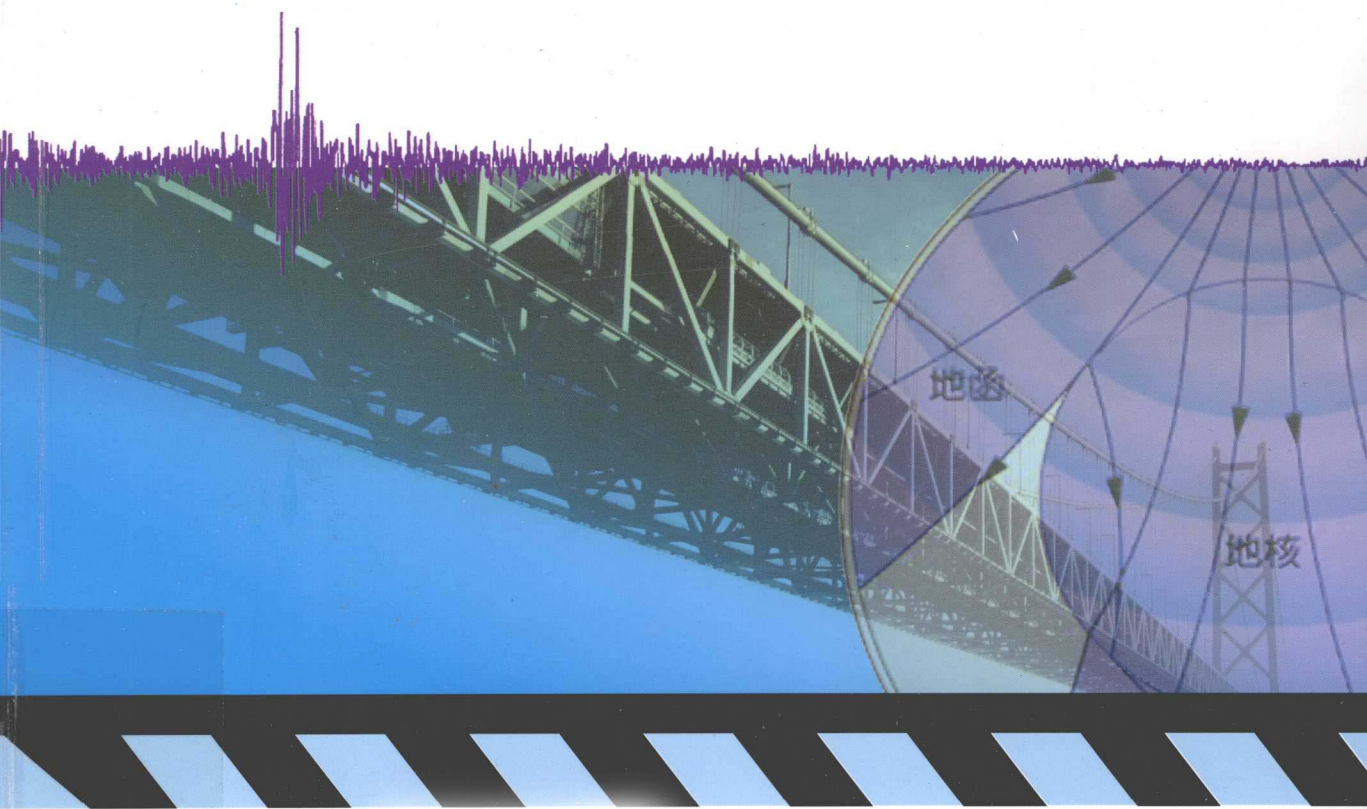


普通高等学校土木工程专业系列规划教材

建筑结构抗震设计

◀ 主编 陈娟 王爱媛 ▶



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

内 容 简 介

本教材严格依据我国的《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2010)编写。内容包括地震特性、震害、抗震设防、抗震概念设计、建筑场地类型、地基与基础的抗震验算,地震反应分析、地震作用的计算,多层和高层钢筋混凝土结构与钢结构、多层砌体结构、单层工业厂房的抗震设计,建筑隔震及减震设计等。

本书不仅可供建筑结构专业技术人员参考,以熟悉和掌握新规范的内容,又可作为高等院校的教材,还可以供参加国家注册结构工程师考试的人员借鉴。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构抗震设计/陈娟,王爱媛主编. 武汉:武汉理工大学出版社,2012. 8
ISBN 978-7-5629-3714-2

I. ①建… II. ①陈… ②王… ①建筑结构-防震设计-高等学校-教材 IV. TU352.104

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 077757 号

项目负责人:	陈军东 陈 硕	责任编辑:	陈 硕
责任校对:	夏冬琴	装帧设计:	吴 极
出版发行:	武汉理工大学出版社		
社 址:	武汉市洪山区珞狮路 122 号		
邮 编:	430070		
网 址:	http://www.techbook.com.cn		
经 销:	各地新华书店		
印 刷:	安陆市鼎鑫印务有限责任公司		
开 本:	787×1092 1/16		
印 张:	17.5		
字 数:	434 千字		
版 次:	2012 年 8 月第 1 版		
印 次:	2012 年 8 月第 1 次印刷		
印 数:	1—2000 册		
定 价:	30.00 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:027-87394412 87383695 87384729 87397097(传真)

