

高职高专土建类专业规划教材
建筑工程技术专业

BUILDING

建筑结构(下册)



邵英秀 主编

- ✓ 适应相关行业岗位考证, 有利就业
- ✓ 既有必要的基础理论, 又有实训操作内容
- ✓ 与新技术、新规范同步
- ✓ 强化识图、加强技能培训



免费提供
电子教案



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

高职高专土建类专业规划教材
建筑工程技术专业

建 筑 结 构

(下册)

主 编 邵英秀

副主编 张 毅

参 编(以姓氏笔画为序)

王 娜 付国永 吴 恒

邢海霞 金 萃 魏俊亚



机 械 工 业 出 版 社

建筑结构(下册)的主要内容包括砌体结构、钢结构、建筑结构抗震的基础知识以及混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图(03G101-1)部分内容。

本书可作为高职高专院校土建类专业及其他成人高校相应专业教材,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.下册/邵英秀主编. —北京:机械工业出版社, 2008.2

高职高专土建类专业规划教材

ISBN 978-7-111-22854-7

I. 建… II. 邵… 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(2008)第 010671 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:张荣荣 责任编辑:关正美 责任校对:张晓蓉

封面设计:张 静 责任印制:洪汉军

北京铭成印刷有限公司印刷

2008 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·20 印张·491 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-22854-7

定价:28.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)68327259

封面无防伪标均为盗版

本教材编审委员会

主任委员：叶耀先

副主任委员：陈衍庆 刘雪梅 杨少彤

顾问：房志勇

委员(以姓氏笔画为序)：

王松成	付成喜	刘凤翰	刘雁宁	闫培明
刘振华	刘晓平	吴根树	李国新	张荣荣
张智茹	邵英秀	钟振宇	侯洪涛	徐广舒
覃 辉	蔡红新	魏党生	魏 明	

出版说明

近年来,随着国家经济建设的迅速发展,建设工程的发展规模不断扩大,建设速度不断加快,对建筑类具备高等职业技能的人才需求也随之不断加大。为了贯彻落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》的精神,我们通过深入调查,组织了全国三十余所高职高专院校的一批优秀教师,编写出版了本套教材。

本套教材以《高等职业教育土建类专业教育标准和培养方案》为纲,编写中注重培养学生的实践能力,基础理论贯彻“实用为主、必需和够用为度”的原则,基本知识采用广而不深、点到为止的编写方法,基本技能贯穿教学的始终。在教材的编写中,力求文字叙述简明扼要、通俗易懂。本套教材结合了专业建设、课程建设和教学改革成果,在广泛的调查和研讨的基础上进行规划和编写,在编写中紧密结合职业要求,力争能满足高职高专教学需要并推动高职高专土建类专业的教材建设。

本系列教材先期推出建筑工程技术专业的19本教材,随后将在2008年秋推出建筑装饰工程技术专业的16本教材及与建筑工程技术专业和建筑装饰工程技术专业教材配套的十余种实训教材。在未来的2~3年内,我们将陆续推出工程监理、工程造价等土建类各专业的教材及实训教材,最终出版一套体系完整、内容优秀、特色鲜明的高职高专土建类专业教材。

本系列教材适用于高职高专院校、成人高校及二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校的土建类专业使用,也可作为相关从业人员的培训教材。

机械工业出版社

2008年1月

前 言

建筑结构是一门综合性很强的专业课,它涉及混凝土结构、砌体结构、钢结构及抗震等基础知识。建筑结构(下册)的主要内容包括砌体结构、钢结构及建筑结构抗震的基础知识。

根据高职教育着重培养学生实践技能的目标,本教材的编写注重理论与实践相结合,对所介绍公式的来源与推导不作过多的叙述,着重介绍各理论公式的意义与应用以及如何利用公式解决实际问题。加入了混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图(03G101-1)内容,从工程应用的角度培养学生对结构设计原理和构造要求的理解,以提高学生综合应用基础知识的能力。

本教材以现行的有关规范与标准为主要依据,注重理论概念的准确性和工程实践的系统性,尽量反映新技术的应用。各章体例均分为学习要点、章节小结、思考题与习题四部分,以便于学生自学。

参加本教材编写的老师有山东城建职业技术学院张毅(编写第12章、13章),山东城建职业技术学院吴恒(编写第11章、14章),山西工程职业技术学院邢海霞(编写第15、16章),石家庄职业技术学院邵英秀(编写第17章、第20章),石家庄职业技术学院王娜(编写第18章),石家庄职业技术学院付国永(编写第19章),天津城市建设学院魏俊亚与山西工程职业技术学院金萃(编写第21章),山东城建职业技术学院董淑云(制作第11章~第14章PPT电子教案),其余电子教案均由编写者负责相应内容的PPT制作。

本书由石家庄职业技术学院邵英秀任主编、山东城建职业技术学院张毅任副主编,承蒙郭继武教授主审,在编写过程中参考了一些公开出版和发表的文献,谨此向这些文献的作者表示感谢。

