

砌体结构 设计及施工

◎ 主编 王晓伟

QITIJIEGOU SHEJIIJISHIGONG

中国建材工业出版社

砌体结构设计及施工

主 编 王晓伟

副主编 赵晓艳 刘淑梅 刘 佳

中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

砌体结构设计及施工/王晓伟主编. —北京:中国建材工业出版社, 2005. 4
ISBN 7-80159-809-1

I. 砌… II. 王… III. ①砌块结构—结构设计
②砌块结构—工程施工 IV. TU36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 023064 号

砌体结构设计及施工

王晓伟 主编

出版发行:中国建材工业出版社

地 址:北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编:100044

经 销:全国各地新华书店

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:13

字 数:317 千字

版 次:2005 年 4 月第 1 版

印 次:2005 年 4 月第 1 次

定 价:22.00 元

网上书店: www.ecool100.com

本书如出现印装质量问题,由我社发行部负责调换。联系电话:(010)88386904

前 言

砌体结构在工程中的应用范围广而且工程量大,随着新材料、新技术和新结构形式的不断研制和应用,我国的砌体结构工程迈入了现代化的发展阶段。为满足社会对 21 世纪的土木工程专业人才提出的更高要求,我们编写了本书。

本书的宗旨注重理论与应用相结合,力求做到系统性、完整性、实用性和可操作性。在内容上,与我国相应的国家规范和规程相一致。本书是依据《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)等最新的相关设计及施工规范编写的。在砌体结构设计的基础上,细化了构造及结构施工,并增加了工程验收的内容,使有关砌体结构的内容更系统、更全面。全书内容精练,概念清楚,图文并茂。

本书共分为两篇。第一篇为砌体结构设计,系统地介绍了砌体材料和砌体的基本力学性能,无筋和配筋砖砌体承载力的计算,圈梁、过梁、墙梁及挑梁的设计。为了推广配筋砌块砌体结构的应用,我们又详细地介绍了配筋砌块砌体结构构件承载力的计算方法。同时,着力介绍了多层砌体结构房屋的设计内容。第二篇为砌体结构施工及工料计算,详细介绍了砖砌体、混凝土小型空心砌块、石砌体、配筋砌体以及填充墙砌体的施工方法、施工工艺及质量控制与检验,为砌体施工、监理、质量管理及概预算工作提供了较为全面的知识。

本书可供从事砌体结构工程设计、科研、施工、管理及现场人员使用,也可作为高等院校土建专业师生的教材或参考书。

本书由王晓伟担任主编,赵晓艳、刘淑梅、刘佳担任副主编。绪论、第一篇中的第一章至第四章由王晓伟编写,第五章由刘淑梅编写,第六章由王晓伟、刘淑梅编写,第二篇由赵晓艳编写。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中若有不足之处,恳请读者批评指正,编者将不胜感谢。

编 者

2004. 10

目 录

绪 论	1
-----	---

第一篇 砌体结构设计

第一章 砌体材料及其力学性能	8
第一节 块体材料和砂浆	8
第二节 砌体的种类	11
第三节 砌体的强度	13
第四节 砌体的变形性能	17
第二章 无筋砌体构件的计算	20
第一节 砌体结构的设计原则	20
第二节 无筋砌体受压构件的承载力计算	22
第三节 砌体结构轴心受拉、受弯、受剪构件的承载力计算	26
第四节 砌体结构局部受压构件的承载力计算	27
第三章 配筋砖砌体构件承载力计算	34
第一节 网状配筋砖砌体构件承载力计算	34
第二节 组合砖砌体构件承载力计算	36
第三节 砖砌体和钢筋混凝土构造柱组合砖墙承载力计算	40
第四章 配筋砌块砌体构件	42
第一节 配筋砌块砌体构件的结构形式及一般规定	42
第二节 配筋砌块砌体构件的正截面承载力	43
第三节 配筋砌块砌体构件的斜截面承载力	46
第四节 配筋砌块砌体剪力墙的构造要求	48
第五节 配筋砌块砌体剪力墙的抗震设计	51
第五章 圈梁、过梁、墙梁和挑梁	58
第一节 圈梁	58
第二节 过梁	59

第三节 墙梁	62
第四节 挑梁	71
第六章 多层砌体结构房屋设计	76
第一节 多层砌体结构房屋的结构体系及一般设计规定	76
第二节 砌体结构房屋的静力计算方案	79
第三节 墙、柱高厚比验算	83
第四节 砌体结构的一般构造要求	86
第五节 竖向荷载作用下砌体结构房屋的承载力计算	90
第六节 地震作用下砌体结构房屋的承载力计算	94
第七节 多层砌体结构房屋的抗震构造要求	101

第二篇 砌体结构施工及工料计算

第七章 砌筑砂浆	112
第一节 原材料	112
第二节 砌筑砂浆的制备及性能	115
第三节 砌筑砂浆配合比设计	117
第四节 砌筑砂浆质量控制与检验	119
第八章 砖砌体工程	122
第一节 砌筑用砖	122
第二节 砖砌体砌筑施工工艺	126
第三节 砌砖操作方法	128
第四节 各类砖砌体施工	131
第五节 砖砌体质量控制与检验	139
第九章 混凝土小型空心砌块砌体工程	143
第一节 砌块	143
第二节 混凝土小型空心砌块施工	145
第三节 质量控制与检验	148
第十章 石砌体工程	151
第一节 砌筑用石	151
第二节 石砌体施工	152
第三节 质量控制与检验	158
第十一章 配筋砌体工程	161
第一节 钢筋砖过梁	161