· 版权所有 盗版必究 ·

前 言

本书严格依据我国的《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)编写。建筑抗震设计是建筑设计的重要内容,是高等院校土木工程专业的必修专业课。新抗震规范总结了近年来国内外大地震的经验教训,采纳了地震工程的新科研成果,考虑了我国的经济条件和工程实践,并在全国范围内广泛征求了各相关部门的意见。

本书整合了建筑抗震设计的概念、原理、方法、内涵,将抗震概念设计、抗震计算及抗震构造措施三方面内容有机地统一起来,内容包括地震特性、震害、抗震设防、抗震概念设计,建筑场地类型、地基与基础的抗震验算,地震反应分析、地震作用的计算,多层和高层钢筋混凝土结构与钢结构、多层砌体结构、单层工业厂房的抗震设计,建筑隔震及减震设计等。

这本书多处直接引用规范的原文,避免了同类教材中编者用自己的理解表达容易造成不准确的问题;对理论的阐述密切结合了抗震规范条文说明的内容;每章均有例题,而且解答详尽,指导读者在实践中如何正确地理解规范内涵并予以运用;每章开头提出学习要求,每章结尾用多种题型的习题帮助读者检测、训练。

本书由于以上特色,又融入了编者多年设计、教学以及参加注册结构工程师考试的经验,所以不仅可作为高等院校的教材,又可供建筑结构专业技术人员参考,以熟悉和掌握新规范的内容,还可以供参加国家注册结构工程师考试的人员借鉴。

全书共分八章,第一、二、三、四、五章由陈娟编写,第六、七、八章由王爱媛编写。武汉科技大学城市学院的吴晓杰老师提出了大量宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢!

书中如有不当之处,敬请读者指教。联系方式:chenjuan1005@qq.com 或 908746550@qq.com。

编 者

2012年2月

目 录

1 建筑抗震导论	(1)
1.1 地震特性	(1)
1.1.1 地震类型和地震术语	(2)
1.1.2 地震波	(3)
1.1.3 地震动	(4)
1.1.4 地震震级	(5)
1.1.5 地震烈度	(5)
1.1.6 基本烈度	(5)
1.1.7 抗震设防烈度	(5)
1.2 地震震害综述	(8)
1.2.1 地震活动带	(8)
1.2.2 地震引起的破坏形式	(8)
1.3 建筑结构的抗震设防	(10)
1.3.1 抗震设防的目标	(10)
1.3.2 建筑物抗震设防分类及设防标准	(12)
1.3.3 抗震设计方法	(17)
1.4 建筑抗震概念设计	(17)
1.4.1 选择有利场地	(18)
1.4.2 合理选用建筑体型	(20)
1.4.3 采用合理抗震结构体系	(25)
1.4.4 保证非结构构件安全	(27)
1.4.5 采用隔震、消能减震技术	(28)
1.4.6 结构材料和施工质量	(28)
2 建筑场地、地基与基础	(31)
2.1 建筑场地	(31)
2.1.1 场地土类型	(31)
2.1.2 场地类别	(32)
2.1.3 场地卓越周期	(34)
2.2 地基与基础的抗震验算	(34)
2.2.1 抗震验算的一般原则	(34)
2.2.2 天然地基基础抗震验算	(35)
2.3 地基土的液化	(37)
2.3.1 地基土液化	(37)
2.3.2 液化的判别	(38)
2.3.3 液化地基的评价	(40)
2.3.4 地基液化的抗震措施	(40)
3 建筑抗震计算原理	(44)
3.1 概述	(44)
3.1.1 地震作用	(44)
3.1.2 结构地震反应	(44)

3.1.3	计算简图及结构自由度	(45)
3.2	单自由度弹性体系的水平地震反应分析	(45)
3.2.1	计算简图	(45)
3.2.2	运动方程的建立	(46)
3.2.3	运动方程的求解	(47)
3.3	单自由度体系水平地震作用的计算及反应谱法	(48)
3.3.1	水平地震作用	(48)
3.3.2	地震反应谱	(48)
3.3.3	地震作用计算的设计反应谱	(48)
3.3.4	地震作用的计算方法	(54)
3.4	多自由度弹性体系的水平地震反应分析	(55)
3.4.1	计算简图	(55)
3.4.2	多自由度弹性体系的运动方程	(56)
3.4.3	多自由度弹性体系的自振特性	(57)
3.4.4	地震反应分析的振型分解法	(60)
3.5	多自由度弹性体系水平地震作用的计算	(62)
3.5.1	振型分解反应谱法	(62)
3.5.2	底部剪力法	(66)
3.6	结构基本周期的近似计算	(70)
3.6.1	能量法	(70)
3.6.2	顶点位移法	(71)
3.6.3	基本周期的修正	(72)
3.7	结构平动扭转耦合振动时地震作用的计算	(73)
3.7.1	结构的质心和刚心	(74)
3.7.2	平扭耦合振动时地震作用的计算	(75)
3.7.3	平扭耦合地震作用效应的组合	(76)
3.8	竖向地震作用的计算	(77)
3.8.1	高层建筑及高耸结构的竖向地震作用计算	(77)
3.8.2	大跨度结构的竖向地震作用计算	(78)
3.9	结构非线性地震反应分析方法	(79)
3.9.1	非线性地震反应分析的目的	(79)
3.9.2	非线性地震反应分析的方法	(80)
3.10	结构抗震验算	(87)
3.10.1	结构抗震计算的一般原则	(87)
3.10.2	结构构件截面承载力抗震验算	(90)
3.10.3	结构构件抗震变形验算	(93)
4	多层和高层钢筋混凝土结构建筑抗震设计	(99)
4.1	震害特征	(99)
4.2	抗震概念设计	(101)
4.2.1	结构体系的选择及相关要求	(101)
4.2.2	抗震等级的划分	(104)
4.2.3	结构布置	(108)
4.2.4	结构材料	(112)
4.2.5	楼梯间	(113)

