

# 砌体结构 工程设计与 施工质量检测验收标准规范 实用全书

主编：胡智慧 朱安礼



# 第七章 配筋砌体砌块结构设计

## 第一节 一般设计原则

配筋砌体砌块结构是由砌块、砂浆、芯柱混凝土和钢筋四种材料组成，具有较好的延性，是一种较理想的抗震和抗裂的砌体结构。

在设计配筋砌体砌块结构时，建筑物体型应力求简单、规则、受力清晰；在不规则的建筑平面中可将其划分成若干个规则段。抗侧力结构在平面中应尽量作到均匀对称布置，保证建筑物有足够的刚度、受力均匀、减小扭转效应。在布置抗侧力结构时，除考虑建筑物具有适度的横向墙外，一定要考虑设置适度的纵向墙，尽量保证建筑物在纵横两个方向具有适度的和比较接近的刚度以及固有振动频率。

在结构计算中承认下列假定是正确的：

- (1) 在结构弹性分析中，允许根据未开裂截面按其平均净截面面积计算构件的刚度和迥转半径；
- (2) 在进行结构的水平荷载和水平作用分析中遇有相交墙时，可考虑该墙有一定的翼缘宽度，以增大该墙的刚度，此时相交墙必须满足以下要求：
  - 1) 墙必须是错缝砌筑的或是用 A 型砌块灌孔砌筑的；
  - 2) 交叉墙的连接措施应满足以下三者之一：有 50% 的砌块是咬砌；用能保证传递剪力的金属件连接；有圈梁拉接；
  - 3) 在结构弹性分析中，允许采用换算截面概念，即不同材料可根据其相应的弹性模量进行换算；
  - 4) 结构构件被认定是由匀质材料组成；
  - 5) 结构及构件的变形或应变与所受的荷载或应力成线性比例关系；
  - 6) 结构构件遵守平截面假定，即结构构件在变形前和变形后都是平面的；
  - 7) 结构计算中应考虑温度、湿度和蠕变对结构的影响。

## 一、配筋砌块砌体的结构形式及其最大适用高度

本手册主要讨论配筋砌块砌体剪力墙结构，包含柱和墙段，适用高度限定在表 3-7-1 范围内。

表 3-7-1 配筋混凝土小型空心砌块砌体结构房屋的最大适用高度及层数\*

| 最小墙厚  | 6 度    |     | 7 度    |     | 8 度    |     | 9 度    |     |
|-------|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|
|       | 高度 (m) | 层 数 | 高度 (m) | 层 数 | 高度 (m) | 层 数 | 高度 (m) | 层 数 |
| 190mm | 60     | 18  | 55     | 16  | 45     | 14  | 30     | 9   |

- 注：1. 对于横墙较少，适用最大高度和层数应当适当较少；  
 2. 房屋的层高不宜超过 4m；  
 3. 当墙厚为 250mm 以上，且经过计算无问题时，上述数值可适当放宽；  
 4. 表中所列数值如与国家规范有矛盾时，应以国家规范为准。

## 二、配筋混凝土小型空心砌块砌体房屋的总高度与总宽度的最大比值 (表 3-7-2)

表 3-7-2 配筋混凝土小型空心砌块砌体房屋的最大高宽比

| 地震烈度  | 6 度 | 7 度 | 8 度 | 9 度 |
|-------|-----|-----|-----|-----|
| 最大高宽比 | 6   | 6   | 5   | 3   |

## 三、两类建筑的抗震等级 (表 3-7-3)

表 3-7-3 配筋混凝土小型空心砌块砌体房屋的抗震等级

| 烈 度 | 6 度    |      | 7 度    |      | 8 度    |      | 9 度    |      |
|-----|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|
|     | 高度 (m) | 抗震等级 | 高度 (m) | 抗震等级 | 高度 (m) | 抗震等级 | 高度 (m) | 抗震等级 |
|     | ≤40    | >40  | ≤40    | >40  | ≤40    | >40  | ≤30    |      |
|     | 四      | 三    | 三      | 二    | 二      | 一    | 一      |      |

- 注：1. 接近或等于高度分界时，应结合房屋不规则性和场地条件适当确定抗震等级；  
 2. 上述规定如与国家规范有矛盾时，应以国家规范为准。

#### 四、建筑物变形和缝的设置

砌体产生变形一般都是由于体积变化和支座沉降所引起的。所有建筑材料都会由于外力作用、外部温度变化和内应力的发生或变化而产生体积变化。不同的建筑材料具有不同的体积变化特性。限制变形的结果能在材料中产生应力，甚至会引起墙体开裂。阻止产生裂缝的途径很多，如减少体积变化，在不同的材料中或在相同的材料中的不同部位之间调整变形。正确地估价砌体中可能发生的变形量和发生的原因，能合理地设计出变形缝的位置和柔性连接，以消除或大大减少裂缝的产生或开展。

