



新世纪土木工程系列教材

砌体结构

唐岱新 主编

唐岱新 许淑芳 盛洪飞 编



高等教育出版社

新世纪土木工程系列教材

砌体结构

唐岱新 主编

唐岱新 许淑芳 盛洪飞 编

高等教育出版社

内容简介

本书根据高等学校土木工程专业教学要求、砌体结构教学大纲和新修订的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)编写。为适应专业拓宽的需要编写了砌体拱桥、墩台、涵洞等设计内容。根据国家“节土”、“节能”、“利废”基本政策和有关限制使用粘土砖的规定,着重介绍混凝土小型空心砌块的有关材性和应用技术。结合新修订的规范编写了框支墙梁、连续墙梁、配筋砌块砌体剪力墙结构及砌体结构构件抗震设计等内容,删减了陈旧内容,体现现代砌体结构气息。有关设计计算的各章均附有较多的计算实例,有助于读者掌握设计步骤和加深对理论的理解。

本书可作为高等学校土木工程专业教学用书,也可供工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

砌体结构/唐岱新主编. —北京:高等教育出版社, 2003.1

本科土木工程专业教材
ISBN 7-04-011170-5

I. 砌... II. 唐... III. 砌体结构—高等学校—教材 IV. TU36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 046541 号

砌体结构
唐岱新 主编

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社 址	北京市东城区沙滩后街 55 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100009	网 址	http://www.hep.edu.cn
传 真	010-64014048		http://www.hep.com.cn
经 销	新华书店北京发行所		
排 版	高等教育出版社照排中心		
印 刷	煤炭工业出版社印刷厂		
开 本	787×1092 1/16	版 次	2003 年 1 月第 1 版
印 张	15	印 次	2003 年 1 月第 1 次印刷
字 数	360 000	定 价	17.60 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

出版者的话

新世纪土木工程系列教材是我社组织编写出版的“大土木”范畴的专业系列教材。1998年教育部颁布了新修订的《普通高等学校本科专业目录和专业介绍》，新专业目录中土建类土木工程专业覆盖了原来建筑工程和交通土建工程等8个专业。1999年各高校已按新的专业目录招生。开设土木工程专业的各院校把近年来在教育思想与教学观念、教学内容与课程体系、教学方法与教学手段等方面取得的改革成果固化到教学计划和人才培养过程中，设计了从教学思想到教学模式等一系列教学改革方案。大家在教学实践中体会到：专业、课程教学改革必然引起相应的教材改革。我社从1999年开始进行土木工程专业系列教材的策划工作，并于2000年成立了“教育部高等教育出版社土建类系列教材编委会”。

我们编辑出版土木工程系列教材的指导思想是：

1. 紧密结合人才培养模式改革，根据拓宽专业基础、提高综合素质、增强创新能力的要求，调整学生的知识结构。

2. 从各院校调整土建类各专业教学计划出发，加强基础课程到专业课程的有机沟通，用系统的观点和方法建立新的课程体系结构，包括对课程的整合与集成，组织和建设专业核心课程，成套成系列地推出土木工程系列教材。

3. 各门课程教材要具有与本门学科发展相适应的学科水平，以科技进步和社会发展的最新成果充实、更新教材内容，贯彻理论联系实际的原则。

4. 要正确处理继承、借鉴和创新的关系，不能简单以传统和现代划线，决定取舍，而应根据教学要求进行取舍。继承、借鉴历史和国外的经验，注意研究结合我国的现实情况，择善而从，消化创新。

5. 随着高新技术、特别是数字化和网络化技术的发展，在土木工程系列教材建设中，要充分考虑文字教材与音像、电子、网络教材的综合发展，发挥综合媒体在教学中的优势，提高教学效率。在开发研制教学软件的同时，要注意使文字教材与先进的软件接轨，明确不同形式教材之间的关系是相辅相成、相互补充的。

6. 坚持质量第一。图书是特殊的商品，教材是特殊的图书。教材质量的优劣直接影响教学质量和教学秩序，最终影响学校人才培养的质量。教材不仅具有传播知识、服务教育、积累文化的功能，也是沟通作者、编辑、读者的桥梁，一定程度上还代表着国家学术文化或学校教学、科研水平。因此，遴选作者、审订教材、贯彻国家标准和规范等方面需严格把关。

为了实现本套教材的指导思想，我们组建了由有丰富的教学经验、有较高的学术水平和学术声望的教师组成的编委会，由编委会研究提出土木工程系列教材的选题及其基本内容与编审原则，并推荐作者。

我们出版本系列教材，旨在为新世纪的土木工程专业学生提供一套经过整合优化的比较系统的专业系列教材，以期为我国的土木工程专业教材建设贡献自己的一份力量。

本系列教材的编写大纲和初稿都经过了编委会的审阅,以求教材质量更臻完善。如有疏漏之处,请读者批评指正!

