

林宗凡 编著

多层砌体 **房屋**

结构设计
——方法与应用



上海科学技术出版社

多层砌体房屋结构设计

——方法与应用

林宗凡 编著



上海科学技术出版社

多层砌体房屋结构设计

——方法与应用

林宗凡 编著

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路 450 号 邮政编码 200020)

新华书店上海发行所经销 上海市印刷六厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 26.5 字数 625 000

1999 年 8 月第 1 版 1999 年 8 月第 1 次印刷

印数: 1—6 000

ISBN 7-5323-4827-X/TU·144

定价: 42.60 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向本社出版科联系调换

内 容 提 要

本书全面阐述多层砌体房屋结构的设计方法及其应用。内容包括三部分,第一部分为静力设计,首先详述多层砌体房屋结构的组成和工程特点、结构承重体系、概念设计要求、静力计算方法,再分别说明砌体材料及其力学性能、砌体结构设计方法及墙柱、过梁、墙梁、悬挑构件和基础的设计,对楼盖、楼梯等钢筋混凝土结构构件的选型作了概要介绍;第二部分为抗震设计,从抗震设计的基本概念、设计思想到各类多层砌体房屋结构的震害分析、概念设计及抗震设计全过程作了详细说明;第三部分介绍了多层砌体结构旧房加层设计的过程和方法。

本书编写力求体现从整体结构到结构构件再落实到整体结构的认识规律,特点是强调多层砌体房屋结构的整体设计思想。书中理论分析简明,密切结合工程实际并附有实例,文字深入浅出,可读性强。

本书适合于结构工程技术人员及有关专业师生阅读参考。

序 言

多层砌体房屋结构是我国房屋建筑中应用最广、工程量最大的结构类型。与钢结构、混凝土结构相比,它的设计方法和施工工艺都不太复杂,但历年调查资料表明,其出现工程事故的概率反而较高。这不仅是因为砌体的脆性性质显著,且就宏观上来说,砌体结构房屋是由块材、砂浆和钢筋、混凝土等不同性质的材料组成的组合结构,它们的共同工作性能甚为复杂,若设计和施工中稍有疏忽,对房屋的安全储备和整体结构性能就有明显的影响。

进行一项工程结构设计,占首位的是确保结构的整体性能,而不是仅仅重视构件的设计和计算,无论静力设计还是抗震设计都是如此,这便是作者编写本书的指导思想。这一见解无疑是很重要的,但在实际工作中却又往往容易被忽视。为说明上述结构设计思想,作者在本书内容安排上,贯穿了从整体结构到构件、再到整体结构的设计思路,既符合结构设计的实际过程,也符合人们的认识过程。书中强调了结构布置、选型和相应构造措施的重要性,并作了较详细的说明。另外,在介绍抗震设计方法全过程的同时,还把它与工程技术人员较为熟悉的静力设计作了对比,指出两者之间的联系和差异,读者必将感到易于理解和掌握。本书具有的上述鲜明特色,使之有别于其他的砌体结构书籍。近年来,房屋加层改造不断受到重视,书中对加层工程设计中的主要技术问题所作的叙述也相当系统。

作者具有长期的工程实践经验,又从事教学和科研工作,编写中很注意联系工程实际。本书内容安排合理,理论阐述简明,文字深入浅出,能满足建筑结构专业工作者的需要。

我很高兴向读者推荐这本书。

李承昱

1999年6月

前 言

关于砌体结构的设计,坊间已出版了许多好的书籍。专业教材自不必说,还有一些专著对砌体结构构件的基本理论和设计原理作了深入的分析。笔者在学习这些著作和工作实践过程中,逐渐体会到工程技术人员由于职业的特点,工作节奏快,往往窘于无充裕时间、也不习惯阅读着重于理论分析的书籍,更需要的是既能阐明有关理论和规范内容、又能联系工程结构设计实际的参考书,从事结构工程工作不久的年轻工程技术人员和有关专业师生对此更有需求;另外,多层砌体结构房屋是我国工程量最大的结构类型,而目前有关的专门书籍还不多见。以上就是编写本书的初衷。

本书以多层砌体房屋结构的整体设计作为着眼点,力求结合工程设计的全过程和特点;在内容安排上先说明结构的整体概念和特点,后介绍各类结构构件的设计方法,间或结合工程事故实例分析,以加深对设计规范的理解,再辅以设计实例。目的是强调整体结构设计的重要性和全过程,而并非仅仅重视构件设计与计算,因为在设计实践中,只重视构件设计是不可能保证结构质量,也不可能提高结构设计水平的。

