



# 第 1 章

# 砌体材料及砌体的力学性能



## 学习目标

1. 了解砌体所用材料的种类、强度等级及设计要求。
2. 理解砌体的组成、种类、强度、弹性模量等基本物理力学性能。
3. 掌握砌体受压破坏的全过程,理解影响抗压强度的主要因素。
4. 熟练掌握砌体各种强度指标的运用。



## 学习要求

会正确查用砌体的各种强度指标。

砌体结构由砖、石和砌块等块体材料用砂浆砌筑而成。块体材料和砂浆的强度等级不同,构成砌体的各种强度也有所不同。砌体结构常用来作为受压构件,但有时也作为受拉、受剪、受弯构件。受压、受拉、受弯、受剪等力学性能直接影响砌体结构的强度。本章将主要叙述构成砌体结构的材料及其力学性能。

## 1.1 砌体的材料

砌体材料中的块体是砌体的主要组成部分,通常占砌体总体积的 75% 以上。块体材料一般分成天然石材和人工砖石两大类。天然石材有料石和毛石两种。人工砖石有经过焙烧的烧结普通砖、烧结多孔砖以及不经过焙烧的硅酸盐砖、混凝土小型空心砌块、轻集料混凝土小型空心砌块等。

### 1.1.1 块体材料

#### 1. 砖

我国目前用于砌体结构的砖主要有烧结砖和蒸压砖。烧结砖包括烧结普通砖和烧结多孔砖,蒸压砖包括蒸压灰砂砖和蒸压粉煤灰砖。在各类烧结砖中,应用最广泛的是烧结黏土

砖,但是,生产黏土砖会造成大量的农田破坏、能源消耗和环境污染,影响社会经济和可持续发展,因此在我国人口多、耕地少的地区已逐步限制黏土砖的使用。

(1)烧结普通砖由黏土、页岩、煤矸石或粉煤灰为主要原料,经过焙烧而成的实心或孔洞率不大于规定值且外形尺寸符合规定的砖。分为烧结黏土砖、烧结页岩砖、烧结煤矸石砖、烧结粉煤灰砖等。

目前,我国生产的烧结普通砖,其标准砖的尺寸为  $240\text{mm}\times 115\text{mm}\times 53\text{mm}$ ,重度一般在  $16\sim 19\text{kN/m}^3$ 。用标准砖可砌成  $120\text{mm}$ 、 $240\text{mm}$ 、 $370\text{mm}$  等不同厚度的墙,以此称为半砖墙、一砖墙、一砖半墙等。这种砖广泛用于一般民用房屋结构的承重墙体及围护结构中,其强度高、耐久性、保温隔热性好,生产工艺简单,砌筑方便。

(2)烧结多孔砖以黏土、页岩、煤矸石或粉煤灰为主要原料,经焙烧而成、孔洞率不小于  $25\%$ ,孔的尺寸小而数量多,主要用于承重部位的砖,简称多孔砖。

烧结多孔砖在砖的厚度方向造成竖向孔洞以减轻砌体的自重。多孔砖可以具有不同的孔形、孔数、重度和孔洞率。烧结多孔砖与烧结普通砖相比具有许多优点:由于孔洞多,可节约黏土及制砖材料,少占农田;节省烧砖燃料和提高烧成速度;在建筑上可提高墙体隔热保温性能;在结构上可减轻自重,从而减小墙体重量,减轻基础的荷载。目前,多孔砖分为 P 型砖和 M 型砖,有三种规格,而未规定孔型及孔洞的位置,只规定孔洞率必须在  $25\%$  以上。这三种规格为 KM1、KP1、KP2。其中字母 K 表示多孔, M 表示模数, P 表示普通。KM1 的规格为  $190\text{mm}\times 190\text{mm}\times 90\text{mm}$ , KP1 的规格为  $240\text{mm}\times 115\text{mm}\times 90\text{mm}$ , KP2 的规格为  $240\text{mm}\times 180\text{mm}\times 115\text{mm}$ 。

烧结多孔砖在砌筑时, KP1 及 KP2 规格的多孔砖还可以与烧结普通砖配合使用,可与同类辅助规格的多孔砖配合使用。

一般多孔砖重度为  $11\sim 14\text{kN/m}^3$ ,大孔洞多孔砖重度为  $9\sim 11\text{kN/m}^3$ ,孔洞率可达  $40\%\sim 60\%$ 。一般多孔砖可作为房屋的承重墙和隔墙材料,而大孔洞多孔砖目前只用于隔墙。近年来多孔砖在我国部分地区已得到推广和应用,目前正在继续研究和改进,其应用范围将会进一步扩大。

(3)蒸压灰砂砖是以石灰和砂为主要原料,经坯料制备、压制成型、蒸压养护而成的实心砖,简称灰砂砖。

(4)蒸压粉煤灰砖是以粉煤灰、石灰为主要原料,掺加适量石膏和集料,经坯料制备、压制成型、高压蒸汽养护而成的实心砖,简称粉煤灰砖。

#### (5)强度等级

砖的强度等级按国家标准中规定的标准试验方法得到。确定砖的强度等级时,抽取 10 块试样,分别从长度的中间处切断,用水泥砂浆将半块砖两两重叠粘在一起,经养护后进行抗压强度试验,并计算出单块强度、平均强度、强度标准值和变异系数,据此来评定砖的强度等级。

块体强度等级以符号“MU”表示,单位为 MPa。烧结普通砖、烧结多孔砖等的强度等级为:MU30、MU25、MU20、MU15 和 MU10。蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖的强度等级为:MU25、MU20 和 MU15。

## 2. 砌块

(1)混凝土砌块是指由普通混凝土或轻集料混凝土制成的,主要规格尺寸为  $390\text{mm} \times 190\text{mm} \times 190\text{mm}$  的,空心率在  $25\% \sim 50\%$  的空心砌块,简称混凝土砌块或砌块。把高度在  $350\text{mm}$  以下的砌块称为小型砌块;把高度在  $350 \sim 900\text{mm}$  之间的砌块称为中型砌块(图1-1),混凝土中型砌块的高度一般为  $850\text{mm}$ ;高度大于  $900\text{mm}$  的砌块称为大型砌块。

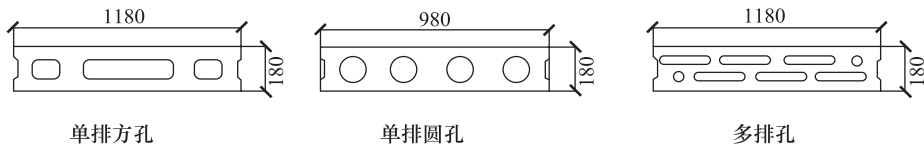


图 1-1 混凝土中型砌块

(2)加气混凝土砌块可用作承重或围护结构材料,具有良好的保温隔热性能,重度在  $10\text{kN/m}^3$  以下。

砌块的强度等级是根据 3 个砌块毛面积截面的抗压强度平均值划分的,共分为:MU20、MU15、MU10、MU7.5 和 MU5 五个强度等级。

## 3. 石材

在承重结构中,常用的天然石材有花岗岩、石灰岩、凝灰岩等。天然石材抗压强度高,耐久性能良好,故多用于房屋的基础、勒脚等,也可砌筑挡土墙。在山区中易就地取材,当作为墙体材料时,因石材的高传热性,在炎热及寒冷地区常需要较大的厚度。经过打平磨光的天然石料亦常用于重要建筑物的饰面工程。一般重岩重度大于  $18\text{kN/m}^3$ ,轻岩重度小于  $18\text{kN/m}^3$ 。天然石料按其外形及加工程度可分为料石和毛石。

