



高等学校土建类专业应用型本科“十二五”规划教材

砌体结构原理与设计

QITI JIEGOU YUANLI YU SHEJI

(第2版)

主编 熊丹安



武汉理工大学出版社
WUTP Wuhan University of Technology Press

014037859

高等学校土建类专业应用型本科“十二五”规划教材

TU36-43
14-2

砌体结构原理与设计

(第2版)

主 编 熊丹安

副主编 苏明会 赵 亮



武汉理工大学出版社

· 武汉 ·



北航

C1725895

TU36-43

14-2

内 容 提 要

本书依据国家标准《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)及相应规范内容,对砌体结构的组成材料、砌体的力学性能作了简明扼要的介绍;对砌体受压构件承载力、局部受压承载力、墙体的高厚比验算及混合结构刚性方案房屋设计等基本内容进行了重点讲解和示例;对砌体构件的受拉、受弯、受剪性能,过梁、圈梁、挑梁、墙体构造等相关内容也作了相应阐述。同时,对砌体结构的抗震设计构造也进行了简要的介绍。各章有提要、小结、思考题及习题,适合于教学和自主学习,可作为土木工程专业本科砌体结构课程的教材,也可供土建类专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

砌体结构原理与设计/熊丹安主编. —2版. —武汉:武汉理工大学出版社,2014.2
ISBN 978-7-5629-4432-4

I. ①砌…

II. ①熊…

III. ①砌体结构

IV. ①TU36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 026533 号

项目负责人:王利永

责任编辑:王利永

责任校对:夏冬琴

装帧设计:许伶俐

出版发行:武汉理工大学出版社(武汉市洪山区珞狮路 122 号 邮编 430070)

<http://www.techbook.com.cn> 理工图书网

经 销 者:各地新华书店

印 刷 者:荆州市鸿盛印务有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:9

字 数:225 千字

版 次:2010 年 6 月第 1 版 2014 年 3 月第 2 版

印 次:2014 年 3 月第 1 次印刷 总第 2 次印刷

印 数:3001~6000 册

定 价:18.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:027-87515778 87515848 87785758 87165708(传真)

· 版权所有 盗版必究 ·

高等学校土建类专业应用型本科“十二五”规划教材

编审委员会

顾问: 马成松 杜月中 孟高头 唐友尧 熊丹安

主任: 李新福 杨学忠

副主任: (按姓氏笔画排列)

江义声 许立强 许程洁 向惠生 陈升平

陈礼和 陈 蓓 陈俊杰 张志国 张伯平

郑 毅 杨和礼 杨子江 柳立生 姚金星

荀 勇 胡铁明 袁海庆 蒋沧如

委员: (按姓氏笔画排列)

牛秀艳 马成松 邓 训 王有凯 王晓琴

史兆琼 孙 艳 刘富勤 许汉明 许程洁

刘 江 刘 伟 刘 芳 刘 斌 刘黎虹

刘广杰 刘红霞 邹祖绪 吴秀丽 张志国

张朝新 张淑华 陈金洪 沈中友 杜春海

李永信 李武生 宋非非 杨双全 杨子江

郑 毅 赵 亮 赵元勤 胡忠军 胡铁明

施鲁莎 柳立生 董晓琳 韩东男 程 瑶

熊海滢 熊瑞生

秘 书: 王利永

总责任编辑: 于应魁

前 言

(第2版)

本教材依据高等学校土木工程专业对砌体结构课程的基本要求及最新国家标准《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011),较系统地介绍了砌体及其组成材料的主要性能,砌体构件承载力的计算方法,混合结构房屋的墙体和基础设计,过梁、圈梁、挑梁等的设计及墙体的构造措施,砌体结构的抗震设计方法。

本着基本概念讲清、基本计算简明、基本结构适用、便于教学和学生自学的原则,本教材力求做到文字叙述清楚,内容由浅入深,例题详略适当,不拘泥于公式的死记硬背,并对基本例题进行点评,以加深印象。对因学时不够而不能讲授、可不作考核要求的内容(但可供自学和提高,也是砌体结构设计中的重要内容),在相应章节前加以*号表示,使基本内容更加突出、精练。