为了避免建筑物在不均匀沉降和温度变化时产生裂缝，设计中要人为的设置变形缝，即温度伸缩和沉降缝。沉降缝沿建筑物全高设置，将基础和建筑物沿高度全部分开，以保证建筑物不同部位有不同的沉降量。温度缝可只将建筑物分开，基础不分开，以使建筑物不同部位在温度作用下有不同的自由伸缩。

温度收缩缝的间距与室外采暖计算温度有关，设计时可参考表 3-7-4 所提供的数据。

表 3-7-4 集中采暖建筑温度缝的最大间距\*

| 室外计算温度<br>( $^{\circ}\text{C}$ )               | 砂浆强度等级           |             |
|--|------------------|-------------|
|  | $\geq \text{M5}$ | M2.5 - M1.0 |
| $\leq -30^{\circ}\text{C}$                     | 25m              | 35m         |
| $-21^{\circ}\text{C} \sim -30^{\circ}\text{C}$ | 30m              | 45m         |
| $-11^{\circ}\text{C} \sim -20^{\circ}\text{C}$ | 40m              | 60m         |
| $\geq -10^{\circ}\text{C}$                     | 50m              | 75m         |

\*: 1. 非采暖地区建筑物温度缝的最大间距可按  $\geq -10^{\circ}\text{C}$  数值适当放宽。

2. 对于封闭不采暖的房屋，表中值应相应减 30%；

3. 对于敞开的砌块砌体构筑物，表中值应相应减 50%；

建筑物的沉降缝一般在下列情况设置：

- (1) 当建筑物基础下有不同土层，地基土的承载力相差较大时，或者一边为可压缩性土层，而另一边为几乎处于不可压缩层时；
- (2) 在新建筑物与老建筑物接缝处；
- (3) 当建筑物各部分高度相差大于 10m 以上时；
- (4) 当建筑物各部分荷载相差较大，造成基础宽度相差在 2~3 倍以上时；
- (5) 当建筑物各部分之间基础埋深相差较大时。

设置温度缝的主要目的是为了防止当室外温度发生巨大变化时，墙上产生不规则裂缝，因此温度变形主要发生在墙上。基础埋在土中影响较小。当室外温度明显下降时，

墙就要缩短，基础会阻止墙缩短，此时墙上会产生拉应力。

不同的砌体具有不同的线性膨胀系数，见表 3-7-5。

表 3-7-5 砌体的线膨胀系数

| 砌体类别        | 线膨胀系数 $\alpha$       |
|-------------|----------------------|
| 粘土砖砌体       | $0.5 \times 10^{-5}$ |
| 灰砂砖砌体       | $1.0 \times 10^{-5}$ |
| 混凝土小型空心砌块砌体 | $1.0 \times 10^{-5}$ |
| 天然石料砌体      | $0.8 \times 10^{-5}$ |

从表 3-7-5 可以看出，混凝土小型空心砌块砌体的线膨胀系数比烧制粘土砖砌体的线膨胀系数要大一倍，与灰砂砖砌体相同，接近于天然石料砌体。

砌块砌体还有一个很大的特点，就是对湿度变化很敏感，随着湿度的变化而发生体积变化。因此，在设计中还要考虑因湿度变化而须设置的缝，通常称之为控制缝。控制缝应设在因湿度变化发生收缩变形可能引起的应力集中和砌体产生裂缝可能性能最大的部位，如墙高度变化处、墙厚度变化处、基础附近、楼板和屋面板设缝部位以及墙面的开口处。控制缝的间距，当承重结构采用含水率控制砌块砌筑时，在没有充分试验数据前，建议按表 3-7-6 采用：

表 3-7-6 砌块砌体控制缝最大间距

| $\Phi 4$ 钢筋网片配置的最大间距<br>(mm) | 控制缝最大间距  |         |
|------------------------------|----------|---------|
|                              | 墙长与墙高的比值 | 墙 长 (m) |
| 不配置                          | 2.0      | 12.0    |
| 600                          | 2.5      | 13.5    |
| 400                          | 3.0      | 15.0    |
| 200                          | 4.0      | 18.0    |

\* 配筋砌体砌块，经过应力分析的，可不受上表限制。

控制缝应与温度伸缩缝和沉降缝一样能使墙体自由移动，但对外力又要有足够的抵抗能力。在有实践经验的地方，控制缝的间距也可适当放宽。外墙控制缝也必须是防水的。控制缝处的饰面材料也应分开，避免挤压坏。控制缝的作法见图 3-7-1，其中图 3-7-1a 为控制缝位置示意图，图 3-7-1b 为控制缝平面图，图 3-7-1c 为剖面示意图。

