



普通高等学校土木工程专业创新系列规划教材



砌体结构

主编 庞 平 陈敏杰 翟 莲
主审 尹新生



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

普通高等学校土木工程专业创新系列规划教材

砌体结构

主 编 庞 平 陈敏杰 翟 莲
副主编 谢新颖 孙 平 路丽娜
主 审 尹新生



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP) 数据

砌体结构/庞平,陈敏杰,翟莲主编. —武汉:武汉大学出版社,2013. 11

普通高等学校土木工程专业创新系列规划教材

ISBN 978-7-307-11948-2

I. 砌… II. ① 庞… ② 陈… ③ 翟… III. 砌体结构—高等学校—教材
IV. TU209

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 251679 号

责任编辑:余 梦

责任校对:希 文

装帧设计:吴 极

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:whu_publish@163.com 网址:www.stmpress.cn)

印刷:荆州市鸿盛印务有限公司

开本:850×1168 1/16 印张:10 字数:272 千字

版次:2013 年 11 月第 1 版 2013 年 11 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-11948-2 定价:20.00 元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

普通高等学校土木工程专业创新系列规划教材 编审委员会

(按姓氏笔画排名)

主任委员:刘殿忠

副主任委员:张利 孟宪强 金菊顺 郑毅 秦力

崔文一 韩玉民

委员:马光述 王睿 王文华 王显利 王晓天

牛秀艳 白立华 吕文胜 仲玉侠 刘伟

刘卫星 李利 李栋国 杨艳敏 邱国林

宋敏 张自荣 邵晓双 范国庆 庞平

赵元勤 侯景鹏 钱坤 高兵 郭靳时

程志辉 蒙彦宇 廖明军

总责任编辑:曲生伟

秘书长:蔡巍

特别提示

教学实践表明,有效地利用数字化教学资源,对于学生学习能力以及问题意识的培养乃至怀疑精神的塑造具有重要意义。

通过对数字化教学资源的选取与利用,学生的学习从以教师主讲的单向指导的模式而成为一次建设性、发现性的学习,从被动学习而成为主动学习,由教师传播知识而到学生自己重新创造知识。这无疑是锻炼和提高学生的信息素养的大好机会,也是检验其学习能力、学习收获的最佳方式和途径之一。

本系列教材在相关编写人员的配合下,将逐步配备基本数字教学资源,其主要内容包括:

课程教学指导文件

- (1)课程教学大纲;
- (2)课程理论与实践教学时数;
- (3)课程教学日历:授课内容、授课时间、作业布置;
- (4)课程教学讲义、PowerPoint 电子教案。

课程教学延伸学习资源

- (1)课程教学参考案例集:计算例题、设计例题、工程实例等;
- (2)课程教学参考图片集:原理图、外观图、设计图等;
- (3)课程教学试题库:思考题、练习题、模拟试卷及参考解答;
- (4)课程实践教学(实习、实验、试验)指导文件;
- (5)课程设计(大作业)教学指导文件,以及典型设计范例;
- (6)专业培养方向毕业设计教学指导文件,以及典型设计范例;
- (7)相关参考文献:产业政策、技术标准、专利文献、学术论文、研究报告等。

基本数字教学资源网站链接:<http://www.stmpress.cn>

前 言

本书是根据土木工程专业的培养目标和要求,结合编者们多年来的教学实践经验编写而成的。本书可作为高等学校土木工程专业的教材,也可供从事土木工程建设的技术人员学习参考。全书共七章,具体内容包括:绪论,砌体材料及其力学性能,无筋砌体构件,配筋砌体构件,混合结构房屋墙、柱设计,混合结构房屋其他结构构件设计,砌体结构抗震设计。

本书内容根据最新颁布的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)编写而成。为便于高等学校学生和广大土建类工程技术人员学习,编写时力求内容充实、重点突出,语言通俗、深入浅出,例题完备、注重实用。每章均有例题,并配有相应的思考题和习题,以便读者更好地掌握所学内容。

本书由吉林建筑大学庞平、长春建筑学院陈敏杰、吉林建筑大学翟莲担任主编;吉林建筑大学谢新颖、长春建筑学院孙平和路丽娜任副主编。

具体编写分工为:

吉林建筑大学,庞平(前言、第5章、第7章);

长春建筑学院,孙平(第1章);

吉林建筑大学,谢新颖(第2章);

吉林建筑大学,翟莲(第3章);

长春建筑学院,陈敏杰(第4章);

