

全国高职高专建筑工程技术专业规划教材

JIANZHU JIEGOU

建筑 结构



(下 册)

王
娜
郭呈祥
主 编



黄河水利出版社

全国高职高专建筑工程技术专业规划教材

建 筑 结 构

(下 册)

主 编 王 娜 郭呈祥

副主编 王超伟 付国永 王海民

主 审 谢延友

黄 河 水 利 出 版 社

· 郑 州 ·

内 容 提 要

本书是全国高职高专建筑工程技术专业规划教材之一,是根据目前高职高专院校建筑工程技术专业的教学计划和教学基本要求,以及国家现行的最新规范、规程和标准编写而成的。本书下册内容包括:砌体结构、建筑钢材、钢结构的连接、钢结构基本构件、钢屋盖、钢结构制作安装等。

本书可作为高职高专院校土建类及相关专业的教材,也可作为相关工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构/王娜,郭呈祥主编. —郑州:黄河水利出版社,
2009.7

全国高职高专建筑工程技术专业规划教材

ISBN 978 - 7 - 80734 - 600 - 5

I. 建… II. ①王… ②郭… III. 建筑结构 - 高等
学校:技术学校 - 教材 IV. TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 100782 号

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhslcbs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:32.00

字数:780 千字

印数:1—4 100

版次:2009 年 7 月第 1 版

印次:2009 年 7 月第 1 次印刷

定价:56.00 元(上、下册)

前 言

本书依据高职高专建筑工程技术专业培养目标编写,突出专业职业能力培养。全书分上、下两册,上册为建筑结构概论及混凝土结构,下册为砌体结构和钢结构。

本书编写时,针对高职建筑工程技术专业人才培养方向由“工程设计”型向“工程施工”型转变,对传统的建筑结构教学内容进行必要调整,删减了钢筋混凝土单层厂房、普通钢屋架的设计计算,增强了结构识图内容,淡化理论推导,强化结构构造知识,满足高职学生主要岗位对建筑结构知识的需求。

本书按照现行国家规范和标准编写。下册内容包括:砌体结构的材料,砌体结构构件承载力计算,混合结构房屋墙柱设计,过梁、圈梁及砌体结构的构造措施(含抗震构造),钢结构材料的力学性能,钢结构的连接,钢结构基本构件,钢屋盖及钢结构的制作安装。

本书由王娜、郭呈祥任主编,由甘肃工业职业技术学院谢延友任主审,下册由王超伟、付国永、王海民任副主编。第十章由濮阳职业技术学院郭呈祥编写;第十一章、第十二章由三门峡职业技术学院王超伟编写;第十三章、第十五章由石家庄职业技术学院付国永编写;第十四章由石家庄职业技术学院王海民编写;附录由石家庄职业技术学院王娜编写。全书由王娜负责统稿,并按主审意见修改定稿。

由于编者水平有限,书中错误和不妥之处敬请读者指正。

编 者

2009 年 4 月

目 录

前 言

第十章 砌体结构	(1)
第一节 砌体结构的材料及砌体的力学性能	(1)
第二节 砌体结构构件的承载力计算	(11)
第三节 混合结构房屋墙、柱设计	(34)
第四节 过梁、挑梁、圈梁及墙体的构造措施	(55)
第五节 多层砌体房屋与底部框架房屋的抗震构造措施	(64)
小 结	(69)
思考题	(70)
习 题	(71)
第十一章 建筑钢材	(73)
第一节 建筑钢材的力学性能	(73)
第二节 建筑钢材的种类、规格及选用	(77)
第三节 钢结构的设计指标	(81)
小 结	(83)
思考题	(84)
第十二章 钢结构的连接	(85)
第一节 钢结构的连接方法	(85)
第二节 焊缝连接的基本知识	(86)
第三节 焊缝连接的构造和计算	(90)
第四节 螺栓连接的构造和计算	(103)
小 结	(114)
思考题	(115)
习 题	(115)
第十三章 钢结构基本构件	(117)
第一节 轴心受力构件	(117)
第二节 受弯构件	(137)
第三节 拉弯构件和压弯构件	(167)
小 结	(175)
思考题	(176)
习 题	(176)
第十四章 钢屋盖	(178)
第一节 普通钢屋盖结构	(178)
第二节 门式刚架轻型钢结构	(196)

