



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

砌体结构

(第2版)

胡乃君 主编



高等教育出版社
Higher Education Press





普通高等教育“十一五”国家级规划教材

砌 体 结 构

(第2版)

胡乃君 主编
赵 研 主审

高等教育出版社
Higher Education Press

内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材(高职高专教育)。

本书是编者在原“十五”国家级规划教材的基础上,结合近年来使用该教材的教学实践修改而成的,基本上保持了原教材的结构体系。全书共分9章,较详细地介绍了现行的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)的主要内容,包括绪论,砌体材料及砌体的力学性能,现行规范中砌体结构设计的基本原则,无筋砌体受压构件,配筋砌体受压构件,砌体墙、柱的构造措施,混合结构房屋墙体设计,过梁、墙梁、挑梁及雨篷的设计,砌体特种结构。为了强化学生工程技术规范、规程的意识,在书后附有砌体结构设计强制性条文的相关内容。

本书可作为高职高专土木工程专业的教材,也可作为函授专科,电大、夜大土木工程专业的教材,还可作为土建技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

砌体结构/胡乃君主编. —2版. —北京:高等教育出版社,2008.1

ISBN 978 - 7 - 04 - 022900 - 4

I. 砌… II. 胡… III. 砌体结构 - 高等学校:技术学校 - 教材 IV. TU36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 178296 号

策划编辑	张骁军	责任编辑	张玉海	封面设计	张志奇	责任绘图	尹 莉
版式设计	范晓红	责任校对	金 辉	责任印制	毛斯璐		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100011
总 机 010 - 58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京宏伟双华印刷有限公司

开 本 787 × 1092 1/16
印 张 12.5
字 数 300 000

购书热线 010 - 58581118
免费咨询 800 - 810 - 0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2003年2月第1版
2008年1月第2版
印 次 2008年1月第1次印刷
定 价 16.10元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 22900 - 00

第2版前言

本书根据高职高专土木工程类专业的教学要求和现行的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)编写;坚持突出高职高专教育特色,在原“十五”国家级规划教材基础上作了适当的修改;理论上仍以“必需、够用”为度,注重科学性、先进性、应用性;编排形式与结构上力求通俗易懂、循序渐进、便于自学。本书设计实例的内容深度、广度及格式尽可能与高职高专学生的现实水平基本一致。

本次修订中,为了使学生强化工程技术规范、规程的意识,书后附有砌体结构设计强制性条文;并且增加了近年来砌体结构采用的新材料和新技术,同时还删减了已经相对落后的内容。考虑拓宽专业面和实用的需要,本次修订新增了砌体拱桥和涵洞方面的内容。

为了便于学生自学和理解课程内容,书中编入了较多的计算例题,每章都附有思考题和本章小结。

本书绪论、第7章、第8章由湖南城市学院胡乃君编写,第1章、第2章由平顶山工学院刘新民编写,第3章、第4章由山东农业大学郑晓燕编写,第5章由湖南城市学院孟茁超编写,第6章由湖南城市学院毛广湘编写。本书由胡乃君任主编。

黑龙江建筑职业技术学院赵研审阅了本书,并提出了修改意见,在此表示衷心的感谢。另外,在编写过程中引用了有关文献和资料,并得到了湖南城市学院、平顶山工学院、山东农业大学等单位的大力支持,在此一并致谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免存在缺点,恳请同行专家和读者批评指正。

编者

2007年7月

第 1 版前言

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育),是编者在总结多年的高职高专教学改革成功经验的基础上,按照新形势下高职高专教育人才培养的特点编写而成的。内容包括:绪论、砌体材料及其性能、现行规范中的砌体结构设计原则,无筋砌体受压构件、配筋砌体受压构件、砌体墙柱的构造措施,混合结构房屋墙体设计,过梁、墙梁、挑梁及雨篷的设计。此外,除了以上传统的砌体结构教材内容外,考虑到高职高专学校土建类专业的整合和拓宽,还写进了砌体特种结构的内容。

本书内容是根据最新颁布的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)编写的。考虑到 21 世纪高职高专土建类专业迅猛发展的特点,以及目前高职高专教育的新情况,在编写过程中我们力求文字叙述简练、语言表达清楚。为了便于学生学习和掌握,在每章的开头有学习目标,末尾附有本章小结、思考题和习题。在各章内容的侧重点上,基于对高职高专学生就业岗位性质的考虑,我们把砌体结构的构造及砌体结构的工程质量问题摆到了较重要的位置,以期引起足够的重视。

