

全国建筑高等专科学校房屋建筑工程专业新编系列教材

砌 体 结 构

张建勋 主编

武汉工业大学出版社

· 武汉 ·

全国建筑高等专科学校房屋建筑工程专业新编系列教材

砌 体 结 构

张建勋 主编

武汉工业大学出版社

· 武汉 ·

目 录

1 绪 论	1
1.1 砌体结构的历史	1
1.2 砌体结构的优缺点	2
1.3 我国近代砌体结构的发展	3
2 砌体材料及其力学性能	5
2.1 砌体的材料	5
2.2 砌体的种类	7
2.3 砌体的受压性能	12
2.4 砌体的轴心受拉、弯曲受拉、受剪	19
2.5 砌体的弹性模量、摩擦系数与线膨胀系数	24
3 砌体结构构件的承载力计算	27
3.1 极限状态设计及承载力设计表达式	27
3.2 受压构件	29
3.3 局部受压	39
3.4 轴心受拉、受弯和受剪构件	47
3.5 配筋砌体的承载力计算	50
4 砌体结构房屋的墙体体系及其承载力验算	63
4.1 房屋的结构布置	63
4.2 房屋的静力计算方案	65
4.3 墙柱的高厚比验算	69
4.4 单层房屋的墙体计算	73
4.5 多层房屋的墙体计算	78
5 砌体结构墙体中的过梁、墙梁、挑梁	89
5.1 过梁	89
5.2 墙梁	92
5.3 挑梁	102
6 砌体结构的墙体设计	108
6.1 墙、柱的一般构造要求	108
6.2 墙体的布置及圈梁	112
6.3 墙体的质量及裂缝分析	117
参考文献	123

1 绪 论

1.1 砌体结构的历史

由砖、石或砌块组成,并用砂浆粘结而成的材料称为砌体。砌体砌筑成的结构称为砌体结构。

砌体结构在我国有着悠久的历史,其中石砌体与砖砌体在我国更是源远流长,构成了我国独特的文化体系的一部分。

考古资料表明,我国在原始社会末期就有大型石砌祭坛遗址。在辽宁西部的建平、凌源两县交界处还发现有女神庙遗址和数处积石大家群,以及一座类似于城堡或广场的石砌围墙的遗址,这些遗址距今已有五千多年的历史。隋代(公元 590~608 年)李春所建造的河北赵县安济桥,是世界上现存最早、跨度最大的空腹式单孔圆弧石拱桥,桥长 50.82m,净跨 37.02m,拱圈矢高 7.23m,桥宽 9.6m,拱由 28 券并列组成,在大拱的两肩又各设两个小拱券,既减轻自重又可泄洪,设计合理,外形美观。无论在材料的使用上,结构受力上,还是在艺术造型和经济上,都达到了高度的成功。建于北宋(公元 1053 年~1059 年)的福建泉州万安桥,原长 1200m,现长 835m;公元 1189 年建的北京卢沟桥,长 266.5m,至今仍在使用中。

我国生产和使用烧结砖的历史也有 3000 年以上。西周时期(公元前 1134~前 771 年)已有烧制的粘土瓦,并出现了我国最早的铺地砖。战国时期出现了精制的大型空心砖。西汉时期(公元前 206 年~公元 8 年)出现了空斗砌结的墙壁,以及用长砖砌成的角拱券顶、砖穹隆顶等。北魏时期(公元 386 年~534 年)出现了完全用砖砌成的塔,如河南登封的嵩岳寺塔,开封的“铁塔”(用异型琉璃砖砌成,呈褐色,俗称“铁塔”)。公元 1368~1398 年在南京灵谷寺和苏州开元寺中所建的无梁殿,都是古代应用砖砌穹拱结构的例子。

长城是举世最宏伟的土木工程,它始建于公元前 7 世纪春秋时期的楚国。秦代用乱石和土将原来秦、赵、燕国北面的城墙连接起来,长达 10000 余里。明代又对万里长城进行了工程浩大的修筑,使长城蜿蜒起伏达 12700 公里,其中部分城墙用精制的大块砖重修。长城是砌体结构的伟大杰作,是人类创造的一大奇迹,是古代劳动人民勇敢、智慧与血汗的结晶。

在世界上许多文明古国里,应用砌体结构的历史也相当久远。约公元前 3000 年在埃及所建成的三座大金字塔,公元 70~82 年建成的罗马大斗兽场,希腊的雅典卫城和一些公共建筑(运动场、竞技场等),以及罗马的大引水渠、桥梁、神庙和教堂等,都是文化历史上的辉煌成就,至今仍是备受推崇和瞻仰的宝贵遗产。

在只能利用天然材料的时代,由于缺乏运载和修建的工具和设备,又没有科学的结构分析方法,建造的艰难及其用料的浪费和建造不当的巨大损失也是显而易见的,其发展是相当缓慢的。如今留存在世上为数极少的砌体结构的壮丽工程是砌体结构经历了自然淘汰后的结果。

19 世纪 20 年代发明了水泥后,由于水泥砂浆的应用,砌体质量得以提高。我国传统的房屋原先一般以木构架承重,以砖砌墙壁作围护。到 19 世纪中叶,一般的房屋结构才逐渐采用砖

墙承重,从而更广泛、更充分地发挥了砌体材料的应用。

1.2 砌体结构的优缺点

砌体结构在我国获得广泛的应用,是与这种建筑材料所具有的下列主要优点分不开的:

1.2.1 取材方便

从块材而言,我国各种天然石材分布较广,易于开采和加工。土坯,蒸养灰砂砖块的砂,焙烧砖材的粘土,制造粉煤灰砖的工业废料均可就近取得。块材的生产工艺简单,易于生产。对于砂浆而言,石灰、水泥、砂子、粘土均可就近或就地取得。不仅在农村可以生产块材,在大中城市也可生产多种块材。

1.2.2 性能良好

砌体结构具有良好的耐火性和较好的耐久性。在一般情况下,砌体可耐受 400°C 左右的高温。砌体的保温、隔热性能好,节能效果好。其抗腐蚀方面的性能较好,受大气的影 响小,完全满足预期耐久年限的要求。此外,砌体结构往往兼有承重与围护的双重功能。