第二节	圈梁	161
第三节	网状配筋砖柱及组合配筋砖砌体	162
第四节	构造柱和芯柱	164
第五节	质量控制与检验	167
第十二章	填充墙砌体工程	170
第一节	填充墙砌筑用砖及填充墙施工	170
第二节	质量控制与检验	171
第十三章	工料计算	174
第一节	工料计算步骤	174
第二节	层高与檐高	174
第三节	建筑面积计算规则	175
第四节	砌体工程量计算	177
第五节	砌体工程工料定额	180
第六节	砌体工程工料计算式	187
第十四章	冬期施工	189
第一节	掺氯盐砂浆法	189
第二节	冻结法	189
第三节	暖棚法	190
第四节	一般规定	190
附表		193
附表 1	烧结普通砖和烧结多孔砖砌体的抗压强度设计值	193
附表 2	蒸压灰砂砖和蒸压粉煤灰砖砌体的抗压强度设计值	193
附表 3	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	193
附表 4	轻骨料混凝土砌块砌体的抗压强度设计值	193
附表 5	毛料石砌体的抗压强度设计值	194
附表 6	毛石砌体的抗压强度设计值	194
附表 7	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	194
附表 8	影响系数 ϕ (砂浆强度等级 $\geq M5$)	195
附表 9	影响系数 ϕ (砂浆强度等级 M2.5)	195
附表 10	影响系数 ϕ (砂浆强度 0)	196
附表 11	影响系数 ϕ_n	196
主要参考文献		198

绪 论

一、砌体结构的一般概念及特点

结构是由基本构架按照一定的规则组成的空间受力骨架。结构按受力骨架所用材料的不同分为:砌体结构、混凝土结构、钢结构、木结构。砌体结构是由块体和砂浆砌筑而成的墙、柱作为建筑物主要受力构件的结构。砌体结构按照所采用块材的不同分为砖砌体、石砌体、砌块砌体。

1. 砌体结构的优点

- (1)具有很好的耐久性,使用时间长,不需要经常性的保养和维修,维修费用小。
- (2)砌体材料耐高温性能好,与钢结构相比,砌体结构具有较好的耐火性。
- (3)具有承重和维护双重功能。
- (4)与钢筋混凝土结构、钢结构相比较,砌体结构造价低。
- (5)原材料来源广泛,易于就地取材。
- (6)砌体结构与钢筋混凝土结构相比较,可以节约水泥和钢材,在砌体施工时不需要模板和大型的设备。
- (7)新砌筑的砌体可以承担一定的荷载,因而可以连续施工。

2. 砌体结构的缺点

- (1)砌体本身的强度低,构件的截面尺寸大,材料用量多,因而构件的自重大,这对于高层建筑结构以及抗震都是不利的。
- (2)砂浆和块材之间的粘结力较弱,因此砌体结构的抗拉、抗弯、抗剪强度低,抗震、抗裂性能较差。
- (3)砌体结构基本上采用手工方式砌筑,劳动量大,生产效率低。
- (4)黏土砖的生产占用农田,影响农业生产。因此要大力发展砌块等黏土砖的替代产品。

二、我国砌体结构的发展概况

我国砌体结构历史悠久,是砌体大国。举世闻名的万里长城是两千多年前建造的世界上最伟大的砌体工程之一;李冰父子修建的都江堰水利工程如今仍然起着灌溉作用;1400 多年前用料石修建的安济桥,是世界上最早的敞肩式拱桥,该桥已被美国土木工程学会选为世界第 12 个土木工程里程碑。新中国成立以后,砌体结构迅速发展,应用范围不断扩大,新材料、新技术、新结构不断涌现并不断推广使用,砌体结构设计理论不断完善。

1. 砌体结构的应用范围广

解放后,我国砖的产量逐年增长,据统计,1980 年的全国年产量为 1600 亿块,1996 年增至 6200 亿块,为世界其他各国年产量的总和。全国基建中用砌体作墙体材料的约占 90%,在办公、住宅等民用建筑中大量采用砖墙承重。20 世纪 50 年代这类房屋一般为 3~4 层,现在已

为5~6层,不少城市建到7~8层。重庆市1980~1983年新建住宅建筑面积为503万 m^2 ,其中采用砖承重的占98%,7层和7层以上的占50%。中小型单层工业厂房和多层轻工业厂房及影剧院、食堂、仓库等建筑也广泛采用砖墙、柱承重结构。砌体结构还用于建造各种构筑物、桥梁工程、隧道工程等。

我国还积累了在地震区建造砌体结构房屋的宝贵经验。我国绝大多数大中城市位于6度或6度以上地震设防区,不仅在地震烈度 ≤ 6 度地区的砌体结构经受了地震的考验,经过设计和构造上的改进和处理,还在7度区和8度区建造了大量的砌体结构房屋。