长春建筑学院,路丽娜(第6章)。

吉林建筑大学郭新时教授、中铁十三局集团有限公司孙利高级工程师在本书的编写过程中给予了大力支持,并提出了宝贵意见。全书最后由庞平统一修改定稿。

吉林建筑大学尹新生教授担任本书主审,并详细审阅了编写大纲和全部书稿,提出了宝贵的修改意见,在此表示深深的谢意。

在本书的编写过程中参考引用了有关的文献和资料,谨致谢意。

由于编者水平有限,对新规范理解不够深入,难免存在缺点和不足,恳请同行专家和读者批评指正。

编 者

2013年9月

目 录

1 绪论	1
1.1 砌体结构概述/1	
1.2 砌体结构的优缺点及其应用范围/6	
1.3 我国砌体结构的发展方向/8	
知识归纳/9	
思考题/9	
参考文献/9	
2 砌体材料及其力学性能	10
2.1 块材/10	
2.2 砂浆/13	
2.3 灌孔混凝土及砌体材料的选择/15	
2.4 砌体种类及其力学性能/16	
2.5 砌体的强度计算指标/25	
2.6 砌体的变形性能/29	
知识归纳/32	
思考题/32	
参考文献/32	
3 无筋砌体构件	33
3.1 无筋砌体受压构件/33	
3.2 砌体局部受压计算/42	
3.3 砌体受拉、受弯及受剪承载力计算/50	
知识归纳/52	
思考题/52	
参考文献/53	
4 配筋砌体构件	54
4.1 配筋砖砌体构件/54	
4.2 配筋砌块砌体构件/65	
知识归纳/73	
思考题/73	
参考文献/73	

5 混合结构房屋墙、柱设计	74
5.1 承重墙体的布置/74	
5.2 混合结构房屋的静力计算方案/77	
5.3 刚性构造方案房屋承重纵墙计算/82	
5.4 砌体房屋墙、柱设计计算/85	
5.5 混合结构房屋的构造措施/88	
知识归纳/99	
思考题/99	
参考文献/100	
6 混合结构房屋其他结构构件设计	101
6.1 圈梁/101	
6.2 过梁/102	
6.3 墙梁/106	
6.4 挑梁/120	
知识归纳/125	
思考题/126	
参考文献/127	
7 砌体结构抗震设计	128
7.1 砌体结构的震害分析与概念设计/128	
7.2 多层砌体房屋抗震构造措施/133	
7.3 无筋砌体多层房屋抗震承载力计算/137	
7.4 配筋砌块砌体剪力墙抗震承载力计算及构造要求/143	
7.5 配筋砌块砌体剪力墙抗震承载力计算/144	
7.6 墙梁的抗震设计/148	
知识归纳/149	
思考题/149	
参考文献/150	

1 绪 论

内容提要

本章主要包括砌体结构的类型、砌体结构的发展简史以及砌体结构在国内外发展的概况,砌体结构的优缺点及其应用范围,砌体结构的发展与展望。

能力要求

通过本章的学习,要求学生了解什么是砌体结构、砌体结构的发展简史、砌体结构的优缺点及砌体结构的发展方向,为后续章节的学习奠定基础。

1.1 砌体结构概述

1.1.1 砌体结构的发展简史

砌体结构是指以砖、石或砌块为块材,用砂浆砌筑而成的以墙、柱作为主要受力构件的结构。砌体按照所采用块材的不同,可分为砖砌体、石砌体和砌块砌体三大类。石材和砖是两种古老的土木工程材料,这两种结构的历史比较悠久。人类自巢居、穴居进化到室居以后,最早发现的建筑材料就是块材,如石块、土块等。人类利用这些原始材料垒筑洞穴和房屋,并在此基础上逐步从乱石发展为加工块石,从土坯发展为烧制砖瓦,这便出现了最早的砌体结构。如我国早在 5000 年前就建造了石砌祭坛和石砌围墙。我国隋朝由李春建造的河北赵县安济桥(如图 1-1 所示),净跨为 37.02 m,宽约 9 m,外形十分美观,是世界上建造得最早的空腹式单孔圆弧石拱桥,无论在材料使用、结构受力、艺术造型上,还是经济上都达到了相当高的水平,该桥已被美国土木工程学会选入世