1.2.3 节省材料

采用砌体结构可节约木材、钢材和水泥,而且与水泥、钢材和木材等建筑材料相比,价格相当便宜,工程造价较低。

砌体结构也有着以下缺点:

1.2.4 强度低、延性差

通常砌体的强度较低,因而墙、柱截面尺寸大,材料用量增多,自重加大,致使运输量加大,且在地震作用下引起的惯性力也增大,对抗震不利。由于砌体结构的抗拉、抗弯、抗剪等强度都较低,无筋砌体的抗震性能差,需要采用配筋砌体或构造柱改善结构的抗震性能。采用高强轻质的材料,可有效地减小构件截面和自重。

1.2.5 用工多

砌体结构基本上采用手工作业的方式,一般民用的砖混结构住宅楼,砌筑工作量要占整个施工工作量的 25% 以上,砌筑劳动量大,工人十分辛苦。要发展大型砌块和振动砖墙板、混凝土空心墙板以及预制大型板材,通过采取工业化生产和机械化施工的方式,减少劳动量。

1.2.6 占地多

目前粘土砖在砌体结构中应用的比例仍然很大。生产大量的砖势必过多地耗用农田,影响农业生产,对生态环境平衡也很不利。要加大发展用工业废料和其他代替粘土的地方性材料生产砌块,以缓和并解决占用耕地的矛盾。

1.3 我国近代砌体结构的发展

半个世纪以来,我国的砌体结构得到迅速的发展,取得了显著的成就。其主要特点表现在:应用广泛;新材料、新技术和新结构不断被采用;计算理论和计算方法逐步完善。

1.3.1 应用范围广泛

目前国内住宅、办公楼等民用建筑中广泛采用砌体承重。5~6层高的房屋,采用以砖砌体承重的混合结构非常普遍,不少城市建到7~8层。重庆市70年代建成了高达12层的以砌体承重的住宅。在福建的泉州、厦门和其他一些产石地区,建成不少以毛石或料石作承重墙的房屋。某些产石地区毛石砌体作承重墙的房屋高达6层。

在工业厂房建筑中,通常用砌体砌筑围墙。对中、小型厂房和多层轻工业厂房,以及影剧院、食堂、仓库等建筑,也广泛地采用砌体作墙身或立柱的承重结构。

砌体结构还用于建造各种构筑物,如烟囱、小型水池、料仓等。在水利工程方面,堤岸、坝身、水闸、围堰、引水渠等,也较广泛地采用砌体结构。

我国还积累了砌体结构房屋抗震设计的宝贵经验。在地震设防区建造砌体结构房屋,除必须保证施工质量外,设置钢筋混凝土构造柱和圈梁,并采取适当的构造措施,可有效地提高砌体结构房屋的抗震性能。经震害调查和抗震研究表明,地震烈度在六度以下地区,一般的砌体结构房屋能经受地震的考验;如按抗震设计要求进行改进和处理,完全可在七度和八度设防区建造砌体结构的房屋。

1.3.2 近代发展简况

近半个世纪以来,砌体结构在我国得到了空前的发展。1952年统一了粘土砖的规格,使之标准化、模数化。在砌筑施工方面,创造了多种合理、快速的施工方法,既加快了工程进度,又保证了砌筑质量。

80年代以来,轻质、高强块材新品种的产量逐年增长,应用更趋普遍。从过去单一的烧结普通砖发展到采用承重粘土多孔砖和空心砖、混凝土空心砌块、轻骨料混凝土或加气混凝土砌块。非烧结硅酸盐砖、硅酸盐砖、粉煤灰砌块、灰砂砖以及其他工业废渣、煤矸石等制成的无熟料水泥煤渣混凝土砌块等;同时,还发展高强度砂浆,制定了各种块体和砂浆的强度等级,形成系列化,以便应用。

随着砌体结构的广泛应用,新型结构形式也有了较快的发展,过去单一的墙砌体承重结构已发展为大型墙板、内框架结构、底层框架结构、内浇外砌、挂板等。在大跨度的砌体结构方面,近代也有了新的发展,出现了以砖砌体建造屋面、楼面结构。50~60年代曾修建过一大批砖拱楼盖和屋盖,有双曲扁球形砖壳屋盖、双曲砖扁壳楼盖。还有采用带钩的空心砖建成的双曲扁壳屋盖,跨度达 $16\text{m}\times 16\text{m}$ 。

在应用新技术方面,我国曾采用过振动砖墙板技术、预应力空心砖楼板技术与配筋砌体等。50年代用振动墙板建成5层住宅;70年代曾用空心砖做成振动砖墙板,建成4层住宅。配筋砌体结构的试验和研究在我国虽然起步较晚,但进展还是显著的。60年代开始在一些房屋的部分砖砌体承重墙、柱中采用网状配筋,提高了墙、柱的承载力,节约了材料。70年代以来,

尤其是经历了 1975 年海城地震和 1976 年唐山大地震之后,加强了对配筋砌体结构的试验和研究。对采用竖向配筋的墙、柱以及带有钢筋混凝土构造柱的砖混结构的研究和实践取得了相当丰富的成果。

经过长期的工程实践和大量的科学研究,我国已建立起一套较完整的计算理论和设计方法,制定了符合我国特点的设计和施工规范。我国于 1956 年推广使用原苏联属于定值极限状态设计法的《砖石及钢筋砖石结构设计标准及技术规范》,60 年代初至 70 年代初,在全国对砖石结构进行了较大规模的试验研究和调查,总结出一套砖石结构理论、计算方法和经验,于 1973 年颁布了我国第一部《砖石结构设计规范》(GBJ3—73)。70 年代后,我国对砌体结构继续进行较大规模的试验与研究,在砌体结构的设计方法、房屋空间工作性能、墙梁共同工作、砌块砌体的性能与设计,以及配筋砌体、构造柱和砌体房屋的抗震性能等方面取得了新的进展,1988 年颁布了《砌体结构设计规范》(GBJ3—88)(即现行的规范,以下简称为《规范》)。此外,我国砌体结构抗震的理论研究与试验研究也取得了显著的成绩。对地震作用、抗震设计、变形验算、建筑结构的抗震鉴定与加固等都取得了丰硕的成果。制订出《多层砖房设置钢筋混凝土构造柱抗震设计与施工规程》(JGJ13—82)等设计与施工的规定,并于 1989 年颁布了《建筑抗震设计规范》(GBJ11—89)。一系列计算理论和计算方法的建立、设计与施工规范的制定,显示了我国现阶段的综合水平,使我国的砌体结构理论和设计方法更趋于完善。