参加本书编写的有刘新民(第 1、2 章)、郑晓燕(第 3、4 章)、胡乃君(绪论,第 7、8 章)、孟苗超(第 5 章)、毛广湘(第 6 章)。本书由胡乃君主编、长春工程学院王爱民主审。在编写过程中引用了有关文献和资料,谨致谢意。同时,感谢湖南城市学院、平顶山工学院、山东农业大学等单位对本书编写给予的大力支持。

由于编者水平有限,加之时间仓促,本书中难免存在不少缺点,恳请同行专家和读者批评指正。

编者

2003 年 2 月

目 录

绪论	1	3.9 砌体沿水平通缝受剪的计算	56
0.1 砌体结构发展简史	1	本章小结	58
0.2 我国砌体结构的现状	2	思考题与习题	58
0.3 砌体结构的优缺点及应用范围	3	第4章 配筋砌体受压构件	60
0.4 砌体结构的发展趋势	4	学习目标	60
0.5 课程特点及学习方法简介	5	4.1 配筋砌体简介	60
第1章 砌体材料及砌体的力学性能	7	4.2 网状配筋砌体受压构件	61
学习目标	7	4.3 组合砖砌体	66
1.1 构成砌体的材料	7	4.4 配筋砌块砌体构件	72
1.2 砌体的种类	11	本章小结	78
1.3 无筋砌体的受压性能	14	思考题与习题	78
1.4 砌体的轴心受拉、受弯和受剪性能	21	第5章 砌体墙、柱的构造措施	79
1.5 砌体的受剪性能	23	学习目标	79
1.6 砌体的弹性模量、摩擦因数和线膨胀 系数	26	5.1 墙、柱的高厚比验算	79
本章小结	28	5.2 墙、柱的一般构造要求	85
思考题	29	5.3 圈梁的作用与设置要求	89
第2章 现行规范中砌体结构设计的基本 原则	30	5.4 墙体开裂的原因及预防措施	91
学习目标	30	本章小结	98
2.1 结构的可靠度理论	30	思考题与习题	99
2.2 安全度表达方法的历史演变	33	第6章 混合结构房屋墙体设计	100
2.3 概率极限状态设计法	34	学习目标	100
本章小结	36	6.1 房屋的结构布置	100
思考题	36	6.2 混合结构房屋的静力计算方案	104
第3章 无筋砌体受压构件	37	6.3 单层房屋的墙体承载力	109
学习目标	37	6.4 多层房屋的墙体承载力	114
3.1 受压短柱的受力状态及计算公式	37	6.5 地下室墙体的计算	119
3.2 受压长柱的受力状态及计算公式	39	6.6 墙、柱下刚性基础设计	122
3.3 无筋砌体受压承载力计算	43	本章小结	136
3.4 局部均匀受压	48	思考题与习题	136
3.5 局部不均匀受压计算	49	第7章 过梁、墙梁、挑梁及雨篷的 设计	138
3.6 提高砌体局部受压承载力的工程措施	50	学习目标	138
3.7 轴心受拉	55	7.1 过梁	138
3.8 受弯构件	56	7.2 墙梁	142
		7.3 挑梁	151

7.4 雨篷	155	8.3 砌体小桥涵	177
本章小结	158	本章小结	181
思考题与习题	158	思考题	181
第8章 砌体特种结构	160	附录 砌体结构设计强制性条文	182
学习目标	160	参考文献	191
8.1 水池	160		
8.2 挡土墙	167		

绪 论

0.1 砌体结构发展简史

砌体结构是由各种块材(如砖、各种型号的混凝土砌块、毛石、料石、土块)用砂浆通过人工砌筑而成的一种结构形式。

远在夏代(距今约4 000多年),我们的祖先就会用夯土来构筑城墙。殷代(公元前1388年—公元前1122年)以后又逐渐学会了用自然风干的粘土砖(土坯砖)砌筑房屋。到西周时期(公元前1122—公元前771年)已出现烧制成形的瓦。公元前403年—公元前221年的战国时期,已出现了烧制而成的大尺寸空心砖,而且这种空心砖在公元前206年—公元前8年的西汉时期已经得到广泛应用。东晋(公元317年—419年)以后,空心砖的使用已很普通。随着地下考古发掘工作的进展,我们的祖先创造砌体材料及砌体结构的文明史将还可能提前。已有的史料表明,我国砌体结构的历史漫长而悠久。古老而气势磅礴的万里长城(始建于秦代)是中华民族的骄傲。工艺精湛、造型优美的河北赵县的安济桥(建于隋代,距今1 300多年),净跨37.02 m,桥面宽约10 m,桥长64.4 m,无论是材料使用、结构受力,还是艺术造型、建筑经济均达到了很高的水平,1991年被美国土木工程师学会(ASCE)选为第12个国际历史上土木工程的里程碑。