第三节 网架结构 (201)
 第四节 金属拱形波纹屋盖简介 (205)
 小 结 (206)
 思考题 (207)
 第十五章 钢结构制作安装 (208)
 第一节 钢结构制作 (208)
 第二节 钢结构安装与防护 (216)
 小 结 (223)
 思考题 (224)
 附 录 (225)
 参考文献 (248)

第十章 砌体结构

第一节 砌体结构的材料及砌体的力学性能

一、块材

砌体结构所用的块材从大类上可划分为砖、砌块和石材三类。各地区情况不同,所选择的块材种类也有所不同。

(一) 砖

我国目前用于砌体结构的砖主要有烧结普通砖、烧结多孔砖和非烧结砖等几种。在强制“墙改”之前,我国仍以烧结普通黏土砖的应用最为普遍。但由于黏土砖生产占用农田,烧制能耗大,影响我国社会经济可持续发展,国家目前政策是积极研发和推广烧结普通黏土砖的替代产品,尽可能利用工业废料生产新型墙体材料。

1. 烧结普通砖

烧结普通砖(如图 10-1(a)所示)是以黏土、页岩、煤矸石或粉煤灰等为主要原料,经过制坯、晾晒、焙烧等工艺制成的,实心或孔洞率不大于 15%,尺寸为 240 mm × 115 mm × 53 mm 的长方体块材,也称标准砖。按其主要原料的不同可分为烧结黏土砖、烧结页岩砖、烧结煤矸石砖、烧结粉煤灰砖等。

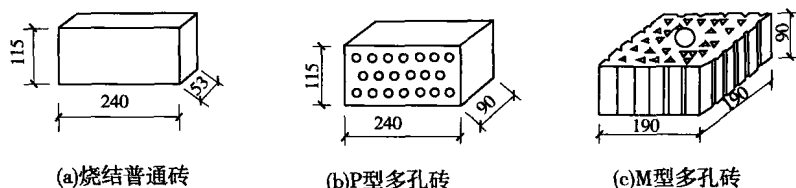


图 10-1 砖的规格

这种砖容重一般在 $16 \sim 19 \text{ kN/m}^3$,具有强度高,耐久性、保温隔热性好,生产工艺简单和砌筑方便等优点,广泛用于一般民用房屋结构的承重墙体及围护结构中。

2. 烧结多孔砖

烧结多孔砖的制作原料和烧制工艺与烧结普通砖相同,只是孔洞率不小于 15%。根据其孔洞设置情况可分为烧结多孔砖和烧结大孔砖,其中用于承重墙体的主要是孔洞尺寸小且数量多的烧结多孔砖。多孔砖分为 P 型砖与 M 型砖,P 型砖有两个方向边长与烧结普通砖相同(如图 10-1(b)所示),能与烧结普通砖配砌;而 M 型砖的尺寸一般为 190 mm × 190 mm × 90 mm(如图 10-1(c)所示)。烧结大孔砖制作原料和烧制工艺与烧结多孔砖相同,只是孔洞尺寸较大,孔洞率大于 35% 的烧结大孔砖多用于围护结构。

烧结多孔砖与实心砖相比,可减轻结构自重、节省砌筑砂浆、减少砌筑工时等,而且黏土用量及耗能亦可相应减少。

3. 非烧结砖

非烧结砖是以石灰、粉煤灰、矿渣、石英砂及煤矸石等为主要材料,经坯料制备、压制成型、高压蒸汽养护而制成的实心块材,主要有蒸压粉煤灰砖、蒸压矿渣硅酸盐砖、蒸压灰砂砖及蒸压煤矸石砖等。

非烧结砖的外形尺寸同烧结普通砖,其容重一般为 $14 \sim 15 \text{ kN/m}^3$,可砌筑清水外墙和基础等砌体结构,但不宜砌筑处于高温环境下的砌体结构,且该类砖是由压制生产的,表面光滑,经高压釜蒸养后表面产生一层粉末,与砂浆黏结较差,砌筑的砌体抗剪强度低,不利于抗震,地震区应有限制地使用。

实心砖的强度等级是根据标准试验方法测得的砖极限抗压强度值(MPa)来划分的。烧结普通黏土砖和多孔砖强度等级的划分除考虑抗压强度外,尚应考虑其抗折强度指标。

烧结普通砖、烧结多孔砖等的强度等级有 MU30、MU25、MU20、MU15 和 MU10;蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖的强度等级有 MU25、MU20、MU15 和 MU10。