我国与国际标准组织(International Organization for Standardization,简称 ISO)已建立起工作关系。国际标准化组织砌体结构技术委员会(ISO/TC179)于 1981 年成立,下设无筋砌体(SC1)、配筋砌体(SC2)和试验方法(SC3)三个分技术委员会。我国为该技术委员会中配筋砌体分技术委员会(ISO/TC179/SC2)的秘书国,并出任该分技术委员会的常任主席,使我国在该学科上与国际的交流与合作日益增多,对推动我国砌体结构的发展有着重大的意义。

砌体结构在我国得到非常广泛的应用,据统计,全国基本建设中采用砌体作为墙体材料已占 90%以上。当前,砌体结构正处在一个蓬勃发展的新时期。正如国外学者所指出的:“砌体结构有吸引力的功能特性和经济性,是它获得新生的特点。我们不应停留在这里,我们正进一步赋予砌体结构以新的概念和用途。”国内外的砌体结构工作者对砌体结构的未来也满怀信心和希望。我们相信,随着科学技术和经济建设的继续发展,砌体结构将更充分地发挥其重要作用。

2 砌体材料及其力学性能

砌体是由块材和砂浆粘结而成的复合体。组成砌体的块材和砂浆的种类不同,砌体的受力性能也不尽相同。了解砌体材料及其力学性能是掌握砌体结构设计和计算的基础。

2.1 砌体的材料

2.1.1 块材

目前我国常用的块材可分为以下几类。

2.1.1.1 砖

用于承重结构中的砖,有实心砖和烧结多孔砖。

A 实心砖

无孔洞或孔洞率小于 15%的砖称为实心砖。我国实心砖的统一规格为 240mm×115mm×53mm。

实心砖按原料和生产工艺不同可分为烧结普通砖和蒸养(压)砖。

烧结普通砖是以粘土、页岩、煤矸石、粉煤灰为主要原料,经过焙烧而成。烧结普通砖强度较高,保温隔热及耐久性能良好,可用于房屋的墙体,也可用来砌筑地面以下的带形基础、地下室墙体及挡土墙、容池等潮湿环境下的砌体和受较高温度作用的构筑物。

蒸养(压)砖是用工业废渣、石灰、砂等经蒸汽养护或蒸压处理而成。蒸养(压)砖与烧结普通砖相比耐久性较差,所以不宜用于防潮层以下的勒脚、基础及高温、有酸性侵蚀的砌体中。

烧结普通砖的强度等级是根据 10 块样砖的抗压强度平均值和强度标准值来划分的(表 6.9),共分为 MU30、MU25、MU20、MU15、MU10 和 MU7.5 六个强度等级。

蒸养(压)砖的原料不同,其强度等级的划分标准也不同。其中灰砂砖的强度等级是根据 5 块样砖的抗压强度和抗折强度分为 MU25、MU20、MU15 和 MU10 四个强度等级。粉煤灰砖的强度等级是根据 10 块样砖的抗压强度和抗折强度分为 MU20、MU15、MU10 和 MU7.5 四个强度等级。

B 烧结多孔砖

烧结多孔砖为大面有孔的直角六面体(图 2.1),孔多而小,孔洞率约 15%~35%,砌筑时孔洞垂直于受压面。其规格见表 2.1。

烧结多孔砖的生产工艺同烧结普通砖。但与烧结普通砖相比,具有表观密度小,节省原料、燃料,保温隔热性好等优点。作为一种轻质高强的墙体材料,已被逐步推广使用。例如,在南京已用于 8 层饭店的承重墙体。

烧结多孔砖的强度等级是根据 5 块样砖毛

表 2.1 烧结多孔砖规格

代号	M	P
长(mm)	190	240
宽(mm)	190	115
高(mm)	90	90

面积的抗压强度和抗折荷重划分的,共分为 MU30、MU25、MU20、MU15、MU10 和 MU7.5 六个强度等级。

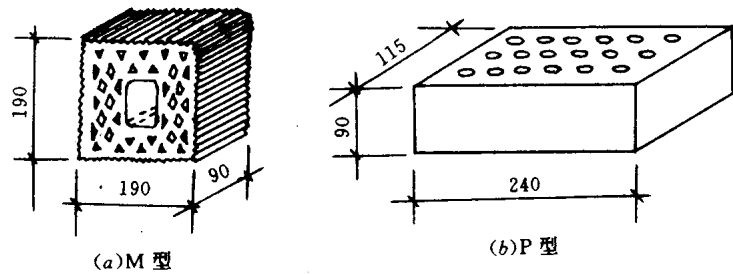


图 2.1 烧结多孔砖

2.1.1.2 砌块

砌块的种类有很多,目前常用的有,混凝土小型空心砌块、混凝土中型空心砌块和粉煤灰中型实心砌块等。

砌块的规格尚不统一,通常把高度在 350mm 以下的砌块称为小型砌块;而把高度在 350mm~900mm 之间的砌块称为中型砌块。混凝土小型空心砌块的主要规格尺寸为 390mm×190mm×190mm(图 2.2);混凝土中型砌块的高度一般为 850mm,截面形式如图 2.3 所示。