### (1) 料石

- ①细料石经过精细加工,外形规则,表面平整。
- ②粗料石经过加工,外形规则,表面大致平整,凹凸深度不大于  $20\text{mm}$ 。
- ③毛料石外形大致方正,一般不作加工或稍作修整。

### (2) 毛石

形状不规则的石块,亦称片石。石材的强度等级是根据 3 个边长为  $70\text{mm}$  的立方体石块抗压强度的平均值划分的,共分为:MU100、MU80、MU60、MU50、MU40、MU30 和 MU20 七个强度等级。

## 4. 砌体结构对块材的基本要求

(1)砌体所用块材应具有足够的强度,以保证砌体结构的承载力。

(2)砌体所用块材应有良好的耐久性能,以保证砌体结构在正常使用时满足使用年限的要求。

(3)砌体所用块材应具有保温隔热性能,以满足房屋的热工性能。

### 1.1.2 砂浆

砂浆是由胶结材料和砂子加水拌和而成的混合材料。砂浆的作用是将块材(砖、石、砌块)按一定的砌筑方法粘结成整体而共同工作。同时,砂浆填满块体表面的间隙,使块体表面应力均匀分布。由于砂浆填补了块体间的缝隙,减少了透气性,故可提高砌体的保温性能及防水、防冻性。

#### 1. 砂浆的分类

砂浆按其配合成分的不同可分为三种:

(1)纯水泥砂浆。纯水泥砂浆是指由水泥和砂加水拌制而成,不加塑性掺合料,又称刚性砂浆。这种砂浆强度高、耐久性好,但和易性差,保水性和流动性差,水泥用量大,适于砌筑对强度要求较高的砌体。

(2)混合砂浆。混合砂浆是指在水泥砂浆中加入适量塑性掺合料拌制而成的砂浆。如水泥石灰砂浆、水泥黏土砂浆等。这种砂浆水泥用量减少,砂浆强度约降低 10%~15%,但砂浆和易性好,保水性好,砌筑方便。砌体强度可提高 10%~15%,同时节约了水泥,适用于一般墙、柱砌体的砌筑,但不宜用于潮湿环境中的砌体。

(3)非水泥砂浆,即不含水泥的砂浆。如石灰砂浆、黏土砂浆、石膏砂浆。这类砂浆强度较低,耐久性较差,常用于砌筑简易或临时性建筑的砌体。

砂浆质量与其保水性(即保持水分的能力)有很大的关系。缺乏足够保水性的砂浆,在运输和砌筑过程中一部分水分会从砂浆内分离出来,使砂浆的流动性降低,铺抹操作困难,从而降低灰缝质量,影响砌体强度。分离出来的水分容易为砖块所吸收。水分失去过多,不能保证砂浆正常凝结硬化,亦会降低砂浆强度。砂浆中掺入塑性掺合料后可提高砂浆的保水性,从而保证灰缝的质量和砌体的强度。因此,砌体结构通常都采用混合砂浆来砌筑。

#### 2. 砂浆的强度等级

砂浆的强度等级是用边长为 70.7mm 的立方体试块,在温度 15~25℃ 的室内自然条件下养护 24h,拆模后再在同样条件下养护 28 天,测得的抗压强度极限值来划分的。砂浆的强度等级用符号“M”表示,单位“MPa”,其强度等级分为 M15、M10、M7.5、M5 和 M2.5 五个强度等级。当验算施工阶段尚未硬化的新砌体强度时,或在冻结法施工解冻时,可按砂浆强度为零来确定。

当砂浆强度在两个等级之间时,采用相邻较低值。

验算施工阶段新砌筑的砌体强度时,因为砂浆尚未硬化,可按砂浆强度为零来确定砌体的强度。

《砌体结构设计规范》(GB50003—2011)根据《混凝土小型空心砌块和混凝土砖砌筑砂浆》(JC860—2008)和《混凝土砌块(砖)砌体用灌孔混凝土》(JC861—2008)国家建材行业标准,引入了砌块专用砂浆(Mb)和专用灌孔混凝土(Cb)。砌块砌体的灌孔混凝土强度等级不应低于Cb20,也不宜低于2倍的块体强度等级(注:灌孔混凝土的强度等级Cb<sub>xx</sub>等同于对应的混凝土强度等级C××的强度指标)。灌孔混凝土用普通水泥、砂子、碎石和水按一定比例配制搅拌而成,碎石直径一般不大于10mm。灌孔混凝土应具有较大的流动性,其场落度应控制为200mm~250mm。

### 3. 砌体对砂浆的基本要求

- (1)砂浆应具有足够的强度和耐久性。
- (2)砂浆应具有一定的可塑性,以便于砌筑,提高生产率,保证质量,提高砌体强度。
- (3)砂浆应具有足够的保水性,以保证砂浆正常硬化所需要的水分。

## 1.1.3 对砌体材料耐久性的要求

对于砌体材料除了强度要求外,应考虑耐久性问题。砌体材料的耐久性不足时,在使用期间经多次冻融循环后将会引起块材剥蚀和强度降低。因此对于设计使用年限为50年的砌体房屋,其地面以下或防潮层以下的砌体所用材料,应提出最低强度等级的要求。《砌体结构设计规范》(GB50003—2011)的这项规定见表1-1。

表 1-1 地面以下或防潮层以下的砌体、潮湿房间墙所用材料的最低强度等级

潮湿程度	烧结普通砖	混凝土普通砖、 蒸压普通砖	混凝土砌块	石材	水泥砂浆
稍潮湿的	MU15	MU20	MU7.5	MU30	M5
很潮湿的	MU20	MU20	MU10	MU30	M7.5
含水饱和的	MU20	MU25	MU15	MU40	M10

注:1. 在冻胀地区,地面以下或防潮层以下的砌体,不宜采用多孔砖,如采用时,其孔洞应用不低于M10的水泥砂浆预先灌实。当采用混凝土空心砌块时,其孔洞应采用强度等级不低于Cb20的混凝土预先灌实;

2. 对安全等级为一级或设计使用年限大于50年的房屋,表中材料强度等级应至少提高一级。

## 1.2 砌体的种类

砌体是由砖、石和砌块等材料按一定排列方式用砂浆砌筑而成的整体。按受力情况可分为承重砌体与非承重砌体;按砌筑方法分为实心砌体与空心砌体;按材料分为砖砌体、砌块砌体及石砌体;按是否配有钢筋分为无筋砌体与配筋砌体。

## 1.2.1 无筋砌体

### 1. 砖砌体

砖砌体在工程中应用广泛。一般砖砌体多为实心砌体,常用于内外墙、柱及基础等承重结构中和围护墙及隔断墙等非承重结构,砌筑方式有一顺一丁、梅花丁、三顺一丁等。试验表明,按以上不同方式砌筑的砌体其抗压强度相差不大。