(二) 砌块

采用较大尺寸的砌块代替小块砖砌筑砌体,可减轻劳动量并加快施工进度,是墙体材料改革的一个重要方向。砌块有混凝土空心砌块、加气混凝土砌块及硅酸盐实心砌块等。此外,还有用黏土、煤矸石等为原料,经焙烧而制成的烧结空心砌块(如图 10-2 所示)。

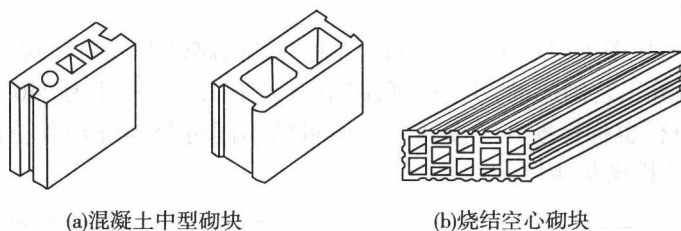


图 10-2 砌块材料

1. 混凝土空心砌块

混凝土空心砌块按尺寸大小可分为小、中、大三种规格,我国通常把砌块高度为 $180 \sim 350 \text{ mm}$ 的称为小型砌块,高度为 $360 \sim 900 \text{ mm}$ 的称为中型砌块,高度大于 900 mm 的称为大型砌块。目前,在承重墙体材料中使用最为普遍的是混凝土小型空心砌块,它是由普通混凝土或轻骨料混凝土制成的,主规格尺寸为 $390 \text{ mm} \times 190 \text{ mm} \times 190 \text{ mm}$,空心率一般为 $25\% \sim 50\%$,简称混凝土砌块或砌块。

2. 加气混凝土砌块

加气混凝土砌块是用加气混凝土或泡沫混凝土制成的,其容重一般为 $4 \sim 6 \text{ kN/m}^3$,自重较轻,可按使用要求制成各种尺寸,并可在工地进行锯切。它广泛应用于工业与民用建筑的围护结构。

砌块的强度等级是按标准的试验方法测得的砌块毛面积截面的抗压强度平均值划分的,分为 MU20、MU15、MU10、MU7.5 和 MU5 共五个强度等级。

对掺有 15% 以上粉煤灰的混凝土砌块,在确定其强度等级时,砌块抗压强度应乘以自然碳化系数,当无自然碳化系数时,可取人工碳化系数的 1.15 倍。

(三) 石材

天然建筑石材具有强度高和抗冻性能好等优点,故在有开采和加工条件的地区,常用于砌筑条形基础、承重墙及用做重要房屋的贴面装饰材料等。

天然石材根据其外形和加工精细程度可分为料石与毛石两种。

1. 料石

(1) 细料石:通过精细加工,外形规则,表面平整,叠砌面凹入深度不大于 10 mm,截面的宽度、高度均不应小于 200 mm,且不应小于长度的 1/4。

(2) 半细料石:规格尺寸同细料石,外形规则,表面基本平整,但叠砌面凹入深度不应大于 15 mm。

(3) 粗料石:规格尺寸同细料石,外形规则,表面大致平整,凹入深度不大于 20 mm。

(4) 毛料石:外形大致方正,一般不做加工或仅稍做修整,高度不应小于 200 mm,叠砌面凹入深度不应大于 25 mm。

2. 毛石

毛石即形状不规则的石块,亦称片石,中部厚度不应小于 200 mm。

石材的强度等级是按标准的试验方法测得的立方体石块抗压强度划分的,可分为 MU100、MU80、MU60、MU50、MU40、MU30 和 MU20 等共七个强度等级。

二、砌筑砂浆

(一) 砂浆的作用

砂浆是由胶结材料和砂子加水拌和而成的混合材料,其作用是将砌体块材按一定的组砌方式黏结成整体而共同工作,垫铺块材表面使其表面应力均匀分布,并填补块体间的缝隙而使砌体透气性减小,以提高砌体的保温性能及防火、防冻性。

(二) 砂浆的分类

砂浆按其组成成分可分为三种,即纯水泥砂浆、混合砂浆和非水泥砂浆。

1. 纯水泥砂浆

纯水泥砂浆由水泥和砂加水拌制而成,不掺加任何塑性掺合料,又称刚性砂浆。这种砂浆强度高,耐久性好,但和易性、保水性和流动性差,且水泥用量大,一般适于潮湿环境中或对强度要求较高的砌体。

