

“工业与民用建筑专业”专科系列教材

砌 体 结 构

施 楚 贤 主 编

武 汉 工 业 大 学 出 版 社

“工业与民用建筑专业”专科系列教材

砌 体 结 构

施 楚 贤 主 编

武 汉 工 业 大 学 出 版 社

作
多
才
反

内 容 提 要

本书系根据高等工业院校“工业与民用建筑专业”三年制专科《砌体结构》课程要求编写的试用教材,按我国新修订的《砌体结构设计规范》(GBJ3—88)编写,系该专业系列教材之八。全书内容分:绪论,砌体的基本力学性能,砌体结构构件的承载力计算,混合结构房屋墙、柱设计,以及过梁、圈梁、墙梁和悬挑构件的设计。

本书除供“工业与民用建筑专业”专科作教材外,还可作土建类其他非“工业与民用建筑专业”本科教材,以及土建技术人员使用《砌体结构设计规范》(GBJ3—88)的参考书。

“工业与民用建筑专业”专科系列教材

砌 体 结 构

施楚贤 主编

武汉工业大学出版社出版

湖南省华容县印刷厂印刷

开本: 787×1092毫米 1/16(胶印) 印张: 9 字数: 231千字

1988年6月第一版 1988年6月第一次印刷

印数: 1—18000册

ISBN 7-5269-0012-4/TU·0005

定价: 2.55元

“工业与民用建筑”专科系列教材

出版说明

本系列教材的出版,是为了适应四化建设多层次培养人才,以及当前“工业与民用建筑”专业大专教材建设上的迫切需要而组织的。考虑到国家还无统一的专业(大专)教学计划和课程教学大纲,故本系列教材编写前曾征集部分院校意见并进行归纳整理,制定了系列教材“编写总纲”,其主要编写要求是:

贯彻“少而精”的原则,加强基本理论、基本技能和基本知识的训练。各本教材字数按教学时数控制在每学时4000字左右。编写时要做到内容精练,叙理清楚,体系完整,特色鲜明。文字力求通俗流畅,插图力求形神兼备。对涉及到国家标准和规范的内容,均以现行国标(部标)和规范为准。对即将颁行的新规范,则以新规范的报批稿(或送审稿)为准。对教材中符号、计量单位和术语,则尽量采用《建筑结构设计通用符号、计量单位和基本术语》GBJ83—85的规定。

本系列教材的编写人员主要是武汉工业大学、湖南大学、华中理工大学、武汉冶金建筑专科学校和湖南城市建设专科学校等有丰富教学经验的教师。主审人员为全国部分高等院校和科研院的教授和专家。

本系列教材的出版在我国还是初次,且由于组稿仓促,缺点和不当之处一定很多,希读者指正,不胜感谢。

“工业与民用建筑”专业专科系列教材编审委员会

编 审 委 员 会

顾 问: 袁润章 成文山 王龙甫

主 任: 沈大荣

副主任: 沈蒲生

委 员: (以姓氏笔划序)

刘声扬 刘鉴屏 吴代华 沙钟瑞 胡 逾

施楚贤 高琼英 彭图让 蔡伯钧 魏 璋

秘书长: (总责任编辑) 刘声扬

“工业与民用建筑”专业大专系列教材书目

- | | | |
|----------|-----------------|----------------|
| 1、建筑材料 | 5、结构力学 | 9、土力学地基与基础 |
| 2、建筑工程测量 | 6、钢结构 | 10、建筑施工 |
| 3、理论力学 | 7、钢筋混凝土结构(上)(下) | 11、建筑工程经济与企业管理 |
| 4、材料力学 | 8、砌体结构 | |

目 录

绪论	1
第一章 砌体及其基本力学性能	3
第一节 砌体分类	3
第二节 材料强度等级	6
第三节 砌体的受压性能	8
第四节 砌体的受拉和受弯性能	18
第五节 砌体的受剪性能	23
第六节 砌体的变形性能及其他性能	27
思考题与习题	32
第二章 砌体结构构件的承载力计算	33
第一节 以概率理论为基础的极限状态设计法	33
第二节 受压构件	38
第三节 局部受压	52
第四节 受拉、受弯和受剪构件	62
第五节 配筋砌体构件	65
思考题与习题	68
第三章 混合结构房屋墙、柱设计	70
第一节 房屋的结构布置方案	70
第二节 房屋的静力计算方案	72
第三节 墙、柱的构造要求	76
第四节 刚性方案房屋墙、柱的计算	87
第五节 地下室墙的计算	95
第六节 墙、柱刚性基础设计	100
第七节 弹性与刚弹性方案房屋墙、柱的计算要点	108
思考题与习题	115
第四章 过梁、圈梁、墙梁及悬挑构件	117
第一节 过梁	117
第二节 圈梁	122
第三节 墙梁	124
第四节 悬挑构件	134
思考题与习题	137
主要参考文献	

