

J I E G O U G O N G C H E N G S H I

一、二级注册结构工程师专业考试复习丛书

砌体结构与木结构

许淑芳 主编



中国建筑工业出版社

一、二级注册结构工程师专业考试复习丛书

砌体结构与木结构

许淑芳 主编

许淑芳 熊仲明 编

王庆霖 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

一、二级注册结构工程师专业考试复习丛书·砌体结构与木结构/许淑芳主编. —北京:中国建筑工业出版社, 2003

ISBN 7-112-05782-5

I. 一… II. 许… III. ①砌块结构—结构工程师—资格考试—自学参考资料②木结构—结构工程师—资格考试—自学参考资料 IV. TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 031740 号

本书为一、二级注册结构工程师专业考试复习丛书之一。全书共 9 章。主要内容:砌体材料及其力学性质;砌体结构的设计原则;无筋砌体构件的承载力计算;配筋砌体构件的承载力计算;配筋砌体构件的承载力计算;混合结构房屋墙体设计;砌体结构构造要求;混合结构房屋其他结构构件设计;砌体结构抗震设计;木结构。书中有大量的例题思考题和练习题。

本书除供注册考试考生使用外,也可供大中专院校师生及工程技术人员参考。

一、二级注册结构工程师专业考试复习丛书

砌体结构与木结构

许淑芳 主编

许淑芳 熊仲明 编

王庆霖 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

世界知识印刷厂印刷

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:10³/₄ 字数:256 千字

2003 年 5 月第一版 2003 年 5 月第一次印刷

印数:1—8000 册 定价:18.00 元

ISBN 7-112-05782-5

TU·5079(11421)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

前 言

为了配合全国一、二级注册结构工程师专业考试,特编写此书。本书作为全国一、二级注册结构工程师专业考试复习丛书之一,介绍了砌体结构和木结构的基本理论和主要设计原理及方法,并根据一、二级注册结构工程师专业考试大纲的要求,突出重点,加强基本理论及设计方法的训练。书中附有较多的例题、思考题和练习题。

本书所遵循的规范为:《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001);《砌体工程施工质量验收规范》(GB 50203—2002);《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001);《木结构设计规范》(GBJ 5—88);《木结构工程施工质量验收规范》(GB 50206—2002)。

本书共分9章。其中第一、三、四、七、八章由西安建筑科技大学许淑芳编写;第二、五、六、九章由西安建筑科技大学熊仲明编写。全书由王庆霖教授主审。

本书除了供报考一、二级注册结构工程师的工程技术人员复习参考外,对土木工程从业人员以及大专院校的土木工程专业学生亦有一定的参考价值。

由于编者水平有限以及时间仓促,差错和不足有所难免,恳请读者提出宝贵意见。

目 录

第一章 砌体材料及其力学性能	1
第一节 块体、砂浆和灌孔混凝土	1
第二节 砌体的类型	5
第三节 砌体的强度	7
第四节 砌体的变形性能及其他性能	12
第五节 思考题与练习题及答案	15
第二章 砌体结构的设计原则	17
第一节 砌体结构的可靠度	17
第二节 砌体的强度标准值和设计值	18
第三节 思考题与练习题及答案	20
第三章 无筋砌体构件的承载力计算	22
第一节 受压构件	22
第二节 双向偏心受压构件	28
第三节 局部受压	30
第四节 轴心受拉、受弯和受剪构件	39
第五节 思考题与练习题及答案	42
第四章 配筋砌体构件承载力计算	45
第一节 网状配筋砖砌体受压构件	45
第二节 组合砖砌体受压构件	47
第三节 砖砌体和钢筋混凝土构造柱组合墙	52
第四节 配筋砌块砌体构件	53
第五节 思考题与练习题及答案	56
第五章 混合结构房屋墙体设计	59
第一节 混合结构房屋空间刚度和静力计算方案	59
第二节 墙、柱的高厚比验算	62
第三节 单层混合结构房屋的计算	69
第四节 多层混合结构房屋的计算	76
第五节 混合结构地下室墙的计算	82
第六节 设计例题	83
第七节 思考题与练习题及答案	88
第六章 砌体结构构造要求	92
第一节 圈梁	92
第二节 墙体的构造要求和防止墙体开裂的措施	93
第三节 思考题与练习题及答案	96
第七章 混合结构房屋其他结构构件设计	100

第一节	过梁	100
第二节	墙梁	103
第三节	挑梁	113
第四节	思考题与练习题及答案	117
第八章	砌体结构抗震设计	121
第一节	砌体结构房屋抗震设计的一般原则	121
第二节	砌体房屋抗震构造措施	123
第三节	无筋砌体多层房屋抗震承载力计算	126
第四节	底部框架和多层内框架房屋抗震设计要点	131
第五节	例题与思考题	135
第九章	木结构	142
第一节	材料	142
第二节	构件承载力计算	145
第三节	连接计算和构造	148
第四节	思考题与练习题及答案	157
参考文献		163