在内容安排上,首先说明多层砌体房屋结构的组成、工程特点和结构承重体系,便于读者建立结构的整体概念。其后的内容包括静力设计、抗震设计和旧房增层设计三部分。静力设计部分叙述了结构布置、静力分析及材料、砌体的力学性能和结构设计方法。抗震设计一章中,结合砌体房屋结构的特点对工程抗震的一些基本概念及设计方法作了介绍,强调了概念设计和构造措施,说明了抗震设计全过程。旧房加层设计一章,综合目前的工程经验,就有关的主要技术问题作了阐述。至于多层砌体房屋中的混凝土构件(楼盖、楼梯、基础等),仅说明选型和布置、构造要点等,有关计算已有许多混凝土结构书籍论及,不再赘述。

笔者特别感谢中国建筑学会结构委员会砌体建筑结构学组组长、中国建筑科学研究院工程抗震研究所副所长韦承基研究员的指导并为本书作序。中国建筑科学研究院钱力航教授、上海铁道大学戚震华教授对本书的编写给予了热情帮助,编写中还参考了一些作者的著作和论文,在此一并致谢。

限于水平,本书编写是否达到预期的目的,有待于读者检验。不妥之处恳请同行专家和读者指正。

林宗凡

1999年6月

目 录

第 1 章 多层砌体房屋结构	1
1.1 砌体结构	1
1.1.1 砌体和砌体结构	1
1.1.2 砌体结构的优缺点	1
1.2 多层砌体房屋结构的组成和特点	2
1.2.1 结构的组成	2
1.2.2 结构构件的受力状态	3
1.2.3 多层砌体房屋结构的工程特点	4
1.3 多层砌体房屋的承重结构体系	6
1.3.1 砌体墙柱承重结构体系	6
1.3.2 混合承重结构体系	8
1.4 砌体房屋结构的静力概念设计.....	10
1.4.1 结构布置的一般要求.....	11
1.4.2 防止墙体开裂的结构布置措施.....	14
1.5 多层砌体房屋结构的静力计算方案.....	23
1.5.1 结构的空間作用与静力计算方案.....	23
1.5.2 空間性能影响系数.....	25
1.5.3 静力计算方案的划分.....	27
1.5.4 上柔下刚和上刚下柔多层砌体房屋结构.....	27
1.5.5 刚性方案和刚弹性方案房屋横墙的构造要求.....	27
1.6 墙体静力分析.....	29
1.6.1 单层房屋墙体的内力.....	29
1.6.2 多层房屋承重纵墙的内力.....	32
1.6.3 多层房屋承重横墙的内力.....	36
1.7 多层房屋的静力分析.....	37
1.7.1 上柔下刚多层房屋的静力分析.....	37
1.7.2 上刚下柔多层房屋的静力分析.....	37
1.8 多层砌体房屋结构设计的一般步骤.....	38
 第 2 章 砌体结构材料及砌体的力学性能	40
2.1 块体与砂浆材料.....	40
2.1.1 块体材料及其强度.....	40

2.1.2 砂浆材料及其强度	43
2.1.3 块体和砂浆材料的选择	44
2.2 钢筋、混凝土和灌筑用浆材料	45
2.3 砌体的分类和应用特点	45
2.3.1 无筋砌体	45
2.3.2 配筋砌体	47
2.4 砌体的强度和变形性能	48
2.4.1 砌体的轴向抗压强度	48
2.4.2 砌体的抗拉、抗弯和抗剪强度	51
2.4.3 砌体的变形性能	53
第3章 砌体结构构件的设计方法	55
3.1 多层砌体房屋在结构上的作用	55
3.1.1 永久作用	55
3.1.2 可变作用	55
3.1.3 施工和检修荷载及栏杆水平荷载	56
3.1.4 地震作用	56
3.2 砌体结构构件的设计方法	57
3.2.1 砌体结构设计方法的回顾	57
3.2.2 砌体结构的设计方法	58
第4章 墙柱承重结构	65
4.1 多层砌体房屋结构设计的基本构造要求	65
4.1.1 墙柱高厚比	65
4.1.2 砌体房屋的其他基本构造要求	71
4.1.3 圈梁的设置和构造	76
4.2 墙柱的控制截面和计算截面	78
4.2.1 控制截面	78
4.2.2 计算截面	78
4.3 内力组合	79
4.4 无筋砌体墙柱受压承载力	80
4.4.1 短柱的受压承载力	80
4.4.2 长柱的受压承载力	81
4.4.3 墙柱的受压承载力	85
4.4.4 受压承载力计算公式的应用	85
4.5 配筋砌体墙柱的受压承载力	95
4.5.1 网状配筋砖砌体	95
4.5.2 组合砖砌体	99
4.6 砌体局部受压承载力	106