绪 论

由砖砌体、石砌体或砌块砌体建造的结构,统称为砌体结构。由于石和砖是两种古老的建筑材料,因而石结构和砖结构的历史悠久。如我国早在五千年前就建造有石砌祭坛和石砌围墙。埃及在公元前约3000年在吉萨采用块石建成三座大金字塔,工程浩大。罗马在公元75~80年采用石结构建成罗马大角斗场,至今仍供人们参观。我国隋代在公元595~605年由李春建造的河北赵县安济桥,是世界上最早建造的空腹式单孔圆弧石拱桥并保留至今。据记载我国长城始建于公元前7世纪春秋时期的楚国,在秦代用乱石和土将秦、燕、赵北面的城墙连成一体并增筑新的城墙,建成闻名于世的万里长城。人们生产和使用烧结砖也有三千年以上的历史。我国在战国时期(公元前475~前221)已能烧制大尺寸空心砖。南北朝以后砖的应用更为普遍。北魏(公元386~534)孝文帝在河南登封县建成嵩岳寺砖塔,它是世界上现存最古的砖塔。公元6世纪在君士坦丁堡建成的圣索菲亚大教堂,为砖砌大跨结构,具有很高的技术水平。

砌块中以混凝土砌块的应用较早,但也只是在1882年才问世。因此砌块的生产 and 应用仅百余年的历史。

我国在建国以来,砌体结构得到迅速发展,取得了显著的成绩。近几年,砖的年产量达到世界其他国家砖年产量的总和,90%以上的墙体均采用砌体材料。我国已从过去用砖石建造低矮的民房,发展到现在建造大量的多层住宅,办公楼等民用建筑和中、小型单层工业厂房、多层轻工业厂房以及影剧院、食堂、仓库等建筑,此外还可利用砖石建造各种砖石构筑物,如烟囟、筒仓、拱桥等。60年代以来,我国空心砖和砌块的生产及应用得到了一定的发展。目前我国砌块的年产量已达200多万立方米,用砌块作墙体的房屋面积已达1800万平方米。尤其值得指出的是,60年代初至今,在有关部门的领导和组织下,在全国范围内对砖石结构作了较为系统的试验研究和理论探讨,总结了一套具有我国特色、比较先进的砌体结构理论、计算方法和应用经验。《砖石结构设计规范》(GBJ3—73)是我国根据自己研究的成果而制订的第一本砖石结构设计规范。新修订颁布的《砌体结构设计规范》(GBJ3—88)(以下简称《规范》)在采用以概率理论为基础的极限状态设计方法,多层砌体结构中考虑房屋的空间工作,以及考虑墙和梁的共同工作设计墙梁等方面已达世界先进水平,丰富了我国砌体结构理论和设计方法。

苏联是最先较完整地建立砌体结构理论和设计方法的国家。60年代以来欧美等许多国家加强了对砌体材料的研究和生产,在砌体结构理论、计算方法以及应用上也取得了许多成果,推动了砌体结构的发展。如在意大利全国有800多个生产性能好,强度高的砖和砌块的工厂。在瑞士空心砖的产量占砖总产量的97%。美国商品砖的抗压强度为17.2~140MPa,最高可达230MPa。在国外砌块的发展相当迅速,如在美国、法国和加拿大,砌块的产量已远远超过普通粘土砖的产量。在国外还采用砌体作承重墙建造了许多高层房

屋，在瑞士这种房屋一般可达20层。引人注目的是在美国和新西兰等国，采用配筋砌体在地震区建造高层房屋，层数可达13~20层。许多国家正在改变长期沿用的按弹性理论的容许应力设计法的传统，积极采用极限状态设计法。从国际建筑研究与文献委员会承重墙工作委员会（CIB·W23）于1980年编写的《砌体结构设计和施工的国际建议》（CIB58），以及国际标准化组织砌体结构技术委员会ISO/TC179正在编制的国际砌体结构设计规范来看，世界上砌体结构的设计方法正跃进到一个新的水平。

纵观历史，尤其是60年代以来，砌体结构之所以不断发展，成为世界上重视的一种建筑结构体系，其重要原因在于砌体结构具有如下优点。首先，粘土、砂和石是天然材料，分布广，容易就地取材，且较水泥、钢材和木材的价格便宜。砌体还具有良好的耐火性和较好的耐久性能，使用期限较长。砌体中特别是砖砌体结构的保温、隔热性能好，节能效果明显。同时，采用砖、石建造的房屋既美观又舒适。此外，砌体结构的施工设备和方法较简单，能较好地连续施工，还可大量节约木材、钢材以及水泥，造价较低。正因为上述优点，国内外不少学者认为“古老的砖结构是在与其他材料相竞争中重新出世的承重墙体结构”，并预计“粘土砖、灰砂砖，混凝土砌块砌体是高层建筑中受压构件的一种有竞争力的材料”。

砌体结构也存在许多缺点。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。砌体的抗拉、弯、剪的强度又较其抗压强度低，抗震性能差，使砌体结构的应用受到限制。此外，砌体基本采用手工方式砌筑，劳动量大，生产率较低。还值得注意的是粘土是制造粘土砖的主要原材料，要增加砖产量，势必过多占用农田，不但严重影响农业生产，对保持生态环境平衡也是很不利。

砌体结构今后要积极发展新材料。特别是研究和生产轻质、高强的砖和砌块以及高粘结强度的砂浆。当前在我国还要大力生产空心砖、空心砌块，以及利用工业废料生产的砖和砌块。要为加快工程建设速度、减少繁重的体力劳动，不断提高生产工业化、施工机械化的水平。