2001年3月

前 言

本书根据高等学校土木工程专业的教学要求,“砌体结构”教学大纲和新修订的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)编写。

为适应专业拓宽的需要,本书编写了砌体拱桥、墩台、涵洞等设计内容。

根据国家“节土”、“节能”、“利废”的基本政策和目前国家日益加大限制使用粘土砖的力度,本书着重介绍最具竞争力的混凝土小型空心砌块的有关材性和应用技术。

本书结合新修订的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)编写了框支墙梁、连续墙梁、配筋砌块砌体中高层及砌体结构构件抗震设计等内容,删减了陈旧的、不常用的一些砌体类型,体现现代砌体结构气息。

为便于学生自学和进一步理解课程内容,各主要章节编写了较多的计算例题和复习思考题。

本书第一、三、四、六章由哈尔滨工业大学唐岱新编写,第二、七、八章由西安建筑科技大学许淑芳编写,第五章由哈尔滨工业大学王凤来编写,第九章由哈尔滨工业大学盛洪飞编写。全书由唐岱新主编。书稿承蒙湖南大学陈行之教授详细审阅并提出许多宝贵意见,作者谨致衷心感谢。书中错误和不足之处恳请读者指正。

唐岱新
于哈尔滨工业大学
2001年12月

目 录

第1章 绪论	1	第5章 混合结构房屋墙、柱设计	66
§ 1-1 砌体结构的特点	1	§ 5-1 概述	66
§ 1-2 国外砌体结构发展现状	1	§ 5-2 混合结构房屋的结构布置	66
§ 1-3 我国砌体结构的最新进展	3	§ 5-3 混合结构房屋按空间刚度的分类	68
§ 1-4 砌体结构发展方向	5	§ 5-4 砌体房屋墙、柱设计计算	72
第2章 砌体材料及其力学性能	7	§ 5-5 混合结构房屋的构造措施	79
§ 2-1 块材	7	§ 5-6 设计例题	86
§ 2-2 砂浆和灌孔混凝土	11	思考题	99
§ 2-3 砌体的分类和应用	12	第6章 配筋砌体构件的承载力计算	101
§ 2-4 砌体的受压性能	15	§ 6-1 网状配筋砖砌体	101
§ 2-5 砌体的抗拉、抗弯、抗剪性能	19	§ 6-2 组合砖砌体构件	105
§ 2-6 砌体的变形性能	22	§ 6-3 砖砌体和钢筋混凝土构造柱 组合墙	112
§ 2-7 公路砖、石及混凝土砌体桥涵 材料及其力学性能	26	§ 6-4 配筋砌块砌体构件	115
思考题	29	§ 6-5 配筋砌块砌体剪力墙的构造 要求	125
第3章 砌体结构的强度计算指标	31	§ 6-6 配筋砌块砌体构件计算例题	127
§ 3-1 砌体结构的可靠度	31	思考题	129
§ 3-2 砌体的抗压强度设计值	33	第7章 混合结构房屋其他结构构件 设计	130
§ 3-3 砌体的轴心抗拉、弯曲抗拉及抗剪 强度设计值	36	§ 7-1 圈梁	130
§ 3-4 灌孔砌块砌体的抗压强度和抗剪 强度设计值	37	§ 7-2 过梁	131
§ 3-5 公路桥涵砖、石及混凝土砌体构件 计算规定	38	§ 7-3 墙梁	134
思考题	41	§ 7-4 挑梁	150
第4章 无筋砌体构件的承载力计算	42	思考题	155
§ 4-1 无筋砌体受压构件	42	第8章 砌体结构抗震设计	157
§ 4-2 砌体局部受压计算	50	§ 8-1 砌体结构的震害分析与概念 设计	157
§ 4-3 砌体受拉、受弯及受剪承载力 计算	60	§ 8-2 多层砌体房屋抗震构造措施	161
§ 4-4 公路桥涵砖、石及混凝土砌体 结构承载力计算简介	63	§ 8-3 无筋砌体多层房屋抗震承载力 计算	165
思考题	65	§ 8-4 配筋砖砌体墙抗震承载力验算 和构造要求	171