为了符合砖的模数,砖砌体构件的尺寸一般取 240mm(一砖)、370mm(一砖半)、490mm(两砖)、620mm(2 砖半)及 740mm(三砖)等。有时为了节约材料,实心砖墙体厚度也可按 1/4 砖长的倍数采用。可构成 180mm、300mm、420mm 等尺寸。多孔砖也可砌成 90mm、180mm、190mm、240mm、290mm 及 390mm 厚度的墙体。这种墙厚的缺点是,砌筑时需要砍砖。

空心砌体一般是将砖立砌成两片薄壁,以丁砖相连,中间留有空腔。可在空腔内填充松散材料或轻质材料。这种砌体自重小,热工性能好。如空斗墙,是我国古老、传统的结构形式,这种墙体节省砖 22%~38%和砂浆 50%,造价降低 30%~40%,但其整体性和抗震性能较差。在非地震区可作 1~3 层小开间民用房屋的墙体,常采用一眠一斗、一眠多斗或无眠斗墙的砌筑方法。设计时应满足有关构造要求。

在砖砌体施工中为确保质量,应防止强度等级不同的砖混用,应严格遵守施工规范,使配制的砂浆强度符合设计强度的要求。否则,将会引起砌体强度的降低。

### 2. 砌块砌体

目前,我国已经应用的砌块砌体有混凝土小型空心砌块砌体、混凝土中型空心砌块砌体和粉煤灰中型砌块砌体。用小型或中型砌块可砌成 240mm、190mm、200mm 等厚度的墙体。砌块砌体主要用于砌筑民用建筑及一般工业建筑的承重墙或围护墙。砌块砌体的砌筑比一般砖砌体复杂。一方面要保证上下层砌块搭接长度不得小于 90mm;另一方面要保证空心砌块孔对孔、肋对肋砌筑。因此,在砌筑前应对各配套砌块的排列方式进行设计,要尽量采用主规格砌块。如果不得不错孔砌筑时,对单排孔混凝土砌块和轻骨料混凝土砌块砌体的抗压强度设计值应按《砌体结构设计规范》(GB50003-2011)的规定给予折减。

### 3. 石砌体

由石材和砂浆或混凝土砌筑而成的砌体结构整体称为石砌体。石砌体根据石材的种类又分为料石砌体、毛石砌体、毛石混凝土砌体。在产石山区,石砌体应用较为广泛,它可用作一般民用房屋的承重墙、柱和基础,还可用作建造拱桥、坝和涵洞等构筑物。

### 4. 墙板

在墙体中采用预制大型墙板,其尺寸大,高度一般为房屋的层高,宽度可为房屋的一个开间或进深。它有利于建筑工业化和施工机械化,缩短施工周期,提高生产率,是一种有发展前途的墙体体系。

目前采用的主要有大型预制的砖(或砌块)墙板和振动砖墙板。它一般采用专用设备,连续铺砌块体和砂浆,如美国采用的高1.5~3.0m、宽6~12m的混凝土砌块墙板,板厚110mm。振动砖墙板的制作,一般是在钢模内铺一层20~25mm厚的高强度砂浆(一般强度为10MPa),在砂浆上铺一层错缝侧放的砖(1/2砖厚,砖间缝宽12~15mm),再在砖上铺一层砂浆,同时在板的四周放置钢筋骨架并浇注混凝土,经平板振动器振动后进行蒸汽养护制成,板厚为140mm。作外墙时应加设保温隔热层。这种墙板内的砂浆由于振捣而更加密实、均匀,砌体质量好,抗压强度高,刚度也较大。一般振动砖墙板较普通240mm厚砖墙可节约50%的砖,减轻自重30%,劳动量减少20%~30%,缩短工期20%,降低造价10%~20%。

另外,还可制成预制混凝土空心墙板、矿渣混凝土墙板和现浇混凝土墙板等。

### 1.2.2 配筋砌体

当砌体的承载力不足或当构件的截面尺寸受到限制时,为提高砌体的承载能力,可在灰缝中,在混凝土或砂浆面层中,或者在灌孔混凝土中,配置适量的钢筋,这就构成了配筋砌体。配筋砌体可分为配筋砖砌体和配筋砌块砌体,其中配筋砖砌体又可分为网状配筋砖砌体和组合砖砌体。

#### 1. 横向配筋砌体

在砖砌体的水平灰缝内配置钢筋网,称为网状配筋砖砌体或横向配筋砖砌体。

#### 2. 纵向配筋砌体

在砖砌体竖向灰缝内或预留的竖槽内配置纵向钢筋以承受拉力或部分压力,称为纵向配筋砖砌体。

#### 3. 组合砖砌体

由砖砌体和钢筋混凝土或钢筋砂浆构成的砌体称为组合砖砌体。通常将钢筋混凝土或钢筋砂浆做面层,可用作承受偏心压力(偏心距较大)的墙、柱。而在墙体的转角和交接处设置钢筋混凝土构造柱,也是一种组合砖砌体,它能提高一般多层混合结构房屋的抗震能力。

国外的配筋砌体有两类。一类是普通配筋砌体,在砌块或组砌的空洞内配置纵向钢筋,在水平灰缝内设置成桁架形状的配筋;或在内外层砌体的中间空腔内设置纵向和横向钢筋并灌注细石混凝土(或砂浆)。另一类是预应力砌体,在墙体中采用后张法设置预应力钢筋,在砌体梁中采用先张法设置预应力钢筋。这种预应力砌体提高了砌体结构的抗弯性能、竖向承载力及结构的延性和刚度,有利于抵抗水平荷载的作用。配筋砌体结构是一种有竞争力的新型结构。

### 1.2.3 砌体的选用原则

在进行砌体结构设计时,应根据各类砌体的不同特点,按以下原则选用:

(1)因地制宜,就地取材。应根据当地砌体材料的生产供应情况,选择适当的砌体材料,尽量满足经济性要求。

(2)满足强度要求。多层砌体房屋宜选择重度小、强度高、砌筑整体性好的砌体种类,以满足结构承载力的要求。

(3)满足使用要求和耐久性要求。砌体材料选用应考虑地区的特点,对于炎热或寒冷地区,砌体应具有较好的保温隔热性能并满足抗冻性要求;在潮湿环境下砌体材料应有较好的耐久性能。

(4)满足当地施工技术能力。选用砌体材料,还应考虑该种材料在当地的 application 程度,当地施工单位的技术条件和水平。

## 1.3 无筋砌体的受压性能

无筋砌体的受压与单块砖的受压不同。它的受压与很多因素有关,如砖和砂浆的强度等级、砂浆的弹塑性性质、灰缝厚度、砌筑质量、砖的含水率等。通过大量的实验可知,各类砌体的抗压强度主要与砖和砂浆的强度有关。

### 1.3.1 无筋砌体破坏的三个阶段

砖砌体是由单块砖以砂浆粘结而成的整体。它的受压工作与匀质的整体构件有很大差别。试验表明,砖砌体受压时从加荷到破坏,按照裂缝的出现和发展特点,大致可划分为三个受力阶段,如图 1-2 所示。

