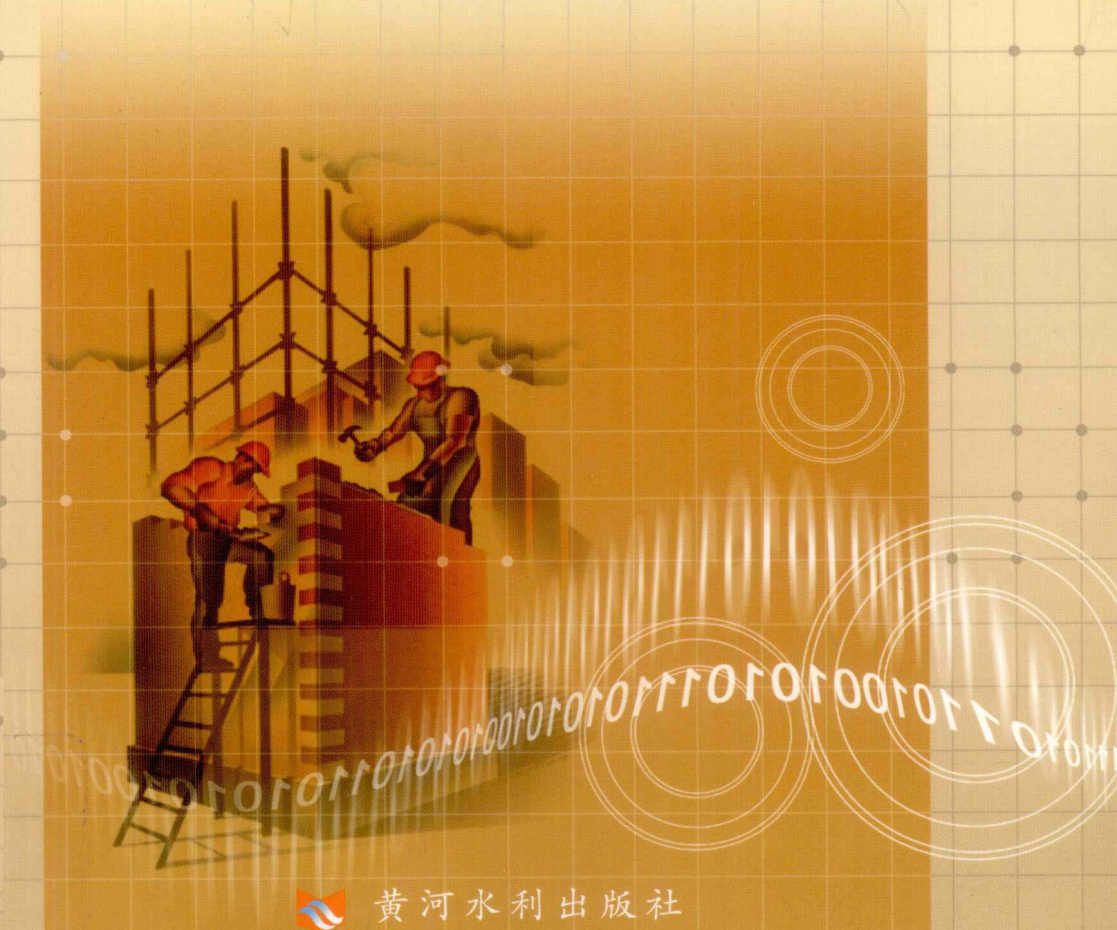


普通高等学校土建类“十二五”应用型规划教材

QITI JIEGOU

砌体结构

熊辉霞 司马玉洲 主编



黄河水利出版社

普通高等学校土建类“十二五”应用型规划教材

砌体结构

主 编 熊辉霞 司马玉洲
副主编 党玲博

黄河水利出版社
· 郑州 ·

内 容 提 要

本书以我国新颁布的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)为依据,重点阐述砌体结构的基本原理和设计方法。内容包括:绪论,砌体材料及其力学性能,砌体结构构件的承载力计算,配筋砌体构件,混合结构房屋墙体设计,过梁、墙梁、挑梁及墙体构造。为有利于学生的学习和扩大知识面,每章附有针对性强的例题、思考题。

本书可作为高等院校土木工程专业的教材,也可作为建筑结构设计、施工、科研及管理人士的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

砌体结构/熊辉霞,司马玉洲主编. —郑州:黄河水利出版社,2010.9

普通高等学校土建类“十二五”应用型规划教材

ISBN 978-7-80734-890-0

I. ①砌… II. ①熊… ②司马… III. ①砌体结构—高等学校—教材 IV. ①TU36

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第174812号

策划编辑:李洪良 马广州 电话:0371-66024331 E-mail:hongliang0013@163.com

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:hhslebs@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:9.75

字数:225千字

印数:1—4 100

版次:2010年9月第1版

印次:2010年9月第1次印刷

定价:18.00元

前 言

本教材是根据 2009 年普通高等学校土建类“十二五”应用型规划教材编写研讨会讨论通过的教材编写大纲编写的。

《砌体结构》是房屋建筑工程专业的主要专业课程,也是一门与生产实践紧密联系的学科。本教材根据土木工程专业所确定的培养目标和基本要求,重在应用,加强针对性,突出实用性、先进性和地区性,理论部分概念清晰、简明扼要,突出并充实结构构造及工程应用等实用性内容,注意从工程的角度加深对结构设计原理的理解。

本书重点阐述了砌体结构的基本原理和设计方法,比较详细地介绍了我国新颁布的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)的有关内容。