本书第2版由武汉理工大学华夏学院熊丹安教授担任主编,武汉理工大学华夏学院苏明会、赵亮担任副主编。参加本书编写的人员是:武汉理工大学华夏学院熊丹安(编写第1章)、苏明会(编写第2、3、4章)、赵亮(编写第5、6章);华中科技大学文华学院符蓉(编写第7章)。

本书的显著特点是:突破传统的表述方法,在受压构件承载力计算和局部受压计算中,不拘泥于规范公式原形而采用易于理解和记忆的“应力与强度”表达式;用尽量简洁的语言说明原理,用较多的实例示范并进行点评;用★号标明重要说明,更便于教学和学习;用最新《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)充实和补充了教材内容。总之,期盼本书的出版使读者受益。书中不当之处,请批评指正。

编者

2013.8

目 录

1 绪论	(1)
1.1 砌体材料和砌体结构	(1)
1.1.1 砌体材料	(1)
1.1.2 砌体的种类和砌体构件	(3)
1.1.3 砌体结构的优缺点	(3)
1.2 砌体结构的发展历史和发展方向	(4)
1.2.1 发展历史简述	(4)
1.2.2 主要发展方向	(5)
1.3 砌体结构的设计方法	(5)
1.3.1 设计方法的发展简况	(5)
1.3.2 现行规范的设计方法	(5)
1.4 本课程的学习方法	(7)
本章小结	(8)
思考题	(8)
2 砌体的物理力学性能	(9)
2.1 块体和砂浆的强度等级	(9)
2.1.1 块体的强度等级	(9)
2.1.2 砂浆的强度等级	(10)
2.1.3 块体和砂浆强度等级的选用	(10)
2.2 砌体的受压性能	(10)
2.2.1 砌体受压的受力阶段	(11)
2.2.2 砌体受压时的应力状态分析	(11)
2.2.3 影响砌体抗压强度的主要因素	(12)
* 2.3 砌体的受拉、受弯和受剪性能	(14)
2.3.1 砌体的轴心受拉	(14)
2.3.2 砌体的弯曲受拉	(14)
2.3.3 砌体的受剪	(14)
2.4 砌体的强度设计值	(15)
2.4.1 强度设计值的确定	(15)
2.4.2 砌体的抗压强度设计值	(15)
* 2.4.3 砌体的抗拉强度和抗剪强度设计值	(18)
2.4.4 砌体强度设计值的调整系数	(19)
2.5 砌体的其他性能	(19)
2.5.1 砌体的变形性能	(19)

2.5.2 砌体的受热性能·····	(20)
2.5.3 砌体的摩擦系数·····	(21)
本章小结·····	(21)
思考题·····	(21)
3 无筋砌体构件的设计计算·····	(22)
3.1 受压构件的承载力计算·····	(22)
3.1.1 概述·····	(22)
3.1.2 轴心受压构件·····	(23)
3.1.3 偏心受压构件·····	(23)
3.1.4 计算受压构件承载力的统一公式·····	(27)
3.1.5 计算例题·····	(28)
3.2 局部受压承载力计算·····	(31)
3.2.1 局部受压的分类和破坏形态·····	(31)
3.2.2 局部受压时的砌体强度·····	(32)
3.2.3 局部受压承载力计算方法·····	(33)
* 3.3 受拉、受弯和受剪构件的承载力·····	(41)
3.3.1 轴心受拉构件·····	(41)
3.3.2 受弯构件·····	(41)
3.3.3 受剪构件·····	(42)
本章小结·····	(43)
思考题·····	(44)
习题·····	(44)
* 4 配筋砌体构件·····	(45)
4.1 配筋砖砌体构件·····	(45)
4.1.1 网状配筋砖砌体构件·····	(45)
4.1.2 组合砌体构件·····	(49)
4.1.3 砖砌体和钢筋混凝土构造柱组合墙·····	(53)
4.2 配筋砌块砌体构件·····	(55)
4.2.1 配筋砌块砌体剪力墙的构造要求·····	(56)
4.2.2 正截面受压承载力计算·····	(58)
4.2.3 斜截面受剪承载力计算·····	(60)
本章小结·····	(61)
思考题·····	(61)
习题·····	(62)
5 混合结构房屋的结构设计·····	(63)
5.1 结构布置和静力计算方案·····	(63)
5.1.1 混合结构房屋的结构布置·····	(63)
5.1.2 房屋的静力计算方案·····	(65)
5.2 墙、柱的高厚比验算·····	(68)

