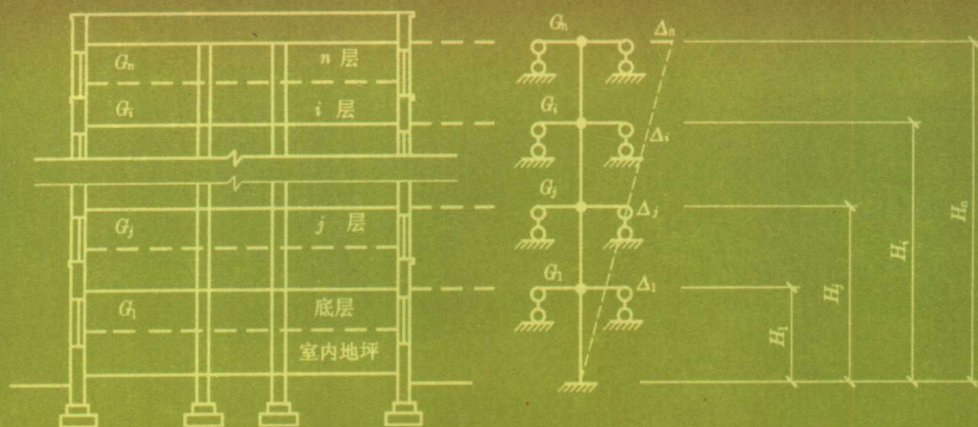


WUTP

抗震设计系列丛书

砌体结构抗震设计

周德源 程才渊 吴明舜 编



武汉理工大学出版社

WUTP Wuhan University of Technology Press

建筑结构抗震设计丛书

砌体结构抗震设计

周德源 程才渊 吴明舜

武汉理工大学出版社

内 容 提 要

本书结合现行国家标准《建筑抗震设计规范》(GB50011—2001)的有关要求介绍了砌体结构房屋抗震设计的基本理论和方法。

本书共分六章。第一章介绍了砌体结构抗震的一些基本概念、砌体结构房屋的主要类型、砌体结构房屋震害及发生原因,并对有广泛应用前景的配筋混凝土小型空心砌块砌体的研究情况作了简要的介绍。第二章、第三章、第四章分别介绍了三类主要砌体结构房屋——多层砌体房屋、底部框架-抗震墙砌体房屋和内框架砌体房屋的抗震设计理论和方法。第五章介绍了配筋混凝土小型空心砌块抗震墙房屋的抗震设计理论和方法。第六章结合抗震设计实例,详细介绍了上述四类房屋抗震设计的步骤和方法。

本书可作为本科生和研究生的教学参考书,也可作为各类成人教育学生的自学用书和结构设计、施工及科研人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

砌体结构抗震设计/周德源,程才渊,吴明舜编. —武汉:武汉理工大学出版社,2004

ISBN 7-5629-1957-7

- I. 砌…
- II. ①周… ②程… ③吴…
- III. 砌体结构-抗震设计
- IV. TU360·4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 004443 号

出版者:武汉理工大学出版社(武汉市:武昌珞狮路 122 号 邮编:430070)

印刷者:通山县印刷厂

发行者:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16

印 张:5.5

字 数:137 千字

版 次:2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1—3000 册

定 价:11.00 元

(本书如有印装质量问题,请向承印厂调换)

前 言

本书作者长期以来从事砌体结构抗震研究和教学实践,多次参加国家标准《建筑抗震设计规范》和上海市标准《建筑抗震设计规范》有关砌体结构抗震设计内容的编制。

本书是作者在教学实践、研究和工程实践中学习、应用《建筑抗震设计规范》的基础上,结合二十几年来砌体结构的抗震研究和工程实践成果而编著的。

作者希望读者通过本书的学习,不仅能掌握砌体结构抗震设计的基本理论和基本方法,而且能熟练运用规范进行砌体结构房屋的抗震设计,同时也希望对从事科学研究和工程实践的人员有所帮助。

本书特点是理论介绍简洁,注意基本概念的阐述和实际抗震设计方法的介绍。在抗震设计实例介绍中,除详细介绍计算方法外,还结合当前普遍应用的计算机软件,介绍了软件使用方法和需注意的若干问题。

本书另一特点是结合我国坚持绿色、环保、可持续发展建筑业的政策指导,介绍了配筋混凝土小型空心砌块房屋的研究、发展情况和应用前景,详细介绍了配筋混凝土小型空心砌块房屋的抗震设计理论和方法。

本书主要编写人员有周德源(第一章部分内容、第二章、第三章、第四章、第六章前三节),程才渊(第一章第4节、第五章、第六章第4节),吴明舜(第一章部分内容,并对其余各章提出了许多修改意见),全书由周德源修改定稿。另外,在本书编写过程中,牛金龙工程师准备了PK-PM算例,并介绍了软件使用时需注意的一些问题,伍永飞在图文输入、编排过程中付出了辛勤的劳动。在此一并致谢。

由于作者水平所限,书中疏漏之处难免,欢迎广大读者批评指正。

目 录

1 砌体结构房屋主要类型和震害	1
1.1 砌体结构概述	1
1.2 砌体结构房屋主要类型	2
1.3 砌体结构房屋震害	3
1.4 配筋混凝土小型空心砌块抗震墙房屋抗震性能研究和应用前景	9
1.5 砌体结构房屋抗震设计三要素	10
2 多层砌体房屋抗震设计	11
2.1 建筑布置与结构选型	11
2.2 地震作用计算与抗震强度验算	13
2.3 抗震构造措施	20
3 底部框架-抗震墙砌体房屋抗震设计	26
3.1 建筑布置与结构选型	26
3.2 地震作用计算与抗震强度验算	27
3.3 抗震构造措施	29
4 内框架砌体房屋抗震设计	31
4.1 建筑布置与结构选型	31
4.2 地震作用计算与抗震强度验算	32
4.3 抗震构造措施	33
5 配筋混凝土小型空心砌块抗震墙房屋抗震设计	34
5.1 建筑布置与结构选型	34
5.2 地震作用计算与抗震强度验算	36
5.3 抗震构造措施	45
6 抗震设计实例	48
6.1 多层砌体房屋抗震设计实例	48
6.2 底部框架-抗震墙砌体房屋抗震设计实例	55
6.3 内框架砌体房屋抗震设计实例	70
6.4 配筋混凝土小型空心砌块抗震墙房屋抗震设计实例	74
参考文献	80