本书共分六章,主要内容如下:第一章为绪论,主要讲述了砌体结构的发展简史、砌体结构的种类及现代砌体结构的特点;第二章主要论述了砌体材料的分类、砌体的强度、变形性能及有关物理性能,最后介绍了砌体强度的标准值和设计值;第三章主要论述了砌体结构的设计方法和无筋砌体结构构件受压、局部受压、受剪承载力的计算方法,同时介绍了砌体构件轴心受拉和受弯承载力的计算;第四章主要讲述了网状配筋砖砌体构件、组合砖砌体构件及配筋混凝土砌块砌体构件的基本受力特点、承载力计算方法、构造要求及使用范围;第五章叙述了混合结构房屋的结构布置方案及特点,讨论了不同空间作用程度的房屋采用的静力计算方案,给出了混合结构房屋墙柱高厚比验算方法,分析了单层、多层房屋在不同静力计算方案时的计算简图,内力计算方法、控制截面的选取等内容;第六章主要讲述了过梁、墙梁及挑梁的受力特点、破坏特征、承载力计算方法、构造要求等内容。

本书按 26 学时的教学内容编写,各章的分配学时为:第一章,1 学时;第二章,5 学时;第三章,6 学时;第四章,4 学时;第五章,6 学时;第六章,4 学时。

本书由熊辉霞、司马玉洲任主编。各章编写人员如下:第一、三章由司马玉洲(南阳理工学院)编写,第二、四章由熊辉霞(南阳理工学院)编写,第五章由党玲博(黄河科技学院)编写,第六章由司马玉洲和熊辉霞编写。全书由熊辉霞统稿。

由于编者水平有限,其中纰缪在所难免,欢迎读者批评指正。

编 者

2010 年 7 月

目 录

前 言

第一章 绪 论	(1)
第一节 砌体结构发展简史	(1)
第二节 砌体结构的优缺点	(4)
第三节 砌体结构的应用范围	(5)
第四节 砌体结构的发展趋势	(5)
思考题	(7)
第二章 砌体材料及其力学性能	(8)
第一节 砌体的材料	(8)
第二节 砌体的种类	(13)
第三节 砌体的受压性能	(16)
第四节 砌体的受拉、受弯和受剪性能	(21)
第五节 砌体强度标准值与设计值	(23)
第六节 砌体的变形性能	(27)
思考题	(31)
第三章 砌体结构构件的承载力计算	(32)
第一节 砌体结构可靠度设计概述	(32)
第二节 受压构件	(35)
第三节 局部受压	(47)
第四节 轴心受拉、受弯和受剪构件	(56)
思考题	(60)
第四章 配筋砌体构件	(62)
第一节 网状配筋砖砌体受压构件	(62)
第二节 组合砖砌体受压构件	(66)
第三节 配筋砌块砌体构件	(73)
思考题	(81)
第五章 混合结构房屋墙体设计	(83)
第一节 混合结构房屋的结构布置方案	(83)
第二节 房屋的静力计算方案	(87)
第三节 墙、柱的高厚比验算	(91)
第四节 单层房屋承重墙体计算	(101)
第五节 多层房屋承重墙体计算	(106)

思考题	(123)
第六章 过梁、墙梁、挑梁及墙体构造	(125)
第一节 过 梁	(125)
第二节 墙 梁	(128)
第三节 挑 梁	(137)
第四节 混合结构房屋构造措施	(140)
思考题	(147)
参考文献	(148)

第一章 绪 论

学习提要

砌体结构是土木工程中一种重要的承重结构形式,至今应用广泛。应了解砌体结构的发展简史、砌体结构的种类及现代砌体结构的特点。

第一节 砌体结构发展简史

由砖、石或砌块组成,并用砂浆黏结而成的材料称为砌体。由砌体建造的结构称为砌体结构。砌体结构在土木工程中是一种主要的承重结构,它在铁路、公路、桥涵等工程中又称为圬工结构。

砌体结构是最古老的一种建筑结构,有着悠久的历史 and 辉煌的纪录。

公元前约 3000 年埃及在吉萨采用块石建成三座大金字塔,工程浩大。罗马在公元前 75 ~ 80 年采用石结构建成罗马大角斗场,至今仍供人们参观。君士坦丁堡在公元 6 世纪建成了砖砌大跨结构的圣索菲亚大教堂,具有很高的技术水平。

在我国,考古发掘资料表明,新石器时代末期已有地面木构架建筑和木骨泥墙建筑。到公元前 20 世纪时(相当于夏代)则发现有夯土的城墙。商代(公元前 1600 年至前 1046 年)以后,逐渐采用黏土做成的版筑墙,到西周时期已有烧制的瓦。在战国时期的墓中发现有烧制的大尺寸空心砖,这种空心砖盛行于西汉(公元前 206 年至公元 8 年),但由于制造复杂,至东汉(公元 25 年至 220 年)末年似已不再生产。

如果以时间为主线和划分依据,砌体结构在我国的发展过程大致可以分为以下三个阶段。

第一阶段:在清代(1616 ~ 1911 年)末年、19 世纪中叶以前,我国的砖石建筑主要为城墙、佛塔和少数砖砌重型穹拱佛殿以及石桥和石拱桥等。

万里长城(见图 1-1)是我国古代劳动人民创造的伟大奇迹,超过 5 000 km 的共有三个朝代:一是秦始皇时修筑的西起临洮、东至辽东的万里长城;二是汉代修筑的西起今新疆、东至辽东的内外长城和烽燧亭障,全长 10 000 多 km;三是明代修筑的西起嘉峪关、东到鸭绿江畔的长城,全长 8 851.8 km。墙的结构是根据当地的气候条件而定的,总观万里长城的构筑方法,有如下几种类型:版筑夯土墙、土坯垒砌墙、青砖砌墙、石砌墙、砖石混合砌筑和条石。