2. 新材料、新技术、新结构的研究与应用

20世纪60年代以来,我国黏土空心砖(多孔砖)的生产和应用有较大的发展。在南京建造了6~8层空心砖承重的旅馆,其空心砖孔洞率为22%,与实心砖强度等效,却可减轻自重17%,减小墙厚20%,节省砂浆20%~30%,砌筑工时少20%~25%,墙体造价降低19%~23%。根据进一步节能的要求,近年来我国在消化吸收国外先进技术的基础上制造出规格为 $380\text{mm} \times 240\text{mm} \times 190\text{mm}$ 、孔洞率为40%的烧结保温空心砖,这种保温砖的密度为 $1012\text{kg}/\text{m}^3$,抗压强度为10.5MPa,热绝缘系数 $1.649\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$,主要力学和热工性能的指标接近或达到国际同类产品的水平。《多孔砖砌体设计与施工技术规范》行业标准为这种砖的推广创造了条件。

近10多年来,采用混凝土、轻骨料混凝土或加气混凝土,以及利用河砂、各种工业废料、粉煤灰、煤矸石等制成的无热料水泥煤渣混凝土砌块或蒸压灰砂砖、粉煤灰硅酸盐砖、砌块等在我国有较大的发展。1958年建成采用砌块作墙体的房屋,经过40多年的实践,采用砌块墙体已成为我国墙体革新的有效途径之一。砌块的种类、规格较多,其中以中、小型砌块较为普遍,在小型砌块中又开发出多种强度等级的承重砌块和装饰砌块。

根据中国建筑砌块协会的统计,我国混凝土小砌块的年产量,1992年为600万 m^3 ,1993年为2000万 m^3 ,1998年达3500万 m^3 ,各类砌块建筑的总面积达到8000万 m^2 。砌块建筑不仅具有较好的技术经济效益,而且在节土、节能、利废等方面具有巨大的社会效益和环境效益。

配筋砖砌体和约束配筋砌体的研究和应用也取得较大进展。20世纪60年代,衡阳和株洲一些房屋的部分墙、柱采用网状配筋砌体承重,节省了钢材和水泥。1958~1972年在徐州采用配筋砖柱建造了12~24m、吊车起重量50~200t的单层厂房36万 m^2 ,使用情况良好。20世纪70年代以来,尤其是1975年海城、营口地震和1976年唐山大地震之后,对设置构造柱和圈梁的约束砌体进行了一系列的试验研究,其成果已列入我国抗震设计规范。在此基础上,在砖墙中加大加密构造柱形成强约束砌体而建成的中高层结构的研究取得了可喜的成就,如沈阳、徐州、长沙、兰州等地先后建造了8~9层上百万平方米的这类建筑,取得了较好的经济效益,而且部分研究成果已纳入到地方或国家标准。

新兴的配筋混凝土砌块剪力墙结构,对水平和竖向配筋有最小含钢率要求,在受力模式上类同于钢筋混凝土剪力墙结构,它主要利用配筋砌块剪力墙承受结构的竖向和水平作用,是结构的承重和抗侧力构件。配筋砌体强度高、延性好,和钢筋混凝土剪力墙性能十分相似,可以用于大开间和高层建筑结构。我国从20世纪80年代初期主持编制国际标准《配筋砌体设计规范》起,对配筋砌块砌体进行了较为系统的试验研究,结果表明,用配筋砌块砌体可建造一定高度的既经济又安全的建筑结构,如广西的10~11层、辽宁盘锦的15层、上海的18层、首钢的18层(8度设防)、辽宁抚顺的6栋16层、哈尔滨的2栋18层砌块住宅等。可见配筋砌块砌

体中高层建筑的研究和应用具有十分广阔的前景。

3. 砌体结构的设计方法与设计理论不断完善

解放前直至 1950 年,我国谈不上有任何结构设计理论。国家建委于 1956 年批准在我国推广应用前苏联的《砖石及钢筋砖结构设计标准和技术规范》。20 世纪 60~70 年代初,在全国范围内对砖石结构进行了较大规模的试验研究和调查,总结出一套符合我国实际、比较先进的计算理论和设计方法,于 1973 年颁布了我国第一个《砖石结构设计规范》(GBJ 3—73),采用的是多系数分析、单系数表达的半经验半极限状态设计方法,使我国的砌体结构设计方法进入了一个崭新的阶段。此后的 10 多年,高等学校、科研、设计以及施工部门对砌体结构进行了大规模的试验和研究,取得了大量的数据和成果,于 1988 年颁布了《砌体结构设计规范》(GBJ 3—88)。近 10 多年来,随着我国砌体结构新材料、新技术、新结构的推广和应用,以及设计、施工经验的积累,于 2001 年颁布了新的《砌体结构设计规范》(GB 5003—2001)。新的砌体结构设计规范的颁布实施必将促进我国砌体结构设计和应用水平的进一步提高。

三、砌体结构的工程应用

由于砌体结构具有许多优点,应用范围很广,但由于砌体结构存在的缺点,又限制了它的应用。砌体结构主要应用在以下几个方面:

1. 建筑工程

砌体结构广泛应用于建筑工程,如办公楼、住宅、厂房等。由于砌体的抗压强度比较高,抗拉强度差,因此主要用于受压构件,如房屋建筑的基础、内外墙、柱等构件。无筋砌体的房屋一般可建到 5~7 层,配筋砌块剪力墙房屋可建到 8~18 层。

从我国近年来的墙改方向看,砌块作为黏土砖的首选替代材料已成定局,人们对砌块和砌块建筑的质量、功能和效益等方面将提出更高的要求。和黏土砖相比,砌块建筑的最大优势在于其生产不毁坏耕地和能耗较低,符合国家技术发展政策,这是砌块结构得以发展的根本前提。

砌块结构与黏土砖结构比较有以下优越性:

(1) 砌块生产不用土,能耗低。

黏土砖采用优质黏土烧结而成,经计算,每万块黏土砖需取土毁田 0.0007~0.01 亩,每块小砖仅烧结就需耗能 3768kJ(900kcal);混凝土砌块包括水泥、成型和蒸气养护的总耗能,折合成标准砖的能耗为 1796kJ(429kcal),其能耗不足黏土砖的一半。

如以沈阳为例,现有黏土砖厂 322 个,年产约 20 亿块黏土砖,每年烧砖能耗约 30 万 t 标准煤,毁田 1480 亩。如由砌块取代黏土砖,每年可省 15 万 t 标准煤,省田 1480 亩。据资料,北京市 1996 年生产黏土砖 62 亿块,全国有上千亿块,毁田达 10 万余亩。

(2) 砌块结构自重轻,有利于地基处理和结构的抗震。

混凝土砌块标准块的尺寸为 390mm×190mm×190mm,空心率 46%,重 18kg,相当于 9.6 块标准砖,砌块墙体自重比 240mm 和 370mm 黏土砖墙分别减轻了 30% 和 50%,不仅减小了基础所受的荷载,有利于地基处理,减少了施工中的材料运输量,也增大了结构的地震可靠度。

(3) 砌块结构施工速度快。

由于砌筑 1m² 的小砌块墙需标准块 12.5 块,而 1m²240mm 厚砖墙需用 128 块砖,工人砌筑同面积的小砌块墙时弯腰取块挂灰的次数将可减少 90%,不仅降低了砌筑的劳动强度,而

且可提高砌筑速度 30%~100%。

(4)砌块结构节省砂浆。

小型砌块的砌筑工作量小,砂浆用量也少。每平方米 190mm 厚小型砌块墙的砂浆用量仅为黏土砖的 20%~30%,即可节省砌筑砂浆 70%以上。另外由于小型砌块外型比黏土砖做得更规整,外型尺寸误差更小,墙面抹灰可减薄或做成清水墙,简化了抹面工序,使墙面抹灰厚度较黏砖墙减少 25%以上,也使墙的重量有所减轻。

(5)砌块结构的使用面积增加。

小型砌块,对多层及中高层房屋均可采用 190mm 厚墙,在同等建筑面积条件下,可增加有效使用面积 3%~5%。

砌块结构房屋的经济好坏主要取决于黏土砖与混凝土砌块的价差,而这个价差因地域不同而不同。当黏土砖与砌块的价差小,即黏土砖的价格较高时,工程造价分析的结论是砌块建筑比砖混结构便宜;当黏土砖与砌块的差价较大,即黏土砖价格较低或低得多时,工程造价分析的结论必然是砌块建筑高于砖混建筑。下面列出一些砌块工程的造价分析数据:

山东建科院 6 层砌块试点住宅,建筑面积 3560m²,所有承重围护墙为 190mm 厚混凝土小砌块,与相同平面的砖混结构房屋进行了详细的技术经济分析比较,其结论是:砌块房屋比砖混房屋增加使用面积 4%,节省造价 50312 元,相当砖混建筑工程直接费用的 4.5%,每平方米建筑面积节省 14 元。

上海真南小区 6 层砌块住宅的经济分析结果是:因砌块较轻,基础费用每平方米建筑造价降低 6.86 元,墙体砌筑费下降 19.11%,节省水泥 36.04%,减少建筑面积 0.8%,增加使用面积 221.76m²,为黏土砖使用面积的 105.85%,每平米建筑造价可降低 20.85 元,下降幅度为 3.55%。

辽宁省本溪市 8~10 层混凝土小砌块住宅,建于 1988 年,约计 12 万 m²,外墙采用 290.3 排孔煤矸石混凝土小砌块,内墙采用 190mm 厚普通混凝土砌块。该砌块住宅与相同层数的框架结构相比,每平方米造价低 60 元,施工速度快一倍;与砖混结构相比,每个双室房增加使用面积 3m²,施工速度快 50%。

辽宁省盘锦市兴隆台开发区 4 层办公楼,建筑面积 3008m²,原为砖混(内墙 240mm,外墙 370mm),后改为混凝土小砌块墙,内外墙均为 190mm 厚混凝土砌块,外墙另加 120mm 加气混凝土外保温层,该工程总结的结论是:砌块建筑造价较砖混结构略高,约为 12 元/m²,砌块结构较砖混结构增加使用面积 51.44m²,相当总建筑面积的 102.5%,结构自重减轻较多,对软土地基处理很有利,施工速度提高 1.3 倍。