4.3	框架结构的抗震设计	(114)
4.3.1	框架结构抗震概念设计	(114)
4.3.2	框架结构抗震计算及验算	(114)
4.3.3	框架结构薄弱层弹塑性变形验算	(127)
4.3.4	框架结构的抗震构造措施	(127)
4.3.5	多层钢筋混凝土框架结构设计实例	(135)
4.4	抗震墙结构的抗震设计	(150)
4.4.1	抗震墙结构的抗震概念设计	(150)
4.4.2	抗震墙结构的抗震计算	(155)
4.4.3	抗震墙结构的抗震构造措施	(158)
5	多层砌体建筑抗震设计	(164)
5.1	震害特征	(164)
5.2	抗震概念设计	(165)
5.2.1	多层砌体房屋的建筑布置和结构体系	(165)
5.2.2	多层砌体房屋层数、总高度和层高的限制	(167)
5.2.3	多层砌体房屋最大高宽比	(168)
5.2.4	多层砌体房屋抗震横墙的间距	(169)
5.2.5	多层砌体房屋局部尺寸限制	(169)
5.2.6	多层砌体房屋对结构材料的要求	(169)
5.3	砌体建筑的抗震计算	(170)
5.3.1	计算简图	(170)
5.3.2	水平地震作用及地震剪力的计算	(170)
5.3.3	楼层水平地震剪力的分配	(171)
5.3.4	墙体抗震承载力计算	(174)
5.3.5	多层砌体结构抗震设计实例	(176)
5.4	砌体建筑抗震构造措施	(182)
5.4.1	设置钢筋混凝土构造柱	(182)
5.4.2	设置钢筋混凝土芯柱	(184)
5.4.3	合理的设置圈梁	(185)
5.4.4	加强楼梯间的构造措施	(186)
5.4.5	加强结构各部位的连接	(186)
6	多层和高层钢结构建筑抗震设计	(191)
6.1	多层和高层钢结构建筑的主要震害特征	(191)
6.1.1	节点连接破坏	(191)
6.1.2	构件破坏	(193)
6.1.3	结构倒塌	(194)
6.2	多层和高层钢结构的选型与结构布置	(194)
6.2.1	结构选型	(194)
6.2.2	结构平面布置	(196)
6.2.3	结构竖向布置	(197)
6.2.4	结构布置的其他要求	(197)
6.3	多层和高层钢结构的抗震概念设计	(197)
6.3.1	优先采用延性好的结构方案	(198)
6.3.2	多道结构防线要求	(198)

6.3.3	强节点弱构件要求	(198)
6.3.4	强柱弱梁要求	(200)
6.3.5	偏心支撑框架弱消能梁段要求	(200)
6.3.6	其他抗震特殊要求	(201)
6.4	多层和高层钢结构的抗震设计要求	(203)
6.4.1	计算模型	(203)
6.4.2	地震作用	(204)
6.4.3	计算的有关要求	(204)
6.5	多层和高层钢结构的抗震构造要求	(205)
6.5.1	纯框架结构抗震构造措施	(205)
6.5.2	中心支撑框架抗震构造措施	(208)
6.5.3	偏心支撑框架抗震构造措施	(209)
7	单层工业厂房抗震设计	(212)
7.1	震害分析	(212)
7.2	抗震设计	(213)
7.2.1	设计原则	(213)
7.2.2	横向抗震验算	(219)
7.2.3	纵向抗震验算	(226)
7.3	抗震构造措施和连接的计算要求	(240)
7.3.1	钢筋混凝土厂房	(240)
7.3.2	钢结构厂房	(244)
7.3.3	砖柱厂房	(245)
8	建筑隔震及减震设计	(247)
8.1	结构抗震设计思想的演化与发展	(247)
8.2	隔震原理与方法	(248)
8.2.1	隔震原理	(248)
8.2.2	隔震分析模型	(248)
8.2.3	常用隔震装置	(249)
8.3	减震原理与方法	(251)
8.3.1	耗能减震原理	(252)
8.3.2	耗能减震装置	(252)
8.3.3	吸振减震原理	(255)
8.3.4	吸振减震装置	(256)
8.4	结构主动控制初步	(257)
8.4.1	基本概念	(257)
8.4.2	控制原理	(257)
8.4.3	结构主动控制装置	(258)
附录 A		(259)
附录 B		(261)
附录 C		(264)
参考文献		(271)

1 建筑抗震导论

本章学习要求

- ※ 熟悉地震特性及震害现象,掌握地震波的相关概念。
- ※ 掌握地震震级、地震烈度、基本烈度、设防烈度的概念及区别。
- ※ 深刻领会三水准设防目标及两阶段设计方法。
- ※ 掌握建筑物抗震设防分类及其设防标准。
- ※ 理解和掌握建筑抗震概念设计的内涵。

1.1 地震特性

地震(earthquake)是一种自然现象。地球每年平均发生 500 万次左右的地震,其中,5 级以上的破坏性地震约 1000 次。一般从地震开始到结束仅几秒到几十秒,最多 1 分多钟,但其破坏性极大,造成地震灾害,给人类带来严重的人身伤亡和经济损失。我国是多震国家,地震发生的地域范围广,且强度大。