河南登封嵩岳寺塔始建于北魏孝明帝正光元年(公元 520 年),由基台、塔身、密檐和塔刹几部分组成(见图 1-2),塔外观为十二边形,共 15 层,总高 43.5 m,系糯米汁拌黄土泥作浆,青砖垒砌而成。嵩岳寺塔为砖砌单筒体结构,是我国现存最古老的密檐式塔。

安济桥坐落在河北省赵县的洹河上,建于隋大业年间(公元 605 ~ 616 年),由著名匠师李春设计和建造,距今已有 1 400 多年的历史。桥长 64.40 m,净跨 37.02 m,券高 7.23 m,

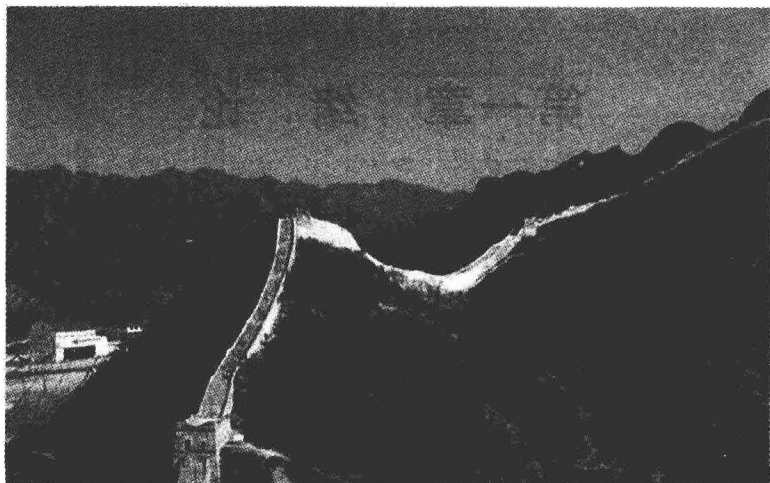


图 1-1 长城

是当今世界上跨径最大、建造最早、保存最完善的单孔敞肩型石拱桥。1991 年,美国土木工程师学会将安济桥选定为第 12 个“国际历史土木工程的里程碑”。

第二阶段:19 世纪中叶以后至新中国成立前大致 100 年左右的时期内,我国广泛采用承重墙,但砌体材料主要仍是黏土砖。

综观历史可见,尽管我国古代劳动人民对砖石建筑作出了伟大的贡献,但由于在封建制度和后来在半封建半殖民地制度的束缚下,不可能很好地总结提高和进行必要的科学研究,因此在前两个阶段里,虽然经过漫长的岁月,砖石结构的实践和理论的发展却是极缓慢的。

第三阶段:新中国成立以后,砌体结构得到迅速发展,取得了显著的成绩。

1980 年砖的全国年产量为 1 600 亿块,1996 年增至 6 200 亿块,为世界其他各国砖每年产量的总和。20 世纪 50 年代砌体结构房屋一般为 3~4 层,现在已为 5~6 层,不少城市一般建到 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。砖石结构还用于建造各种构筑物。如镇江市建成的顶部外径 2.18 m、底部外径 4.78 m、高 60 m 的砖烟囱;用料石建成的 80 m 高的排气塔;在湖南建造的高 12.4 m、直径 6.3 m、壁厚 240 mm 的砖砌粮仓群;此外,我国在古代建桥技术的基础上,于 1959 年建成跨度 60 m、高 52 m 的石拱桥,接着又建成了敞肩式现代公路桥——湖南鸟巢河大桥,最大跨度达 120 m。我国建成的 100 m 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纪录。

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 层的空心砖承重的旅馆。当时空心砖孔洞率为 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

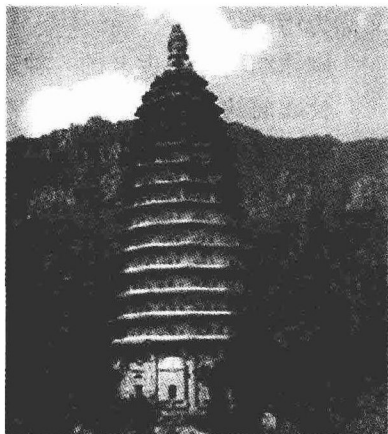


图 1-2 嵩岳寺塔

价降低 19% ~ 23%。根据节能进一步要求,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 mm × 240 mm × 190 mm、孔洞率为 40% 的烧结保温空心砖(块),在主要力学和热工性能方面的指标接近或达到国际同类产品的水平。

近 10 余年来,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、煤矸石等生产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。砌块种类、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。据不完全统计,1996 年全国砌块总产量约为 2 500 万 m^3 ,各类砌块建筑约 5 000 万 m^2 ,近 10 年混凝土砌块与砌块建筑的年递增率都在 20% 左右,尤其以大中城市推广迅速。从 20 世纪 90 年代初期,在总结国内外配筋混凝土砌块试验研究经验的基础上,我国在配筋砌块结构的配套材料、配套应用技术的研究上获得了突破,在此基础上开展了更具代表性和针对性的试点工程,如 1997 年建成的盘锦市国税局 15 层砌块住宅(见图 1-3),1998 年建成的上海混凝土空心砖块配筋砌体住宅试点工程(见图 1-4)。试点工程实践表明,中高层配筋砌块建筑具有明显的社会效益:前者 15 层砌块建筑,节省钢材 45%,土建造价降低 18%;上海 18 层砌块建筑节约钢材 25%,土建造价降低 7.4%。因此,将中高层配筋砌块结构体系纳入到我国砌体结构设计规范中是理所当然的。由此可见,作为黏土砖的主要替代材料和某些功能强于黏土砖的砌块的发展前景是非常好的。