5.2.1	高厚比和允许高厚比	(68)
5.2.2	高厚比验算	(71)
5.3	刚性方案房屋的墙体设计	(74)
5.3.1	承重纵墙的设计计算	(74)
5.3.2	承重横墙的设计计算	(78)
* 5.4	地下室墙	(79)
5.4.1	墙体荷载计算	(79)
5.4.2	墙体计算简图和截面验算	(81)
* 5.5	弹性方案和刚弹性方案房屋	(82)
5.5.1	弹性方案单层房屋	(82)
5.5.2	刚弹性方案单层房屋	(82)
5.5.3	多层刚弹性方案房屋	(84)
* 5.6	上柔下刚和上刚下柔的多层房屋	(87)
5.6.1	上柔下刚多层房屋	(87)
5.6.2	上刚下柔多层房屋	(87)
5.7	刚性基础设计	(88)
5.7.1	刚性基础的类型和台阶宽高比	(88)
5.7.2	基础的埋置深度	(91)
5.7.3	刚性基础计算	(91)
5.8	墙体的构造要求	(94)
5.8.1	一般构造要求	(94)
5.8.2	防止或减轻墙体开裂的主要措施	(96)
5.9	多层刚性方案房屋墙体设计实例	(98)
	本章小结	(103)
	思考题	(103)
	习题	(104)
6	过梁、圈梁、挑梁	(105)
6.1	过梁设计	(105)
6.1.1	过梁上的荷载	(106)
* 6.1.2	砖砌过梁设计计算	(106)
6.1.3	钢筋混凝土过梁设计	(107)
6.2	钢筋混凝土圈梁	(108)
6.2.1	圈梁的布置	(108)
6.2.2	圈梁的构造要求	(109)
6.3	钢筋混凝土挑梁	(109)
6.3.1	挑梁的受力特点和破坏形态	(110)
6.3.2	挑梁的设计计算	(111)
6.3.3	挑梁计算例题	(113)
	本章小结	(114)

思考题	(115)
习题	(115)
7 多层混合结构房屋的抗震设计	(116)
7.1 震害及抗震设计的一般规定	(116)
7.1.1 砌体结构的震害	(116)
7.1.2 抗震设计的一般规定	(117)
7.2 多层砖砌体房屋的抗震构造	(119)
7.2.1 现浇钢筋混凝土构造柱的设置	(119)
7.2.2 现浇钢筋混凝土圈梁的设置	(121)
7.2.3 对楼、屋盖的要求	(122)
7.2.4 墙体的拉结钢筋	(122)
7.2.5 对楼梯间的要求	(123)
7.2.6 其他构造要求	(123)
7.3 底部框架-抗震墙房屋的抗震构造	(124)
7.3.1 构造柱设置要求	(124)
7.3.2 抗震墙位置	(124)
7.3.3 对楼盖的要求	(124)
7.3.4 钢筋混凝土托梁	(125)
7.3.5 底层抗震墙	(125)
本章小结	(125)
思考题	(126)
附录	(127)
附录 1 常用材料和构件自重表	(127)
附录 2 民用建筑楼面均布活荷载标准值及相关系数	(128)
附录 3 屋面均布活荷载	(129)
附录 4 各类砌体强度平均值的计算公式和强度标准值	(129)
附录 5 砌体常用 T 形截面特征表	(132)
参考文献	(135)

1 绪 论

本章提要

砌体结构有着悠久的发展历史,是我国大多数民用建筑广泛采用的结构类型。砌体材料包括块体和砂浆,通过砌筑形成受力整体;砌体结构的优点是它被广泛采用的原因,而它的缺点则是抗震性能差,在地震区要充分注意抗震设计要求。砌体结构应按承载能力极限状态设计,并满足正常使用极限状态的要求,其设计方法和设计原则与混凝土结构及钢结构等是一致的。

1.1 砌体材料和砌体结构

采用砌筑方法,用砂浆将单个块体粘结而成的整体称为砌体(masonry);由砌体组成的主要受力构件作为建筑物(如多层住宅、办公楼、仓库等)或构筑物(如拱桥、围墙、挡土墙等)的受力结构称为砌体结构(masonry structure)。