1 砌体结构房屋主要类型和震害

1.1 砌体结构概述

砌体是指用块材和砌筑灰浆砌筑而成的一种混合材料。砌体结构一般是指主要竖向承重构件采用砌体墙柱的结构。砌体结构中水平承重构件常采用其它结构,如混凝土结构、木结构。根据块材和砌筑灰浆的不同,砌体的种类有许多。传统的块材主要有石材和粘土砖,对应的砌体称为石砌体和砖砌体。砌筑砂浆目前主要采用水泥砂浆或水泥石灰混合砂浆,而在农村砌体房屋中,目前还使用粘土灰浆和粘土石灰混合灰浆。

现代的块材除粘土砖和石材外,还有混凝土空心砌块、粉煤灰砌块、灰砂砖、加气混凝土块材等,如伊通砌块的容重为 $5\sim 7\text{kN/m}^3$ 。砌块按其尺寸大小还可分为中砌块和小砌块。

传统的砌体一般是不配置钢筋的,可称为无筋砌体,而现代砌体根据受力情况可配置水平钢筋和竖向钢筋,以提高砌体的承载力。这种配有一定数量受力钢筋的砌体可称为配筋砌体。砌体配筋一般有以下两种方式,一是在传统的灰缝中配置钢筋,另一种是在空心砌块的孔洞中布置竖向钢筋和水平钢筋并灌注混凝土,如图 1.1 所示。

还有一种提高砌体承载力的方法是采用组合砌体,有时由于建筑布置需要,砌体墙柱尺寸受到限制,为提高砌体墙柱的承载力,可采用部分钢筋混凝土和砌体一起组成受力构件,常见的组合砌体断面如图 1.2 所示。

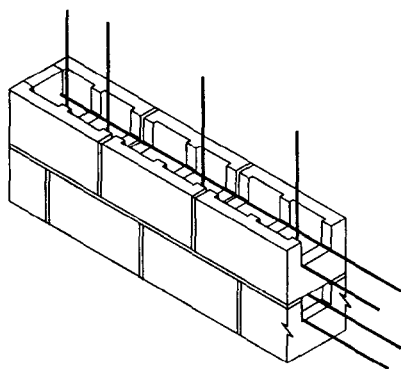


图 1.1 砌体横向和纵向配筋示意图

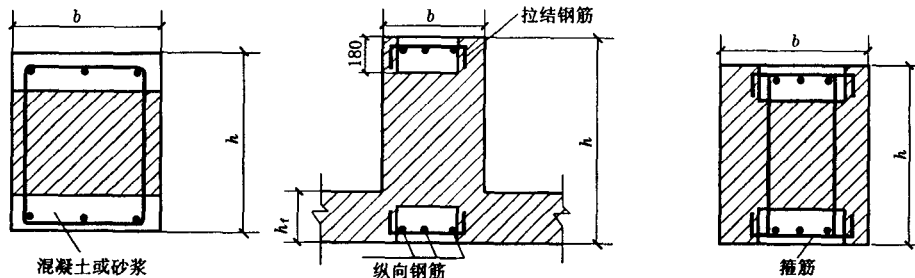


图 1.2 常见组合砌体断面

在现代砌体结构房屋抗震设计中,常采用布置钢筋混凝土构造柱和圈梁的方法提高房屋的抗震性能,这种房屋中的砌体墙在四面受到钢筋混凝土构件的约束,因而具有较大的变形能力和较好的抗震性能。这种四面受约束的砌体可称为约束砌体。

现代砌体的发展趋势有以下几个方面值得注意:

①轻质高强。在提高材料强度的基础上,增加块材的孔洞率或孔隙率。研究开发价廉的高强度砂浆 also 具有重要意义。

②发展、推广使用非烧结块材。传统的烧结粘土砖需使用大量的粘土,我国 1990 年生产的粘土砖毁坏农田 7 万亩。在我国上海等大城市对粘土砖的使用已作出了严格的限制。

③改进块材的外形,提高砌体的抗剪强度,可有效提高砌体结构的抗震能力。

④研究、发展组合砌体。

⑤研究和发 展预应力砌体。对砌体结构施加预应力,可提高砌体结构的抗裂能力和抗震性能,如对墙体施加预应力,可提高墙体的抗剪强度和抗震性能。

⑥配筋砌体在高层建筑中的应用研究。在美国,曾用配筋砌体建造出了 23 层的公寓建筑,我国对于配筋砌体在地震区高层建筑中的应用也进行了研究,曾建造了一幢 18 层的配筋混凝土空心砌块住宅试点工程。

⑦改变砌体结构受力体系研究。考虑砌体结构主要承受竖向荷载,绝大部分水平荷载由钢筋混凝土楼梯间、电梯井和少量混凝土墙承担。

1.2 砌体结构房屋主要类型

目前工程中常用的砌体结构房屋包括多层砌体房屋、底部框架-抗震墙砌体房屋和内框架砌体房屋。配筋砌体房屋目前应用较少。但随着在全国范围内对粘土砖的逐步限制使用,配筋砌体房屋正在逐步推广应用。其中混凝土小型空心砌块作为一种相对比较成熟的新型墙体材料,在多层和中高层房屋中的使用将越来越广泛。“配筋混凝土小型空心砌块抗震墙房屋抗震设计”的内容已列入新的国家标准《建筑抗震设计规范》(GB50011—2001)(本书以后简称为《建筑抗震设计规范》)的附录中。