第一阶段:在荷载作用下,砌体受压,当荷载增加至破坏荷载的 50%~70%时,由于砌体中的单块砖处于较复杂的拉、弯、剪的复合应力作用下,使得砌体内出现第一条(批)裂缝。

第二阶段:继续加载,随着压力的增加,单块砖内的裂缝不断发展,并沿竖向形成连续的、贯穿若干皮砖的裂缝,同时有新的裂缝产生。此时,若停止加荷,裂缝仍将继续发展,砌体此时已临近破坏,处于危险状态。这时的荷载约为破坏荷载的 80%~90%。

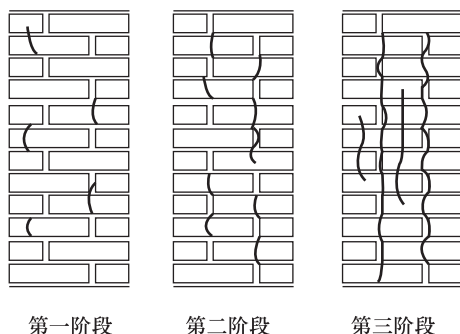


图 1-2 无筋砌体破坏的三个阶段



第三阶段:随荷载继续增加,砌体中裂缝发展迅速,逐渐加长加宽形成若干条连续的贯通整个砌体的裂缝,而将砌体分成若干个1/2砖的小立柱,最后小立柱发生失稳破坏(个别砖可能被压碎),整个砌体构件随之破坏。在此过程中,可看到砌体很明显地向外鼓出。

在砌块砌体中,小型砌块的尺寸与砖的尺寸相近,砌体的破坏特征与砖砌体的受压破坏特征类似。中型砌块,尺寸较大,砌体受压后裂缝的出现较晚,一旦开裂,便可形成一条主裂缝而呈劈裂破坏状态。显然,对中型砌块砌体,出现第一条裂缝时的压力与破坏时的压力很接近。

### 1.3.2 单块砖在砌体中的受力特点

对砌体试件可以观察到,由于砌体内灰缝厚度不均匀,砂浆也不一定饱满和密实,砖的表面也不完全平整和规则。因此,砂浆层与砖石表面不能很理想地均匀接触和粘结。当砌体受压时,砌体中的砖并非单纯地均匀受压,而是处于受压、受弯、受剪等复杂的受力状态之下。砌体中第一批裂缝的出现是由单块砖内的弯、剪应力引起。因砂浆的弹性性质,砖可视为作用在“弹性地基”上的梁,砂浆的弹性模量越小,砖的弯曲变形越大,砖内产生的弯、剪应力也越高。由于砂浆的弹性模量比砖的弹性模量小,而其横向变形系数却比砖的大,因而在压力作用下,砂浆的横向变形受到砖的约束,使砂浆的横向变形减小,砂浆处于三向受压的状态,砂浆的抗压强度增大。而砖受砂浆的影响,其横向变形增大,砖内产生拉应力,加快了单砖内的裂缝出现。低强度砂浆变形率大,低强度砂浆砌筑的砌体裂缝出现也较早。

此外,在砌筑时,由于竖向灰缝往往不能填满,在竖向灰缝处将产生应力集中现象。因此,在竖向灰缝处的砖内横向拉应力和剪应力的集中,又加快了砖的开裂,导致砌体强度的降低。

由此可见,砌体受压发生破坏时,首先是单块砖在复杂应力作用下开裂,到最后破坏时,砖的抗压强度也没有充分发挥,从而砌体的抗压强度远低于单块砖的抗压强度。

### 1.3.3 影响砌体抗压强度的因素

砌体是一种复合材料,又具有一定的塑性变形性质,因此影响其抗压强度的因素有很多,其主要因素有块体和砂浆的强度、弹塑性性质、灰缝厚度及砌体的砌筑质量、块体的外形尺寸、砖的含水率、试验方法等,现分析如下。

#### 1. 块体和砂浆的强度

试验表明,块体和砂浆的强度高,砌体的抗压强度也高。国外一项研究资料表明,要提高砌体的抗压强度,要优先考虑提高块体的强度,因为砂浆对砌体强度的影响不如块体对砌体强度的影响明显。

因此,材料验收规范中规定,一定强度的砖,必须有相应的抗弯强度。当砖的抗弯强度

符合标准时,砌体强度随砖和砂浆的强度等级的提高而提高。

## 2. 砂浆的弹塑性性质

砂浆具有明显的弹塑性性质,其弹性模量,可塑性(和易性)对砌体亦有较大的影响。砂浆的弹性模量小,变形率大;砂浆的可塑性好,铺砌时易于铺平,保证水平灰缝的均匀性,可减小砖内的复杂应力,使砌体强度提高。但砂浆的可塑性过大,或弹性模量过小,或强度过低,都会增大砂浆受压的横向变形,对单块砖产生不利的拉应力而使得砌体抗压强度降低。因此,砂浆抗压强度较高,而可塑性又适当,弹性模量大,则砌体的抗压强度较高。

## 3. 灰缝厚度及砌筑质量的影响

砌筑质量好坏的标志之一是水平灰缝的均匀性与饱满度,两者对砌体抗压强度影响较大。

试验研究表明,当饱满度达80%以上时,砌体抗压强度高于规范值约10%。灰缝厚度要薄而均匀,标准厚度为10~12mm。同时,在保证质量的前提下,快速砌筑,能使砌体硬化前就受压,可增加水平灰缝的密实性,有利于提高砌体的抗压强度。

## 4. 砖的外形尺寸的影响

砖的尺寸、外形规则程度及表面平整程度不同,将导致灰缝厚度的不均匀性。如厚度较大,砖长过长,表面的凹凸,都将使其受弯、剪作用增大,使砌体过早破坏。砖愈规则、平整,砌体的抗压强度也愈高。

## 5. 砖的含水率的影响

湖南大学的试验指出:把含水率为10%的砖砌筑的砌体强度取为1,则干燥的砖其砌体强度为0.8。可见,施工中对砖湿水很重要,但过湿易导致墙面流浆,砖的最佳含水率应为8%~10%。

## 6. 试验方法的影响

砌体的抗压强度与试验方法及龄期有关。试件的尺寸、形状和加载方法不同,所得抗压强度也不同。随龄期的增长,砌体的强度也提高。加载速度高,所测得砌体强度也高。在长期荷载效应组合作用下,砌体的抗压强度还会有所降低。

# 1.3.4 砌体的抗压强度

## 1. 各类砌体轴心抗压强度平均值

近年来对各类砌体抗压强度的试验研究表明,各类砌体轴心抗压强度平均值,主要取决于块体的抗压强度平均值,其次是砂浆的抗压强度平均值,《砌体结构设计规范》(GB50003—2011)(以下简称《规范》)给出了适用于各类砌体的轴心抗压强度平均值的计算表达式:

$$f_m = k_1 f_1^a (1 + 0.07 f_2) k_2 \quad (1.1)$$

式中 $f_m$ ——砌体的抗压强度平均值,以MPa计;

$f_1, f_2$ ——分别为块材和砂浆的抗压强度平均值,以 MPa 计;

$k_1$ ——与砌体类别和砌筑方法有关的系数,见表 1-2;

$\alpha$ ——与块材高度有关的系数,见表 1-2;