建于公元520年(南北朝时期)的河南登封县嵩山嵩岳寺塔,塔共15层,高约40 m,完全由砖砌成,是我国最古老的佛塔,它标志着该时期我国在砌体结构技术方面已取得伟大成就。

北宋年间(1055年),在河北定县建造的料敌塔,高82 m,共11层,为砖楼面,砖砌双层筒体结构,是我国古代保留至今的最高砌体结构。它采用的筒中筒结构体系,仍然是现代高层建筑中采用的结构体系之一。它反映了我国古代结构体系的选取已达到了很高的水平。

明代(1368—1648年)建造的苏州开元寺的无梁殿和南京灵谷寺的无梁殿是我国古代典型的砖砌穹隆结构。它将砖砌体直接用于房屋建筑中,使抗拉承载力低的砌体结构能跨越较大的空间,显示了我国古代应用砌体结构方面的伟大成就。

从鸦片战争(1840年)以后到建国前的约100年的时间内,由于水泥的发明,砂浆强度的提高,促进了砖砌体结构的发展。此时期我国建筑受欧洲建筑风格的影响,开始改变原砌筑空斗墙的薄型砖而烧制八五砖(规格为216 mm×105 mm×43 mm),广泛地用以砌筑实心承重砖墙,建造单层或两、三层的低层房屋。这个时期的砌体材料主要是粘土砖。从设计理论上采用容许应力法进行粗略的估算,而缺乏对砌体房屋结构静力分析的正确理论依据。

建国后我国逐步开始广泛地采用240 mm×115 mm×53 mm的标准砖来建造单、多层房屋。砌体结构的潜力得到发挥。在非地震区,厚度为240 mm的墙建造到6层,加厚以后可以造到7层或8层。在地震区用砖建造的房屋也达到6层或7层。

20 世纪 70 年代后期,在重庆市用粘土砖作承重墙建造了 12 层的房屋。砌体结构不仅用于各类民用房屋,而且也在工业建筑中大量采用,不仅作承重结构,也用作围护结构。20 世纪 60 年代中期到 70 年代初,北京市已广泛地利用工业废料制造的粉煤灰砌块或煤灰矿渣混凝土墙板来建造居住建筑。

在国外,采用石材和砖建造各种建筑物也有着悠久的历史。古希腊在发展石结构方面作出了重要的贡献。埃及的金字塔和我国的万里长城一样,因其气势宏伟而举世闻名。公元前 432 年建成的帕提农神庙,比例匀称,庄严和谐,是古希腊多立克柱式建筑的最高成就。公元前 80 年建成的古罗马庞培城角斗场,规模宏大,功能完善,结构合理,景观宏伟,其形制对现代的大型体育场仍有着深远的影响。6 世纪在君士坦丁堡(今土耳其伊斯坦布尔)建成的索菲亚大教堂,为砖砌大跨结构,东西长 77.0 m,南北长 71.7 m 具有很高的水平。古罗马建筑依靠高水平的拱券结构获得宽阔的内部空间,能满足各种复杂的功能要求。始建于 1173 年的著名的意大利比萨斜塔塔高 58.36 m,以其大角度的倾斜(现倾斜约 $5^{\circ}30'$)而闻名。1163 年始建、1250 年建成的巴黎圣母院,宽约 47 m,进深约 125 m,内部可容纳近万人,它立面雕饰精美,堪为法国哥特式教堂的典型。

1889 年,在美国芝加哥由砖砌体、铁混合材料建成的第一幢高层建筑 Monadnock,共 17 层,高 66 m。

迄今为止,在世界各地,现代砌体结构仍较广泛地用于建造低层和多层居住和办公建筑,甚至一些高层建筑也采用砌体结构。

0.2 我国砌体结构的现状

如前所述,尽管我国使用砌体结构的历史很长,然而一直到建国前,砌体结构除了用于城墙、桥梁、地下工程及佛塔建筑外,在房屋建筑方面一般仅用于两、三层的低层建筑。至于四层以上的房屋结构,往往采用钢筋混凝土骨架填充墙,或外墙承重,内加钢筋混凝土梁柱的结构。

建国后,砌体开始应用于特种结构,如水池、烟囱、水坝、水槽、料仓及小型桥涵等,房屋建筑的砌筑高度也得到了长足的发展。

我国砌体结构的现状,可以从以下三个方面来进行描述:

(1) 在继承基础上的发展 具体表现在广泛地采用砖砌多层房屋,各种石桥的高度增长幅度很大;石砌拱桥不但拱跨显著加大,而且厚度也大为减小;在非地震区,经过改进的非承重空斗墙用以建造二至四层房屋的承重墙等。这样,砖、石材的强度得以充分的利用。