图 1-3 盘锦配筋砌块建筑

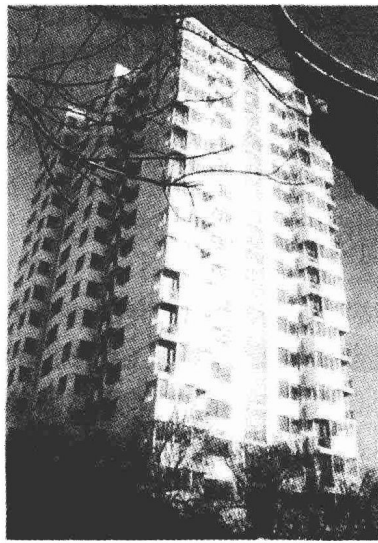


图 1-4 上海配筋砌块建筑

我国配筋砌体应用研究起步较晚,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,节省钢材和水泥。1958 ~ 1972 年在徐州采用配筋砖柱建筑了 12 ~ 24 m、吊车起重量 50 ~ 200 t 的单层厂房 36 万 m^2 ,使用情况良好。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,其成果引入我国抗震设计规范。在此基础之上,通过在砖墙中加大加密构造柱形成所谓强约束砌体的中高层结构的研究取得了可喜的成果。如辽宁沈

阳、江苏徐州、湖南长沙、甘肃兰州等地先后建造了8~9层上百万平方米的这类建筑,获得了较好的经济效益。这些研究成果有的已纳入到地方标准或国家标准。这是我国科研工作者在黏土砖砌体低强材料情况下,向中高层建筑作出的贡献。

第二节 砌体结构的优缺点

一、砌体结构的优点

综观历史,尤其是20世纪60年代以来,砌体结构之所以不断发展,成为世界上重视的一种建筑结构体系,其重要原因在于砌体结构具有很多优点。砌体结构的主要优点是:

(1)较易就地取材,砖主要用黏土烧制,在农村丘陵地区可以就地烧制黏土砖;石材的原料是天然石,在山区可以就地开采石料;还可以就地利用工业废料(如矿渣、粉煤灰等)生产各种新型砌块,来源方便,价格较便宜。

(2)砖石砌体具有良好的耐火性,而且化学稳定性和大气稳定性都比较好,可以满足房屋耐久性的要求。

(3)施工方便,工艺简单,砌筑砌体时不需要模板和特殊的施工设备,节省木材、钢材和水泥。新铺砌体上即可承受一定的荷载,因而可以连续施工。在寒冷的冬季,还可以采用冻结法施工,无需特殊的保温措施。

(4)砖墙和砌块墙体的隔热保温性能较好,所以既是较好的承重结构,也是较有利于建筑节能的围护结构,一举两得。

(5)当采用砌块和大型板材作墙体时,可以减轻结构自重,加快施工进度,有利于工业化生产和施工。

二、砌体结构的缺点

砌体结构的缺点也比较突出,主要有:

(1)与钢和混凝土相比,砖石砌体的强度比较低,一般需要采用较大截面的构件,材料用量多,自重大(在一般的砖混住宅中,砖墙自重可占建筑总自重的50%),建造房屋的层数有限,一般不超过7层,运输成本也高。

(2)现场砌体砌筑难以采用机械替代手工操作,砌筑工程量繁重(在一般砖混住宅中,砌砖用工量可占总用工量的25%以上),生产效率低。

(3)砌体是脆性材料,砖石块体与砂浆之间的黏结强度较低,无筋砌体的抗拉、抗弯和抗剪强度均较低,房屋的整体性差,在没有采取必要的抗震措施的情况下,砌体结构的抗震能力是很差的,缺乏延性。砖、石的抗压强度也不能充分发挥。

(4)多层砌体房屋一般宜采用刚性方案,故其横墙间距受到限制,因此不可能获得较大的空间,故一般只能用于住宅、普通办公楼、学校、小型医院等民用建筑以及中小型工业建筑。

(5)砖砌体结构的黏土砖用量很大,往往占用农田,不但严重影响农业生产,对保持生态环境平衡也是很不利。制作黏土砖还要耗费大量的能源,污染环境。

第三节 砌体结构的应用范围

由于砌体结构有着上述优点,因此应用范围很广泛。也正是由于它的缺点,也限制了它在某些场合下的使用。

目前国内住宅、办公楼等民用建筑中的基础、内外墙、柱、过梁、屋盖和地沟等构件都可用砌体结构建造。由于砖质量的提高和计算理论的进一步发展,5~6层高的房屋,采用以砖砌体承重的混合结构非常普遍,不少城市建至7~8层。重庆市20世纪70年代建成了高达12层,用砖和混凝土砌块承重的住宅,其中10~12层为180 mm砖承重内墙,8~9层为240 mm砖承重内墙,5~7层为300 mm砖承重内墙,1~4层为300 mm混凝土砌块承重内墙。在国外有建成20层以上的砖墙承重房屋。

