$\beta = \frac{H_0}{h_T} = \frac{6.48}{0.566} = 11.4$$

查表得： $\varphi=0.38$ $f = 1.3\text{N}/\text{mm}^2$

$$\varphi fA = 0.385 \times 666200 \times 1.3 = 333.43\text{KN} > 320\text{KN}$$

3.3 无筋砌体局部受压承载力计算

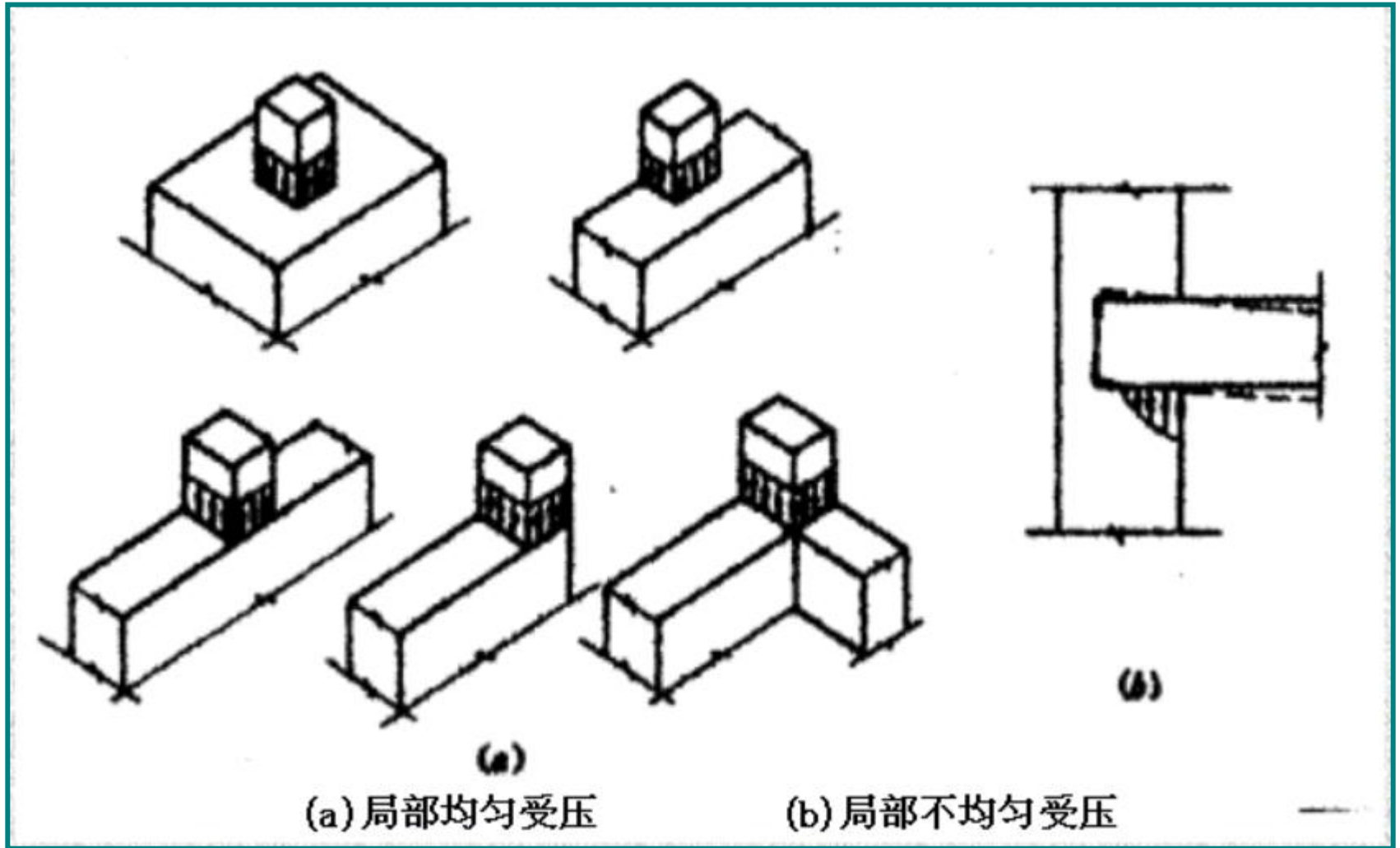
一、砌体局部受压的特点及破坏形态

当轴向力仅作用在砌体的**局部面积**上。

局部均匀受压：砌体截面上作用有局部均匀压力（**承受上部墙或柱传来压力的基础顶面**）

局部非均匀受压：砌体截面上作用有局部非均匀压力（**支撑梁或屋架的墙、柱在梁或屋架端部支撑处的砌体顶面**）

3.3 无筋砌体局部受压承载力计算

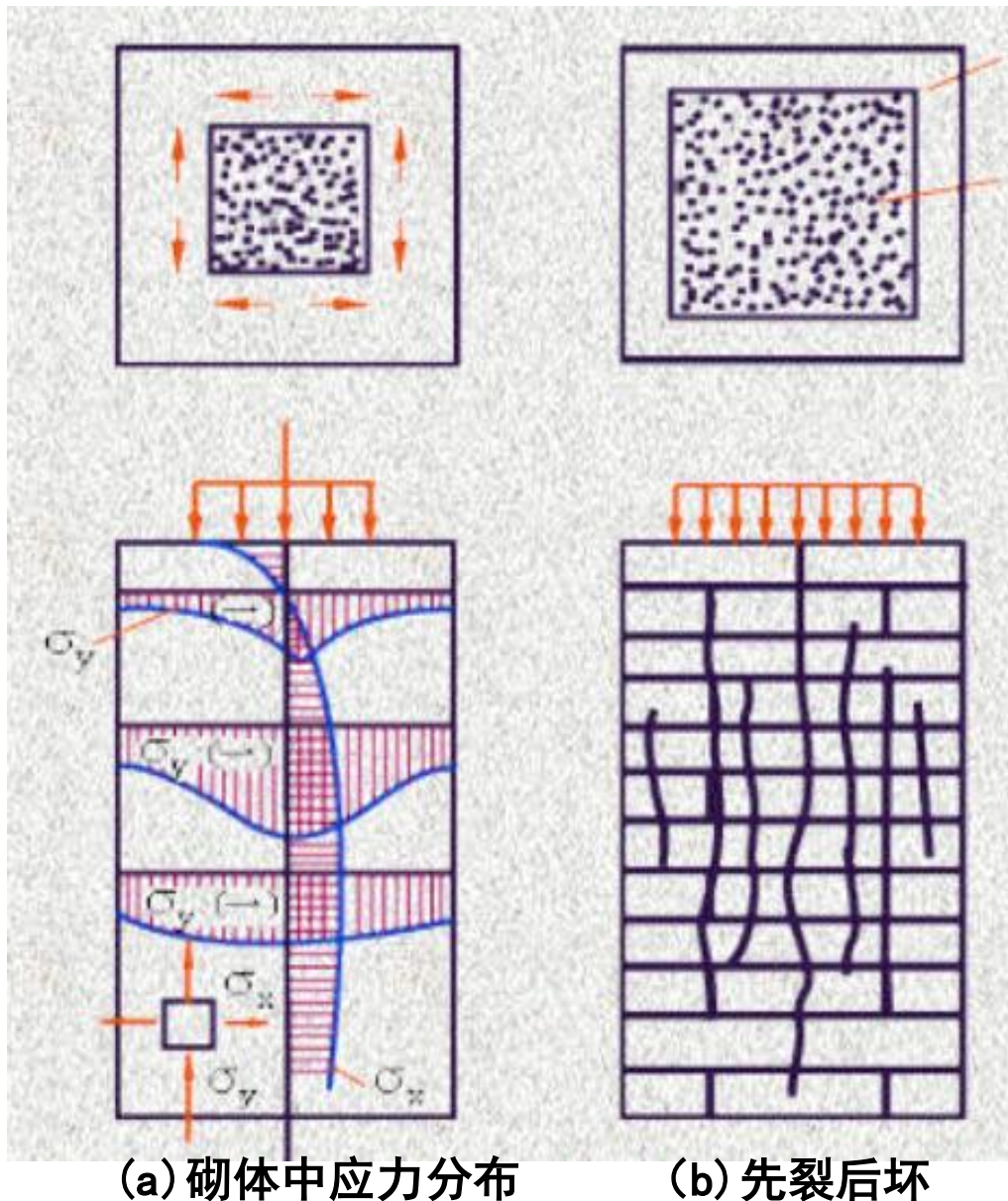


3.3 无筋砌体局部受压承载力计算

➤砌体局部受压破坏形态

- 1) 纵向裂缝发展引起的破坏（先裂后坏）
- 2) 劈裂破坏（一裂即坏）

3.3 无筋砌体局部受压承载力计算

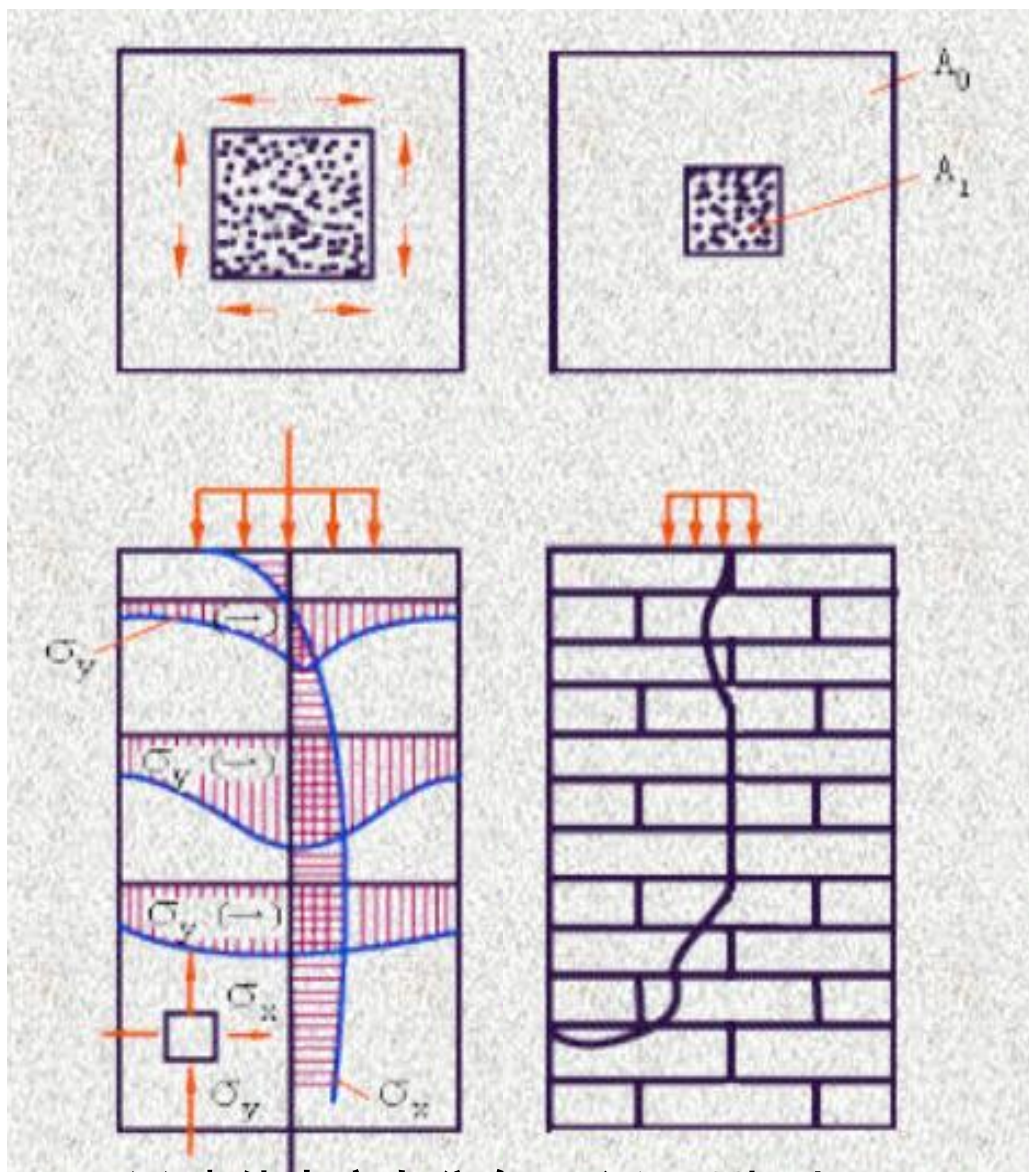


1) 纵向裂缝发展引起的破坏（先裂后坏）

条件：砌体的截面面积 A 与局部受压面积 A_l 的比值较小。

特征：当砌体内的拉应力超过其抗拉强度时即出现竖向裂缝，然后向上、向下发展，导致破坏。

3.3 无筋砌体局部受压承载力计算



(a) 砌体中应力分布 (c) 一裂即坏

2) 劈裂破坏（一裂即坏）

条件：砌体的截面面积 A 与局部受压面积 A_l 的比值相当大。

特征：在局部压力作用下，砌体产生数量少但较集中的纵向裂缝；而且纵向裂缝一出现，砌体很快就发生劈裂破坏，开裂荷载一般接近破坏荷载。

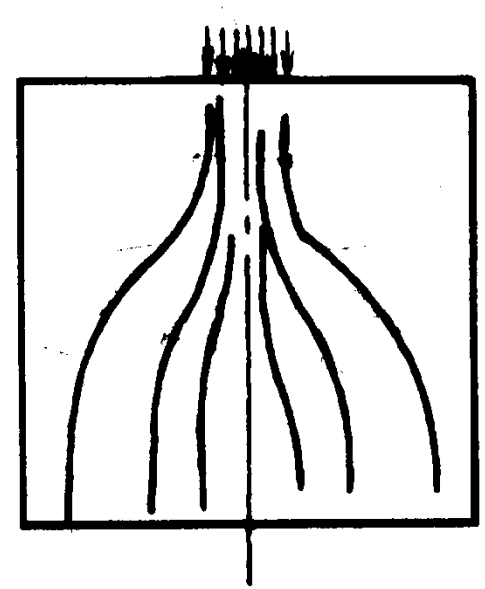
3.3 无筋砌体局部受压承载力计算

知识准备：砌体的局部抗压强度有较大程度提高的原因？

“套箍强化”和“应力扩散”的作用。

一方面，在局部压应力作用下，局部受压的砌体在产生纵向变形的同时还产生横向变形，未直接承受压力的部分像套箍一样约束直接受压部分砌体的横向变形，使该处砌体处于三向受压应力状态，从而使砌体的局部抗压强度显著提高。

另一方面，只要砌体内存在未直接承受压力的面积，就有应力扩散现象，在一定程度上提高砌体的抗压强度。



砌体中局部压应力的分布

3.3.1 砌体局部均匀受压承载力计算

$$N_l \leq \gamma A_l f$$

N_l ——作用于局部受压面积上的轴向力设计值；

A_l ——局部受压面积；

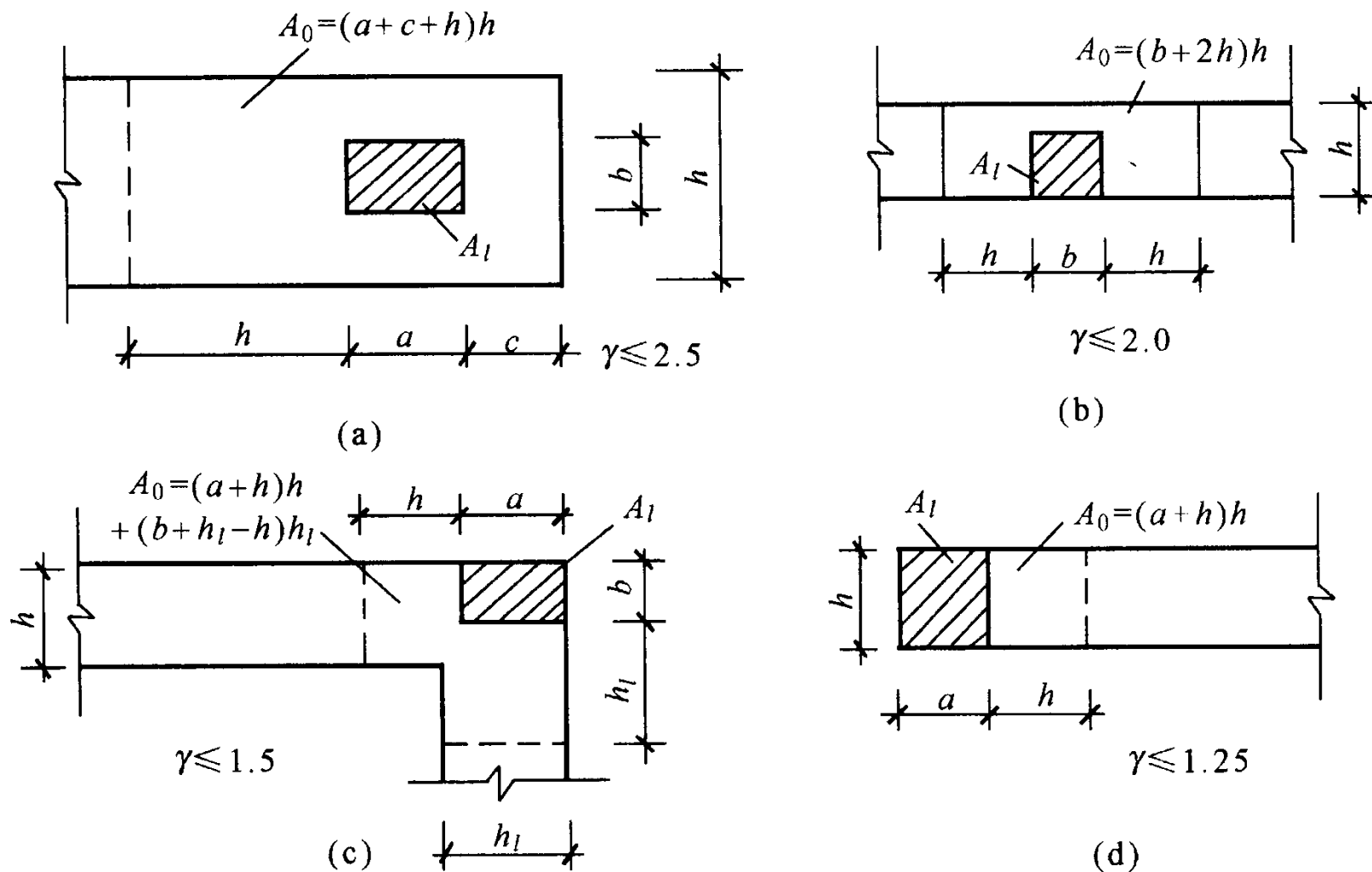
f ——砌体抗压强度设计值；

γ ——砌体局部抗压强度提高系数，可按下式计算

$$\gamma = 1 + 0.35 \sqrt{\frac{A_0}{A_l} - 1}$$

A_0 ——影响砌体局部抗压强度的计算面积，按下图计算：

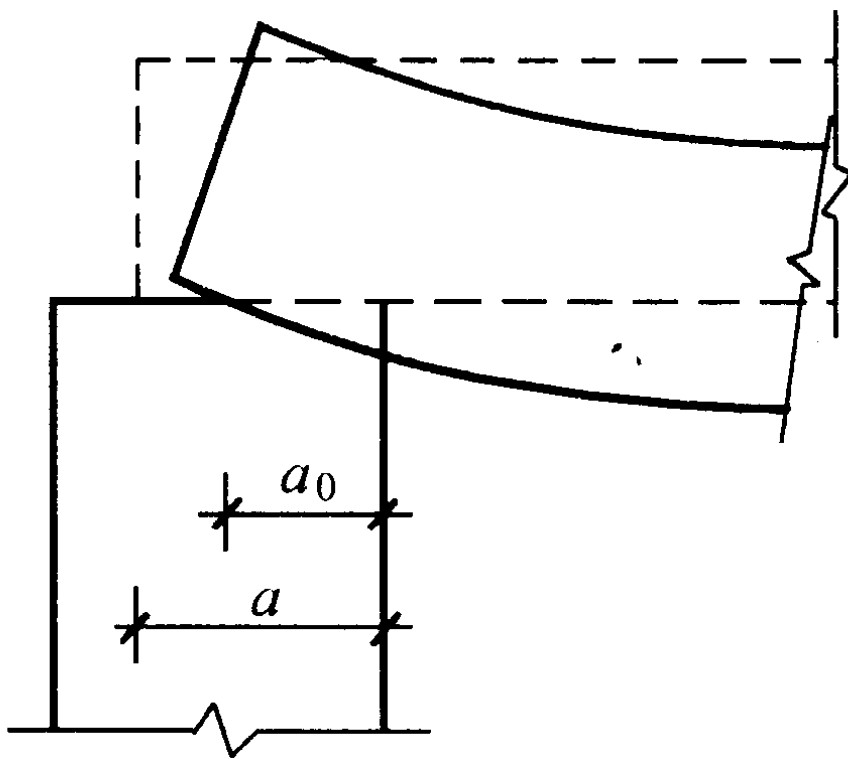
3.3.1 砌体局部均匀受压承载力计算



影响砌体局部抗压强度的计算面积 A_0 及 γ 限值

3.3.2 梁端局部受压（砌体局部非均匀受压）

a. **梁端有效支承长度**：梁端支承在砌体上时，由于梁的挠曲变形和支撑处砌体压缩变形的影响，梁端有效支承长度 a_0 小于其实际支承长度 a ，砌体局部受压面积为 $A_l = a_0 b$ ，梁下砌体局部压应力非均匀分布。