由于编者水平所限,书中难免出现差错,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

出版说明

前言

第 11 章 砌体材料及其基本力学性能

学性能	1
11.1 概述	1
11.2 砌体材料及砌体力学性能	2
11.2.1 砌体的种类	2
11.2.2 砌体材料及其强度	3
11.2.3 砌体的力学性能	5
11.2.4 砌体的变形性能	12
思考题与习题	13

第 12 章 砌体结构构件的承载力计算

力计算	14
12.1 砌体结构设计方法	14
12.1.1 砌体结构设计方法的概念	14
12.1.2 砌体结构设计的表达式	14
12.2 无筋砌体受压构件承载力	15
12.2.1 砌体受压时截面的应力分析	16
12.2.2 无筋砌体受压构件承载力计算	16
12.2.3 无筋砌体局部受压承载力计算	23
12.2.4 轴心受拉、受弯、受剪构件	30
12.3 配筋砌体承载力计算	31
12.3.1 网状配筋砌体	31
12.3.2 组合砖砌体	33
思考题与习题	37

第 13 章 混合结构房屋墙、柱设计

13.1 混合结构房屋的结构布置方案	39
13.1.1 横墙承重体系布置方案	39

13.1.2 纵墙承重体系布置方案	40
13.1.3 纵、横墙混合承重体系布置方案	40
13.1.4 内框架承重体系布置方案	41
13.1.5 墙体布置的一般原则	41
13.2 房屋的空间刚度及静力计算方案	41
13.2.1 房屋的空间工作状态	42
13.2.2 房屋的静力计算方案	42
13.3 墙、柱的高厚比	44
13.3.1 墙、柱高厚比验算	45
13.3.2 带壁柱墙的高厚比验算	46
13.3.3 带构造柱墙的高厚比验算	47
13.4 墙、柱的一般构造要求	51
13.4.1 材料的最低强度等级	51
13.4.2 墙、柱的最小截面尺寸	52
13.4.3 房屋整体性的构造要求	52
13.4.4 砌块砌体的构造要求	52
13.5 刚性方案房屋墙、柱设计	54
13.5.1 单层刚性方案房屋承重纵墙的计算	54
13.5.2 单层房屋承重横墙的计算	56
13.5.3 多层刚性方案房屋承重纵墙的计算	56
13.5.4 多层刚性方案房屋承重横墙的计算	59
13.6 弹性及刚弹性方案房屋墙、柱设计	64
13.6.1 弹性方案房屋的计算	64
13.6.2 刚弹性方案房屋的计算	66
思考题与习题	68

第 14 章 过梁、挑梁、墙梁、圈梁	69	15.3.3 建筑钢材的选用.....	104
14.1 过梁	69	思考题与习题	106
14.1.1 过梁的分类及构造要求	69	第 16 章 钢结构设计方法	107
14.1.2 过梁上的荷载	70	16.1 概述	107
14.1.3 过梁的承载力计算	71	16.1.1 结构的功能要求	107
14.2 挑梁	75	16.1.2 结构的可靠性和可靠度	107
14.2.1 挑梁的受力特点与破坏形态	75	16.2 概率极限状态设计法	108
14.2.2 挑梁的承载力计算	76	16.2.1 钢结构设计原则	108
14.2.3 挑梁的构造要求	78	16.2.2 分项系数概率极限状态设计表达式	108
14.3 墙梁	79	16.2.3 钢结构设计指标	110
14.3.1 简支墙梁的受力性能及破坏形态	80	思考题与习题	112
14.3.2 连续墙梁的受力性能及破坏形态	84	第 17 章 钢结构的连接	113
14.3.3 框支墙梁的受力性能及破坏形态	85	17.1 概述	113
14.3.4 墙梁的设计方法	86	17.1.1 焊接连接	113
14.3.5 墙梁的构造要求	89	17.1.2 螺栓连接	113
14.4 圈梁	90	17.1.3 铆钉连接	114
14.4.1 圈梁的作用和布置	90	17.2 焊接连接	114
14.4.2 圈梁的构造要求	90	17.2.1 焊接方法	114
14.5 防止或减轻墙体开裂的主要措施及砌体结构的抗震构造要求	91	17.2.2 焊缝连接形式	116
14.5.1 防止或减轻墙体开裂的主要措施	91	17.2.3 焊缝的质量级别及检验	117
14.5.2 砌体结构的抗震构造要求	92	17.2.4 焊缝代号及标注方法	118
思考题与习题	94	17.2.5 对接焊缝连接的构造和计算	119
第 15 章 建筑钢材	96	17.2.6 角焊缝连接的构造和计算	124
15.1 概述	96	17.2.7 焊接应力和焊接变形	132
15.2 建筑钢材的力学性能	96	17.3 螺栓连接	134
15.2.1 建筑钢材的力学性能及其技术指标	96	17.3.1 普通螺栓连接的构造和计算	134
15.2.2 影响建筑钢材力学性能的因素	100	17.3.2 高强度螺栓连接的构造和计算	140
15.3 建筑钢材的种类及选用	102	思考题与习题	145
15.3.1 建筑钢材的种类	102	第 18 章 钢结构受弯构件	147
15.3.2 建筑钢材的规格	103	18.1 概述	147
		18.2 梁的强度、刚度和整体稳定	148