目前,科学技术还不能准确预测并控制地震的发生。但工程实践证明,完全可以运用现代科学技术手段来减轻和防止地震灾害,对建筑结构进行抗震设计即是减轻地震灾害的一种积极有效的方法。

2009 年发布的《中华人民共和国防震减灾法》中规定:(1) 新建、扩建、改建建设工程必须达到抗震设防要求。(2) 一般工业与民用建筑建设工程,必须按照国家颁布的地震烈度区划图或者地震动参数区域图规定的抗震设防要求进行抗震设防。(3) 重大建设工程和可能发生严重次生灾害的建设工程、核电站和核设施建设工程必须进行地震安全性评价,并根据经过国家或省级地震行政主管部门审定的地震安全性评价结果,确定抗震设防要求,进行抗震设防。(4) 建设工程必须按照抗震设防要求和抗震设计规范进行抗震设计,并按抗震设计进行施工。

我国《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)规定(以下简称规范,或抗震规范):

1.0.2 抗震设防烈度为 6 度及以上地区的建筑,必须进行抗震设计。

本条是强制性条文,要求处于抗震设防地区的所有新建建筑工程均必须进行抗震设计。以下规范中凡加“*”号的条文,均为建筑工程房屋建筑部分的强制性条文。

注:我国《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)的适用范围,规范规定如下:

1.0.3 本规范适用于抗震设防烈度为 6、7、8 和 9 度地区建筑工程的抗震设计以及隔震、消能减震设计。建筑的抗震性能化设计,可采用本规范规定的基本方法。

抗震设防烈度大于 9 度地区的建筑及行业有特殊要求的工业建筑,其抗震设计应按有关专门规定执行。

注:本规范“6 度、7 度、8 度、9 度”即“抗震设防烈度为 6 度、7 度、8 度、9 度”的简称。

1.0.6 建筑的抗震设计,除应符合本规范要求外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

本规范适用于 6~9 度一般的建筑工程。多年来,很多位于我国地震区划图 6 度的地区发生了较大的地震,6 度地震区的建筑要适当考虑一些抗震要求,以减轻地震灾害。

1.1.1 地震类型和地震术语

1. 按地震的成因分类

诱发地震:由于人工爆破、矿山开采及兴建水库等工程活动所引发的地震。影响范围较小,地震强度一般不大。

火山地震:由于活动的火山喷发,岩浆猛烈冲出地面引起的地震。主要发生在有火山的地域,我国很少见。

构造地震:地球内部由地壳、地幔及地核三圈层构成(图 1-1),其中地壳是地球外表面的一层很薄的外壳,它由各种不均匀岩石及土组成。地球内部各部分的密度、温度及压力随深度的增加而增大。

根据板块构造学说,地球表层主要由 6 个巨大板块组成:美洲板块、非洲板块、亚欧板块、印度洋板块、太平洋板块、南极洲板块(图 1-2)。板块表面岩石层厚度约为 70~100 km,由于板块之下的地幔物质的对流,引起板块之间的运动,使板块边界地区的岩层发生变形而产生应力。当应力积累一旦超过岩体的承载极限时,岩体即会发生突然断裂或错动(图 1-3),释放应变能,从而引发的地震称为构造地震。构造地震发生次数多,影响范围广,是地震工程的主要研究对象。

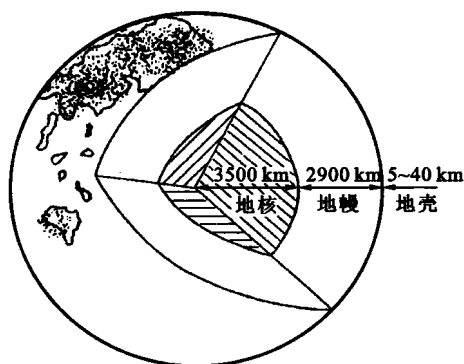


图 1-1 地球构造示意

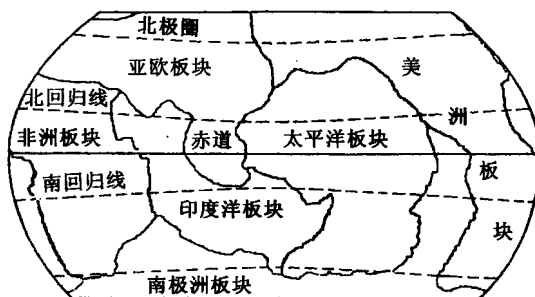


图 1-2 世界主要板块分布

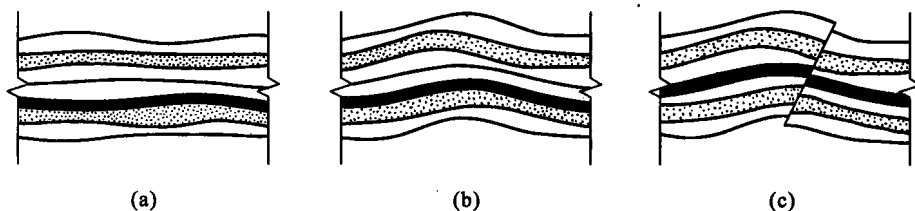


图 1-3 构造板块之间岩层的破坏过程

(a) 无地震时状态;(b) 地震前受力弯曲变形;(c) 地震时产生断裂及滑移

2. 地震术语

- (1) **震源:**地球内岩体断裂错动并引起周围介质剧烈振动的部位称为震源。
- (2) **震中:**震源正上方的地面位置称为震中。
- (3) **震中距:**地面某处至震中的水平距离称为震中距。
- (4) **震源深度:**震源到震中的垂直距离。