2. 混合砂浆

混合砂浆由水泥砂浆加入适量塑性掺合料拌制而成,如水泥石灰砂浆、水泥黏土砂浆等。这种砂浆水泥用量减少,砂浆强度降低 10% ~ 15%,但砂浆和易性、保水性均较好,且砌筑方便,能较好地保证砌体的砌筑质量,在砂浆强度相同的情况下,砌体强度可较纯水泥砂浆砌筑的砌体提高 10% ~ 15%。这种砂浆主要用于一般墙、柱防潮层以上砌体的砌筑,不宜用于潮湿环境中的砌体。

3. 非水泥砂浆

非水泥砂浆即不含水泥的砂浆,如石灰砂浆、黏土砂浆、石膏砂浆等。这类砂浆强度较低,耐久性也较差,一般用于砌筑简易或临时性建筑的砌体。

(三) 砂浆的强度等级

砂浆的强度等级是以按标准试验方法测得的砂浆立方体抗压强度值(MPa)确定的,其

强度等级以符号“M”来表示,可划分为 M15、M10、M7.5、M5 和 M2.5 等五个强度等级。

在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。

(四) 砌体对砂浆的基本要求

- (1)在强度及抵抗风雨侵蚀方面,砂浆应符合砌体强度及建筑物耐久性要求。
 - (2)砂浆应保证在砌筑时能很容易且较均匀地铺开,以提高砌体强度和施工劳动效率,即具有良好的可塑性。
 - (3)砂浆应具有足够的保水性,以保证其能正常凝结和发展强度。
- 砌体结构所用块体材料和砂浆,除考虑承载力要求外,还应根据建筑对耐久性、抗冻性的要求及建筑物全部或个别部位正常使用时的客观环境要求来决定。

《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)规定:①五层及五层以上房屋的墙,以及受振动或层高大于 6.0 m 的墙柱所用材料的最低强度等级,应符合砖采用 MU10,砌块采用 MU7.5,石材采用 MU30,砂浆采用 MU5,而且对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应至少提高一级。②对于地面以下或防潮层以下的砌体及潮湿房间所用材料的最低强度等级要求见表 10-1。同时,规范规定蒸压灰砂砖和粉煤灰砖不得用于长期受热 200 ℃ 以上、受急冷急热或有酸性介质侵蚀的建筑部位;MU15 以上的蒸压灰砂砖可用于基础及其他建筑部位;蒸压粉煤灰砖若用于基础或受冻融和干湿交替作用的建筑部位,必须使用一等砖。

表 10-1 地面以下或防潮层以下的砌体及潮湿房间所用材料的最低强度等级

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			
稍潮湿的	MU10	MU10	MU7.5	MU30	M5
很潮湿的	MU15	MU10	MU7.5	MU30	M7.5
含水饱和的	MU20	MU15	MU10	MU40	M10

注:①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。

②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,其孔洞应用水泥砂浆灌实。当采用混凝土砌块时,其孔洞应用强度等级不低于 C20 的混凝土灌实。

三、砌体的种类

砌体是由不同尺寸和形状的块材用砂浆砌筑而成的整体。砌体有着各种不同的分类方法,按照砌体作用的不同可分为承重砌体与非承重砌体,按照砌体砌筑方法的不同可分为实心砌体与空斗砌体,按照组砌砌体的块材不同可分为砖砌体、砌块砌体及石砌体,按照砌体内部是否配有受力钢筋可分为无筋砌体与配筋砌体等。

(一) 砖砌体

砖砌体是全国“禁实”前采用最普遍的一种砌体,在房屋建筑中可用做内外墙、柱、基础等承重结构,也可用做围护墙与隔墙等非承重结构。实心砖砌体通常采用一顺一丁、梅花丁或三顺一丁等砌筑方式(如图 10-3 所示)。实砌标准砖墙的厚度为 120 mm、240 mm、370 mm、490 mm 等。有时为节省材料,墙厚可按半砖进位,构成 180 mm、300 mm、420 mm 厚的墙。

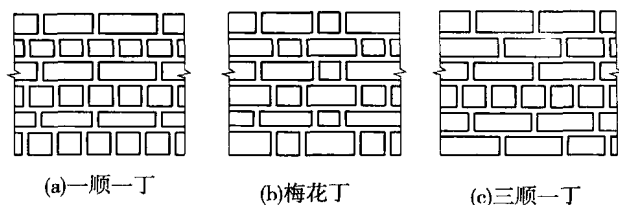


图 10-3 砖砌体的砌筑方式

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 240 mm 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。