1.1.1 砌体材料

砌体材料包括块体和砂浆。

1.1.1.1 块体

块体是组成砌体的主要材料。我国目前在建筑中采用的块体有人造砖块、砌块、天然石块等。

(1) 人造砖块

人造砖块分为两大类:一类是烧结砖,包括烧结普通砖和烧结多孔砖;另一类是蒸压砖,包括蒸压灰砂砖和蒸压粉煤灰砖。

烧结普通砖(fired common brick)是以黏土、页岩、煤矸石、粉煤灰为主要原料,经过焙烧而成的实心砖,或孔洞率不大于规定值(15%)且外形尺寸符合规定的砖。按所采用的原材料分为烧结黏土砖、烧结页岩砖、烧结煤矸石砖、烧结粉煤灰砖等。烧结普通砖的外形尺寸是240 mm(长)×115 mm(宽)×53 mm(高)。

烧结多孔砖(fired perforated brick)是以黏土、页岩、煤矸石、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。承重黏土多孔砖主要有M型砖和P型砖(图1.1)。

蒸压灰砂砖(autoclaved sand-lime brick)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(autoclaved flyash-lime brick)是以粉煤灰、石灰为主要原料,掺加适量石膏

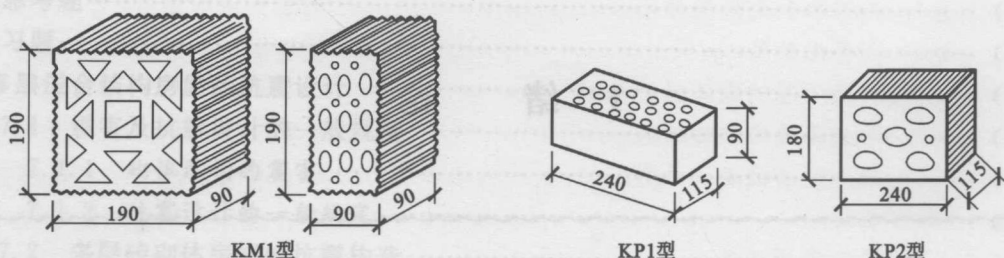


图 1.1 承重黏土多孔砖

和集料,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。

(2) 砌块

砌块是混凝土小型空心砌块(concrete small hollow block)的简称。由普通混凝土或轻集料混凝土制成,主规格尺寸为 390 mm×190 mm×190 mm,空心率在 25%~50%之间(图 1.2)。

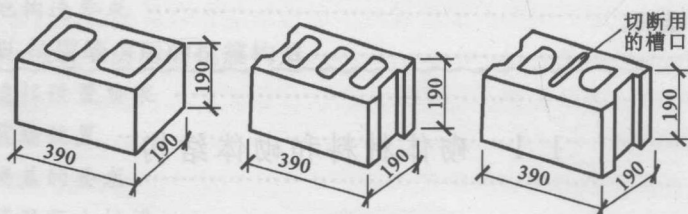


图 1.2 混凝土小型空心砌块

(3) 天然石块

天然石块包括毛石和料石。未经加工的、形状不规则的石材称为毛石(其中部厚度不应小于 200 mm);经加工的石材称为料石(料石高度不应小于 200 mm)。根据加工后外形的规则程度,料石又分为细料石、半细料石、粗料石和毛料石等。

石材一般都采用重天然石,如石灰石、花岗岩、砂岩等,其重力密度大于 18 kN/m^3 。石材的强度高,耐久性好,多用于砌筑产石地区的基础及挡土墙。石材的热传导系数较高,如用作墙体,往往需要较大的厚度。

1.1.1.2 砂浆

砂浆是由胶凝材料(如水泥、石灰等)及细骨料(如粗砂、中砂、细砂)加水搅拌而成的粘结块体的材料。

砂浆的主要作用是:① 粘结块体,使单个块体形成受力整体;② 找平块体间的接触面,促使应力分布较为均匀;③ 充填块体间的缝隙,减小砌体的透风性,提高砌体的隔热性能和抗冻性能。