对砌体结构的破坏机理和受力性能的研究也应予以重视，使砌体结构的计算方法和设计理论更趋完善。如从理论上解决砌体结构各种受力构件的强度计算方法，以砌体结构的整体为研究对象，探讨其受力性能和设计方法等。为了扩大砌体结构的应用范围，加强对配筋砌体结构的研究也是十分必要的。当前在我国应从材料和设计上尽快解决在地震区八层以上的多层房屋中采用和逐步推广砌体结构。

我国幅员辽阔，资源丰富，在社会主义初级阶段，以及今后一个相当长的时期内，无疑在许多建筑中砌体和砌体结构仍然是一种主要的材料和承重结构体系。

第一章 砌体及其基本力学性能

第一节 砌体分类

由块体和砂浆砌筑而成的整体材料称为砌体。它分为无筋砌体和配筋砌体两大类。根据块体的不同,常采用的无筋砌体有砖砌体、石砌体和砌块砌体。砌体中配有钢筋或钢筋混凝土的砌体称为配筋砌体。

一、砖砌体

由砖(包括空心砖)和砂浆砌筑而成的整体材料称为砖砌体。它大多砌成实心的,又称为实心的砖砌体,按照砖的搭砌方式,有一顺一丁、梅花丁和三顺一丁砌法(图1—1),其整体性能和受力性能好。砖砌体广泛用作一般房屋的墙和柱。

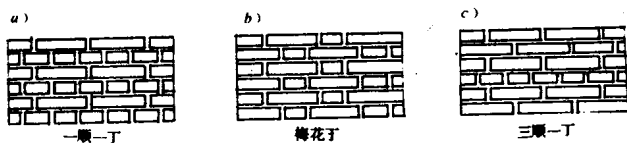


图1—1 砖砌体的砌合方法

我国烧结普遍砖的规格为 $240\times 115\times 53\text{mm}$,为了符合砖的模数,砖砌构件(如砖墙、柱)的尺寸取为 240 (1砖)、 370 ($1\frac{1}{2}$ 砖)、 490 (2砖)、 620 ($2\frac{1}{2}$ 砖)或 740 (3砖)等。

空心砖具有许多优点,据苏联的研究指出,承重空心砖的重力密度平均为 10kN/m^3 ,较普通砖自重减轻 $40\sim 65\%$,平均地震力减小 40% 。在同样条件下,节约运输费用,节约运输工具 $35\sim 40\%$,空心砖墙较普通砖墙节约砖 $10\sim 25\%$,节省砂浆 $50\sim 80\%$,劳动力减少 $18\sim 20\%$,房屋使用面积增加 $6\sim 8\%$,造价降低 $30\sim 40\%$ 。且空心砖墙砌体的热阻几乎大于实心砖墙的一倍。因此应大力推广使用空心砖砌体。

当砌体砌成空心时称为空心的砖砌体。一般是将砖砌成两片薄壁,中间留有空洞,有的在空洞内填充松散材料或轻质材料。这种砌体重量较轻,热工性能较好,如我国传统的空斗砌体。它用作墙体时,称为空斗墙。空斗墙较实心墙不仅节省砖和砂浆,还使造价降低,自重减轻。但其整体性和抗震性能较差,在非地震区可用作 $1\sim 3$ 层一般民用房屋的墙体。

砖砌体的使用面广,确保砌体的质量尤为重要。如施工混合结构房屋中的砖墙、砖柱时,应防止强度等级不同的砖混用,特别是应防止大量混入低于强度等级的砖。应严格遵守施工规程,使配制的砂浆强度符合设计强度的要求。否则,上述情况均会引起砌体强度的降低。此外,应严禁用包心砌法砌筑砖柱。这种柱仅四边搭砌,整体性极差,承受荷载后柱的变形大,强度不足,极易引起严重的工程事故。

二、石砌体

由石材和砂浆或由石材和混凝土砌筑而成的整体材料称为石砌体。在我国，按石材加工后的外形规则程度，分为料石（细料石、半细料石、粗料石和毛料石）和毛石（具体划分标准见现行砖石工程施工及验收规范）。因此石砌体又分为料石砌体、毛石砌体和毛石混凝土砌体（图1—2）。

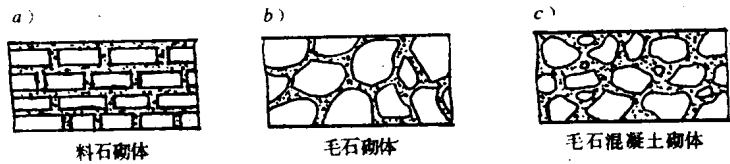


图1—2 石砌体

在产石地区，充分利用这一天然资源比较经济，其应用较为广泛。石砌体可用作一般民用房屋的承重墙、柱和基础。料石砌体、毛石砌体用砂浆砌筑而成。料石砌体还用于建造拱桥、坝和涵洞等构筑物。毛石混凝土砌体的砌筑方法也较简单，它是在预先立好的模板内浇筑一层混凝土，再铺砌一层毛石，这样交替地进行。常采用毛石混凝土砌体作一般房屋和构筑物的基础以及挡墙。