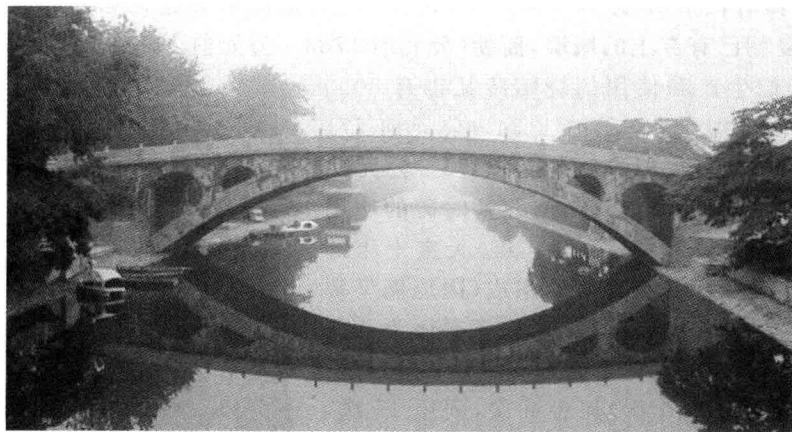


图 1-1 河北赵县安济桥

界第 12 个土木工程里程碑。我国在秦朝用乱石和土将秦、燕、赵北面的城墙连成一体,建成闻名于世的万里长城(如图 1-2 所示)。建于公元 523 年的河南登封嵩岳寺塔(如图 1-3 所示),平面为十二边形,共 15 层,总高 43.5 m、塔底直径 8.4 m、墙厚 2.1 m、高 3.4 m,塔内建有真假门 504 个,为砖砌单筒体结构,是中国最早的古密檐式砖塔,在世界上也是独一无二的。古埃及在公元前约 3000 年在尼罗河三角洲的吉萨采用块石建成三座大金字塔(如图 1-4 所示),工程十分浩大。古罗马在公元 75~80 年采用石结构建成了罗马大角斗场(如图 1-5 所示),至今仍比较完好。

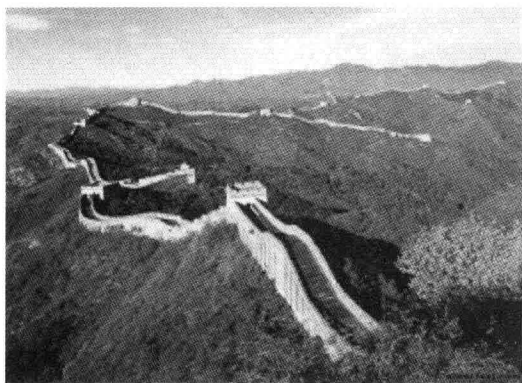


图 1-2 中国万里长城



图 1-4 古埃及金字塔

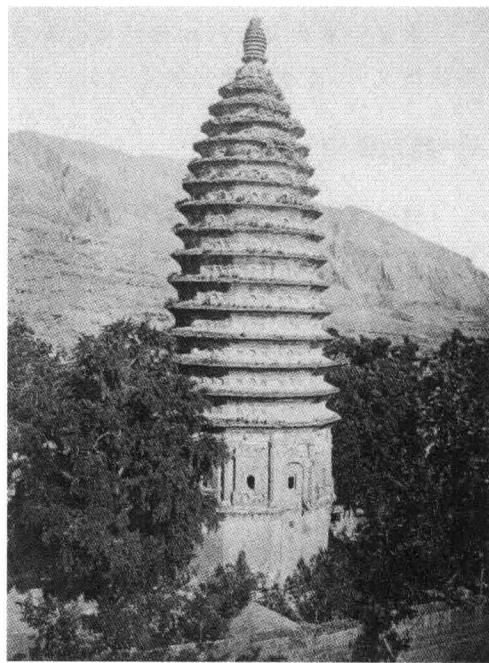


图 1-3 河南登封的嵩岳寺塔

我国在新石器时代末期(距今 4500~6000 年)已有地面木架建筑和木骨泥墙建筑,在公元前约 2000 年的夏朝已有夯土的城墙,商朝(公元前 1783—公元前 1135 年)以后逐渐采用黏土做成的版筑墙。人们生产和使用的烧结砖瓦也有 3000 多年的历史,在西周时期(公元前 1134—公元前 771 年)已有烧制的瓦,在战国时期(公元前 475—公元前 221 年)已能烧制成大尺寸空心砖,南北朝时砖的使用已很普遍。建于北齐(公元 550—577 年)天宝十年的河南开封铁塔,大量采用异型琉璃砖砌成(因琉璃呈褐色,清代时百姓称为铁塔,流传至今),该塔平面为八角形,共 13 层,塔高 55.08 m,地下还有 5~6 m 深,该塔已经受地震 38 次,冰雹 19 次,河患 6 次,雨患 17 次,至今依然耸立。明代建造的南京灵谷寺无梁殿后面走廊的砖砌穹窿,体现出我国古代对砖石结构的重要应



图 1-5 罗马大角斗场



用。中世纪的欧洲用砖砌筑的拱、券、穹窿和圆顶等结构也得到了很大的发展,如公元 532 年—637 年建于君士坦丁堡的圣索菲亚教堂,东西向长 77 m,南北向长 71.7 m,正中直径为 32.63 m 的穹顶,全部用砖砌成。

相对于石和砖,块体生产和应用的历史只有 100 多年,其中以混凝土砌块生产最早。混凝土砌块于 1882 年问世,混凝土小型空心砌块起源于美国,第二次世界大战后混凝土砌块的生产和应用技术传至美洲和欧洲的一些国家,继而又传至亚洲、非洲和大洋洲。美国于 1897 年建成第一幢砌块建筑。1933 年美国加利福尼亚长滩大地震中无筋砌体震害严重,之后推出了配筋混凝土砌块结构体系,建造了大量的多层和高层配筋砌体建筑,如 1953 年建成的 26 幢 6~13 层的美国退伍军人医院,1986 年在圣地亚哥建成的 8 层海纳雷旅馆(位于 9 度地震烈度区)和洛杉矶 19 层公寓。1958 年我国首次建成了采用混凝土空心砌块做墙体的房屋。这些砌块建筑大部分都经历了强烈的地震以及自然灾害的考验。