砂浆按其组成材料的不同可分为水泥砂浆、混合砂浆、柔性砂浆和砌块专用砂浆。

(1) 水泥砂浆

水泥砂浆是由水泥、砂加水拌和而成,其强度高、耐久性好,也称为刚性砂浆。由于水泥砂浆的水泥用量大、和易性较差,一般用于对强度有较高要求或有防水要求的砌体。

(2) 混合砂浆

混合砂浆是指在水泥砂浆中掺入一定塑化剂的砂浆,如水泥石灰砂浆。这种砂浆的和易性和保水性都好,水泥用量较少,适用于砌筑一般墙、柱砌体。

(3) 柔性砂浆

柔性砂浆是指不含水泥的石灰砂浆、黏土砂浆、石膏砂浆等。这类砂浆强度低、耐久性较差,只适用于砌筑受力不大的砌体或临时性简易建筑的砌体。

(4) 砌块专用砂浆

由水泥、砂、水以及根据需要掺入掺和料和外加剂等组分,按一定比例,采用机械拌和制成的砂浆,专门用于砌筑混凝土砌块,故称为混凝土砌块砌筑砂浆(mortar for concrete small hollow block),简称砌块专用砂浆。

1.1.2 砌体的种类和砌体构件

1.1.2.1 砌体的种类

根据砌体的块体类型,砌体可分为砖砌体、石砌体和砌块砌体;根据砌体内是否配筋,又可分为无筋砌体和配筋砌体。我国目前应用最广泛的砌体是无筋砖砌体。

在砌体砌筑时,各层块体间的竖向缝隙应当错开搭砌,不允许通缝存在。例如,砖的搭砌方式就有一顺一丁、三顺一丁和梅花丁等(图 1.3)。

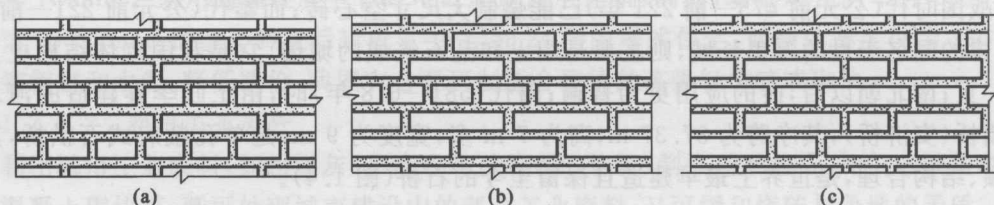


图 1.3 砖砌体的搭砌方式
(a) 一顺一丁;(b) 三顺一丁;(c) 梅花丁

1.1.2.2 砌体构件

按照砌体受力形式的不同,砌体构件主要有受压构件、受弯构件、受拉构件和受剪构件。房屋建筑中量大面广的砌体构件是受压构件,如墙、柱、基础等。

1.1.3 砌体结构的优缺点

1.1.3.1 砌体结构的优点

砌体结构存在一系列优点,因而在单层、低层和多层房屋中被广泛采用。

(1) 就地取材,来源方便,比较经济

砂、黏土、石材等都是天然材料,分布广泛,容易就地取材,来源方便(如大多数的农村砖房,都是就地烧砖建造的);与钢筋混凝土结构相比,可以节省水泥、钢材以及木材,其造价较为经济。

(2) 良好的耐火性和耐久性

砌体结构具有良好的耐火性、较好的化学稳定性和大气稳定性,使用期限较长。

(3) 保温、隔热性能较好

砌体,尤其是砖砌体的保温、隔热性能较好,节能效果明显。这一方面是材料本身所具备的性能,同时也因为砌体截面厚度一般都较大所致。

(4) 施工简单

砌体结构的施工方法和设备都较简单,便于连续施工。

1.1.3.2 砌体结构的缺点

砌体结构的缺点与优点并存。

首先是砌体的强度低,往往需要较大的截面尺寸才能满足承载力要求,因而结构的自重也大;其次是砌体靠砂浆和块体的粘结而形成整体,由于粘结力较低,因而砌体的抗震性能差;再次,目前的砌筑大都是手工方式操作,一块砖、一铲灰、一弯腰地循环往复,劳动强度和砌筑工作量都很大。此外,黏土砖的生产还要占用良田。