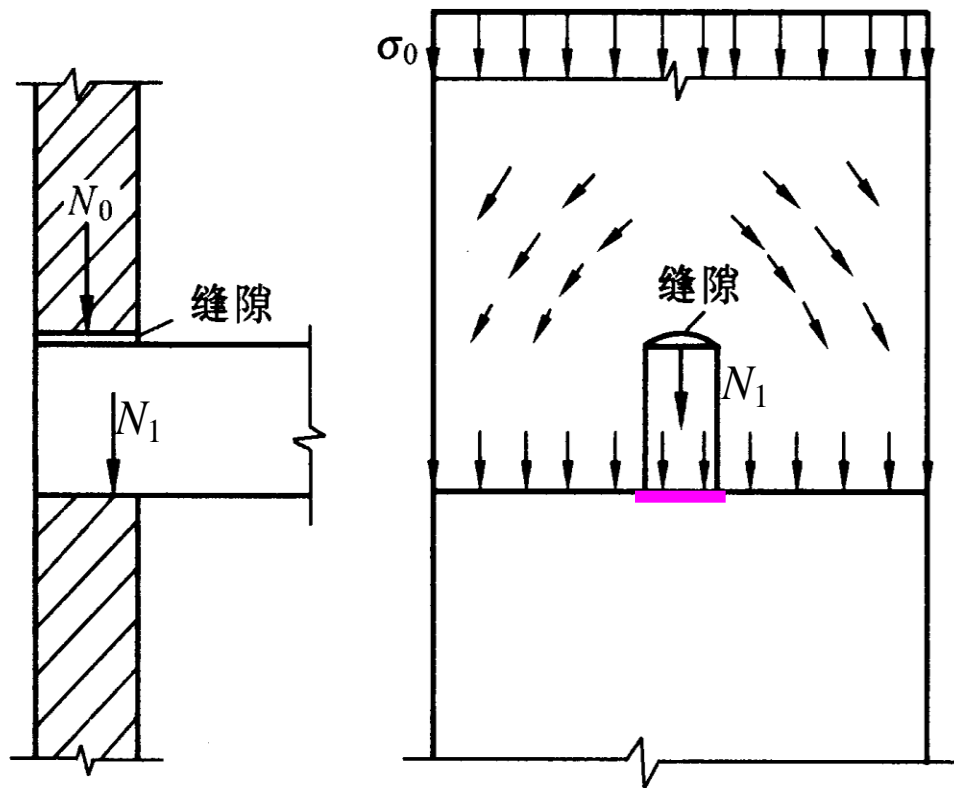
《规范》给出梁端有效支承长度的计算公式为：

$$a_0 = 10 \sqrt{\frac{h_c}{f}} \leq a$$

3.3.2 梁端局部受压（砌体局部非均匀受压）

b. 上部荷载对局部受压的影响：梁下砌体的局部受压面积上不仅承受梁端支承压力 N_l ，还受到上部砌体传来的轴向力 N_0 。

试验表明：上部砌体传给梁端支撑面的压力 N_0 部分或全部传给梁两侧的砌体，形成“**内拱卸荷作用**”，“内拱卸荷作用”与 $\frac{A_0}{A_l}$ 有关，当 $\frac{A_0}{A_l} \geq 3$ 时，由于上部荷载完全通过卸荷内拱传到梁两侧的砌体上，此时不计入 N_0 。



3.3.2 梁端局部受压（砌体局部非均匀受压）

c. 梁端支撑处砌体局部受压承载力计算

$$\psi N_0 + N_l \leq \eta \gamma A_l f$$

式中： N_0 ——局部受压面积内上部轴向力设计值； $N_0 = \sigma_0 A_l$
 N_l ——作用在局部受压面积上由梁传来的支承压力设计值。

σ_0 ——上部平均压应力设计值；

ψ ——上部荷载的折减系数；当 $A_0 / A_l \geq 3$ ，取 $\psi = 0$

$$\psi = 1.5 - 0.5 \frac{A_0}{A_l} \geq 0$$

η ——梁端底面压应力完整系数，一般取0.7，对于过梁和墙梁取1.0；

A_l ——局部受压面积， $A_l = a_0 b$

3.3.2 梁端局部受压（砌体局部非均匀受压）

【例 3.4】 如图 3.15 所示的钢筋混凝土梁，截面尺寸 $b \times h_c = 250\text{mm} \times 500\text{mm}$ ，支承长度 $a = 240\text{mm}$ ，支座反力设计值 $N_l = 70\text{kN}$ ，窗间墙截面尺寸为 $1200\text{mm} \times 240\text{mm}$ ，采用 MU10 烧结多孔砖、M5 混合砂浆砌筑，梁底截面处的上部荷载设计值为 150kN ，试验算梁底部砌体的局部受压承载力（梁下多孔砖灌实）。

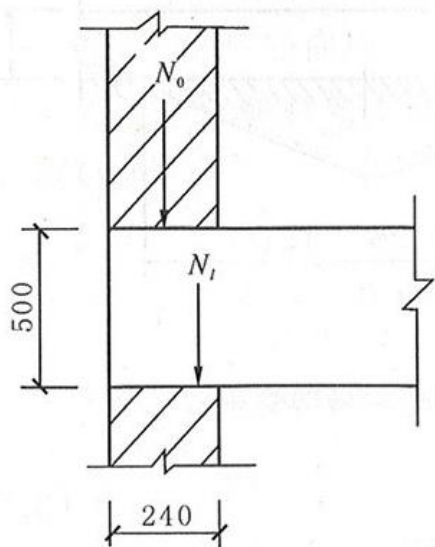


图 3.15 例 3.4 简图

【解】 查表 3.3, $f = 1.50\text{MPa}$

$$a_0 = 10 \sqrt{\frac{h_c}{f}} = 10 \times \sqrt{\frac{500}{1.5}} = 182.6\text{mm} < a = 240\text{mm}, \text{取 } a_0 = 182.6\text{mm}$$

$$A_l = a_0 b = 182.6 \times 250 = 45650\text{mm}^2$$

$$\text{由图 3.10, } A_0 = 240 \times (250 + 2 \times 240) = 175200\text{mm}^2$$

$$\frac{A_0}{A_l} = \frac{175200}{45650} = 3.838 > 3, \text{取 } \psi = 0 \text{ (即不考虑上部荷载)}$$

$$\gamma = 1 + 0.35 \sqrt{\frac{A_0}{A_l} - 1} = 1 + 0.35 \times \sqrt{3.838 - 1} = 1.59 < 2.0, \text{取 } \gamma = 1.59$$

$$\begin{aligned} \eta \gamma f A_l &= 0.7 \times 1.59 \times 1.50 \times 45650 = 76.2 \times 10^3 \text{N} \\ &= 76.2\text{kN} > N_l = 70\text{kN}, \text{满足要求。} \end{aligned}$$

3.3.2 梁端局部受压（砌体局部非均匀受压）

1、已知房屋外纵墙大梁截面尺寸 $b \times h = 300\text{mm} \times 600\text{mm}$ ，跨度为6m，支撑长度为240mm，支座反力设计值 N_1 为100kN，梁底截面处的上部荷载设计值为180kN，窗间墙截面为 $1000\text{mm} \times 370\text{mm}$ ，采用MU10砖、M5混合砂浆砌筑。试验算大梁下砌体的局部受压承载力。

3.3.3 梁端下设有刚性垫块的砌体局部受压

当梁端支承处砌体局部受压承载力不足时，可在梁端下设置**预置或现浇混凝土垫块**扩大局部受压面积，防止局部受压破坏。

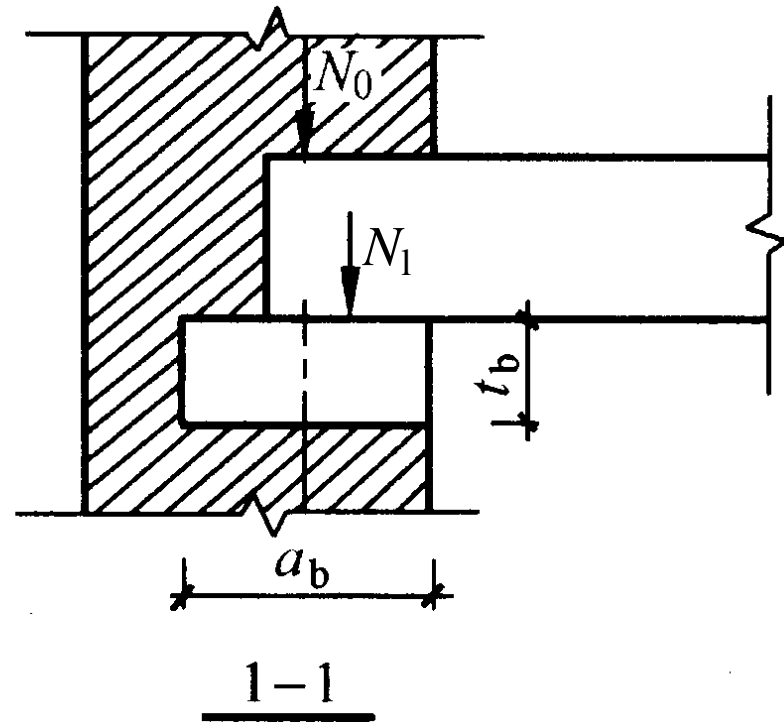
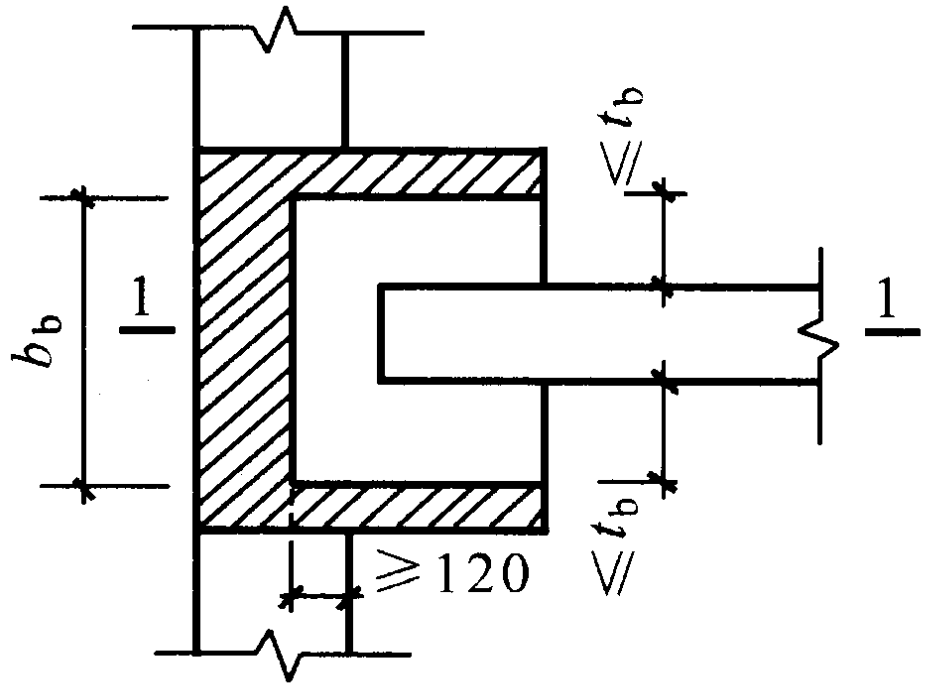
(1) 刚性垫块的构造要求

(1) 垫块的高度 $t_b \geq 180\text{mm}$ ，自梁边缘算起的垫块挑出长度不宜大于垫块的高度 t_b 。

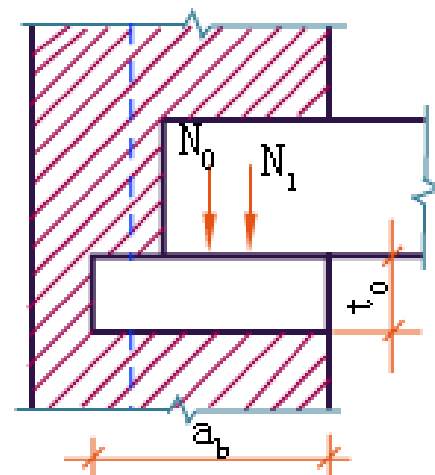
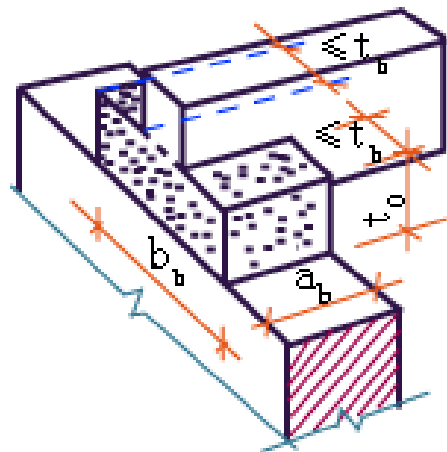
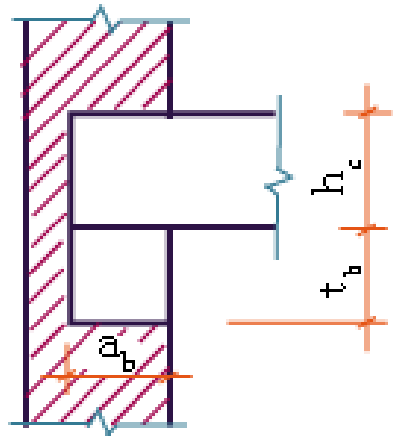
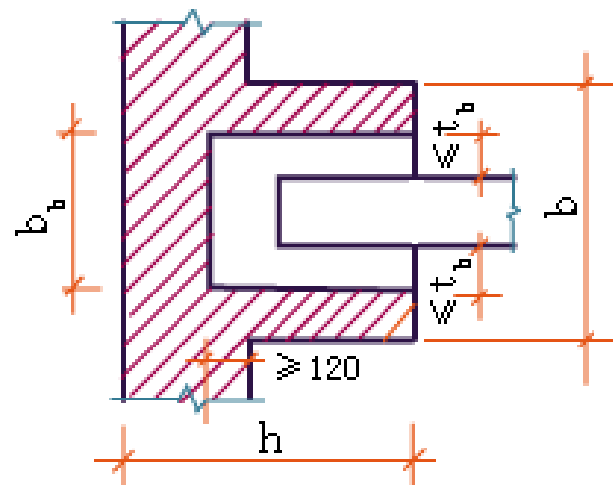
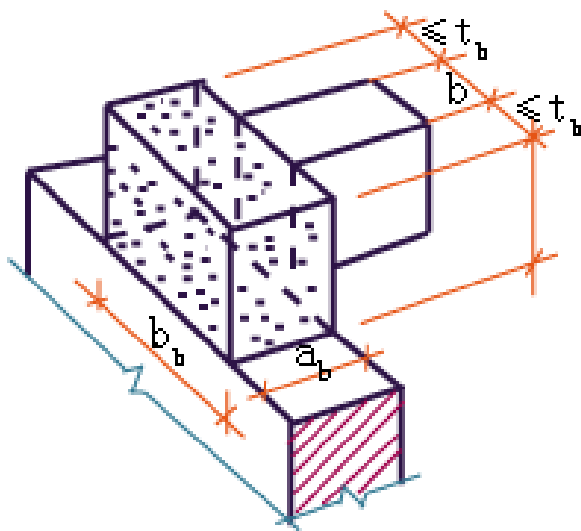
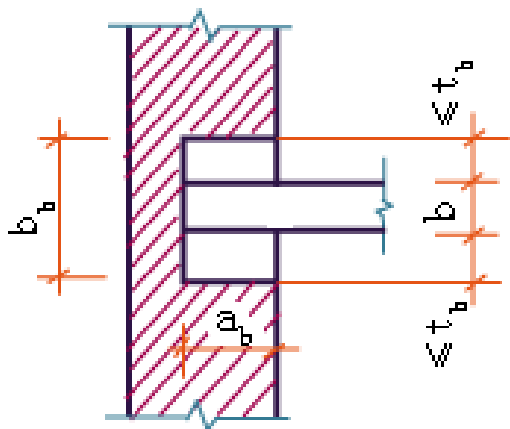
(2) 在带壁柱墙的壁柱内设置刚性垫块时，其计算面积 A_0 应取壁柱范围内的面积，而不应计算翼缘部分，同时壁柱上垫块伸入翼墙内的长度不应小于 120mm 。

(3) 现浇垫块与梁端整体浇筑时，垫块可在梁高范围内设置。

3.3.3 梁端下设有刚性垫块的砌体局部受压



3.3.3 梁端下设有刚性垫块的砌体局部受压



3.3.3 梁端下设有刚性垫块的砌体局部受压

(2) 刚性垫块下砌体局部受压承载力计算

刚性垫块下砌体的局部受压按偏心受压公式计算,且不考虑纵向弯曲影响,

$$N_0 + N_l \leq \varphi \gamma_1 A_b f$$

式中: N_0 : 垫块面积 A_b 内上部轴向力设计值, $N_0 = \sigma_0 a_b$

A_b : 垫块面积, $A_b = a_b b_b$

φ : 垫块上 N_0 及 N_l 合力的影响系数,查表3-11至3-13当 $\beta \leq 3$ 时的值, $e = [N_l(a_b/2 - 0.4a_0)] / (N_0 + N_l)$ 。

