



抗震设计丛书

砌体房屋抗震设计

周炳章



地震出版社

砌体房屋抗震设计

周炳章

地震出版社

1991

砌体房屋抗震设计

周炳章

责任编辑：蒋乃芳

责任校对：王花芝

地震出版社出版

北京民族学院南路9号

朝阳展望印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

850×1168 1/32 5.5印张 148千字

1991年2月第一版 1991年2月第二次印刷

印数 0001—8000—6000

ISBN 7-5028-0431-5/TU·30

(819)定 价：3.50元

抗震设计丛书编委会

主 编：叶耀先

副主编：周炳章 魏 珪

委 员：文良谟 叶耀先 刘大海
沈世杰 宋绍先 周炳章
周锡元 胡庆昌 胡德祥
徐宗和 谢君斐 蒋苑秋
蓝 天 裘民川 魏 珪

序 言

法国哲学家华莱理曾经说过：“科学，就是把许多成功的秘诀收集在一起”。我们这套《抗震设计丛书》就是把国内外成功的、经过实践和时间检验的、能保障房屋和工程结构地震安全的秘诀收集到一起，供广大从事抗震设计、研究、教学以及与抗震防灾决策的有关人员参考。

地震灾难主要来源于房屋和工程结构的破坏或倒毁。以往强烈地震的后果表明，凡按良好的规范设计，有严格的施工监理且地运动参数与设计时采用的参数相适应的房屋或工程结构极少受害。这说明：强烈地震时房屋和工程结构的破坏虽不能避免，但却可以通过提高对抗震的理性认识，精心设计和精心施工而得以减轻；良好的抗震设计是保障新建房屋和工程结构地震安全的关键措施。

抗震设计所采用的地震荷载或地震作用是地震诱发的。所以，抗震设计必须以较大的破坏将发生在最近将来的概率为依据。否则，就像墨西哥地震工程专家E.罗森布卢斯所说的那样：“为了满足我们的要求，人类所有财富可能都是不够的，大量的一般结构将成为碉堡”。抗震设计的目标是小震不坏，中震能修，大震不倒。而一般静力设计的目标则是防止裂缝或破坏。抗震设计的这个特点要求设计人员不仅要有丰富的抗震设计经验，而且要掌握工程地震和抗震设计的知识与原理，仅仅会照套抗震设计规范是不可能做出经济、合理、安全的抗震设计的。为此，本丛书系统地介绍了工程地震知识、抗震设计原理、抗震设计经验和新颁布的抗震设计规范，以适应减轻地震灾害的需要。

叶耀先

目 录

前 言

第一章 砌体结构的震害及其破坏机理	(1)
第一节 多层砖房的震害	(2)
一、承重横墙的震害.....	(2)
二、纵墙的震害.....	(7)
三、楼梯间墙的震害.....	(11)
四、多层砖房的其它震害.....	(11)
第二节 带钢筋混凝土构造柱砖房的震害	(11)
一、震害概况.....	(12)
二、震害实例.....	(12)
第三节 砌块房屋的震害	(30)
第四节 破坏机理分析	(31)
第二章 砌体结构的分类及选型	(33)
第一节 砌体结构的分类	(33)
一、砌体材料类别.....	(33)
二、砌体形式.....	(34)
三、砌体结构类型.....	(35)
第二节 砌体结构的选型及布置	(35)
一、横墙承重的结构布置.....	(36)
二、纵横墙共同承重的结构布置.....	(37)
三、纵墙承重的结构布置.....	(38)
四、混合承重结构布置.....	(38)
第三章 砌体结构的试验研究	(40)
第一节 单片墙体静力试验	(42)
一、试验方法和装置.....	(42)

二、加载过程和破坏特征	(43)
三、试验结果	(43)
第二节 砖房模型静力试验	(48)
一、模型设计	(49)
二、加载装置	(49)
三、测试结果	(49)
第三节 砖房模型的动力试验	(59)
一、动力特性	(59)
二、动力破坏特征	(61)
第四节 砌块砌体的抗震试验	(62)
一、单层砌块墙体试验	(62)
二、多层砌块房屋试验	(62)
第五节 配筋砌体的抗震试验	(62)
一、单层墙试验结果	(63)
二、配筋砖砌体模型房屋振动试验	(65)
第六节 小结	(66)
一、砌体墙体的破坏机理	(66)
二、钢筋混凝土构造柱的抗震作用	(67)
三、后加柱的变形性能和特点	(68)
四、构造柱的延性分布	(68)
五、隔间设置构造柱问题	(69)
六、墙和构造柱间的连接	(69)
七、带构造柱砖房动力特性	(70)
八、构造柱墙体与框架填充墙的异同	(70)
第四章 地震作用及抗震验算	(72)
第一节 地震作用	(72)
一、地震作用的概念	(72)
二、地震作用的计算	(72)