1.2 砌体结构的发展历史和发展方向

1.2.1 发展历史简述

我国素有“秦砖汉瓦”之说,足见砌体结构的悠久发展历史。考古资料表明:约在 5000 年前的新石器时代,就有石砌围墙、石砌祭坛和木骨架泥墙建筑;在商代(公元前 1600—前 1046 年)以后,已开始逐渐采用黏土做成板筑墙;在西周时代(公元前 1046—前 771 年)已有烧制瓦存在;战国时代(公元前 475—前 221 年)已能烧制大尺寸空心砖;而秦代(公元前 221—前 206 年)修建的闻名于世的万里长城,则主要是用土和乱石筑成的城墙,它是我国砌体结构史上光辉的一页;南北朝以后,砖的应用更为普遍;隋代(581—618 年)时,由工匠李春建造的河北赵县赵州桥(安济桥),其净跨为 37.37 m,高为 7 m 多,宽度为 9 m,是单孔敞肩式石拱桥,其造型新颖、结构合理,是世界上最早建造且保留至今的石桥(图 1.4)。



图 1.4 河北赵州桥

砌体结构在我国的发展大致可分为三个阶段:第一阶段是 19 世纪中叶以前,砖石结构主要为城墙、佛塔、石桥及少数砖砌重型穹拱佛殿;第二阶段是 19 世纪中叶以后到新中国成立前大约 100 年期间,广泛采用黏土砖建造承重墙房屋;第三阶段则是新中国成立后,广泛采用砖

砌多层房屋,扩大石结构应用范围,发展新结构,采用新材料和新技术(如建造砖薄壳,采用蒸压灰砂砖和蒸压粉煤灰砖、混凝土空心砌块,采用各种配筋砌体和大型墙板等)。

1.2.2 主要发展方向

砌体结构的固有缺点,限制了砌体结构的使用范围,并且砌体结构不符合大规模建设的要求,但它在很多领域的使用仍具有现实意义。发展轻质高强块体,使砂浆具有高强度,采用工业化方法和机械化施工,利用工业废料制作块体等,是砌体结构的主要发展方向。

1.2.2.1 研制轻质高强块体

我国目前采用的烧结砖的抗压强度一般较低;而美国市场上供应的砖,抗压强度可高达 140 N/mm^2 ,两者差距较大。砖的抗压强度的提高意味着砌体抗压强度的提高,因而墙厚可减薄,自重可减轻。

发展大尺寸、高孔洞率、高强度的空心砖,对于减轻结构自重、节约材料、降低工程造价都有重要作用。我国的承重空心砖孔洞率一般在 30% 以内,抗压强度值为 $10 \sim 30 \text{ N/mm}^2$,国外的承重空心砖孔洞率往往在 40% 以上,抗压强度普遍可达 $30 \sim 40 \text{ N/mm}^2$,有的国家还可达到 $50 \sim 80 \text{ N/mm}^2$ 。采用高强轻质空心砖可以建造高层建筑,例如,瑞士用孔洞率为 28% 、抗压强度为 60 N/mm^2 的空心砖先后建成了 19 层和 24 层的塔式住宅,而墙体厚度仅为 380 mm 。为节省钢材和水泥、降低造价,我国有必要研制适合国情的高强轻质砖或砌块。

1.2.2.2 利用工业废料

利用城市工业废料(如粉煤灰、炉渣或经过处理的垃圾)制作硅酸盐砖、加气硅酸盐砌块或炉渣混凝土砌块等,既可处理城市建设中的部分工业废料,又可缓和烧砖与争地的矛盾。

1.2.2.3 采用大型墙板结构

采用大型墙板作为悬挂的外墙,而内墙采用现浇钢筋混凝土墙(俗称内浇外挂)的结构,是北京、唐山等地住宅建筑采用的一种主要承重结构形式,对加快建筑速度,减轻砌墙的繁重体力劳动,促进建筑工业化、施工机械化起了很大的推动作用,这也是墙体改革的一种趋向。

1.3 砌体结构的设计方法

1.3.1 设计方法的发展简况

早期的砌体结构主要是凭经验设计和建造的。随着力学和材料学等学科的发展,砌体结构的设计与混凝土结构的设计相类似,经历了按容许应力方法设计、按破损阶段法设计、按极限状态法设计等发展阶段。

1.3.2 现行规范的设计方法

《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)(以下简称《规范》)采用以概率理论为基础的极限状态设计方法,以可靠指标度量结构构件的可靠度,采用分项系数的设计表达式进行计算。