第一章 砌体材料及其力学性能

第一节 块体、砂浆和灌孔混凝土

一、块体

(一) 块体的分类

1. 烧结普通砖

烧结普通砖是以黏土、页岩、粉煤灰等为主要成分,经塑压制坯,干燥后送入焙烧窑经过高温烧结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。我国实心砖的规格为 $240\text{mm} \times 115\text{mm} \times 53\text{mm}$,重力密度为 $18 \sim 19\text{kN/m}^3$ 。

2. 烧结多孔砖

烧结多孔砖是以黏土、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% 的承重多孔砖。国家标准《承重黏土空心砖》(JC 196—75)推荐了三种空心砖规格:KP1 型,规格尺寸为 $240\text{mm} \times 115\text{mm} \times 90\text{mm}$;KP2 型,规格尺寸为 $240\text{mm} \times 180\text{mm} \times 115\text{mm}$,配砖尺寸为 $240\text{mm} \times 115\text{mm} \times 115\text{mm}$ 及 $180\text{mm} \times 115\text{mm} \times 115\text{mm}$;KM1 型,规格尺寸为 $190\text{mm} \times 190\text{mm} \times 90\text{mm}$,配砖尺寸为 $190\text{mm} \times 90\text{mm} \times 90\text{mm}$ (图 1-1)。新的建材国家标准《烧结多孔砖》(GB 13544—2000)对孔洞率、孔洞排列、产品等级等均有新的规定。

3. 非烧结硅酸盐砖

非烧结硅酸盐砖是用硅酸盐材料压制成型后,经压力釜蒸汽养护而制成的实心砖。其规格尺寸同烧结普通砖。常用的非烧结硅酸盐砖有蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖。

(1) 蒸压灰砂砖 以石英砂和石灰为主要原料制成的砖。具有强度高、大气稳定性良好、干缩率小等性能。

(2) 蒸压粉煤灰砖 以粉煤灰为主要原料,掺配适量的石灰、石膏或其他碱性激发剂,再加入一定数量的炉渣作为骨料制成的砖。

4. 砌块

砌块是指采用普通混凝土或利用浮石、火山渣、陶粒等为骨料的轻骨料混凝土制成的实心或空心砌块。

混凝土砌块规格多样,一般将高度在 $180 \sim 350\text{mm}$ 的砌块称为小型砌块;高度在 $360 \sim 900\text{mm}$ 的砌块称为中型砌块;高度大于 900mm 的砌块称为大型砌块。小型砌块尺寸较小、自重较轻、型号多、使用灵活、便于手工操作,目前我国应用很广泛。中型、大型砌块尺寸较大、自重较重、适用于机械起吊和安装,可提高施工速度、减轻劳动强度,但其型号不多,使用不够灵活,在我国很少采用。所以新修订的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)(以后有时简称《砌体规范》)所列的砌块是指小型砌块。图 1-2 为常用的几种混凝土小型砌块。

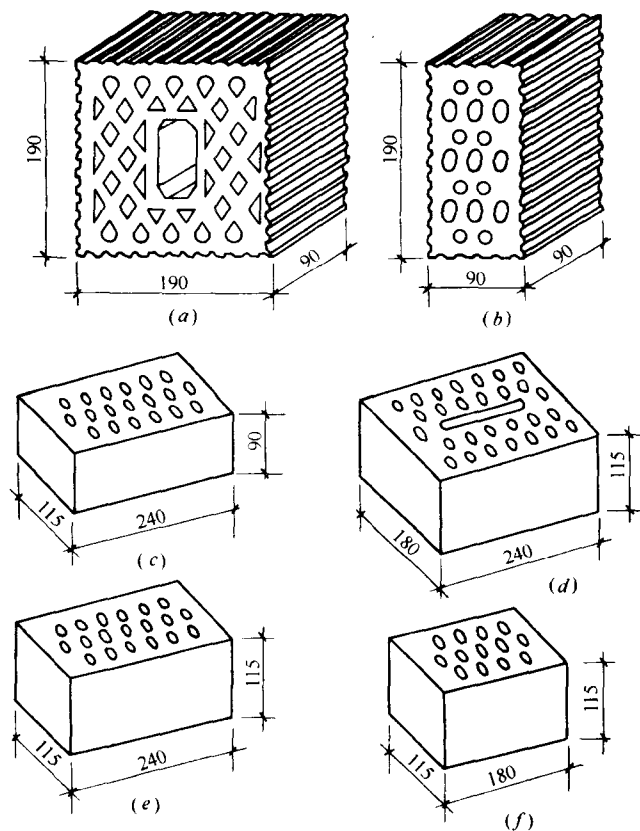


图 1-1 常用烧结多孔砖
(a)KM1 型;(b)KM1 型配砖;(c)KP1 型;(d)KP2 型;(e)、(f)KP2 型配砖

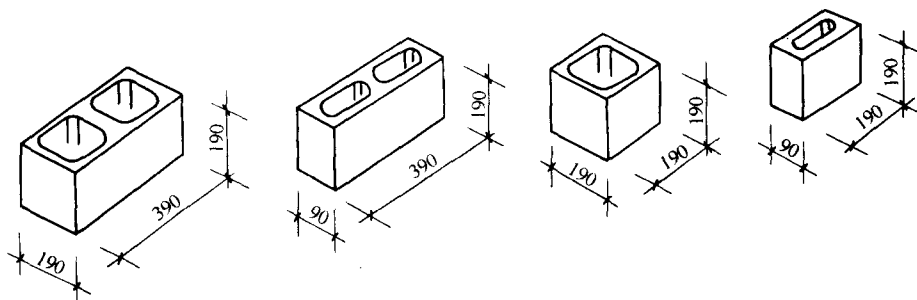


图 1-2 常用混凝土小型砌块

5. 石材

石材一般采用重质天然石,如花岗岩、砂岩、石灰岩等。石材按其加工的外形规则程度分为料石和毛石两类。

(1) 料石

料石按照其加工的外形规则程度不同又可分为以下几种:

1) 细料石 通过细加工,外形规则。叠砌面凹入深度不应大于 10mm。截面的宽度、高度不宜小于 200mm,且不宜小于长度的 $1/4$ 。

- 2) 半细料石 规格尺寸同细料石,叠砌面凹入深度不应大于 15mm。
- 3) 粗料石 规格尺寸同上,叠砌面凹入深度不应大于 20mm。
- 4) 毛料石 外形大致方正,一般不加工或稍加工修整,高度不应小于 200mm,叠砌面凹入深度不应大于 25mm。

(2) 毛石

形状不规则,中部厚度不应小于 200mm 的块石。

(二) 块体强度等级

按标准试验方法得到的以 MPa 表示的块体抗压强度平均值称为块体的强度等级。

1. 砖强度等级的确定及划分

对于实心砖,由于其厚度较小,为了防止在砌体中过早断裂,在确定强度等级时,除依据抗压强度外,还应满足按相应强度等级规定的抗折强度要求。砖抗压强度等级由抗压强度(10 块平均值、单块最小值)和抗折强度(5 块平均值、单块最小值)综合确定。烧结普通砖的抗压强度采用的试件为两个半砖(115mm×115mm×120mm),中间用一道平灰缝连接。确定蒸压粉煤灰砖的强度等级时,其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。空心块材的强度等级是由试件破坏荷载值除以受压毛面积确定的,在设计计算时不需再考虑孔洞的影响。

《砌体规范》规定各种砖的强度等级划分为:

烧结普通砖、烧结多孔砖的强度等级:MU30、MU25、MU20、MU15 和 MU10;

蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖的强度等级:MU25、MU20、MU15 和 MU10。

2. 砌块强度等级的确定及划分

砌块的强度等级由 3 个试块单块抗压强度平均值确定。确定掺有粉煤灰 15% 以上的混凝土砌块的强度等级时,其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。

砌块的强度等级划分为:MU20、MU15、MU10、MU7.5 和 MU5。

3. 石材的强度等级的确定及划分

石材的强度等级,可用边长为 70mm 的立方体试块的抗压强度表示。抗压强度取三个试件破坏强度的平均值。试件也可采用表 1-1 所列边长的立方体,但应对试验结果乘以相应的换算系数后方可作为石材的强度等级。

石材强度等级的换算系数

表 1-1

立方体边长(mm)	200	150	100	70	50
换算系数	1.43	1.28	1.14	1	0.86

石材的强度等级划分为:MU100、MU80、MU60、MU50、MU40、MU30 和 MU20。

二、砂浆

1. 砂浆的种类

(1) 一般砌体砌筑砂浆按其组成成分不同可分为以下三类:

1) 水泥砂浆:由水泥、砂和水拌合而成的砂浆。这种砂浆强度高、耐久性好,适宜于砌筑对强度有较高要求的地上砌体及地下砌体。但是,这种砂浆的和易性和保水性较差,施工难度较大。

2) 混合砂浆:在水泥砂浆中掺入一定比例塑化剂的砂浆。例如水泥石灰砂浆、水泥石膏砂浆等。混合砂浆的和易性、保水性较好,便于施工砌筑。适用于砌筑一般地面以上的墙、柱砌体。

3) 非水泥砂浆:为不含水泥的砂浆。例如石灰砂浆、石膏砂浆、黏土砂浆等。这类砂浆强度低、耐久性差,只适宜于砌筑承受荷载不大的砌体或临时性建筑物、构筑物的砌体。

(2) 混凝土砌块砌筑砂浆:由水泥、砂子、水以及根据需要掺入的掺和料和外加剂等组分,按一定比例,采用机械搅拌而成,专门用于砌筑混凝土砌块的砌筑,简称砌块专用砂浆。

2. 砂浆强度等级的确定及划分

砂浆强度等级采用 6 块边长为 70.7mm 的立方体标准试块,在标准条件下养护 28d,进行抗压试验所得的以 MPa 表示的抗压强度平均值确定。确定砂浆强度等级时应采用同类块体为砂浆强度试块底模。

砂浆强度等级划分为: M15、M10、M7.5、M5 和 M2.5。

混凝土砌块砌筑砂浆强度等级划分为: Mb15、Mb10、Mb7.5 和 Mb5。

3. 对砂浆质量的要求

为了满足工程设计需要和施工质量,砂浆应当满足以下要求:

- 1) 砂浆应有足够的强度,以满足砌体的强度要求。
- 2) 砂浆应具有较好的和易性,以便于砌筑、保证砌筑质量和提高工效。
- 3) 砂浆应具有适当的保水性,使其在存放、运输和砌筑过程中不出现明显的泌水、分层、离析现象,以保证砌筑质量、砂浆的强度和砂浆与块材之间的粘结力。

三、灌孔混凝土

在混凝土小型砌块建筑中,为了提高房屋的整体性、承载能力和抗震性能,常在砌块孔洞中设置钢筋并浇入灌孔混凝土,使其形成钢筋混凝土芯柱。在有些混凝土小型砌块砌体中,虽然孔内并没有配钢筋,但为了增大砌体的横截面积或为了满足其他功能要求,也需要灌孔。灌孔混凝土用普通水泥、砂子、碎石(豆石)、水以及根据需要掺入的掺和料和外加剂等组成,按一定比例,采用机械搅拌而成。碎石直径一般不大于 10mm。灌孔混凝土应具有较大流动性,其坍落度应控制在 200~250mm。

根据灌孔尺寸大小和灌注高度不同,灌孔混凝土又分为粗灌孔混凝土和细灌孔混凝土。二者的区别为细灌孔混凝土中不加碎石(豆石),仅为一定比例的水泥、砂子和水,有时还加少量白灰。

为了保证施工质量,要求灌孔混凝土既容易灌注又不致离析,并能保证钢筋的正确位置。

灌孔混凝土的强度等级 $C_{b \times \times}$ 等同于对应的混凝土强度等级 $C_{\times \times}$ 的强度指标。砌块砌体的灌孔混凝土的强度等级不应低于 C_{b20} ,也不宜低于两倍的块体强度等级。

四、块体及砂浆的选择

在砌体结构设计中,块体及砂浆的选择既要保证结构的安全可靠,又要获得合理的经济技术指标。一般应按照以下的原则和规定进行选择:

(1) 应根据“因地制宜,就地取材”的原则,尽量选择当地性能良好的块材和砂浆材料,以获得较好的技术经济指标。

(2) 为了保证砌体的承载力,要根据设计计算选择强度等级适宜的块体和砂浆。

(3) 要保证砌体的耐久性。所谓耐久性就是要保证砌体在长期使用过程中具有足够的

承载能力和正常使用性能,避免或减少块体中可溶性盐的结晶风化导致块体掉皮和层层剥落现象。另外,块体的抗冻性能对砌体的耐久性有直接影响。抗冻性的要求是要保证在多次冻融循环后块体不至于剥蚀及强度降低。一般块体吸水率越大,抗冻性越差。

(4) 严格遵守《砌体规范》中关于块体和砂浆最低强度等级的规定:

1) 在非抗震设计中,五层、五层以上房屋的墙以及受振动或层高大于 6m 的墙、柱所用的块材和砂浆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 M5。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) 地面以下或防潮层以下的砌体,潮湿房间的墙,所用材料的最低强度等级应符合表 1-2 的要求。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。

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 表 1-2

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

3) 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,其孔洞应用水泥砂浆灌实。当采用混凝土砌块砌体时,其孔洞应采用强度等级不低于 Cb20 的混凝土灌实。

第二节 砌 体 的 类 型

砌体按其配筋与否可分为无筋砌体和配筋砌体两大类。

仅由块体和砂浆组成的砌体称为无筋砌体。无筋砌体包括砖砌体、砌块砌体和石砌体。无筋砌体应用范围广泛,但抗震性能较差。

配筋砌体是在砌体中设置了钢筋或钢筋混凝土材料的砌体。配筋砌体的抗压、抗剪和抗弯承载力高于无筋砌体,并有较好的抗震性能。

一、无筋砌体

1. 砖砌体

按照采用砖的类型不同,砖砌体可分为烧结普通砖砌体、烧结多孔砖砌体以及各种硅酸盐砖砌体。

砖砌体在工程中应用广泛,例如建筑物的墙、柱、基础;挡土墙、小型水池池壁、涵洞等。砖砌体通常采用一顺一丁、梅花丁和三顺一丁的砌筑方式(图 1-3)。

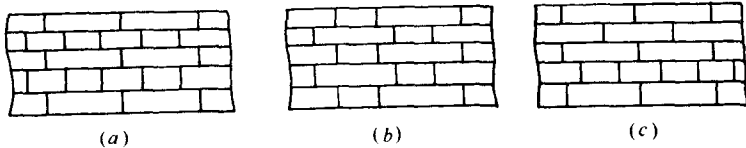


图 1-3 砖的砌筑方式

(a)一顺一丁;(b)梅花丁;(c)三顺一丁

2. 砌块砌体

我国目前使用的砌块砌体多为小型混凝土空心砌块砌体,主要用于多层民用建筑、工业建筑的墙体结构。混凝土小型砌块在砌筑中较一般砖砌体复杂。一方面要保证上下皮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,在砌筑前应将各配套砌块的排列方式进行设计,要尽量采用主规格砌块。砌块不得与普通砖等混合砌筑。砌块墙体一般由单排砌块砌筑,即墙厚度等于砌块宽度。