大庆油田 96-1 型北入口单元 6 层混凝土小砌块节能住宅,原为砖混结构标准住宅,后由中国建筑东北设计研究院设计改为砌块节能住宅,作为试点工程,单体建筑面积 4287.84m²,共建 4 栋计 17151.36m²,按节能 50%考虑,外墙采用 190mm 厚混凝土砌块、80mm 厚聚苯和 90mm 厚混凝土饰面砌块夹芯墙,内承重均为 190mm 厚砌块,据该工程的概算指标,较砖混节能型住宅增加使用面积 4.4%,每平方米造价高出 39.5 元。

配筋砌块剪力墙结构是一种具有广阔发展前景的结构形式,我国的试点工程和国外资料的综合分析表明,配筋砌体结构比同样规模混凝土结构可降低工程造价 10%~20%,钢材、水泥、木材三材用量减少 30%~50%,施工周期缩短 1/4 以上。另外,配筋砌体还具有明显的环境效益等。配筋砌块剪力墙结构之所以有如此显著的经济效益是因其有如下特点:

(1)配筋砌块剪力墙结构实际上是预制装配整体式剪力墙混凝土结构,空心混凝土砌块用砂浆砌筑,按要求设置水平和竖向钢筋,用注芯混凝土将其粘结成整体,墙体的施工不需模板和大型吊装机具,施工程序少。

(2)配筋砌块剪力墙结构的构造含钢率较钢筋混凝土低得多,约为钢筋混凝土剪力墙的50%。而一般剪力墙结构多为构造配筋,仅这一项就可节省近50%的钢筋用量。这是因为钢筋混凝土剪力墙的最小含钢率,除延性要求外,主要考虑在塑性状态浇筑,以满足在水化过程中产生显著收缩的需要;而当砌体施工时,作为主要部分的砌体块体,尺寸稳定,仅在砌体中加入了塑性的砂浆和注芯混凝土,因此砌体墙可收缩的材料要比混凝土墙少得多,配筋砌体结构的最小配筋率同样考虑了结构延性要求。

(3)配筋砌块剪力墙结构中存在着许多竖向灰缝,类似在钢筋混凝土剪力墙中设置数条竖向缝,增加了结构的变形和耗能能力,因而是一种又刚又柔的良好抗震建筑材料。

中国建筑东北设计研究院在对配筋砌体结构系统研究的基础上,于1996年初为辽宁省盘锦市国税局设计了一栋15层配筋混凝土砌块住宅试点工程。该工程地处Ⅲ类场地土,7度设防,基础为复打沉管灌注桩构造底板基础,无地下室,标准层建筑面积为500m²,总建筑面积为7000m²,房屋层高3m,建筑物总高46m,墙体除电梯井部分墙体采用C20混凝土外,其余承重墙均用190mm厚配筋砌块。墙体材料强度等级从下至上依次为:1~2层为全注芯混凝土砌体,采用MU20砌块,M20砂浆,C30注芯混凝土;3~8层为部分注芯混凝土砌体,采用MU15砌块,M15砂浆,C25注芯混凝土;9~15层为部分注芯混凝土砌体,采用MU10砌块,M10砂浆,C20注芯混凝土。墙体的水平和垂直方向的配筋率均为0.1%,房屋的楼屋盖均为C20混凝土。由于本工程和混凝土剪力墙结构的不同之处仅为墙体,故在技术经济分析时专门就墙体进行了比较,其结果是:墙体用钢量9.50kg/m²,相当于混凝土剪力墙用钢量的53%,节省100t,折合每平方米建筑面积用钢14.28kg,土建造价降低18%,节约110万元,施工周期快,平均每层5天,砌筑比黏土砖快1倍,取得了较好的技术经济效果。

2. 构筑物工程

砌体结构用于各种构筑物建设,如烟囪、对渗水性要求不高的水池、仓库等。如镇江市建成的顶部外径2.18m、底部外径4.78m、高60m的砖烟囪;在湖南建造的高12.4m、直径6.3m、壁厚240mm的砖砌粮仓群。

3. 交通运输工程

砌体结构还用于桥梁工程、隧道工程,以及各种地下渠道、涵洞、挡土墙等工程。在水利工程方面,可用石材砌筑坝、堰和渡槽等。我国1959年建成跨度60m、高52m的石拱桥,接着又建成了最大跨度达120m的敞肩式现代公路桥——湖南鸟巢河大桥。我国建成的100m以上的石拱桥有10座(包括鸟巢河桥),每座都有新发展和世界记录。福建用毛石建造的横跨云霄—东山两县的大型引水工程——向东渠,其中陈岱渡槽全长4400m,高20m,槽支墩共258座,工程规模宏大。

四、砌体结构的发展展望

砌体是用包括多种材料的块体砌筑而成的,其中砖石是最古老的建筑材料,几千年来由于其良好的物理力学性能,易于取材、生产和施工,造价低廉,至今仍成为我国主导的建筑材料,而且将继续发展完善。但是我国的砌体材料普遍存在着自重大、强度低、生产能耗高、毁田严