18.2.1 梁的强度	148	19.4.2 换算长细比	189
18.2.2 梁的刚度	152	19.4.3 格构式轴心受压柱的 设计步骤	190
18.2.3 梁的整体稳定	153	19.5 柱头和柱脚	193
18.2.4 梁的局部稳定	158	19.5.1 柱头的构造	193
18.3 型钢梁设计	161	19.5.2 柱脚的计算与构造	194
18.3.1 单向受弯型钢梁的设计 步骤	162	19.6 拉弯构件和压弯构件	198
18.3.2 双向受弯型钢梁的设计 步骤	162	19.6.1 概述	198
18.4 组合钢梁设计	164	19.6.2 拉弯构件和压弯构件的强 度和刚度	199
18.4.1 组合梁设计步骤	164	19.6.3 压弯构件的整体稳定	199
18.4.2 梁截面沿长度的改变	166	19.6.4 框架柱的设计	203
18.5 梁的拼接和连接	169	19.6.5 压弯构件的柱头和 柱脚	204
18.5.1 梁的拼接	169	思考题与习题	206
18.5.2 梁的连接	170	第20章 钢屋盖	207
18.6 钢—混凝土组合梁	171	20.1 钢屋盖结构的组成	207
18.6.1 钢—混凝土组合 梁概述	171	20.1.1 常用的屋架形式	208
18.6.2 钢—混凝土组合梁的构 造要求	172	20.1.2 屋架的选形	209
思考题与习题	173	20.1.3 屋架的主要尺寸	210
第19章 轴心受力构件和拉弯、压 弯构件	175	20.1.4 檩条的形式与构造	210
19.1 概述	175	20.1.5 支撑的布置与连 接构造	211
19.2 轴心受力构件的强度、刚度和 稳定性	176	20.2 普通屋架的杆件设计	215
19.2.1 轴心受力构件强 度计算	176	20.2.1 屋架杆件内力计算	215
19.2.2 轴心受力构件的刚度	176	20.2.2 屋架杆件的计算长度与容 许长细比	216
19.2.3 轴心受压构件整体 稳定性	177	20.2.3 屋架杆件截面选择	219
19.3 实腹式轴心受压柱	185	20.3 普通屋架的节点设计	221
19.3.1 实腹式轴心受压柱的 局部稳定	185	20.3.1 节点的构造要求	221
19.3.2 实腹式轴心受压柱截 面设计	186	20.3.2 节点设计	222
19.4 格构式轴心受压柱	189	20.4 门式刚架的基本知识	227
19.4.1 格构式轴心受压柱的 截面形式	189	20.4.1 门式刚架结构房屋 的组成	228
		20.4.2 门式刚架的结构形式及 有关要求	230
		20.4.3 门式刚架的计算简介	231
		20.5 金属拱形波纹屋盖结构	233
		20.5.1 拱形波纹屋盖特点	233

20.5.2 拱形波纹屋盖 的优缺点	233	21.3.1 多高层钢筋混凝土结构 震害特点	250
20.5.3 拱形波纹屋盖 建筑构造	234	21.3.2 多高层钢筋混凝土房屋抗 震设计的一般规定	251
20.5.4 拱形波纹屋盖 力学分析	234	21.3.3 多高层钢筋混凝土房屋抗 震构造措施	256
20.6 钢结构施工图	234	21.4 砌体结构抗震构造知识	264
20.6.1 设计图纸表达的内容	235	21.4.1 砌体房屋的震害特点	264
20.6.2 钢屋架施工图	236	21.4.2 抗震设计的一般规定	265
20.6.3 钢结构的制作	237	21.4.3 砌体房屋抗震构 造措施	268
思考题与习题	239	21.5 混凝土结构施工图识读	276
第 21 章 建筑结构抗震基本知识	240	21.5.1 钢筋混凝土结构平面整体 表示法	276
21.1 地震的成因及地震的 破坏现象	240	21.5.2 柱平法施工图表示 方法	277
21.1.1 地震及其成因	240	21.5.3 梁平法施工图表示 方法	279
21.1.2 地震波、震级、地震烈度、 近震与远震	241	思考题与习题	282
21.1.3 地震的破坏现象	244	附录	284
21.2 建筑抗震设防标准及 设防目标	246	附录 A 轴心受压构件稳定系数	284
21.2.1 建筑抗震设防分类和 设防标准	246	附录 B 各种截面回转半径的 近似值	287
21.2.2 建筑抗震设防目标及抗震 设计的基本要求	246	附录 C 型钢规格	289
21.3 多高层钢筋混凝土结构抗震 构造知识	250	参考文献	307