1.1.2 我国砌体结构的发展概况

我国自新中国成立以来,砌体结构得到了迅速发展,取得了显著的成绩。其主要特点如下。

(1) 应用范围广大

新中国成立后,我国砖的产量逐年增加,1980 年的全国产量为 1600 亿块,1996 年增加到 6200 亿块,为世界其他国家每年产量的总和。全国基建中采用砌体做墙体材料的约占 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,现在一般为 5~6 层,有的城市已达到 7~8 层。在中小型单层工业厂房和多层轻工业厂房,以及影剧院、食堂、仓库等建筑也广泛采用砖墙、柱承重结构。20 世纪 60 年代以来,我国小型空心砌块和多孔砖的生产及应用有较大发展,近十年砌块与砌块建筑的年递增量均在 20% 左右。20 世纪 60 年代末我国提出墙体材料革新,从 1988 年至今我国墙体材料革新已迈入第三个重要阶段。2000 年我国新型墙体材料占墙体材料总量的 28%,超过“九五”计划 20% 的目标,新型墙体材料产量达到 2100 亿块标准砖,共完成新型墙体材料建筑面积 3.3 亿平方米。20 世纪 90 年代以来,我国在吸收和消化国外配筋砌体结构成果的基础上,建立了具有中国特点的钢筋混凝土砌块砌体剪力墙结构体系,大大地拓宽了砌体结构在高层房屋及其在抗震设防地区的应用。

砌体结构还用于建造小型水库、料仓、渡槽、水塔等各类构筑物。如在镇江市建成顶部外径为 2.14 m、底部外径为 4.78 m、高 60 m 的砖砌烟囱;用料石砌筑而成高达 80 m 的排气塔;在湖南建成高 12.4 m、直径 6.3 m、壁厚 240 mm 储粮用的砖砌筒仓;在福建用毛石建造的向东渠,其中陈岱渡槽长 4400 m。渡槽支墩共 258 座,工程规模宏大,著名的河南林州市红旗渠也大量采用石砌渡槽。

此外,我国在古代建桥技术的基础上,于 1959 年建成跨度为 60 m、高 52 m 的石拱桥,1971 年建成的四川丰都九溪沟变截面敞肩式公路石拱桥,净跨度达 146 m,是目前世界上跨度最大的石拱桥。目前,我国已建成的跨径 100 m 以上的单孔石拱桥有近 20 座,每座都有新发展。我国还逐步积累了在地震区建造砌体结构房屋的经验,唐山地震以后,按照有关抗震规范设计的砌体墙中带有构造柱做法的房屋,已在多次地震中得到了考验。

(2) 新材料、新技术和新结构的不断研制和使用

20 世纪 60 年代以来,我国承重空心砖的生产和应用有较大的发展。南京市用承重空心砖建成的 8 层旅馆建筑,其中 1~4 层墙厚为 290 mm,5~8 层墙厚为 190 mm,当时孔洞率为 22%,与实心砖强度等效,但可减轻自重 17%,墙厚减小 20%,节省砂浆 20%~30%,砌筑工时少 20%~



25%,墙体造价降低19%~23%,由于墙厚减小,墙体自重减轻,节省工时,达到了较好的经济效益,同时房屋的使用面积也有所增大。在空心砖的空洞内设置预应力钢筋而制成的空心砖楼板、小梁或檩条,在工程中也有应用。新中国成立以来,砌体结构又向新的结构形式和大跨度方向发展。20世纪50—60年代修建了一大批砖拱楼盖和房屋,还建成用作屋盖的10.5 m×11.3 m的扁球形砖壳、16 m×16 m的双曲扁球形壳和直径40 m的圆球形砖壳。南京、西安等地还研制和生产出拱壳砖(又称带钩空心砖),构造巧妙,很有特色。20世纪60年代在南京采用带钩空心砖建成的14 m×10 m双曲扁壳屋盖实验室,10 m×10 m两跨双曲扁壳屋盖车间,16 m×16 m双曲扁壳屋盖仓库,以及直径10 m的圆形壳屋盖油库,在西安建成了24 m跨的双曲拱屋盖。20世纪70年代我国还在闽清梅西大桥工程中建成88 m跨的双曲砖拱(拱波之间设有钢筋混凝土小肋)。我国大型板材墙体也有发展。20世纪50年代曾用振动砖墙板建成5层住宅,承重墙板厚120 mm。1974年在南京、西安等地用空心砖做振动砖墙板建成4层住宅。1965—1972年在北京用烟灰矿渣混凝土做墙板建成11.5万平方米的住宅,节约普通黏土砖1900万块。1986年在长沙建成内墙采用混凝土空心大板、外墙采用砖砌体的8层住宅。