重、施工机械化水平较低、抗震性能较差等弊病,因此今后砌体结构的发展应进一步发挥砌体材料的优点,克服其缺点,使砌体结构的应用范围不断扩大,性能更优良。

1. 积极开发节能环保型的新型建材

1988年,第一次国际材料研究会议上首次提出“绿色建材”的概念。1992年6月,联大巴西里约热内卢“环境和发展世界各国首脑会议”通过了《21世纪议程》宣言,确认了“可持续发展”的战略方针,其目标是:依据环境再生、协调共生、持续自然的原则,尽量减少自然资源的消耗,尽可能对废弃物再利用和净化,保护生态环境,以确保人类社会的可持续发展。近年来发达国家在实施绿色建材计划上取得了较大的进展,我国以1992年联合国“环境与发展首脑会议”为契机,迅速行动起来,广泛研制“绿色建材”产品,取得了初步成果。

要加大对限制高能耗、高资源消耗、高污染、低效益的产品生产的力度。大力发展蒸压灰砂废渣制品,包括钢渣砖、粉煤灰砖、炉渣砖及其空心砌块、粉煤灰加气混凝土墙板等;大力发展废渣轻型混凝土墙板,这种轻板利用粉煤灰代替部分水泥,骨料为陶粒、矿渣或炉渣等轻骨料,加入玻璃纤维或其他纤维以及其他轻材料墙板,提高砌体施工技术的工业化水平;改进和提高GRC板,这种板自重轻、防火、防水、施工安装方便,GRC空心条板是大力发展的一种墙体制品,需用先进的生产工艺和装配,以提高板的产量和质量。

复合砌块墙体材料也是今后的发展方向,如采用矿渣空心砖、灰砂砌块、混凝土空心砌块中的任一种与绝缘材料相复合都可满足外墙的要求,目前已有少量生产。我国在复合墙体材料的应用方面已有一定基础,宜进一步改善和完善配套技术,大力推广,这是墙体材料“绿色化”的主要出路。

2. 发展高强砌体材料

目前我国的砌体材料和发达国家相比,强度低、耐久性差。如黏土砖的抗压强度一般为7.5~15MPa,承重空心砖的孔洞率 $\leq 25\%$ 。而发达国家的黏土砖的抗压强度一般均达到30~60MPa,且能达到100MPa,承重空心砖的孔洞率可达到40%。根据国外经验和我国的条件,只要在配料、成型、烧结工艺上进行改进,就可显著提高烧结砖的强度和质量。如中美合资的大连太平洋砖厂可生产出抗压强度达20~100MPa的页岩砖。由于强度高、耐久性及耐磨性好和独特的色彩,可做清水墙和装饰材料,已出口国外和广泛用于高档建筑。高强度块材具有比低强度材料高得多的价格优势。

根据我国对黏土砖的限制政策,可就地取材、因地制宜,在黏土较多的地区(如西北高原)发展高强黏土制品、高孔隙率的保温砖和外墙装饰砖、块材等;在少黏土的地区发展高强混凝土砌块、承重装饰砌块和利用废材料制成的砌块等。在发展高强块材的同时,研制高强度等级的砌筑砂浆,以提高砌体结构房屋的整体性和抗裂能力。

3. 积极推广应用配筋砌体结构和开展预应力砌体的研究

国外的经验和我国对配筋砌体的研究成果以及试点工程表明,在中高层建筑(8~18层)中采用配筋砌体尤其是配筋砌块剪力墙结构,可节约钢筋、木材,施工速度快,经济效益显著,而且结构的抗震性能和抗裂性能良好,因此在中高层建筑尤其是住宅建筑中应大力推广应用配筋砌体结构。但需要研制和定型生产砌块建筑施工用的机械设备,如铺砂浆器、小直径振捣棒、小型灌孔混凝土浇注泵、小型钢筋焊机、灌孔混凝土检测仪等,这些设备对保证配筋砌块结构的质量至关重要。

预应力砌体的原理同预应力混凝土,能明显地改善砌体的受力性能和抗震能力。国外特

别是英国在配筋砌体和预应力砌体方面的水平很高。我国在 20 世纪 80 年代初期曾有过研究,但直至最近才有少数专家重新开始研究,如重庆建筑大学的骆万康教授对预应力砖墙的抗震设计提出了建议。

4. 加强对防止和减轻墙体裂缝措施的研究

砌体的抗拉强度和抗剪强度较低,墙体在温度变化或地基发生不均匀沉降时容易产生裂缝,尤其是一些非烧结的块材收缩变形较大,更容易出现裂缝。而且随着人民生活水平的提高,对房屋质量的要求也不断提高,对墙体开裂的问题日益重视。今后应加强对墙体裂缝机理和防止、减轻墙体裂缝措施的研究,以提高砌体结构房屋的质量。

5. 加强砌体结构理论的研究

进一步研究砌体结构的破坏机理和受力性能,通过物理和数学模式建立精确而完整的砌体结构理论,是世界各国关心的课题。我国在这方面的研究具有较好的基础,有的题目有一定的深度,继续加强这方面的工作十分有益,对促进砌体结构发展也有深远意义。为此还必须加强对砌体结构的试验技术和数据处理的研究,使测试自动化,以得到更精确的试验和分析结果。另外,还应重视砌体结构的耐久性和砌体结构修复补强的研究。