(2) 采用现代科学技术发展的新成果 具体表现在新材料、新技术和新型结构形式的采用。在新材料方面,包括混凝土空心砌块、硅酸盐和泡沫硅酸盐砌块、各种材料的大型墙板,以及非承重空心砖的采用和不断改进;在新技术方面,包括振动砖墙板、各种配筋砌体(含预应力空心砖楼板)、预应力砖砌圆形水池及钢丝网水泥与砖砌体组合而成的圆水池等;在新型结构方面,包括各种形式的砖薄壳结构。

(3) 具有中国特色的砌体结构设计理论的创立和发展 根据大量的试验和调查研究的资料,于 1973 年形成并颁布了我国第一部《砖石结构设计规范》(GBJ 3—1973),从而结束了我国

长期沿用外国规范的历史。这本开创了我国结构设计先河的《砖石结构设计规范》(GBJ 3—1973),提出了一系列适合我国国情的各种强度计算公式、偏心受压构件计算公式和考虑风荷载下砖砌体房屋空间工作的计算方法等。1988年颁布的《砌体结构设计规范》(GBJ 3—1988),其中内容涵盖了砌块结构。它的特点之一是采用了各种结构统一的以近似概率理论为基础的极限状态设计法,统一了各种砌体的强度计算公式,将偏心受压计算中的三个系数综合为一个系数,对局部受压的计算进行了较为合理的改进,提出了墙梁、挑梁计算的新方法,并将单层房屋的计算推广到多层房屋。2002年颁布的最新版本的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001),是在1988年颁布的《砌体结构设计规范》(GBJ 3—1988)的基础上经过全面修订而成的。经过修订后的规范,根据近年来的研究成果,注入了近年发展起来的新型砌体材料的内容,并对原有的砌体结构设计方法作了适当的调整和补充,使砌体结构设计规范更为完善和先进。

我国砌体结构的构筑技术,以石拱桥为代表的建筑居世界领先地位;我国砌体结构的设计理论,以其鲜明的特点而位居世界先进行列。

诚然,限于各方面的原因,我国在砌体结构方面的某些研究还有待加强,对某些问题还有待进一步探讨和研究。

0.3 砌体结构的优缺点及应用范围

0.3.1 砌体结构的优缺点

据有关统计资料表明,目前我国各类房屋的墙体中,砌体结构占90%以上。即使在发达国家,砌体结构在墙体中所占的比重也超过了60%。砌体结构之所以在世界范围内得到如此广泛的应用,是与砌体这种建筑材料具有如下优点分不开的:

(1) 取材方便 天然的石料,配制砂浆的砂子,用来烧砖的粘土等,几乎遍地都是。这使得砌体结构的房屋造价低廉。

(2) 具有良好的耐火、隔声、保温等性能,砖墙房屋还能调节室内湿度,透气性好。同时,砌体结构具有良好的化学稳定性及大气稳定性,抗腐蚀性强,这就保证了砌体结构的耐久性。

(3) 能节约材料 与钢筋混凝土结构相比,砌体结构中水泥、钢材、木材(简称“三材”)的用量均大为减少。

(4) 可连续施工 因为新砌砌体即能承受一定的施工荷载,故不像混凝土结构那样在浇筑混凝土后需要有施工间隙。

(5) 施工设备简单 砌体结构的施工无需特殊的技术设备,因此能普遍推广使用。

国内外不少专家、学者认为:“古老的砖结构是在与其他材料相竞争中重新出世的承重墙体结构”,并预计“粘土砖、灰砂砖、混凝土砌块体是高层建筑中受压构件的一种有竞争力的材料”。

不过,砌体结构还存在着下列缺点:

(1) 自重大而强度不高,特别是抗拉、抗剪强度低。砌体结构,特别是普通砌体结构,由于强度低而截面尺寸一般较大,材料用量多,运输量也自然大。同时,由于自重大,对基础和抗震均不利。

(2) 砌筑工作量大,且常常是手工操作,劳动强度高,施工进度也较慢。

(3) 抗震性能差。除了前述自重大的影响因素外,还由于砂浆与砖石等块体之间的粘结力弱,无筋砌体抗拉、抗剪强度低,延性差,因此其抗震性能低。

(4) 烧制粘土砖占用农田,影响农业生产,污染环境。

0.3.2 砌体结构的应用范围

由于砌体结构的上述优点,故其应用范围较为广泛;另一方面,由于砌体结构本身存在的缺点,而又在某些方面限制了它的应用。

由于砌体结构的抗压承载力高,因此适于用作受压构件,如在多层混合结构房屋、外砖内浇结构体系中的竖向承重构件(墙和柱)。此外,采用砌体不但可以建造桥梁、隧道、挡土墙、涵洞等构筑物,还可以建造像坝、堰、渡槽等水工结构,可以建造如水池、水塔支架、料仓、烟囱等特种结构。在盛产石材的福建,人们用整块花岗石建造楼(屋)面板和梁柱以砌筑多层建筑。