三、砌块砌体

由砌块和砂浆砌筑而成的整体材料称为砌块砌体。砌块由非粘土材料制成，主要有混凝土砌块、利用各种工业废渣、粉煤灰等制成的无熟料水泥煤渣混凝土砌块和蒸汽养护的粉煤灰硅酸盐砌块。在我国，轻骨料混凝土和加气混凝土砌块的应用尚不多。砌块按尺寸的大小又有小型、中型和大型三种。因此砌块砌体的分类和名称较多。砌块砌体的使用性能决定于所采用的上述非粘土材料和砌块的大小。小型砌块尺寸较小，型号多，尺寸灵活，适用面广，但施工时用手工砌筑，劳动量大。中型砌块尺寸较大，适于机械化施工，提高了劳动生产率，但其型号少，使用不够灵活。大型砌块尺寸大，有利于生产工厂化，施工机械化，大幅度提高劳动生产率，加快施工进度，但需要有相当的生产设备和施工能力。在我国，根据目前条件，采用较多的有：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。主要用作住宅、办公楼和学校等建筑以及一般工业建筑的承重墙或围护墙。图1—3为住宅房屋中采用混凝土中型空心砌块的墙体，每层墙体由三皮砌块组成，窗台下一皮，窗间墙二皮，在门、窗顶设一道钢筋混凝土圈梁。

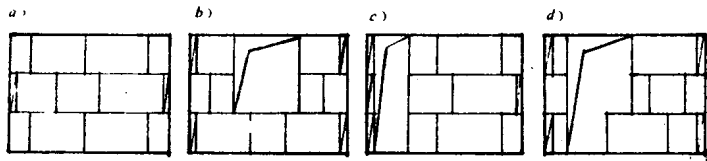


图1—3 混凝土中型空心砌块墙体

四、配筋砌体

在砌体内，可在不同的部位以不同方式设置钢筋或钢筋混凝土，因此配筋砌体的种类较多，现仅介绍用作受压构件的配筋砌体。

我国采用的配筋砌体有三种：

1、网状配筋砖砌体

在砖砌体的水平灰缝内配置钢筋网，称为网状配筋砖砌体（亦称横向配筋砖砌体）（图1—4_a），可用作承受轴心压力或偏心压力（偏心距较小）的墙、柱。

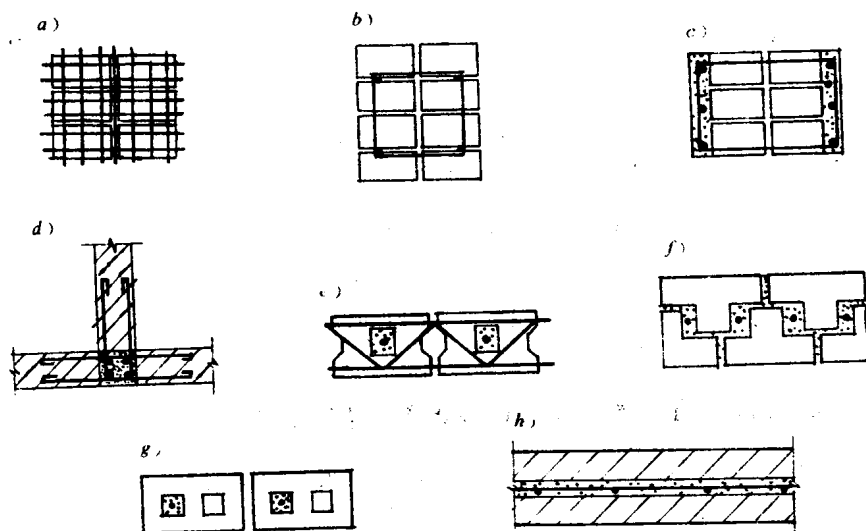


图1—4 配筋砌体形式

2、纵向配筋砖砌体

在砖砌体柱的竖向灰缝内配置纵向钢筋，称为纵向配筋砖砌体（图1—4_b），因其施工麻烦，故很少采用。

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（图1—4_c），这种砌体可用作承受偏心压力（偏心距较大）的墙、柱。在墙体的转角和交接处设置钢筋混凝土构造柱（图1—4_d），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。

国外的配筋砌体可概括成两类。由于空心砖和砌块的应用较普及，往往在块体或组砌的空洞内配置纵向钢筋，并灌细石混凝土或砂浆，在水平灰缝内设置做成桁架形状的钢筋，配筋形式如图1—4_{e—g}所示。另一类是在内外两层砌体的中间空腔内设置纵向和横向钢筋，并灌筑混凝土，配筋形式如图1—4_h所示。在欧美等国已采用配筋砌体建造高层房屋，甚至在地震区建造多层或高层房屋，积累了许多经验。我国西安亦于1984年采用配竖向钢筋空心砖承重墙，按八度设防要求建成一幢六层住宅。

五、墙板

墙板的尺寸大，其高度一般为房屋的层高，宽度一般为房屋的开间或进深，故又称大型墙板。它有利于建筑工业化和机械化，缩短施工周期，提高生产率，是一种有发展前途的墙体体系。