控制缝应沿建筑物全高设置，基础可视作例外。控制缝还应与温度伸缩缝、沉降缝和抗震缝联合设置。

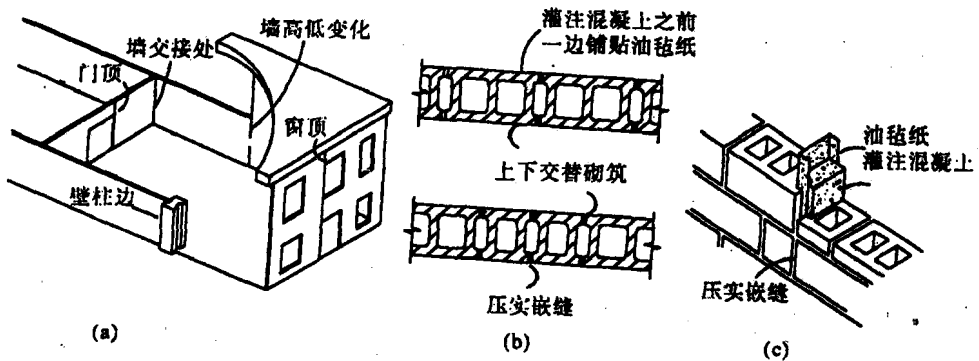


图 3-7-1 控制缝的位置及作法

## 五、结构变形的限值

我国砌体规范中对配筋砌体的允许侧移值未作任何规定，但一般均认为其顶端总位移应控制在  $H/1000$  以内， $H$  为建筑物总高度。美国规范规定砌块砌体建筑物，其层间位移不应超过  $0.007h$ ， $h$  为建筑物层高。在实施中，配筋砌体承重墙建筑物的总变形和层间变形总是能满足上述要求的。

## 第二节 配筋砌块砌体结构和结构构件计算原则

配筋砌块砌体结构的设计应遵守国家颁发的《建筑结构设计统一标准》(GBJ68-84) 规定的各项原则和规定，采用以概率理论为基础的极限状态设计法。极限状态设计法中一个重要的概念是结构可靠度。所谓结构可靠度是指配筋砌块砌体结构在 50 年设计基准期内，在设计约定的条件下，完成预定功能的概率。

所谓预定功能是指配筋砌块砌体结构，应：

- (1) 能承受在正常施工和正常使用时可能出现的各种设计作用；
- (2) 能在正常使用时有良好的工作性能，即能满足规范规定的和设计要求的各种约束；
- (3) 能在正常维护的条件下具有足够的耐久性；
- (4) 能在偶然事件发生以后，仍保持必须的整体稳定性，并不发生连续倒塌。

配筋砌块砌体结构的设计，应根据其破坏可能造成的后果（危及人的生命，造成的经济损失，产生的社会影响等）的严重性，采用不同的安全等级。配筋砌块砌体建筑结构安全等级的划分按 GBJ68-84 的规定采用，见表 3-7-7。

表 3-7-7 建筑结构的等级

| 安全等级 | 破坏后果 | 建筑物类型      |
|------|------|------------|
| 一级   | 很严重  | 重要的工业与民用建筑 |
| 二级   | 严重   | 一般的工业与民用建筑 |
| 三级   | 不严重  | 次要的建筑物     |

建筑物中各类结构构件的安全等级，宜与整个结构的安全等级相同。对其中部分结构构件的安全等级可进行适当调整，但不得低于三级。

## 一、极限状态设计原则

所谓配筋砌块砌体结构设计的极限状态是指整体结构的一部分在工作中超过某一特定状态就不能满足设计规定的某一功能的要求，此特定状态称为该功能的极限状态。

配筋砌块砌体结构的极限状态可分为两大类，即承载力极限状态和正常使用极限状态。

### (1) 承载力极限状态

这种极限状态对应于结构或结构构件达到最大承载力和疲劳破坏或不适于继续承载的变形。

### (2) 正常使用极限状态

这种极限状态对应于结构或结构构件达到正常使用或耐久性的某项规定限制。

结构构件应根据承载力极限状态和正常使用极限状态的要求，分别按下列规定进行计算和验算：

(1) 承载力及稳定：所有结构构件均应进行承载力（包括压屈失稳）计算，在必要时尚应进行结构的倾覆和滑动验算。处于地震区的结构，尚应进行结构构件抗震的承载力计算。

(2) 变形：对使用上需要控制变形值的结构和结构构件，应进行变形验算。

(3) 抗裂及裂缝宽度：对使用上不允许出现裂缝的构件应进行砌体拉应力验算，对使用上允许出现裂缝的构件，应进行裂缝宽度的验算。

结构构件承载力（包括压屈失稳）计算和倾覆、滑动验算，均采用荷载的设计值。变形、抗裂和裂缝宽度验算，均采用相应的荷载代表值。当结构构件进行抗震设计时，荷载设计值和地震作用设计值均应按现行的《建筑抗震设计规范》的规定采用。

## 二、结构构件的可靠标准

结构构件的可靠度宜采用可靠指标来度量。结构构件的可靠指标是根据各种基本变

量的平均值、标准差及其概率分布类型进行计算的。当在结构构件上仅有作用效应和结构抗力两个基本变量，且均遵守正态分布时，结构构件的可靠指标可按下式计算：

$$\beta = \frac{\mu_R - \mu_S}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}} \quad (3-7-1)$$