由于传统砌体结构的承载力低,且具有整体性、抗震性能差等缺点,因此限制了它在高层建筑和在地震区建筑中的应用。

0.4 砌体结构的发展趋势

为了充分利用砌体材料的优点并克服砌体结构的缺点,世界各国的砌体结构必将在以下几个方面得以改进和发展。

0.4.1 寻求轻质高强的砌体材料

块材强度和砂浆强度是影响砌体强度的主要因素。采用轻质高强的块材和高强度砂浆,对于减轻结构自重,扩大砌体结构的应用范围有着重要的意义。而要做到“轻质”,常常要在材料的孔洞率上做文章。空心砖的孔洞体积占砖的外轮廓所包围体积的百分率,称为孔洞率。为了扩大孔洞率,于是有了空心砖。我国墙用空心砖的空心率一般在40%左右。我国空心砖的产量很低,仅占砖总量的15%左右。而国外空心砖的产量较高,如瑞士的空心砖产量占砖总产量的95%。

国外的高强度砖发展较快,一般砖的强度为40~60 MPa^①,有的达到160 MPa,甚至200 MPa。而我国的砖的强度一般为7.5~15 MPa,相差较大。

高强特别是高粘结强度砂浆的生产,在一些国家也发展较快。1978年丹麦掺微硅粉制成的砂浆,其边长为100 mm立方体试块的抗压强度已达到350 MPa。由于砖墙的抗震能力主要取决于砂浆的粘结强度,因此国外早已采用高粘结砂浆。我国砖混结构所占的比例很大,而很多地方又处于抗震设防地区,因此研究开发廉价的高粘结砂浆的意义尤为重要。

① 1 MPa = 1 N/mm²,本书采用国际单位制,强度与应力单位均为MPa,余同。

0.4.2 加强配筋砌体结构的研究和应用

配筋砌体结构在很大程度上克服了传统砌体结构整体性差、抗震性能差的缺点,而在世界各国得以迅速发展。我国是一个多地震的国家,有三分之一的国土处于抗震设防烈度为7度及其以上的地区,有一百多个大、中城市需要抗震设防。我国又是一个发展中国家,人口众多,用地十分紧张,因此发展抗震性能好、施工简单、造价较低的高层和中层配筋砌体结构体系对我国具有特别重要的意义。

0.4.3 利用工业废料发展混凝土小型砌体

在城市建设中,人们越来越多地利用工业废料,如粉煤灰、炉渣、煤矸石等,制作硅酸盐砖、加气硅酸盐砌块或煤渣混凝土砌块等。这样既处理了城市中的部分工业废料,又缓和了烧粘土砖与农业争地的矛盾。

0.4.4 采用大型墙板减轻砌墙的劳动强度

采用大型墙板作为承重的内墙或悬挂的外墙,可减轻墙体砌筑时繁重的体力劳动,采用各种轻质墙板作隔墙,还可以减轻砌体结构的自重。这有利于建筑工业化、施工机械化,从而加快建筑速度,保护农业用地。

0.5 课程特点及学习方法简介

0.5.1 砌体结构课程的特点

在力学、房屋建筑学、建筑材料等课程之后,开始进入混凝土结构及砌体结构课程的学习,学生们通常不易适应。他们觉得砌体结构“内容杂、概念多、公式多、构造规定繁”,学习时不得要领。为了学好砌体结构课程,首先应对课程的特点有所了解。一般的说,砌体结构课程的特点有以下几个方面:

(1) 研究对象的特殊性 从某种意义上讲,砌体结构是研究砌体材料的力学特性,但它与材料力学中的研究对象既相似而又不尽相同。材料力学研究的是匀质弹性材料构件,在荷载作用下,其截面的应力应变呈直线关系。而砌体则由块体和砂浆两种材料组成,且它们均为非弹性材料,受力后产生非弹性变形。因此,在材料力学中讨论的某些定律和计算方法在本课程中不再完全适用。

(2) 计算理论的不成熟性 砌体结构的计算理论是在大量实验的基础上建立起来的。由于砌块、砂浆的组成很不均匀,它们结合在一起后截面上的应力应变关系变得极为复杂。迄今为止人们对它的认识还很不够,它的计算理论尚有待于进一步发展。

(3) 构造规定的繁杂性 本课程要学习很多有关的构造知识。砌体结构常常用构造规定的方式表达。这些构造规定是长期科学实验和工程经验的总结,为了统一在砌体结构设计中的规定和要求,使其较科学和合理,制定了《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)。这些规定多而