(二) 砌块砌体

采用砌块砌体是墙体改革的一项重要措施,可减少结构自重,降低劳动强度,减少高空作业,有利于提高劳动生产率,具有较好的技术经济效果。我国目前采用较多的是混凝土小型空心砌块砌体。砌块砌体主要用做住宅、办公楼及学校等建筑以及一般工业建筑的承重墙或围护墙。

砌块的大小取决于房屋墙体的分块情况及吊装能力,但排列砌块是设计工作中的一个重要环节,要求有规律性,砌块类型最少,同时应排列整齐,尽量减少通缝,并砌筑牢固。

(三) 石砌体

石砌体由天然石材和砂浆(或混凝土)砌筑而成,可分为料石砌体、毛石砌体和毛石混凝土砌体等,如图 10-4 所示。石砌体可就地取材,因而在产石的山区应用较为广泛,可用做建筑房屋,也可用于石拱桥、石坝、渡槽和储液池等构筑物。

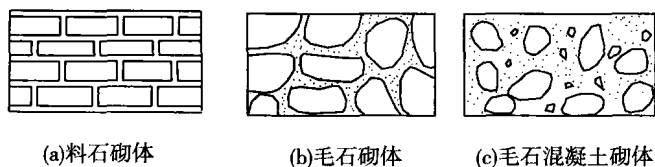


图 10-4 石砌体

(四) 配筋砌体

所谓配筋砌体就是指在砌体内配有受力钢筋的砌体结构形式,它可分为配筋砖砌体和配筋砌块砌体两大类;而配筋砖砌体有网状配筋砖砌体、组合砖砌体、砖砌体和钢筋混凝土构造柱组合墙等多种,如图 10-5 所示。其中配筋砌块砌体又可分为约束配筋砌块砌体和均匀配筋砌块砌体。

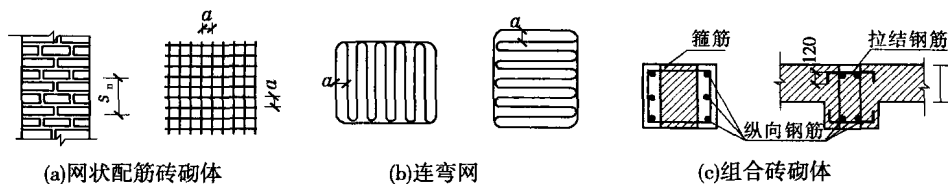


图 10-5 配筋砖砌体

网状配筋砖砌体又称横向配筋砖砌体,是在砖柱或砖墙中每隔几皮砖的水平灰缝中设置方格式(或连弯式)钢筋网片(如图 10-5(a)、(b)所示)。砌体受压时,钢筋网片可约束砌体的横向变形,从而提高砌体的抗压强度。组合砖砌体(如图 10-5(c)所示)是由砖砌体与钢筋混凝土面层或钢筋砂浆面层组成的构件,可以承受较大的偏心轴压力。

砖砌体和钢筋混凝土构造柱组合墙是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和圈梁共同组成一个整体受力结构,是现在多层砌体最常采用的形式,又称砖混结构。

仅在砌块墙体的转角、接头部位及较大洞口的边缘设置竖向钢筋,并在这些部位设置一定数量的钢筋网片构成约束配筋砌块砌体,主要用于中、低层建筑;而在砌块墙体上下贯通的竖向孔洞中插入竖向钢筋,并用灌孔混凝土灌实,使竖向和水平钢筋与砌体形成一个共同工作的整体,构成均匀配筋砌块砌体,又称配筋砌块剪力墙(如图 10-6 所示),可用于大开间建筑和中高层建筑。