采用砌体材料制成的墙板主要有大型预制的砖（或砌块）墙板和振动砖墙板。它一般采用专用机械设备，连续铺砌块体和砂浆。如在美国制成高1.5—3.0m、宽6—12m的混凝土砌块墙板、板厚110mm。制作振动砖墙板时，一般是在钢模内铺一层强度较高的砂浆（厚20—25mm），在砂浆上铺一层错缝侧立的砖（砖的间隙为12—15mm），再在砖上铺一层砂浆，经振动后进行蒸汽养护。这种墙板内砂浆密实、均匀，砌体质量好。厚度为140mm的振动砖墙板较厚度为240mm的普通砖墙可节省砖50%，自重减轻30%，节约用工量20~30%，缩短施工工期20%，降低造价10~20%。

墙板也可由单一材料制成，如预制混凝土空心墙板、矿渣混凝土墙板和整体现浇混凝土墙板等。应因地制宜，考虑综合效益加以采用。

第二节 材料强度等级

一、烧结普通砖、承重粘土空心砖和非烧结硅酸盐砖

烧结普通砖是指以粘土、页岩、煤矸石、粉煤灰为主要原料，经过焙烧而成的实心 and 孔洞率不大于15%的砖，它是使用最广的一种建筑材料。按《烧结普通砖》（GB5101—85）规定的强度见表1—1。

烧结普通砖的强度 表 1 - 1

砖 的 标 号	抗 压 强 度 MP _a (kgf/cm ²)		抗 折 强 度 MP _a (kgf/cm ²)	
	五块平均值 不 小 于	单块最小值 不 小 于	五块平均值 不 小 于	单块最小值 不 小 于
200	19.62(200)	13.73(140)	3.92(40)	2.55(26)
150	14.72(150)	9.81(100)	3.04(31)	1.96(20)
100	9.81(100)	5.89(60)	2.26(23)	1.28(13)
75	7.36(75)	4.41(45)	1.77(18)	1.08(11)

注①试验结果的四项数值，按全部能达到强度指标者确定标号。

②表中（ ）内为工程制单位的数据，

$1\text{kgf/cm}^2=0.0981\text{MPa}.$

承重粘土空心砖（简称空心砖）是指孔洞率大于15%的粘土砖，用于承重。我国空心砖的主要规格有190×190×90、240×115×90和240×180×115等，孔洞率一般为20%。按C196—75标准规定的承重粘土空心砖的强度见表1—2。

承重粘土空心砖的强度

表 1 - 2

标 号	抗压强度(kgf/cm ²)		抗折荷重(kgf)	
	五块平均值 不 小 于	单块最小值 不 小 于	五块平均值 不 小 于	单块最小值 不 小 于
200	200	140	945	615
150	150	100	735	475
100	100	60	530	310
75	75	45	430	260

注：①试验结果的四项数值，按全部能达到强度指标者确定标号。
 ②抗折荷重是由试验值根据块体的规格进行换算而得（换算方法见JC196—75第11条规定）。

按《规范》规定，块体和砂浆的强度分级名称由“标号”改为“等级”，块体的强度等级符号以“MU”表示，单位为MPa。烧结普通砖、空心砖和非烧结硅酸盐砖的强度等级划分为MU30(300)、MU25(250)、MU20(200)、MU15(150)、MU10(100)和MU7.5(75)。考虑到《烧结普通砖》(GB5101—85)中仍保留了工程制单位，为了便于对照，在上述强度等级后的括号内加写工程制单位的值。

二、砌块

高度为180~350mm的块体，一般称为小型砌块；高度为360~900mm的块体，一般称为中型砌块。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强度的等级划分为MU15、MU10、MU7.5、MU5和MU3.5。砌块的抗压强度，按单块受压的试验方法确定。对于硅酸盐砌块，自然碳化系数可取为人工碳化系数的1.15倍，但不得大于0.9。如无条件进行试验时，混凝土中型空心砌块的抗压强度，可近似取为 $(0.6-0.65)(1-\delta)f_{MU}$ ，平模蒸养的粉煤灰中型实心砌块的抗压强度，可近似取为 $(0.8-0.9)\xi_c f_{MU}$ （ f_{MU} ——块体材料的抗压强度， δ ——空心率， ξ_c ——自然碳化系数）。

三、石材

石材主要来源于重质岩石和轻质岩石。重质岩石的抗压强度高，耐久，但导热系数大。轻质岩石的抗压强度低，耐久性差，但易开采和加工，导热系数小。采用何者，主要取决于当地的石材资源。

因石材的大小和规格不一，通常由边长为70mm的立方体试块进行抗压试验，取3个试块破坏强度的平均值作为确定石材强度等级的依据。石材的强度等级划分为 MU100、MU80、MU60、MU50、MU40、MU30、MU20、MU15和MU10。如采用其他尺寸的立方体作为试块，则应将抗压试验结果乘以表 1 — 3 的换算系数。