杂,表面上毫无规律可言,这往往使初学者很不适应。

(4) 课程内容的实践性 砌体结构课程内容具有很强的实践性,这不仅体现在它的计算理论对大量试验结果和丰富工程经验的依托,还体现在学习它的目的之一就是为今后进行结构设计打下坚实的基础。

0.5.2 砌体结构课程学习方法简介

针对砌体结构课程的特点,学习时应采取与之相适应的方法。

(1) 重视材料的力学特性 在学习中,必须重视砌块和砂浆各自的物理力学特性,以及将二者组合在一起形成砌体时的内在矛盾。在砌体中,砌块的组砌方式将对其承载能力产生很大的影响。

(2) 充分注意计算公式的适用条件 由于砌体的力学特性及强度理论极其复杂,其计算公式是大量实验结果与理论分析相结合而建立起来的,每一个计算公式必然会附有一定的适用范围和条件。因此,学习中不能生搬硬套,而应根据工程实际运用与之相适应的计算公式。

(3) 重视构造知识的学习 在设计砌体结构或构件时,计算结果和构造规定同等重要。但是,对于纷繁复杂的构造规定,学习时不必去死记硬背,而应弄懂其中的道理,通过平时的作业和课程设计逐步掌握一些基本的构造知识。

(4) 努力参加工程实践,注意综合能力的培养 与其他工程结构设计一样,要搞好砌体结构设计,除了要有坚实的基础理论知识以外,还须综合考虑材料、施工、经济、构造细节等各方面的因素。只有努力参加工程实践,才能逐步掌握对各种因素综合分析的能力。同时,还要注意对结构受力分析计算、整理编写设计计算书、绘制施工图纸等基本技能的严格训练。

第 1 章 砌体材料及砌体的力学性能

学习目标

1. 了解砌体所用材料的种类、强度等级及设计要求。
 2. 了解砌体的组成、种类、强度、弹性模量等基本物理力学性能。
 3. 重点掌握砌体受压破坏的全过程,理解影响抗压强度的主要因素。能正确采用砌体的各种强度指标。
-

1.1 构成砌体的材料

砌体结构由砖、石和砌块等块体材料用砂浆砌筑而成。砌体可作为房屋的基础、承重墙、过梁,甚至屋盖、楼盖等承重结构,也常作为房屋的隔墙等非承重结构,还可作为挡土墙、水池及烟囱等构筑物。

1.1.1 块体材料

我国目前常用的块体有下列几种:

1. 砖

(1) 烧结普通砖 由粘土、页岩、煤矸石或粉煤灰为主要原料,经过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。分为烧结粘土砖、烧结页岩砖、烧结煤矸石砖、烧结粉煤灰砖等。

我国烧结普通砖的规格为 $240\text{ mm} \times 115\text{ mm} \times 53\text{ mm}$, 重度^①一般在 $16 \sim 19\text{ kN/m}^3$ 。这种砖广泛用于一般民用房屋结构的承重墙体及围护结构中,其强度高、耐久性、保温隔热性好,生产工艺简单,砌筑方便。

(2) 烧结多孔砖 以粘土、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。

烧结多孔砖在砖的厚度方向造成竖向孔洞以减轻砌体的自重。多孔砖可以具有不同的孔形、孔数、重度和孔洞率。烧结多孔砖与烧结普通砖相比具有许多优点:由于孔洞多,可节约粘土及制砖材料,少占农田;节省烧砖燃料和提高烧成速度;在建筑上可提高墙体隔热保温性能;在结构上可减轻自重,从而减小墙体重量,减轻基础的荷载。目前,多孔砖分为 P 型砖和 M 型砖,有

① 重度指材料在自然状态下单位体积的重量,是工程中常用的物理量。

三种规格,而未规定孔型及孔洞的位置,只规定孔洞率必须在 25% 以上。这三种规格为 KM1、KP1、KP2。其中字母 K 表示多孔, M 表示模数, P 表示普通。KM1 的规格为 $190\text{ mm} \times 190\text{ mm} \times 90\text{ mm}$, KP1 的规格为 $240\text{ mm} \times 115\text{ mm} \times 90\text{ mm}$, KP2 的规格为 $240\text{ mm} \times 180\text{ mm} \times 115\text{ mm}$ 。图 1.1a、b 为南京地区曾广泛采用的多孔砖。图 1.1c 为上海、西安、辽宁等地采用的 KP1 型多孔砖,图 1.1d 为四川、广州地区采用的孔洞率为 25% 的烧结多孔砖。长沙地区采用的多孔砖规格及孔型与广州地区的基本相同。南宁地区采用的多孔砖规格与孔型与上海地区的相仿。