多层砌体房屋是指竖向承重构件采用砌体墙片(柱),而水平承重构件(楼、屋盖)采用钢筋混凝土或其它材料的混合结构房屋;底部框架-抗震墙砌体房屋是指底部一层或两层采用空间较大的框架-抗震墙结构、上部为砌体结构的房屋;内框架砌体房屋是指外墙采用砌体墙、柱承重,内部为钢筋混凝土柱(单排或多排)承重的混合结构房屋。三类房屋可通称为砌体结构房屋。

配筋混凝土小型空心砌块砌体是指在砌块的孔洞内按配筋砌体插筋间隔布置要求而插有垂直钢筋和水平钢筋,并用高流动性、自密实混凝土灌实的墙体。小砌块是指外形尺寸为 $390\text{mm} \times 190\text{mm} \times 190\text{mm}$ 、空心率为 50% 左右的单排孔混凝土空心小砌块,而且在砌块的肋部上开有约 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 的槽口以放置水平钢筋。配筋砌体的肢长一般不小于 1m。而由配筋混凝土小砌块砌体作为受力构件的房屋其受力性能和破坏机制与普通砌体房屋有很大的不同,是我国近几年借鉴国外经验而发展起来的新型结构体系,被称为配筋混凝土小型空心砌块抗震墙房屋。

多层砌体房屋主要用于住宅建筑,也可用于医院、教学楼等建筑。底部框架-抗震墙砌体房屋的底部大空间可以用来设置服务大厅、商店、汽车库、地下铁道的出入口等;这种混合承重的房屋,具有比框架结构经济和施工简单的优越性,因此在我国城市的临街建筑和住宅区的带商店的建筑中使用较多。

多层内框架砌体房屋适用于工艺上需要较大的空间或使用上要求有较空旷的大厅的轻工

业、仪表工业厂房和民用公共建筑、仓库等建筑。这种建筑也属于混合承重结构的房屋,它比多层框架结构经济,又比多层砌体房屋能提供较大的使用空间,因此,在轻工、无线电、电信电话等工业厂房和办公楼、医院、中小学校等公共建筑中使用较多。由于单排柱内框架砌体房屋抗震性能差,《建筑抗震设计规范》只允许使用多排柱内框架房屋。

多层砌体房屋、底部框架-抗震墙砌体房屋和内框架砌体房屋由于施工方便、建筑造价低等原因,几十年来一直是我国民用建筑的主要形式,并且在今后几十年内,这类房屋仍将大量建造。但是,由于砌体是一种脆性材料,其抗拉、抗剪、抗弯强度均很低,因而这类房屋的抗震性能较差、抗震能力较低,历次的地震震害也证实了这一点。特别是在唐山地震中,砌体房屋大量倒塌,人民的生命财产遭受了极为严重的损失。同时,通过震害调查发现在6~7度区仅有少量未经抗震设计的砌体房屋发生不同程度的损坏。而那些采取过适当抗震构造措施的砌体房屋,其抗震能力明显增强。

配筋混凝土小砌块砌体房屋是近年来新发展的结构形式,尚未经过实际地震的考验,但从美国、德国、前苏联等国的使用情况来看,配筋混凝土小型空心砌块砌体有着良好的抗震性能,被广泛地应用在地震区的办公楼、住宅、商场等建筑物上。

唐山地震以后,我国工程抗震界的科技人员对砌体房屋的抗震问题进行了大量细致、深入的试验研究和理论分析,取得了一批令人瞩目的研究成果,在此基础上,形成了中国《建筑抗震设计规范》中关于砌体房屋抗震设计的有关内容。

1.3 砌体结构房屋震害

由于砌体结构材料各向异性特点非常明显,且常和混凝土构件混合使用,因此,对墙角、节点、墙体间连接以及墙和梁、楼板的连接目前在理论上进行计算分析还很困难。通过震害调查结果分析,采取一定的构造措施来提高砌体结构房屋的抗震能力是目前行之有效的一种方法。

1.3.1 多层砌体房屋的震害及原因分析

1. 多层砌体房屋的震害大致如下:

(1) 房屋倒塌

当房屋墙体特别是底层墙体整体抗震强度不足时,易发生房屋整体倒塌;当房屋局部或上层墙体抗震强度不足时,易发生局部倒塌;另外,当构件间连接强度不足时,个别构件因失去稳定亦会倒塌。见图1.3。

(2) 墙体开裂、局部塌落

墙体裂缝形式主要是交叉斜裂缝、水平裂缝。墙体出现斜裂缝主要是抗剪强度不足,高宽比较小的墙片易出现斜裂缝,在反向地震作用下,另一方向也会出现斜裂缝,裂缝最后形式为交叉斜裂缝,见图1.4;而高宽比较大的窗间墙易产生水平偏斜裂缝,当墙片出平面受弯时,极易出现通长水平缝。

(3) 墙角破坏

墙角为纵横墙的交汇点,地震作用下其应力状态极其复杂,因而其破坏形态多种多样,有受剪斜裂缝,也有因受拉或受压而产生的竖向裂缝,严重时块材被压碎、拉脱或墙角脱落,见图1.5。