6. 提高砌体结构的施工技术水平和施工质量

目前我国的砌体施工基本采用手工方式砌筑,劳动量大,生产效率低,且施工质量不易保证。我们应改变传统的砌体结构建造方式,提高生产的机械化、施工的机械化水平,从而减少繁重的体力劳动,加快施工速度。根据我国目前的实际情况,应推广采用砌块建筑或墙板建筑。还应注意对砌体结构施工质量控制体系和质量检测技术的研究,进一步提高砌体结构的施工质量。

砌体结构是在我国应用广泛的结构形式之一,我们要敢于创新,不断努力,扩大砌体结构的应用范围,为我国及世界砌体结构的发展作出更大的贡献。

第一篇 砌体结构设计

第一章 砌体材料及其力学性能

第一节 块体材料和砂浆

砌体结构是由块体材料和砂浆组成的,块体与砂浆的力学性能决定了砌体的力学性能。

一、块体

块体是砌体结构的主要组成部分,占有砌体总体积的 78% 以上。砌体结构常用的块体主要有砖、砌块和石材。

1. 砖

砖是我国砌体结构中应用最广泛的一种块体,目前常用的砖主要有烧结普通砖(fired common brick)、烧结多孔砖(fired perforated brick)、蒸压灰砂砖(autoclaved sand-lime brick)和蒸压粉煤灰砖(autoclaved flyash-lime brick)。

烧结普通砖是以黏土、页岩、煤矸石或粉煤灰为主要原料,经焙烧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。烧结普通砖按其主要原料的种类分为烧结黏土砖、烧结页岩砖、烧结煤矸石砖和烧结粉煤灰砖等。如图 1-1(a)所示,烧结黏土砖的规格尺寸为 $240\text{mm} \times 115\text{mm} \times 53\text{mm}$ 。

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%,孔的尺寸小而数量多,主要用于承重部位的砖,简称多孔砖。目前多孔砖分为 P 型砖和 M 型砖。P 型砖的规格尺寸为 $240\text{mm} \times 115\text{mm} \times 90\text{mm}$,如图 1-1(b)所示;M 型砖的规格尺寸为 $190\text{mm} \times 190\text{mm} \times 90\text{mm}$,如图 1-1(c)所示。多孔砖可以减轻结构自重,节约原料和能源,节省砌筑砂浆,减少砌筑工时。此外,还有孔洞较大、孔洞率大于 35% 的烧结空心砖,如图 1-1(d)所示。

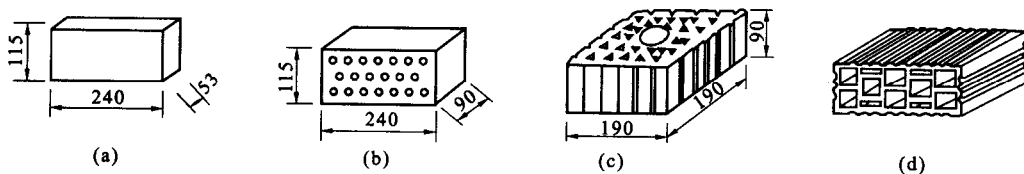


图 1-1 砖的规格

(a)烧结普通砖;(b)P型多孔砖;(c)M型多孔砖;(d)空心砖

蒸压灰砂砖是以石灰和砂为主要原料,经坯料制备、压制成型、蒸压养护而成的实心砖,简称灰砂砖。

蒸压粉煤灰砖是以粉煤灰、石灰为主要原料,掺加适量石膏和骨料,经坯料制备、压制成型、高压蒸汽养护而成的实心砖,简称粉煤灰砖。其规格尺寸为 $240\text{mm} \times 115\text{mm} \times 53\text{mm}$ 。

强度是块体力学性能的基本指标,用符号 MU 表示。实心砖的强度等级是根据标准试验方法所得到的砖的极限抗压强度 MPa 值来划分的。多孔砖的强度等级的划分除考虑抗压强度以外,还应考虑抗折荷重。

烧结普通砖和烧结多孔砖的强度等级为:MU30、MU25、MU20、MU15、MU10。

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

2. 砌块

砌块是一种新型墙体材料,用于砌筑工程的人造块体材料。砌块的尺寸较砖大,用砌块代替砖砌筑砌体,可以节省砂浆,减轻劳动量,加快施工速度。砌块的材料有许多品种:南方地区多用普通混凝土做成空心砌块以解决黏土砖与农田争地的矛盾;北方寒冷地区则多利用浮石、火山渣、陶粒等轻骨料做成轻骨料混凝土空心砌块,既能保温又能承重,是比较理想的节能墙体材料;另外,还有利用工业废料加工生产的各种砌块,如粉煤灰砌块、煤矸石砌块、加气混凝土砌块、硅酸盐实心砌块等。

砌块按尺寸大小分为小型、中型、大型三种。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;高度为 900mm 以上的称为大型砌块。由于起重设备的应用,中型、大型砌块很少用。我国目前在承重墙体材料中应用最为普遍的是小型混凝土空心砌块。小型空心砌块又按厚度划分为 190mm 和 290mm 两大系列,而每种系列又包括标准砌块、辅助砌块等多种形式,由此而组砌成各种各样的建筑物。