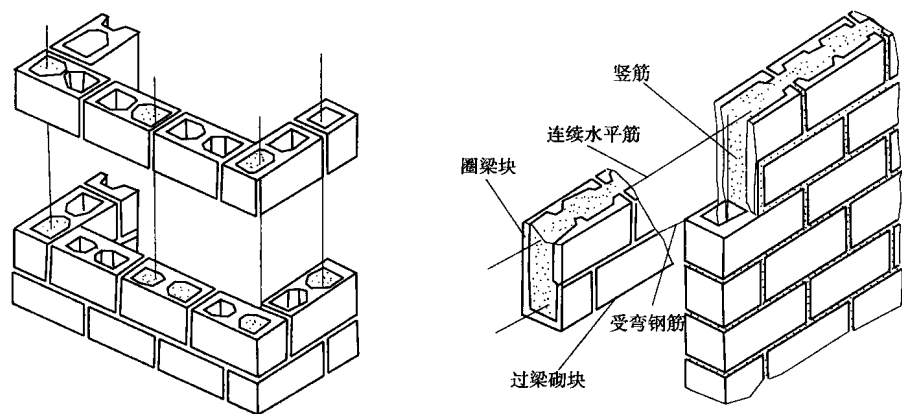


图 10-6 配筋砌块剪力墙

(五) 墙板

目前,我国的预制大型墙板有矿渣混凝土墙板、空心混凝土墙板、振动砖墙板及采用滑模工艺生产的整体混凝土墙板等。墙板的高度一般相当于房间的高度,宽度可相当于房屋的一个或半个开间(或进深)。采用大型墙板的突出优点是大大降低劳动强度,加快施工进度,是一种有发展前途的墙体体系,但也增加了对施工吊装设备的要求。

四、砌体的抗压强度

(一) 砌体的受压破坏特征(以砖砌体受压破坏为例)

砖砌体是由单块砖以砂浆黏结而成的整体,它的受压工作与匀质的整体构件有很大差别。试验表明,砖砌体受压时从加载到破坏,按照裂缝的出现和发展特点,大致可分为三个受力阶段。

第Ⅰ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,砌体内出现第一条(批)裂缝,如图 10-7(a)所示。

第Ⅱ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

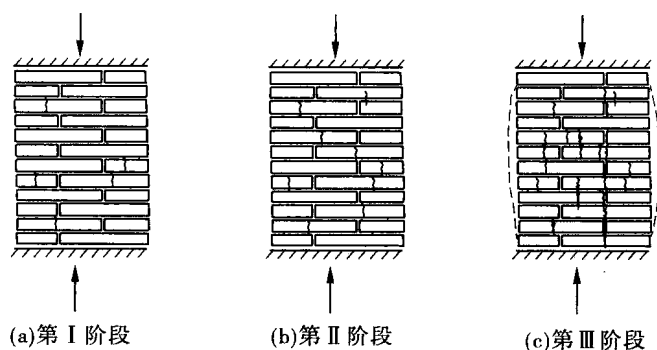


图 10-7 砖砌体标准试件受压破坏过程

贯穿若干皮砖的裂缝,并有新裂缝产生。至该阶段临界状态时,即使停止加载,裂缝仍将继续发展,砌体此时已临近破坏,处于危险状态,此时荷载为破坏荷载的 80% ~ 90%,如图 10-7(b)所示。

第Ⅲ阶段:若继续增加荷载,砌体中裂缝发展迅速,逐渐延长和加宽的裂缝将砌体分成若干个半砖的小立柱,最后这些半砖小立柱将被压碎或失稳,整个砌体构件也丧失承载力而破坏。在此过程中,可看到砌体很明显向外鼓出,如图 10-7(c)所示。

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。

(二) 单块砖在砌体中的受力特点

在压力作用下,砌体内单块砖并非处于单纯的受压状态,而是处于压缩、拉伸、局部受压、剪切等复杂应力状态下。

(1) 由于砖本身的形状不完全规则平整,灰缝的厚度和密实性不均匀,砌体除承受压力外,还处于受弯和受剪状态。由于砖的脆性,抵抗受弯和受剪的能力较差,砌体内第一批裂缝的出现正是由单块砖中的弯、剪应力超限引起的。

(2) 砌体横向变形时,砖与砂浆之间的变形差异使单块砖内产生横向拉应力。由于砖与砂浆的弹性模量及横向变形系数各不相同,砌体受压时砖因其横向变形小于砂浆的横向变形而受到横向拉伸作用产生拉应力,砖本身抗拉能力远较其抗压能力小,因此就会导致砖提前出现裂缝。

(3) 弹性地基梁作用。单块砖受弯受剪的应力值不仅与灰缝的厚度及密实度不均匀有关,还与砂浆的弹性性质有关。每块砖可视为弹性地基上的梁,下面的砌体可视为“弹性地基”。砖上面承受由上部砌体传来的力,下面引起的反压力又反过来形成自下而上的荷载,使其成为倒置的弹性地基梁,而上面的砌体类似于它的弹性地基。这一“地基”的弹性模量越小,砖的变形越大,在砖内产生的弯剪应力也越高。

(4) 竖向灰缝上的应力集中。砌体的竖向灰缝未能很好地填满,竖向灰缝内的砂浆和砖的黏结力不能保证砌体的整体性,因此就会在竖向灰缝上下的砖内产生拉应力和剪应力的集中,从而加快砖的开裂,引起砌体强度的降低。