在某些产石材的地区,也可用毛石承重墙建造房屋,目前有高达5层的。

在工业厂房建筑中,砌体往往用来砌筑围护墙,对中小型厂房和多层轻工业厂房,以及影剧院、食堂、仓库等建筑,也广泛地采用砌体作墙身或立柱的承重结构。

砌体结构还用于建造各种构筑物,如烟囱、小型水池、料仓、地沟等。交通运输方面,砌体结构除可用于桥梁、隧道外,各式地下渠道、涵洞、挡墙也常用石材砌筑;在水利工程方面,可以用砌体结构砌筑坝、堰、水闸、渡槽等。

配筋砌块建筑表现了良好的抗震性能,在地震区得到应用与发展。美国是配筋砌块应用最广泛的国家,在1933年大地震后,推出了配筋混凝土砌块(配筋砌体)结构体系,建造了大量的多层和高层配筋砌体建筑。这些建筑大部分经历了强烈地震的考验。如:1952年建成的26栋6~13层的美退伍军人医院;1966年在圣地亚哥建成的8层海纳雷旅馆(位于9度区)和洛杉矶19层公寓;1990年5月在内华达州拉斯维加斯(7度区)建成了4栋28层配筋砌块旅馆。利用配筋砌块,我国各地建造了不少的砌体高层建筑:1983年、1986年南宁已修建了配筋砌块10层住宅楼和11层办公楼试点房屋。采用MU20高强砌块,人工两次投料振捣,无法大量生产;1988年本溪用煤矸石混凝土砌块配筋修建了一批10层住宅楼;1997年根据哈尔滨建筑大学、辽宁省建筑科学研究院等单位的研究结果,东北设计院在辽宁盘锦市建成一栋15层配筋砌块剪力墙点式住宅楼;1998年,上海住宅总公司在上海建成了一栋配筋砌块剪力墙18层塔楼,这是我国最高的18层砌块高层房屋,而且是建在7度抗震设防的地区;2000年抚顺建成一栋6.6 m大开间12层配筋砌块剪力墙板式住宅楼;2001年哈尔滨阿继科技园修建了12层配筋砌块房屋,之后一幢18层砌块高层也建成。

第四节 砌体结构的发展趋势

目前,我国生产的砖强度低,结构尺寸大,因而自重也大,同时手工砌筑工作量繁重,生产效率低,以致施工进度慢,建设周期长,这显然不符合大规模建设的要求。但是我国幅员辽阔,很多地区黏土和石材资源丰富,工业废料也亟待处理,随着经济建设步伐的加快,城市和农村各类建筑物的工程量将日益增多,因此砌体结构在很多领域内的继续使

用,仍有其现实意义。砌体结构的发展方向主要有以下几方面:

(1) 积极开发节能、环保的新型材料。从我国的砌体发展现状来看,我国的墙体材料的改革是起步比较晚的。就全国范围而论,实心黏土砖仍在墙体材料组成中占有一定地位,墙体材料的绿色化程度和可再生资源的利用率都远低于发达国家。为此我国加大了对新型墙体材料的应用,限制高能耗、高资源消耗、高污染、低效益的产品的生产。2000年时我国新型材料的应用占墙体材料总量的28%,超过了计划的目标,完成节能建筑7 470万 m^2 ,累计节约耕地4万 hm^2 。节约燃煤6 000万t,利用工业废渣3.2亿t,减少了二氧化硫和氮氧化物等的排放,并且淘汰了一批小的砖瓦企业。至今,全国很多地区完全限制黏土砖的使用,从而提高了新型材料的应用。如近几年发展起来的蒸压灰砂砖的使用,利用页岩生产多孔砖,利用废渣生产轻型混凝土墙板,蒸压纤维水泥板、复合墙板就是新型建材制品。

(2) 加大发展高强轻质的砌体材料。目前我国的砌体材料仍存在着强度低、稳定性差的问题。黏土砖的抗压强度和孔隙率的标准都与发达国家有一定的差距。结合国外的经验和我国的具体情况,我国对配料、成型、烧结工艺进行了改进,从而提高砖的强度和质量,并且因地制宜地对多黏土的地区发展高强度的黏土砖,增大保温性能的高孔隙率砖及外墙装饰材料。在少黏土的地区大力发展高强度的混凝土砌块,并利用工业废料结合它的装饰性能拓宽它的使用范围,使砌块向着薄壁、高强、大孔方向发展,更好地满足我国对多功能、多种类砌体结构的需要,加大它的市场应用。在发展高强材料的同时,我们还需认真研制高强度等级的砌筑砂浆,以增加它的黏结性能,从而提高房屋的整体性能,提高它的抗震性能的同时还能节省材料。目前我国应大力开发与高强块材相适宜的高强度砂浆,如加大干拌砂浆和商品砂浆的利用,对推动高强材料结构的发展起着很重要的作用。

(3) 深化对配筋砌体的研究和应用。配筋砌体在我国的研究和应用起步较晚,而它的应用是非常符合现代化建设的。配筋砌体具有强度高、延性好的特点,与钢筋混凝土的性能十分类似,因此特别适合在高层和大开间建筑中使用,在高层、中高层建筑的应用中取得了良好的效益,它还能满足我国对高层建筑的抗震设防要求。因此,我们需要对配筋砌体的抗震性和结构整体性进行不断研究,对我国的建筑发展是非常有利的。