3. 石砌体

石砌体分为料石砌体、毛石砌体和毛石混凝土砌体(图 1-4)。

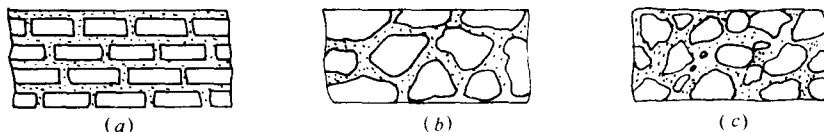


图 1-4 料石砌体、毛石砌体和毛石混凝土砌体

(a)料石砌体;(b)毛石砌体;(c)毛石混凝土砌体

料石砌体和毛石砌体均用砂浆砌筑。料石砌体可以用作民用房屋的承重墙、柱和基础,还可以用于建造石拱桥、石坝和涵洞等。毛石砌体可用于建造一般民用建筑房屋及规模不大的构筑物基础,也常用于挡土墙和护坡。

毛石混凝土砌体是在模板内交替铺设混凝土及形状不规则的毛石层而形成的石砌体。毛石混凝土砌体多用于一般民用房屋和构筑物的基础及挡土墙等。

二、配筋砖砌体

我国目前常用的配筋砖砌体主要有两种类型,即横向配筋砖砌体和组合砖砌体。

1. 横向配筋砖砌体

横向配筋砖砌体是指在砖砌体的水平灰缝内配置钢筋网片或水平钢筋的砌体(图 1-5)。网状配筋砌体主要用于轴心受压和偏心距较小的偏心受压构件。在轴向压力作用下构件横向变形受到约束,因而提高了构件的抗压承载力,同时也提高了构件的变形能力。在砖墙中配置水平钢筋,还可以提高墙体的受剪承载力。

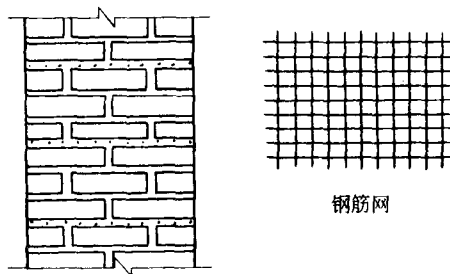


图 1-5 横向配筋砖砌体柱

2. 组合砖砌体

外表面或内部配有钢筋混凝土或钢筋砂浆的砖砌体称为组合砖砌体。目前我国应用较多的组合砖砌体有以下两种:

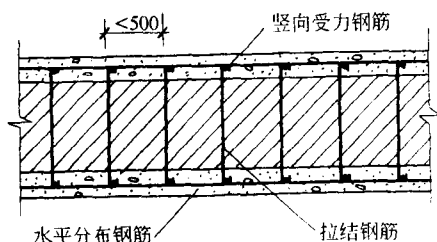


图 1-6 外包式组合砖砌体墙

(1) 外包式组合砖砌体

指在砖砌体墙或柱外侧配置一定厚度的钢筋混凝土面层或钢筋砂浆面层,以提高砌体的抗压、抗弯和抗剪能力。图 1-6 为常用的外包式组合砖砌体墙。

(2) 内嵌式组合砖砌体

如图 1-7 所示,砖砌体和钢筋混凝土构造柱

组合墙是一种常用的内嵌式组合砖砌体。工程实践证明,在砌体墙的纵横墙交接处、大洞口边缘及墙体中部,设置钢筋混凝土构造柱不但可以提高墙体的受压、受剪承载力,同时构造柱与房屋圈梁连接组成钢筋混凝土空间骨架,对增强房屋的变形能力和抗倒塌能力十分明显。这种墙体施工必须先砌墙,后浇筑钢筋混凝土构造柱。砌体与构造柱连接面应按构造要求砌成马牙槎,以保证二者的共同工作性能。

三、配筋混凝土空心砌块砌体

混凝土空心砌块在砌筑中,上下孔洞对齐,在竖向孔中配置钢筋、浇筑灌孔混凝土,在横肋凹槽中配置水平钢筋并浇注灌孔混凝土或在水平灰缝配置水平钢筋,所形成的砌体结构称为配筋混凝土空心砌块砌体,简称配筋砌块砌体(见图 1-8)。这种配筋砌体自重轻、地震作用小,抗震性能好,受力性能类似于钢筋混凝土结构,但造价较钢筋混凝土结构低。

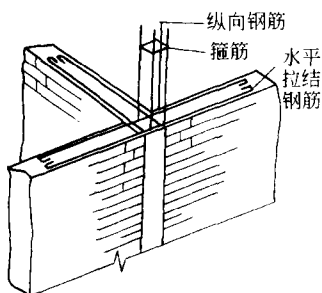


图 1-7 内嵌式组合砖砌体墙

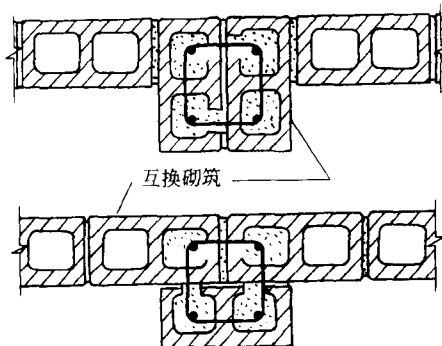


图 1-8 配筋混凝土空心砌块砌体(带壁柱墙)