4.6.1 均匀局部受压	107
4.6.2 梁端下砌体局部受压	110
4.7 地下室外墙体	117
4.7.1 计算简图和荷载	118
4.7.2 内力和控制截面	120
4.8 墙体承重房屋静力计算实例	120
第5章 过梁和墙梁	135
5.1 过梁	135
5.1.1 过梁的构造	135
5.1.2 过梁的计算	136
5.2 墙梁	138
5.2.1 构造措施	139
5.2.2 墙梁的受力体系和破坏形态	140
5.2.3 简支墙梁设计	144
5.2.4 连续墙梁设计	150
5.2.5 框支墙梁设计	154
5.2.6 墙梁的主要施工要求	154
5.2.7 上刚下柔方案房屋静力计算实例	155
第6章 钢筋混凝土楼盖	167
6.1 整体现浇式楼盖	167
6.1.1 肋梁楼盖	167
6.1.2 井式楼盖	169
6.1.3 密肋楼盖	170
6.2 预制装配式楼盖	170
6.2.1 结构布置	171
6.2.2 连接构造	173
6.3 装配整体式楼盖	175
第7章 楼梯、悬挑构件	177
7.1 钢筋混凝土楼梯	177
7.1.1 结构布置	177
7.1.2 整体现浇式楼梯的节点连接处理	181
7.2 悬挑构件	183
7.2.1 钢筋混凝土悬挑构件的分类	183
7.2.2 挑梁	183
7.2.3 雨篷	189

第 8 章 基础	191
8.1 基础设计的要求	191
8.2 刚性基础	192
8.2.1 基础尺寸的确定	192
8.2.2 其他构造要点	194
8.3 钢筋混凝土扩展基础	196
8.3.1 条形基础	196
8.3.2 柱下独立基础	198
 第 9 章 多层砌体房屋结构的抗震设计	200
9.1 抗震设计的基本概念	200
9.1.1 震害与抗震设防	200
9.1.2 工程抗震的基本概念	201
9.1.3 场地及其类别	201
9.1.4 房屋抗震设计的设防标准	203
9.2 结构抗震设计与静力设计的区别和联系	203
9.3 结构抗震设计思想	204
9.3.1 抗震概念设计	204
9.3.2 抗震设计的总原则	206
9.4 多层砌体房屋结构的震害经验	209
9.4.1 多层砖房的震害	209
9.4.2 砌块房屋的震害	213
9.4.3 内框架砌体房屋的震害	213
9.4.4 底层框架砌体房屋的震害	213
9.5 多层砌体房屋的抗震概念设计	214
9.5.1 结构选型和布置的一般要求	214
9.5.2 房屋各类尺寸的限值	217
9.5.3 改善结构和构件的变形能力和耗能能力	220
9.5.4 结构中设置多道抗震防线	224
9.5.5 加强结构整体性的其他措施	224
9.5.6 提高楼梯间抗震性能的措施	228
9.5.7 基础抗震措施	229
9.5.8 其他结构构件的抗震措施	230
9.6 水平地震作用	231
9.6.1 结构上地震作用的计算模型	234
9.6.2 地震作用的计算方向和方法	234
9.6.3 设计反应谱和水平地震作用的计算	241
9.7 多层砖房抗震设计	247
9.7.1 结构选型、布置和构造措施	247