第 11 章 砌体材料及其基本力学性能

本章要点

本章叙述了砌体结构的优缺点、砌体的种类、组成砌体的材料及其强度等级与设计要求,以及砌体受压、受拉、受弯、受剪的性能和主要影响因素,并给出了砌体在各种受力条件下的强度计算公式。最后,简单介绍了砌体的弹性模量、剪变模量、线膨胀系数和收缩率等。本章应使学生了解砌体结构的优缺点,掌握砌体的种类、组成砌体的材料及其强度等级与设计要求,重点掌握砌体受压破坏的全过程,深刻理解影响砌体抗压强度的主要因素,并能正确选用砌体的各种强度值。

11.1 概述

砌体结构是指以砖、石或各种砌块为块材,用砂浆砌筑而成的结构。

砌体结构在我国具有悠久的历史,两千多年前砖瓦材料在我国就已经普及,如举世闻名的“秦砖汉瓦”。隋代李春建造的河北赵州桥,是世界上最早建造的空腹式单孔圆石拱桥。还有举世闻名的万里长城及用砖建造的河南登封嵩岳寺塔、西安的大雁塔等。随着新材料、新技术和新结构的不断研制和使用以及砌体结构计算理论和计算方法的逐步完善,砌体结构得到了很大发展,取得了显著的成就。特别是为了不破坏耕地和占用农田,开发了硅酸盐砌块、混凝土空心砌块代替粘土砖作为墙体材料,既符合国家可持续发展的方针政策,也是我国墙体材料改革的有效途径之一。

砌体结构一般用于工业与民用建筑的内外墙、柱、基础及过梁等。砌体结构之所以被广泛应用,是由于它具有以下优点:

(1) 材料来源广泛。砌体的原材料粘土、砂、石为天然材料,分布极广,取材方便;且砌体块材的制作工艺简单,易于生产。

(2) 性能优良。砌体隔声、隔热、耐火性能好,故砌体在用作承重结构的同时还可起到围护、保温、隔断等作用。

(3) 施工简单。砌筑砌体结构无需支模、养护,在严寒地区冬季可采用冻结法施工;且施工工具简单,工艺易于掌握。

(4) 费用低廉。可大量节约木材、钢材及水泥,造价较低。

砌体结构也有一些明显的缺点:抗压强度比块材低,抗拉、抗弯、抗剪强度更低,因而抗震性能差;因强度较低,砌体结构墙、柱截面尺寸较大,材料用量较多,因而结构自重较大;因采用手工方式砌筑,生产效率较低,运输、搬运材料时的损耗也大;占用农田,采用粘土制砖,要占用大量农田,不但严重影响农业生产,也会破坏生态平衡。

11.2 砌体材料及砌体力学性能

11.2.1 砌体的种类

砌体可按照所用材料、砌法以及在结构中所起作用等方面的不同进行分类。按照所用材料不同砌体可分为砖砌体、砌块砌体及石砌体；按砌体中有无配筋可分为无筋砌体与配筋砌体；按实心与否可分为实心砌体与空斗砌体；按在结构中所起的作用不同可分为承重砌体与自承重砌体等。

1. 砖砌体

由砖和砂浆砌筑而成的砌体称为砖砌体。在房屋建筑中，砖砌体常用于一般单层和多层工业与民用建筑的内外墙、柱、基础等承重结构，以及多高层建筑的围护墙与隔墙等自承重结构。标准砌筑的实心墙体厚度常为 240mm(一砖)、370mm(一砖半)、490mm(二砖)、620mm(二砖半)、740mm(三砖)等。有时为节省材料，墙厚可不按半砖长而按 1/4 砖长的倍数设计，即砌筑成所需的 180mm、300mm、420mm 等厚度的墙体。常用的砌筑方法有一顺一丁(砖长面与墙长度方向平行的则为顺砖，砖短面与墙长度方向平行的则为丁砖)、梅花丁或三顺一丁，如图 11-1 所示。

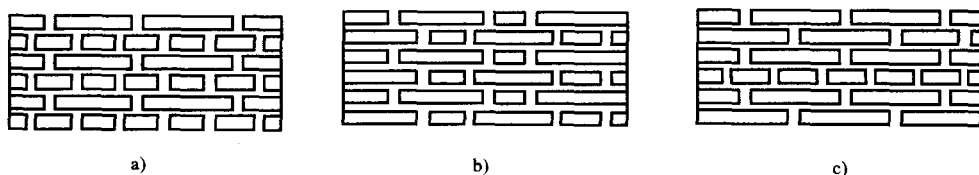


图 11-1 砖砌体的砌筑方法
a) 一顺一丁 b) 梅花丁 c) 三顺一丁

2. 砌块砌体

由砌块和砂浆砌筑而成的砌体称为砌块砌体，目前国内外常用的砌块砌体以混凝土空心砌块砌体为主，其中包括以普通混凝土为块材的普通混凝土空心砌块砌体和以轻骨料混凝土为块材的轻骨料混凝土空心砌块砌体。砌块按尺寸大小的不同分为小型、中型和大型三种。主要用于住宅、办公楼及学校等以及一般工业建筑的承重墙或围护墙。