(三)影响砌体抗压强度的因素

试验结果表明,影响砌体抗压强度的主要因素包括以下方面。

1.块体与砂浆的强度等级

块体的强度等级是影响砌体抗压强度的最主要因素。单个块体的抗弯、抗拉强度在某种程度上决定了砌体的抗压强度。一般来说,强度等级高的块体的抗弯、抗拉强度也较高,相应砌体的抗压强度也高;砂浆的强度等级高低决定了其横向变形与砖横向变形差异的大小,进而影响砖内产生的拉应力大小,从而使砖提前或推迟产生裂缝,使砌体的抗压强度发生改变。

2.块体的尺寸与形状

增大块材的厚度可使其自身抗弯、抗剪及抗拉能力增大;增大块材长度时,块材在砌体中引起的弯、剪应力也将增大。因此,砌体抗压强度会随块材厚度的增大而加大,随块材长度的增大而降低。块材形状越规则、表面越平整,则块体承受的弯、剪作用就越小,从而使单块块材内竖向裂缝的出现得以推迟,提高了砌体的抗压强度。

3.砂浆的流动性、保水性及弹性模量

砂浆的流动性大、保水性好时,容易铺成厚度和密实性较均匀的灰缝,因而可减少单块砖内的弯剪应力而提高砌体强度。纯水泥砂浆的流动性较差,所以同一强度等级的混合砂浆砌筑的砌体强度要比相应纯水泥砂浆砌筑的砌体高。砂浆弹性模量的大小对砌体抗压强度的影响也不容忽略,在砖强度等级保持不变的前提下,砂浆的弹性模量决定其变形率,而砖与砂浆的相对变形大小则影响单块砖的弯剪应力以及横向变形的大小,因此砂浆的弹性模量越大,相应砌体的抗压强度越高。

4.砌筑质量与灰缝的厚度

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抗压强度;反之,则降低砌体强度。砌体中的灰缝厚,容易铺砌均匀,对改善单块砖的受力性能有利,但砂浆横向变形的不利影响也相应增大。灰缝薄又很难保证砌筑质量,也会使砌体抗压强度降低。《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)中规定砖砌体的水平灰缝厚度和竖向灰缝宽度一般为10 mm,但不应小于8 mm,也不应大于12 mm。

(四)砌体的抗压强度计算指标

龄期为28 d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按表10-2~表10-7取用。

表 10-2 烧结普通砖和烧结多孔砖砌体的抗压设计强度 (单位:MPa)

砖强度等级	砂浆强度等级					
	M15	M10	M7.5	M5	M2.5	0
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

表 10-3 蒸压灰砂砖和蒸压粉煤灰砖砌体的抗压强度设计值 (单位:MPa)

砖强度等级	砂浆强度等级				
	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
MU10	—	1.89	1.69	1.50	0.67

表 10-4 单排孔混凝土和轻骨料混凝土砌块砌体的抗压强度设计值 (单位:MPa)

砌块强度等级	砂浆强度等级				
	Mb15	Mb10	Mb7.5	Mb5	0
MU20	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对错孔砌筑的砌体,应按表中数值乘以 0.8。

②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。

③对 T 形截面砌体,应按表中数值乘以 0.85。

④表中轻骨料混凝土砌块为煤矸石和水泥煤渣混凝土砌块。

⑤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 计算方法: $f_g = f + 0.6\alpha f_c$,其中 $\alpha = \delta\rho$, δ 为砌块的孔洞率, ρ 为砌块的灌孔率,是灌孔面积与总孔洞面积之比。计算所得 f_g 不应大于未灌孔砌体抗压强度的 2 倍。

表 10-5 轻骨料混凝土砌块砌体的抗压强度设计值 (单位:MPa)

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

表 10-6 毛料石砌体的抗压强度设计值 (单位:MPa)

毛料石强度等级	砂浆强度等级			
	M7.5	M5	M2.5	0
MU100	5.24	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:对下列各类石砌体,应按表中数值分别乘以下列系数:细料石砌体 1.5,半细料石砌体 1.3,粗料石砌体 1.2,干砌勾缝石砌体 0.8。

表 10-7 毛石砌体的抗压强度设计值

(单位:MPa)

毛石强度等级	砂浆强度等级			
	M7.5	M5	M2.5	0
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

五、砌体的抗拉、抗弯、抗剪强度

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、抗弯和抗剪强度主要取决于砂浆和块体的黏结强度,即与砂浆强度大小直接有关。