9.7.2 楼层水平地震剪力分配	263
9.7.3 墙体截面抗震承载力验算	274
9.8 多层砌块房屋抗震设计	291
9.8.1 结构布置和抗震构造措施	291
9.8.2 墙体抗震承载力验算	296
9.9 底层框架-抗震墙砌体房屋抗震设计	297
9.9.1 结构布置	298
9.9.2 构造措施	301
9.9.3 底层结构和构件的抗侧移刚度	302
9.9.4 地震作用计算和地震作用效应的调整	310
9.9.5 抗震承载力计算或验算	313
9.9.6 抗震变形验算	314
9.9.7 计算实例	315
9.10 多层内框架砌体房屋抗震设计	325
9.10.1 结构布置	326
9.10.2 构造措施	328
9.10.3 地震作用计算及地震作用效应的调整	330
9.10.4 抗震承载力计算或验算	331
9.10.5 计算实例	332
第10章 多层砌体结构旧房加层设计	336
10.1 旧房加层的工程决策	337
10.1.1 加层前的调查研究	337
10.1.2 旧房的技术鉴定和加层工程可行性报告	337
10.2 加层工程的程序	338
10.3 旧房技术鉴定标准和加层工程设计标准	339
10.4 加层工程的基本原则	341
10.4.1 加层工程的基本问题	341
10.4.2 加层工程的基本原则	341
10.4.3 加层工程的常见质量问题分析	342
10.5 旧房加层工程的分类、方法和结构体系	345
10.5.1 加层工程的分类和方法	345
10.5.2 直接加层结构体系的选择	346
10.5.3 改变荷载传递加层结构体系的选择	347
10.5.4 外套加层结构体系的选择	348
10.6 加层结构设计	353
10.6.1 直接加层法和改变荷载传递加层法的结构设计	353
10.6.2 外套结构加层法的结构设计	360
10.7 加层工程旧房的墙体加固	364

10.7.1 加固原则和方案选择·····	364
10.7.2 加大砖墙体截面加固·····	366
10.7.3 增设壁柱加固·····	366
10.7.4 夹板墙加固·····	366
10.7.5 组合柱加固·····	368
10.7.6 外加圈梁及钢拉杆加固·····	370
10.7.7 外加钢筋混凝土构造柱加固·····	375
10.7.8 新增横墙段加固·····	377
10.8 加层工程的地基基础设计·····	379
10.8.1 旧房地基承载力的评价和确定·····	379
10.8.2 加层房屋基础的选型·····	383
10.8.3 加层房屋的地基处理和基础加固·····	383
附 录·····	394
附录1 民用建筑楼面均布活荷载标准值·····	394
附录2 楼面活荷载标准值的折减系数·····	395
附录3 屋面均布活荷载·····	395
附录4 施工和检修荷载及栏杆水平荷载·····	396
附录5 各类砌体抗压、轴心受拉、弯曲抗拉及抗剪强度设计值·····	396
附录6 砌体的弹性模量·····	400
附录7 混凝土弹性模量·····	400
附录8 组合砖砌体受压承载力计算图表·····	401
参考文献·····	409

第1章 多层砌体房屋结构

1.1 砌体结构

1.1.1 砌体和砌体结构

砖石材料是我国历史悠久、应用广泛的重要建筑材料。早在原始时代,人类就用天然石材垒建藏身之所。至今,生产和使用烧结砖已有三千多年的历史。1824年英国建筑工人阿斯普丁发明波特兰水泥后,世界上第一块混凝土砌块于1882年诞生,至今也已一百多年。砖块、石块、砌块等统称为块材。

砌体是指用块材和砂浆由人工砌筑而成的一类整体建筑材料。用这些砌体建造的结构统称砌体结构。由于其中大量应用的是砖砌体和石砌体,过去习惯上亦称砖石结构。

砌体结构的应用范围很广,可用于建造各种构筑物,如砖烟囱、排气塔、筒仓甚至水渠、桥梁等,举世闻名的万里长城即是砖石结构应用的典范。目前,在中小型单层工业厂房和多层轻工业厂房、影剧院、食堂、仓库等建筑中,亦常采用砖墙柱承重的结构。砌体结构最广泛的应用是建造大量的住宅、办公楼等多层民用房屋的承重结构。据统计,全国基本建设中采用砌体作墙体材料的占95%以上。在住宅建设中,全国约90%的建筑面积为多层砌体房屋。砌体结构在今后一段较长的时期内仍将是我国建筑工程中量大面广的最常用结构类型。

1.1.2 砌体结构的优缺点

砌体结构的应用如此广泛,除了我国劳动人民几千年来在建造砖石结构方面积累了极为丰富的经验之外,也与这类建筑材料所具有的一系列优点分不开的:

(1) 可“因地制宜、就地取材”。生产块材和砂浆所用的粘土、砂、石灰等材料,可以就地或就近取得,因而成本低廉。不仅在大中小城市可以生产块材,在农村也能自行制造多种块材;