$k_2$ ——砂浆强度对砌体强度的修正系数,见表 1-2。

表 1-2 轴心抗压强度平均值的系数

砌体种类	$f_m = k_1 f_1^\alpha (1 + 0.07 f_2) k_2$		
	$k_1$	$\alpha$	$k_2$
烧结普通砖、烧结多孔砖、蒸压灰砂普通砖、蒸压粉煤灰普通砖、混凝土普通砖、混凝土多孔砖	0.78	0.5	当 $f_2 < 1$ 时, $k_2 = 0.6 + 0.4 f_2$
混凝土砌块、轻集料混凝土砌块	0.46	0.9	当 $f_2 = 0$ 时, $k_2 = 0.8$
毛料石	0.79	0.5	当 $f_2 < 1$ 时, $k_2 = 0.6 + 0.4 f_2$
毛石	0.22	0.5	当 $f_2 < 2.5$ 时, $k_2 = 0.4 + 0.24 f_2$

注:1.  $k_2$  在表列条件以外时均等于 1。

2. 式中  $f_1$  为块体(砖、石、砌块)的强度等级值;  $f_2$  为砂浆抗压强度平均值,单位均以 MPa 计。

3. 混凝土砌块砌体的轴心抗压强度平均值,当  $f_2 > 10\text{MPa}$  时,应乘系数 1.1 ~ 0.01 $f_2$ , MU20 的砌体应乘系数 0.95,且满足当  $f_1 \geq f_2, f_1 \leq 20\text{MPa}$ 。

## 2. 各类砌体的轴心抗压强度标准值 $f_k$

对各类砌体的轴心抗压强度标准值  $f_k$ ,其保证率为 95%,可由下式确定:

$$f_k = f_m - 1.645\sigma_f \quad (1.2)$$

式中  $\sigma_f$ ——砌体强度的标准差,对各种砖、砌块及毛料石取  $0.17f_m$ ;对毛石取  $0.24f_m$ 。

各类砌体的轴心抗压强度标准值也可由表 1-3 ~ 表 1-7 查出。

表 1-3 砖砌体的抗压强度标准值  $f_k$  (MPa)

砖强度等级	砂浆强度等级					砂浆强度
	M15	M10	M7.5	M5	M2.5	
MU30	6.30	5.23	4.69	4.15	3.61	1.84
MU25	5.75	4.77	4.28	3.79	3.30	1.68
MU20	5.15	4.27	3.83	3.39	2.95	1.50
MU15	4.46	3.70	3.32	2.94	2.56	1.30
MU10	—	3.02	2.71	2.40	2.09	1.07

表 1-4 混凝土砌块砌体的抗压强度标准值  $f_k$  (MPa)

砌块强度等级	砂浆强度等级				Mb5	砂浆强度 0
	Mb20	Mb15	Mb10	Mb7.5		
MU20	10.08	9.08	7.93	7.11	6.30	3.73
MU15	—	7.38	6.44	5.78	5.12	3.03
MU10	—	—	4.47	4.01	3.55	2.10
MU7.5	—	—	—	3.10	2.74	1.62
MU5	—	—	—	—	1.90	1.13

表 1-5 毛料石砌体的抗压强度标准值  $f_k$  (MPa)

料石强度等级	砂浆强度等级			砂浆强度 0
	M7.5	M5	M2.5	
MU100	8.67	7.68	6.68	3.41
MU80	7.76	6.87	5.98	3.05
MU60	6.72	5.95	5.18	2.64
MU50	6.13	5.43	4.72	2.41
MU40	5.49	4.86	4.23	2.16
MU30	4.75	4.20	3.66	1.87
MU20	3.88	3.43	2.99	1.53

表 1-6 毛石砌体的抗压强度标准值  $f_k$  (MPa)

毛石强度等级	砂浆强度等级			砂浆强度 0
	M7.5	M5	M2.5	
MU100	2.03	1.80	1.56	0.53
MU80	1.82	1.61	1.40	0.48
MU60	1.57	1.39	1.21	0.41
MU50	1.44	1.27	1.11	0.38
MU40	1.28	1.14	0.99	0.34
MU30	1.11	0.98	0.86	0.29
MU20	0.91	0.80	0.70	0.24

表 1-7 沿砌体灰缝截面破坏时的轴心抗拉强度标准值  $f_{t,k}$ 、弯曲抗拉强度标准值  $f_{m,k}$  和抗剪强度标准值  $f_{v,k}$  (MPa)

强度类别	破坏特征	砌体种类	砂浆强度等级			
			≥ M10	M7.5	M5	M2.5
轴心抗拉	沿齿缝	烧结普通砖、烧结多孔砖、混凝土普通砖、混凝土多孔砖	0.30	0.26	0.21	0.15
		蒸压灰砂普通砖、蒸压粉煤灰普通砖	0.19	0.16	0.13	—
		混凝土砌块	0.15	0.13	0.10	—
		毛石	—	0.12	0.10	0.07
弯曲抗拉	沿齿缝	烧结普通砖、烧结多孔砖、混凝土普通砖、混凝土多孔砖	0.53	0.46	0.38	0.27
		蒸压灰砂普通砖、蒸压粉煤灰普通砖	0.38	0.32	0.26	—
		混凝土砌块	0.17	0.15	0.12	—
		毛石	—	0.18	0.14	0.10
	沿通缝	烧结普通砖、烧结多孔砖、混凝土普通砖、混凝土多孔砖	0.27	0.23	0.19	0.13
		蒸压灰砂普通砖、蒸压粉煤灰普通砖	0.19	0.16	0.13	—
		混凝土砌块	—	0.10	0.08	—
		毛石	—	0.10	0.08	—
抗剪		烧结普通砖、烧结多孔砖、混凝土普通砖、混凝土多孔砖	0.27	0.23	0.19	0.13
		蒸压灰砂普通砖、蒸压粉煤灰普通砖	0.19	0.16	0.13	—
		混凝土砌块	0.15	0.13	0.10	—
		毛石	—	0.29	0.24	0.17

### 3. 各类砌体的轴心抗压强度设计值

砌体结构在设计与验算时,为保证有相应足够的可靠概率,抗压强度设计值,按下式确定

$$f = \frac{f_k}{\gamma_f} \quad (1.3)$$

式中  $\gamma_f$ ——砌体结构的材料性能分项系数,对无筋砌体取  $\gamma_f = 1.6$ 。

龄期为 28d 的以毛截面计算的各类砌体抗压强度设计值,当施工质量控制等级为 B 级时,应根据块体和砂浆的强度等级分别按表 1-8 ~ 表 1-14 采用。

表 1-8 烧结普通砖和烧结多孔砖砌体的抗压强度设计值 (MPa)

砖强度等级	砂浆强度等级					砂浆强度
	M15	M10	M7.5	M5	M2.5	
MU30	3.94	3.27	2.93	2.59	2.26	1.15
MU25	3.60	2.98	2.68	2.37	2.06	1.05
MU20	3.22	2.67	2.39	2.12	1.84	0.94
MU15	2.79	2.31	2.07	1.83	1.60	0.82
MU10	—	1.89	1.69	1.50	1.30	0.67