3. 石砌体

由天然石材和砂浆(或混凝土)砌筑而成的砌体称为石砌体。用于石砌体块材的石材分为毛石和料石两种。根据石材的分类，石砌体又可分为料石砌体、毛石砌体和毛石混凝土砌体等。用石材建造的砌体结构物具有很高的抗压强度和良好的耐磨性、耐久性，且石砌体表面经加工后较美观且富有装饰性。此外，石砌体中的石材资源分布广，蕴藏量丰富，便于就地取材，生产成本低，故古今中外在修建城垣、桥梁、房屋、道路和水利等工程中多有应用。如用料石砌体砌筑房屋建筑上部结构、石拱桥、储液池等建筑物，用毛石砌体砌筑基础、堤坝、城墙和挡土墙等。

4. 配筋砌体

为提高砌体强度、减少其截面尺寸、增加砌体结构(或构件)的整体性，可在砌体中配

置网状钢筋或钢筋混凝土，即采用配筋砌体。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、组合砖砌体(砖砌体与钢筋混凝土面层或钢筋砂浆面组合而成)，配筋砌块砌体又可分为均匀配筋砌块砌体、集中配筋砌块砌体以及均匀集中配筋砌块砌体。

11.2.2 砌体材料及其强度

1. 砖

砌体结构常用的砖有烧结普通砖、烧结多孔砖和非烧结硅酸盐砖等。普通砖及多孔砖是由粘土、页岩等为主要材料焙烧而成的。非烧结硅酸盐砖是用硅酸盐材料加压成型并经高压釜蒸养而成的。普通砖和蒸压砖具有全国统一的规格，其尺寸为 240mm×115mm×53mm。多孔砖的主要规格有：190mm×190mm×90mm、240mm×115mm×90mm、190mm×190mm×90mm 等，孔洞率一般不少于 25%，如图 11-2 所示。

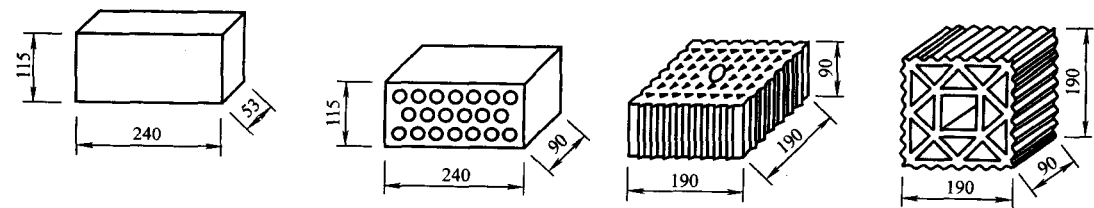


图 11-2 砖的规格

砖的强度等级是根据受压试件(把锯开的两个“半砖”上下叠置,中间用强度较高的砂浆铺缝,上下用强度较高的砂浆抹平)测得的抗压强度(以 N/mm² 或 MPa 计)来划分的。《砌体结构设规范》(GB 5003—2001)规定，砖的强度等级划分为 MU30、MU25、MU20、MU15 和 MU10 五级，其中 MU 表示砌体中的块体(Masonry Unit)，其后数字表示块体的抗压强度平均值，单位为 MPa。烧结普通砖和烧结多孔砖的强度等级指标分别见表 11-1 和表 11-2。

表 11-1 烧结普通砖强度等级指标 (单位:MPa)

强度等级	抗压强度平均值≥	变异系数 $\delta \leq 0.21$	变异系数 $\delta \leq 0.21$
		抗压强度标准值 $f_k \geq$	单块最小抗压强度值 $f_{min} \geq$
MU30	30.0	22.0	25.0
MU25	25.0	18.0	22.0
MU20	20.0	14.0	16.0
MU15	15.0	10.0	12.0
MU10	10.0	6.5	7.5

表 11-2 烧结多孔砖强度等级指标

强度等级	抗压强度/MPa		抗折荷重/kN	
	平均值不小于	单块最小值不小于	平均值不小于	单块最小值不小于
MU30	30.0	22.0	13.5	9.0
MU25	25.0	18.0	11.5	7.5
MU20	20.0	14.0	9.5	6.0
MU15	15.0	10.0	7.5	4.5
MU10	10.0	6.5	5.5	3.0