γ_1 : 垫块外砌体面积的有利影响系数, $\gamma_1 = 0.8\gamma \geq 1$

计算砌体局部抗压强度提高系数 γ 时,以 A_b 代替 A_l 。

a_b : 垫块伸入墙内的长度。

b_b : 垫块宽度。

3.3.3 梁端下设有刚性垫块的砌体局部受压

当求垫块上 N_1 和 N_0 合力的影响系数 φ 时，需知 N_1 的作用位置。其距墙边缘的距离取为 $0.4a_0$ ， a_0 为刚性垫块上梁端有效支撑长度，按下式计算

$$a_0 = \delta_1 \sqrt{\frac{h_c}{f}}$$

δ_1 为刚性垫块的影响系数，按下表采用。

刚性垫块的影响系数 δ_1

σ_0/f	0	0.2	0.4	0.6	0.8
δ_1	5.4	5.7	6.0	6.9	7.8

注意：考虑到垫块面积较大，“内拱卸荷”作用较小，所以上部荷载不予折减。

3.3.3 梁端下设有刚性垫块的砌体局部受压

【例 3.5】 在上题中若 $N_l = 90\text{kN}$, 其他条件不变, 设置刚性垫块, 试验算局部受压承载力。

【解】 由上例计算结果可知, 当 $N_l = 90\text{kN}$ 时, 梁下局部受压承载力不满足要求。设预制垫块尺寸为

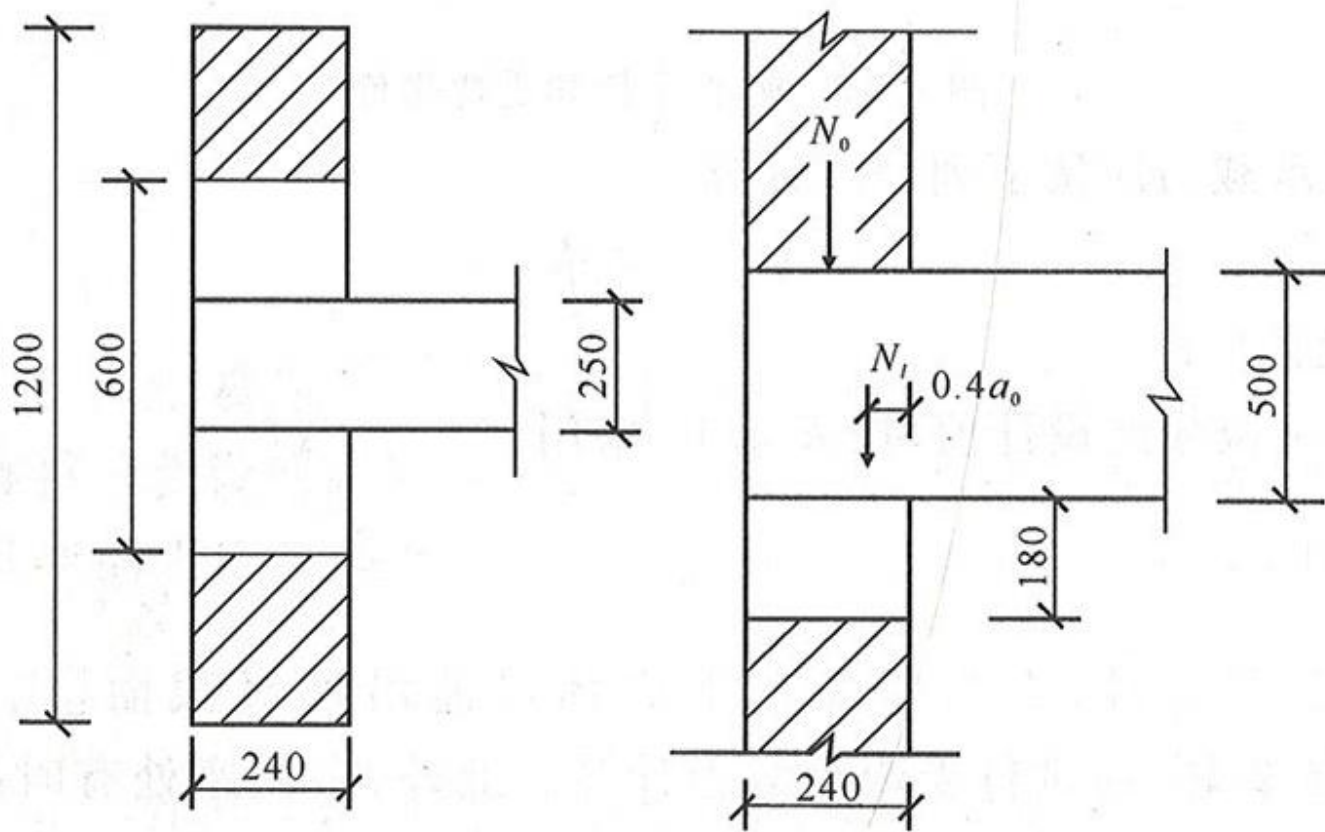


图 3.16 例 3.5 设置刚性垫块简图

3.3.3 梁端下设有刚性垫块的砌体局部受压

【例 3.5】 在上题中若 $N_l = 90\text{kN}$ ，其他条件不变，设置刚性垫块，试验算局部受压承载力。

【解】 由上例计算结果可知，当 $N_l = 90\text{kN}$ 时，梁下局部受压承载力不满足要求。设预制垫块尺寸为

$a_b \times b_b = 240\text{mm} \times 600\text{mm}$ ，垫块高度为 180mm ，满足构造要求。则

$$A_l = A_b = a_b \times b_b = 240 \times 600 = 144000\text{mm}^2$$

因为 $600 + 2 \times 240 = 1080\text{mm} < 1200\text{mm}$ (窗间墙宽度)

$$\text{所以 } A_0 = 240 \times (600 + 2 \times 240) = 259200\text{mm}^2$$

$$\frac{A_0}{A_l} = \frac{259200}{144000} = 1.8, \gamma = 1 + 0.35 \sqrt{\frac{A_0}{A_l} - 1} = 1 + 0.35 \sqrt{1.8 - 1} = 1.313$$

$$\gamma_1 = 0.8\gamma = 0.8 \times 1.313 = 1.05 > 1$$

上部荷载产生的平均压应力

$$\sigma_0 = \frac{150 \times 10^3}{1200 \times 240} = 0.52\text{N/mm}^2, \frac{\sigma_0}{f} = \frac{0.52}{1.50} = 0.35, \text{查表 3.15, } \delta_1 = 5.93$$

刚性垫块上表面梁端有效支承长度

$$a_0 = \delta_1 \sqrt{\frac{h_c}{f}} = 5.93 \times \sqrt{\frac{500}{1.50}} = 108.3\text{mm}$$

$$N_l \text{ 合力点至墙边的位置为 } 0.4a_0 = 0.4 \times 108.3 = 43.3\text{mm}$$

$$N_l \text{ 对垫块重心的偏心距为 } e_l = 120 - 43.3 = 76.7\text{mm}$$

$$\text{垫块承重的上部荷载为 } N_0 = \sigma_0 A_b = 0.52 \times 144000 = 75 \times 10^3\text{N} = 75\text{kN}$$

$$\text{作用在垫块上的轴向力 } N = N_0 + N_l = 75 + 90 = 165\text{kN}$$

轴向力对垫块重心的偏心距

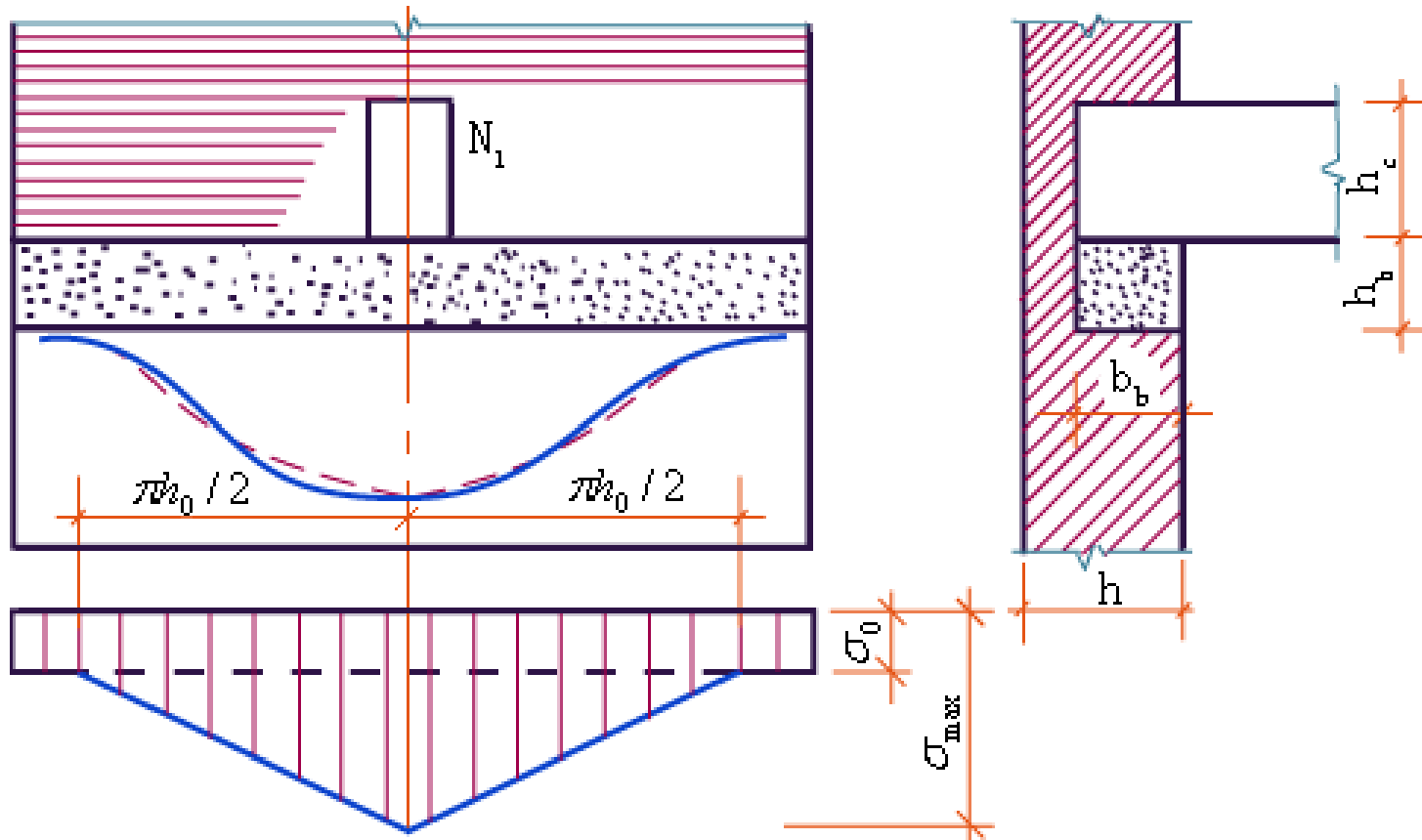
$$e = \frac{N_l e_l}{N_0 + N_l} = \frac{90 \times 76.7}{75 + 90} = 41.8\text{mm}, \frac{e}{a_b} = \frac{41.8}{240} = 0.174$$

查表 3.11 ($\beta \leq 3$), $\varphi = 0.732$

$$\varphi \gamma_1 f A_b = 0.732 \times 1.05 \times 1.50 \times 144000 = 166 \times 10^3\text{N} = 166\text{kN} > N = N_0 + N_l = 165\text{kN}, \text{满足要求。}$$

3.3.4 梁下设有长度大于 πh_0 的垫梁时的砌体局部受压

当梁支撑在钢筋混凝土垫梁（如圈梁）上，则可利用垫梁把大梁传来的集中荷载分散到一定宽度的墙上去。此时，可把垫梁看做一根承受集中荷载的弹性地基梁。



3.3.4 梁下设有长度大于 πh_0 的垫梁时的砌体局部受压

垫梁下的砌体局部受压承载力应按下列公式计算：

$$N_0 + N_l \leq 2.4\delta_2 f b_b h_0, \quad N_0 = \pi b_b h_0 \sigma_0 / 2$$

$$h_0 = 2 \sqrt[3]{\frac{E_b I_b}{E h}}$$

式中： N_0 —垫梁 $\pi h_0 b_b / 2$ 范围内上部轴向力设计值；

b_b —垫梁在墙厚方向的宽度；

δ_2 —当荷载沿墙厚方向均匀分布时取1.0，不均匀分布时取0.8；

h_0 —垫梁折算厚度； h_b —垫梁的高度；

E_b 、 I_b —分别为垫梁的混凝土弹性模量和截面惯性矩；

E —砌体的弹性模量；

h —墙厚；

3.4 砌体轴心受拉、受弯及受剪承载力计算

1. 轴心受拉构件

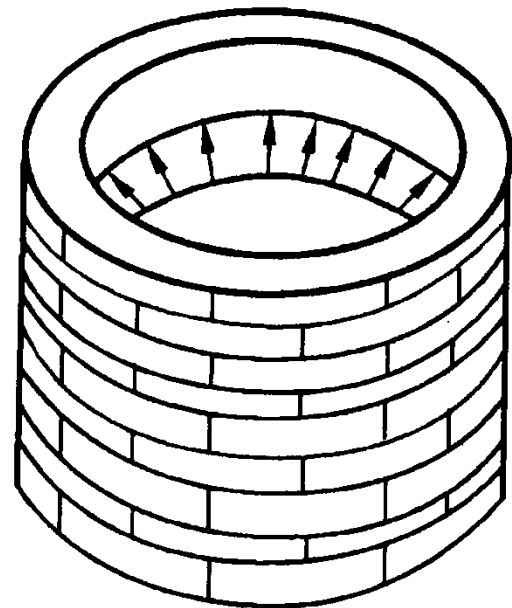
砌体的抗拉强度较低，故实际工程中较少采用砌体轴心受拉构件。对容积较小的圆形水池或筒仓，可将池壁或筒仓壁设计成轴心受拉构件。

砌体轴心受拉构件的承载力：

$$N_t \leq f_t A$$

式中： N_t ——轴向拉力设计值。

f_t ——砌体的轴心抗拉强度设计值。



砌体轴心受拉

3.4 砌体轴心受拉、受弯及受剪承载力计算

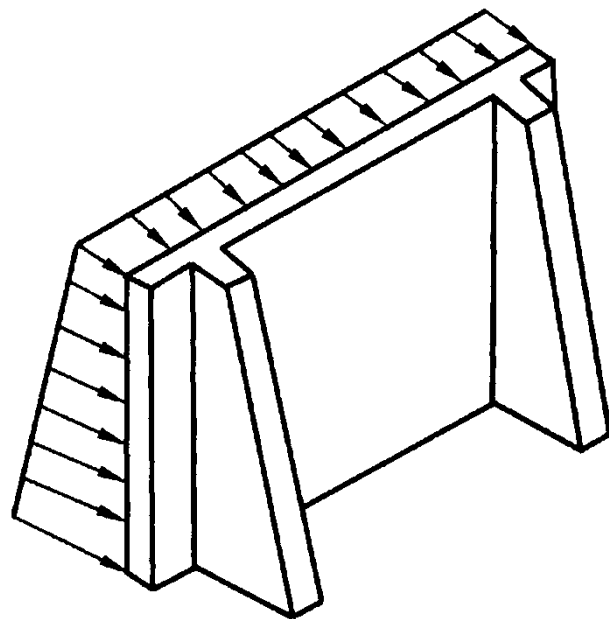
2. 受弯构件

砖砌平拱过梁及挡土墙属于受弯构件。在弯矩作用下砌体可能沿通缝或齿缝截面因弯曲受拉而破坏，应进行受弯承载力计算。此外在支座处有时还存在较大的剪力，还应进行受剪承载力计算。

$$M \leq f_{tm} W$$

$$V \leq f_v b z$$

$$z = I/S$$



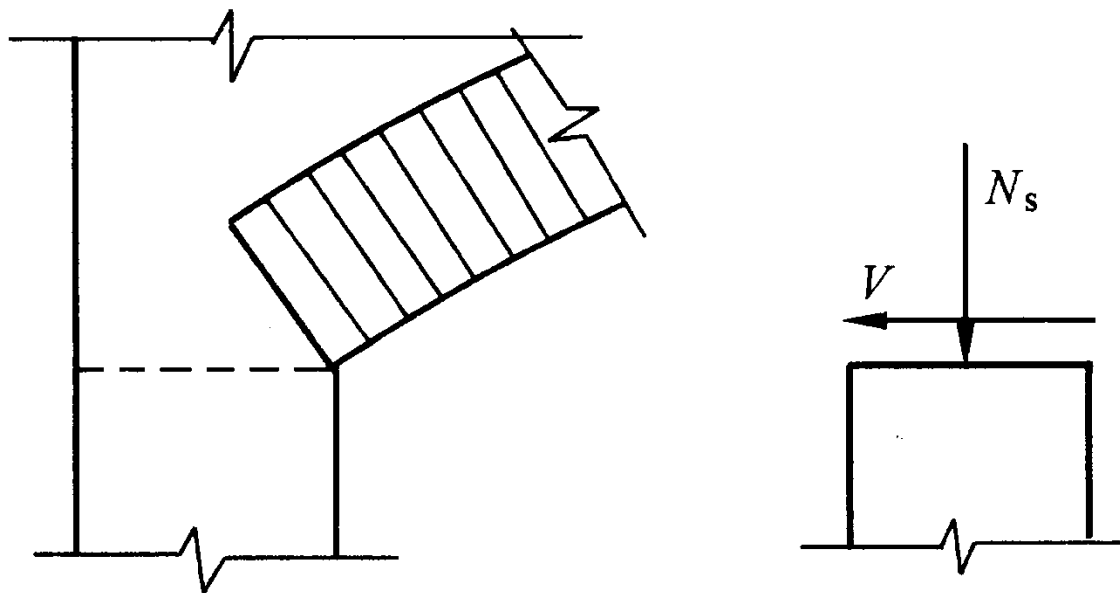
砌体受弯构件

3.4 砌体轴心受拉、受弯及受剪承载力计算

3. 受剪构件

在无拉杆的拱支座处，由于拱的水平推力将使支座砌体受剪。受剪承载力随作用在砌体截面上的压力所产生的摩擦力而提高，沿通缝或沿阶梯型截面破坏时受剪构件的承载力按下式计算。

$$V \leq (f_v + \alpha \mu \sigma_0) A$$



拱支座截面受力情况

3.5 配筋砌体构件

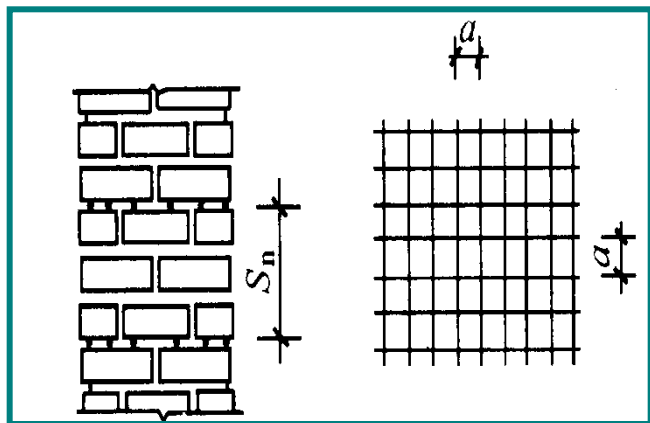
3.5.1 网状配筋砖砌体受压构件

1. 网状配筋砖砌体的做法

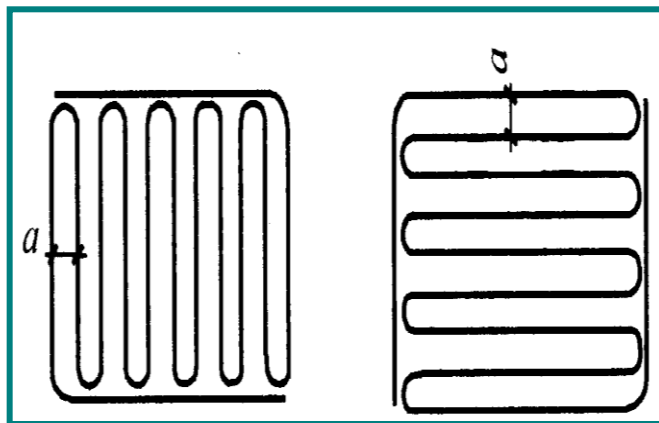
网状配筋砖砌体又称为横向配筋砖砌体，是在砖柱或砖墙中每隔几皮砖的水平灰缝中设置直径为3~4mm的方格网式钢筋网片，或直径6~8mm的连弯式钢筋网片砌筑而成。在砌体受压时，网状配筋可约束和限制砌体的横向变形以及竖向裂缝的开展和延伸，从而提高砌体的抗压强度。