(2) 有些砌块主要利用工业废料生产,因而具有显著的社会效益和环境效益。例如可用粉煤灰为主要原料生产粉煤灰砌块。

(3) 具有良好的耐火性能、化学稳定性和较好的大气稳定性,耐久性好。经过合理设计,能保证砌体结构在预期的耐久期限内使用。砖砌体可承耐 $400\sim 500^{\circ}\text{C}$ 的高温,其耐火性能满足消防规范规定的对非燃烧体的要求。

(4) 与其他结构类型相比,砌体具有承重和围护的双重功能,节约木材、钢材和水泥。砖砌体具有稳定的建筑物理性能,保温、隔热、隔声性能都比混凝土材料优越。除寒冷地区外,在一般地区按承载力和构造要求确定的墙体厚度都能满足热工方面的要求。粘土砖的蓄湿性、透气性都较好,有利于调节室内空气湿度,故尤适用于多层民用建筑中。

(5) 施工工艺简单,不需特殊施工设备,施工工序少,可以做到快速施工,不需专门的养护期。

(6) 在一定使用功能条件下,砌体房屋工程造价最低。根据我国部分地区的统计资料,采用砖砌体承重的住宅造价,与各种混凝土结构相比,每平方米面积的造价可低2%~30%不等。

但砌体结构也存在以下缺点:

(1) 与其他材料结构相比,砌体强度较低,其抗压强度一般仅为混凝土的 $1/7 \sim 1/4$ 。故墙柱等承重结构截面尺寸大,自重较大,材料用量多,运输量也随之增加。

(2) 块材与砂浆之间的粘结力较弱,因而砌体的抗拉、抗弯和抗剪强度低。

(3) 不利于抗震。一方面是由于结构自重较大,在地震动作用下结构上的惯性力也大,即地震作用大;另一方面,砌体结构脆性显著,抗剪强度低,导致抗震性能很差。1976年7月28日唐山地震中,砌体结构房屋几乎全部倒塌,绝大多数居民的致伤致死由此而发生。所以,在抗震设防区采用砌体结构时,必须按抗震规范设计,采用合理的抗震设防措施。

(4) 在我国,大量烧制粘土砖与农业争土地的矛盾十分突出,并消耗了大量能源。目前,我国每年农田减少约900余万亩,其中一部分就用于挖土制砖。所以有些地区已逐步控制甚至禁止使用实心粘土砖,采用粘土空心砖、混凝土中小型砌块和粉煤灰砌块等建造房屋。“八五”期间,全国许多城市在住宅建设中使用了空心砖这种少占耕田、污染小且冬暖夏凉的墙体材料。到2000年,全国新型墙材产量折合标准砖将达1200亿块,占墙材总量的20%;城市新建节能住宅和新型墙体材料住宅竣工面积将占当年城市住宅建筑竣工面积的40%。

(5) 基本上采用手工方式砌筑,劳动量大,生产率低。

1.2 多层砌体房屋结构的组成和特点

1.2.1 结构的组成

多层房屋,一般是指层数为7层及7层以下、3层以上的房屋。

多层砌体房屋结构,过去习惯上称多层砖混结构或混合结构。房屋的竖向承重结构(墙体、柱、基础等)采用砖、石、砌块等砌筑的砌体结构,水平承重结构(楼、屋盖等)则采用钢筋混凝土、木、钢等结构。竖向和水平承重结构体系相互连接构成整体结构体系,故称混合结构。实际上,除了这一类结构体系外,多层砌体结构房屋还包括内框架砌体结构房屋及底层(或底部)框架砌体结构房屋。前者是指由砌体外墙和内部钢筋混凝土框架共同组成竖向承重体系的房屋。后者则是指房屋底层(或底部两层)为钢筋混凝土框架和墙体(钢筋混凝土剪力墙或砖墙)、上部为砌体结构共同组成的竖向承重体系的房屋。

目前,多层砌体房屋结构的水平承重体系绝大多数采用钢筋混凝土楼、屋盖结构。

除了上述主要承重结构构件外,多层砌体房屋中还有下列结构构件:

楼梯——有现浇整体式钢筋混凝土楼梯和装配式钢筋混凝土楼梯等;

阳台、雨篷——它们都属于悬挑结构。在荷载作用下,它们与砌体具有组合作用;

基础——可采用刚性基础(大放脚)和钢筋混凝土柔性基础(条形基础等);