注:当烧结多孔砖的孔洞率大于 30% 时,表中数值应乘以 0.9。

表 1-9 混凝土普通砖和混凝土多孔砖砌体的抗压强度设计值 (MPa)

砖强度等级	砂浆强度等级					砂浆强度
	Mb20	Mb15	Mb10	Mb7.5	Mb5	0
MU30	4.61	3.94	3.27	2.93	2.59	1.15
MU25	4.21	3.60	2.98	2.68	2.37	1.05
MU20	3.77	3.22	2.67	2.39	2.12	0.94
MU15	—	2.79	2.31	2.07	1.83	0.82

表 1-10 蒸压灰砂砖和蒸压粉煤灰普通砖砌体的抗压强度设计值 (MPa)

砖强度等级	砂浆强度等级				砂浆强度
	M15	M10	M7.5	M5	0
MU25	3.60	2.98	2.68	2.37	1.05
MU20	3.22	2.67	2.39	2.12	0.94
MU15	2.79	2.31	2.07	1.83	0.82

注:当采用专用砂浆砌筑时,其抗压强度设计值按表中数值采用。

表 1-11 单排孔混凝土和轻骨料混凝土砌块对孔砌筑砌体的抗压强度设计值 (MPa)

砖强度等级	砂浆强度等级					砂浆强度
	Mb20	Mb15	Mb10	Mb7.5	Mb5	0
MU20	6.30	5.68	4.95	4.44	3.94	2.33
MU15	—	4.61	4.02	3.61	3.20	1.89
MU10	—	—	2.79	2.50	2.22	1.31
MU7.5	—	—	—	1.93	1.71	1.01
MU5	—	—	—	—	1.19	0.70

注:1.对独立柱或厚度为双排组砌的砌块砌体,应按表中数值乘以 0.7;

2.对 T 形截面墙体、柱,应按表中数值乘以 0.85。

单排孔混凝土砌块对孔砌筑时,灌孔砌体的抗压强度设计值  $f_g$ ,应按下列公式计算:

$$f_g = f + 0.6\alpha f_c \quad (1.4)$$

$$\alpha = \delta\rho \quad (1.5)$$

式中

$f_g$ ——灌孔混凝土砌块砌体的抗压强度设计值,并不应大于未灌孔砌体抗压强度设计值的 2 倍;

$f$ ——未灌孔砌体的抗压强度设计值,应按表 1-11 采用;

$f_c$ ——灌孔混凝土的轴心抗压强度设计值；

$\alpha$ ——混凝土砌块砌体中灌孔混凝土面积和砌体毛面积的比值；

$\delta$ ——混凝土砌块的孔洞率；

$\rho$ ——混凝土砌块砌体的灌孔率，系截面灌孔混凝土面积和截面孔洞面积的比值， $\rho$ 不应小于 33%。

混凝土砌块砌体的灌孔混凝土强度等级不应低于 Cb20，且不应低于 1.5 倍的块体强度等级。

注：灌孔混凝土的强度等级 Cb×× 等同于对应的混凝土强度等级 C×× 的强度指标。

表 1-12 双排孔或多排孔轻集料混凝土砌块砌体的抗压强度设计值 (MPa)

砌块强度等级	砂浆强度等级			砂浆强度 0
	Mb10	Mb7.5	Mb5	
MU10	3.08	2.76	2.45	1.44
MU7.5	—	2.13	1.88	1.12
MU5	—	—	1.31	0.78
MU3.5	—	—	0.95	0.56

注：1. 表中的砌块为火山渣、浮石和陶粒轻集料混凝土砌块。

2. 对厚度方向为双排组砌的轻集料混凝土砌块砌体的抗压强度设计值，应按表中数值乘以 0.8。

表 1-13 毛料石砌体的抗压强度设计值 (MPa)

毛石强度等级	砂浆强度等级			砂浆强度 0
	M7.5	M5	M2.5	
MU100	5.42	4.80	4.18	2.13
MU80	4.85	4.29	3.73	1.91
MU60	4.20	3.71	3.23	1.65
MU50	3.83	3.39	2.95	1.51
MU40	3.43	3.04	2.64	1.35
MU30	2.97	2.63	2.29	1.17
MU20	2.42	2.15	1.87	0.95

注：对下列各类料石砌体，应按表中数值分别乘以系数：

细料石砌体 1.4；

粗料石砌体 1.2；

干砌勾缝石砌体 0.8。

表 1-14 毛石砌体的抗压强度设计值 (MPa)

毛石强度等级	砂浆强度等级			砂浆强度
	M7.5	M5	M2.5	
MU100	1.27	1.12	0.98	0.34
MU80	1.13	1.00	0.87	0.30
MU60	0.98	0.87	0.76	0.26
MU50	0.90	0.80	0.69	0.23
MU40	0.80	0.71	0.62	0.21
MU30	0.69	0.61	0.53	0.18
MU20	0.56	0.51	0.44	0.15

**【例 1-1】** 一混凝土小型空心砌块(MU10)对孔错缝搭砌的 T 形截面的砌体,用 Mb5 水泥砂浆砌筑。

要求:确定该砌体的抗压强度设计值  $f$ 。

**解:**(1) 查表 1-11 得 MU10 砌块, Mb5 砂浆的抗压强度设计值  $f = 2.22\text{N/mm}^2$

(2) 查表 1-11 注 2 规定对 T 形截面砌体,应按表中数值乘以 0.85,故  $f = 0.85 \times 2.22 = 1.887\text{N/mm}^2$

故调整后的抗压强度  $f = 1.887\text{N/mm}^2$

## 1.4 砌体的轴心受拉、受弯和受剪性能

砌体构件一般常用来承受竖向荷载,即作受压构件。但有时也用来承受轴心拉力、弯矩和剪力,如水池、过梁和挡土墙等。

砌体抗拉和抗剪强度远远低于其抗压强度。抗压强度主要取决于块体的强度,而在大多数情况下,受拉、受弯和受剪破坏一般均发生于砂浆和块体的连接面上。因此,抗拉、抗弯和抗剪强度取决于砂浆和块体的粘结强度,即与砂浆强度大小直接有关。

### 1.4.1 砌体受拉、受弯和受剪破坏

1. 砌体受拉、受弯和受剪破坏一般有下列三种形态

- (1) 砌体沿水平通缝截面破坏。
- (2) 砌体沿齿缝截面破坏。



(3) 砌体沿竖缝及砖石截面破坏。

## 2. 砌体轴心抗拉、弯曲抗拉和抗剪强度计算公式

《规范》规定砌体轴心抗拉、弯曲抗拉和抗剪强度按统一公式计算。

(1) 当破坏沿齿缝截面或通缝截面发生时,采用下述公式计算:

砌体轴心抗拉强度平均值

$$f_{t,m} = k_3 \sqrt{f_2} \quad (1.6)$$

砌体弯曲抗拉强度平均值

$$f_{m,m} = k_4 \sqrt{f_2} \quad (1.7)$$

砌体抗剪强度平均值

$$f_{v,m} = k_5 \sqrt{f_2} \quad (1.8)$$

式中  $k_3$ 、 $k_4$  和  $k_5$ ——强度影响系数,可由表 1-15 查出。

(2) 当破坏沿竖缝和砖石截面发生时,按下述公式计算:

砌体轴心抗拉强度平均值

$$f_{t,m} = 0.212 \sqrt[3]{f_1} \quad (1.9)$$

砌体弯曲抗拉强度平均值

$$f_{m,m} = 0.318 \sqrt[3]{f_1} \quad (1.10)$$

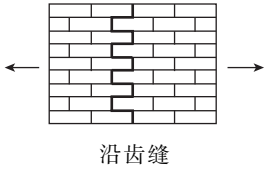
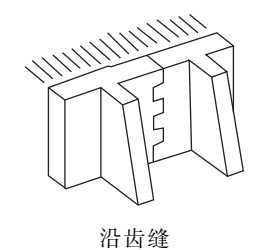
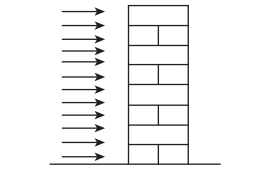
龄期为 28d 的以毛截面计算的各类砌体的轴心抗拉强度设计值、弯曲抗拉强度设计值和抗剪强度设计值,当施工质量控制等级为 B 级时,应按表 1-16 采用。

如有表 1-17 中情况时,砌体强度设计值应进行调整。

表 1-15 砌体轴心抗拉强度平均值  $f_{t,m}$ 、弯曲抗拉强度平均值  $f_{m,m}$  和抗剪强度平均值  $f_{v,m}$  的影响系数

砌体种类	$f_{t,m} = k_3 \sqrt{f_2}$	$f_{m,m} = k_4 \sqrt{f_2}$		$f_{v,m} = k_5 \sqrt{f}$
	$k_3$	$k_4$		$k_5$
		沿齿缝	沿通缝	
烧结普通砖、烧结多孔砖 混凝土普通砖、混凝土多孔砖	0.141	0.250	0.125	0.125
蒸压灰砂普通砖、蒸压粉煤灰普通砖	0.090	0.180	0.090	0.090
混凝土砌块	0.069	0.081	0.056	0.069
毛石	0.075	0.113	—	0.188

表 1-16 沿砌体灰缝截面破坏时砌体的轴心抗拉强度设计值  $f_t$ ，  
弯曲抗拉强度设计值  $f_m$  和抗剪强度设计值  $f_v$  (MPa)

强度类别	破坏特征及砌体种类		砂浆强度等级			
			$\geq M10$	M7.5	M5	M2.5
轴心抗拉	 沿齿缝	烧结普通砖、烧结多孔砖；	0.19	0.16	0.13	0.09
		混凝土普通砖、混凝土多孔砖；	0.19	0.16	0.13	—
		蒸压灰砂普通砖、蒸压粉煤灰普通砖；	0.12	0.10	0.08	—
		混凝土砌块；	0.09	0.08	0.07	—
		毛石	—	0.07	0.06	0.04
弯曲抗拉	 沿齿缝	烧结普通砖、烧结多孔砖；	0.33	0.29	0.23	0.17
		混凝土普通砖、混凝土多孔砖；	0.33	0.29	0.23	—
		蒸压灰砂普通砖、蒸压粉煤灰普通砖；	0.24	0.20	0.16	—
		混凝土砌块；	0.11	0.09	0.08	—
		毛石	—	0.11	0.09	0.07
	 沿通缝	烧结普通砖、烧结多孔砖；	0.17	0.14	0.11	0.08
		混凝土普通砖、混凝土多孔砖；	0.17	0.14	0.11	—
		蒸压灰砂普通砖、蒸压粉煤灰普通砖；	0.12	0.10	0.08	—
		混凝土砌块	0.08	0.06	0.05	—
抗剪	烧结普通砖、烧结多孔砖；		0.17	0.14	0.11	0.08
	混凝土普通砖、混凝土多孔砖；		0.17	0.14	0.11	—
	蒸压灰砂普通砖、蒸压粉煤灰普通砖；		0.12	0.10	0.08	—
	混凝土和轻集料混凝土砌块；		0.09	0.08	0.06	—
	毛石		—	0.19	0.16	0.11

注：1. 对于用形状规则的块体砌筑的砌体，当搭接长度与块体高度的比值小于1时，其轴心抗拉强度设计值  $f_t$  和弯曲抗拉强度设计值  $f_m$  应按表中数值乘以搭接长度与块体高度比值后采用。

2. 表中数值是依据普通砂浆砌筑的砌体确定，采用经研究性试验且通过技术鉴定的专用砂浆砌筑的蒸压灰砂普通砖、蒸压粉煤灰普通砖砌体，其抗剪强度设计值按相应普通砂浆强度等级砌筑的烧结普通砖砌体采用。

3. 对混凝土普通砖、混凝土多孔砖、混凝土砌块砌体，表中的砂浆强度等级分别为： $\geq M10$ 、M7.5 及 M5。

表 1-17 砌体强度设计值的调整系数  $\gamma_e$ 

使用情况		$\gamma_e$
对无筋砌体构件截面面积 $A$ 小于 $0.3\text{m}^2$ 时		$0.7 + A$
对配筋砌体构件,其中砌体截面面积 $A$ 小于 $0.2\text{m}^2$ 时		$0.8 + A$
当砌体用强度等级小于 M5 的水泥砂浆砌筑的各类砌体	对表 1-8 ~ 表 1-14 的强度设计值	0.9
	对表 1-16 的强度设计值	0.8
当验算施工中房屋的构件时		1.1

注:构件截面面积  $A$  以“ $\text{m}^2$ ”计算。

### 1.4.2 影响砌体抗剪强度的因素

影响砌体抗剪强度的因素较多,主要有以下几点:

#### 1. 材料强度的影响

块体和砂浆的强度对砌体的抗剪强度均有影响,其影响程度与砌体受剪后可能产生的破坏形态有关。对于剪摩和剪压破坏形态,由于破坏沿砌体灰缝截面发生,如采用的砂浆强度高,其抗剪强度增大,此时块体强度的影响很小。对于斜压破坏形态,由于砌体沿压力作用方向开裂,如采用的块体强度高,砌体抗剪强度增大,此时砂浆强度的影响很小。

#### 2. 法向压应力的影响

法向压应力的大小决定着砌体的剪切破坏形态,也直接影响砌体的抗剪强度。当法向压应力小于砌体抗压强度 60% 的情况下,压应力越大,砌体抗剪强度越高。当法向压应力增大到一定数值时,法向压应力的增大对砌体抗剪强度增加影响不大。当法向压应力更大时,将使砌体抗剪强度降低。

#### 3. 砌筑质量的影响

砌筑质量对砌体抗剪强度的影响,主要与砌体灰缝的饱满度和块体在砌筑时的含水率有关。如对多孔砖砌体的抗剪试验表明,当水平和竖向的灰缝饱满度均为 80% 时,与灰缝饱满度为 100% 的砌体相比,抗剪强度降低约 26%。

#### 4. 其他因素

砌体抗剪强度除与上述因素有关外,还与试件的形状、尺寸以及加载方式有关。

## 1.5 砌体的弹性模量、摩擦因数和线膨胀系数

砌体结构在进行某些计算时,需要用到砌体的弹性模量、摩擦因数和线膨胀系数。在实际工程中, $\sigma = 0.43f_m$  时的割线模量作为砌体的弹性模量。砌体的弹性模量、线膨胀系数、砌体和常用材料的摩擦系数已列下表中。