混凝土小型空心砌块的主要规格尺寸为 $390\text{mm} \times 190\text{mm} \times 190\text{mm}$,空心率一般在 $25\% \sim 50\%$ 之间。图 1-2 为这种砌块的主要块型与孔型。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(MPa)值来划分的。混凝土小型空心砌块强度等级为 MU20、MU15、MU10、MU7.5、MU5。

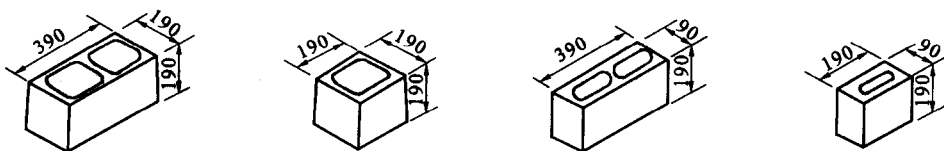


图 1-2 混凝土小型空心砌块块型

3. 石材

天然石材是应用历史最为悠久的块体材料。天然石材按其重力密度分为重石和轻石两种,其重力密度大于 18kN/m^3 的为重石,如花岗岩、砂岩、石灰石等;其重力密度小于 18kN/m^3 的为轻石,如凝灰岩、贝壳岩等。重石的强度高,而且抗冻性、抗水性、抗气性均较好,常用于建筑物的基础、挡土墙等。石砌体中的石材应选用无明显风化的天然石材。

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分为细料石、半细料石、粗料石和毛料石。毛石是指形状不规则,中部厚度不小于 200mm 的块石。

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 3 个试件破坏强度的平均值。石材的强度等级为:MU100、MU80、MU60、MU50、MU40、MU30、MU20。

二、砂浆

砌体是用砂浆将单块的块体砌筑而成的。砂浆在砌体中的作用是使块体与砂浆接触表面产生粘结力和摩擦力,把散放的块体材料凝结成整体以承受荷载,并因抹平块体表面而促使应力的分布比较均匀。同时砂浆填满了块体间的缝隙,减少了砌体的透气性,从而提高了砌体的保温隔热性能与抗冻性能。

1. 砂浆的种类

建筑砂浆是由胶凝材料、细骨料、水及外加剂拌制而成的可塑性建筑材料。按照砂浆中所用胶凝材料的不同分为水泥砂浆、混合砂浆、石灰砂浆、石膏砂浆等。无塑性掺和料的纯水泥砂浆,能在潮湿环境中硬化,一般多用于含水量较大的地基土中的地下砌体。混合砂浆强度较好,施工方便,常用于地上砌体。石灰砂浆强度不高,属气硬性材料,通常用于地上砌体。石膏砂浆硬化快,一般用于不受潮湿的地上砌体中。另外还有混凝土砌块砌筑砂浆,是由水泥、砂、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,采用机械拌和制成,专门用于砌筑混凝土砌块的砌筑砂浆,简称砌块专用砂浆。

2. 砌体对砂浆的要求

为使砌筑时砂浆很容易而且很均匀地铺开,从而提高砌体强度和砌筑效率,砂浆必须有适当的可塑性。可塑性是用标准锥体沉入砂浆中的深度来测定。根据砂浆的用途规定锥体的沉入深度:用于砖砌体的为 70~100mm;用于石砌体的为 40~70mm;用于振动法石块砌体的为 10~30mm。对于干燥及多孔的砖石,采用上述较大值;对于潮湿及密实的砖石,则采用较小值。此外砂浆的质量在很大程度上决定于其保水性,即在运输和砌筑过程中保持相等质量的能力。在砌筑过程中,砖或砌块将吸收一定的水分,当吸收的水分在一定范围内时,对于砂浆的强度和密实性均具有良好的影响。但若砂浆的保水性很小,将使砂浆很快干硬而且很难铺平,影响正常硬化作用,降低砌体强度。

综上所述,砌体对所用砂浆的基本要求为:

(1)砂浆应符合砌体强度及耐久性的要求。

(2)砂浆应具有良好的可塑性(即流动性),应保证砂浆在砌筑时很容易而且均匀地铺开,以提高砌体强度和施工速度。

(3)砂浆应具有足够的保水性(即砂浆能保持水分的能力),在砂浆中增加石灰膏、黏土浆可以改善砂浆的保水性。

3. 强度等级

砂浆的强度等级用符号“M”表示,以边长为 70.7mm 的立方体试块,每组试块为 6 块,成型后试件在 $(20 \pm 3)^{\circ}\text{C}$ 的温度下,水泥砂浆在相对湿度 90% 以上,水泥石灰砂浆在相对湿度 60%~80% 的环境中,养护 28d,然后按标准试验方法进行抗压试验,按计算规则得出砂浆试件强度值。砂浆的强度等级为 M15、M10、M7.5、M5 和 M2.5。

三、块体及砂浆的选择

砌体结构所用的块体和砂浆应根据以下几个方面来选择:

(1)砌体材料大多是地方性材料,因此选择材料时应符合“因地制宜、就地取材”的原则,要选用当地性能良好的块体材料和砂浆。