图 1.3 房屋变形缝一侧整体倒塌

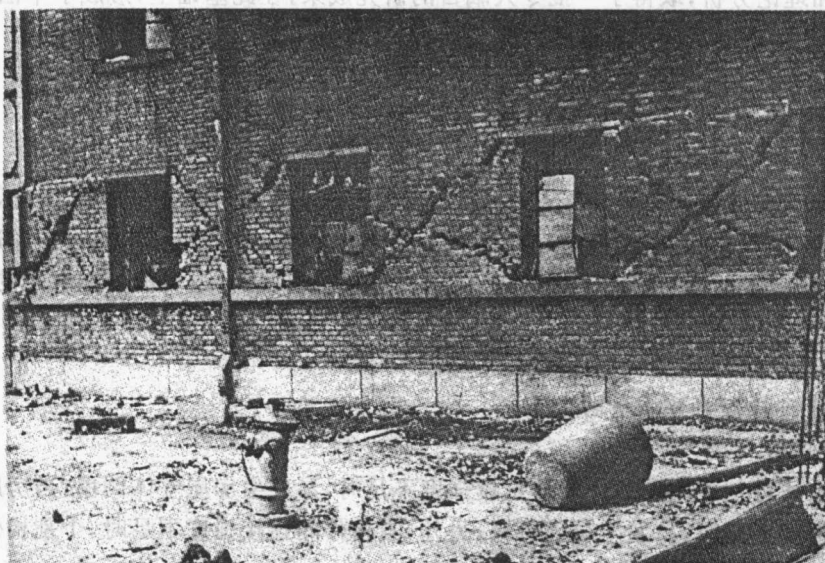


图 1.4 底层外纵墙交叉裂缝

(4) 纵横墙连接破坏

纵墙和横墙交接处因受拉出现竖向裂缝,严重时纵横墙脱开,外纵墙倒塌,见图 1.6。

(5) 楼梯间破坏

主要是楼梯间墙体破坏,而楼梯本身很少破坏。楼梯间由于刚度相对较大,所受的地震作用也大,且墙体高厚比较大,较易发生破坏。

(6) 楼盖与屋盖的破坏

主要是由于楼板搁置长度不够,引起局部倒塌,或是其下部的支承墙体破坏倒塌,引起楼屋盖倒塌。

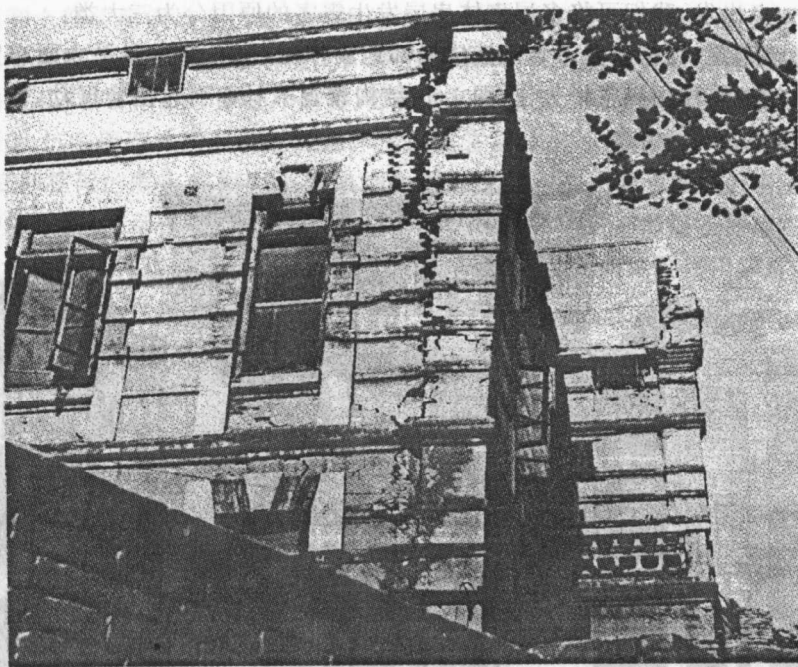


图 1.5 墙角破坏

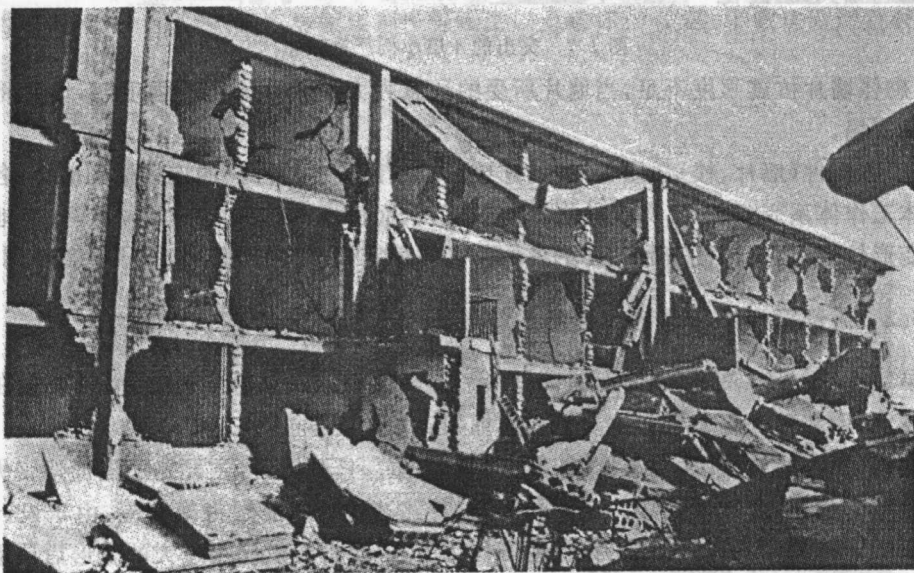


图 1.6 外纵墙倒塌

(7) 附属构件的破坏

如女儿墙、突出屋面的小烟囱、门脸或附属烟囱发生倒塌等；隔墙等非结构构件、室内装饰等开裂、倒塌。

2. 多层砌体房屋在地震作用下发生破坏的原因可分成整体性受到破坏和构件破坏两类，而初始原因是地震作用在结构中产生的效应（内力、应力）超过了结构材料或连接材料的抗力