式中： $\beta$ ——结构构件的可靠指标；

$\mu_R, \sigma_R$ ——结构构件抗力的平均值和标准差；

$\mu_S, \sigma_S$ ——结构构件作用效应的平均值和标准差。

结构构件不能完成预定功能的概率称为失效概率。结构构件的可靠指标与失效概率之间具有如下函数关系：

$$q_t = \varphi(-\beta) \quad (3-7-2)$$

式中： $q_t$ ——结构构件失效概率的运算值；

$\varphi(-\beta)$ ——标准正态分布函数。

结构构件完成预定功能的概率与失效概率之间有如下关系：

$$q_t = 1 - q_s \quad (3-7-3)$$

式中： $q_s$ ——结构构件完成预定功能的概率，即结构构件的可靠度。

对于承载能力极限状态，结构构件的可靠指标是根据结构构件的破坏类型和安全等级按表 3-7-8 确定的。

表 3-7-8 结构构件承载能力极限状态设计时采用的可靠指标  $\beta$  值\*

| 破坏类型 | 安全等级 |     |     |
|------|------|-----|-----|
|      | 一级   | 二级  | 三级  |
| 延性破坏 | 3.7  | 3.2 | 2.7 |
| 脆性破坏 | 4.2  | 3.7 | 3.2 |

\* 延性破坏是指结构构件在破坏前有明显的变形或其它预兆；脆性破坏是指结构构件在破坏前无明显变形或其它预兆。

对于一般砌体结构房屋，其安全等级可归为二级。由于配筋砌块砌体具有较好的延性，故在配筋砌块砌体结构设计中采用  $\beta = 3.2$ ，是没有问题的，而与  $\beta$  值相对应的结构构件的失效概率  $q_t = 6.87 \times 10^{-4}$ 。

对于正常使用极限状态，结构构件的可靠指标在 GBJ68-84 中未作明确规定，设计人员可根据各地区的工程实践经验自己选定。

### 三、正常使用极限状态验算规定

对于正常使用极限状态，结构构件应分别按荷载的短期效应组合、长期效应组合或短期效应组合并考虑长期效应组合的影响进行验算，还要保证变形、裂缝、应力等计算

值不超过相应的规定限值。

结构构件的设计,应根据使用要求选用不同的裂缝控制等级。裂缝控制等级可分为两级。

一级——严格要求不出现裂缝的构件,按荷载短期效应组合进行计算时,构件受拉边缘不产生拉应力;

二级——允许出现裂缝的构件,最大裂缝宽度按荷载的短期效应组合并考虑长期效应组合的影响进行计算,其计算值一般不超过 0.3 mm;对处于露天或室内高湿度构件,其计算值不应超过 0.2 mm。

配筋混凝土小型空心砌块砌体结构的裂缝,多数是发生在灰缝中。

### 第三节 配筋砌块砌体结构的设计原则

本节主要讨论剪力墙结构。剪力墙除承受垂直荷载外,还承受水平荷载(风荷载)和水平作用(地震作用)。

#### 一、剪力墙布置原则及受力特点

剪力墙在结构布置中应尽量做到在纵横两个方向上都能均匀对称布置和有适当的数量,以保证建筑物在两方向上有比较接近的刚度和比较接近的自振频率。

影响剪力墙承载能力的因素有:

- (1) 剪力墙本身的比例关系;
- (2) 剪力墙的抗压和抗剪承载力;
- (3) 剪力墙内配筋多寡;
- (4) 剪力墙上有无洞口及其大小;
- (5) 剪力墙在平面上布置的合理性;
- (6) 剪力墙与交叉墙的连接程度;
- (7) 建筑物楼板刚度。

剪力墙可分为三类:

I类——剪力墙的高宽比 $\leq 0.25$ ,以剪切变形为主。墙的抗剪能力决定着其承载力。

II类——剪力墙的高度比处于 0.25 和 3.0 之间,以剪切变形和弯曲变形二者为主。墙的承载能力由抗剪能力和抗弯能力共同决定;

III类——剪力墙高宽比 $> 3.0$ 时,墙就变为墙段,此时以弯曲变形为主。墙的抗弯能力决定着剪力墙的承载能力。

在计算剪力墙变形时,有时可只考虑剪力变形,有时又可以只考虑弯曲变形。但

是, 在计算应力时, 剪应力和弯应力必须同时考虑。

## 二、墙段的布置原则及受力特点

墙段不是柱, 也不是墙; 墙段同样是承受垂直荷载和水平荷载(作用)的垂直构件。墙段有严格的定义:

- (1) 墙段的厚度  $t$  不得小于 190mm; 不得大于 390mm;
- (2) 墙段的宽度  $i$  不得小于  $3t$ , 也不得大于  $6t$ ;
- (3) 墙段的净高  $h$  不得大于  $5l$ , 也不得大于  $30t$ 。

墙段是以弯曲变形为主, 具有良好的延性, 是一种很好的弯曲延性垂直构件, 在设计中可结合剪力墙广泛应用, 使建筑物具有良好的延性。

## 三、楼板刚度

楼板是分配水平荷载作用的关键构件。在设计中一般都将楼屋盖作为平面内绝对刚体来考虑。如果在水平荷载(作用)下, 楼板产生过大变形, 能给垂直于该荷载(作用)的墙带来超应力, 造成裂缝或破坏。