石材强度等级的换算系数

表 1 - 3

立方体边长(mm)	200	150	100	70	50
换 算 系 数	1.43	1.28	1.14	1.00	0.86

四、砂浆

砂浆是由胶凝材料（石灰、水泥）和细骨料（砂）加水搅拌而成的混合材料。

砌体中常用的砂浆有水泥石灰混合砂浆和石灰砂浆，后者强度低，但砌筑方便。当需要较高强度时，可采用水泥砂浆，但其保水性和流动性差，和易性不好。试验证明，在砂浆中掺入石灰膏等无机塑化剂或皂化松香（微沫剂）等有机塑化剂，可改善砂浆的和易性，提高砌筑质量。但塑化剂掺量不应过多，如当石灰膏掺量（石灰膏与水泥重力之比）由0.3增加到1.1时，砂浆抗压强度降低约30%。国外在砂浆中掺入聚合物（如聚氯乙烯乳胶）获得良好效果，如美国DOW化学公司研制的掺合料“Sarabon”，可使砂浆的抗压强度和粘结强度提高3倍以上。

砂浆的强度等级符号以“M”表示，划分为M15、M10、M7.5、M5、M2.5、M1和M0.4。由边长为70.7mm的立方体试块进行抗压试验，每组试块为6块，取其破坏强度的平均值作为确定砂浆强度等级的依据。

施工中很容易产生砂浆强度低于设计强度等级的现象，它所带来的后果有时十分严重，应予以高度重视。如砂浆材料的配合比不严格、使用过期水泥等，这是砂浆达不到设计强度等级要求和强度离散性大的主要原因。砂浆的配合比采用重力比，按设计强度等级将砂浆强度提高15%进行试配，最后通过试验确定其配合比。其次，砂浆试块的制作、养护和抗压强度的试验均应遵守有关规范的如下规定。砂浆试模应放在隔有一层湿纸的吸水性较好的普通砖上，砖的含水率不大于2%，且每面只使用一次，将拌合的砂浆一次灌满试模，并用直径10mm、长350mm的钢筋棒（一端呈半球状）均匀插捣25次，然后在四侧用油漆刮刀沿试模壁插捣数次，砂浆应高出试模顶面6~8mm。当砂浆表面开始出现麻斑状态时（经15—30分钟），将高出部分的砂浆沿试模顶面削平。拆模后的试块在标准养护条件或自然养护条件下养护28天进行抗压强度试验。

在配筋砌体中采用的钢筋和混凝土材料，其强度等级可查阅《混凝土结构设计规范》。

第三节 砌体的受压性能

一、砌体受压破坏特征

根据试验，砌体轴心受压时从开始直至破坏，按照裂缝的出现和发展等特点，可划分为三个受力阶段。图1—5为砖砌体的受压破坏情况。

第一阶段：从砌体开始受压，到出现第一条（批）裂缝（1—5a）。在此阶段，随着

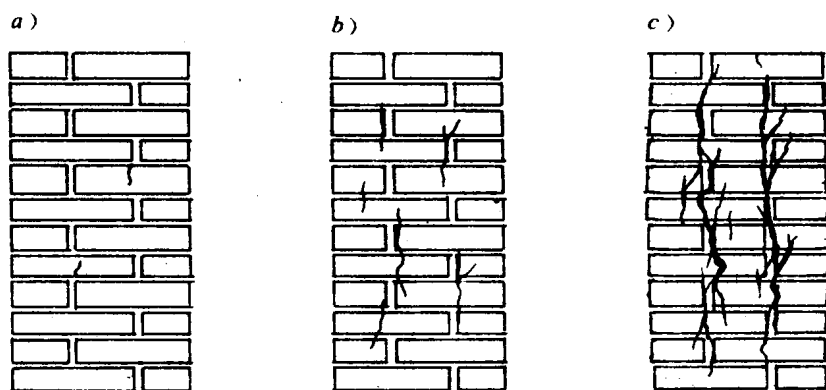


图1—5 砖砌体受压破坏情况

压力的增大，单块砖内产生细小裂缝，但就砌体而言，多数情况裂缝约有数条。如不再增加压力，单块砖内的裂缝亦不发展。根据国内外的试验结果，砖砌体内产生第一批裂缝时的压力约为破坏时压力的50~70%。

第二阶段：随着压力的增加，单块砖内裂缝不断发展，并沿竖向通过若干皮砖，在砌体内逐渐连接成一段段的裂缝（图1—5 b）。此时，即使压力不再增加，裂缝仍会继续发展，砌体已临近破坏，处于十分危险的状态。其压力约为破坏时压力的80~90%。

第三阶段：压力继续增加，砌体中裂缝迅速加长加宽，最后使砌体形成小柱体（个别砖可能被压碎）而失稳，整个砌体亦随之破坏（图1—5 c）。以破坏时压力除以砌体横截面面积所得的应力称为该砌体的极限强度。

空斗砖砌体中，出现第一批裂缝时压力的相对比值较实心砖砌体小，它约为破坏时压力的40%。其原因丁砖系两端支承而中间悬空，受压后，在支承的边缘很易产生裂缝，随着压力的继续增大而先行断裂，继之两侧壁砖内也产生裂缝，最后使两侧壁砌体因失稳而破坏。

在毛石砌体中，毛石和灰缝的形状不规则，砌体的匀质性较差，出现第一批裂缝时压力的相对比值更小，它约为破坏时压力的30%，且砌体内产生的裂缝不如砖砌体那样分布有规律。

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。中型砌块的高度大，砌体受压后裂缝出现较晚，但一旦开裂便形成一条主裂缝，呈劈裂破坏，出现第一条裂缝时的压力与破坏时的压力很接近。