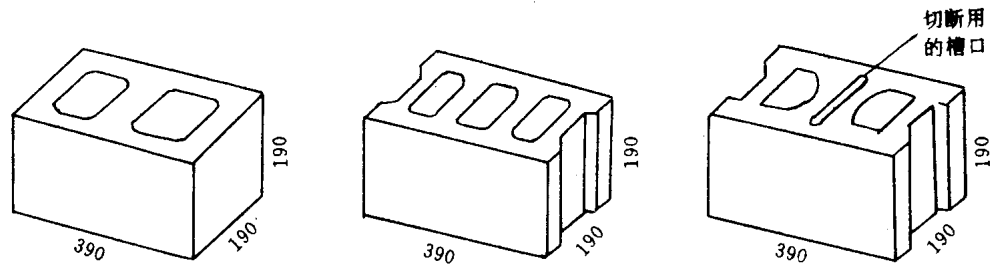


图 2.2 混凝土小型空心砌块

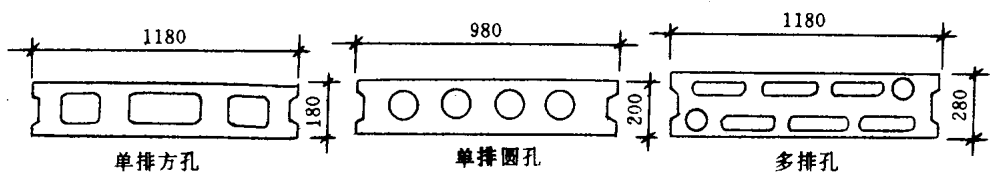


图 2.3 混凝土中型空心砌块

砌块表观密度较小,可减轻结构自重,保温隔热性能好,施工速度快,能充分利用工业废料、价格便宜。目前已广泛用于房屋的墙体,在有些地区,小型砌块已成功用于高层建筑的承重墙体。

混凝土小型空心砌块、混凝土中型空心砌块和粉煤灰中型实心砌块的强度等级,是根据 3 个砌块毛面积截面的抗压强度的平均值划分的,分为 MU15、MU10、MU7.5、MU5 和 MU3.5 五个强度等级。

2.1.1.3 石材

在承重结构中,常用的石材有花岗岩、石灰岩和凝灰岩等。石材抗压强度高,耐久性好,多

用于房屋的基础及勒脚部位。在有开采和加工石材能力的地区,也用于房屋的墙体,但石材传热性较高,所以用于采暖房屋的墙壁时,厚度需很大。

石材按其外形规则程度分为毛石和料石。毛石形状不规则,中部厚度不小于 200mm,长度约 300mm~400mm。料石为比较规则的六面体,其高度与宽度不小于 200mm,料石按加工平整程度不同分为细料石、半细料石、粗料石和毛料石。其中细料石、半细料石价格较高,一般用作镶面材料。粗料石、毛料石和毛石一般用于承重结构。

石材的强度等级是根据 3 个边长为 70mm 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、MU20、MU15 和 MU10 九个强度等级。

2.1.2 砂浆

砂浆的作用是把块材粘结成整体,并均匀传递块材之间的压力,同时改善砌体的透气性、保温隔热性和抗冻性。

按砂浆的组成可分为以下几类:

A 水泥砂浆

由水泥与砂加水拌合而成的砂浆称为水泥砂浆,这种砂浆具有较高的强度和较好的耐久性,但和易性和保水性较差,适用于砂浆强度要求较高的砌体和潮湿环境中的砌体。

B 混合砂浆

由水泥、石灰与砂加水拌合而成的砂浆称为混合砂浆。这种砂浆具有一定的强度和耐久性,而且和易性和保水性较好,在一般墙体中广泛应用,但不宜用于潮湿环境中的砌体。

C 非水泥砂浆

非水泥砂浆指不含水泥的石灰砂浆、石膏砂浆和粘土砂浆。这类砂浆强度不高,有些耐久性也较差,所以只用于受力较小或简易建筑中的砌体。

砂浆的强度等级是按标准方法制作的 70.7mm 的立方体试块(一组六块),在标准条件下养护 28d,经抗压试验所测得的抗压强度的平均值来划分的。砌筑砂浆的强度等级分为 M15、M10、M7.5、M5、M2.5、M1.0 和 M0.4 七个强度等级。

2.2 砌体的种类

2.2.1 无筋砌体

根据块材的种类不同,无筋砌体可分为以下几类。

2.2.1.1 砖砌体

实心砖大多砌成实心的砖砌体,主要有一顺一丁、梅花丁和三顺一丁砌法(图 2.4)。其整体性和受力性能较好,可以用作一般房屋的墙和柱,但砌体自重较大。

实心砖也可砌成空心的砖砌体。一般是将砖砌成两片薄壁,中部留有空洞,有的还在空洞内填充松散材料或轻质材料。这种砌体自重较轻,热工性能较好。我国传统的空心砌体,是将实心砖部分或全部立砌,中间留有空斗形成的空斗墙砌体。其砌筑方法有一眠一斗、一眠多斗和无眠斗等(图 2.5)。空斗墙砌体可节约砖 22%~38%,节约砂浆 50%,可降低造价 30%~40%,但其整体性和抗震性能较差,在非地震区可用作 1~3 层一般民用房屋的墙体。