(4) 运用新技术改善我国施工面貌。我国还需要从提高砌体的施工技术水平着手,提高工业化的水平。施工的技术水平在一定程度上影响了砌体结构的发展。我国采用的现浇式构件、装配式构件、预制式构件改善了传统施工的面貌。预制式构件的广泛采用可以弥补其他构件的不足,改善它的受力性能,可以提高施工速度。我国在这方面还与国际实力有较大的差距。发达国家对预制板材的使用已占墙体材料总量的40%,而我国仅达到2%,我国对预应力的研究还是比较薄弱的。因此,我国有必要对传统的施工体系进行一定范围内的改革,结合新型材料和新型结构运用更加符合施工要求的新技术,改善我国砌体结构的施工面貌,推动砌体结构的发展。

(5) 加大力度研究、提高、完善砌体结构的理论体系。我国需要在砌体结构的理论方面继续加大力度研究,建立精确又完整的理论体系,不仅与国际接轨,而且适应我国的现状及特色的发展。砌体结构的设计方法经历了三系数法、单一安全系数法以及现在使用的以概率理论为基础的极限状态设计法。三系数法对荷载或荷载效应和材料强度的标准值分别以数理统计方法取值,但未考虑荷载效应和材料抗力的联合概率分布及结构的失

效概率,属半概率极限状态设计法。虽然它远优越于容许应力设计法和破坏强度设计法,但三系数法在材料强度及部分荷载的取值上过分强调小概率,因此其结果有的与实际情况不相符。此外,它只以三个系数来反映影响结构安全的因素,故结构的安全度可能偏大或偏小。单一安全系数法是按多系数来分析影响结构的安全因素,最后采用单一安全系数,该方法也属于半概率极限状态设计法。由于结构的设计、施工直至使用均存在着各种随机因素的影响,其中许多因素又存在不定性,即使采用定量的安全系数也达不到从量上来度量结构可靠度的目的。为了使结构安全度的分析有一个可靠的理论基础,结构的可靠与否只能借助于概率来保证。2002 年颁布的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)(以下简称《规范》)采用以概率理论为基础的极限状态设计法,以可靠指标度量结构的可靠性,采用分项系数的设计表达式进行计算。这种设计方法将结构的极限状态分为承载能力极限状态和正常使用极限状态两大类,并根据结构可靠度与结构极限状态方程之间的数学关系,用结构的失效概率或可靠指标来度量结构可靠度。新砌体结构设计规范的砌体结构类别和应用范围较原规范(GBJ 3—88)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;引入了近年来新型砌体材料,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的计算指标;提高了材料强度等级,适当调整了材料设计强度的取值,补充了以承受永久荷载为主的内力组合,增加了施工质量控制等级的内容,以提高结构的可靠度;补充了砖砌体和混凝土构造柱组合墙、配筋砌块砌体剪力墙的设计方法;对结构和构件承载力计算方法(如局部受压、墙梁计算等)作了进一步改进,并补充和完善了防止墙体开裂的构造措施。此外,新的砌体结构设计规范还明确了工程设计人员必须遵守的强制性条文。新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。一系列计算理论和计算方法的建立、设计与施工规范的制定,显示了我国现阶段的综合水平,使我国的砌体结构理论和设计方法更趋完善。

我国砌体结构的发展虽然在有些方面与国际水平还有差距,但近些年的发展成果还是非常喜人的。墙体材料的改革使得砌体材料向高强、轻质、节能、环保的绿色建材发展,扩大了砌体材料的适用范围,增强了结构的性能。新材料、新技术的应用改善了我国传统砌体结构的施工和发展面貌。通过对配筋砌体和预应力砌体结构的研究与应用,使得我国的砌体结构发展有了突破性的进展,非常符合我国建筑行业的发展需求。我国还加大对砌体结构理论的不断研究和精确、完善,砌体结构的发展将会更具科学性和可靠性。从而,我国的砌体结构适用面更广,对于高层建筑的发展也更加科学合理,我国房屋的抗震性能也在砌体结构改革发展中不断地得到加强。相信在坚持科学发展、可持续发展的原则下,加强砌体结构的研究和应用,我国的土木行业会更快更好地发展。

思考题

1. 何谓砌体结构,有哪些特点?
2. 简述我国《砌体结构设计规范》的特点。
3. 简述我国砌体结构今后的发展方向。

第二章 砌体材料及其力学性能

学习提要

本章主要论述了砌体材料的分类,砌体的强度、变形性能及有关物理性能。应熟悉砌体材料的选择;掌握影响砌体抗压、抗剪强度的主要因素及其强度的确定方法;了解砌体受拉和受弯的破坏特征及其强度的确定方法,了解砌体受压应力—应变关系及砌体的弹性模量、泊松比和剪变模量等变形性能;掌握砌体强度标准值和设计值的确定方法。

第一节 砌体的材料

一、块体的分类

块体是砌体的主要组成材料,占砌体总体积的 75% 以上。目前我国砌体结构中常用的块体主要有以下几类。

(一) 砖

1. 烧结普通砖

按《烧结普通砖》(GB 5101—2003),烧结普通砖是以黏土、页岩、煤矸石、粉煤灰为主要成分经高温焙烧制成的实心或孔洞率不大于 15% 的砖。用塑压黏土制坯烧结而成的实心黏土砖是我国目前应用最普遍的块材。目前生产的标准实心黏土砖的规格为 240 mm × 115 mm × 53 mm,容重标准值为 18 ~ 19 kN/m³。塑压实心黏土砖是一种耐久性很好的材料,适用于各类地上和地下砌体结构。实心黏土砖自重大,黏土用量、能量消耗多,今后应逐步减少其用量。