2. 砌块

砌块一般指混凝土空心砌块、加气混凝土砌块及硅酸盐实心砌块。此外,还有用粘土、煤矸石等为原料,经焙烧而制成的烧结空心砌块。砌块按尺寸大小可分为小型、中型和大型三种,我国通常把砌块高度为180~350mm的称为小型砌块,高度为360~900mm的称为中型砌块,高度大于900mm的称为大型砌块。我国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集料混凝土制成,主要规格尺寸为390mm×190mm×190mm、390mm×240mm×190mm,空心率一般在25%~50%之间,一般简称为混凝土砌块或砌块,如图11-3所示。

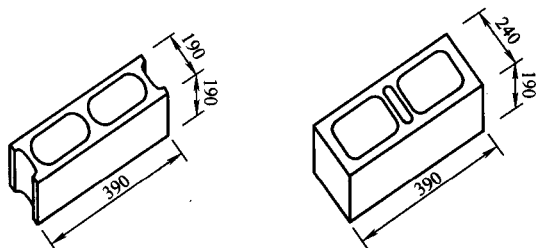


图 11-3 砌块材料

混凝土空心砌块的强度等级是根据标准试验方法,按毛截面面积计算的极限抗压强度值来划分的。《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)规定,混凝土小型空心砌块的强度等级为 MU20、MU15、MU10、MU7.5 和 MU5 五个等级,其强度等级指标见表 11-3。

表 11-3 混凝土小型空心砌块强度等级指标

(单位:MPa)

强度等级	砌块抗压强度	
	平均值不小于	单块最小值不小于
MU20	20.0	16.0
MU15	15.0	12.0
MU10	10.0	8.0
MU7.5	7.5	6.0
MU5	5.0	4.0

3. 石材

石材主要来源于重质岩石和轻质岩石。天然石材分为料石和毛石两种。料石按其加工后外形的规则程度又分为细料石、半细料石、粗料石和毛料石。《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)规定,石材的强度等级分为 MU100、MU80、MU60、MU50、MU40、MU30 和 MU20 七级。

4. 砌筑砂浆

将砖、石、砌块等块材粘结成砌体的砂浆称为砌筑砂浆,它由胶结料、细集料和水配制而成,为改善其性能,常在其中添加掺入料和外加剂。砂浆的作用是将砌体中的单个块体连成整体,并抹平块体表面,从而促使其表面均匀受力,同时填满块体间的缝隙,减少砌体的透气性,提高砌体的保温性能和抗冻性能。

(1) 砂浆的分类。砂浆有水泥砂浆、混合砂浆和非水泥砂浆三种类型。

1) 水泥砂浆是由水泥、砂子和水搅拌而成,其强度高,耐久性好,但和易性差,一般用于对强度有较高要求的砌体。

2) 混合砂浆是在水泥砂浆中掺入适量的塑化剂,如水泥石灰砂浆、水泥粘土砂浆等。这种砂浆具有一定的强度和耐久性,且和易性和保水性较好,是一般墙体中常用的砂浆

类型。

3) 非水泥砂浆有石灰砂浆、粘土砂浆和石膏砂浆。这类砂浆强度不高,有些耐久性也不够好,故只能用在受力小的砌体或简易建筑和临时性建筑中。

(2) 砂浆的强度等级。砂浆的强度等级是根据其试块的抗压强度确定的,试验时应采用同类块体为砂浆试块底模,由边长为 70.7mm 的立方体标准试块,在温度为 15~25℃ 环境下硬化、龄期 28d (石膏砂浆为 7d) 的抗压强度来确定。砌筑砂浆的强度等级分为 M15、M10、M7、M5 和 M2.5。其中 M 表示砂浆 (Mortar),其后数字表示砂浆的强度大小 (单位为 MPa)。混凝土小型空心砌块砌筑砂浆的强度等级用 Mb 标记 (b 表示 block),以区别于其他砌筑砂浆,其强度等级分为 Mb30、Mb25、Mb20、Mb15、Mb10、Mb7.5 和 Mb5 七级。

(3) 砂浆的性能要求。为满足工程质量和施工要求,砂浆除应具有足够的强度外,还应具有较好的和易性和保水性。和易性好,则便于砌筑、保证砌筑质量和提高施工工效;保水性好,则不致在存放、运输过程中出现明显的泌水、分层和离析,以保证砌筑质量。水泥砂浆的和易性和保水性不如混合砂浆好,在砌筑墙体、柱时,除有防水要求外,一般采用混合砂浆。

11.2.3 砌体的力学性能

1. 砌体的受压性能

(1) 砌体的受压破坏特征。试验研究表明,砌体轴心受压从加载直到破坏,按照裂缝的出现、发展和最终破坏,大致经历以下三个阶段:

第一阶段:从砌体受压开始,当压力增大至 50%~70% 的破坏荷载时,砌体内出现第一条(批)裂缝。对于砖砌体,在此阶段,单块砖内产生细小裂缝,且多数情况下裂缝约有条数,但一般均不穿过砂浆层,如果不再增加压力,单块砖内的裂缝也不会继续发展,如图 11-4a 所示。对于混凝土小型空心砌块,在此阶段,砌体内通常只产生一条细小裂缝,但裂缝往往在单个块体的高度内贯通。