这些常用地震术语示意图见图 1-6。

震源和震中不是一个点,而是有一定的范围。

3. 按震源的深度分类

浅源地震:震源深度在 70 km 以内的地震。

中源地震:震源深度在 70~300 km 范围以内的地震。

深源地震:震源深度超过 300 km 的地震。

浅源地震距地面近,在震中区附近造成的危害最大,但相对而言,所波及的范围较小。深源地震波及的范围较大,但由于地震释放的能量在长距离传播中大部分被耗散掉,所以对地面上建筑物的破坏程度相对较轻。世界上绝大部分地震是浅源地震。

1.1.2 地震波

地震发生时,地球内岩体断裂、错动产生的振动,即地震动,以波的形式通过介质从震源向四周传播,这就是地震波。地震波是一种弹性波,它包括体波和面波。在地球内部传播的波叫体波。沿地球表面传播的波叫面波。

体波有纵波和横波两种形式。当质点的振动方向与波的传播方向一致时称为纵波。在纵波由震源向外传播的过程中,介质不断地被压缩和疏松,所以纵波又称为压缩波。纵波周期短、振幅较小,传播速度最快,引起地面上下颠簸。横波是剪切波(S波),其介质质点运动方向与波的前进方向垂直。横波周期长、振幅较大,传播速度次于纵波,引起地面水平方向的运动(图 1-4)。

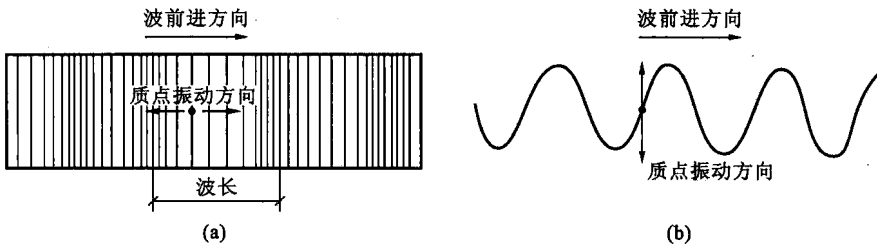


图 1-4 体波质点振动形式

(a) 纵波或压缩波;(b) 横波或剪切波

面波有瑞雷波(R波)和乐夫波(L波)两种形式。瑞雷波传播时,质点在波的前进方向与地表法向组成的平面内作逆时的椭圆运动(图 1-5),在地面上表现为滚动形式,是引起地面晃动的主要原因;乐夫波传播时,质点在地平面内产生与波前进方向相垂直的运动,在地面上表现为蛇形运动。面波速度最慢,周期长,振幅大。由于面波比体波衰减慢,故能传播到很远的地方。地震波传播与运动形式示意图见图 1-6。

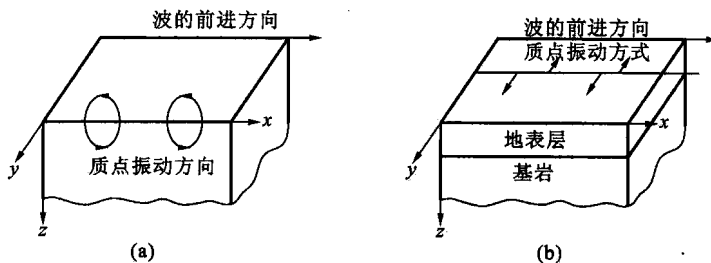


图 1-5 面波质点振动方式

(a) 瑞雷波;(b) 乐夫波

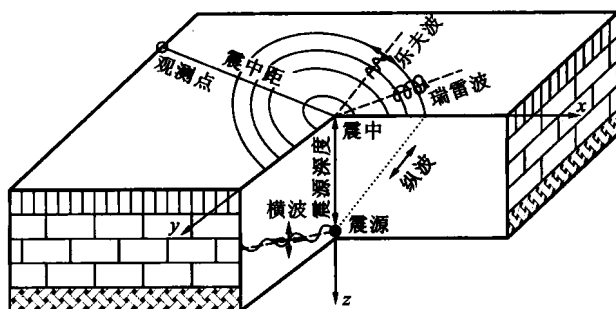


图 1-6 地震波传播与运动形式示意图(地震术语示意图)

综上所述,地震时纵波最先到达,横波次之,面波最慢;就振幅而言,后者最大。当横波和面波都到达时振动最为强烈。面波的能量大,是引起地表和建筑物破坏的主要原因。大量震害调查表明,一般建筑物的震害主要是由水平振动引起的,因此,由体波和面波共同引起的水平地震作用通常是最主要的地震作用。由于地震波在传播的过程中逐渐衰减,随震中距的增加,地面振动逐渐减弱,地震的破坏作用也逐渐减轻。

1.1.3 地震动

地震发生时,由于地震波的传播而引起的地面运动,称为地震动。地震动的位移、速度和加速度可以用仪器记录下来。人们可以根据强震记录的加速度了解和研究地震动的特征,利用加速度记录,可以对建筑结构进行直接动力时程分析以及绘制地震反应谱曲线;对加速度记录进行积分,可以得到地面运动的速度和位移(图 1-7)。一般而言,一点处的地震动在空间具有 6 个方向的分量(3 个平动分量和 3 个转动分量),目前,一般只能获得平动分量的记录。