2. 烧结多孔砖

烧结多孔砖是以黏土、页岩、煤矸石为主要原料经焙烧而成的承重多孔砖。这种砖的特点在于孔洞率等于或大于 25%,孔的尺寸小而数量多,且孔型、孔的大小和排列有规定。孔洞率等于或大于 40%,孔的尺寸大而数量少的砖称为空心砖,常用于非承重部位。

烧结多孔砖的外形尺寸,按《烧结多孔砖》(GB 13544—2000)规定,长度可为 290 mm、240 mm、190 mm,宽度可为 240 mm、190 mm、180 mm、175 mm、140 mm、115 mm,高度为 90 mm。产品还可以有 1/2 长度或 1/2 宽度的配砖,配套使用。有的多孔砖可与烧结普通砖搭配使用。

目前,常用的烧结普通砖和烧结多孔砖的外形尺寸如图 2-1 所示。

与实心砖相比,多孔砖不但可以减轻结构自重,且由于砖的厚度较大,还可节约砌筑砂浆和砌筑工时,黏土用量、电力和燃料的消耗亦可相应减少。

3. 蒸压灰砂砖

蒸压灰砂砖以适当比例的石灰和石英砂、砂或细砂岩,经磨细、加水拌和、半干法压制

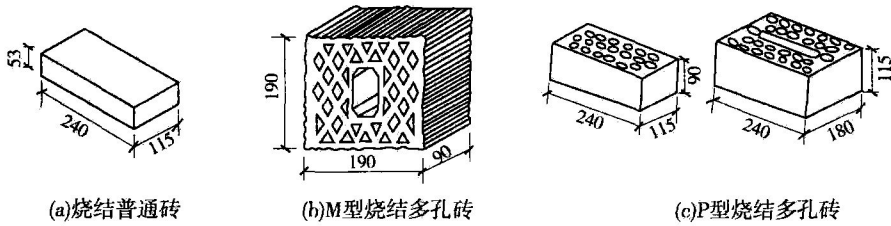


图 2-1 烧结普通砖和烧结多孔砖的外形尺寸 (单位:mm)

成型并经蒸压养护而成。蒸压灰砂砖出釜以后由于温度、湿度降低和碳化作用,在使用过程中总的趋势是体积发生收缩。与烧结普通砖砌体比较,蒸压灰砂砖砌体的收缩值要大得多,而且影响因素、变化规律都不相同,这点在应用时应特别加以注意。

4. 蒸压粉煤灰砖

蒸压粉煤灰砖是以粉煤灰、石灰、石膏以及骨料为原料,经胚料制备、压制成型、高效蒸汽养护等工艺过程制成的实心粉煤灰砖。还有一种蒸压粉煤灰砖是不经过高压蒸养,而是常压蒸汽养护,称为蒸养粉煤灰砖。这两种砖的原料和制作过程基本一致,只是两种不同的养护工艺,但却有着不同的性能。蒸压粉煤灰砖是在饱和蒸汽压(蒸汽温度在 176℃ 以上,工作压力在 0.8 MPa 以上)中养护,使砖中的活性组分水热反应充分,砖的强度高,性能趋于稳定。而蒸养粉煤灰砖却不然,墙体易出现开裂等弊端。

蒸压灰砂砖和蒸压粉煤灰砖都属于非烧结硅酸盐砖。砖的尺寸与标准实心黏土砖相同,为 240 mm × 115 mm × 53 mm。推广非烧结硅酸盐砖取代黏土砖对减少环境污染、保护耕地、改善建筑功能有积极作用。除此之外,还有煤渣砖、硅酸盐页岩砖、蒸压蒸养尾矿砖、蒸养煤矸石砖等新型非烧结砖。

5. 混凝土多孔砖

按《混凝土多孔砖》(JC 943—2004),混凝土多孔砖是以水泥为胶结材料,以砂、石为主要集料,加水搅拌、成型和养护而制成的一种具有多排小孔的混凝土制品(见图 2-2),是继普通与轻集料混凝土小型空心砌块之后又一个墙体材料新品种。其孔洞率等于或大于 30%。产品主规格尺寸:240 mm × 115 mm × 90 mm、190 mm × 190 mm × 90 mm。砌筑时可配合使用半砖(120 mm × 115 mm × 90 mm)、七分砖(180 mm × 115 mm × 90 mm)或与主规格尺寸相同的实心砖等。该砖具有生产能耗低、节土利废、施工方便和体轻、强度高、

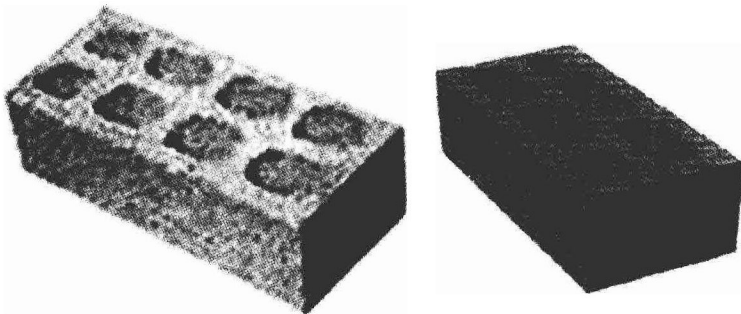


图 2-2 混凝土多孔砖

保温效果好、耐久、收缩变形小、外观规整等特点,是一种替代烧结黏土砖的理想材料。

(二) 砌块

砌块是指采用普通混凝土及硅酸盐材料制作的实心或空心块材。砌块的高度一般为 180 ~ 380 mm,厚度一般为 190 ~ 370 mm。根据所用材料和使用条件的不同,我国当前采用砌块的主要类型有实心砌块、空心砌块和微孔砌块。