第三节 砌体的强度

一、砌体的受压破坏特征

砖砌体标准试件尺寸为 $240\text{mm} \times 370\text{mm} \times 720\text{mm}$ 。砌体轴心受压时从加荷开始直到破坏,其受力及破坏过程可分为以下三个阶段:

(1) 第一阶段:从开始加荷到砌体中个别单砖出现裂缝(图 1-9a)。其荷载大致为砌体极限荷载的 50% ~ 70%。如果此时不再继续增大荷载,单砖裂缝并不发展。

(2) 第二阶段:继续加荷,砌体内的单砖裂缝开展和延伸,逐渐形成上下贯通多皮砖的连续裂缝,同时还有新裂缝不断出现(图 1-9b)。其荷载约为极限荷载的 80% ~ 90%。此时即便不再增加荷载,裂缝仍会缓慢发展。

(3) 第三阶段:若继续加荷,裂缝很快延长、加宽,砌体被贯通的竖向裂缝分割成若干独立小柱(图 1-9c)。最终因局部砌体被压碎或小柱失稳而导致砌体试件破坏。

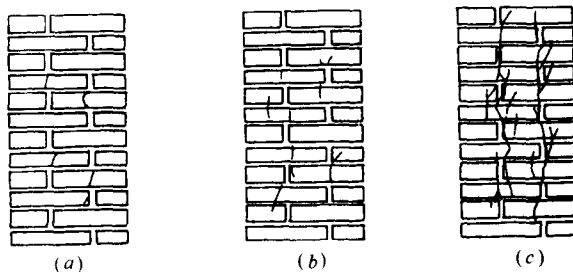


图 1-9 砖砌体受压破坏特征

(a) 开始出现裂缝;(b) 形成贯通竖向裂缝;(c) 极限状态

试验证明砌体受压时的抗压强度均小于块体均匀受压时的抗压强度。

二、砌体受压时的应力状态

1. 砌体中单砖处于压、弯、剪复合受力状态

砌体在砌筑过程中,水平砂浆铺设不饱满、不均匀,加之砖表面可能不十分平整(图 1-10a),使砖在砌体中并非是均匀受压,而是处于压、弯、剪复合受力状态;另一方面,由于砖与砂浆变形模量不同,砖可视为以砂浆和下部砌体为弹性地基的梁,亦使砖的弯剪应力增大。由于砖的脆性性质,其抗拉、抗剪强度很低,弯曲产生的拉应力和剪切应力可使单砖首先出现裂缝。

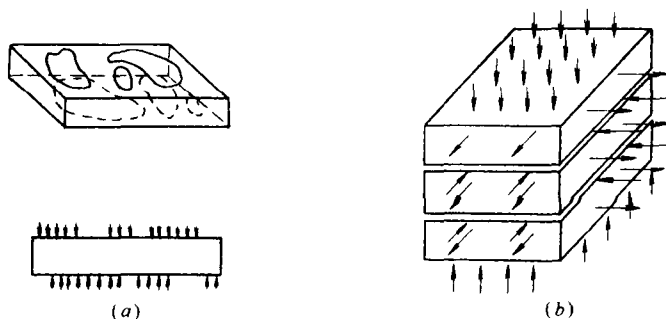


图 1-10 砌体中单砖受力示意图

2. 砌体中砖与砂浆的交互作用使砖承受水平拉应力

砌体在受压时要产生横向变形,砖和砂浆的弹性模量和横向变形系数不同,一般情况下,砖的横向变形小于砂浆的变形。但是,由于砖与砂浆之间粘结力和摩擦力的作用,使二者的横向变形保持协调。砖与砂浆的相互制约使砖内产生横向拉应力,使砂浆内产生横向压应力(图 1-10b)。砖中的水平拉应力也会促使单砖裂缝的出现,使砌体强度降低。

3. 竖向灰缝处应力集中使砖处于不利受力状况

砌体中竖向灰缝一般不密实饱满,加之砂浆硬化过程中收缩,使砌体在竖向灰缝处整体性明显削弱。位于竖向灰缝处的砖内产生较大的横向拉应力和剪应力的集中,加速砌体中单砖开裂,降低砌体强度。

三、影响砌体抗压强度的主要因素

1. 块体的强度及外形尺寸

试验证明,块体的抗压强度对砌体的抗压强度有明显的影响。在其他条件相同时,块体抗压强度越高,砌体的抗压强度越高。

块体厚度和外形规整程度对砌体的抗压强度影响也很大。从前面砌体受力状态的分析可以看出,块体厚度大,外形规则平整,其在砌体中所受的拉、弯、剪应力较小,有利于推迟块体裂缝的出现,从而延缓了砌体的破坏,使其抗压强度提高。