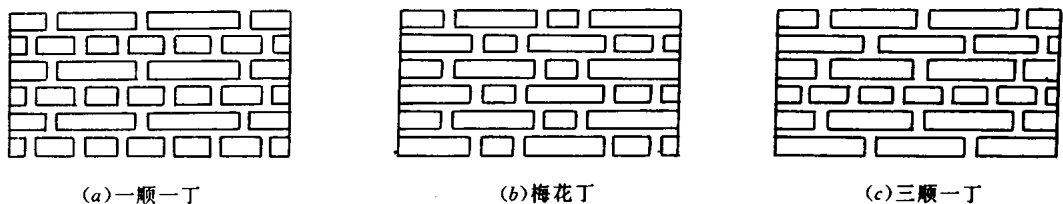


图 2.4 砖砌体的砌合方法

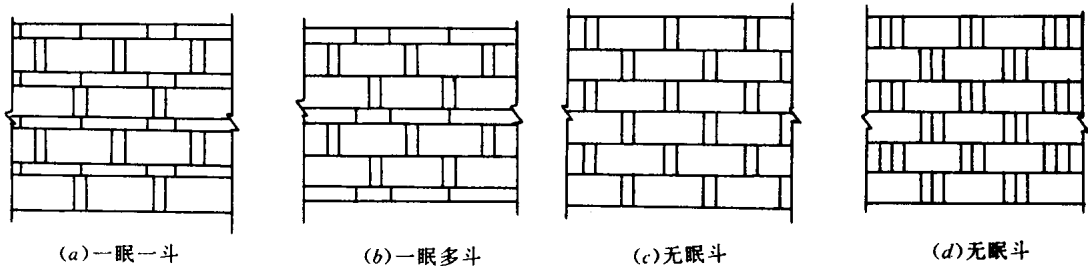


图 2.5 空斗墙体

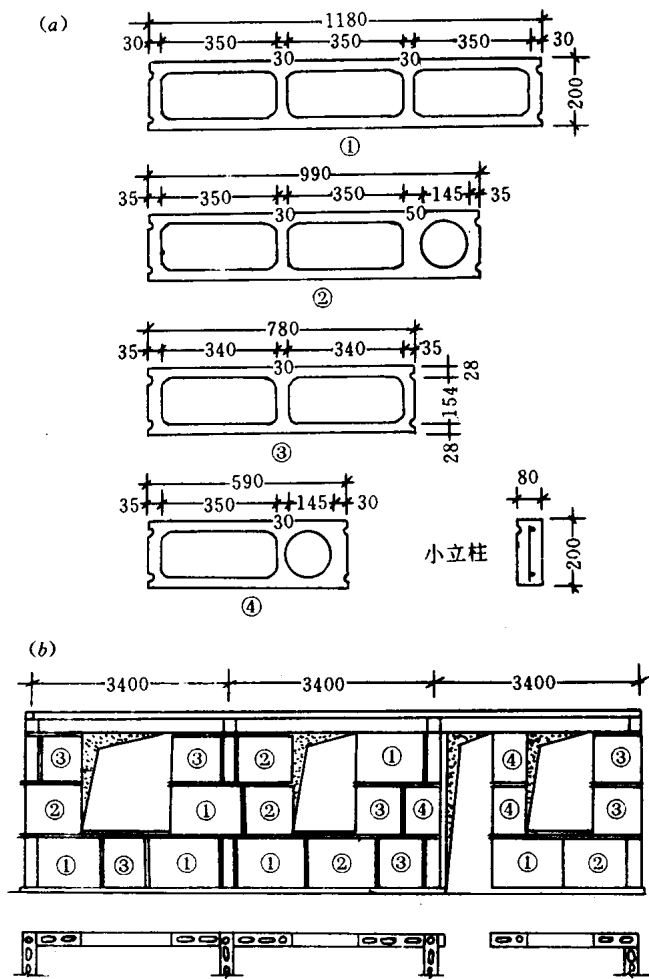


图 2.6 混凝土中型空心砌块墙体

多孔砖砌体具有许多优点。其保温隔热性能好,表观密度也较实心砖实砌体小,因此采用多孔砖砌体可减轻建筑物自重约 30%~35%,使地震力减小,且墙体较薄,相应的房屋使用面积增加,房屋总造价降低,所以应大力推广使用多孔砖砌体。

实心砖实砌法可砌成的墙厚为 240mm、370mm、490mm、620mm、740mm 等。

空斗墙厚度一般为 240mm。

烧结多孔砖可砌成的墙厚 90mm、120mm、190mm、240mm、370mm。

2.2.1.2 砌块砌体

由于砌块砌体自重轻,保温隔热性能好,施工进度快,经济效果好,因此采用砌块建筑是墙体改革的一项重要措施。

在确定砌块的规格尺寸和型号时,既要考虑起重能力,又要与房屋的建筑设计相协调,要有规律性,使砌块的类型尽量少,并能满足砌块之间的搭接要求。

图 2.6(a)为一套混凝土中型空心砌块。其中小立柱是设在门洞旁作水平梁的支承。图 2.6(b)为该套砌块砌筑的外墙立面示意图。为了隔热,可在孔洞内填充隔热材料。

2.2.1.3 石砌体

石砌体一般分为料石砌体、毛石砌体和毛石混凝土砌体(图 2.7)。料石砌体和毛石砌体是用砂浆砌筑,毛石混凝土砌体是在模板内交替铺砌混凝土和毛石而成。料石砌体除用于建造房屋外,还可用于建造石拱桥、石坝等构筑物。毛石混凝土砌体砌筑方便,一般用于房屋的基础部位或挡土墙等。

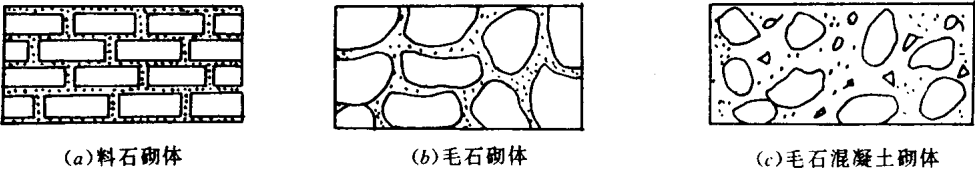


图 2.7 石砌体

2.2.2 配筋砌体

为提高砌体的强度、整体性和减小构件的截面尺寸,可在砌体中设置钢筋或钢筋混凝土,这种砌体称为配筋砌体。

配筋砌体可分为以下几种。

2.2.2.1 横向配筋砌体

在水平灰缝内配置钢筋网的砌体,称为横向配筋砌体(或网状配筋砌体)。我国目前采用较多的是横向配筋砌体(图 2.8),主要用作轴心受压或小偏心受压的墙、柱。

2.2.2.2 纵向配筋砌体

在纵向灰缝或孔洞内配置纵向钢筋的砌体,称为纵向配筋砌体。因在实心砖砌体灰缝内配置纵向钢筋[图 2.9(a)]不便于施工,故很少采用。目前,在空心砖块竖向灰缝或孔洞内配置纵向钢筋的作法逐渐增多。例如,西安砖瓦研究所等单位曾研制一种大孔洞柱孔砖,可