配筋砌块砌体结构和约束砖砌体结构的研究和应用也取得了较大的进展。20世纪60年代,在衡阳和株洲一些房屋的部分墙、柱中采用网状配筋砌体承重,节约了钢筋和水泥。20世纪50—70年代,徐州采用配筋砖柱建造了跨度为12~24 m、吊车起重量为50~200 t的单层厂房共36万平方米。1984年中国建筑西北设计院等单位在西安建成一幢采用配竖向钢筋空心砖墙承重,按8度设防的6层住宅。辽宁省建筑设计院设计了一种介于钢筋混凝土框架-填充墙结构与带构造柱的砖混结构体系之间的“砖混组合墙体系”,建成8层住宅,共17万平方米。

近年来,采用混凝土、轻集料混凝土,以及利用各种工业废渣、粉煤灰、煤矸石等制成的混凝土砌块在我国有较大的发展。混凝土砌块属于非烧结性块材,它是由胶凝性材料、集料按一定比例经机械压制成型、养护而成的块材。在材料组成上有以砂石做骨料的轻集料混凝土砌块,近年来又研制出大掺量粉煤灰混凝土承重砌块等。混凝土砌块按尺寸可分为小型混凝土空心砌块和中型混凝土空心砌块。其中以小型混凝土空心砌块的应用较为普遍。小型混凝土空心砌块按厚度又可分为190 mm和290 mm两大系列。砌块结构根据配筋方式和受力情况的不同分为约束配筋砌块结构和均匀配筋砌块结构,约束配筋砌块结构是指仅在配筋墙体的局部配置构造钢筋,如在墙体的转角、丁字接头、十字接头和墙体较大洞口边缘设置竖向钢筋,并在这些部位设置一定的拉结钢筋网片,约束配筋砌块砌体结构在地震设防烈度为6度、7度和8度地区建造房屋的允许层数分别为7层、7层和6层,当采取加强构造措施后,可在原允许层数上增加一层。均匀配筋砌体结构对水平和竖向配筋有最小含钢量的要求,在受力模式上也类同于混凝土剪力墙结构,它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。配筋砌体的注芯率一般大于50%。由于砌体的强度高、延性好,可用于大开间和高层建筑结构,均匀配筋砌块结构在地震设防烈度为6度、7度和8度地区建造房屋的允许层数为18层、15层和10层。由混凝土砌块代替黏土砖作为承重墙体材料,既保留了传统砖结构取材广泛、施工方便、造价低廉的特点,又具有强度高、延性好的钢筋混凝土的特性。它的最大优势在于砌块的生产不毁坏耕地,而且耗能较低,仅为生产黏土砖的一半,符合国家可持续发展的政策。黏土砖采用优质黏土烧结而成,经计算生产一万块黏土砖需取土毁田0.007~0.1亩。以沈阳为例,现有砖厂322个,年产约20亿块黏土砖,每年烧砖耗能约30万吨标准煤,毁田1480亩,如果以砌块取代黏土砖,每年可节省15万吨标准煤,节约耕地1480亩。由于砌块具有上述明显的优点,1996年全国砌块总产量已达到2500万立方米,而且近十年来混凝土砌块和砌块建筑的年递增量都在20%左右,尤其以大中城市推广最为迅速。以上海推广砌



块建筑为例,1994 年建成砌块建筑约 50 万平方米,1995 年约 100 万平方米,1996 年约 150 万平方米,到 1999 年第一季度约 450 万平方米。大庆油田从 1976 年引进国外砌块生产线到 2001 年年底,已完成 500 多幢砌块住宅,高层配筋砌块建筑也已进行了一些试点工程,20 世纪 80 年代已有 10~11 层砌块房屋,1997 年建成的盘锦市国税局 15 层配筋砌块住宅楼,1998 年上海建成 18 层配筋砌块住宅,辽宁抚顺市也建成 5 幢 16 层配筋砌块住宅楼。

(3) 砌体结构计算理论和计算方法的逐步完善

新中国成立以前,我国所建成的砌体结构房屋主要是住宅等低层民用建筑,只凭经验设计,不做计算,由房屋的层数来选定墙的厚度。1956 年原国家建委批准在我国使用苏联的《砖石及钢筋混凝土结构设计标准及设计规范》(HuTy 120—55),该规范采用属于定值的极限状态设计方法。20 世纪 60—70 年代,在全国范围内对砖石结构进行了比较大规模的试验、研究和调查,总结出一套符合我国实际、比较先进的砖石结构计算理论和实际方法,并于 1973 年颁布了我国第一部《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概率极限状态设计方法,使我国的砌体结构设计进入了一个崭新的阶段。20 世纪 70 年代中期至 80 年代中期,我国组织有关高校、科研和设计单位对砌体结构进行了第二次大规模的试验和研究,其中搜集我国历年来各地试验的砌体强度数据 4023 个,补充长柱受压试验近 200 个,局压试件 100 多个,墙梁试件 200 多根,有限元分析数据 2000 多个,并进行了 11 栋多层的砖房空间性能实测和大量的理论分析工作等,在砌体结构的设计方法、多层房屋的空间工作性能、墙梁的共同工作,以及砌块砌体的力学性能和砌块房屋的设计等方面取得了新的成绩,并于 1988 年颁布实施了《砌体结构设计规范》(GBJ 3—88)。该规范采用以概率理论为基础的极限状态设计方法,在砌体结构可靠度上已达到当时的国际水平,其中多层砌体结构房屋的空间工作,以及在墙梁中墙和梁的工作等专题的研究成果在国际上处于领先地位,使我国砌体结构理论和设计方法更趋完善。同时,我国还和国际标准化组织砌体技术委员会(ISO/TC179)建立了紧密的联系和合作,并担任了配筋砌体分委员会的秘书国。