三、关于砌体结构的反算	(75)
第二节 地震剪力分配	(78)
一、地震剪力分配原则	(78)
二、楼层水平地震剪力分配	(79)
三、关于纵向地震剪力分配	(81)
四、多层内框架砖房的地震剪力分配	(81)
五、底层框架上层砖房地震剪力分配	(83)
第三节 砌体结构抗震强度验算	(84)
一、无筋砌体抗震承载力验算	(86)
二、横向配筋砌体抗剪承载力验算	(88)
三、混凝土小型砌块抗剪承载力验算	(90)
四、钢筋混凝土构造柱抗剪承载力验算	(91)
第四节 设计实例	(97)
一、多层砖砌体住宅计算	(97)
二、多层砖砌体教学楼计算	(106)
三、底层框架-抗震墙砖房计算	(114)
第五章 砌体结构的抗震设计与构造措施	(126)
第一节 砖砌体的抗震设计与构造措施	(126)
一、一般规定	(126)
二、构造柱的设计与连接构造	(135)
三、其它抗震构造措施	(147)
第二节 砌块房屋的抗震设计与构造措施	(150)
一、一般规定	(150)
二、抗震构造措施	(152)
第三节 多层内框架砖房抗震设计与构造措施	(154)
一、一般规定	(154)
二、抗震构造措施	(158)
第四节 底层框架-抗震墙房屋的抗震设计与构造	

措施.....	(160)
一、一般规定.....	(160)
二、抗震构造措施.....	(163)
参考文献.....	(164)

前 言

我国是一个多地震的国家，地震区范围广，仅烈度7度以上地区就占全国国土面积的三分之一。1966年以来，我国先后发生25次7级以上地震，使人民生命财产遭受重大损失。特别是1976年唐山大地震，死亡达24万多人，重伤22万多人，财产损失达百亿元以上，是近代史上伤亡最惨重的一次地震。

地震造成人民生命财产损失的主要原因是地震引起的房屋建筑物的破坏和倒塌。在1976年7月28日唐山7.8级大地震中，震中唐山市区的房屋倒塌率达80%以上，其余的房屋也都有不同程度的损坏或裂而未倒。

唐山大地震之所以造成如此惨重的损失，原因是多方面的。作为经验教训来总结，主要可以概括为以下几点：

(1) 对该地区的基本烈度估计过低，致使大量新建房屋和设施没有按抗震要求设防。

(2) 全市民用建筑和相当一部分工业建筑采用脆性材料无筋砖承重结构。在地震中绝大部分砖结构倒塌，造成大量人员的伤亡。

(3) 地震震中位于人口稠密、工业集中的唐山市中心区，事先又毫无戒备。发震时间又在凌晨，人们都正在熟睡之中。

(4) 主震过后余震频繁，有7次余震强度超过6级，造成震害累积而导致建筑物新的倒塌。另外，如有些地区发生砂土液化，地基失效等，也加重了震害。

作为唐山地震最突出也是最重要的工程经验，是认识到了砖结构房屋在强地震时的破坏倒塌规律，特别是总结出在砖结构中设置钢筋混凝土构造柱在很大程度上可以防止房屋突然倒塌的重要经验。唐山地震后，笔者于1976年底向抗震规范组提出在多

层砖房中设置构造柱的建议。1977年3月在江苏镇江召开的全国抗震规范审查会上具体介绍了构造柱的背景材料和构造做法，得到广泛的支持。

砖砌体是一种脆性结构，它的抗拉、抗剪能力低，在强烈地震作用下，砖结构较易发生脆性的剪切破坏，从而导致突然破坏或倒塌。砖砌体承重房屋作为最古老的结构形式，已经沿用了千年以上，至今仍得到广泛的应用。据不完全统计，全国城镇民用建筑中以砖砌体作为墙体材料的占90%以上。而且由于它具有就地取材和操作方便等优点，在一些黄土资源丰富的地区，仍将作为一种主要建筑材料而具有广泛的前途。因此，研究和提高砖砌体结构的抗震能力，改善它的脆性性质，防止在强烈地震时发生突然倒塌，是研究砌体结构抗震的首要任务。