1.3.2.1 《规范》的设计准则

结构在规定的设计使用年限内应具有足够的可靠度,其基本内容与混凝土结构所阐述的

设计准则完全相同。

1.3.2.2 《规范》的设计方法

(1) 安全等级的确定

根据建筑结构破坏可能产生的后果(如危及生命、造成经济损失、产生社会影响等)的严重性,建筑结构按表 1.1 的规定划分为三个安全等级,设计时应按具体情况适当选用。

表 1.1 建筑结构的安全等级

安全等级	破坏后果	建筑物类型
一级	很严重	重要的房屋
二级	严重	一般的房屋
三级	不严重	次要的房屋

注:① 对于特殊的建筑物,其安全等级可根据具体情况另行确定。
② 对地震区的砌体结构设计,应按现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》(GB 50223—2010)根据建筑物重要性区分建筑物类别。

(2)砌体结构的耐久性的要求

①砌体结构的环境类别

砌体结构的耐久性应根据砌体结构的环境类别和设计使用年限进行设计。砌体结构的环境类别可分为五类:1 类环境是指正常居住及办公建筑的内部干燥环境;2 类环境是指潮湿的室内或室外环境,包括与无侵蚀性土和水接触的环境;3 类环境是指严寒和化冰盐的潮湿环境(室内或室外);4 类环境是指与海水直接接触的环境,或处于滨海地区的盐饱和的气体环境;5 类环境是指有化学侵蚀的气体、液体或固态形式的环境,包括有侵蚀性土壤的环境。

②砌体材料的耐久性要求

对设计使用年限为 50 年的砌体材料,其耐久性应符合下列规定:
对地面以下或防潮层以下的砌体、潮湿房间的墙体,或环境类别为 2 类的砌体,所用材料的最低强度等级应满足表 1.2 的要求。对环境类别为 3~5 类的砌体材料,要求更严格(略)。

表 1.2 地面以下或防潮层以下的砌体、潮湿房间的墙体材料最低强度等级

潮湿程度	烧结普通砖	混凝土普通砖 蒸压普通砖	混凝土砌块	石材	水泥砂浆
稍潮湿的	MU15	MU20	MU7.5	MU30	M5
很潮湿的	MU20	MU20	MU10	MU30	M7.5
含水饱和的	MU20	MU25	MU15	MU40	M10

注:①在冻胀地区,地面以下或防潮层以下的砌体,不宜采用多孔砖;如采用时,其孔洞应采用水泥砂浆灌实。当采用混凝土砌块砌体时,其孔洞应采用强度等级不低于 Cb20 的混凝土灌实。
②对安全等级为一级或设计使用年限大于 50 年的房屋,表中材料强度等级应至少提高一级。

对砌体中钢筋的耐久性要求也有严格的规定。例如,对位于砂浆中的钢筋,环境类别 1 可采用普通钢筋,而环境类别 2 则应采用重镀锌或有等效保护的钢筋,环境类别 3~5 则应采用不锈钢或有等效保护的钢筋。钢筋的保护层厚度也有相应规定(略)。

(3) 设计内容

砌体结构应按承载能力极限状态设计,并满足正常使用极限状态的要求。根据砌体结构

的特点(截面尺寸往往较大),砌体结构正常使用极限状态的要求一般情况下都可由相应的构造措施得到保证。

(4) 承载能力极限状态设计表达式

砌体结构和结构构件在设计使用年限内,在正常维护下,必须保证适合使用,而不需大修加固。在按承载能力极限状态设计时,应按下列公式中最不利组合进行计算:

$$\gamma_0(1.2S_{Gk} + 1.4S_{Q1k} + \gamma_L \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} \psi_{ci} S_{Qik}) \leq R(f, a_k, \dots) \quad (1.1a)$$

$$\gamma_0(1.35S_{Gk} + 1.4\gamma_L \sum_{i=1}^n \psi_{ci} S_{Qik}) \leq R(f, a_k, \dots) \quad (1.1b)$$

式中 γ_0 ——结构重要性系数,对安全等级为一级或设计使用年限为 50 年以上的结构构件,不应小于 1.1;对安全等级为二级或设计使用年限为 50 年的结构构件,不应小于 1.0;对安全等级为三级或设计使用年限为 1~5 年的结构构件,不应小于 0.9。