3.5 配筋砌体构件

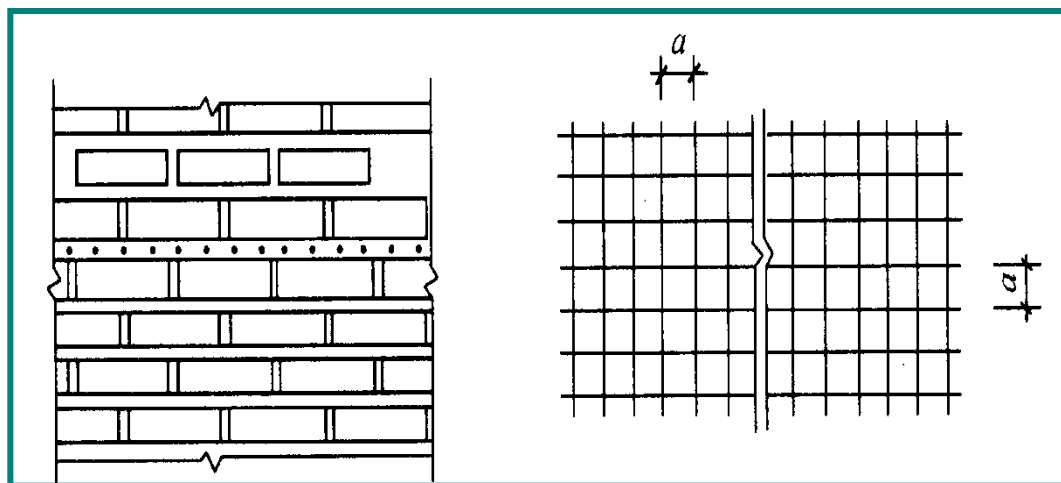
3.5.1 网状配筋砖砌体受压构件



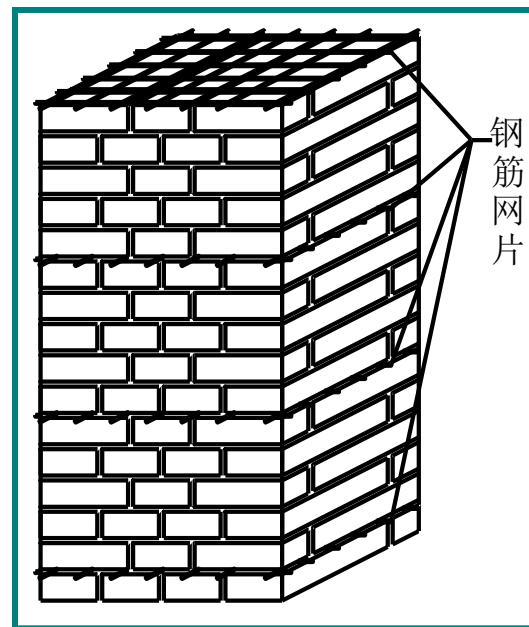
(a) 方格网配筋砖柱



(b) 连弯钢筋网



(c) 方格网配筋砖墙



3.5 配筋砌体构件

3.5.1 网状配筋砖砌体受压构件

2. 受力特点

网状配筋砖砌体构件在轴向压力作用下，不但发生纵向压缩变形，同时也发生横向膨胀。由于钢筋、砂浆层与块体之间存在着摩擦力和粘结力，钢筋被完全嵌固在灰缝内与砖砌体共同工作；当砖砌体纵向受压时，钢筋横向受拉，因钢筋的弹性模量比砌体大，变形相对小，可阻止砌体的横向变形发展，防止砌体因纵向裂缝的延伸而过早失稳破坏，从而间接地提高网状配筋砖砌体构件的承载能力，故这种配筋有时又称为间接配筋。试验表明，砌体与横向钢筋之间**足够的粘结力**是保证两者共同工作，充分发挥块体的抗压强度，提高砌体承载力的重要保证。

3.5 配筋砌体构件

3.5.1 网状配筋砖砌体受压构件

3. 适用范围

当采用无筋砖砌体受压构件，其受压承载力不能满足要求，且截面尺寸受到限制不能增大时，可采用网状配筋砖砌体。

试验表明，网状配筋砖砌体构件在轴向力的偏心距 e 较大或构件高厚比 β 较大时，钢筋难以发挥作用，构件承载力的提高受到限制。故当偏心距超过截面核心范围，对矩形截面即 $e/h > 0.17$ 时；或偏心距虽未超过截面核心范围，但构件的高厚比 $\beta > 16$ 时，均不宜采用网状配筋砖砌体构件。

3.5 配筋砌体构件

3.5.1 网状配筋砖砌体受压构件

4. 承载力计算

网状配筋砖砌体受压构件的承载力按下列公式计算：

$$N \leq \varphi_n f_n A$$

N ——轴向力设计值。

φ_n ——高厚比和配筋率以及轴向力的偏心矩对网状配筋砖砌体受压构件承载力的影响系数，可按公式计算，也可查表11-12采用。

f_n ——网状配筋砖砌体的抗压强度设计值。

3.5 配筋砌体构件

5. 构造要求

(1) 网状配筋砖砌体中的体积配筋率不应小于0.1%，且不应大于1%。

(2) 采用钢筋网时，钢筋的直径宜采用3~4mm；当采用连弯钢筋网时，钢筋的直径不应大于8mm。

(3) 钢筋网中钢筋的间距 a ，不应大于120mm，且不应小于30mm。

(4) 钢筋网的竖向间距 S_n ，不应大于5皮砖，且不应大于400mm；当采用连弯钢筋网时(如图3.23(b))，网的钢筋方向应互相垂直，沿砌体高度交错设置， S_n 为同一方向网的间距。

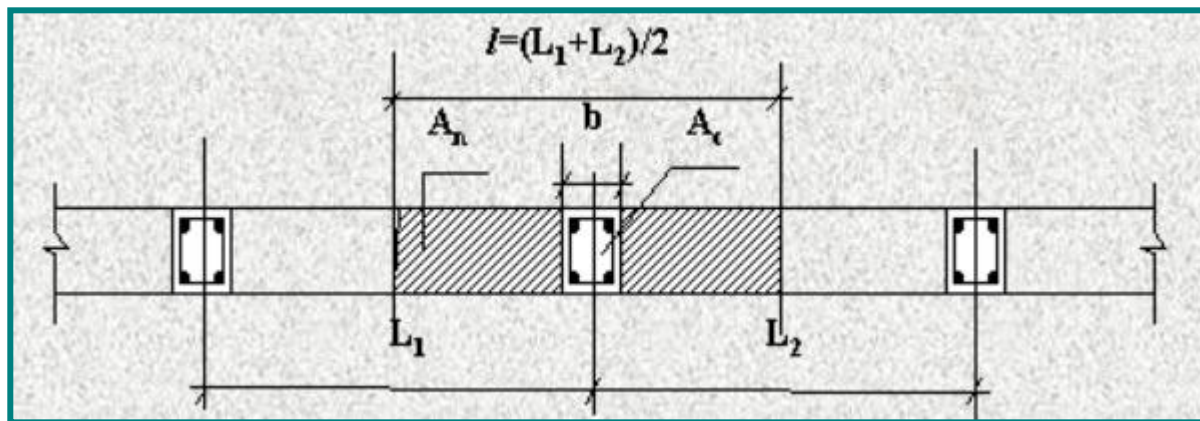
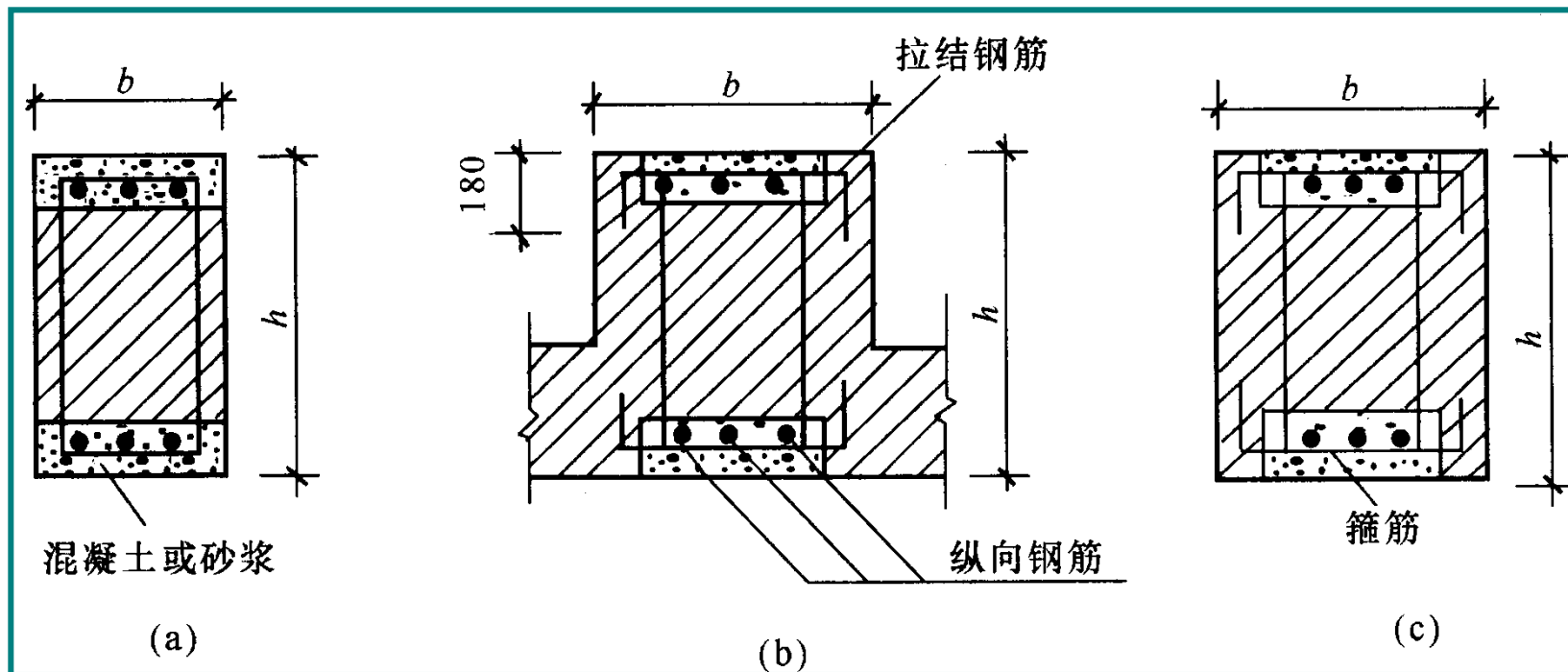
(5) 网状配筋砖砌体所用的砂浆强度等级不应低于M7.5；钢筋网应设置在砌体的水平灰缝中，灰缝厚度应保证钢筋上下至少各有2mm厚的砂浆层。

3.5.2 组合砖砌体构件

1. 组合砖砌体的分类

- (a) 砖砌体和钢筋混凝土面层或钢筋砂浆面层组成的砌体。
- (b) 在砖砌体中每隔一定距离设置钢筋混凝土构造柱，并在各层楼盖处设置钢筋混凝土圈梁，使砖砌体墙与钢筋混凝土构造柱、圈梁组成一个整体结构共同受力。

3.5.2 组合砖砌体构件



3.5.2 组合砖砌体构件

2. 受力特点

组合砖砌体构件在轴心压力作用下，首批裂缝发生在砌体与混凝土或砂浆面层的连接处。当压力增大后，砖砌体内产生竖向裂缝，但因受面层的约束发展较缓慢。当组合砖砌体内的砖和混凝土或砂浆面层被压碎或脱落，竖向钢筋在箍筋间压屈，组合砖砌体随即破坏。试验表明，在组合砖砌体中，砖砌体与钢筋混凝土或砂浆面层能够较好的共同受力，但水泥砂浆面层中的受压钢筋应力达不到屈服强度。

3.5.2 组合砖砌体构件

3. 适用范围

当采用无筋砖砌体受压构件不能满足结构功能要求或轴向力偏心距 e 超过无筋砌体受压构件的限值 $0.6y$ 时，宜采用组合砖砌体构件。

此外，对于砖墙与组合砌体一同砌筑的T形截面构件（如图（b）所示），可按图（c）矩形截面组合砌体构件计算。但 β 仍按T形截面考虑。

承载力计算采用叠加方法。

3.5.3 配筋砌块砌体

◆配筋砌块砌体

配筋砌块砌体是在砌体中配置一定数量的竖向和水平钢筋，竖向钢筋一般插入砌块上下贯通的孔中，用灌孔混凝土灌实使钢筋充分锚固；水平钢筋可设置在水平灰缝中。

4 混合结构房屋的砌体结构设计

4.1 承重墙的结构布置

在混合结构房屋中，沿房屋长向布置的墙体称为**纵墙**；沿房屋短向布置的墙体称为**横墙**；

横墙承重方案：

定义：将楼板直接搁置在横墙上，外纵墙只起围护作用。

传力过程：楼（屋）面荷载→横墙→基础→地基。

特点：

(1) 由于横墙间距很小，房屋空间刚度大，整体性好。

(2) 楼（屋）盖结构简单，施工方便，材料用量少，但墙体的用料较多。

(3) 外纵墙不承重，可以开设较大的门窗洞口。

适用范围：宿舍、住宅、旅馆等居住建筑。

4 混合结构房屋的砌体结构设计

纵墙承重方案：

定义：由纵墙直接承受屋（楼）面荷载。

传力过程：楼（屋）面荷载→梁（屋架）→纵墙→基础→地基

特点：

（1）纵墙是主要承重墙，横墙间距可以相当大，这种体系室内空间较大，有利于使用上的灵活隔断。

（2）由于纵墙承受的荷载较大，纵墙上门窗的大小和布置受到限制。

（3）楼屋盖跨度较大、材料用量较多，而墙体材料用量较少。

适用范围：适用于使用上要求有较大空间的房屋（教学楼、图书馆、食堂、中小型工业厂房）

4 混合结构房屋的砌体结构设计

内框架承重方案：

定义：由钢筋混凝土柱和屋（楼）面梁组成内框架，与外墙共同承重。

传力过程：楼（屋）面荷载→梁→ $\left. \begin{array}{l} \text{外纵墙} \rightarrow \text{外纵墙基础} \\ \text{柱} \rightarrow \text{柱基础} \end{array} \right\} \rightarrow \text{地基}$

特点：
(1) 外墙和柱都是主要承重构件，以柱代替内墙，取得较大的室内空间而不增加梁的跨度。

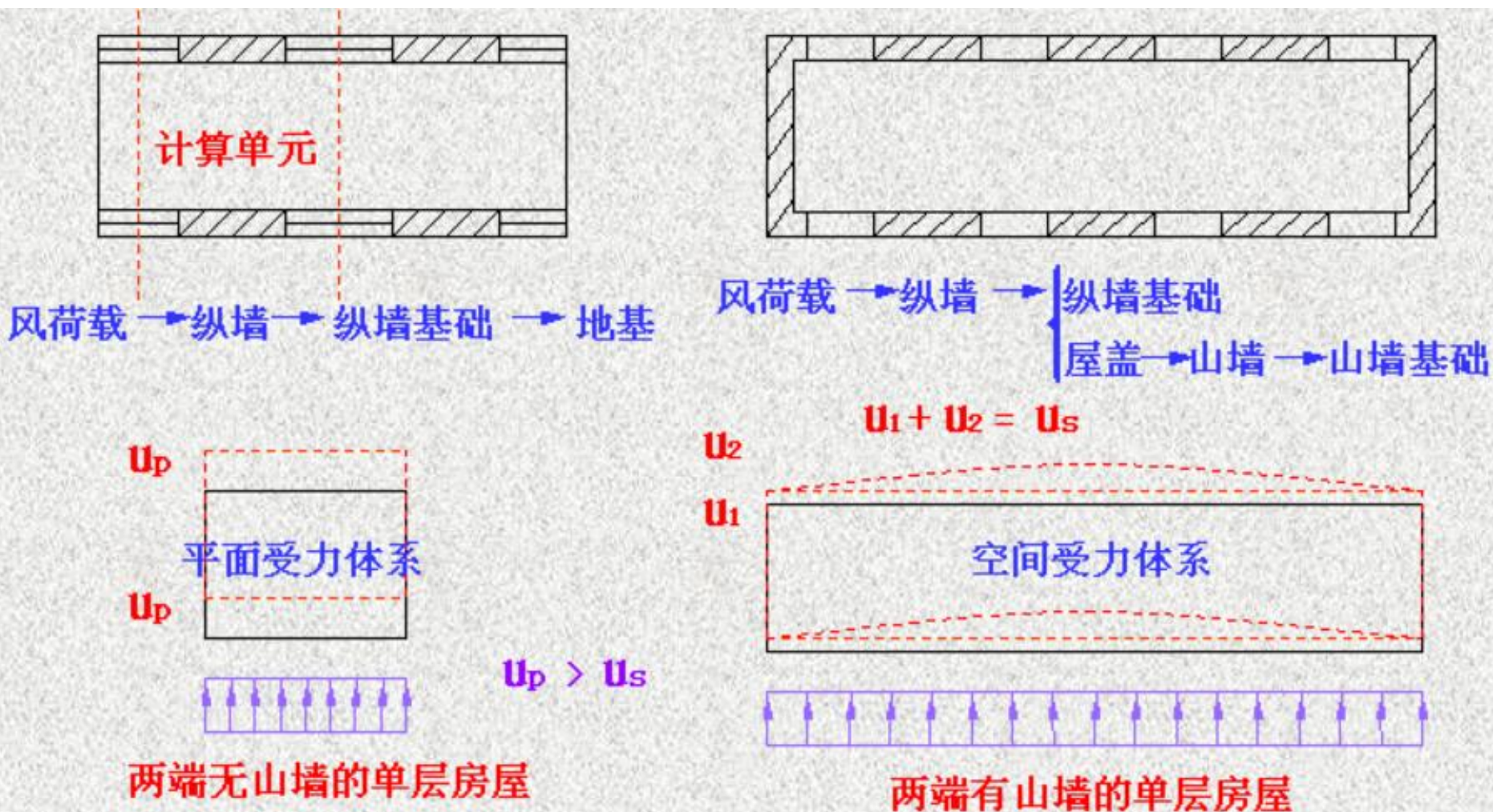
(2) 主要承重构件材料性质不同，基础形式也不同，易引起地基不均匀沉降。

(3) 横墙较少，房屋空间刚度较差，抗震性能较差。

适用范围：适用于旅馆、底层商店上部住宅的建筑。

4.2 混合结构房屋的静力计算方案

1. 水平荷载下混合结构房屋的受力机理



4.2 混合结构房屋的静力计算方案

情况一：为两端**没有山墙**的单层房屋，外纵墙承重，屋盖为装配式钢筋混凝土楼盖。

水平风荷载传递路线：风荷载→纵墙→纵墙基础→地基。

假定作用于房屋的荷载均匀分布，外纵墙的刚度相等，则在水平荷载作用下整个房屋墙顶的水平位移是相同的。如果从其中任意取出一单元，则这个单元和整个房屋的受力状态相同，可以用这个单元的受力状态代表整个房屋的受力状态。

在这类房屋中，墙顶位移取决于**纵墙刚度**，而屋盖结构的刚度只是保证**传递水平荷载时两边纵墙位移相同**。因此可将纵墙看作排架柱，屋盖结构看作横梁，把基础看作柱的固定支座，屋盖结构和墙的连接点看作铰结点，则计算单元的受力状态就如同一个单跨平面排架，属于平面受力体系，其静力分析可采用结构力学的分析方法。

4.2 混合结构房屋的静力计算方案

情况二：为两端有山墙的单层房屋。由于两端山墙的约束，其传力途径发生了变化。屋盖可以看作是两端简支在山墙上的水平梁（屋盖的厚度是水平梁的截面宽度，房屋的宽度是水平梁的截面高度），而山墙可以看作竖向悬臂梁支承在基础上。因此，该房屋的水平风荷载传递路线是：