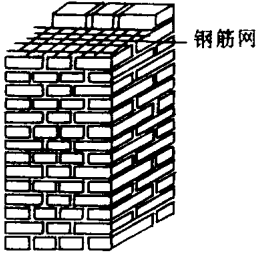


图 2.8 横向配筋砖砌体

在大孔中配置芯柱[图 2.9(b)],以代替构造柱,曾建造一些条式或点式住宅建筑。

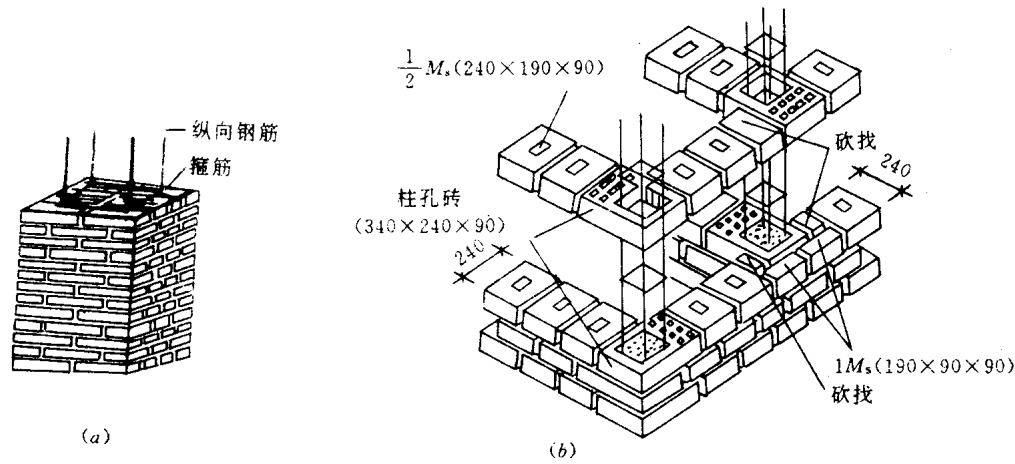


图 2.9 纵向配筋砖砌体

目前国外纵向配筋的形式有很多,图 2.10(a)和 2.10(b)为国外两种纵向配筋空心砖砌体。隔一定高度,在水平灰缝内设置桁架形状的水平钢筋网,以保证砌体的整体性。

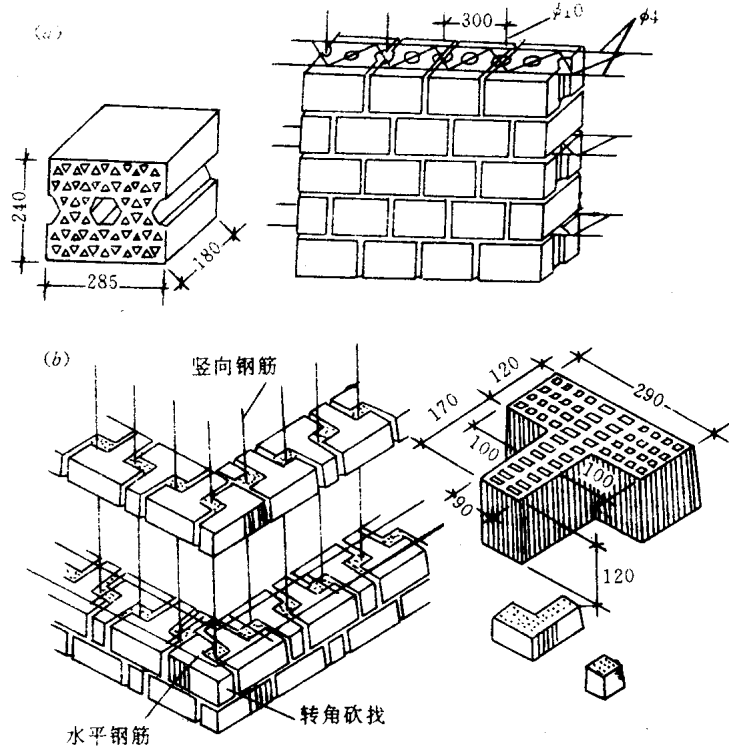


图 2.10 国外两种纵向配筋空心砖砌体

2.2.2.3 组合砌体

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。通常将钢筋混凝土和钢筋砂浆作面层(图 2.11)。这种砌体主要用作偏心距较大的受压构件。

在两层砌体中间的空腔内设置竖向和横向钢筋,并浇灌混凝土的砌体,称为复合砌体。图 2.12 为一种复合砌体形式。

我国目前对配筋砌体尚处于研究、开发阶段。美国、英国、瑞士等国已积累了一些采用配筋

砌体建造高层房屋的经验,包括在地震区建造多层和高层房屋的经验。

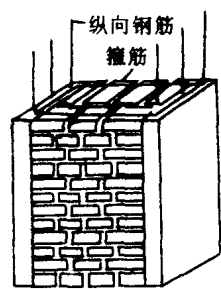


图 2.11 组合砌体

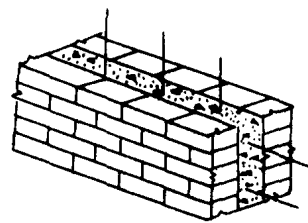


图 2.12 复合砌体

2.2.3 墙板

墙板是指用作房屋墙体尺寸较大的板,又称大型墙板。其高度一般为房屋的层高,宽度一般为房间的开间或进深,有利于建筑工业化和机械化,缩短施工周期,提高生产效率,是一种有发展前途的墙体体系。

墙板可采用单一材料制成,如预制混凝土空心墙板(图 2.13)、矿渣混凝土墙板和整体现浇混凝土墙板等。

墙板还可采用砌体材料制成,如图 2.14 所示大型振动砖墙板,它是在钢模内铺砌一层厚 20mm~25mm 的强度较高的砂浆,然后在砂浆上错缝侧放一层砖(半砖厚),砖与砖之间缝宽 12mm~15mm,再在砖上铺一层砂浆,并在板的四周边钢筋骨架内浇灌混凝土,用平板振动器振动,最后经蒸汽养护而成。这种墙板内砂浆密实、均匀,砌筑质量好。厚度 140mm 的振动砖墙板与厚为 240mm 的普通砖墙比较,可节省砖 50%,自重减轻 30%,缩短工期 20%,降低造价 10%~20%。此外,也有采用空心砖和实心砌块制作的墙板。