我国自1974年颁布第一本《工业与民用建筑抗震设计规范》(以下简称《74规范》)以来，历经1978年修订出版为《工业与民用建筑抗震设计规范(TJ11-78)》(以下简称《78规范》)。自1983年开始组织编制的新《建筑抗震设计规范(TJ11-89)》(以下简称《抗震规范》)，已于最近颁布执行。《抗震规范》在许多方面有了修改和补充，内容和篇幅有较大的增长。为了系统地介绍新规范的内容，本书着重在砌体结构方面阐述抗震设防原则、震害规律、结构类型及布置、抗震计算及构造要求，以及抗震加固等方面的问题，以便读者按《抗震规范》要求，掌握砌体结构的抗震设计原理。

原规范只适用于多层普通粘土砖砌体，《抗震规范》中对多层砖房的适用范围有所扩大。近些年来在国内不少地区，采用和推广了混凝土中型和小型空心砌块、粉煤灰实心砌块，积累了一定的实践经验。同时还进行了系统的试验研究工作，取得了不少成果。据此先后编写了中型、小型砌块的设计施工技术规程，从而使这类产品的生产和应用趋向成熟和定型。结构设计也逐步完善和合理，因此具备了纳入国家设计规范的条件。

对于粘上空心砖砌体结构、灰砂砖砌体结构，以及其他材料的砌体结构，限于目前全国尚无统一的规格标准，或未经较系统的抗震性能的试验研究，因此目前尚难列入规范。当然，未列入规范的不一定不能采用，但是，应当有足够的试验依据或相应的技术措施，在安全性确有把握的前提下慎重采用。

第一章 砌体结构的震害及其破坏机理

地震作用是一种随机的、反复的、瞬间作用的动力反应。目前我们对地震发生的过程和机制还不很清楚，还不能准确地通过试验或计算来预测未来地震的破坏。例如，在唐山大地震中大量工业与民用建筑遭到破坏和倒塌，应当说地震的惯性力是很大



照片 1-1

的。但是，在摇摇欲坠的多层砖房的阳台栏杆上，却安然摆放着许多花盆、瓦罐和砌块。可以断言不会有人在地震发生后摆放到阳台上，而是地震前放置的。那么为什么在如此剧烈的地震中，使砖墙剪裂甚至倒塌，而浮摆在狭窄的阳台栏杆上的花盆等杂物却安然不动(照片1-1)由此可以说明，我们至今尚未了解地震运动的全过程及其物体的反应。所以，严格地说，未来地震加给结构的荷载在很大程度上是不确定的，过高地要求准确计算结构的受力和反应，目前还有困难，特别是当前还受到试验手段和条件的限制，不可能在试验室内模拟真实地震对结构的作用。所以我们必须重视大地震的实地考察，因为只有真实地震才是检验一切结构物抗震性能的最客观的标准。

第一节 多层砖房的震害

一、承重横墙的震害

承重横墙是房屋抗震中的主要受侧力构件。承重横墙的直接强度是决定房屋抗震能力的主要指标。因此，评价房屋的震害程度首先应考查承重横墙的破坏程度。

从大量的宏观调查来看，承重横墙的破坏主要是墙体平面内由于剪切变形引起的剪切破坏，一般呈斜向或交叉的X形裂缝。在不同的高宽比墙体中，其裂缝形式亦有所不同(图1-1)。