§ 8-5 配筋砌块砌体剪力墙抗震承载力计算及构造要求	172	§ 9-2 砌体拱桥内力计算和截面设计	184
§ 8-6 墙梁的抗震设计	178	§ 9-3 砌体桥墩、桥台及挡土墙设计 ...	193
思考题	180	§ 9-4 砌体涵洞设计	202
第9章 砌体拱桥、墩台、涵洞设计	181	附录 等截面悬链线砌体拱桥计算示例 ...	208
§ 9-1 砌体拱桥构造和设计	181	参考文献	224

第 1 章

绪 论

§ 1-1 砌体结构的特点

砌体结构是砖砌体、砌块砌体、石砌体建造的结构统称。这些砌体是将粘土砖、各种砌块或石材等块体用砂浆砌筑而成的。由于过去大量应用的是砖砌体和石砌体,所以习惯上称为砖石结构。

众所周知,砖、石是地方材料,用之建造房屋符合“因地制宜、就地取材”的原则。和钢筋混凝土结构相比,可以节约水泥和钢材,降低造价。砖石材料具有良好的耐火性,较好的化学稳定性和大气稳定性。在施工方面,砖石砌体砌筑时不需要特殊的技术设备。此外,砖石砌体特别是砖砌体,具有较好的隔热、隔声性能。

砌体结构的另一个特点是其抗压强度远大于抗拉、抗剪强度,即使砌体强度不是很高,也能具有较高的结构承载力,特别适合于以受压为主构件的应用。由于上述这些特点,砌体结构得到了广泛的应用,不但大量应用于一般工业与民用建筑,而且在高塔、烟囱、料仓、挡墙等构筑物以及桥梁、涵洞、墩台等也有广泛的应用。闻名世界的中国万里长城和埃及金字塔就是古代砌体结构的光辉典范。

砌体结构也存在许多缺点:与其他材料结构相比,砌体的强度较低,因而必须采用较大截面的墙、柱构件,体积大、自重、材料用量多、运输量也随之增加;砂浆和块材之间的粘结力较弱,因此砌体的抗拉、抗弯和抗剪强度较低,抗震性能差,使砌体结构的应用受到限制;砌体基本上采用手工方式砌筑,劳动量大,生产效率较低。此外,在我国大量采用的粘土砖与农田争地的矛盾十分突出,已经到了政府不得不加大禁用粘土砖力度的程度。

随着科学技术的进步,针对上述种种缺点已经采取各种措施加以克服和改善,古老的砖石结构已经逐步走向现代砌体结构。

§ 1-2 国外砌体结构发展现状

前苏联是最先建立砌体结构理论和设计方法的国家,20 世纪 40 年代之后进行了较系统的试验研究,以奥尼西克(А. И. Онищик)及波里亚可夫(С. В. Поляков)为代表的苏联学者发表了许多论文。20 世纪 50 年代苏联提出了砌体结构按极限状态设计方法。

1891 年美国芝加哥建造了一幢 17 层砖房,由于当时的技术条件限制,其底层承重墙厚 1.8

m。1957年瑞士苏黎世采用强度为58.8 MPa,空心率为28%的空心砖建成一幢19层塔式住宅,墙厚才380 mm,引起了各国的兴趣和重视。欧美各国加强了对砌体结构材料的研究和生产,在砌体结构的理论研究和设计方法上取得了许多成果,推动了砌体结构的发展。

从材料生产方面看,联合国1980年统计,在20世纪70年代,世界上50多个国家每年粘土砖总产量为1 000亿块(不包括中国),1979年,欧洲各国产量为409亿块,苏联470亿块,亚洲各国132亿块,美国85亿块。按年人均产量计算,苏联为170块,东欧各国145块,西欧各国137块。