1998 年在总结了新的科研成果和工作经验的基础上,我国在全国范围内组织有关高校、科研和设计单位对《砌体结构设计规范》(GBJ 3—88)进行了全面修订,颁布了《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001),该规范的砌体结构类别和应用范围较 1988 年的规范有所扩大,增加了组合砖墙、配筋砌块砌体剪力墙结构,以及地震区的无筋和配筋砌体结构构件设计等内容。引入了一些新型砌体材料,如蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖、轻集料混凝土砌块及混凝土小型空心砌块灌孔砌体等,提高了材料的强度等级,适当调整了材料设计强度的取值,补充了砖砌体和混凝土构造柱组合墙的设计方法,对结构和构件承载力计算方法(如局部承压、墙梁计算等)做了进一步改进,并补充和完善了防止墙体开裂的构造措施,还明确了工程设计人员必须遵守的强制性条文。

近年来,为适应我国经济建设的可持续发展和墙体材料革新、建筑节能、环境保护以及提高建筑抵抗自然灾害能力的需要,国内有关科研、设计单位和高校在总结了近年来砌体结构应用的新经验,调查了汶川、玉树等地震中砌体结构的震害,进行了必要的试验研究并借鉴了砌体结构领域科研的成熟成果基础上,又对《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)进行了全面修订,颁布了新的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)。新规范增加了适应节能减排、墙体革新的要求,以及成熟可行的新型砌体材料的应用,并提出了相应的设计方法,增加了提高砌体耐久性的有关规定,增补了防止或减轻因材料变形而引起墙体开裂的措施。根据地震震害,结合砌体结构的特点,完善了砌体结构的抗震设计方法。新规范的颁布实施将进一步促进我国砌体结构设计和应用水平的提高。

1.1.3 国外砌体结构发展简介

前苏联是最早建立较完整的砌体结构理论和设计方法的国家。前苏联于1939年颁布了《砖石结构设计标准及技术规程》(OCT—90038—39),并在20世纪50年代在对砌体结构进行了试验和研究的基础上,提出了按极限状态的设计方法,原东欧一些国家(如捷克、波兰等)也相继采用这一方法。自1958年在瑞士苏黎世采用抗压强度为58.8 MPa、空心率为28%的空心砖做墙体建成一幢19层塔式住宅(墙厚380 mm),随后又建成一幢24层塔式住宅之后,欧美等国加强了对砌体结构的研究。

20世纪60年代以来,国外研究、生产了许多性能好、质量高的砌体材料,推动了砌体结构的迅速发展。在意大利,5层及5层以下的居住建筑中有55%是采用砖墙承重,砖的抗压强度一般可达30~60 MPa。空心砖产量占砖总产量的80%~90%,空心率有的高达60%,瑞士、保加利亚则全部采用空心砖,英国多孔砖的抗压强度为35~70 MPa,最高可达到140 MPa,美国商品砖的抗压强度为17.2~140 MPa,最高可达230 MPa。目前欧美及澳大利亚等国生产的砖的抗压强度一般可达到30~69 MPa,且能生产强度高于100 MPa的砖,空心砖的重力密度一般为13 kN/m³,轻的则达6 kN/m³。国外采用的砌筑砂浆强度也较高,美国《砖酸铝质耐火砖分类标准》(ASTMC270)规定的M、S和N三类水泥石灰混合砂浆的抗压强度分别为25.5 MPa、20 MPa和13.8 MPa,德国采用的水泥石灰混合砂浆的抗压强度为13.7~41.1 MPa,此外,德国还研制出高黏结强度砂浆。由于砖和砂浆材料性能的改善,砌体的抗压强度也得到提高。欧美等国在20世纪70年代砖砌体的抗压强度就已达20 MPa以上,接近甚至超过了普通混凝土的强度,一些国家在20世纪70年代砌体的产量就已经接近普通砖的产量。