风荷载→纵墙→纵墙基础→地基

风荷载→纵墙→屋盖结构→山墙→山墙基础

对于这类房屋，风荷载的传递体系已经不是平面受力体系，而是空间受力体系。此时，墙体顶部的水平位移不仅与纵墙刚度有关，而且与屋盖的水平刚度有关。

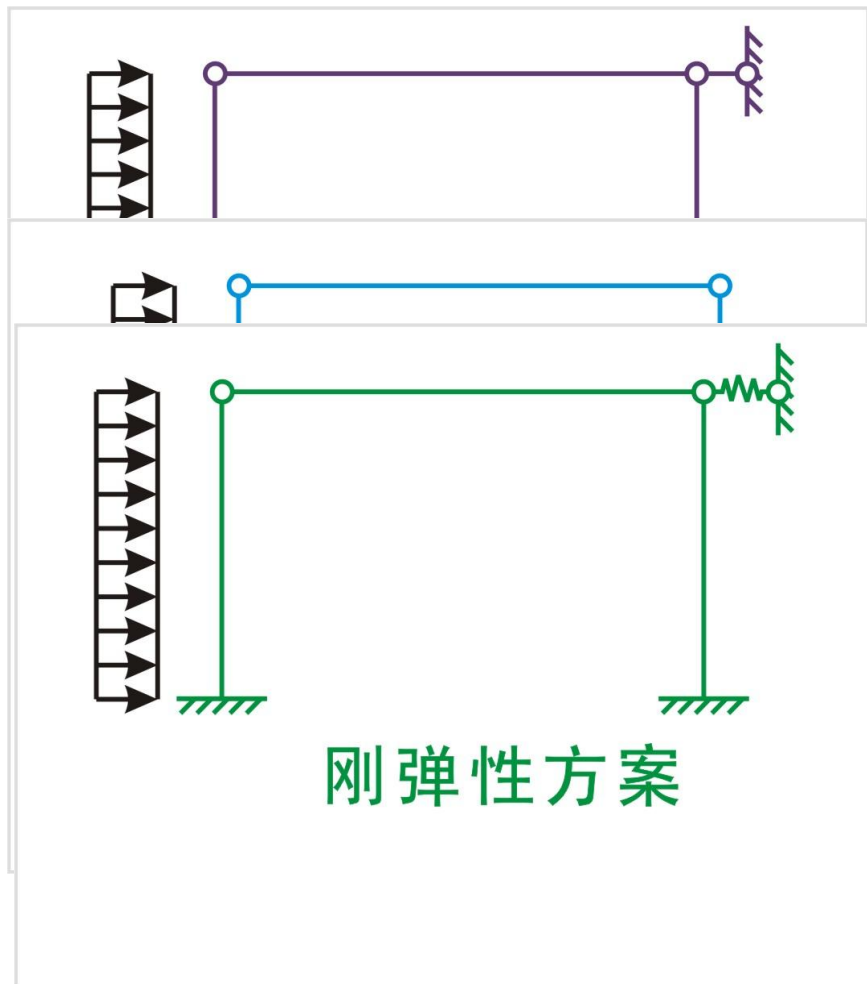
两端山墙的距离越近，或增加越多的横墙，屋盖的水平刚度越大，墙顶的水平位移越小。

4.2 混合结构房屋的静力计算方案

2. 房屋的静力计算方案

(3) 刚弹性方案房屋

当房屋横墙间距不太大，楼、屋盖的水平截面抗弯刚度不太小，房屋的空间刚度介于刚性和弹性方案之间。荷载作用下，墙、柱顶端的水平位移也介于刚性和弹性之间，属于刚弹性方案。



4.2 混合结构房屋的静力计算方案

在上述三种方案中，楼、屋盖的水平变形直接与屋盖类别和横墙间距两个因素相关，砌体结构房屋的静力计算方案按下表划分。

	屋盖或楼盖类别 ⁺	刚性方案 ⁺	刚弹性方案 ⁺	弹性方案 ⁺
1 ⁺	整体式、装配整体式和装配式无檩体系钢筋混凝土屋盖或钢筋混凝土楼盖 ⁺	$s < 32$ ⁺	$32 \leq s \leq 72$ ⁺	$s > 72$ ⁺
2 ⁺	装配式有檩体系钢筋混凝土屋盖、轻钢屋盖和有密铺望板的木屋盖或楼盖 ⁺	$s < 20$ ⁺	$20 \leq s \leq 48$ ⁺	$s > 48$ ⁺
3 ⁺	瓦材屋面的木屋盖和轻钢屋盖 ⁺	$s < 16$ ⁺	$16 \leq s \leq 36$ ⁺	$s > 36$ ⁺

注：① 表中 s 为房屋横墙间距，其长度单位为m。

② 当多层房屋的屋盖、楼盖类别不同或横墙间距不同时，可按本表规定分别确定各层(底层或顶部各层)房屋的静力计算方案。

③ 对无山墙或伸缩缝无横墙的房屋，应按弹性方案考虑。

4.2 混合结构房屋的静力计算方案

在刚性和刚弹性方案房屋中，横墙是保证房屋具备足够的抗侧能力的重要构件，《砌体规范》规定，这些横墙同时满足下列要求：

- (1) 横墙中开有洞口时，洞口的水平截面面积不应超过横墙水平全截面面积的50%。
- (2) 横墙的厚度不宜小于180mm。
- (3) 单层房屋的横墙长度不宜小于其高度，多层房屋的横墙长度不宜小于 $H/2$ (H 为横墙总高度)。

当横墙不能同时符合上述要求时，应对横墙的刚度进行验算。

4.3 砌体结构墙、柱的高厚比验算

砌体结构房屋中的墙、柱均是受压构件，除了应满足**承载力**的要求外，还必须保证其**稳定性**。

《规范》规定：用验算**墙、柱高厚比**的方法来保证墙、柱在施工阶段和使用阶段的**稳定性**。

高厚比验算包括两方面内容：

允许高厚比限值的确定

墙、柱实际高厚比的计算

4.3 砌体结构墙、柱的高厚比验算

一、允许高厚比

墙、柱允许高厚比 $[\beta]$ 值

砂浆强度等级	墙	柱
M2.5	22	15
M5.0	24	16
\geq M7.5	26	17

注：① 毛石墙、柱允许高厚比应按表中数值降低20%。

② 组合砖砌体构件的允许高厚比，可按表中数值提高20%，但不得大于28。

③ 验算施工阶段砂浆尚未硬化的新砌砌体高厚比时，允许高厚比对墙取14，对柱取11。

4.3 砌体结构墙、柱的高厚比验算

二、影响允许高厚比的因素

1) 砂浆强度等级

砂浆强度直接影响砌体的弹性模量，而砌体弹性模量的大小又直接影响砌体的刚度。所以砂浆强度是影响允许高厚比的重要因素。砂浆强度愈高，允许高厚比亦相应增大。

2) 砌体类型

毛石墙比一般砌体墙刚度差，允许高厚比要降低，而组合砌体由于钢筋混凝土的刚度好，允许高厚比可提高。

3) 横墙间距

横墙间距愈小，墙体稳定性和刚度愈好。验算时用改变墙体的计算高度 H_0 来考虑这一因素。柱子没有横墙联系，其允许高厚比应比墙小些。

4.3 砌体结构墙、柱的高厚比验算

4) 砌体截面刚度

砌体截面惯性矩较大，稳定性则好。当墙上门窗洞口削弱较多时，允许高厚比值降低，可通过修正系数来考虑。

5) 构造柱间距及截面

构造柱间距愈小，截面愈大，对墙体的约束愈大，因此墙体稳定性愈好，允许高厚比可提高。亦通过修正系数考虑。

6) 支承条件

刚性方案房屋的墙柱在屋盖和楼盖支承处假定为不动铰支座，刚性好；而弹性和刚弹性房屋的墙柱在屋(楼)盖处侧移较大，稳定性差。验算时用改变其计算高度 H_0 来考虑。

7) 构件重要性和房屋使用情况

对次要构件，如自承重墙允许高厚比可以增大，通过修正系数考虑；对于使用时有振动的房屋则应酌情降低。

4.3 砌体结构墙、柱的高厚比验算

三、墙、柱高厚比验算

(一) 一般墙、柱高厚比验算

$$\beta = \frac{H_0}{h} \leq \mu_1 \mu_2 [\beta]$$

式中： H_0 ——墙、柱的计算高度，按表4-4取值；

h ——墙厚或与矩形柱较小边长；

μ_1 ——墙厚 $\leq 240\text{mm}$ 的自承重墙允许高厚比修正系数；

当 $h=240\text{mm}$ 时， $\mu_1=1.2$ ；

当 $h=90\text{mm}$ 时， $\mu_1=1.5$ ；中间数值按内插取值。

$[\beta]$ ——墙柱的允许高厚比。

4.3 砌体结构墙、柱的高厚比验算

表 4.4 受压构件的计算高度 H_0

房屋类别			柱		带壁柱墙或周边拉结的墙		
			排架 方向	垂 直 排架方向	$s > 2H$	$2H \geq s > H$	$s \leq H$
有吊车的 单层房屋	变截面柱 上 段	弹性方案	$2.5H_u$	$1.25H_u$	$2.5H_u$		
		刚性、刚弹性方案	$2.0H_u$	$1.25H_u$	$2.0H_u$		
	变截面柱下段		$1.0H_l$	$0.8H_l$	$1.0H_l$		
无吊车的单层 和多层房屋	单 跨	弹性方案	$1.5H$	$1.0H$	$1.5H$		
		刚弹性方案	$1.2H$	$1.0H$	$1.2H$		
	多 跨	弹性方案	$1.25H$	$1.0H$	$1.25H$		
		刚弹性方案	$1.10H$	$1.0H$	$1.1H$		
	刚性方案		$1.0H$	$1.0H$	$1.0H$	$0.4s + 0.2H$	$0.6s$

4.3 砌体结构墙、柱的高厚比验算

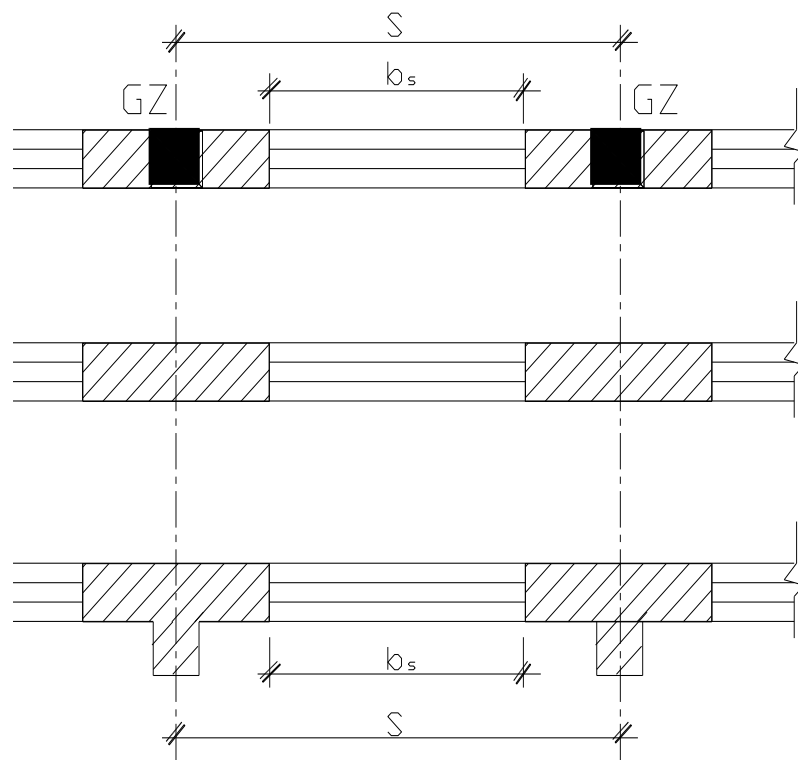
μ_2 ——有门窗洞口墙允许高厚比修正系数；按下式计算：

$$\mu_2 = 1 - 0.4b_s / S$$

b_s ——在宽度为 S 范围内的门窗洞口宽度；

S ——相邻窗间墙或壁柱之间的距离。

注意：当洞口高度小于等于墙高的 $1/5$ 时，取 $\mu_2 = 1.0$ ，当算得的 μ_2 小于 0.7 时，取 0.7 。



门窗洞口宽度示意图

4.3 砌体结构墙、柱的高厚比验算

(二) 带壁柱墙的高厚比验算

1. 整片墙的高厚比验算

由于带壁柱墙的计算截面为 T 形截面，故其高厚比验算公式为：

$$\beta = \frac{H_0}{h_T} \leq \mu_1 \mu_2 [\beta]$$

$$h_T = 3.5i \quad i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

式中： h_T ——带壁柱墙截面的折算厚度；

i ——带壁柱墙截面的回转半径；

I, A ——带壁柱墙截面的惯性矩和面积。

计算带壁柱墙的计算高度 H_0 时， s 取相邻横墙的间距。



图 4.9 带壁柱墙验算图

4.3 砌体结构墙、柱的高厚比验算

确定截面回转半径*i*时，带壁柱墙截面的翼缘宽度可按下列规定取用：

1) 对于多层房屋，当有门窗洞口时，取窗间墙宽度；
当无门窗洞口时，每侧翼墙宽度可取壁柱高度的1/3；

2) 对于单层房屋，壁柱翼缘宽度可取 $b_f = b + 2H/3$
(*b*为壁柱宽度，*H*为墙高)，但不大于相邻窗间墙的宽度和相邻壁柱间的距离。

4.3 砌体结构墙、柱的高厚比验算

2. 壁柱间墙的高厚比验算

$$\beta = \frac{H_0}{h} \leq \mu_1 \mu_2 [\beta]$$

壁柱间墙的高厚比按按**无壁柱墙**公式进行验算。此时可将壁柱视为壁柱间墙的不动铰支座。**计算 H_0 时， S 取相邻壁柱间的距离。**而且，不论带壁柱墙体房屋的静力计算属何种计算方案， **H_0 一律按表15-8中刚性方案考虑。**

4.3 砌体结构墙、柱的高厚比验算

(三) 带构造墙的高厚比验算

1. 整片墙的高厚比验算

当构造柱截面宽度不小于墙厚时，按式验算 $\beta = \frac{H_0}{h} \leq \mu_1 \mu_2 \mu_c [\beta]$

式中： h 为墙厚，在确定墙的计算高度 H_0 时， S 取相邻横墙间的距离；

μ_c ——考虑构造柱影响时墙的允许高厚比提高系数；

$$\mu_c = 1 + \gamma \frac{b_c}{l}$$

b_c ——构造柱沿墙长方向的宽度； l ——构造柱的间距。

γ ——系数，对于细料石、半细料石砌体 $\gamma = 0$ ；对于混凝土砌块、粗料石、毛料石及毛石砌体， $\gamma = 1.0$ ；其他砌体 $\gamma = 1.5$ 。

(三) 带构造柱墙的高厚比验算

当 $b_c/l > 0.25$ 时，取 $b_c/l = 0.25$ ；

当 $b_c/l < 0.05$ 时，取 $b_c/l = 0$ 。

注：由于施工过程中先砌墙后浇筑构造柱，因此考虑构造柱有利作用的高厚比验算不适用于施工阶段，应采取措施保证先砌墙体在施工阶段的稳定性。

2. 构造柱间墙的高厚比验算

同壁柱间墙的高厚比验算，在确定墙体计算高度 H_0 时，取相邻构造柱间的距离。

4.3 砌体结构墙、柱的高厚比验算

【例 4.1】 某三层办公楼平面布置如图 4.10 所示,采用装配式钢筋混凝土楼盖,纵横向承重墙均为 190mm,采用 MU7.5 混凝土小型空心砌块,双面粉刷,二、三层用 Mb5 砂浆,层高均为 3.6m,窗宽均为 1800mm,门宽均为 1000mm。试验算二层各墙的高厚比。

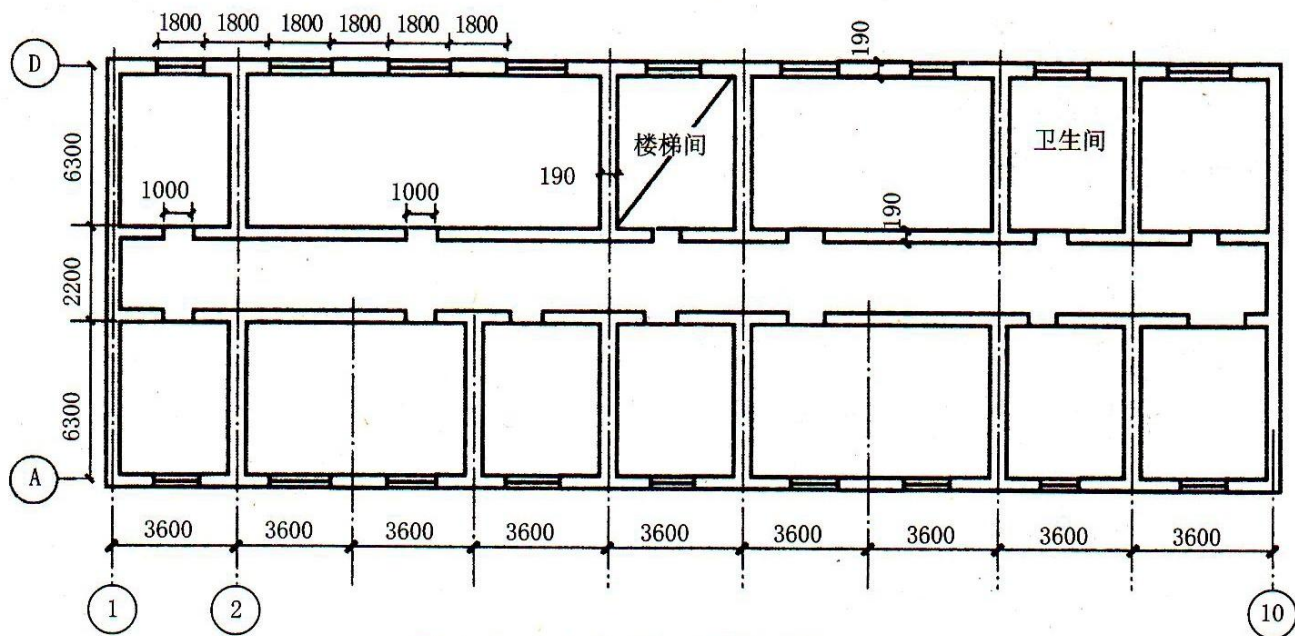


图 4.10 办公楼二层平面图

【解】 (1) 确定静力计算方案

最大横墙间距 $s=3.6 \times 3=10.8\text{m} < 32\text{m}$, 查表 4.2 属刚性方案。

承重墙高 $H=3.6\text{m}$ ($2H=7.2\text{m}$), $h=190\text{mm}$

查表 4.3, Mb5 砂浆, $[\beta]=24$

4.3 砌体结构墙、柱的高厚比验算

(2) 纵墙高厚比验算

① 外纵墙高厚比验算

$s=10.8\text{m}>2H=7.2\text{m}$, 查表 4.4, $H_0=1.0H=3.6\text{m}$

$$\mu_2=1-0.4\frac{b_s}{s}=1-0.4\times\frac{1.8\times 3}{3.6\times 3}=0.8>0.7, \text{承重墙 } \mu_1=1.0$$

$$\beta=\frac{H_0}{h}=\frac{3.6}{0.19}=18.9<\mu_1\mu_2[\beta]=1.0\times 0.8\times 24=19.2, \text{满足要求。}$$

② 内纵墙高厚比验算(门洞高度未超过墙高的 4/5, 按整片墙验算)