或强度。从这一点出发,我们可将多层砌体房屋发生震害的原因分为三大类:

(1)房屋建筑布置、结构布置不合理造成局部地震作用过大,如房屋平立面布置突变造成结构刚度突变,使地震作用异常增大,见图 1.7;结构布置不对称引起扭转振动,使房屋两端墙片所受地震作用增大等。



图 1.7 突出的 4 层小楼严重破坏

(2)砌体墙片抗震强度不足,当墙片所受的地震力大于墙片的抗震强度时,墙片将会开裂甚至局部倒塌。

(3)房屋构件(墙片、楼盖、屋盖)间的连接强度不足使各构件间的连接遭到破坏,各构件原有的整体工作体系受到破坏,即整体性遭到破坏,从而房屋的抗侧刚度大大下降,当地震作用产生的变形较大时,整体性遭到破坏的各构件丧失稳定,发生局部倒塌,严重时整体倒塌。

1.3.2 底部框架-抗震墙砌体房屋的震害及原因分析

在早期建造的底部框架砌体房屋都是未经抗震设计的底层框架砖房,而且一般在底层不设置抗震墙,因此已有震害资料主要是底层框架砖房的震害。

底层框架砖房当底层无抗震墙时,震害集中在底层框架部分,主要是底层框架丧失承载力或因变形集中、位移过大而破坏。在罗马尼亚,曾建造过许多底层框架房屋,由于设计时过高估计了底层框架的延性和抗震能力,在地震作用下,底层框架发生了过大的变形后倒塌。当底层有足够的抗震墙时,其震害现象与多层砌体房屋有许多共同点,一般是第二层砖墙的破坏较严重。

国内外的地震震害调查表明,在二到三层的这类建筑中,9 度地震烈度区底层框架完好,上层砖房有中等程度的损坏,与同一地区同样层数的砖房相比,没有震害加剧的现象。但对层数较多的底层框架房屋,还缺乏震害现场调查资料,因此,不能认为底层框架的多层砖房的抗震性能优于同类的多层砖房。对于底层刚度较小的这类房屋,国内外地震中都有底层塌落或第二层以上砖房倒塌的实例。例如 1976 年唐山地震中,分别有底层全框架砖房底层塌落上部

未塌的实例和上部砖房倒塌底层框架未塌的实例,地震模拟振动台试验中也出现过二层以上砌体房屋倒塌而底层框架未倒塌的情况。又例如 1963 年南斯拉夫科普里地震,1972 年美国圣费南多地震和 1978 年日本宫城冲地震,都有底层全框架多层房屋的破坏和倒塌的例子。

底部框架-抗震墙砌体房屋的上部砌体房屋震害具体破坏情况和多层砌体房屋的震害情况相似,而底部框架的震害和混凝土框架结构震害情况相似。两者震害产生的原因也相似。底部框架砌体房屋(底部框架无抗震墙时)震害产生的原因是底部薄弱层的存在。由于底部框架抗侧刚度和上层砌体房屋抗侧刚度相差过大,底部框架受到的地震作用异常增大,从而使底部框架首先受到破坏,严重时底部框架倒塌。

1.3.3 内框架房屋的震害及原因分析

多层内框架房屋的震害,有类似于多层砌体房屋的地方,也有多层框架梁柱破坏的特点。从国内历次地震实际房屋的震害来看,内框架房屋顶层纵墙是薄弱环节,其次是底层横墙。砖墙破坏导致塌落;外纵墙及砖壁柱产生水平裂缝或在窗间墙上产生交叉斜裂缝。内框架的主要震害是内柱顶端和底部产生水平裂缝或斜向裂缝,严重者混凝土酥碎、崩落,钢筋压曲;钢筋混凝土大梁在靠近支座的地方产生斜裂缝等。

震害统计资料表明,未经抗震设防的多层内框架房屋,遭遇地震后的破坏程度,在 7、8 度区,比多层砖房严重;9 度以上地震区内的倒塌率则低于多层砖房。辽宁海城地震、河北唐山地震时,各烈度区多层内框架房屋的震害程度大体是:6 度区,少数房屋轻微损坏;7 度区,半数房屋出现中等破坏;8 度区,多数房屋遭到中等程度以上破坏;9 度区,多数房屋严重破坏,少数房屋倒塌。见图 1.8。

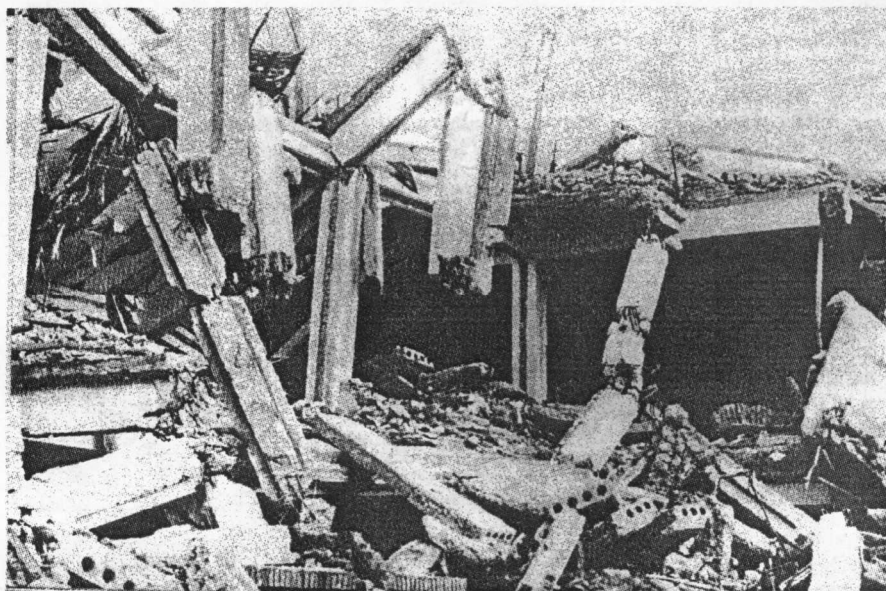


图 1.8 内框架结构上部倒塌,底层残存

根据国内多年的研究和分析,内框架房屋的震害原因如下:

1. 内框架房屋顶层纵墙的震害,主要是由于地震时内框架柱与外墙砖壁柱的振动不一致,而砖墙的抗剪和抗拉强度远比框架柱低,因此造成外墙壁柱产生水平断裂,或者纵向墙窗台上

下由于弯曲造成水平裂缝。见图 1.9。

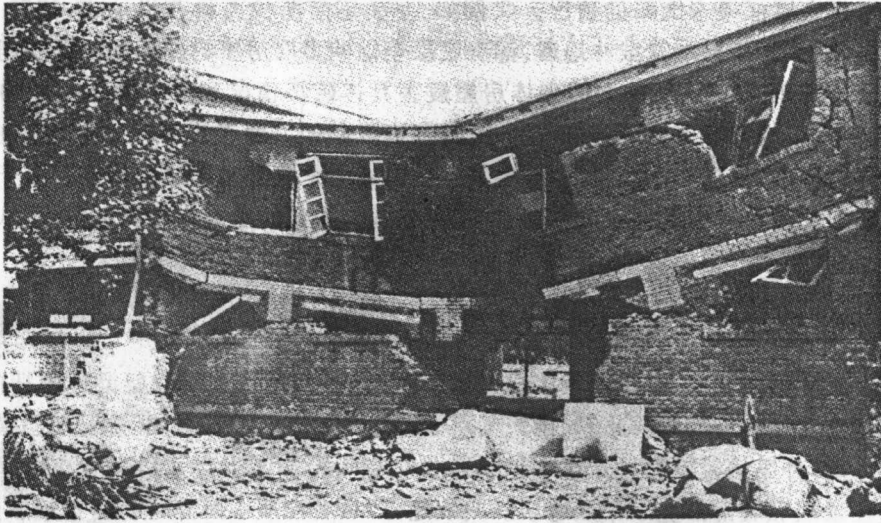


图 1.9 内框架结构纵墙倒塌

2. 横墙的斜向或交叉斜裂缝震害,主要是由于横墙作为内框架结构中的主要抗侧力构件,其刚度比内框架梁柱要大得多,因此在地震时将承受很大的水平力而最先破坏,形成斜向或交叉裂缝。见图 1.10。

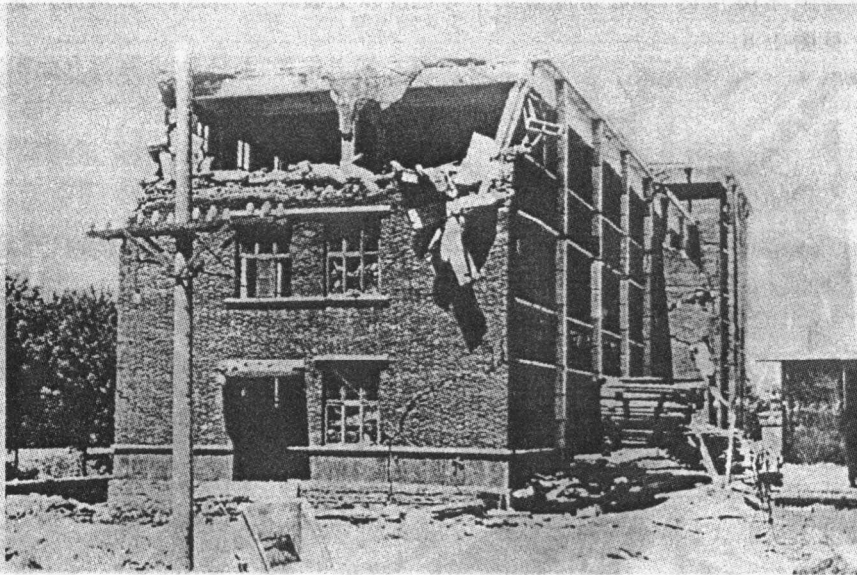


图 1.10 顶层横墙倒塌

3. 内框架结构梁柱节点的破坏,主要发生在横墙间距过大的结构中。当横墙间距过大时,如果楼盖体系的整体性较差或水平刚度过小,地震力就不能全部传递给承重横墙。从而使框架柱承受过大的水平力或发生较大的变形,造成内框架梁柱节点承担过大弯矩而破坏。见图 1.11。