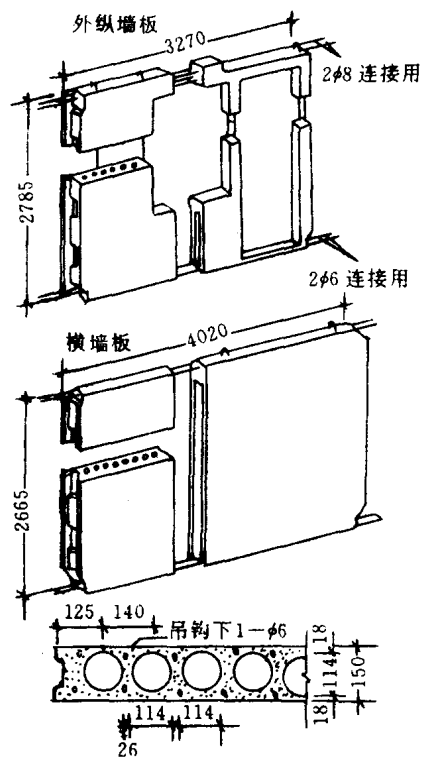


图 2.13 预制混凝土空心墙板

2.2.4 砌体的选用原则

以上介绍的几种砌体都有着各自不同的特点,在进行砌体结构设计时,可按以下几方面原则具体选用。

2.2.4.1 因地制宜、就地取材

各地区砌体材料的供应情况不同,应根据当地可能提供的砌体材料的种类,选择经济指标较好的砌体种类。

2.2.4.2 应考虑结构的受荷性质、受荷大小

对于层数较多的房屋宜选择自重小、强度高、整体性好的砌体种类以及相应的材料强度等级,以满足结构承载力的要求。例如,对一般房屋的承重砌体,砖的强度等级一般采用 MU10、MU7.5;石材的强度等级一般采用 MU40、MU30、MU20、MU15;承重砌体的砂浆一般选用 M1、M2.5、M5、M7.5,对于受力较大的砌体重要部位可采用 M10 的砂浆。

2.2.4.3 应考虑房屋的使用要求、使用年限和工作环境

对于寒冷地区,块材应具有较好的保温性能,并应满足抗冻性要求;在潮湿环境下砌体材料应具有长期不变的强度及其它正常使用功能。例如,对于基土含水饱和的一般地区,地面以下或防潮层以下的粘土砖砌体,所用砖的最低强度等级为 MU15,水泥砂浆最低强度等级为 M7.5(见表 6.1)。

此外,选用砌体种类时,还应考虑当地施工队伍的施工技术条件和水平等方面因素。

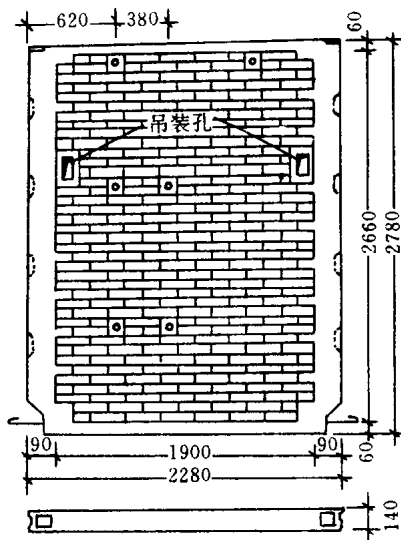


图 2.14 大型振动砖墙板

2.3 砌体的受压性能

在实际工程中,大部分砌体都属于受压构件,因此对砌体的受压性能应有全面正确的了解。不同种类的砌体,受压性能不尽相同,但其受力机理有很多相同之处,下面以普通砖砌体为例,来说明砌体的受压性能。

2.3.1 砖砌体的受压破坏特征

2.3.1.1 轴心受压砖柱的破坏过程

根据国内外大量试验研究表明,轴心受压砖砌体从加荷至破坏可分为三个阶段。

A 第Ⅰ阶段。由加荷开始至个别砖出现裂缝为第Ⅰ阶段。第一条(批)裂缝出现时的荷载值约为破坏荷载的 0.5~0.7 倍,如不继续加载,裂缝不会继续扩展或增加[图 2.15(a)]。

B 第Ⅱ阶段。当荷载继续增加,个别砖裂缝不断扩展,并上下贯通穿过若干皮砖。即使荷载不再增加,裂缝仍继续发展。此时荷载约为破坏荷载的 0.8~0.9 倍[图 2.15(b)]。

C 第Ⅲ阶段。当荷载进一步增加,裂缝迅速开展,其中几条主要竖向裂缝将把砌体分割成若干根截面尺寸为半砖左右的小柱体,整个砌体明显向外鼓出。最后某些小柱体失稳或压碎,整个砌体即被破坏[图 2.15(c)]。

2.3.1.2 单块砖在砌体中的受力特点

试验结果表明,砖柱的抗压强度明显低于它所用砖的抗压强度,这一现象主要是由单块砖在砌体中的受力状态决定的。

A 如图 2.16 所示,由于砖块受压面并不平整,再加之所铺砂浆厚度和密实性不均匀,单块砖在砌体内并不是均匀受压的,而是处于局部受压、弯、剪应力状态下。由于砖的抗拉强度较