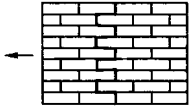
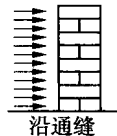
砌体受拉、受弯和受剪破坏一般有下列三种形态,即:①砌体沿水平通缝截面破坏;②砌体沿齿缝截面破坏;③砌体沿竖缝及砖石截面破坏。

我国《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)结合试验结果并通过数理计算,给出了龄期为28 d 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,见表 10-8。

但是,砌体强度的确定比较复杂,我国砌体结构设计规范除给出上述砌体各种受力状态下的砌体强度设计值表格外,也对一些特殊情况予以说明。即针对不同情况的各类砌体设计强度确定时,其砌体强度设计值应乘以强度调整系数 γ_a 。

表 10-8 沿砌体灰缝截面破坏时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

(单位:MPa)

强度类别	破坏特征及砌体类型		砂浆强度等级			
			$\geq M10$	M7.5	M5	M2.5
轴心抗拉		烧结普通砖、烧结多孔砖	0.19	0.16	0.13	0.09
		蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖	0.12	0.10	0.08	0.06
		混凝土砌块	0.09	0.08	0.07	—
		毛石	0.08	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
		蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖	0.24	0.20	0.16	0.12
		混凝土砌块	0.11	0.09	0.08	—
		毛石	0.13	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
		蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖	0.12	0.10	0.08	0.06
		混凝土砌块	0.08	0.06	0.05	—

续表 10-8

强度类别	破坏特征及砌体类型	砂浆强度等级			
		$\geq M10$	M7.5	M5	M2.5
抗剪	烧结普通砖、烧结多孔砖	0.17	0.14	0.11	0.08
	蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖	0.12	0.10	0.08	0.06
	混凝土和轻骨料混凝土砌块	0.09	0.08	0.06	—
	毛石	0.21	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_{tm} 应按表中数值乘以搭接长度与块体高度比值后采用。

②对孔洞率不大于35%的双排孔或多排孔轻骨料混凝土砌块砌体的抗剪强度设计值,可按表中混凝土砌块砌体抗剪强度设计值乘以1.1。

③对蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖砌体,当有可靠的试验数据时,表中强度设计值允许作适当调整。

④对烧结页岩砖、烧结煤矸石砖、烧结粉煤灰砖砌体,当有可靠的试验数据时,表中强度设计值允许作适当调整。

(1)对无筋砌体构件,其截面面积小于 0.3 m^2 时, $\gamma_a = 0.7 + A$,此处 A 为构件砌体截面面积;若为配筋砌体构件,当其中砌体截面面积小于 0.2 m^2 时, $\gamma_a = 0.8 + A$ 。

(2)当砌体用纯水泥砂浆砌筑时,对表10-2~表10-7中的数值,应乘以调整系数0.9;对表10-8中的数值,应乘以调整系数0.8;对配筋砌体构件,当其中的砌体采用水泥砂浆砌筑时,仅对砌体的强度设计值乘以调整系数。

(3)有吊车房屋砌体,跨度不小于9 m的梁下烧结普通砖砌体,跨度不小于7.5 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,应乘以强度调整系数0.9。

(4)当施工质量控制等级为C级时,应乘以强度调整系数0.89。注意:配筋砌体强度等级不能为C级。

(5)当验算施工中房屋的构件时,应乘以强度调整系数1.1。

第二节 砌体结构构件的承载力计算

砌体结构主要用于房屋建筑的墙体和基础,也用于特种结构的水池、水塔、桥梁等。就使用的性质而言,砌体结构的主要受力状态是承受压力,其中包括一般受压状态和局部受压状态。目前,工程中的砌体结构构件主要是无筋砌体,但随着对抗震要求的提高和建造层数较多的砌体结构房屋的需要,配筋砌体在房屋建筑领域也开始逐渐得到越来越普遍的使用。

一、一般受压状态下砌体结构构件承载力计算

(一) 受压构件的受力状态

无筋砌体在轴心压力作用下,砌体在破坏阶段的应力是均匀分布的(如图10-8(a)所示)。当轴向压力偏心距较小时(如图10-8(b)所示),截面虽全部受压,但应力分布变得不均匀,破坏将发生在压应力较大的一侧,且破坏时该侧边缘压力较轴心受压破坏时的应力稍大。当轴向力的偏心距进一步增大时,受力较小边将出现拉力(如图10-8(c)所示),此时如拉应力未达到砌体的通缝抗拉强度,受拉边即不会开裂。如偏心距再增大(如图10-8(d)所