在下列情况下可以认为楼板是刚性的, 见表 3-7-9。

表 3-7-9 刚性楼板跨度与宽度的最大比值

| 楼屋盖结构形式      | 跨度与宽度的最大允许比值 |
|--------------|--------------|
| 现浇钢筋混凝土结构    | 3:1          |
| 预制整体式钢筋混凝土结构 | 2:1          |

## 四、配筋砌块砌体结构构件设计与计算

### (1) 基本假定

- 1) 平截面假定, 构件截面变形前和变形后均为平面;
- 2) 配筋砌体被认定为匀质材料, 钢筋与其毗邻的砌体(砌块和砂浆)和灌孔混凝土在受力时被认定具有相同的变形;
- 3) 砌体和灌注混凝土的抗拉强度在截面设计时可忽略不计;
- 4) 砌体和灌注混凝土的最大可用压应变为 0.003;
- 5) 钢筋的最大拉应变不得超过 0.01;

6) 当构件截面受压区由砌体和灌注混凝土共同组成时, 两者的抗压强度等级应选择尽量接近。

(2) 轴心受压构件承载力计算

1) 砌块砌体柱轴心抗压承载力

配筋砌块砌体轴心受压构件, 当按规定配有箍筋或在纵向钢筋上按规定焊有横向钢筋时, 其正截面抗压承载力可按下列公式计算:

$$N \leq \varphi (0.8f_g A_g + n f_y A_s') \quad (3-7-4)$$

式中:  $N$ ——为荷载设计值产生的轴向压力;

$f_g$ ——为芯柱混凝土抗压强度设计值;

$n$ ——弹性模量比值;

$A_g$ ——芯柱混凝土横截面积;

$f_y'$ ——钢筋抗压强度设计值;

$A_s'$ ——受压钢筋横截面积;

$\varphi$ ——轴心受压构件纵向受压稳定系数, 可参照混凝土结构设计规范 (GBJ10-89) 采用, 见表 3-7-10。

表 3-7-10 配筋砌块砌体轴心受压构件的稳定系数\*

|       |           |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $h/b$ | $\leq 8$  | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   |
| $h/d$ | $\leq 7$  | 8.5  | 10.5 | 12   | 14   | 15.5 | 17   | 19   | 21   |
| $h/r$ | $\leq 28$ | 35   | 42   | 48   | 55   | 62   | 69   | 76   | 83   |
|       | 1.0       | 0.98 | 0.95 | 0.92 | 0.87 | 0.81 | 0.75 | 0.70 | 0.65 |
| $h/b$ | 26        | 28   | 30   | 32   | 34   | 36   | 38   | 40   | 42   |
| $h/d$ | 22.5      | 24   | 26   | 28   | 29.5 | 31   | 33   | 34.5 | 36.5 |
| $h/r$ | 90        | 104  | 111  | 118  | 125  | 132  | 139  | 146  |      |
|       | 0.6       | 0.58 | 0.52 | 0.48 | 0.44 | 0.40 | 0.36 | 0.32 | 0.29 |

\*表中  $h$  为构件的有效高度;  $b$  为矩形截面的短边尺寸;  $d$  为圆形截面的直径;  $r$  为截面最小回转半径。

由于砌块砌体在柱截面中所占比例不大, 且抗压强度较低, 故忽略其承载力, 这是偏于安全的。

当采用砌块砌体组砌柱子时, 如图 3-7-2、图 3-7-3 所示, 其轴心受压承载力可按下列计算:

$$N \leq \varphi (0.8f_m A + 0.8f_g A_g - n f A_s') \quad (3-7-5)$$

式中:  $A$ ——砌体毛截面面积;

$f_m$ ——砌体抗压强度设计值;

其它符号同公式 (3-7-4)。

2) 砌块砌体墙轴心抗压承载力

仍按公式 (3-7-5) 进行计算, 只是折减系数, 按下式求值:

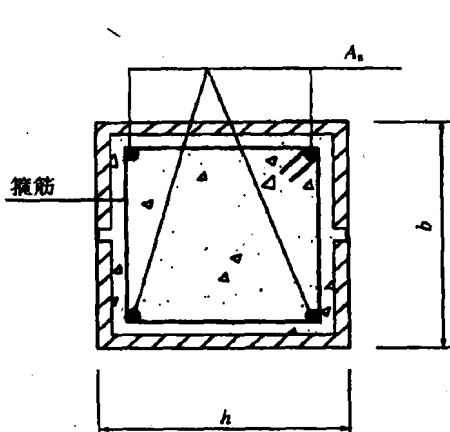


图 3-7-2 中心受压柱

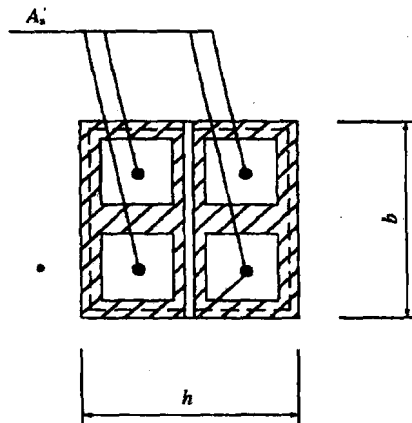


图 3-7-3 中心受压柱

①当  $h/r < 99$  时,

$$\varphi = \left[ 1 - \left( \frac{h}{140r} \right)^2 \right]$$

②当  $h/r \geq 99$  时,

$$\varphi = \left( \frac{70r}{h} \right)^2 \quad (3-7-6)$$

式中:  $h$ ——墙的有效高度;