图1—5所示的试验砌体，砖的强度为10MPa，砂浆强度为2.8MPa，实测砌体抗压强度为2.4MPa。可见砖砌体在受压时不但单块砖先开裂，且砌体的抗压强度也远低于它所用砖的抗压强度，这一差异可用砌体内的单块砖所受的复杂应力作用加以说明。

复杂应力状态是因砌体本身的性质所决定。由于砌体内不但灰缝厚度不一，且砂浆也不一定饱满和均匀密实，砖的表面又不完全平整和规则，故砌体受压时砖并非均匀受压，而是处于受弯和受剪状态（图1—6）。砌体内的砖可视为弹性地基（水平灰缝的砂浆）上的梁，若砂浆的弹性模量愈小，则砖的变形愈大，砖内产生的弯、剪应力也愈高。由于砖和砂浆在弹性模量及变形上的差异，尤其是当砂浆强度低时，其横向变形大于砖的

横向变形，而砌体受压时它们又相互约束，故使砖处于受拉状态。此外，砌体内的垂直灰缝往往不能填实，砖在垂直灰缝处易产生应力集中现象。上述种种原因均导致砌体内的砖受到较大的弯曲、剪切和拉应力的共同作用。由于砖是一种脆性材料，它的抗弯、抗剪和抗拉强度很低，因而砌体受压时，首先是单块砖在复杂应力作用下开裂，在破坏时砌体内砖的抗压强度也得不到充分发挥。还需指出，砌体的抗压强度低于它所用砖的抗压强度也与砖的抗压强度的确定方法有关。在测定砖的抗压强度时，试块尺寸为 $115 \times 115 \times 120\text{mm}$ ，其中仅有一道经仔细抹平的水平灰缝，因此其受压工作情况远比砌体中砖的工作情况有利。

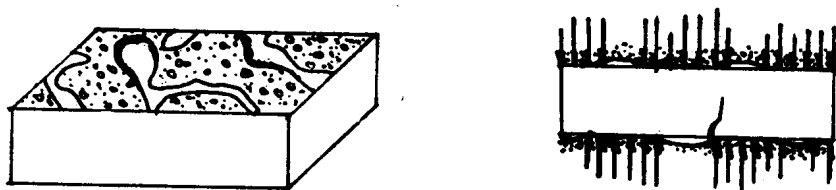


图1—6 砌体内砖的复杂受力状态示意

二、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。它的抗压强度不仅与块体和砂浆材料的物理、力学性能有关，还受砌筑质量以及试验方法等多种因素的影响，现择其主要方面加以介绍。

1、材料的物理、力学性能和几何尺寸的影响

块体和砂浆的强度是影响砌体抗压强度的主要因素。块体和砂浆的强度高，砌体的抗压强度亦高。试验证明，提高砖的强度等级比提高砂浆强度等级对增大砌体抗压强度的效果好。一般情况下的砖砌体，当砖强度等级不变，砂浆强度等级提高一级，砌体抗压强度只提高约15%，而当砂浆强度等级不变，砖强度等级提高一级，砌体抗压强度可提高约20%。由于砂浆强度等级提高后，水泥用量增多，因此，在砖的强度等级一定时，过高地提高砂浆强度等级并不适宜。但在毛石砌体中，提高砂浆强度等级对砌体抗压强度的影响较大。

块体的尺寸（尤其是高度）、几何形状及表面的平整程度对砌体的抗压强度也有一定的影响。如高度大的砖，其抗弯、抗剪和抗拉的能力增大；砖的表面愈平整，灰缝的厚薄将愈均匀。这些都有利于砌体的抗压强度的提高。

砂浆具有较明显的弹塑性性质，在砌体内采用变形率大的砂浆，单块砖内受到的弯、剪应力和横向拉应力增大，对砌体抗压强度产生不利影响。和易性好的砂浆，可以减小在砖内产生的复杂应力，使砌体强度提高。试验表明，当采用水泥砂浆时，由于砂浆的保水性、和易性差，砌体抗压强度约降低5—15%。

2. 砌筑质量的影响

砌体砌筑时水平灰缝砂浆的饱满和水平灰缝厚度、砖的含水率以及砌合方法等关系着砌体质量的优劣。由砌体的受压性能可知，砌筑质量对砌体抗压强度的影响，实质上是反映它对砌体内复杂应力作用的不利影响的程度。试验表明，水平灰缝砂浆愈饱满，砌

体抗压强度愈高。当水平灰缝砂浆饱满度为73%时,砌体抗压强度可达到规定的强度指标。因此砖石工程施工及验收规范中,要求水平灰缝砂浆饱满度大于80%。砌筑砖砌体时,砖应提前浇水湿润。研究表明,砌体抗压强度随砖砌筑时的含水率的增大而提高,采用干砖和饱和砖砌筑的砌体与采用一般含水率的砖砌筑的砌体相比较,抗压强度分别降低15%和提高10%。但砖砌筑时的含水率对砌体抗剪强度的影响与此不同,在上述含水率时砌体抗剪强度均降低。此外,施工中砖浇水过湿,在操作上有一定困难,墙面也会因流浆而不能保持清洁。因此作为正常施工质量的标准,要求控制砖的含水率为10—15%。砌体内水平灰缝愈厚,砂浆横向变形愈大,砖内横向拉应力亦愈大,砌体内的复杂应力状态亦随之加剧,砌体抗压强度亦降低。如砖的表面不平整,水平灰缝太薄,不足以改善砌体内的复杂应力状态,砌体抗压强度亦降低。通常要求砖砌体的水平灰缝厚度为8~12mm。砌体的砌合方法对砌体的强度和整体性的影响也很明显。通常采用的一顺一丁,梅花丁和三顺一丁法砌筑的砖砌体,整体性好,砌体抗压强度可得到保证。但如采用包心砌法,由于砌体的整体性差,其抗压强度将大大降低。如湖南某工程采用包心砌法的砖柱,砌体抗压强度降低30%以上,引起的后果十分严重。