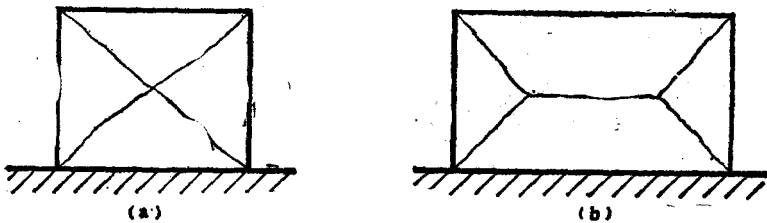


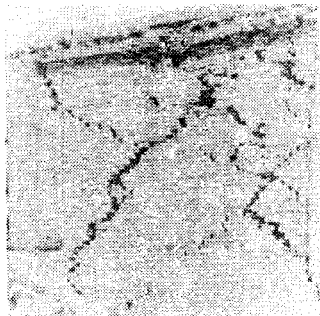
图1-1 墙体剪切裂缝形式

照片1-2表示地震区承重横墙的实际破坏情况。

在采用较低砂浆标号砌筑的墙体中，地震后的破坏呈龟裂状（照片1-3）。



照片1-2 唐山医学院宿舍承重内
墙典型破坏

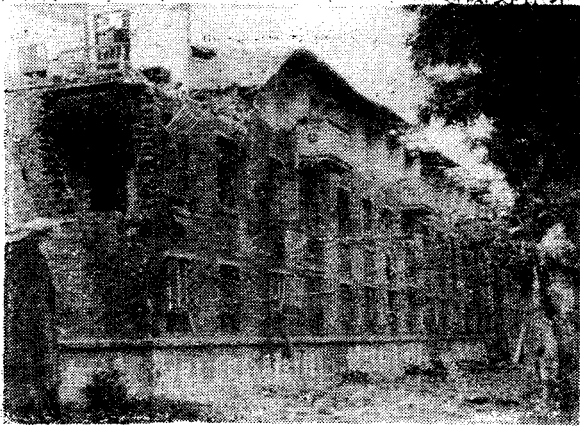


照片1-3 邢台地震中采用白灰砂浆
砌筑承重墙体的破坏

承重横墙的破坏规律可归结如下：①对于平屋顶的多层砖房，且上层无大开间房间时，一般震害表现为上层轻、下层重，剪切裂缝都发生在下层。如果上层砂浆标号过低，且又有大房间时，亦可能剪切破坏发生在上层；②对于坡屋顶或顶层有大会议室的多层砖房，由于上层空旷，横墙较少，或由于顶层采用木屋架，墙体无楼板约束等。因此，常常在顶层首先破坏。表现为屋盖倒塌或顶层墙体破坏（照片1-4）。但此时顶层墙体的破坏主要呈弯曲型，在大开间或大会议室的窗间墙上出现弯曲水平裂缝。而其两端的横墙，一般还是以剪切破坏为主。

承重横墙的破坏与圈梁的设置有密切联系。每层设有圈梁的多层砖房，在横墙破坏塌落时呈图1-2状。隔层设置圈梁的多层砖房，破坏倒落时的墙体为两层高度范围内的三角块体，如图1-3。由此亦可以看出抗震圈梁的作用。

照片1-5是地震区砖墙实际破坏的典型例子。



照片1-4 坡屋顶塌落

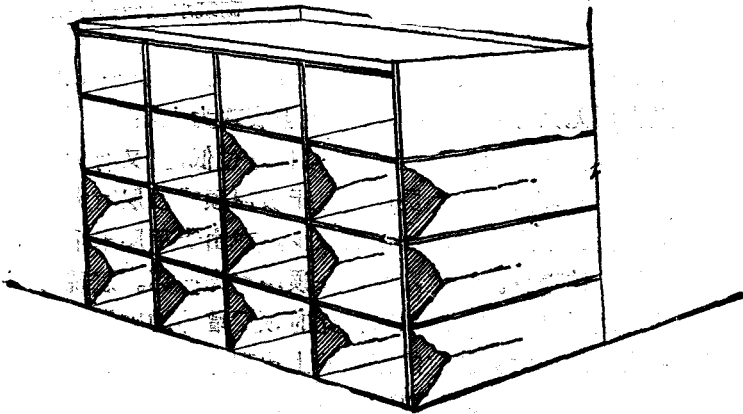


图1-2 各层均有圈梁时的墙体裂缝

在开有孔洞的横墙中，随着洞口分隔的墙肢的高宽比不同，破坏形式亦各异。一般在同一道承重横墙中较宽墙垛出现的剪切破坏开裂较早较多。一个极端例子是外廊砖柱式承重横墙的破坏，如照片1-6所示。从中亦可以看出横墙按其刚度的比例分担侧

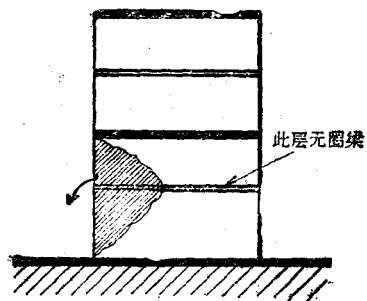


图1-3 隔层设圈梁的墙体裂缝



照片1 5 砖墙剪切破坏的典型例子