此外,还有过梁、墙梁等。

多层砌体房屋结构中,还有一些构件是构造所必须的。例如圈梁以及抗震设计时采用的钢筋混凝土构造柱、芯柱等。虽然并不能把它们看作是单独的承重结构构件,但它们对于

增强结构整体性、保证房屋结构的空间作用、提高抗震性能是不可缺少的,在设计中必须给予充分重视。

在内框架砌体房屋和底层框架砌体房屋中,还有一些钢筋混凝土梁、柱、剪力墙等承重构件,均应按《混凝土结构设计规范》要求设计。

1.2.2 结构构件的受力状态

图 1.2.1 中绘出了多层砌体房屋结构中的主要组成构件及其受力状态、材料的应力应变曲线。砌体结构中某些构件的受力是由钢筋混凝土和砌体两部分组成的组合受力,如墙梁、悬挑构件等。两部分各自的受力可能是不同的,图中仅说明构件整体及砌体部分的受力状态。详细分析请见本书以下有关章节。

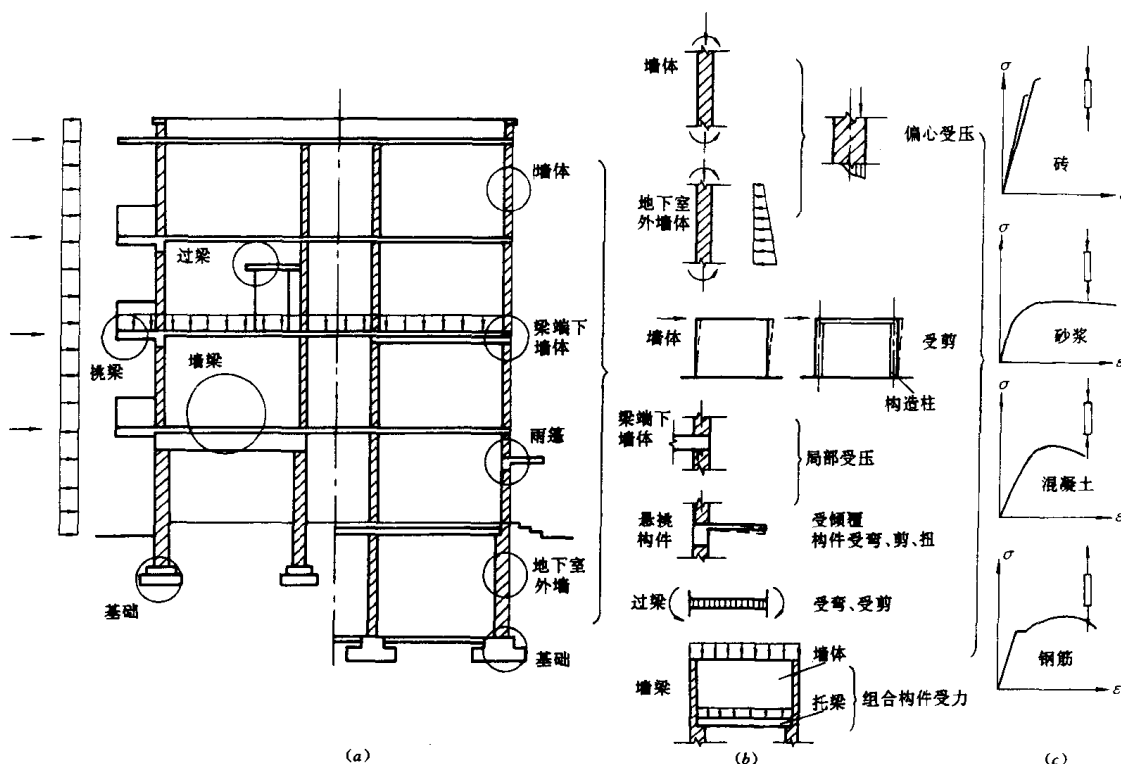


图 1.2.1 多层砌体房屋结构的构件组成及其受力状态

(a) 结构构件组成 (b) 受力状态 (c) 材料应力应变曲线

由图分析可见,多层砌体房屋结构构件的受力主要有偏心受压、受弯、受剪及局部受压等状态[图 1.2.1(b)],其承载能力由控制截面决定。受拉构件极为少见。在悬挑构件中还有抗倾覆问题。由于砌体由块体、砂浆组成(配筋砌体中还有钢筋),因而计算截面上的应力、应变分布,强度和变形规律及构件的性能等都与构成砌体的材料及其相互作用密切相关[图 1.2.1(c)]。