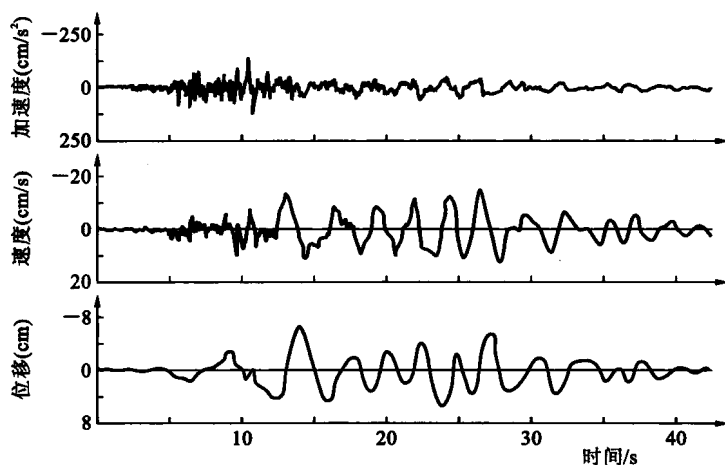


图 1-7 某强震记录(加速度、速度、位移)

实际上,地震动是各种类型地震波综合作用的结果,又是一种随机过程,因此,地震动的记录信号是不规则的。但通过分析,我们可以采用几个有限的要素来反映不规则的地震波。例如,通过最大振幅,可以定量反映地震动的强度特性;通过对地震记录的频谱分析,可以揭示地震动的周期分布特征;通过对强震持续时间的定义和测量,可以考虑地震动循环作用程度的强弱。地震动的峰值(最大振幅)、频谱和持续时间,通常称为地震动的三要素。工程结构的地震破坏,与地震动的三要素密切相关。

1.1.4 地震震级

地震震级(magnitude)是表示一次地震时所释放能量的多少,也是表示地震强度大小的指标。一次地震只有一个震级。目前我国采用的是国际通用的里氏震级 M ,并考虑了震中距小于 100 km (属于近震的范畴)的影响,即按下式计算:

$$M = \lg A + R(\Delta) \quad (1-1)$$

式中 A ——地震记录图上量得的以微米为单位的最大水平位移(振幅);

$R(\Delta)$ ——随震中距而变化的起算函数。

震级 M 与地震释放的能量 E (尔格 erg)之间的关系为

$$\lg E = 1.5M + 11.8 \quad (1-2)$$

式(1-2)表明,震级 M 每增加一级,地震所释放的能量 E 约增加 30 倍。

根据震级 M 的大小,可将地震分为:

有感地震: $M=2\sim 4$ 级,在震中附近地区的人就有感觉;

破坏地震: $5 < M \leq 7$ 级,会造成明显的破坏;

强烈地震: $8 < M \leq 9$ 级,又叫大震;

特大地震: $M \geq 9$ 级。

目前,世界上已记录到的最大的地震震级为 9 级。

1.1.5 地震烈度

地震烈度(intensity)是指某一地区的地面和各类建筑物遭受一次地震影响的平均强弱程度。一般而言,离震中越远,地震烈度越低;震级越大,震中烈度越高;震源深度越浅,地震烈度就越高。根据震级可以粗略地估计震中区烈度的大小,即

$$I_0 = \frac{3}{2}(M - 1) \quad (1-3)$$

式中 I_0 ——震中区烈度;

M ——里氏震级。

为评定地震烈度,需要建立一个标准,这个标准称为地震烈度表。世界各国的地震烈度表不尽相同。我国采用的是 12 度的地震烈度表,也是绝大多数国家采用的标准。地震烈度表见附录 A。

按照地震烈度表中的标准可以对受一次地震影响的地区评定出烈度。具有相同烈度的地区的外包线,称为等烈度线(或等震线)。等烈度线的形状与地震时岩层断裂取向、地形、土质等条件有关,多数近似呈椭圆形。一般情况下,等烈度线的度数随震中距的增大而减小,但有时也会出现局部高一度或低一度的异常区。

1.1.6 基本烈度

基本烈度是指一个地区在一定时期(我国取 50 年)内在一般场地条件下,按一定的超越概率(我国取 10%)可能遭遇到的最大地震烈度,可以取为抗震设防的烈度。

1.1.7 抗震设防烈度

规范对抗震设防烈度的定义及规定如下:

2.1.1 抗震设防烈度 seismic precautionary intensity

按国家规定的权限批准作为一个地区抗震设防依据的地震烈度。一般情况,取 50 年内超越概率 10% 的地震烈度。

抗震设防烈度是一个地区的设防依据,不能随意提高或降低。

1.0.4* 抗震设防烈度必须按国家规定的权限审批、颁发的文件(图件)确定。

作为抗震设防依据的文件和图件,如地震烈度区划图和地震动参数区划图,其审批权限,由国家有关主管部门依法规定。

地震烈度区划图,是指以地震烈度(以等级表示的地震影响强弱程度)为指标,将全国划分为不同抗震设防要求区域的图件。

2.1.3 地震动参数区域图 seismic ground motion parameter zonation map

以地震动参数(以加速度表示地震作用强弱程度)为指标,将全国划分为不同抗震设防要求区域的图件。

2.1.5 设计地震动参数 design parameters of ground motion

抗震设计用的地震加速度(速度、位移)时程曲线、加速度反应谱和峰值加速度。

“地震动参数”是“以加速度表示地震作用强弱程度”。

1.0.5 一般情况下,建筑的抗震设防烈度应采用根据中国地震动参数区划图确定的地震基本烈度(本规范设计基本地震加速度值所对应的烈度值)。

抗震设防烈度和设计基本地震加速度取值的对应关系如下:

3.2.2 抗震设防烈度和设计基本地震加速度值的对应关系,应符合表 3.2.2 的规定。设计基本地震加速度为 $0.15g$ 和 $0.30g$ 地区内的建筑,除本规范另有规定外,应分别按抗震设防烈度 7 度和 8 度的要求进行抗震设计。

规范表 3.2.2 抗震设防烈度和设计基本地震加速度值的对应关系

抗震设防烈度	6	7	8	9
设计基本地震加速度值	$0.05g$	$0.10(0.15)g$	$0.20(0.30)g$	$0.40g$

注: g 为重力加速度。

目前,我国已将国土划分为不同基本烈度所覆盖的区域,这一工作称为地震区划。

3.2.4 我国主要城镇(县级及县级以上城镇)中心地区的抗震设防烈度、设计基本地震加速度值和所属的设计地震分级,可按本规范附录 A 采用。

我国绝大多数地区只考虑设计近震,需要考虑设计远震的地区很少(约占县级城镇的 5%)。规范将 89 规范的设计近震、远震改称设计地震分组,可更好体现震级和震中距的影响,反映了潜在震源远近的影响。一般而言,潜在震源远,地震时传来的地震波长周期分量较显著。建筑工程的设计地震分为三组。相关术语如下:

2.1.6 设计基本地震加速度 design basic acceleration of ground motion

50 年设计基准期超越概率 10% 的地震加速度的设计取值。

规范的附录 A 节选如下:

附录 A 我国主要城镇抗震设防烈度、设计基本地震 加速度和设计地震分组

本附录仅提供我国抗震设防区各县级及县级以上城镇的中心地区建筑工程抗震设计时所采用的抗震设防烈度、设计基本地震加速度值和所属的设计地震分组。

注:本附录一般把“设计地震第一、二、三组”简称为“第一组、第二组、第三组”。

A.0.1 首都和直辖市

1 抗震设防烈度为 8 度,设计基本地震加速度值为 $0.20g$:

第一组:北京(东城、西城、崇文、宣武、朝阳、丰台、石景山、海淀、房山、通州、顺义、大兴、平谷),延庆,天津(汉沽),宁河。

2 抗震设防烈度为 7 度,设计基本地震加速度值为 $0.15g$:

第二组:北京(昌平、门头沟、怀柔),密云;天津(和平、河东、河西、南开、河北、红桥、塘沽、东丽、西青、津南、北辰、武清、宝坻),蓟县,静海。

3 抗震设防烈度为 7 度,设计基本地震加速度值为 $0.10g$:

第一组:上海(黄浦、卢湾、徐汇、长宁、静安、普陀、闸北、虹口、杨浦、闵行、宝山、嘉定、浦东、松江、青浦、南汇、奉贤);

第二组:天津(大港)。

4 抗震设防烈度为 6 度,设计基本地震加速度值为 $0.05g$:

第一组:上海(金山),崇明;重庆(渝中、大渡口、江北、沙坪坝、九龙坡、南岸、北碚、万盛、双桥、渝北、巴南、万州、涪陵、黔江、长寿、江津、合川、永川、南川),巫山,奉节,云阳,忠县,丰都,璧山,铜梁,大足,荣昌,綦江,石柱,巫溪*。

注:上标*指该城镇的中心位于本设防区和较低设防区的分界线,下同。

A.0.15 湖北省

1 抗震设防烈度为 7 度,设计基本地震加速度值为 $0.10g$:

竹溪,竹山,房县。

2 抗震设防烈度为 6 度,设计基本地震加速度值为 $0.05g$:

武汉(江岸、江汉、硚口、汉阳、武昌、青山、洪山、东西湖、汉南、蔡甸、江夏、黄陂、新洲),荆州(沙市、荆州),荆门(东宝、掇刀),襄樊(襄城、樊城、襄阳),十堰(茅箭、张湾),宜昌(西陵、伍家岗、点军、猇亭、夷陵),黄石(下陆、黄石港、西塞山、铁山),恩施,咸宁,麻城,团风,罗田,英山,黄冈,鄂州,浠水,蕲春,黄梅,武穴,郧西,郧县,丹江口,谷城,老河口,宜城,南漳,保康,神农架,钟祥,沙洋,远安,兴山,巴东,秭归,当阳,建始,利川,公安,宣恩,咸丰,长阳,嘉鱼,大冶,宜都,枝江,松滋,江陵,石首,监利,洪湖,孝感,应城,云梦,天门,仙桃,红安,安陆,潜江,通山,赤壁,崇阳,通城,五峰*,京山*。

注:全省县级及县级以上设防城镇,设计地震分组均为第一组。

1.2 地震震害综述

1.2.1 地震活动带

地震的发生与板块地质构造密切相关,板块之间的岩层中已有断裂存在的区域,致使岩石的强度较低,容易发生错动或产生新的断裂,这些容易发生地震的板块间区域称为地震活动带。对世界各国强烈地震记录的统计分析表明,全球地震分布主要发生在两大地震活动带上(图 1-8):