烧结多孔砖在砌筑时, KP1 及 KP2 规格的多孔砖还可以与烧结普通砖配合使用,可与同类辅助规格的多孔砖配合使用。

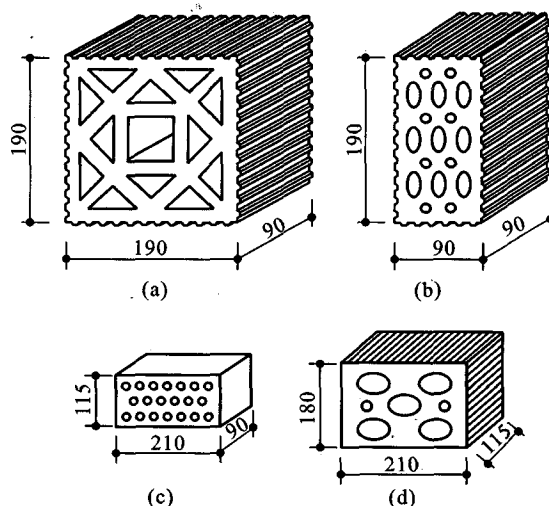


图 1.1 多孔砖

一般多孔砖重度为 $11 \sim 14\text{ kN/m}^3$, 大孔洞多孔砖重度为 $9 \sim 11\text{ kN/m}^3$, 孔洞率可达 40% ~ 60%。一般多孔砖可作为房屋的承重墙和隔墙材料,而大孔洞多孔砖目前只用于隔墙。近年来多孔砖在我国部分地区已得到推广和应用,目前正在继续研究和改进,其应用范围将会进一步扩大。

(3) 非烧结砖 以石灰、粉煤灰、矿渣、石英砂及煤矸石等为主要原料材料,经坯料制备、压制成型、高压蒸汽养护而成的实心砖,主要有粉煤灰砖、矿渣硅酸盐砖、灰砂砖及煤矸石砖等。这些砖的外形尺寸同烧制普通砖,其重度为 $14 \sim 15\text{ kN/m}^3$,可砌筑清水外墙和基础等砌体结构,但不宜砌筑处于高温环境下的砌体结构。

这类砖由于是压制生产,表面光滑,经高压釜蒸汽养护后表面有一层粉末,用砂浆砌筑时粘结很差,因此砌体抗剪强度较低,对抗震较为不利,地震区应有限制地使用。

(4) 强度等级 根据标准试验方法所得的砖石材料或砌块抗压极限强度来划分其强度的等级,砌块的强度等级,仅以其抗压强度来确定;而砖的强度等级的确定,除考虑抗压强度外,还应考虑其抗弯强度,这是因为砖厚度较小,应防止其在砌体中过早地断裂。块体强度等级以符号“MU”表示,单位为 MPa。

烧结普通砖、烧结多孔砖等的强度等级为: MU30、MU25、MU20、MU15 和 MU10。

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

2. 砌块

(1) 混凝土砌块 由普通混凝土或轻集料混凝土制成,主规格尺寸为 $390\text{ mm} \times 190\text{ mm} \times 190\text{ mm}$,空心率在 $25\% \sim 50\%$ 的空心砌块,简称混凝土砌块或砌块。把高度在 350 mm 以下的砌块称为小型砌块,如图 1.2 所示;把高度在 $350 \sim 900\text{ mm}$ 之间的砌块称为中型砌块,混凝土中型砌块的高度一般为 850 mm ,截面形式如图 1.3 所示。高度大于 900 mm 的砌块称为大型砌块。

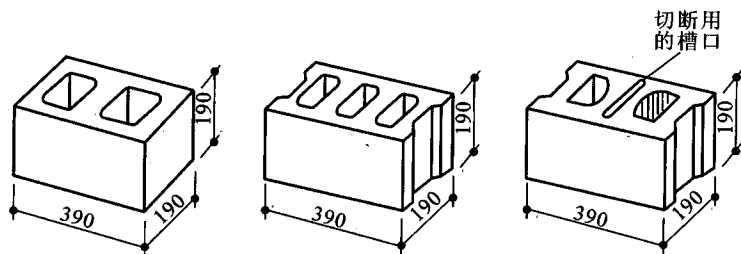


图 1.2 混凝土小型砌块

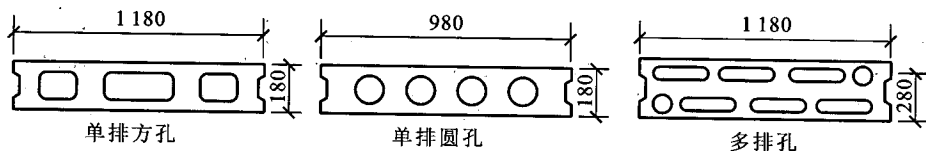


图 1.3 混凝土中型砌块(卧放竖砌)