近年来,许多国家在预制砖墙板和配筋砌体的研究和应用方面取得了较大进展,为砌体结构在高层建筑中的应用开辟了新的途径。20世纪60年代,苏联采用预制砖墙板的房屋面积已超过400万平方米,丹麦生产了11种类型的振动砖墙板,年产量达350万平方米,美国的预制装配折线形砖墙板和加拿大的预制槽型及半圆筒形墙板均已在工程中应用。为了适应中高层建筑(8~20层)的需要,配筋砌块剪力墙结构体系应运而生,与钢筋混凝土框架结构体系相比,采用配筋砌块剪力墙可缩短建筑工期约20%,降低工程总造价10%以上,配筋砌块剪力墙既可采用墙体全部落地的方式,又可采用底层框架的方式,有很强的适应性。美国是配筋砌块建筑应用最广泛的国家,从20世纪60年代至今已建立完善的配筋砌体结构的系列标准。1990年5月在内华达州拉斯维加斯(7度区)建成了四幢28层配筋砌块旅馆。新西兰等国也采用配筋砌体在地震区建造高层房屋。英国在制定配筋和预应力砌体规范方面处于领先地位,1967年建成一座竖向和环向施加预应力、内径为12 m的砖水池,近些年还将预应力砌体结构用于单层厂房和大型仓库的建造中,取得了很好的效果。近年来,国际上在砌体结构学科方面的交流与合作也很频繁,进一步推动了砌体结构的发展。

1.2 砌体结构的优缺点及其应用范围

1.2.1 砌体结构的优缺点

砌体结构之所以不断发展,成为世界上应用最广泛的结构形式之一,其重要原因在于砌体结构具有以下优点。



(1) 材料来源广泛

砌体结构的材料易于就地取材。石材、黏土、沙等是天然材料,分布广,易于就地取材,价格也较水泥、钢材、木材便宜。此外,工业废料如煤矸石、粉煤灰、页岩等都是制作块材的原料,用来生产砖或砌块不仅可以降低造价,也有利于保护环境。

(2) 性能优良

砌体结构比钢结构甚至比钢筋混凝土结构有更好的耐火性和较好的耐久性及保温隔热性能,节能效果明显,使用年限长。砌体结构一般情况下可耐受 $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右的高温。

(3) 施工简单

砌体结构施工操作简单快捷,一般新铺砌体上即可承受一定荷载,因而可以连续施工,在寒冷地区,必要时还可以用冻结法施工。

(4) 费用低廉

砌体结构造价低,不仅比钢结构节约钢材,较钢筋混凝土结构节约水泥和钢材,而且砌筑砌体时不需要模板及特殊的技术设备,可以节约木材。当采用砌块或大型板材做墙体时,可以减轻结构自重,加快施工进度。

除上述优点以外,砌体结构也有下述一些缺点。

(1) 强度较低

砌筑砂浆和砖、石、砌块之间的黏结力较弱,因而无筋砌体的抗拉、抗弯及抗剪强度低,抗震及抗裂性能较差。因此,应研制推广高黏结性砂浆,必要时采用配筋砌体,并加强抗震、抗裂的构造措施。

(2) 自重较大

砌体结构自重大,一般砌体结构的强度低,建筑物中墙、柱的截面尺寸较大,材料用量较多,因而结构的自重大。因此,应加强轻质高强砌体材料的研究,以减小截面尺寸,减轻结构自重。

(3) 劳动量大

砌体结构砌筑工作繁重,砌体基本采用手工方式砌筑,劳动量大,生产效率低。因此,有必要进一步推广砌块、振动砖墙板和混凝土空心墙板等工业化施工方法,以逐步克服这一缺点。

(4) 占用农田

砖砌体结构的黏土砖用量很大,往往占用农田,影响农业生产。据统计,全国每年生产黏土砖上千亿块,毁坏农田 10 万余亩,使我国人口多,耕地少的矛盾更显突出。因此,必须大力发展砌块、煤矸石砖、粉煤灰砖、混凝土多孔等黏土砖的替代产品。现在,我国一些大城市已禁止使用实心黏土砖。

1.2.2 砌体结构的应用范围

由于砌体结构具有很多明显的优点,因此应用范围广泛。但是,砌体结构存在的缺点也限制了其在某些场合下的应用。砌体结构的应用范围如下。

(1) 民用建筑

砌体是用来承受压力的构件,房屋的基础、内外墙柱等都可用砌体材料建造,无筋砌体房屋一般可建 5~7 层,配筋砌块剪力墙结构房屋可建 10~18 层。此外,过梁、屋盖、地沟、填充墙等构件也可用砌体材料建造。在某些产石材的地区,也可以用毛石或料石建造房屋,目前已有建到 5 层的。

(2) 工、农业建筑

砌体往往被用来砌筑维护墙和填充墙,工业企业中的烟囱、料斗、管道支架、对渗水性要求不高



的水池等构件也可用砌体建造。农业建筑如仓库、跨度不大的加工厂房也可用砌体结构建造。

(3) 交通运输

砌体结构可用于桥梁、隧道工程,各种地下渠道、涵洞、挡土墙等也常用石材砌筑,在水利建设方面,可用石材砌筑坝、堰河渡槽等。

但是应该注意,砌体结构是用单块块材和砂浆砌筑的,目前大多是手工操作,质量较难保证均匀一致,加上无筋砌体抗拉强度低,抗裂、抗震性能较差等缺点,在应用时应注意有关规范、规程的使用范围。在地震区采用砌体结构,应采取必要的抗震措施。唐山地震及以后的震害经验表明,在多层砌体房屋中加设钢筋混凝土构造柱是提高房屋抗震能力的一项有效措施。