$H_0=1.0H=3.6\text{m}$, 同外纵墙

$$\mu_2=1-0.4\frac{b_s}{s}=1-0.4\times\frac{1.0}{3.6\times 3}=0.96>0.7$$

$$\beta=18.9<\mu_1\mu_2[\beta]=1.0\times 0.96\times 24=23.04, \text{满足要求。}$$

(3) 承重横墙高厚比验算

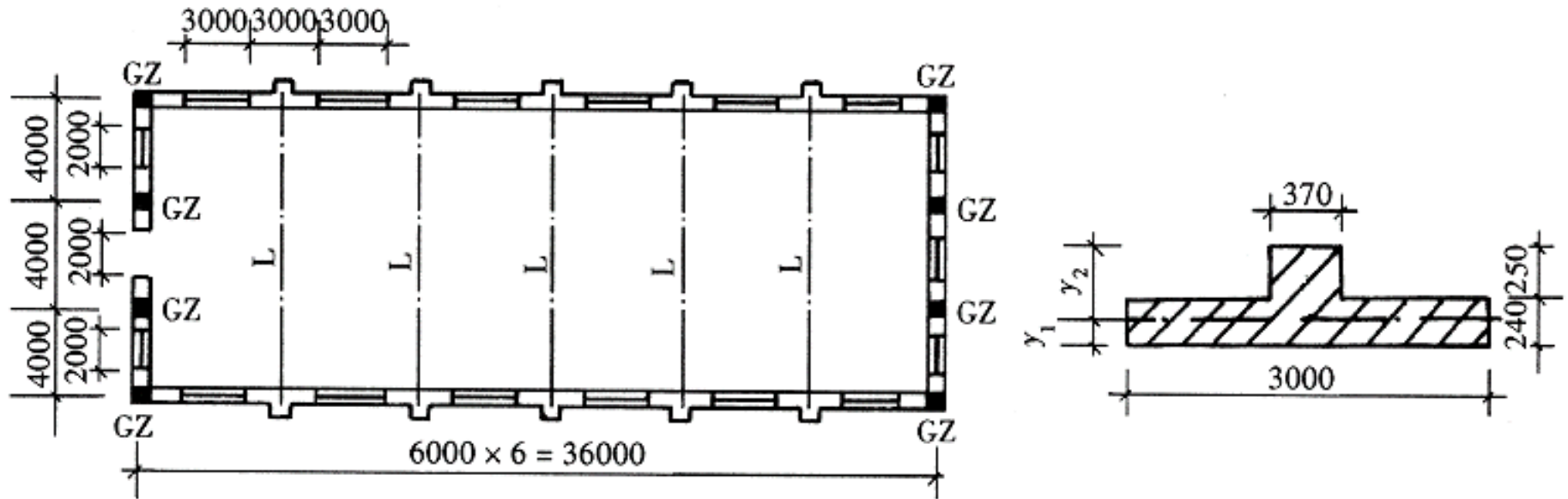
$s=6.3\text{m}$, $H<s<2H$

$H_0=0.4s+0.2H=0.4\times 6.3+0.2\times 3.6=3.24$, 无门窗洞口 $\mu_2=1.0$

$$\beta=\frac{H_0}{h}=\frac{3.24}{0.19}=17.05<\mu_1\mu_2[\beta]=1.0\times 1.0\times 24=24, \text{满足要求。}$$

4.3 砌体结构墙、柱的高厚比验算

- 某单层仓库，纵墙设有壁柱，横墙设有构造柱
(240mm×240mm)，纵、横墙均为承重墙，墙体采用MU10砖，M7.5砂浆砌筑，层高4.5m，基础顶面位于室内地坪下500mm处，装配式无檩体系屋盖，试验算外纵墙和横墙高厚比。



仓库平面图、壁柱墙截面

4.5 墙体的设计计算

4.5.1 刚性方案砌体房屋承重纵墙的内力计算

1. 计算单元

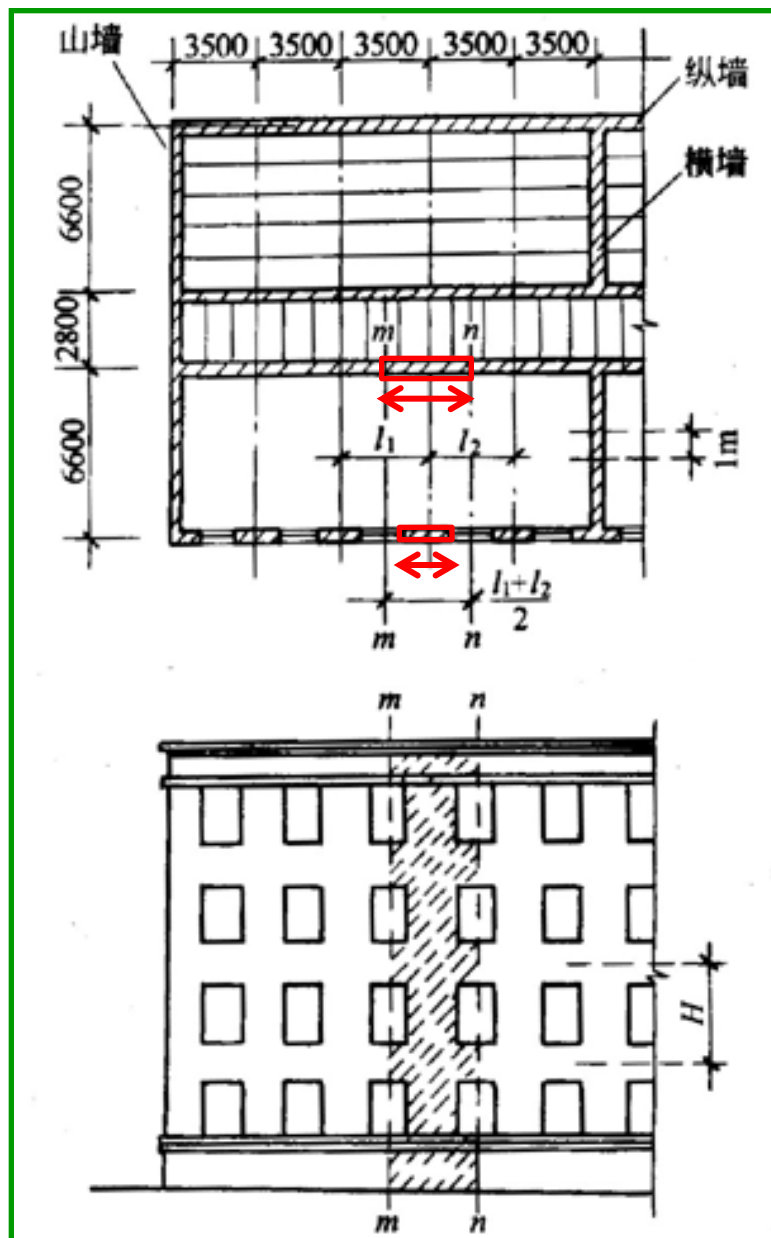
有门窗洞口 一个开间的门间墙或窗间墙

无门窗洞口 计算截面宽度取： $B = \frac{l_1 + l_2}{2}$

2. 荷载计算

竖向荷载 { 恒载：墙体、屋楼盖自重
活载：屋楼盖可变荷载

水平荷载 ↔ 风载



4.5.1 刚性方案砌体房屋承重纵墙的内力计算

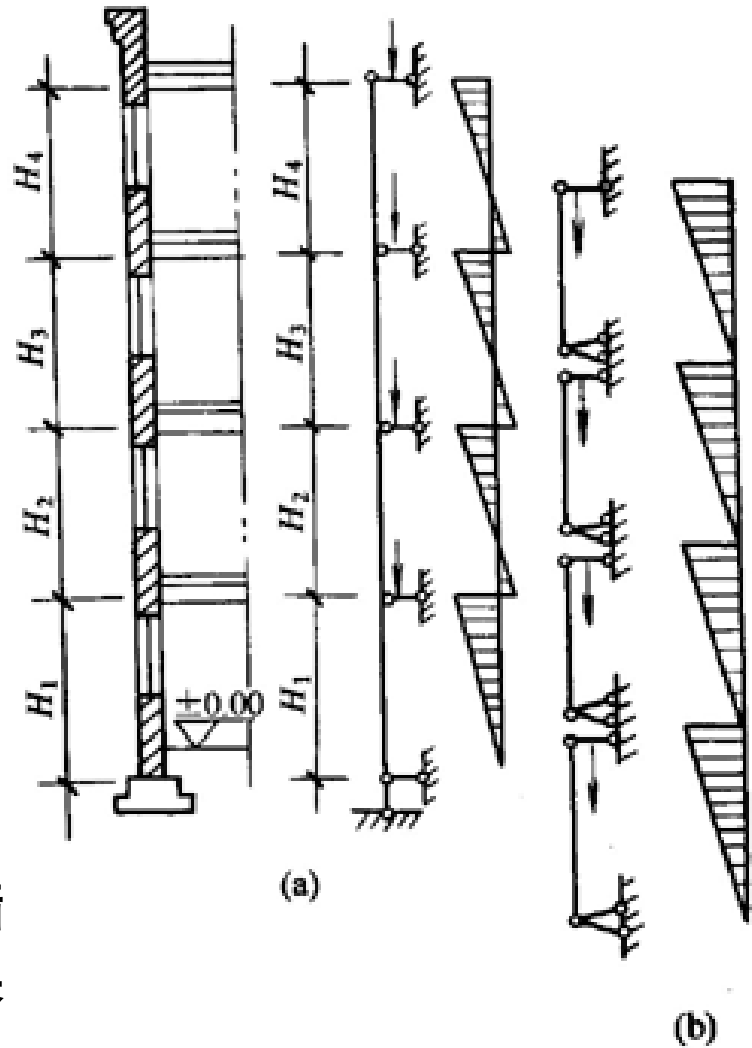
3. 计算简图

A 在**竖向荷载**作用下，多层刚性方案房屋的墙体如同一竖向连续梁，屋盖、楼盖及基础顶面均作为连续梁的支点。

↓
墙、柱在每层高度范围内被简化为两端铰支的竖向偏心受压构件

计算原则：

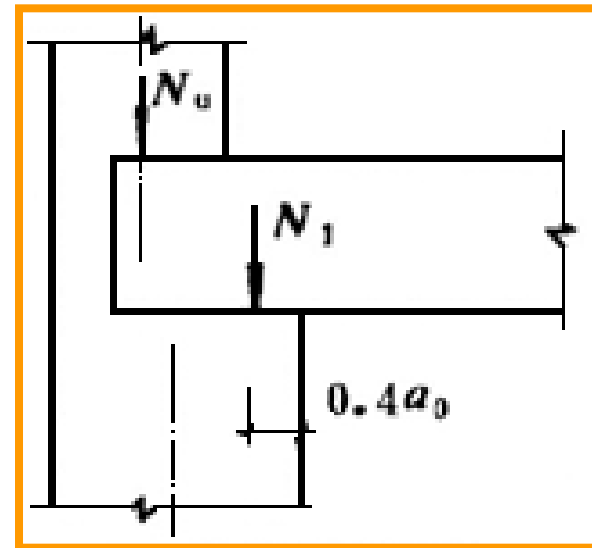
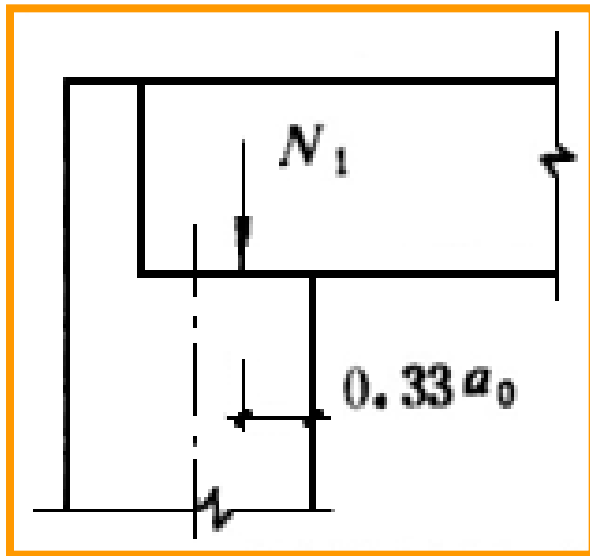
- 1) 上部各层的荷载（包括墙体重、屋面及楼板重等）沿上一层墙的截面形心传至下层；
- 2) 在计算某层墙体弯矩时，要考虑本层梁、板支承压力对本层墙体产生的弯矩，当本层墙与上一层墙形心不重合时，尚应考虑上部传来的竖向荷载对本层墙体产生的弯矩；



4.5.1 刚性方案砌体房屋承重纵墙的内力计算

3) 每层墙体的弯矩图按三角形变化，上端弯矩最大，下端为零：

4) 当梁支承于墙上时，梁端支承压力 N_1 到墙内边距离，对屋盖梁应取梁端有效支承长度 a_0 的0.33倍；对楼盖梁应取梁端有效支承长度 a_0 的0.4倍。



4.5.1 刚性方案砌体房屋承重纵墙的内力计算

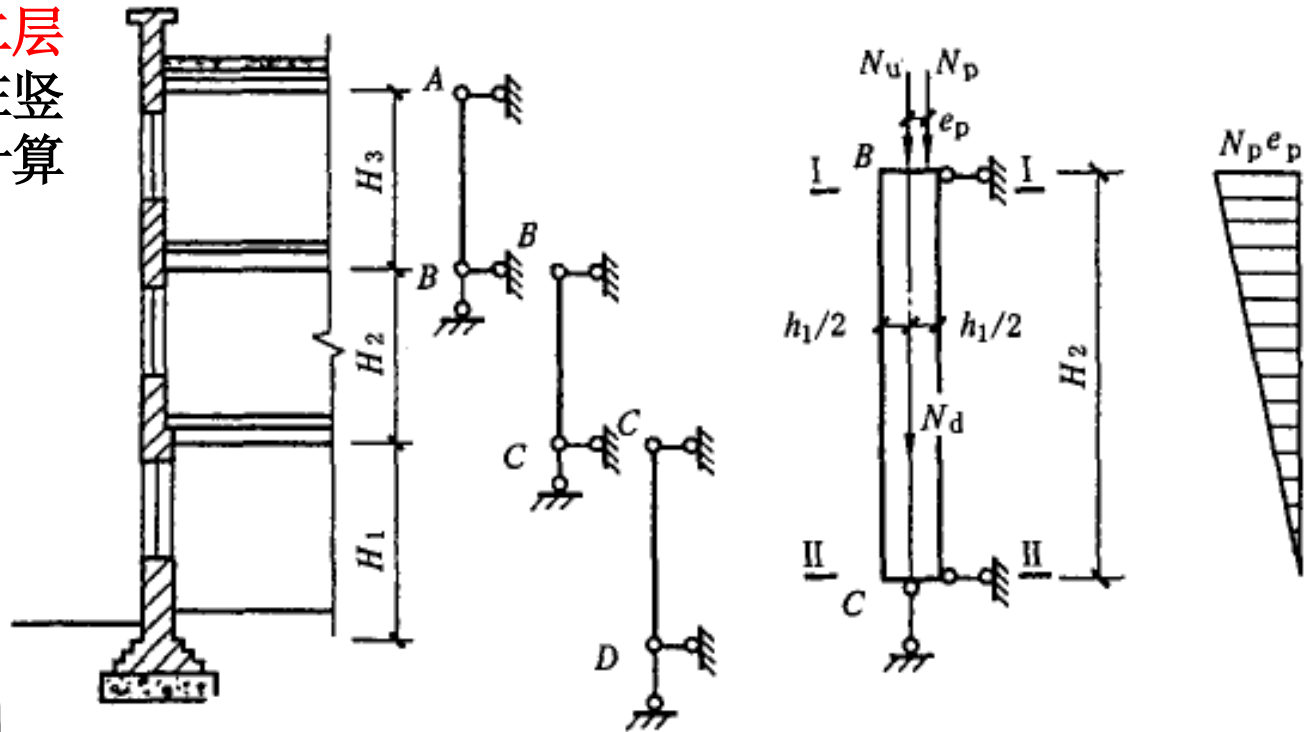
以三层办公楼的第二层墙为例，来说明其在竖向荷载作用下内力计算方法。

上端 I-I 截面内力

$$\left. \begin{aligned} N_I &= N_u + N_l \\ M_I &= N_l \cdot e_l \end{aligned} \right\}$$

下端 II-II 截面内力

$$\left. \begin{aligned} N_{II} &= N_u + N_l + G \\ M_{II} &= 0 \end{aligned} \right\}$$



e_1 可按下面方式确定：当梁、板支承在墙体上时，有效支承长度为 a_0 ，由于上部墙体压在梁或板上阻止其端部上翘，使 N_l 作用点内移。《规范》规定，这时取 N_l 作用在距墙体内边缘 $0.4a_0$ 处， N_l 对墙体截面产生的偏心距 e_1 为

$$e_1 = y - 0.4a_0$$

y ——墙截面形心到受压最大边缘的距离，对矩形截面墙体， $y = \frac{h}{2}$ ， h 为墙厚。

4.5.1 刚性方案砌体房屋承重纵墙的内力计算

B 水平荷载作用下，墙体计算简图为一根竖向多跨连续梁。

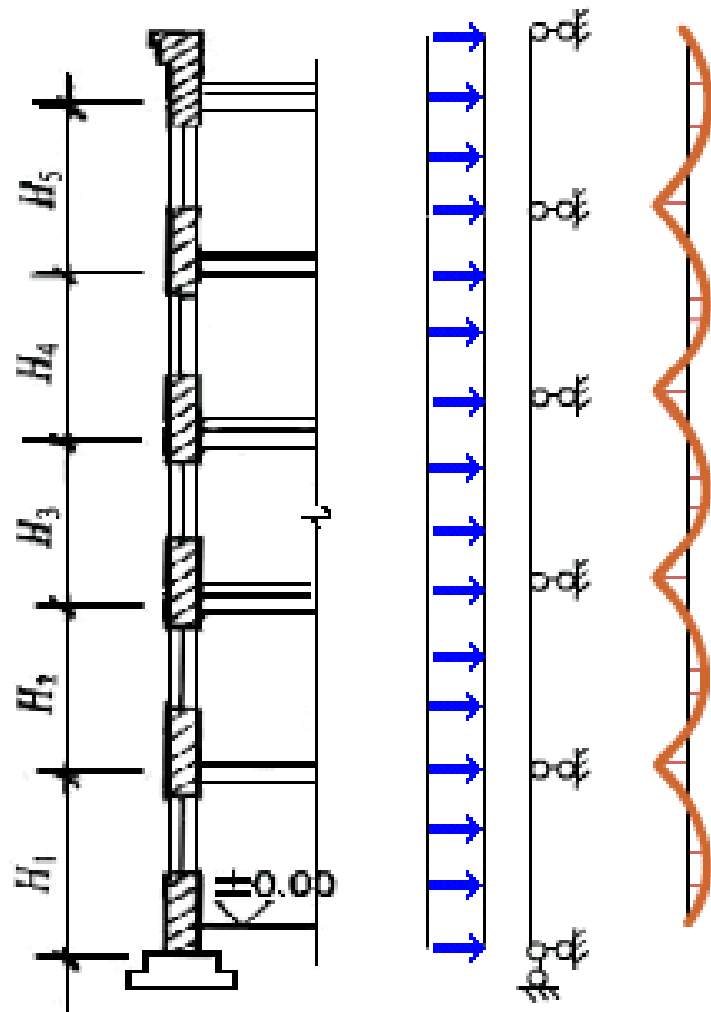
风荷载引起的弯矩按下式计算：

$$M=qH_i^2/12$$

q — 沿楼层高均布风荷载设计值， kN/m ；

H_i — 楼层高度。

风荷载 $\xrightarrow{\text{三个条件}}$ 可不考虑
(P₃₄₃)