(2) 加气混凝土砌块 可用作承重或围护结构材料,具有良好的保温隔热性能,重度在 10 kN/m^3 以下。

砌块的强度等级是根据 3 个砌块毛面积截面的抗压强度平均值划分的。分为: MU20、MU15、MU10、MU7.5 和 MU5 共五个强度等级。

3. 石材

在承重结构中,常用的天然石材有花岗岩、石灰岩、凝灰岩等。天然石材抗压强度高,耐久性能良好,故多用于房屋的基础、勒脚等,也可砌筑挡土墙。在山区中易就地取材,当作为墙体材料时,因石材的高传热性,在炎热及寒冷地区常需要较大的厚度。经过打平磨光的天然石料亦常用于重要建筑物的饰面工程。一般重岩重度大于 18 kN/m^3 ,轻岩重度小于 18 kN/m^3 。天然石料按其外形及加工程度可分为料石和毛石。

(1) 料石

- ① 细料石 经过精细加工,外形规则,表面平整。
- ② 粗料石 经过加工,外形规则,表面大致平整,凹凸深度不大于 20 mm 。
- ③ 毛料石 外形大致方正,一般不作加工或稍作修整。

(2) 毛石

形状不规则的石块,亦称片石。

石材的强度等级是根据 3 个边长为 70 mm 的立方体石块抗压强度的平均值划分的,共分为: MU100、MU80、MU60、MU50、MU40、MU30 和 MU20 共七个强度等级。

4. 砌体结构对块材的基本要求

- (1) 砌体所用块材应具有足够的强度,以保证砌体结构的承载力。
- (2) 砌体所用块材应有良好的耐久性能,以保证砌体结构在正常使用时满足使用功能的要求。
- (3) 砌体所用块材应具有保温隔热性能,以满足房屋的热工性能。

1.1.2 砂浆

砂浆是由胶结材料和砂子加水拌和而成的混合材料。砂浆的作用是将块材(砖、石、砌块)按一定的砌筑方法粘结成整体而共同工作。同时,砂浆填满块体表面的间隙,使块体表面应力均匀分布。由于砂浆填补了块体间的缝隙,减少了透气性,故可提高砌体的保温性能及防火、防冻性。

1. 砂浆的分类

砂浆按其组成成分可分为三种:

- (1) 纯水泥砂浆 由水泥和砂加水拌制而成,不加塑性掺合料,又称刚性砂浆。这种砂浆强度高、耐久性好,但和易性差,保水性和流动性差,水泥用量大,适于砌筑对强度要求较高的砌体。
- (2) 混合砂浆 在水泥砂浆中加入适量塑性掺合料拌制而成。如水泥石灰砂浆、水泥粘土砂浆等。这种砂浆水泥用量减少,砂浆强度约降低 10% ~ 15%,但砂浆和易性好,保水性好,砌筑方便。砌体强度可提高 10% ~ 15%,同时节约了水泥,适用于一般墙、柱砌体的砌筑,但不宜用于潮湿环境中的砌体。
- (3) 非水泥砂浆 即不含水泥的砂浆。如石灰砂浆、粘土砂浆、石膏砂浆。这类砂浆强度较低,耐久性较差,常用于砌筑简易或临时性建筑的砌体。

砂浆质量与其保水性(即保持水分的能力)有很大的关系。缺乏足够保水性的砂浆,在运输和砌筑过程中一部分水分会从砂浆内分离出来,使砂浆的流动性降低,铺抹操作困难,从而降低灰缝质量,影响砌体强度。分离出来的水分容易为砖块所吸收。水分失去过多,不能保证砂浆正常凝结硬化,亦会降低砂浆强度。砂浆中掺入塑性掺合料后可提高砂浆的保水性,从而保证灰缝的质量和砌体的强度。因此,砌体结构通常都采用混合砂浆来砌筑。

2. 砂浆的强度等级

砂浆的强度等级是以用标准方法制作的 70.7 mm 的砂浆立方体在标准条件下养护 28 d,经抗压试验所测得的抗压强度平均值来确定的。其强度等级以符号“M”来表示,分为 M15、M10、M7.5、M5 和 M2.5 五个强度等级。

当验算施工阶段尚未硬化的新砌体强度时,或在冻结法施工解冻时,可按砂浆强度为零来确定。

当砂浆强度在两个等级之间时,采用相邻较低值。

3. 砌体对砂浆的基本要求

- (1) 砂浆应具有足够的强度和耐久性。
- (2) 砂浆应具有一定的可塑性,以便于砌筑,提高生产率,保证质量,提高砌体强度。
- (3) 砂浆应具有足够的保水性,以保证砂浆正常硬化所需要的水分。