意大利1979年粘土砖的人均产量133块,强度一般达30~60 MPa,空心砖产量占砖总产量的80%~90%,空心率高达60%。瑞士空心砖生产占砖总量的97%,保加利亚占99%,英国砖的抗压强度达140 MPa,加拿大80%的砖强度达55 MPa,高的达70 MPa。法国、比利时、澳大利亚一般达60 MPa,德国粘土砖20~140 MPa,灰砂砖7~140 MPa。美国商品砖强度为17.2~140 MPa,最高230 MPa。

俄罗斯全国应用空心砖,没有实心砖,新研制的陶土大板强度达80 MPa。

总之,国外砖的强度一般均达30~60 MPa,而且能生产高于100 MPa的砖。国外空心砖的重力密度一般为13 kN/m³(简称重度,即容重1 300 kg/m³)轻的达6 kN/m³。

国外采用的砂浆强度也很高,美国标准ASTM C 270规定的M、S、N三类水泥石灰混合砂浆,抗压强度分别为25.5 MPa,20 MPa,13.9 MPa,德国砂浆为13.7~14.1 MPa。

美国Dow化学公司已生产“Sarabond”高粘结强度的砂浆(掺有聚氯乙烯乳胶),抗压强度可超过55 MPa,用这种砂浆砌筑强度为41 MPa的砖,其砌体强度可达34 MPa。

国外早在20世纪70年代砖砌体抗压强度已达20 MPa以上,接近或超过普通混凝土强度。

国外砌块生产发展也很快,在一些国家20世纪70年代砌块产量就接近砖的产量,德国1970年生产普通砖75亿块,生产砌块相当于砖74亿块。英国1976年生产砖60亿块,砌块67亿块,美国1974年生产砖73亿块,砌块370亿块。

国外采用砌体作承重墙建筑了许多高层房屋。1970年在英国诺丁汉市建成一幢14层房屋(内墙230 mm,外墙270 mm)与钢筋混凝土框架相比上部结构造价降低7.7%。

美国、新西兰等国采用配筋砌体在震区建造高层可达13~20层。如美国丹佛市17层的“五月市场”公寓和20层的派克兰姆塔楼等,前者高度50 m,墙厚仅280 mm(墙厚包含50 MPa实心粘土砖各厚82.5 mm,内填钢筋混凝土)。

英国利物浦皇家教学医院10层职工住宅是欧洲最高的半砖厚(102.5 mm)薄壁墙,实际是空腔墙,内外半砖,内叶承重,外叶为白色混凝土面砖,

新西兰允许在震区用配筋砌体建造7~12层的房屋,因为它们在一定范围内与钢筋混凝土框架填充墙相比具有较好的适用性和经济价值。

美国加州帕萨迪纳市的希尔顿饭店为13层高强混凝土砌块结构,经受圣佛南多大地震后完好无损,而毗邻的一幢10层钢筋混凝土结构却遭受严重破坏。

国外采用高粘度粘合性高强砂浆或有机化合物树脂砂浆甚至可以对缝砌筑。

在设计理论方面,20世纪60年代以来欧美许多国家逐渐改变长期沿用的按弹性理论的容许应力设计法。英国标准协会1978年编制了《砌体结构实施规范》,意大利砖瓦工业联合会于1980年编制的《承重砖砌体结构设计计算的建议》均采用极限状态设计方法。国际建筑研究与

文献委员会承重墙工作委员会(CIB.W 23)于1980年颁发《砌体结构设计施工的国际建议》(CIB 58),采用了以近似概率理论为基础的安全度准则。国际标准化协会砌体结构委员会 ISO/TC 179 编制国际砌体结构设计规范,也采用上述安全度准则。

20世纪60年代以来国际上在砌体结构学科方面的交流和合作也逐渐加强,推动了砌体结构的发展。自1967年由美国国家科学基金会和美国结构粘土制品协会发起,在美国奥斯汀得克萨斯大学举行第一届国际砖砌体结构会议以来,每3年举行一次国际会议,1997年在中国上海召开了第11届国际砌体结构会议。

ISO/TC 179 于1981年成立,下设 SC1、SC2 和 SC3 三个分技术委员会,我国在1981年被推选为 SC2 的秘书国。我国负责主编的国际标准《配筋砌体设计规范》(ISO 9652—3)已经完成,并于2000年通过各成员国审查。