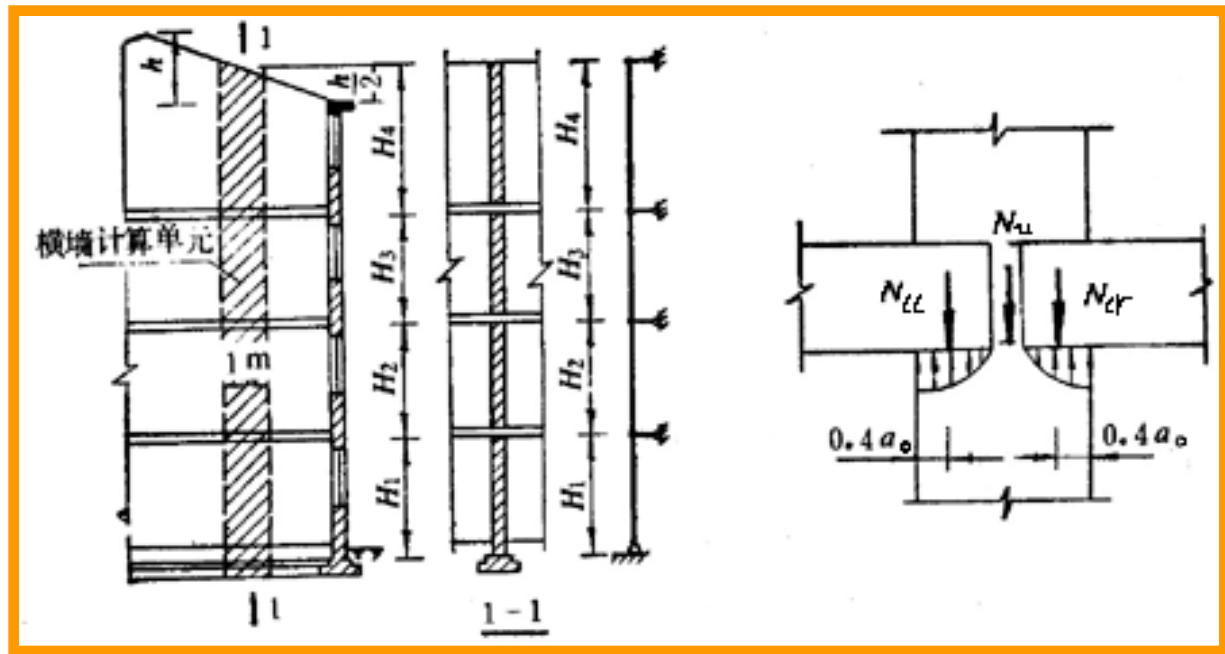
4.5.2 刚性方案砌体房屋承重横墙的内力计算

二、承重横墙计算

1. 计算单元

取1m长的墙体

计算简图及荷载同纵墙



2. 内力计算

横墙两侧楼盖传来的荷载相同 → 轴心受压 → 验算横墙的底部截面

当横墙两侧楼盖传来的荷载不同，由于偏心荷载产生的弯矩较小，通常仍按轴心受压计算。

3. 强度计算 { 全截面受压承载力验算
局部受压承载力验算

4. 高厚比验算

例题4.4

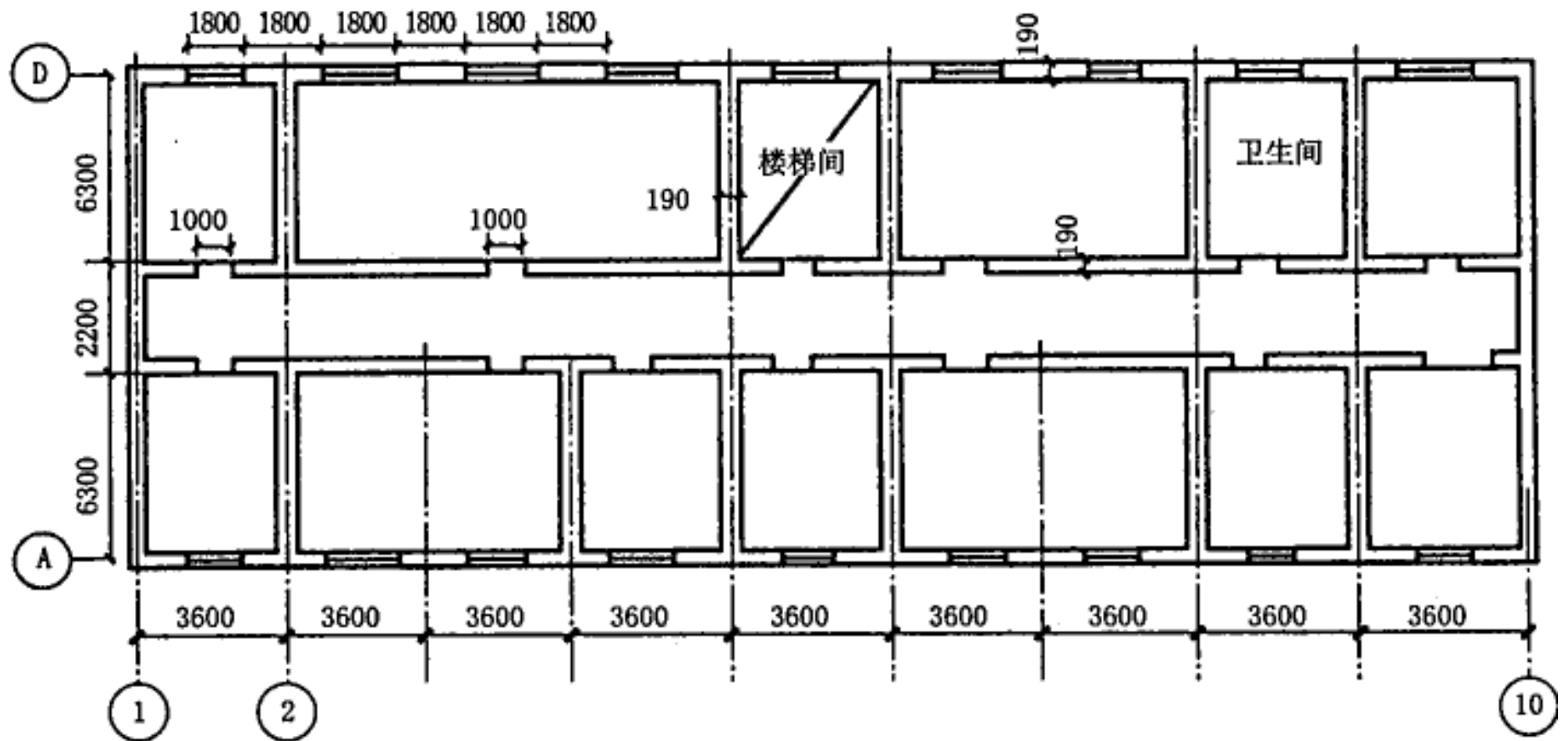
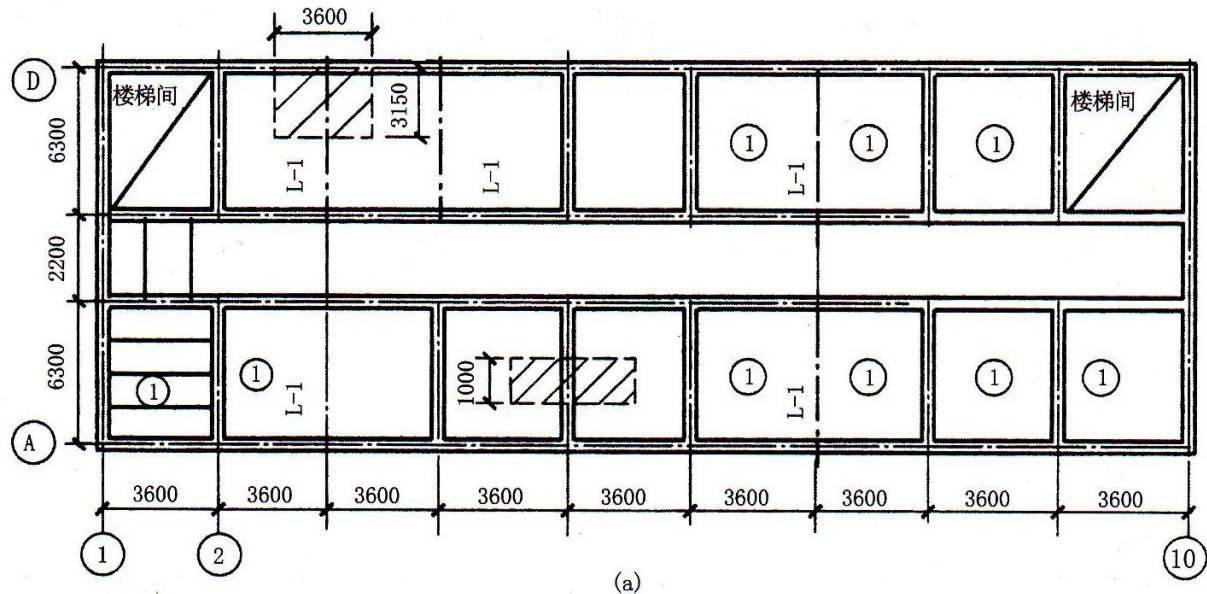
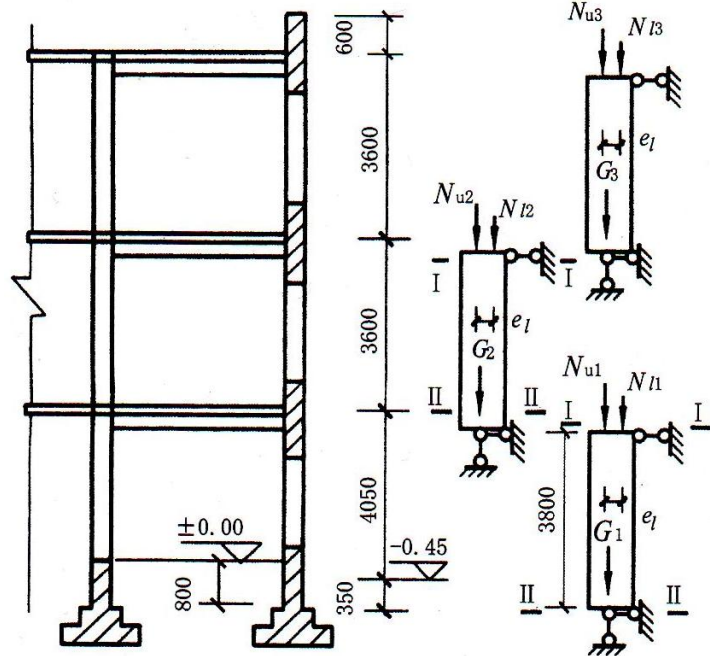


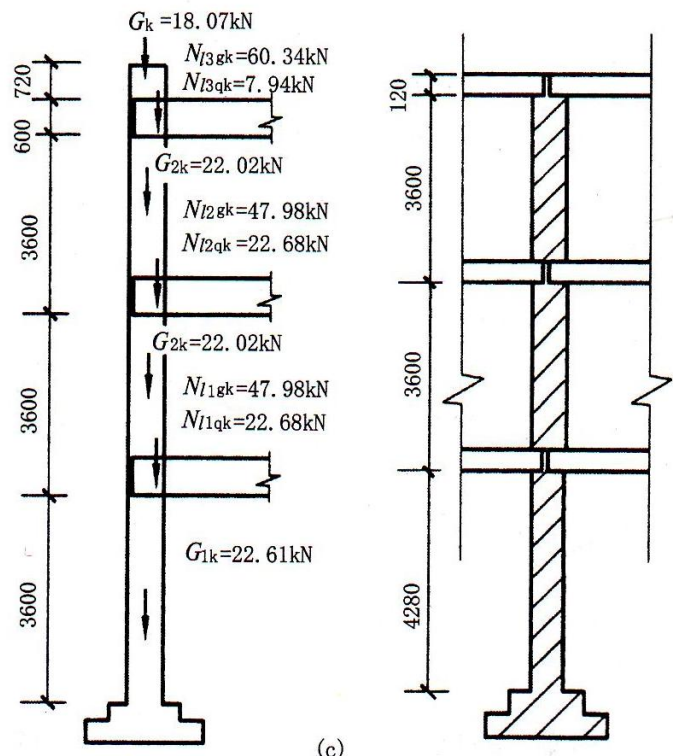
图 4.10 办公楼二层平面图



(a)



(b)



(c)

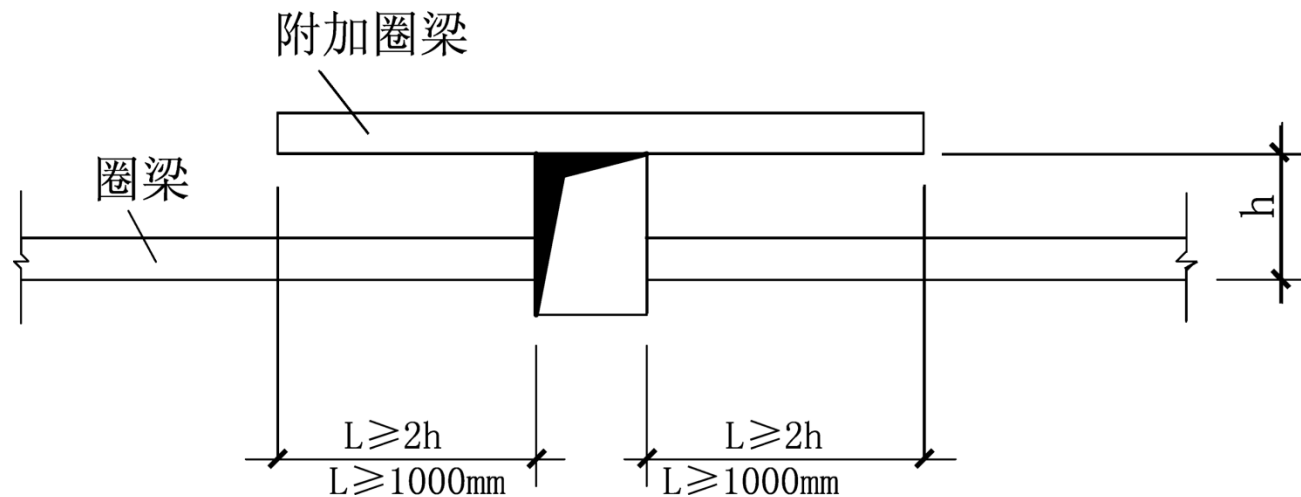
4.13 圈梁、过梁、挑梁和墙梁的设计

4.13.1 圈梁设计

1. 圈梁的设置 教材P353-354，抗震设防区另有规定。

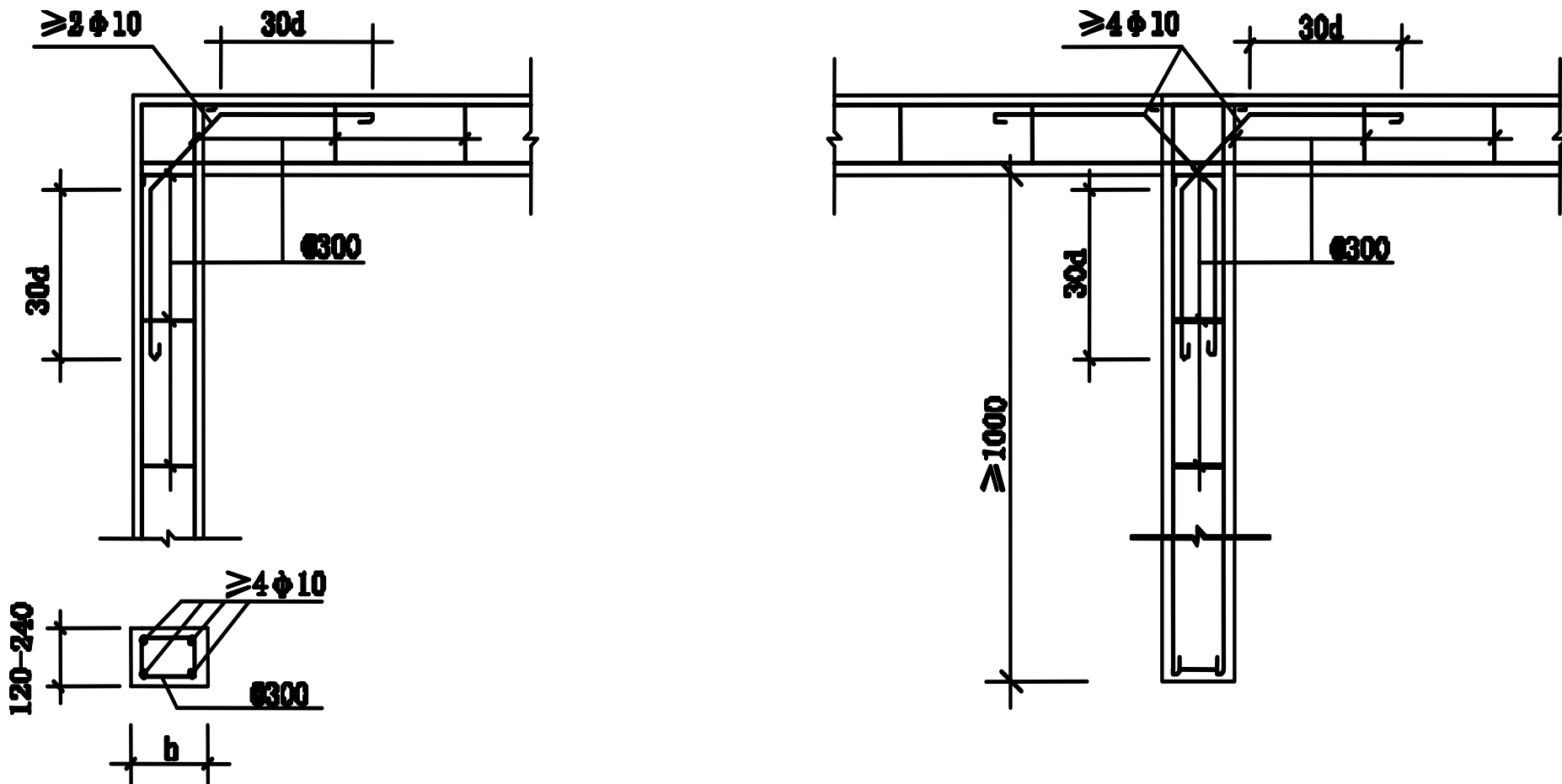
2. 圈梁构造要求

(1) 圈梁宜连续地设在同一水平面上，并形成封闭状。当圈梁被门窗洞口截断时，应在洞口上部增设相同截面的附加圈梁。附加圈梁和圈梁的搭接长度不应小于其垂直间距的2倍，且不得小于1m，如图所示。



4.13.1 圈梁设计

(2) 纵横墙交接处的圈梁应有可靠的连接。刚弹性和弹性方案房屋，圈梁应与屋架、大梁等构件可靠连接。



纵横墙交接处的圈梁的连接构造示意

4.13.1 圈梁设计

- (3) 钢筋混凝土圈梁的宽度宜与墙厚相同，当墙厚 $h \geq 240\text{mm}$ 时，其宽度不宜小于 $2h/3$ ，圈梁高度不应小于 120mm 。纵向钢筋不应少于 $4\phi 10$ ，绑扎接头的搭接长度按受拉钢筋考虑，箍筋间距不应大于 300mm 。
- (4) 圈梁兼作过梁时，在过梁部分的钢筋应按计算用量另行增配。