$r$ ——墙横截面的回转半径。

### (3) 砌块砌体结构的抗拉承载力计算

配筋砌块砌体轴心受拉构件的承载力可按下式计算:

$$N_L \leq f_y A_s \quad (3-7-7)$$

式中:  $N_L$ ——荷载设计值产生的轴向拉力;

$A_s$ ——受拉钢筋的横截面积;

$f_y$ ——受拉钢筋抗拉强度的设计值。

在轴心受拉构件的计算中, 不考虑砌体和灌孔混凝土的抗拉作用, 全部拉力均由所配的钢筋承受。

### (4) 砌块砌体结构构件抗弯承载力计算

配筋砌块砌体受弯构件的承载力计算可分为两种情况进行, 即单向配筋构件和双向配筋构件受弯承载力计算。

#### 1) 单向配筋砌块砌体受弯构件承载力计算

单向配筋砌块砌体受弯构件的承载力可按下式计算, 如图 3-7-4 所示。

当构件截面的承载力受砌体抗压承载力控制时

$$M \leq 0.68 f_t C_b b (d - a_b/2) \quad (3-7-8)$$

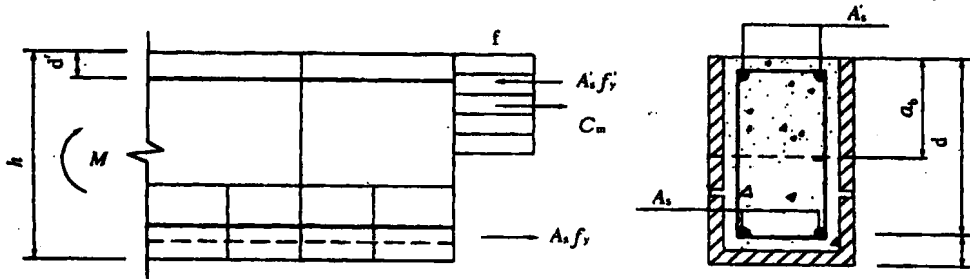


图 3-7-4 矩形截面构件正截面受弯承载力计算

式中： $f_m$ ——砌块砌体弯压强度设计值；

$a_b$ ——在构件截面的抗压和抗拉同时达到极限状态时，砌块砌体受压区矩形应力图形的高度， $a_b = 0.85 C_b$ ；

$b$ ——构件截面宽度；

$d$ ——构件截面内抗拉钢筋的有效高度；

$C_b$ ——构件受压边缘至中和轴距离。

当构件截面的承载力受抗拉钢筋承载力控制时

$$M \leq 0.8 f_y A_s (d - a_b/2) \quad (3-7-9)$$

构件截面受弯时，其中和轴的位置可用下式计算：

$$C_b = \frac{0.003 E_s}{0.003 E_s + f_y} d \quad (3-7-10)$$

2) 双向配筋砌块砌体受弯构件承载力计算

双向配筋砌块砌体受弯构件的承载力可按下式计算，如图 3-7-5 所示。

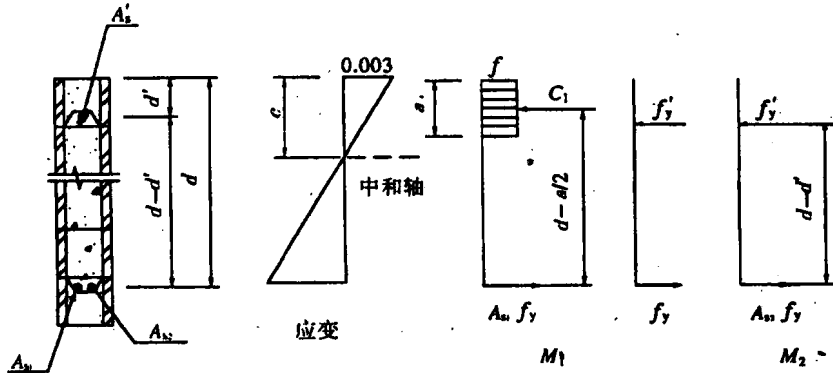


图 3-7-5 双向配筋受弯构件计算

$$M \leq 0.8 (M_1 + M_2) \quad (3-7-11)$$

式中： $M_1$ ——受弯构件截面单向配筋，并以最大允许的配筋率配筋时，截面抗拉控制的受弯承载力的值为：

$$M_1 = 0.5 \rho_b b d f_y (d - a_b/2) \quad (3-7-12)$$

式中： $\rho_b$ ——受弯构件允许的最大配筋率；

$$M_2 = 1.25M - M_1 \quad (3-7-13)$$

另外, 从图 3-7-5 可以看出:

$$M_2 = A_{s2} f_y (d - d') \quad (3-7-14)$$

$$A_{s2} = \frac{M_2}{f_y (d - d')} = \frac{1.25M - M_1}{f_y (d - d')} \quad (3-7-15)$$