§ 1-3 我国砌体结构的最新进展

我国在砌体结构研究和应用方面做了大量工作。

新中国成立初期,由东北人民政府工业局拟定出《砖石结构设计临时标准》(1952年),规定结构分析和设计应基于弹性理论和允许荷载。1955年国家建筑工程部公布了《砖石及钢筋砖石结构临时设计规范》,这是参照苏联破坏阶段设计法结合我国情况修订的。1960年和1966年规范修订组提出了《砖石结构设计规范草案》,这是在苏联1955年按极限状态设计规范颁布后结合我国实际情况修订的,但没有正式颁布,实际上设计工作是采用苏联1955年规范。

1973年在大量试验研究和总结建国以来工程实践经验基础上颁布了《砖石结构设计规范》(GBJ 3—73),它和钢筋混凝土结构设计规范一样采用了多系数分析,单一安全系数表达的极限状态设计法。在静力计算方案方面首次提出了刚弹性构造方案,考虑了房屋整体空间工作,并对受压构件提出了统一的计算公式。这是根据我国国情,总结自己的工程实践经验的第一本砖石结构设计规范。它的颁布实施对于这一历史时期指导规模宏大的基本建设工作起了良好的作用。

1974年后国家有关部门组织全国一些科研、设计和教学单位,有计划地开展科研工作,取得了大批数据和科研成果,在1988年修订颁布了《砌体结构设计规范》(GBJ 3—88)(以下简称《88规范》)。这本规范的特点是:采用以概率理论为基础的极限状态设计方法,并以分项系数的设计表达式进行计算;补充了混凝土中型、小型砌块房屋的设计;考虑空间整体工作的多层房屋的静力计算方案;增加了考虑组合作用的墙梁和挑梁的设计方法;修改了砌体的基本强度表达式、偏心受压长柱、局部受压和配筋砌体的计算公式等,其中有些内容的研究已达到国际先进水平。

在工程应用方面主要有以下几方面进展:

KP1型空心砖是当前重点推广应用的墙体材料,新的建材国家标准对竖向孔洞承重粘土空心砖称为烧结多孔砖,虽然孔洞率仅25%,但对节土节能还是有意义的。采用异形块配芯柱可提高砌体抗弯抗剪能力适应抗震需要,陕西西安已做了大量工作。此外,已生产出多孔模数砖DM型,对坯体改性、提高孔洞率、提高施工速度已经有了成效。

混凝土小型空心砌块已有百余年历史,20世纪60—70年代在我国南方广大城乡逐步得到推广应用,取得了显著的社会经济效益。改革开放以来不仅在广大乡镇普及而且在一些大中城

市迅速推广,由乡镇推向城市;由南方推向北方;少层推向多层甚至到中高层;从单一功能发展到多功能,例如承重、保温、装饰相结合的砌块。

据1996年统计全国砌块生产总量2 500万 m^3 ,砌块建筑面积5 000万 m^2 ,每年以20%速度递增,1998年统计年产量已达3 500万 m^3 ,各类砌块建筑的总面积达到8 000万 m^2 。建筑砌块与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。

按照有关方面的规划设想,21世纪我国建筑砌块事业要进入成熟发展的阶段,要接近和赶上发达国家的发展水平,包括砌块的生产与建筑砌块的应用两个方面的发展水平,其中最根本的是要提高建筑砌块生产质量与应用技术水平。

1995年颁布实施的《混凝土小型空心砌块建筑技术规程》(JGJ/T 14—95)对全国砌块建筑推广应用起到了推动作用。

1996年全国墙体节能会议重申2000年墙体节能达到50%的目标,单用红砖是很困难的(例如在哈尔滨要1.2 m墙厚),应用砌块复合墙,多功能化(承重、保温、防渗、装饰)前景广阔。

国家对于限制粘土砖应用的力度将进一步加大,2003年全国将有160多个城市列入禁用粘土砖的范围。

混凝土小砌块是新型建材,事实证明它是替代粘土砖最有竞争力的墙体材料。1997年在扬州召开的全国混凝土小砌块应用技术研讨会之后,小砌块应用进入了新的发展阶段,国家建材局将它列为重点发展的产品,各方面的研究和应用加快了步伐。

为适应城市建设需要,各地都在研究砌体中高层。沈阳用加强构造柱体系即组合墙结构,在地震7度区盖8层砖房比钢筋混凝土框架节省投资20%~30%,而且还研究修建了底部1层框架剪力墙托上部7层组合墙和底部2层框架剪力墙托上部6层组合墙房屋。1994年编制了《沈阳市钢筋混凝土-砖组合墙结构技术规程》。