4.13.2 过梁设计

一、过梁的类型

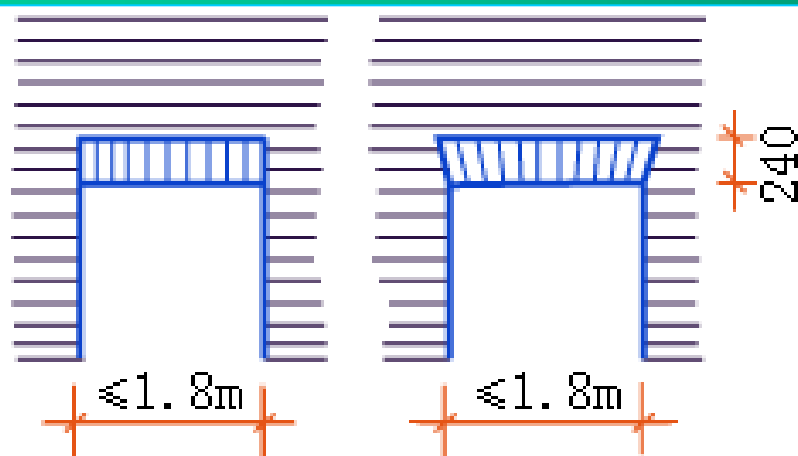
过梁是砌体结构门窗洞口上常用的构件，主要有钢筋混凝土过梁、钢筋砖过梁、砖砌平拱过梁和砖砌弧拱过梁等四种形式，如图所示。

由于砖砌过梁延性较差，跨度不宜过大，因此对有较大振动荷载或可能产生不均匀沉降的房屋，应采用钢筋混凝土过梁。钢筋混凝土过梁端部支承长度不宜小于240mm。

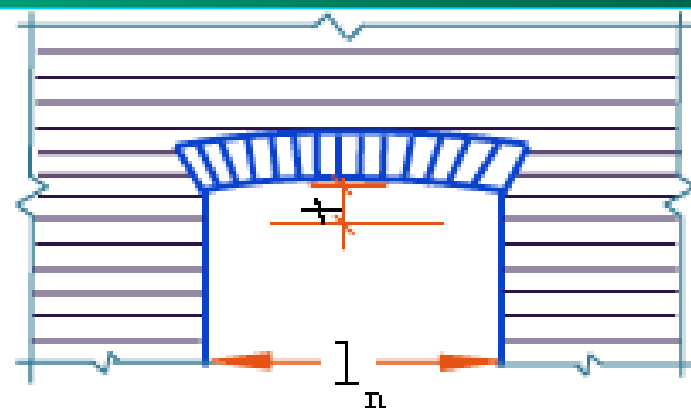
过梁的构造要求应符合下列规定：

- (1) 砖砌过梁截面计算高度范围内的砂浆不宜低于M5。
- (2) 砖砌平拱用竖砖砌筑部分的高度不应小于240mm。
- (3) 钢筋砖过梁底面砂浆层处的钢筋，其直径不应小于5mm，间距不宜大于120mm，钢筋伸入支座砌体内的长度不宜小于240mm，砂浆层的厚度不宜小于30mm。

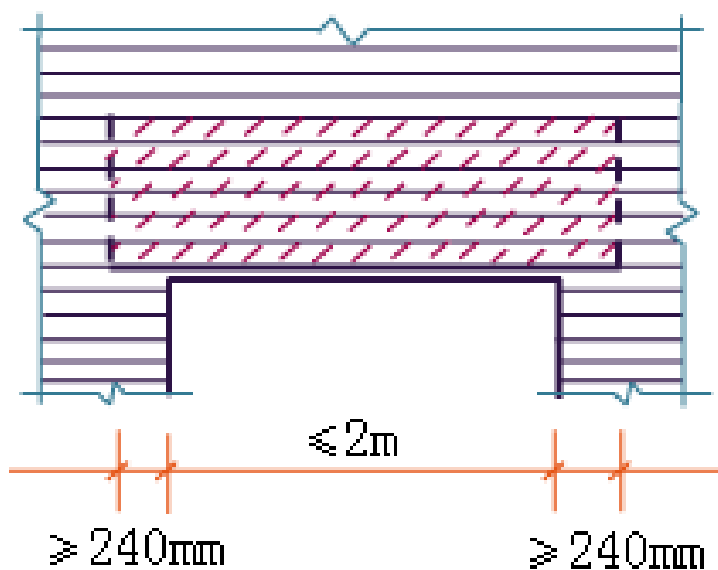
4.13.2 过梁设计



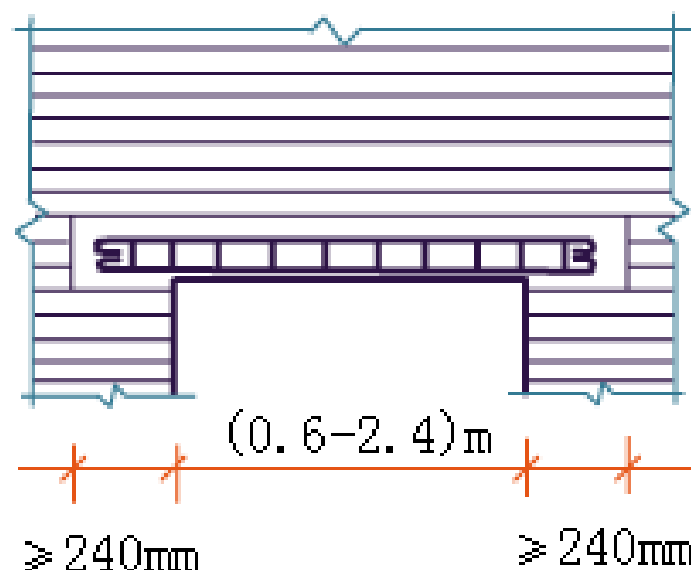
(a) 砖砌平拱



(b) 砖砌弧拱



(c) 钢筋砖过梁



(d) 钢筋混凝土过梁

过梁的类型

4.13.2 过梁设计

二、过梁上的荷载

过梁承受的荷载有两种：一是仅承受墙体荷载，二是除承受墙体荷载外，还承受其上梁板传来的荷载。

(a) 墙体荷载

试验表明，当过梁上的砖砌体砌筑高度接近跨度的一半时，由于砌体砂浆随时间增长而逐渐硬化，使砌体与过梁共同工作，这种组合作用可将其上部荷载直接传递到过梁两侧的砖墙上，从而使跨中挠度的增加明显减小，过梁中的内力增加不多。因此，过梁上砌体的当量荷载相当于高度等于 $1/3$ 跨度时的墙体自重。

4.13.2 过梁设计

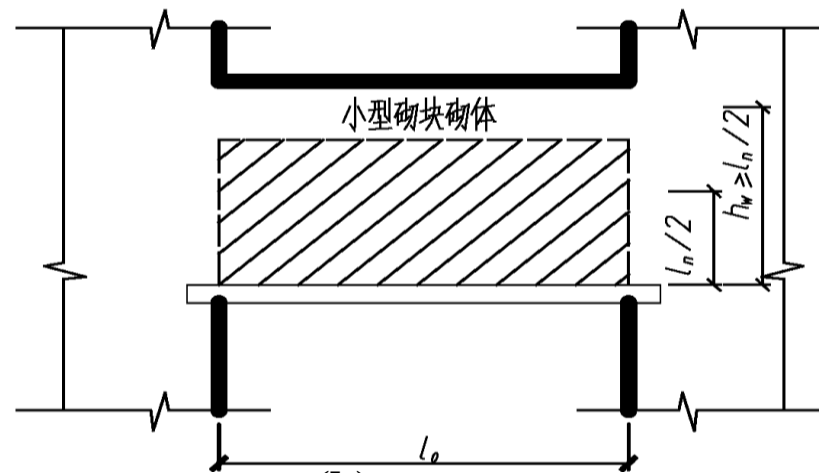
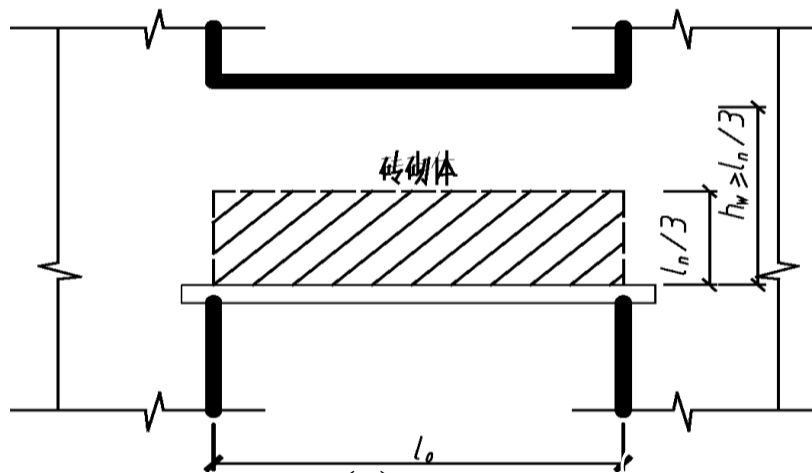
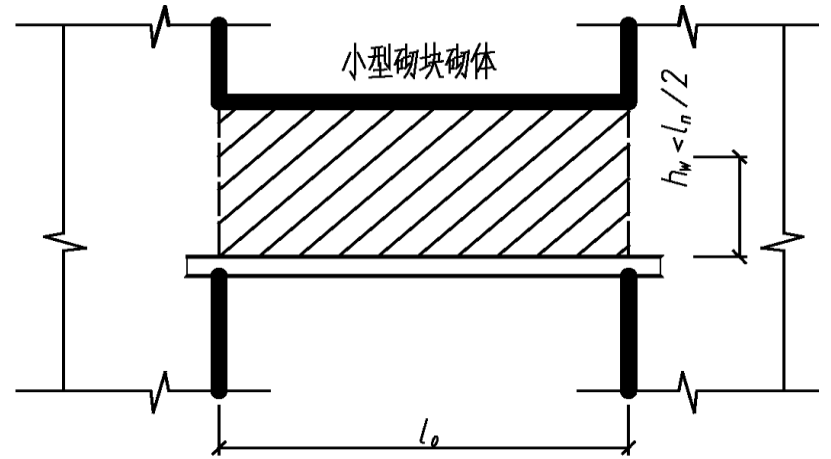
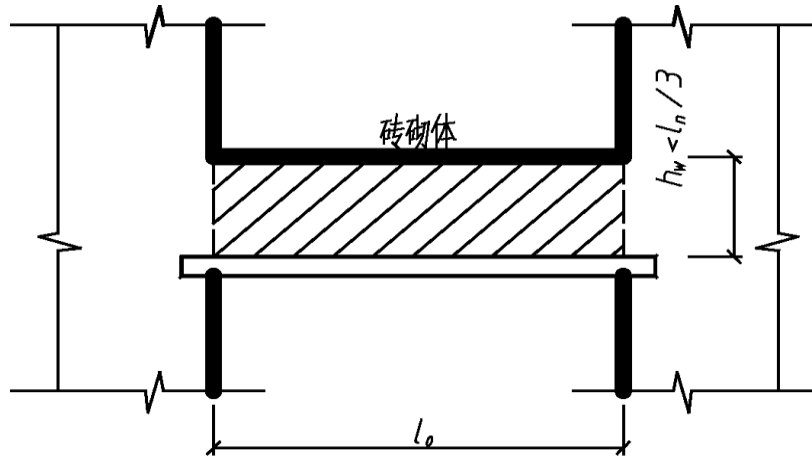
二、过梁上的荷载

过梁上的**墙体荷载**应按如下规定取用：

- (1) 对砖砌体，当过梁上的墙体高度 $h_w < l_n / 3$ 时，应按墙体的均布自重采用(如图(a)所示)，其中 l_n 为过梁的净跨。当墙体高度 $h_w \geq l_n / 3$ 时，应按高度为 $l_n / 3$ 墙体的均布自重采用(如图(a)所示)。
- (2) 对混凝土砌块砌体，当过梁上的墙体高度 $h_w < l_n / 2$ 时，应按墙体的均布自重采用(如图(b)所示)。当墙体高度 $h_w \geq l_n / 2$ 时，应按高度为 $l_n / 2$ 墙体的均布自重采用(如图(b)所示)。

4.13.2 过梁设计

二、过梁上的荷载



(a)

(b)

过梁上的墙体荷载

4.13.2 过梁设计

二、过梁上的荷载

(b) 梁板荷载

试验结果表明，当梁、板距过梁下边缘的高度较小时，其荷载才会传到过梁上；若梁、板位置较高，而过梁跨度相对较小，则梁、板荷载将通过下面砌体的起拱作用而直接传给支撑过梁的墙。

对过梁上部梁、板传来的荷载，《规范》规定：

1. 对砖和小型砌块砌体，当梁、板下的墙体高度 $h_w < l_n$ 时，应计入梁、板传来的荷载。
2. 当梁、板下的墙体高度 $h_w \geq l_n$ 时，可不考虑梁、板荷载。

三、过梁的计算

1. 砖砌平拱过梁的承载力计算

(1) 正截面受弯承载力计算。

$$M \leq f_{tm} W$$

式中：M——按简支梁计算的跨中弯矩设计值；

f_{tm} ——沿齿缝截面的弯曲抗拉强度设计值；

W——截面模量。

砖砌平拱中由于存在支座水平推力，过梁垂直裂缝的发展得以延缓，受弯承载力得以提高。因此，公式中的 f_{tm} 取沿齿缝截面的弯曲抗拉强度设计值。

三、 过梁的计算

(2) 斜截面受剪承载力计算

$$V \leq f_v b z$$

式中： V ——剪力设计值。

f_v ——砌体的抗剪强度设计值。

b ——截面宽度。

z ——内力臂，对矩形截面， $z=2h / 3$ ；

一般情况下，砖砌平拱的承载力主要由受弯承载力控制。

三、 过梁的计算

2. 钢筋砖过梁的承载力计算

(1) 正截面受弯承载力计算。

$$M \leq 0.85h_0 f_y A_s \quad (5.4)$$

式中：M ——按简支梁计算的跨中弯矩设计值。

f_y ——受拉钢筋的强度设计值。

A_s ——受拉钢筋的截面面积。

h ——过梁截面计算高度，取过梁底面以上的墙体高度，但不大于 $l_n/3$ ；当考虑梁、板传来的荷载时，则按梁、板下的高度采用。

(2) 钢筋砖过梁的受剪承载力计算与砖砌平拱过梁相同。

三、 过梁的计算

3. 钢筋混凝土过梁的承载力计算

钢筋混凝土过梁可按一般钢筋混凝土简支梁进行受弯和受剪承载力计算。过梁的计算跨度取 (l_n+a) 和 $1.05l_n$ 二者中的较小值，其中 a 为过梁在支座上的支承长度。

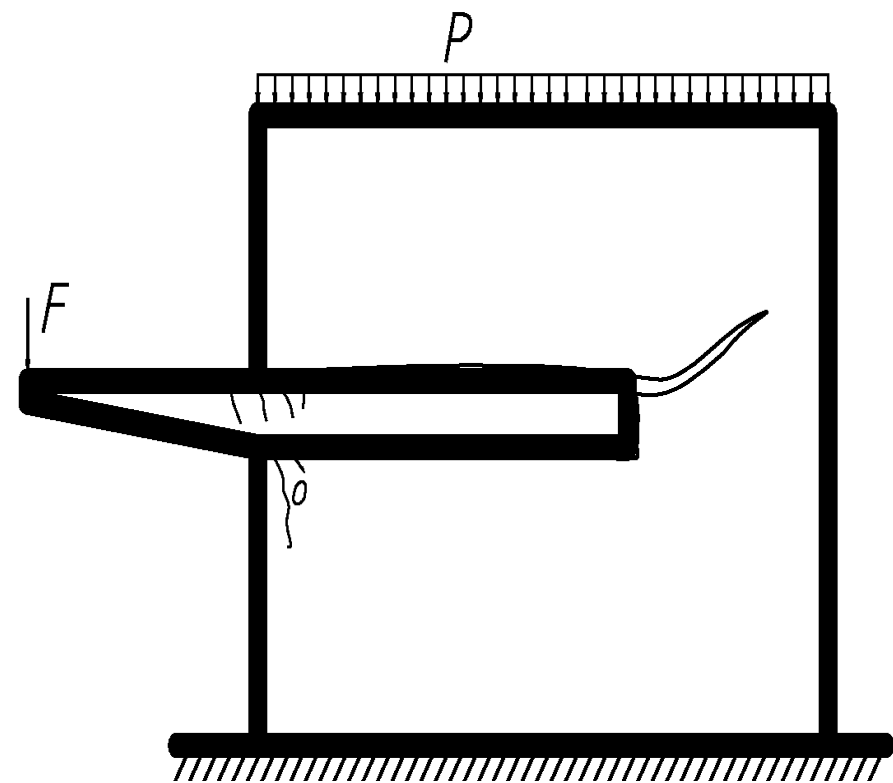
此外，应进行过梁下砌体的局部承压验算。由于钢筋混凝土过梁与砌体形成组合结构，刚度较大，可取其有效支承长度 a_0 等于实际支承长度，而局部压应力图形完整系数 $\eta=1$ 。且可不考虑上部荷载的影响，即取 $\psi=0$ 。

4.13.3 挑梁设计

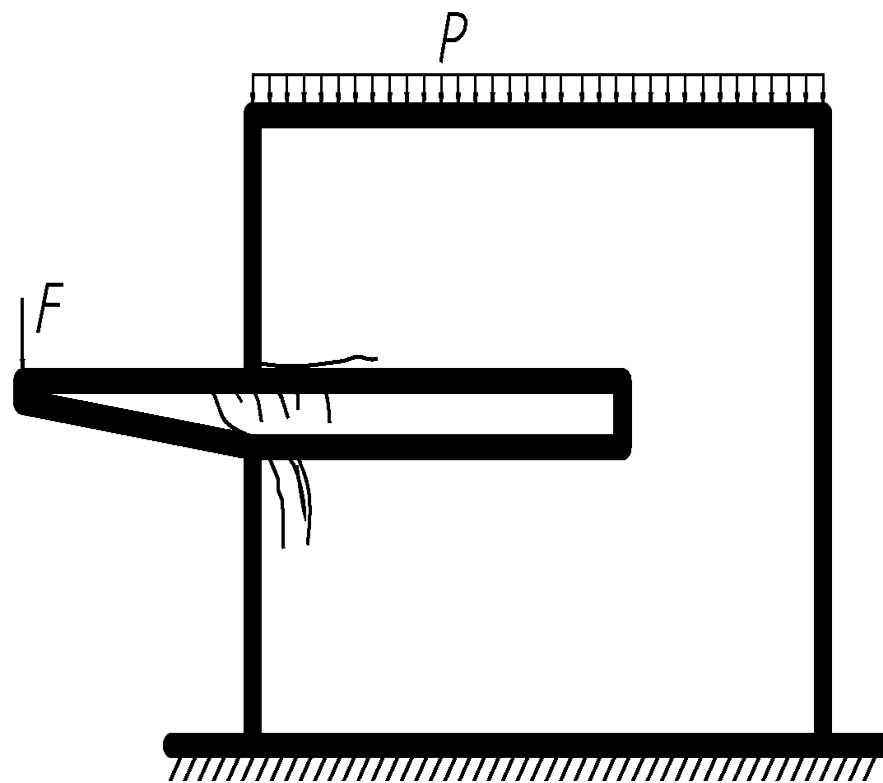
一、挑梁的破坏形态

- (1) 倾覆破坏。**当挑梁悬臂段的竖向荷载较大，且埋入段长度较短，砌体强度足够，埋入段前端下面的砌体未发生局部受压破坏，则可能在埋入段尾部以外的墙体中产生阶梯形斜裂缝。如果斜裂缝以内的墙体以及这个范围内的其他抗倾覆荷载不足以抵抗挑梁的倾覆力矩，这条斜裂缝将继续发展，直至挑梁产生倾覆破坏。
- (2) 挑梁下砌体局部受压破坏。**当挑梁埋入段较长，且砌体强度较低时，可能在埋入段尾部墙体中斜裂缝未出现以前，埋入段前端梁下砌体被局部压碎。

4.13.3 挑梁设计



(a) 倾覆破坏



(b) 局压破坏

挑梁的破坏形态

4.13.3 挑梁设计

二、挑梁的承载力验算

对于挑梁，需要进行抗倾覆验算、挑梁下砌体的局部承压验算以及挑梁本身的承载力验算。

自学。