对于从事工程结构工作的工程技术人员来说,深入理解整个房屋结构的受力机制及各类受力状态构件在其中的作用和相互关系是保证工程质量的首要关键。对于提高设计水平来说,仅仅熟悉构件的计算是远远不够的。本书以下将首先从整体结构出发,论述多层砌体房屋的承重结构体系及其概念设计,结构的静力计算方案,然后结合砌体材料性能及构造要求介绍构件的计算;对于砌体房屋结构的抗震设计作了详细介绍;最后专篇论及砌体结构旧

房的加层设计。

1.2.3 多层砌体房屋结构的工程特点

与钢结构、钢筋混凝土结构相比,虽然砌体结构的设计方法和施工工艺都不太复杂,但工程实践中出现事故的概率却比其他两类结构大得多。在工程倒塌事故中,砌体结构房屋也占绝大多数。某次调查中收集到了 44 起房屋倒塌事故实例(不包括屋架、悬挑构件的局部塌落),其中砌体承重的混合结构房屋竟占 37 起。所以,很有必要总结和强调砌体结构的工程特点,以加深对这类结构性能的认识,从而重视设计和施工质量,以利结构安全。

(1) 砌体材料的离散性很大。由于砌体材料来源广,块材、砂、石灰等材料各地均可生产,性能差异很大;即使在同一地区也会受到采集地点、劳动力来源以及生产企业管理水平等因素影响,导致材料性能不稳定。规范规定的材料受力性能指标是在对大量调查数据分析总结的基础上提出的,遵此设计应是安全可靠的。然而由于材质的明显离散性,工程实践中若有偏差,即可能引起事故。因而应切实加强材料性能的现场测试分析。

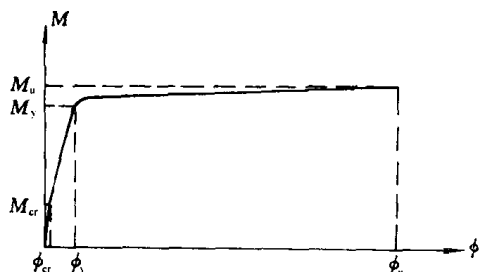


图 1.2.2 钢筋混凝土梁的受弯 $M-\phi$ 曲线

(2) 砌体及砌体结构都具明显的脆性性质。块材和砂浆都是脆性材料,砌体结构的整体破坏也属脆性破坏。众所周知,在钢筋混凝土构件中,虽然混凝土也是脆性材料,但配置钢筋后,材料的抗变形能力大为提高,从受荷到破坏可以经历相当大的变形(例如受弯构件,图 1.2.2),只在较少场合表现为脆性破坏(例如小偏心受压柱等)。但对砌体结构来说,无论其处于何种受力状态,都属脆性破坏。受压

砌体从开裂到破坏,不仅其变形增量不大,荷载增量也往往不大,对于拉、剪、弯受力状态更为显著。这一特性在 $P-\Delta$ 关系曲线中可以得到反映。例如抗震墙体承受剪力时,开裂荷载与破坏荷载几乎相等[图 1.2.3(a)],破坏先兆很不明显,所以倒塌时非常突然。在抗震设计中,为了改善砌体的延性,规范提出了设置钢筋混凝土构造柱等的规定要求,可使破坏荷载比开裂荷载有所提高,相应的极限位移和开裂位移也拉开距离[图 1.2.3(b)]。但总的讲,仍属脆性破坏。