徐州市根据约束砌体工作原理,采取砖墙加密构造柱、圈梁的办法,即墙面每1.5~2.5 m设柱,每半层设梁对墙面形成很强的约束作用。这种房屋在地震6度区可建10层、7度区9层、8度区7层。1994年编制了徐州地区《约束砖砌体建筑技术规程》。

兰州市将横墙加密的砖房(横墙间距不大于4.2 m而且纵横墙交叉点均设构造柱)与少量的钢筋混凝土剪力墙相结合,提高了房屋的抗震能力。在6度区可建10层、7度区9层、8度区8层。并于1995年编制了甘肃省规程——《中高层砖墙与混凝土剪力墙组合砌体结构设计及施工规程》。

青岛市于1993年公布了《青岛市中高层底部框架砖房抗震设计暂行规定》,是针对7度区底部框架剪力墙1托7,2托6的组合墙房屋。

除了约束砌体外,国内一些科研、教学单位还对配筋砌块砌体剪力墙结构进行了试验研究并且已有试点建筑建成。

1983年和1986年我国在广西南宁修建了配筋砌块10层住宅楼和11层办公楼试点房屋,当时采用的MU20高强砌块是用两次人工投料振捣而成,这种砌块无法大量生产,也无法推广。其后辽宁本溪市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做的试验研究,中国建筑东北设计院在辽宁盘锦市设计并建成了一栋15层配筋砌块剪力墙点式住宅楼,所用砌块是从美国引

进的砌块成型机生产的,砌块强度等级达到 MU20。

1998 年上海住宅总公司在上海修建成一栋配筋砌块剪力墙 18 层塔楼,所用砌块也是用美国设备生产的 MU20 砌块,而且建在 7 度设防的上海市,其影响和作用都是比较大的。

2000 年抚顺也建成一栋 6.6 m 大开间 12 层配筋砌块剪力墙板式住宅楼。

砌块中高层、高层房屋在各地很明显被开发商看好,上海、沈阳等地正准备修建中高层砌块房。上海为避免城市成为混凝土森林已决定不再建大高层,只批准 12 层左右的中高层,砌块中高层是经济的首选体系。

2001 年阿继集团科技园区(位于哈尔滨先锋路)修建了 12 层配筋砌块房屋,同时一幢 18 层的砌块高层也正在施工中。

新修订的《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)(以下简称《01 规范》)根据国内科研试验、国际规范、国外实践经验以及国内已建几栋试点建筑的效果,为满足我国建设的需要已将配筋砌块砌体剪力墙中高层结构体系列入《01 规范》,并明确了设计方法、计算公式以及构造要求。

《01 规范》还增加了砌体结构构件抗震设计,扩充了连续墙梁、框支墙梁的设计方法,调整了砌体结构的可靠度,补充完善了砌体局部受压计算,增强了砌体结构防裂措施,并对多项内容进行了修订。

《01 规范》体现了国内砌体结构最新研究成果,也反映了我国砌体结构发展已进入现代砌体结构的发展阶段。

我国在砌体桥涵方面的应用历史悠久,而且闻名中外。公元 591—599 年间隋朝人李春所建的河北省赵州的安济桥,是世界上第一座敞肩式拱桥(即拱上用空腹式小拱代替拱上的实腹部分),跨度达 37.27 m,其跨度之大,构思之巧,设计之精,均领先于世界同时期的石拱桥,是我国古代桥梁的杰出代表。

石拱桥建造可因地制宜,就地取材,经济适用,我国在这方面的建桥技术一直处于世界领先地位。1961 年修建的云南省南盘江的长虹大桥,跨径 112.5 m,首次突破石拱桥百米跨径大关。1990 年在湖南省凤凰县鸟巢河上建成主跨 120 m 世界最大跨径的石拱桥。目前,世界更大跨径的石拱桥,晋城—焦作高速公路上的跨径 146 m 丹河大桥已经建成。该桥的建成,在世界石拱桥的建设史上,又谱写了光辉灿烂的一章。

拱桥作为当今五大桥型(梁式桥、拱式桥、刚构桥、斜拉桥、悬索桥)之一,仍然充满着旺盛的活力和绚丽的发展前景,其建筑材料的多样,结构形式的各异,造型的多姿多彩,建筑技术的进步,使拱桥的应用仍为当今世界各国所瞩目。