2. 砂浆的强度

试验证明,在砂浆强度等级不是很高时,块体强度等级一定,提高砂浆强度等级,砌体的抗压强度有较明显增长。当砂浆强度等级过高时,对砌体抗压强度的提高并不明显。

3. 砂浆的变形性能

在其他条件相同时,随着砂浆变形率的增大,块体在砌体中的弹性地基梁作用加大,使

块体中的弯、剪应力加大。同时,随着砂浆变形率的增大,块体与砂浆在发生横向变形时的交互作用加大,使块体中的水平拉应力增大。从而会导致砌体抗压强度的降低。

4. 砂浆的流动性和保水性

砂浆的流动性和保水性好,容易使铺砌的灰缝饱满、均匀和密实,减小单砖在砌体中的弯、剪应力,使抗压强度提高。但过大的流动性会造成砂浆变形率过大,砌体强度反而降低。

纯水泥砂浆虽然抗压强度较高,但由于其流动性和保水性较差,不易保证砌筑时砂浆均匀、饱满和密实,因此会使砌体强度降低 10%~20%。

5. 施工砌筑质量

(1) 水平灰缝的均匀和饱满程度

水平灰缝的均匀饱满可改善块体在砌体中的应力状态,提高砌体的抗压强度。我国《砌体工程施工质量验收规范》(GB 50203—2002)规定:砖砌体水平灰缝砂浆饱满度不小于 80%;砌块砌体水平灰缝砂浆饱满度按净面积计算不得低于 90%,竖向灰缝砂浆饱满度不小于 80%。

(2) 灰缝的厚度

灰缝愈厚,灰缝变形愈大,砌体强度愈低。但灰缝厚度太薄,砂浆不易均匀、不易饱满和密实,也会使砌体强度降低。规范规定砖砌体和砌块砌体的水平灰缝厚度和竖向灰缝宽度宜为 10mm,但不应小于 8mm,也不应大于 12mm。

(3) 砖的含水率

当采用含水率太小的砖砌筑时,砂浆中大部分水分会很快被砖吸收,这不利于砂浆的均匀铺设和硬化,会使砌体强度降低。但砖中含水率过高,会使砌体的抗剪强度降低,同时当砌体干燥时,会产生较大的收缩应力,导致砌体垂直裂缝出现。施工规范规定,砌筑砖砌体时,砖应提前 1~2d 浇水湿润,烧结普通砖、多孔砖含水率宜为 10%~15%;蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖含水率宜为 8%~12%。

(4) 块体的搭接方式

砌筑时块体的搭接方式影响砌体的整体性。整体性不好,会导致砌体强度的降低。为了保证砌体的整体性,烧结普通砖和蒸压砖砌体应上、下错缝,内外搭砌。实心砌体宜采用一顺一丁、梅花丁或三顺一丁的砌筑形式。砖柱不得用包心砌法。

四、各类砌体的抗压强度平均值

我国多年以来对常用的各类砌体抗压强度进行了大量试验研究,获得了数以千计的试验数据,在对这些数据分析研究的基础上,并参考了国外有关研究成果和计算公式,提出了适用于各类砌体的抗压强度平均值计算公式:

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

式中 f_m ——砌体抗压强度平均值(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);

a, k_1 ——不同类型砌体的块材形状、尺寸、砌筑方法等因素的影响系数;

k_2 ——砂浆强度不同对砌体抗压强度的影响系数。

各类砌体的 k_1, a, k_2 取值见表 1-3。

各类砌体轴心抗压强度平均值 f_m (MPa)

表 1-3

砌体种类	$f_m = k_1 f_1^a (1 + 0.07 f_2) k_2$		
	k_1	a	k_2
烧结普通砖、烧结多孔砖、蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖	0.78	0.5	当 $f_2 < 1$ 时, $k_2 = 0.6 + 0.4 f_2$
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 在列表条件以外均等于 1。

2. 混凝土砌块砌体的轴心抗压强度平均值计算时, 当 $f_2 > 10$ MPa 时, 应乘以系数 $1.1 - 0.01 f_2$; MU20 的砌体应乘以系数 0.95, 且满足 $f_1 \geq f_2, f_1 \leq 20$ MPa。

五、砌体的抗拉、抗弯、抗剪强度

(一) 砌体轴心受拉时的抗拉强度

1. 砌体轴心受拉破坏特征

砌体在轴心拉力作用下的破坏可分为以下三种情况:

(1) 当轴心拉力与砌体的水平灰缝平行时, 砌体可能沿齿缝截面破坏(图 1-11a 截面 1—1); 砌体在竖向灰缝中砂浆不易填充饱满和密实, 另外砂浆在硬化时产生收缩, 大大削弱甚至完全破坏了法向粘结力, 而水平灰缝砌筑中容易饱满密实。再者, 在砂浆硬化中砂浆虽然也发生收缩, 但由于上部砌体对其的重力挤压作用, 使切向粘结力非但未遭破坏, 反而有所提高。由此可见, 当砌体沿齿缝破坏时, 起决定作用的是水平灰缝的切向粘结应力。