### 1.5.1 砌体弹性模量

由于砌体为弹塑性材料,受压时,随着压应力的增加,应变增加,应变增长速度较应力增加快。根据砖砌体的受压试验结果及国内外研究资料表明,砌体受压时的弹性模量有三种,分别是初始弹性模量、切线弹性模量和割线模量。在实际应用中为反映砌体在一般受力情况下的工作状态,取 $\sigma = 0.43f_m$ 时的割线模量(或变形模量)作为砌体的弹性模量。其大小与砌体类型、砂浆强度等级及砌体抗压强度设计值 $f$ 有关。设计时可按表1-18采用。

表 1-18 砌体的弹性模量(MPa)

砌体种类	砂浆强度等级			
	$\geq M10$	M7.5	M5	M2.5
烧结普通砖、烧结多孔砖砌体	$1600f$	$1600f$	$1600f$	$1390f$
混凝土普通砖、混凝土多孔砖	$1600f$	$1600f$	$1600f$	—
蒸压灰砂普通砖、蒸压粉煤灰普通砖砌体	$1060f$	$1060f$	$1060f$	—
非灌孔混凝土砌块砌体	$1700f$	$1600f$	$1500f$	—
粗料石、毛料石、毛石砌体	—	5650	4000	2250
细料石砌体	—	17000	12000	6750

注:1.轻集料混凝土砌块砌体的弹性模量,可按表中混凝土砌块砌体的弹性模量采用。

2.表中砌体抗压强度设计值不按《规范》3.2.3条进行调整。

3.表中砂浆为普通砂浆,采用专用砂浆砌筑的砌体的弹性模量也按此表取值。

4.对混凝土普通砖、混凝土多孔砖、混凝土和轻集料混凝土砌块砌体,表中的砂浆强度等级分别为: $\geq Mb10$ 、 $Mb7.5$ 及 $Mb5$ 。

5.对蒸压灰砂普通砖和蒸压粉煤灰普通砖砌体,当采用专用砂浆砌筑时,其强度设计值按表中数值采用。

### 1.5.2 砌体剪变模量

在设计中计算墙体在水平荷载的剪切变形或对墙体进行剪力分配时,需要用到砌体的剪变模量。关于砌体的剪变模量,一般取用材料力学公式,即

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (1.11)$$

式中 $E$ ——砌体的弹性模量

$\nu$ ——砌体的泊松比,一般对砖砌体为 $0.1 \sim 0.2$ ;砌块砌体为 $0.3$ 。

$G$ ——砌体的剪变模量

### 1.5.3 砌体线膨胀系数 $\alpha_T$

温度变化会引起砌体热胀、冷缩变形,当这种变形受到约束时,砌体会产生附加应力、变

形及裂缝,当计算这种砌体的附加应力、变形及裂缝时,需用到线膨胀系数。《砌体结构设计规范》(GB50003—2011)中给定的线膨胀系数和收缩系数见表1-19。

表 1-19 砌体的线膨胀系数和收缩系数

砌体类别	线膨胀系数 ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	收缩系数 (mm/m)
烧结普通砖、烧结多孔砖砌体	5	-0.1
蒸压灰砂普通砖、蒸压粉煤灰普通砖砌体	8	-0.2
混凝土普通砖、混凝土多孔砖、混凝土砌块砌体	10	-0.2
轻集料混凝土砌块砌体	10	-0.3
料石和毛石砌体	8	—

注:表中的收缩率系由达到收缩允许标准的块体砌筑28d的砌体收缩系数,当地方有可靠的砌体收缩试验数据时,亦可采用当地的试验数据。

## 1.5.4 摩擦系数 $\mu$

当砌体结构或构件与其他材料的接触面产生相对滑移时,在滑动面上将产生摩擦力。其摩擦力的大小与法向应力和摩擦系数有关。砌体和常用材料的摩擦系数列于表1-20供选用。

表 1-20 摩擦系数

材料类别	摩擦面情况	
	干燥的	潮湿的
砌体沿砌体或混凝土滑动	0.70	0.60
砌体沿木材滑动	0.60	0.50
砌体沿钢滑动	0.45	0.35
砌体沿砂或卵石滑动	0.60	0.50
砌体沿粉土滑动	0.55	0.40
砌体沿粘性土滑动	0.50	0.30

## 本章小结

1. 砌体结构所用的材料有块材和砂浆。块材分为砖、砌块和石材三种。砂浆有纯水泥砂浆、混合砂浆、非水泥砂浆三种。每一种材料有着各自不同的特点,适用于不同的情况,选用

时必须满足砌体结构的基本要求。块材和砂浆按其抗压强度的平均值划分为若干个强度等级。

2. 砌体的种类按是否配筋分为无筋砌体和配筋砌体;按受力情况分为承重砌体与非承重砌体;按砌筑方法分为实心砌体与空心砌体;按材料分为砖砌体、砌块砌体及石砌体。不同种类的砌体具有不同的特点,选用时,应本着因地制宜、就地取材的原则,根据建筑物荷载的大小和性质,并满足建筑物的使用和耐久性等方面的要求而合理选用。

3. 无筋砌体轴心受压破坏过程可分为三个阶段,在不同阶段,裂缝的开展情况有所不同。砖砌体中的砖的抗压强度要明显低于单砖的抗压强度,这是因为当砖砌体受压时,砖砌体中的砖并非单纯的均匀受压,而是处于受压、受弯、受剪等复杂的受力状态之下。

4. 砌体抗压强度设计值为砌体强度标准值除以材料强度分项系数  $\gamma_f$ ,砌体抗压强度标准值是取具有 95% 保证率的强度值。本章中按《规范》给出了各种砌体在不同块材和砂浆的强度等级下砌体抗压强度的平均值及设计值。

5. 砌体的轴心受拉、弯曲受拉、受剪时分别有不同的破坏形态。不同的破坏形态下强度的平均值计算公式不同。但其轴心抗拉、弯曲抗拉、受剪强度均低于砌体的抗压强度。

6. 本章中按《规范》给出了各种砌体在不同块材和砂浆的强度等级下砌体轴心抗拉、弯曲抗拉、抗剪强度的设计值。

7. 在实际工程中,取压应力  $\sigma = 0.43f_m$  的割线模量作为砌体的受压弹性模量。

## ◀ 思考题 ▶

1. 在砌体中,砂浆的种类有哪些?砂浆有什么作用?块材的种类有哪些?块材与砂浆常用的强度等级有哪些?
2. 砌体结构设计时对块体和砂浆有哪些基本要求?
3. 在什么情况下,砂浆强度按零来确定砌体的强度?
4. 影响砌体抗压强度的因素有哪些?
5. 为什么砖砌体抗压强度远小于单砖的抗压强度?
6. 砌体的种类有哪些?配筋砌体有何优点及用途?
7. 轴心受拉、弯曲受拉及受剪破坏主要取决于什么因素?
8. 影响砌体抗剪强度的因素有哪些?
9. 砌体的受压弹性模量是如何确定的?它主要与哪些因素有关?
10. 灌孔混凝土与普通混凝土有何区别?