第二阶段:随着荷载的增加,当压力增大至 80%~90% 的破坏荷载时,单个块体内的裂缝将不断发展,裂缝沿着竖向灰缝通过若干皮砖或砌块,并逐渐在砌体内连接成一段段较连续的裂缝。此时荷载即使不再增加,裂缝仍会继续发展,砌体已临近破坏,在工程实践中可视为其处于十分危险的状态,如图 11-4b 所示。

第三阶段:随着荷载的继续增加,则砌体中的裂缝迅速延伸、宽度扩展,连续的竖向贯通裂缝把砌体分割形成小柱体,砌体个别块体材料可能被压碎或小柱体失稳,从而导致整个砌体的破坏,如图 11-4c 所示。

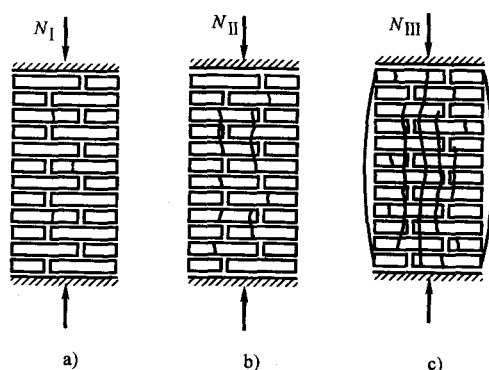


图 11-4 砖砌体的受压破坏

(2) 砌体的受压应力状态。砌体是由块体与砂浆粘结而成,砌体在压力作用下,其强度取决于砌体中块体和砂浆的受力状态,这是与单一匀质材料的受压强度不同的。在砌体试验时,测得的砌体强度远低于块体的抗压强度,这是因其砌体中单个块体所处的复杂应力状

态所造成的，其复杂应力状态可用砌体本身的性质加以说明。

1) 由于砌体中的块体材料本身的形状不完全规则平整、灰缝的厚度不一且不一定均匀饱满，故使得单个块体材料在砌体内受压不均匀，且在受压的同时还处于受弯和受剪状态，如图 11-5 所示。由于砌体中的块体的抗弯和抗剪的能力一般都较差，故砌体内第一批裂缝出现在单个块体材料内，这是因单个块体材料受弯、受剪所引起的。

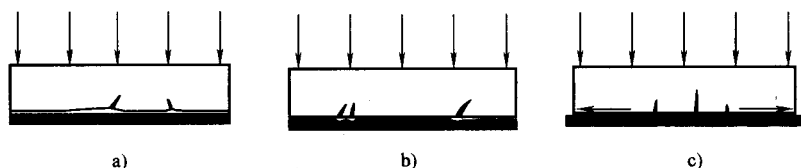


图 11-5 砌体中单个块体的受压状态

a) 块体表面不平整 b) 砂浆表面不平 c) 砂浆变形

2) 砌体内的块体材料可视为作用在弹性地基上的梁，砂浆可视为这一弹性地基。当砌体受压时，由于砌块与砂浆的弹性模量及横向变形系数不同，砌体中块体材料的弹性模量一般均比强度等级低的砂浆的弹性模量大。而砂浆强度越低，砂浆弹性模量与块体材料的弹性模量差值越大时，块体和砂浆在同一压力作用下其变形的差值越大，即在砌体受压时块体的横向变形将小于砂浆的横向变形，但由于砌体中砂浆的硬化粘结，块体材料和砂浆间存在切向粘结力，在此粘结力作用下，块体将约束砂浆的横向变形，而砂浆则有使块体横向变形增加的趋势，并由此在块体内产生拉应力，故单个块体在砌体中处于压、弯、剪及拉的复合应力状态，其抗压强度降低；相反，砂浆的横向变形由于块体的约束而减小，因而砂浆处于三向受压状态，抗压强度提高。由于块体与砂浆的相互作用，使得砌体的抗压强度比相应块体材料的强度要低很多，而当用较低强度等级的砂浆砌筑砌体时，砌体的抗压强度却接近或超过砂浆本身的强度，甚至刚砌筑好的砌体，砂浆强度为零时也能承受一定荷载，这与砌块和砂浆的相互作用有关。对于用较低强度等级砂浆砌筑的砌体，由于砌块内附加拉应力产生早且发展快，从而砌块内裂缝出现较早，发展也较快。对于用较高强度等级砂浆砌筑的砌体，由于砂浆和砌块的弹性模量相差不大，其横向变形也相差不大，故两者之间的相互作用不明显，砌体强度就不能高于砂浆本身的强度。