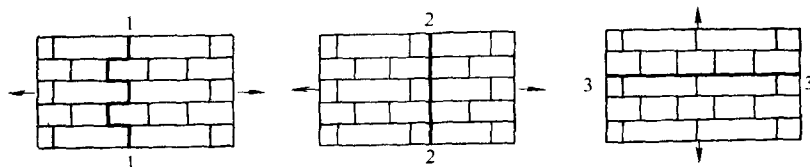


图 1-11 砌体轴心受拉破坏特征

(a) 沿齿缝破坏; (b) 沿块体和竖向灰缝破坏; (c) 沿水平通缝截面破坏

(2) 沿块体和竖向灰缝截面破坏(图 1-11b 截面 2—2)。当砌体沿块体和竖向灰缝截面破坏时, 如上所述, 竖向灰缝中的法向粘结力是不可靠的, 砌体抗拉承载力取决于块体本身的抗拉强度。只有块体强度很低时, 才会发生这种形式的破坏。《砌体规范》对块体的最低强度作了限制后, 实际上防止了这种破坏形态发生。

(3) 当轴向拉力与砌体的水平灰缝垂直时, 砌体发生沿水平通缝截面破坏(图 1-11c)。很显然, 砌体轴心受拉沿通缝破坏时, 对抗拉承载力起决定作用的因素是法向粘结力, 由于法向粘结力很小且无可靠保证, 所以工程中不允许采用垂直于通缝受拉的轴心受拉构件。

2. 砌体轴心抗拉强度平均值

我国长期以来对砌体轴心受拉试件进行了大量试验研究, 提出砌体轴心抗拉强度平均值按式(1-2)计算:

$$f_{t,m} = k_3 \sqrt{f_2} \quad (1-2)$$

式中 $f_{t,m}$ ——砌体轴心抗拉强度平均值(MPa);
 k_3 ——与砌体种类有关的影响系数取值见表 1-4;
 f_2 ——砂浆抗压强度平均值(MPa)。

(二) 砌体受弯时的弯曲抗拉强度

1. 砌体受弯破坏形态

砌体受弯破坏总是从受拉一侧开始,即发生弯曲受拉破坏。弯曲受拉破坏也有三种形态:

(1) 沿齿缝破坏

如图 1-12(a)所示的砌体挡土墙,在土压力作用下,墙壁犹如以扶壁柱为支座的水平受弯构件,墙壁的跨中截面内侧弯曲受压,外侧弯曲受拉。在受拉一侧发生沿齿缝截面的破坏。

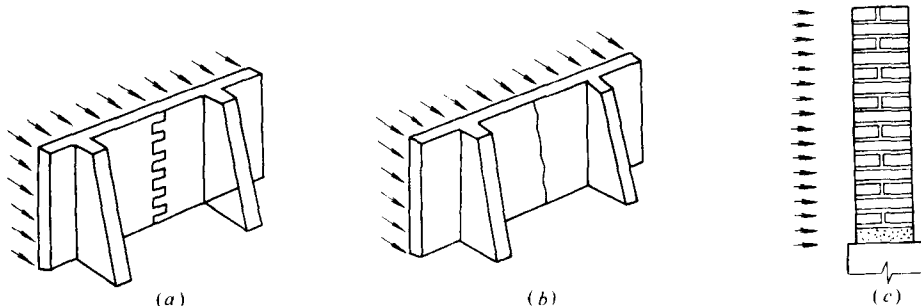


图 1-12 砌体弯曲受拉破坏

(a) 沿齿缝破坏;(b) 沿块材及竖缝破坏;(c) 沿水平通缝破坏

(2) 沿块体和竖向灰缝破坏

与轴心受拉构件类似,仅当块体强度过低时发生(图 1-12b)。

(3) 沿水平灰缝发生弯曲受拉破坏

当弯矩作用使砌体水平通缝受拉时,砌体将在弯矩最大截面的水平灰缝处发生弯曲破坏(图 1-12c)。

2. 砌体弯曲抗拉强度平均值

当砌体受弯构件沿齿缝或沿通缝破坏时,其弯曲抗拉强度平均值按下式计算:

$$f_{tm,m} = k_4 \sqrt{f_2} \quad (1-3)$$

式中 $f_{tm,m}$ ——砌体弯曲抗拉强度平均值(MPa);
 k_4 ——与砌体种类有关的系数,取值见表 1-4。

(三) 砌体的抗剪强度

1. 砌体受剪破坏形态

砌体结构在剪力作用下,可能发生沿水平灰缝破坏、沿齿缝破坏或沿阶梯形缝破坏(图 1-13)。其中沿阶梯形缝破坏是地震中墙体最常见的破坏形式。

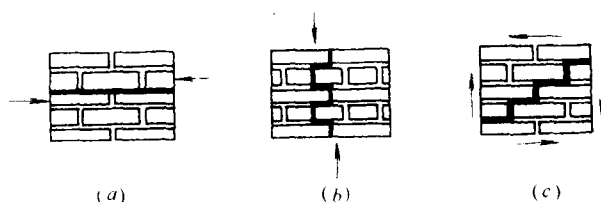


图 1-13 砌体受剪破坏特征

(a) 沿水平灰缝破坏;(b) 沿齿缝破坏;(c) 沿阶梯形缝破坏