低,当弯、剪引起的主拉应力超过砖的抗拉强度后,砖就会因受拉而开裂。

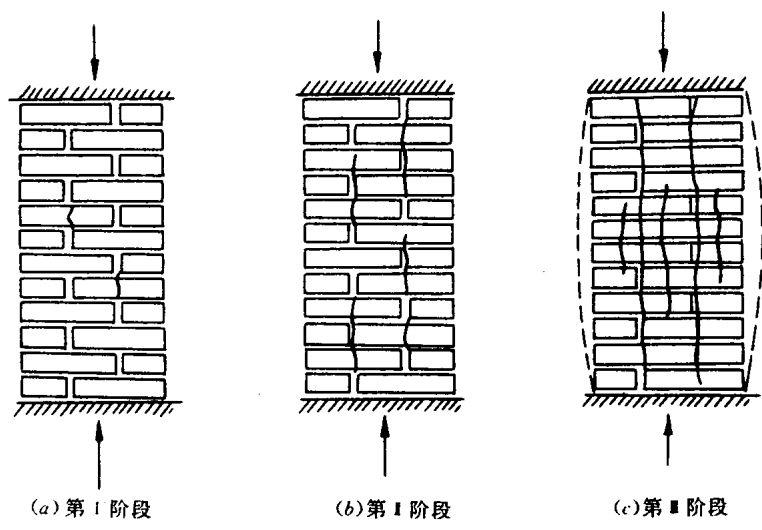


图 2.15 砖砌标准试件受压破坏过程

B 当砖的强度等级较高,而砂浆强度等级较低时,砂浆的泊桑比大于砖的泊桑比,在压力作用下,砂浆的横向变形大于砖的横向变形(图 2.17)。由于砖与砂浆之间粘结力和摩擦力的存在,砖对砂浆的横向变形起阻碍作用(图 2.18),砂浆对砖则形成了水平附加拉力,这种拉力也是使砖过早开裂的原因之一。若砂浆强度等级愈高时,砖与砂浆的横向变形差异愈小,砂浆对砖所形成的水平附加拉力也愈小,这种原因则可避免。

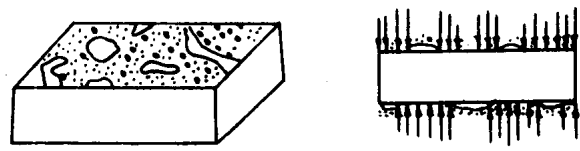


图 2.16 砌体内砖的受力状态示意图

C 由于砌体的竖向灰缝未能很好地填满,造成了砌体的不连续性和块材的应力集中,也降低了砌体的抗压强度。

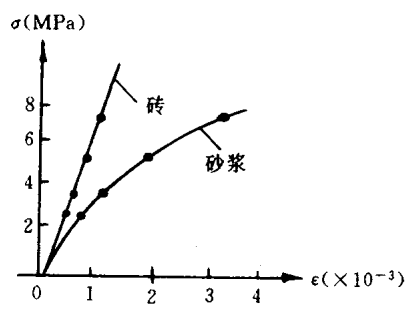


图 2.17 砖、砂浆的受压应力-应变曲线

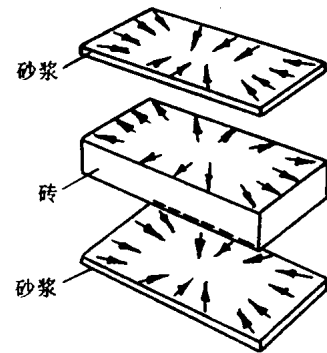


图 2.18 砂浆对砖的作用力

由上述可见,砌体内的砖处于压、弯、剪、拉的复杂应力状态,这与砖在抗压试验(两半砖之

间只有一道仔细抹平的灰缝)及抗折试验中的受力状态有显著的区别,因此砖砌体的抗压强度明显低于它所用砖的抗压强度。

2.3.2 影响砌体抗压强度的因素

2.3.2.1 块材的强度等级和块材的尺寸

块材的强度等级是影响砌体抗压强度的主要因素,块材的强度等级越高,其抗压、弯、拉能力越强,砌体的抗压强度也越高,试验表明,当砖的强度等级提高一倍,砌体的抗压强度可提高 50% 左右。

块材的截面高度对砌体的抗压强度也有较大影响,块材的截面高度越大,其截面的抗弯、剪、拉的能力越强,砌体的抗压强度越大。

2.3.2.2 砂浆的强度等级和砂浆的和易性、保水性

砂浆的强度等级越高,不但砂浆自身的承载能力提高,而且受压后的横向变形越小,可减小或避免砂浆对砖产生的水平拉力,在一定程度上可提高砌体的抗压强度。试验表明,砂浆的强度等级提高一倍,砌体的抗压强度可提高 20% 左右。由此也可看出,砂浆的强度等级对砌体的抗压强度影响不如块材的影响大,且砂浆强度等级提高,水泥用量增加较大,如砂浆等级由 M5 提高到 M10,水泥用量增加 50%。为节约水泥用量,一般不宜用提高砂浆强度等级的方法来提高构件的承载力。

此外,砂浆的和易性及保水性越好,越容易铺砌均匀,从而减小块材的弯、剪应力,提高砌体的抗压强度。试验表明,纯水泥砂浆的保水性及和易性较差,由它所砌筑砌体的抗压强度降低 5%~15%,但也应注意砂浆的和易性过大,硬化后的受压横向变形较大,因此不能过多使用塑化剂。好的砂浆应既有较好的和易性,又具有较高的密实性。

2.3.2.3 砌筑质量的影响

砌体的砌筑质量对砌体的抗压强度影响很大。如砂浆层不饱满,则块材受力不均匀;砂浆层过厚,则横向变形过大;砂浆层过薄,不易铺砌均匀;砖的含水率过低,将过多吸收砂浆的水分,影响砌体的抗压强度;若砖的含水率过高,将影响砖与砂浆的粘结力等。对砌体质量的影响因素由施工验收规范进行控制。

此外,砌体的龄期及受荷方式等,也将影响砌体的抗压强度。

2.3.3 砌体的抗压强度

砌体的抗压强度是按照一定的尺寸、形状和加载方法等条件,通过试验确定的。

根据各类砌块砌体轴心受压试验结果,《规范》给出适用于各类砌体的轴心抗压强度平均值的计算表达式:

$$f_m = k_1 f_1^2 (1 + 0.07 f_2) k_2 \quad (2.1)$$

式中 f_m ——砌体轴心抗压强度平均值(MPa);

f_1, f_2 ——分别为块材和砂浆的抗压强度平均值(MPa);

k_1 ——与砌体类别和砌筑方法有关的系数,见表 2.2;

a ——与块材高度有关的系数,见表 2.2;

k_2 ——砂浆强度对砌体强度的修正系数,见表 2.2。