• 3、试验方法等的影响

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。《规范》规定标准的砖砌体的截面尺寸为240×370mm、高度为截面较小边长的2.5~3.0倍(600—720mm)。苏联和我国原采用的标准砖砌体的截面尺寸为370×490mm。后者由于截面面积加大,试验所得的砌体抗压强度平均低8%。

由于砂浆强度随龄期增长而提高,因此砌体强度亦随龄期增长而提高。但在龄期超过28天以后,强度增长缓慢。在长期荷载作用下,砌体强度还有所降低。

三、砌体抗压强度

全面正确地反映各种影响砌体抗压强度的因素,建立一个相关关系式,从而准确计算出砌体抗压强度是相当困难的。有的研究者试图根据弹性分析,建立理论上的计算公式,但因未考虑砌体材料的弹塑性性能,故所提出的公式很不完善。当今国际上多以影响砌体抗压强度的主要因素为参数,根据试验结果,经统计分析而建立实用的计算公式,其数量有几十个之多。

《规范》在《砖石结构设计规范》(GBJ3—73)、《中型砌块建筑设计与施工规程》(JGJ5—80)和《混凝土空心小型砌块建筑设计与施工规程》(JGJ14—82)以及有关资料中所提出的砌体抗压强度计算公式(表1—4)的基础上制定砌体抗压强度计算公式时,注意到表1—4中的公式,虽是根据我国的大量试验资料,经统计分析而得,并在我国应用多年,比较符合实际。但上述公式还有不足之处,尤其是各种砌体抗压强度的表达式不统一。此外,中、小型砌块砌体抗压强度的计算值远较试验值低。因此《规范》提出了一个比较完整、而统一的砌体抗压强度计算公式。即

$$f_m = k_1 f_1 \alpha (1 + 0.07 f_2) k_2 \quad (1-1)$$

式中 f_m —砌体轴心抗压强度平均值(MPa);

f_1, f_2 —分别为块体(砖、石、砌块)和砂浆的抗压强度平均值(MPa);

砌体结构 2 反

k_1 —与块体类别和砌体砌筑方法有关的参数, 见表 1-5;
 α —与块体高度有关的参数, 见表 1-5;
 k_2 —砂浆强度较低或较高时砌体抗压强度的修正系数, 见表 1-5。

砌体抗压强度公式 表 1-4

序 号	砌 体 类 别	计 算 公 式
1	尺寸为240×115×53的砖、空心砖、硅酸盐砖	$f_m = (0.1\sqrt{f_1} + 0.2\sqrt{f_2})\sqrt{f_1 + 60}$
2	每皮高度为400的砌块和料石砌体	$f_m = 0.25f_1 + 0.4\sqrt{f_1 f_2}$
3	毛 石 砌 体	$f_m = 0.01f_1 + 0.2\sqrt{f_1 f_2}$
4	240厚空斗砌体	$f_m = (0.1 + 0.012\sqrt{f_2})f_1$
5	混凝土空心中型砌块砌体	$f_m = 0.5f_1 + 0.001f_1 f_2$
6	混凝土空心小型砌块砌体	$f_m = 0.3f_1 + 0.2\sqrt{f_1 f_2}$
7	料 石 砌 体	$f_m = \sqrt{f_1}(4.84 + 0.04f_2)$
8	毛 石 砌 体	$f_m = 0.0066f_1 + 0.194\sqrt{f_1 f_2}$

注: ①强度单位为 kgf/cm^2 ;
② f_m ——砌体抗压强度的平均值;
③ f_1 、 f_2 ——分别为块体和砂浆的抗压强度平均值。

公式(1-1)中的参数 表 1-5

砌 体 类 别	k_1	α	k_2
砖、空心砖、非 烧结硅酸盐砖	0.78	0.5	当 $f_2 < 1$ 时, $k_2 = 0.6 + 0.4f_2$
240厚空斗砌体	0.13	1.0	当 $f_2 = 0$ 时, $k_2 = 0.8$
混凝土小型砌块	0.46	0.9	当 $f_2 = 0$ 时, $k_2 = 0.8$
中型砌块	0.47	1.0	当 $f_2 > 5$ 时, $k_2 = 1.15 - 0.03f_2$
毛料石	0.79	0.5	当 $f_2 < 1$ 时, $k_2 = 0.6 + 0.4f_2$
毛 石	0.22	0.5	当 $f_2 < 2.5$ 时, $k_2 = 0.4 + 0.24f_2$

注: k_2 在表列条件以外时均等于 1.0。