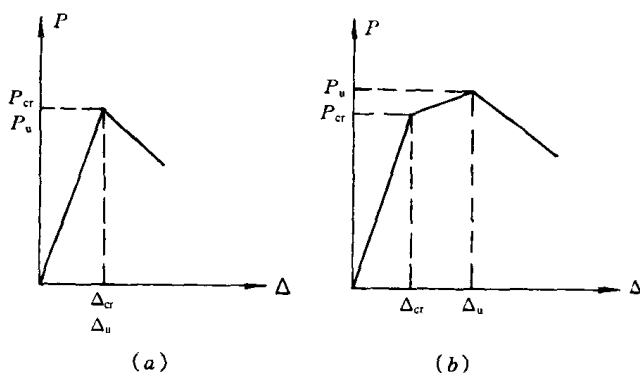


图 1.2.3 砌体墙的受剪 $P-\Delta$ 曲线

(a) 无构造柱墙体 (b) 构造柱墙体

砌体的显著脆性性质要求设计者必须重视各构件之间的可靠连接,确保结构的整体性。在抗震设计中,必须遵照规范要求设置钢筋混凝土构造柱、芯柱和圈梁等。

(3) 砌体材料的共同工作性能薄弱。砌体由砂浆砌筑块体而成,块体和砂浆材料又有多种,两者的材料性能诸如弹性模量、强度等差别很大,一般是块体强度高,弹性模量高;砂浆强度低,弹性模量也低。而在钢筋混凝土结构中,虽然钢筋和混凝土的性能也有较大差异,但由于两者线膨胀系数相近以及混凝土的水化作用,钢筋表面性质的改善等等因素使钢筋与混凝土之间具有足够的粘结力;还可通过“锚固长度”上粘结应力的积累,使钢筋中建立起所需发挥的应力。只要设计合理,钢筋与混凝土两者的能力基本上都能得到发挥。而砌体结构发生破坏时,块体的实际应力往往远未达到破坏强度值(图 1.2.4)。

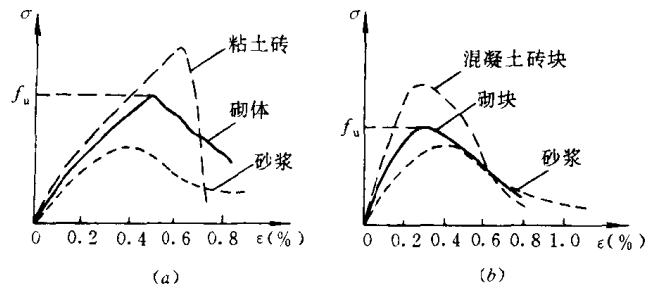


图 1.2.4 受压砌体的应力应变曲线
(a) 粘土砖砌体 (b) 混凝土砌块砌体

砌体结构的这一特点要求设计时既充分重视结构布置,材料选用上要尽量匹配,又要注意连接构造措施和对施工质量的要求。

另外,从宏观上讲,砌体(包括配筋砌体)材料与钢筋混凝土相比是一种复杂得多的组合材料。墙体被竖向灰缝和水平灰缝分割,虽然水平灰缝一般较饱满,但竖向灰缝的饱满度很差,因而表现出很强的各向异性特点。即使处于相同的受力状态,随受力方向与灰缝夹角的不同,墙体往往产生不同的破坏状态以及强度值的大幅度变化。所以,砌体材料的共同工作性能既复杂又弱,远不及钢筋混凝土结构中的钢筋与混凝土的共同工作性能。

(4) 砌体结构对间接作用较为敏感。所谓间接作用是指由外加或约束变形在结构上引起的作用。例如由于地基不均匀沉降、温度变化、材料收缩等引起的墙体开裂是经常发生的,严重降低了房屋的使用质量,甚至可能导致破坏。目前还没有实用方法精确计算这类间接作用及其效应(内力、变形等)。相比之下,钢筋混凝土结构对间接作用的反映比较迟钝一些,而且也较易处理。砌体结构的这一特点,要求设计者对砌体房屋结构的概念设计(包括结构布置、连接、构造处理)等要予以切实重视。

(5) 砌体房屋结构实际上是一种组合结构。多层砌体房屋结构中采用了大量钢筋混凝土结构构件,如楼、屋盖,楼梯以及圈梁、过梁或框架梁、柱等,因而带来两方面的特点。一是结构中砌体与钢筋混凝土构件连接处刚度、强度的突然变化,引起新的受力状态,砌体结构中的局部受压就是由此而产生的一种。一般,设计者较注意砌体的受压承载力,往往忽视砌体的局部受压承载力。调查表明,除受压承载力外,局部受压承载力不足是砌体结构房屋倒塌的主要原因之一;二是砌体与钢筋混凝土构件的组合效应。例如墙梁结构,设计时如不考虑组合作用,仅对托梁进行设计计算,没有反映墙体中可能发生的破坏形态(如托梁支座上部砌体的局部受压),有时可能导致不安全。又如悬挑构件的抗倾覆问题,在砌体房屋结构设计中应予特别注意,这方面事故并不少见。所以,砌体与钢筋混凝土构件交界处往往是