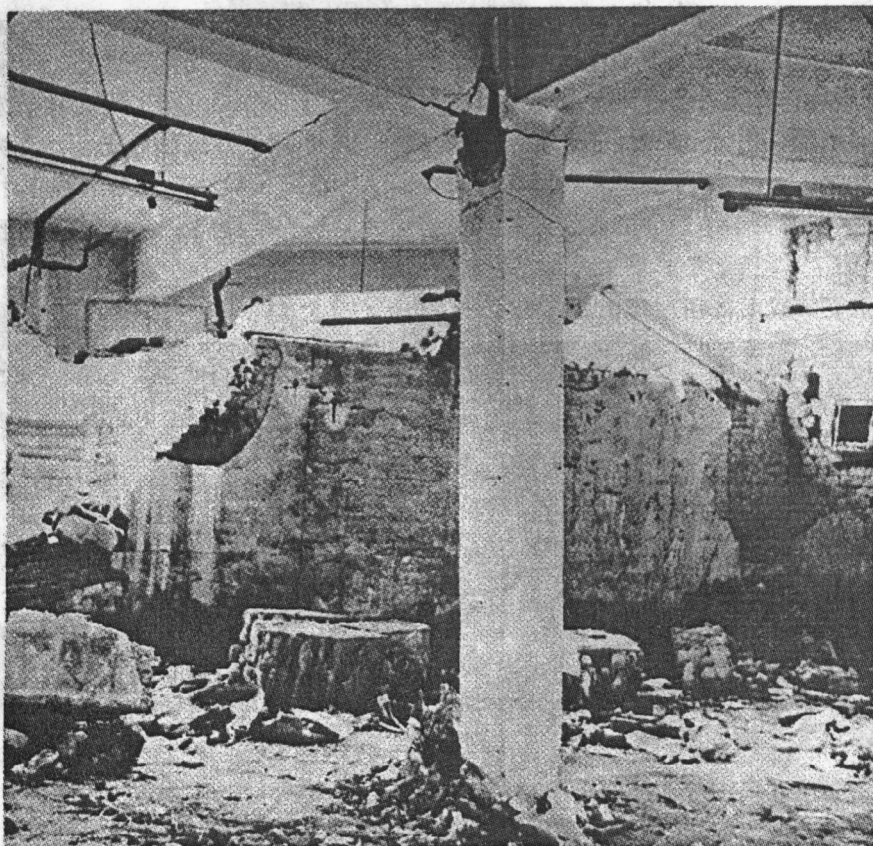


图 1.11 内框架房屋的节点破坏

1.4 配筋混凝土小型空心砌块抗震墙房屋抗震性能研究和应用前景

配筋混凝土小砌块砌体作为一种替代粘土砖的新型墙体材料由于其本身具有不用粘土、不用或少用模板、钢筋用量少、抗裂性能好等优点,符合可持续发展战略。配筋混凝土小砌块砌体在国外已有较长的使用历史,近几年随着我国建筑产业的快速腾飞,房屋由多层向经济效益指标更好的小高层和高层方向发展,建筑墙体材料的理念也在不断地更新,我国借鉴国外比较成熟的经验,结合中国的实际建筑情况和房屋抗震机制,从材料、插筋布置、抗压强度和变形性能、抗压弹性模量、偏压、抗剪、抗弯、构件破坏形态、结构形式、构造措施等方面对配筋混凝土小型空心砌块砌体的基本力学性能和抗震性能进行了比较充分的试验研究,并取得了相应的成果。

试验研究表明,配筋混凝土小砌块墙在垂直荷载和水平荷载的作用下,随着墙片高度和肢长的不同,其受力特点和破坏形态表现出明显的压弯、弯剪和受剪特征,孔洞内 $\Phi 28$ 的垂直钢筋和水平槽内 $2\Phi 12$ 的水平钢筋也均能屈服,改善了墙片的受力性能和变形能力,与一般砌体墙片的受力特点和破坏机理完全不同,而与混凝土墙片比较接近。而且由于配筋混凝土小砌块墙片中有缝隙存在,其变形能力要比混凝土墙大得多。因此配筋混凝土小砌块墙体对一般多层和小高层建筑而言,是一种结构性能比较优越、抗震性能比较好的结构构件。

另外,从施工角度而言,灌芯配筋混凝土小砌块墙体的施工方法主要是先采用砌块砌筑,在孔洞内配置钢筋,然后采用高流动性混凝土灌芯填孔,而墙体的砌筑与传统的砖砌体施工方法类似,灌芯填孔又与普通浇捣混凝土的施工类似,施工工艺并不复杂。因此只要选择合适的砂浆和混凝土配合比,严格按照相应的施工操作规程施工,则灌芯配筋混凝土小砌块墙体的质量是有保证的。如图 1.12 所示是在上海某建筑工地上为了检验灌芯配筋混凝土小砌块墙体的施工质量,在凿去墙体表面的砌块壁后所观察到的混凝土芯柱完全填满了混凝土小砌块孔洞的情况;图 1.13 所示是建筑工人在现场砌筑配置了纵、横向钢筋的混凝土小砌块墙,其孔洞在墙体砌筑完成以后将用混凝土灌芯填实。

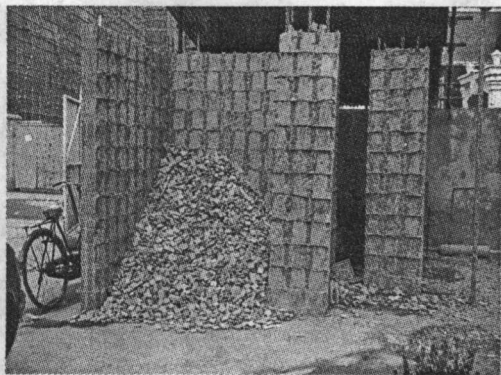


图 1.12 凿去表面砌块壁后的混凝土芯柱



图 1.13 配筋墙体的现场施工

我国上海地区采用配筋混凝土小砌块砌体结构已建造了 18 层、12 层、8 层等高层和小高层的住宅房屋。可以相信,在我国坚持绿色、环保的发展政策指导下,随着对配筋混凝土小型空心砌块砌体抗震性能研究的不断深入,这一新型砌体材料必将成为我国住宅建筑的主导性墙体材料之一。

1.5 砌体结构房屋抗震设计三要素

砌体房屋的抗震设计可分成三个主要部分:

1. 建筑布置与结构选型

包括合理的建筑和结构布置,房屋总高度、总层数的限制等,主要目的是减少房屋地震作用,使房屋各构件能均匀受力。

2. 抗震强度验算

包括墙片地震作用效应及抗震强度的计算,确保房屋墙片在地震作用下不发生破坏。

3. 抗震构造措施

主要包括加强房屋整体性和构件间连接强度的措施,如构造柱、圈梁、拉结钢筋的布置;对墙体间咬砌及楼板搁置长度的要求等。

2 多层砌体房屋抗震设计

2.1 建筑布置与结构选型

2.1.1 砌体房屋总高度及层数限制

震害调查表明,砌体房屋的震害与其总高度和层数有密切关系,随层数增加,震害随之加重,特别是房屋的倒塌率与房屋的层数成正比率增加。因此,对砌体房屋的总高度及层数要予以限制,这也是一种最经济的抗震措施。《建筑抗震设计规范》对多层砌体房屋的总高度及层数的限值如表 2.1 所示。

对医院、教学楼等横墙较少的房屋,总高度应比表 2.1 规定的相应降低 3m,层数相应减少一层;各层横墙很少的房屋,应根据具体情况再适当降低总高度和减少层数。

对于横墙较少的多层砖砌体住宅房屋,当按规定采取加强措施并满足抗震承载力要求时,其高度和层数仍可按表 2.1 的规定采用。

使用表 2.1 时,房屋的总高度指室外地面到主要屋面板板顶或檐口的高度,半地下室从地下室室内地面算起,全地下室和嵌固条件好的半地下室应允许从室外地面算起;对带阁楼的坡屋面应算到山尖墙的 1/2 高度处;室内外高差大于 0.6m 时,房屋总高度应允许比表中数据适当增加,但不应多于 1m;本表小砌块砌体房屋不包括配筋混凝土小型空心砌块砌体房屋。普通砖、多孔砖和小砌块砌体承重房屋的层高,不应超过 3.6m。

房屋的层数和总高度限值(m)

表 2.1

房屋类别		最小墙厚度 (mm)	烈 度							
			6 度		7 度		8 度		9 度	
			高度	层数	高度	层数	高度	层数	高度	层数
多层砌体	普通砖	240	24	8	21	7	18	6	12	4
	多孔砖	240	21	7	21	7	18	6	12	4
	多孔砖	190	21	7	18	6	15	5	—	—
	小砌块	190	21	7	21	7	18	6	—	—

2.1.2 多层砌体建筑平立面及结构布置

砌体房屋建筑平面、立面的布置对房屋的抗震性能影响极大,如果建筑的平、立面布置不合理,再试图通过提高墙片抗震强度或加强构造措施来提高其抗震能力将是困难且不经济的。

对建筑平、立面布置的基本要求是规则、均匀、对称,避免质量和刚度发生突变,避免楼层错层等。多层砌体房屋对结构布置的基本要求是:

(1)应优先采用横墙承重或纵横墙共同承重的结构体系。

(2)纵横墙的布置宜均匀对称,沿平面内宜对齐,沿竖向应上下连续;同一轴线上的窗间墙宜均匀。

(3)8度和9度且有下列情况之一时宜设置防震缝,缝两侧均应设置墙体,缝宽可采用50~100mm:

- ①房屋立面高差在6m以上;
- ②房屋有错层,且楼板高差较大;
- ③各部分结构刚度、质量截然不同。
- (4)楼梯间不宜设置在房屋的尽端和转角处。

(5)烟道、风道、垃圾道等不应削弱墙体;当墙体被削弱时,应对墙体采取加强措施,不宜采用无竖向配筋的附墙烟囱及出屋面烟囱。

(6)不应采用无锚固的钢筋混凝土预制挑檐。

上述各点要求主要是根据震害调查、分析得到的。有时,由于建筑外形或使用方面的要求,建筑和结构布置从结构抗震角度看不尽合理,这时,应按上述第3点要求设置防震缝,并使得采用防震缝分割后的各单体结构具有良好的抗震性能。

2.1.3 多层砌体房屋高宽比限制

震害调查表明,多层砌体房屋墙片震害主要表现为对角斜裂缝的剪切破坏,但也有少部分高宽比较大的房屋发生整体弯曲破坏,具体表现为底层外纵墙产生水平裂缝,并向内延伸至横墙。《建筑抗震设计规范》通过限制房屋高宽比的规定来确保砌体房屋不发生整体弯曲破坏,而在抗震强度验算时只验算墙片的抗剪强度,不再进行整体弯曲强度验算。表2.2为《建筑抗震设计规范》对房屋高宽比的限值。其中,单面走廊房屋的总宽度不包括走廊宽度;建筑平面接近正方形时,其高宽比宜适当减小。

房屋最大高宽比 表 2.2

烈 度	6 度	7 度	8 度	9 度
最大高宽比	2.5	2.5	2.0	1.5

2.1.4 抗震墙的间距限制

对横墙间距的限制主要基于下述的考虑:

- 1. 横墙间距过大,横墙数量就少,横墙整体抗震能力就小。
- 2. 横墙间距过大,纵墙的侧向支撑就少,房屋的整体性就差,纵墙亦容易破坏。

3. 横墙间距过大,楼盖在侧向力作用下支承点的间距就大,楼盖就可能发生过大的平面内变形,从而不能有效地将地震力均匀地传递至各抗侧力构件,特别是纵墙有可能发生较大的出平面弯曲,导致破坏。从这一点看,横墙间距的限制与楼盖平面内刚度有关。表2.3为《建筑抗震设计规范》对抗震横墙间距的限值。其中,多层砌体房屋的顶层,最大横墙间距应允许适当放宽;表中木楼、屋盖的规定,不适用于小砌块砌体房屋。

房屋抗震横墙最大间距(m) 表 2.3

房屋类别		烈 度			
		6 度	7 度	8 度	9 度
多层砌体	现浇或装配整体式钢筋混凝土楼、屋盖	18	18	15	11
	装配式钢筋混凝土楼、屋盖	15	15	11	7
	木楼、屋盖	11	11	7	4