3) 砌体的竖向灰缝不饱满、不密实，易在竖向灰缝上产生应力集中，同时竖向灰缝内的砂浆和砌块的粘结力也不能保证砌体的整体性。因此，在竖向灰缝上的单个块体内将产生拉应力和剪应力的集中，从而加快块体的开裂，引起砌体强度的降低。

(3) 影响砌体抗压强度的因素。砌体是一种复合材料，其抗压性能不仅与块体和砂浆材料的物理、力学性能有关，还受施工质量以及试验方法等多种因素的影响。通过对各种砌体在轴心受压时的受力分析及试验结果表明，影响砌体抗压强度的主要因素有以下几个：

1) 块体和砂浆强度。块体与砂浆的强度等级是确定砌体强度最主要的因素。一般来说，砌体强度将随块体和砂浆强度的提高而增高；且单个块体的抗压强度在某种程度上决定了砌体的抗压强度，块体抗压强度高时，砌体的抗压强度也较高，但砌体的抗压强度并不会与块体和砂浆强度等级的提高同比例增高。对于砌体结构中所用砂浆，其强度等级越高，砂浆的横向变形越小，砌体的抗压强度也将有所提高。

2) 砂浆的性能。除了强度以外，砂浆的保水性、流动性和变形能力均对砌体的抗压强

度有影响。砂浆的流动性大,保水性好时,容易铺成厚度均匀和密实性良好的灰缝,可降低单个块体内的弯、剪应力,从而提高砌体强度。砂浆弹性模量的大小及砂浆的变形性能对砌体强度亦具有较大的影响。当块体强度不变时,砂浆的弹性模量决定其变形率,砂浆强度等级越低,变形越大,块体受到的拉应力与剪应力就越大,砌体强度也就越低。而砂浆的弹性模量越大,其变形率越小,相应砌体的抗压强度也越高。

3) 块体的尺寸、几何形状与灰缝的厚度。块体的尺寸、几何形状及表面的平整程度对砌体的抗压强度的影响也较为明显。砌体中块体高度增大,其块体的抗弯、抗剪及抗拉能力增大,抗压强度提高;砌体中块体的长度增加时,块体在砌体中引起的弯、剪应力也较大,其抗压强度降低。因此,砌体强度随块体高度的增大而加大,随块体长度的增大而降低。而当块体的形状越规则,表面越平整时,块体的受弯、受剪作用越小,故而砌体的抗压强度可得到提高。砂浆灰缝的作用在于将上层砌体传下来的压力均匀地传到下层去。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,虽然砂浆横向变形的不利影响可大大降低,但难以保证灰缝的均匀与密实性,使单块块体处于弯剪作用明显的不利受力状态,严重影响砌体的强度。因此,应控制灰缝的厚度,使其处于既容易铺砌均匀密实,厚度又尽可能薄的状态。实践证明,对于砖和小型砌块砌体,灰缝厚度应控制在8~12mm,对于料石砌体,一般不宜大于20mm。

4) 砌筑质量。砌筑质量的影响因素有多种,砌体砌筑时水平灰缝的饱满度、水平灰缝厚度、块体材料的含水率以及组砌方法等关系着砌体质量的优劣。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,从而提高砌体抗压强度;反之,则使砌体强度降低。《砌体工程施工及验收规范》(GB 50203—1998)规定,砌体水平灰缝的砂浆饱满程度不得低于80%,砖柱和宽度小于1m的窗间墙竖向灰缝的砂浆饱满程度不得低于60%。砌体的组砌方法对砌体的强度和整体性的影响也很明显。工程中常采用的一顺一丁、梅花丁和三顺一丁法砌筑的砖砌体,整体性好,砌体抗压强度可以得到保证。

砌体的抗压强度除以上一些影响因素外,还与砌体的龄期和抗压试验方法等因素有关。因砂浆强度随龄期增长而提高,故砌体的强度亦随龄期增长而提高,但在龄期超过28d后,强度增长缓慢。砌体抗压时试件的尺寸、形状和加载方式的不同,其所得的抗压强度也不同。

(4) 砌体抗压强度计算公式。全面正确地反映影响砌体抗压强度的各种因素,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。因此,《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)给出了一个适用于各类砌体抗压平均强度的通用表达式:

$$f_m = k_1 f_1 \alpha (1 + 0.07 f_2) k_2 \quad (11-1)$$

式中 f_m ——砌体轴心抗压强度平均值(MPa);

f_1 ——块体的抗压强度平均值(MPa);

f_2 ——砂浆的抗压强度平均值(MPa);

k_1 ——与块体类别及砌体类别有关的参数,对于砖砌体, $k_1 = 0.78$;

k_2 ——砂浆强度影响的修正参数,对于砖砌体,当 $f_2 < 1$ 时, $k_2 = 0.6 + 0.4 f_2$;

α ——与块体类别及砌体类别有关的参数,对于砖砌体, $\alpha = 0.5$ 。其他砌体(石、砌块等)的参数可参照《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)。

2. 砌体的受拉、受弯和受剪性能