受弯构件双向配筋的抗拉钢筋总量为  $A_s = A_{s1} + A_{s2}$ 。

### 3) 配筋砌块砌体墙平面外抗弯承载力计算

配筋砌块砌体墙平面外抗弯承载力计算, 可分为两种情况进行, 即全灌孔的和部分灌孔的;

#### ①全灌孔配筋砌块砌体墙平面外抗弯承载力计算

这里指的是砌块砌体墙中所有的孔都用强度等级相当的大流动性混凝土灌实, 它的计算相当于矩形截面梁受弯计算, 其计算简图可参考图 3-7-4。

图中钢筋的最大抗拉承载力为  $A_s f_y$ , 砌块砌体的最大抗压承载力为  $f_t a b$ , 当两者处于平衡状态时是相等的, 即

$$f_t a b = A_s f_y \text{ 或} \quad (3-7-16)$$

$$f_t a b = \rho b d f_y \quad (3-7-17)$$

式中  $\rho$ ——配筋砌块砌体墙的配筋率;

$b$ ——配筋砌块砌体墙的计算宽度;

$d$ ——钢筋的有效计算高度。

解式 (3-7-17) 得:

$$a = \frac{\rho b d f_y}{f_t b} = \rho \left( \frac{f_y}{f_t} \right) d \quad (3-7-18)$$

$$q = \left( \frac{f_y}{f_t} \right) \rho \quad (3-7-19)$$

$$\text{即可得: } a = q \cdot d \quad (3-7-20)$$

全灌孔配筋砌块砌体墙平面外抗弯承载力可用下式求出:

$$M_n = f_t \cdot a \cdot b \left( d - \frac{a}{2} \right) \quad (3-7-21)$$

$$M_n = A_s f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) \quad (3-7-22)$$

将  $a$  值代入式 (3-7-21) 得:

$$M_n = f_t b \left( \frac{\rho f_y d}{f_t} \right) \left( d - \frac{\rho f_y d}{2 f_t} \right) = \rho f_y b d^2 \left( 1 - \frac{f_y \rho}{2 f_t} \right) = q f_y b d^2 (1 - 0.5q)$$

$$\text{令 } K = f_t q (1 - 0.5q) \quad (3-7-23)$$

$$\text{最终得: } M_n = K b d^2 \quad (3-7-24)$$

承载力折减系数 = 0.8 得:

$$M_u = 0.8 K b d^2 = K_u b d^2 \quad (3-7-25)$$

$$K_u = 0.8 f_t q (1 - 0.5q) \quad (3-7-26a)$$

在已知砌块砌体墙的弯压强度设计值、墙截面高度和配筋的抗拉强度设计值以后，便可以用式 (3-7-26) 求出  $K_u$  值，从而较容易地求出配筋砌块砌体墙平面外由弯压承载力控制的承载力。

另外当配筋砌块砌体墙的平面外抗弯承载力是抗拉钢筋控制时，可将  $a$  和  $q$  值代入式 (3-7-22) 中，得

$$M_n = A_s f_y (d - a/2) = A_s f_y (d - \frac{\rho f_y}{2f_t} d)$$

简化后得：

$$M_n = A_s f_y (1 - 0.5q) d \quad (3-7-26b)$$

引入承载力折减系数 = 0.8 后得：

$$M_u = 0.8 A_s f_y d (1 - 0.5q) \quad (3-7-27)$$

$$\text{令 } a_u = 0.8 f_y (1 - 0.5q) \text{ 得} \quad (3-7-28)$$

$$M_u = a_u A_s d \quad (3-7-29)$$

从而得：

$$A_s = \frac{M_u}{a_u d} \quad (3-7-30)$$

这样，计算就变得比较简单。在已知配筋的抗拉强度设计值、砌块砌体墙的弯压强度设计值以及截面的有效高度以后就可以用式 (3-7-28) 先求出  $a_u$ 。再用式 (3-7-29) 求配筋砌块砌体墙的平面外抗弯承载力，如果要求墙体的配筋，则可用式 (3-7-30) 求出，问题已变得较为容易。

#### ②部分灌孔配筋砌块砌体墙平面外抗弯计算

a. 当砌块砌体墙在平面外受弯，且中和轴的位置处于砌块侧壁以内时，截面计算仍按矩形截面进行，全部计算过程与本节中的①完全相同。无需再赘述。

b. 当砌块砌体墙在平面外受弯，且中和轴的位置处于砌块的横肋部分时，截面计算应按 T 形截面进行。这种计算比较繁琐，设计时应尽量避免。实际工作中，由于我们的整体设计思想是要避免出现脆性破坏，给配筋砌块砌体结构以良好的延性，已经限制了砌块砌体结构的配筋率，只允许采用 50% 平衡状态下的配筋率，这也就保证了在绝大多数情况下，构件的中和轴是处于砌块的侧壁之内。