§ 1-4 砌体结构发展方向

根据以上国内外砌体结构发展情况,不少学者对古老的砖石结构相继作出新的评价,认为目前是几种结构齐头并进发展的局面。“古老砌体结构是在与其他材料结构的竞争中重新出世的承重墙体结构”,“粘土砖、灰砂砖、混凝土砌块的砌体是高层建筑中受压构件的一种最具竞争力的材料”。

对于我国来说,今后要积极发展新材料,研究轻质高强低能耗的砖、砌块并向薄壁大块发展,充分利用工业废料,天然火山资源,发展节能墙体和多层、中高层乃至高层砌块砌体结构。

结构理论方面还要研究基本的本构关系和工作机理,需要用适合于砌体结构特点的模型和手段来研究砌体结构的各种力学行为,结构整体工作性能,配筋砌体中高层计算理论以及砌体结构的评估、修复和加固等等。

为适应土木工程专业扩宽专业面的需要,本教材将砌体桥涵设计纳入本书第 9 章,但目前我国房屋结构设计规范与桥涵工程的规范尚未统一,尽管《公路工程结构可靠度设计统一标准》(GB/T 50283—1999)已经颁布,但新的桥涵工程有关规范尚未编制,所以在二、三、四章中均增加《公路砖石及混凝土桥涵设计规范》(JTJ 022—85)的有关规定。

第2章

砌体材料及其力学性能

§ 2-1 块材

块材是砌体的主要组成部分,通常占砌体总体积的 78% 以上。目前我国砌体结构中常用的块材有以下几类。

一、烧结粘土砖

烧结粘土砖可分为普通粘土砖和粘土空心砖。

(一) 普通粘土砖

普通粘土砖是指用塑压粘土制坯,干燥后送入焙烧窑经过高温烧结而成的实心粘土砖。这种砖在我国应用普遍且历史悠久。我国目前生产的标准普通粘土砖的尺寸为 $240\text{ mm} \times 115\text{ mm} \times 53\text{ mm}$,重力密度为 $18 \sim 19\text{ kN/m}^3$ 。普通粘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。但是,普通粘土砖自重大,制砖所需粘土量大,消耗燃料多。自 20 世纪 60 年代以来,我国研制和生产了多种形式的粘土空心砖,在不少砌体结构中全部或部分地取代了普通粘土砖。

(二) 粘土空心砖

在粘土砖中竖向或水平向设有许多孔,且孔洞率大于 15% 的砖,称为粘土空心砖,简称空心砖或多孔砖。按照用途不同粘土空心砖又分为承重粘土空心砖和非承重粘土空心砖。

1. 承重粘土空心砖

我国生产的承重粘土空心砖,其孔型和尺寸规格多种多样,孔洞率在 15% ~ 40% 之间。1975 年颁布的国家标准《承重粘土空心砖》(JC 196—75)推荐了三种空心砖型号:

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 $190\text{ mm} \times 90\text{ mm} \times 90\text{ mm}$;

以上型号中字母 K 表示“空心”,P 表示“普通”,M 表示“模数”。《承重粘土空心砖》(JC 196—75)对三种砖的孔洞型式未作具体规定,因而各地生产的孔型及孔洞率不尽一致。图 2-1 为部分地区生产的空心砖。