S_{Gk} ——永久荷载标准值的效应。

S_{Q1k} ——在基本组合中起控制作用的第 1 个可变荷载标准值的效应。

S_{Qik} ——第 i 个可变荷载标准值的效应。

γ_L ——结构构件的抗力模型不定性系数。对静力设计,考虑结构设计使用年限的荷载调整系数,设计使用年限为 50,取 1.0;设计使用年限为 100,取 1.1。

γ_{Qi} ——第 i 个可变荷载的分项系数,一般取 1.4;对标准值大于 4 kN/m² 的工业厂房楼面结构的活荷载,应取 1.3。

ψ_{ci} ——第 i 个可变荷载的组合值系数,一般取 0.7;对书库、档案库、储藏室或通风机房、电梯机房,应取 0.9。

$R(\quad)$ ——结构构件的抗力函数。

f ——砌体的强度设计值, $f = f_k / \gamma_f$ 。其中 f_k 为砌体的强度标准值; γ_f 为砌体结构材料性能分项系数,在一般情况下宜按施工控制等级为 B 级考虑,取 $\gamma_f = 1.6$,当为 C 级时,取 $\gamma_f = 1.8$ 。

a_k ——几何参数标准值。

当楼面活荷载标准值大于 4 kN/m² 时,式(1.1)中系数 1.4 应为 1.3;施工质量控制等级划分要求应符合《砌体结构工程施工质量验收规范》(GB 50203—2011)的规定。

当砌体结构作为一个刚体,需验算整体稳定性时,例如倾覆、滑移、漂浮等,应按下式计算:

$$\gamma_0(1.2S_{G2k} + 1.4\gamma_L S_{Q1k} + \gamma_L \sum_{i=2}^n S_{Qik}) \leq 0.8S_{G1k} \quad (1.2)$$

式中 S_{G1k} ——起有利作用的永久荷载标准值的效应;

S_{G2k} ——起不利作用的永久荷载标准值的效应。

1.4 本课程的学习方法

砌体结构属于土木工程专业的一门专业基础课,头绪较多,内容较繁杂。掌握砌体结构的特点,有助于对本课程的学习。

(1) 材料的特殊性

★ 砌体材料无论是块体还是砂浆,都是脆性材料,其特点是抗压强度较高而抗拉性能很差,因此砌体结构的主要受力构件如墙、柱、基础等,主要是利用其抗压性能。本书的重点也是介绍砌体受压性能和砌体受压构件。

(2) 计算的验算性质

砌体结构构件一般只进行承载能力极限状态计算,正常使用要求是通过构造措施实现的。而在承载能力极限状态计算时,往往是先确定构件的截面尺寸和材料强度,再进行相应计算,因此承载能力极限状态计算也是以验算形式出现,直到满足要求为止。

(3) 计量单位

在进行计算时,除特别注明外,均采用法定计量单位 N-mm 制,这与其他结构的计算单位是一致的。在表达材料强度时,其单位采用 MPa,实际上, $1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$,与混凝土结构中的表达一致。

本章小结

砌体由块体和砂浆组成。根据块体的不同,砌体分为砖砌体、石砌体和砌块砌体;砂浆主要有水泥砂浆和混合砂浆。主要的砌体构件是受压构件,如墙、柱、基础等。

由于砌体结构存在的一系列优点,因而在房屋建筑和构筑物中得到广泛应用,农村建筑更是如此。但砌体自重、抗拉强度低、抗震性能差,黏土砖用土占用农田等,限制了砌体结构的使用范围。

砌体结构的设计原则和方法与其他结构如混凝土结构的设计原则和方法相同,且一般只进行承载能力极限状态的计算,并以验算的形式出现,正常使用极限状态的要求是通过构造措施满足的。

思考题

- 1.1 什么是砌体和砌体结构?砌体可分为哪几类?
- 1.2 块体分为哪些类型?为什么实心黏土砖在很多地方被禁止使用(即禁止实心黏土砖进城)?
- 1.3 砂浆的主要作用有哪些?有哪些类型?
- 1.4 砌体结构有哪些优缺点?
- 1.5 砌体结构的设计方法是什么?设计内容有哪些?
- 1.6 当仅有恒荷载和竖向活荷载作用时,对安全等级为二级的砌体结构,其荷载效应组合式如何表达[利用式(1.1)]?