#### 4) 砌块砌体受弯构件抗剪承载力计算

配筋砌块砌体受弯构件的抗剪计算 (图 3-7-6) 比较简单，首先应计算出截面内的剪应力：

$$f_v = \frac{V}{bd}; \quad f_v = \frac{V}{b(d - \frac{h}{3})} \quad (3-7-31)$$

式中： $f_v$ ——构件截面内剪应力计算值；

$V$ ——构件截面内剪力设计值；

$b$ ——构件截面宽度；

$d$ ——构件截面有效高度；

$h$ ——构件截面总高度。

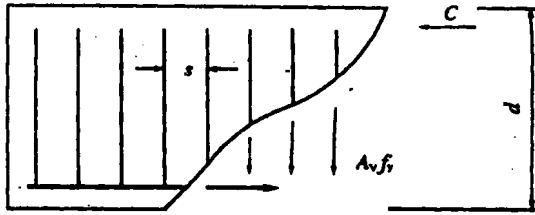


图 3-7-6 受弯构件抗剪计算

如果计算所得  $f_v$  小于或等于砌体的抗剪强度设计值，则说明构件截面选的足够大，构件无需配钢筋就可以满足抗剪要求；当计算所得的  $f_v$  大于砌体的抗剪强度设计值时，则截面就需要配抗剪钢筋，而且全部剪力均需用抗剪钢筋承担，此时如果假定箍筋的间距为  $S$ ，则箍筋面积为：

$$A_v = \frac{VS}{f_s d} \quad (3-7-32)$$

- 式中： $A_v$ ——需要配置的箍筋面积；  
 $V$ ——构件截面内由荷载设计值产生的剪力；  
 $S$ ——箍筋间距；  
 $f_s$ ——箍筋的抗剪强度设计值；  
 $d$ ——构件截面的有效高度。

配筋砌块砌体受弯构件抗剪强度设计值分两种情况：

①当所配钢筋不足以承担全部设计剪力时，配筋砌块砌体受弯构件的抗剪强度设计值见表 3-7-11。

表 3-7-11 受弯构件砌体抗剪强度设计值 (一)

| 砌体抗压强度设计值 (MPa) | 抗剪强度设计值 (MPa) |
|-----------------|---------------|
| 2.98            | 0.08          |
| 3.85            | 0.09          |
| 4.29            | 0.10          |
| 4.99            | 0.11          |
| 5.18            | 0.11          |
| 5.28            | 0.11          |
| 6.37            | 0.12          |

②当所配钢筋能承担全部设计剪力时，配筋砌块砌体受弯构件的抗剪强度设计值见表 3-7-12。

表 3-7-12 受弯构件抗剪强度设计值 (二)

| 砌块砌体抗压强度设计值 (MPa) | 抗剪强度设计值 (MPa) |
|-------------------|---------------|
| 2.98              | 0.28          |
| 3.85              | 0.31          |
| 4.29              | 0.33          |
| 4.99              | 0.36          |
| 5.18              | 0.36          |
| 5.28              | 0.37          |
| 6.37              | 0.40          |

(5) 配筋砌块砌体偏心受压构件承载力计算

1) 配筋砌块砌体构件偏心受压承载力计算

配筋砌块砌体偏心受压构件承载力可按截面处于平衡状态时的公式进行计算 (图 3-7-12):

$$N \leq 0.8f_m b a_b + f'_y A'_s - f_y A_s \quad (3-7-33)$$

和

$$Ne \leq 0.8f_m b a_b (d - 0.5a_b) + f'_y A'_s (d - d')$$

式中:  $N$ ——荷载设计值产生的偏心轴压力;

$e$ ——偏心轴压力距受拉钢筋形心的距离。

当砌体截面处于非平衡状态时, 其承载力可按下式进行计算:

$$N \leq 0.8f_m b a + f'_y A'_s - f_y A_s \quad (3-7-34)$$

$$Ne \leq 0.8f_m b a (d - 0.5a) + f'_y A'_s (d - d') \quad (3-7-35)$$

式中:  $a$ ——截面处于非平衡状态时, 受压区矩形压应力图形高度。

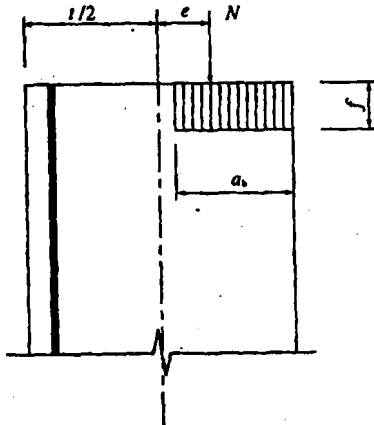


图 3-7-7 偏心受压构件计算