KP1 型空心砖规格尺寸与普通粘土砖相同,可与普通粘土砖配合使用。它规格单一,轻重

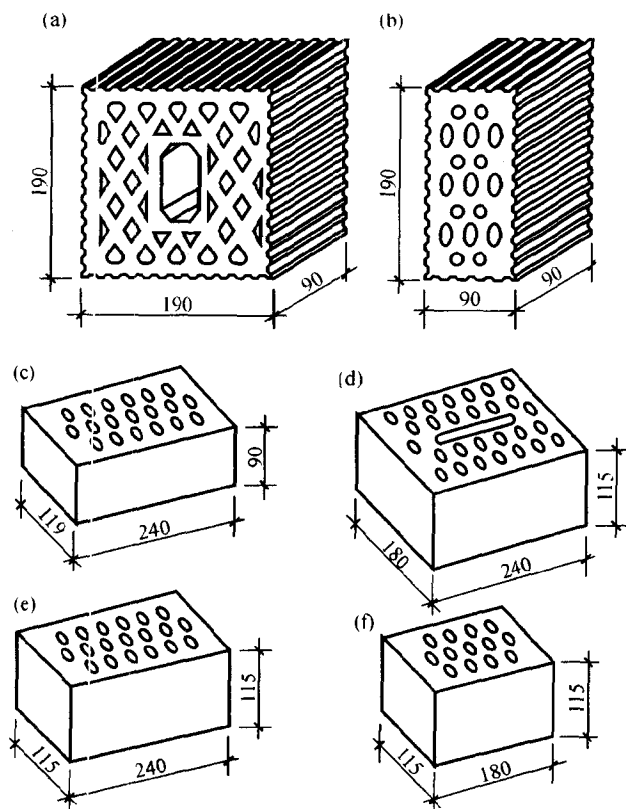


图 2-1 几种粘土空心砖的规格

(a) KM1 型 (b) KM1 型配砖 (c) KP1 型
(d) KP2 型 (e), (f) KP2 型配砖

适当,砌筑时砍砖容易,不需配砖,因而应用比较广泛。

KP2 型空心砖也能与普通粘土砖配合使用,但需要辅助规格的配砖,否则砍砖较多,且砍砖困难。

KM1 型空心砖因规格尺寸符合建筑模数而得名。它不能与普通粘土砖配合使用。为了满足在拐角和丁字接头砌筑时的错缝要求,需要辅助规格的配砖。

试验证明,当加荷方向平行于空心砖孔洞时,空心砖的极限强度较高。当垂直于孔洞方向加荷时,极限强度有明显降低,所以承重空心砖采用竖向孔洞较为合理。新的建材国家标准《烧结多孔砖》(GB 13544—2000)称为烧结多孔砖。

2. 非承重粘土空心砖

非承重粘土空心砖一般用于非承重墙。为了减轻重量并获得更好的隔热、隔声性能,它的孔洞率可达 40%~60%。因此,这种非承重粘土空心砖又称为大孔空心砖。考虑到有利于砂浆的铺砌,这种砖常将孔洞水平设置。图 2-2 是两种常用的大孔空心砖。

烧结粘土砖是一种传统的建筑材料,在我国应用已有两千多年的历史。但是生产粘土砖每年要占用和毁坏大量农田,烧砖消耗大量煤炭资源,同时造成环境污染。实行墙体材料改革,是

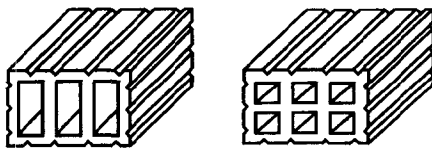


图 2-2 大孔空心砖

解决问题的根本出路。我国近年来进一步加强了墙体材料改革力度,对粘土砖的生产和使用加以限制,部分地区已禁止使用粘土砖。形势要求人们,尽快研制出轻质、高强、节能的新型墙体材料,取代烧结粘土砖。

二、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。其规格尺寸同普通烧结实心粘土砖。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。

另外,以炉渣为主要原料,掺配适量的石灰、石膏或其他碱性激发剂制成的炉渣砖;以未经水淬的高炉硬矿渣为主要原料,加入适量的粉煤灰、石灰制成的矿渣砖;以及多种利用工业废料制成的非烧结硅酸盐砖在一些地区建筑墙体中有所应用。

非烧结硅酸盐砖的重力密度为 $14 \sim 18 \text{ kN/m}^3$ 。工程实践证明,只要制作质量得到保证,其耐久性可以满足要求。可用于建筑物承重墙体和基础等砌体结构。这种砖由于未经焙烧,所以不宜砌筑处于高温环境下的砌体结构。

另外,当采用粉煤灰、炉渣、矿渣等工业废料制砖时应注意必须符合有关材料检验标准,以避免造成变相的环境污染。

三、混凝土砌块

混凝土砌块是指采用普通混凝土或利用浮石、火山渣、陶粒等为骨料的轻集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 900 mm 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。图 2-3 为常用的几种混凝土小型砌块。

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。

四、石材

石材一般采用重质天然石,如花岗岩、砂岩、石灰岩等。天然石材具有抗压强度高、抗冻性能好、耐久性好等优点。在石材资源丰富的地区,可用石材砌筑承重墙体、基础、挡土墙等。石材导