1.3 我国砌体结构的发展方向

砌体结构作为一种应用量大和应用范围广的传统结构形式,在我国势必将继续发展完善。今后,砌体结构的发展主要在于如何进一步发挥其优点并克服其缺点,并结合我国国情,使砌体结构的应用范围更大,性能更好。

(1) 积极发展新材料

首先是发展高强轻质的砌体材料。和国外相比,我国砖和砌块的强度普遍较低,有必要采取有力措施迅速提高砖和砌块的强度。我国地域辽阔,西北等地区黏土资源丰富,可推广应用空心黏土砖,这对节省资源、减轻结构自重、加快施工进度都有明显作用,在广大人口多、耕地少的地区,要限制或取消使用黏土砖,积极发展黏土砖的替代产品,如蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖、轻集料混凝土砌块、混凝土小型空心砌块以及混凝土多孔砖等,以节省耕地,保护环境。其次,还要大力研制和推广与新型墙体材料配套的高黏结强度砂浆,以提高砌体结构房屋的整体性和抗裂能力。最后,积极开发研究节能环保的新型材料。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,尽可能对废物再利用和净化,保护生态环境,以确保社会的可持续发展。

(2) 积极推广应用配筋砌体结构

国外的经验和我国的研究结果及试点工程都已表明,在中高层建筑(10~18层)中,采用配筋砌体结构尤其是配筋砌块剪力墙结构,可节约钢筋和木材,施工进度快,经济效果显著,且结构的抗震性能和抗裂性能良好,今后应在中高层建筑尤其是住宅建筑中积极推广应用配筋砌体结构,扩大砌体结构的应用范围。

(3) 加强对防止和减轻墙体裂缝构造措施的研究

砌体结构是由单块砖或砌块用砂浆砌筑而成的,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的情况下容易产生裂缝,尤其是一些非烧结的块材收缩变形较大,更容易出现裂缝,随着我国人民生活水平的提高,对房屋建筑质量的要求也不断提高,墙体开裂的问题已日益引起重视。今后应加强对砌体裂缝的产生机理和防止、减轻墙体裂缝措施的研究,例如,加入钢筋以增加砌体结构的抗拉强度和抗剪强度,减少裂缝的发生及发展等措施,进一步提高砌体结构房屋的质量。

(4) 加强对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,建立精确、完善的砌体结构理论,积极探索新的砌体结构形式,是世界各国所关心的课题。新中国成立以来,我国对砌体结构理论、设计方法的研究取得了很大成绩,有较好的基础。今后应继续加强这一领域的研究,并进一步改进实验技术,使测试和数据处理自动化,得到更精确的实验和分析结果。此外,还应重视砌体结构的耐久性以及对

砌体结构修复补强的研究。

(5) 提高砌体结构的施工技术水平和施工质量

目前,我国砌体基本采用手工方法砌筑,劳动量大,生产效率低,工程质量不易保证。因此,有必要在我国较大范围内改变传统的砌体结构建造方式,提高生产的工业化、机械化水平,从而减少繁重的体力劳动,加快工程建设速度。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。

砌体结构是我国应用广泛的承重结构形式之一,大量的低层、中高层建筑以及交通、水利工程的构筑物都可采用砌体结构。随着我国基本建设规模的扩大和人们居住条件的不断改善,砌体结构必将在现代化建设中发挥更大的作用。

知识归纳

(1) 砌体结构是指以砖、石或砌块为块材,用砂浆砌筑的结构,在土木工程中砌体和砌体结构是主要的建筑材料和承重结构。砌体按照所采用块材的不同,可分为砖砌体、石砌体和砌块砌体三大类。

(2) 砌体结构的优点:材料来源广泛、性能优良、施工简单、费用低廉。砌体结构的缺点:强度较低、自重较大、劳动量大、占用农田。

(3) 我国砌体结构的发展方向:进一步发挥砌体结构的优点及克服缺点,结合我国的国情,使其应用范围更广,性能更好。

思考题

- 1-1 什么是砌体结构?砌体结构按所采用的材料不同分为哪几类?
- 1-2 我国砌体结构发展的主要特点有哪些?
- 1-3 新的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)与旧规范比较有什么改进?
- 1-4 砌体结构有哪些优点和缺点?应用范围有哪些?
- 1-5 为节约耕地,限制或取消黏土砖,应大力发展哪些新型墙体材料?
- 1-6 我国砌体结构发展方向有哪几个方面?

参考文献

- [1] 刘立新.砌体结构.4版.武汉:武汉理工大学出版社,2012.
- [2] 侯元恒.混凝土与砌体结构.郑州:郑州大学出版社,2007.
- [3] 东南大学,同济大学,郑州大学.砌体结构.2版.北京:中国建筑工业出版社,2011.