实心砌块的重力密度一般在 $15 \sim 16 \text{ kN/m}^3$ 以上,并以粉煤灰硅酸盐为主。粉煤灰硅酸盐砌块是以粉煤灰、石灰和骨料等为原料,加水搅拌、成型,经蒸汽养护制成,生产工艺简单。主要规格有:长 880 mm、1 180 mm,宽 180 mm、190 mm、200 mm、240 mm,高(即厚) 380 mm。

空心砌块的重力密度较小,一般为实心砌块的一半左右。我国生产的空心砌块以混凝土空心砌块为主。

混凝土空心砌块一般用强度等级为 C15 或 C20 的混凝土制作,可以设置单排、双排及三排孔,孔形有圆形、方形及长方形等。壁厚及肋厚 25 ~ 35 mm。多数地区生产的中型砌块的高度约为房屋层高的 1/3。混凝土中型空心砌块块大、壁薄、孔洞率大、强度较高,对减轻劳动量、提高劳动生产率、减轻结构自重和降低造价都具有较好的效果。

由于目前采用的混凝土空心砌块的高度为 180 ~ 380 mm,块体尺寸比普通黏土砖大得多,因而可节省砌筑砂浆和提高砌筑效率。混凝土小型空心砌块 also 具有良好的技术经济指标,建筑造价略低于砖混结构。混凝土空心砌块的外形尺寸如图 2-3 所示。

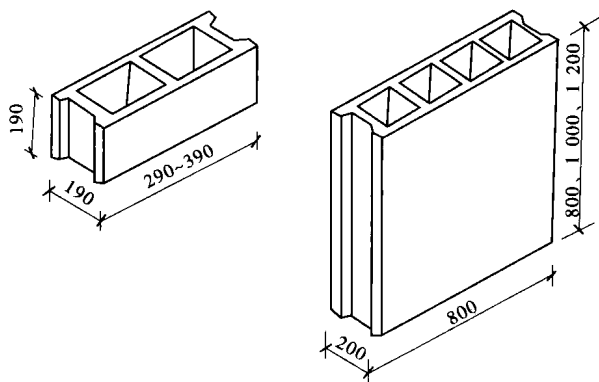


图 2-3 混凝土空心砌块 (单位:mm)

(三) 石材

在砌体结构中,常用的天然石材有花岗岩、砂岩和石灰岩等。天然石材具有抗压强度高及抗冻性强的优点,在有开采和加工石材经验的地区,天然石材是砌筑条形基础、挡土墙等的理想材料,在石材产地也可用于砌筑承重墙体。但天然石材传热性较高,不宜用做寒冷地区的墙体。

天然石材可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。其中细料石、半细料石和粗料石的叠砌面凹入深度分别不应大于 10 mm、15 mm 和 20 mm;截面的宽度和高度不应小于 200 mm,且不应小于长度的 1/4。毛料石仅要求其外形大致方

正,高度不小于 200 mm,叠砌面凹入深度不应大于 25 mm。

毛石系指形状不规则、中部厚度不小于 150 mm 的块石。

二、块体强度等级的确定

块体的强度等级是块体力学性能的基本标志。根据标准试验方法所得的砖石材料或砌块抗压强度平均值来划分其强度的等级,以“MU”(Masonry Unit)表示,单位为 MPa。砌块的强度等级仅以其抗压强度来确定;而砖强度等级的确定,除考虑抗压强度外,尚应考虑其抗折强度(见表 2-1),这是因为砖厚度较小,应防止其在砌体中过早地断裂。

表 2-1 烧结普通砖的强度指标

砖的强度等级	抗压强度 (MPa)		抗折强度 (MPa)	
	5 块平均值不小于	单块最小值不小于	5 块平均值不小于	单块最小值不小于
MU20	19.62(200)	13.73(140)	3.92(40)	2.55(26)
MU15	14.72(150)	9.81(100)	3.01(31)	1.96(20)
MU10	9.81(100)	5.89(60)	2.26(23)	1.28(13)

注:试验结果的四项数值,按全部能达到强度指标者确定等级。括号内为工程制单位的值。

根据《规范》,块体强度等级应按下列规定采用。

(一) 砖的强度等级

砖抗压强度等级由抗压强度(5 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块为两个半砖(115 mm×115 mm×120 mm),中间用一道水平灰缝连接。

烧结普通砖、烧结多孔砖和混凝土多孔砖的强度等级可划分为 MU30、MU25、MU20、MU15 和 MU10 五个等级,非烧结硅酸盐砖的强度等级有 MU25、MU20、MU15 和 MU10 四个等级。

(二) 砌块的强度等级

砌块的强度等级取 3 个砌块单块抗压强度平均值。确定硅酸盐砌块的强度等级时,砌块的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。砌块的强度等级可划分为 MU20、MU15、MU10、MU7.5 和 MU5 五个强度等级。

(三) 石材的强度等级

石材的强度等级,可用边长为 70 mm 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。试件也可用表 2-2 所列边长的立方体,但应对其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。石材的强度等级可划分为 MU100、MU80、MU60、MU50、MU40、MU30 和 MU20 七个等级。

表 2-2 石材强度等级的换算系数

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

如强度在两个等级之间,则应按相邻较低的等级采用。空心砖或空心块材的强度应