- (1) 环太平洋地震活动带,全球地震的 75% 发生在这一地带。
- (2) 喜马拉雅地中海地震活动带,全球大陆地震的 90% 发生在这一地域。

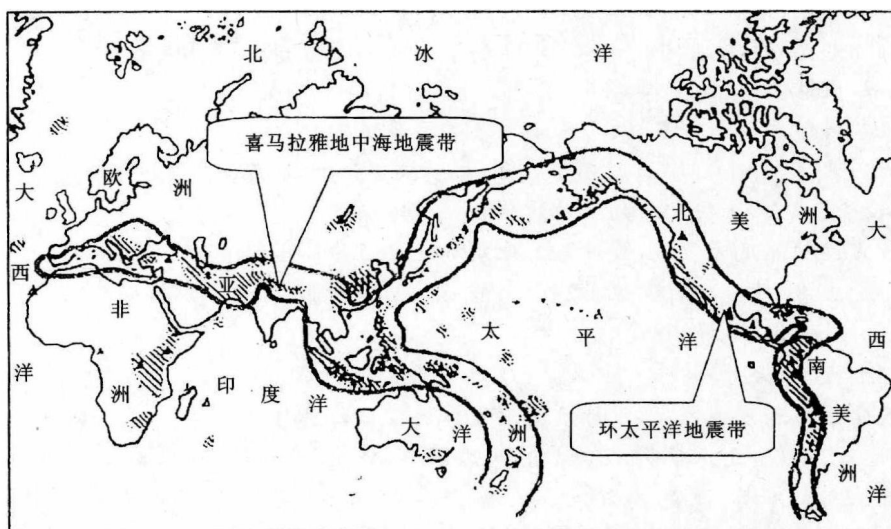


图 1-8 世界主要两大地震带分布

我国位于两大地震带的交汇区域,地震情况比较复杂,地震区域分布广泛。从历史上看,全国除个别省外,绝大部分地区都发生过较强烈的破坏性(震级大于 5 级的)地震。

1.2.2 地震引起的破坏形式

在地震带区域发生的破坏性地震,造成的破坏形式包括地表破坏、建筑物的破坏及次生灾害。

1. 地表破坏

地表破坏包括地裂缝(图 1-9)、地面下沉、喷水冒砂和滑坡等形式。

地裂缝分为构造裂缝和非构造裂缝。有地表的竖向错动,也有地表大的水平位移导致地面错动、挤压、扭曲。构造裂缝是地震断裂带在地表的反映,其走向与地下断裂带一致,特点是规模大,裂缝带长达几千米甚至几十千米,带宽可达数米;非构造裂缝(又称重力式裂缝)是受地形、地貌、土质不均等条件影响所致,其规模小,大多沿河岸边、陡坡边缘等。当地裂缝通过建筑物时,会造成建筑物开裂或倒塌。

地面下沉多发生在软弱土层分布地区和矿业采空区。地面的不均匀沉陷容易引起建筑物的开裂甚至倒塌。

地下水位较高的地区,地震波的作用使地下水压急剧增高,地下水经地裂缝或其他通道喷出

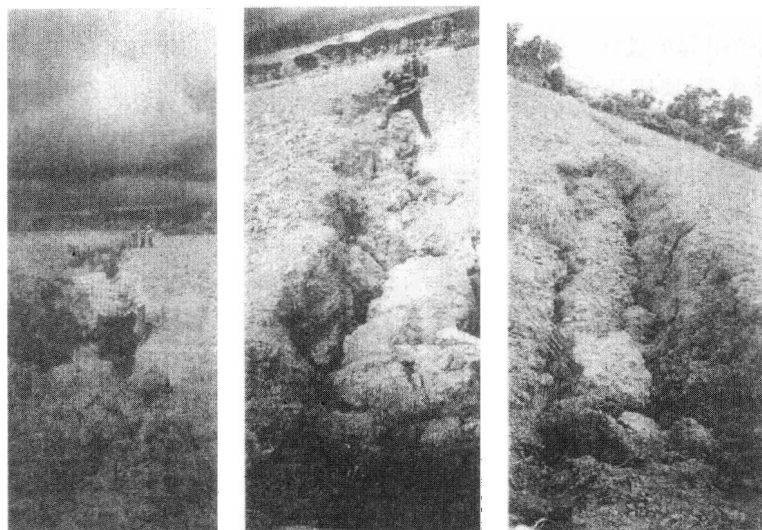


图 1-9 地裂缝

地面。当地表土层含有砂层或粉土层时,会造成砂土液化甚至喷水冒砂现象,液化可以造成建筑物整体倾斜或倒塌、埋地管网的严重破坏。

在河岸、山崖、丘陵地区,地震时极易诱发滑坡或泥石流。大的滑坡可切断交通、冲垮房屋或桥梁。

2. 建筑物的破坏

据历史地震资料表明,建筑物的破坏(图 1-10)一部分是由上述地表破坏引起,属于静力破坏;而大部分破坏是由于地震作用引起的动力破坏。因此,建筑物动力破坏机理的分析,是结构抗震研究的重点和结构抗震设计的基础。建筑物的破坏主要有:



图 1-10 建筑物的倒塌破坏

(1) 结构承载力不足或变形过大而造成的破坏。地震时,地震作用(地震惯性力)附加于建筑物或构筑物上,使其内力和位移增大,往往改变受力形式,导致结构构件的抗剪、抗弯、抗压等强度不足或结构变形过大而破坏(包括非结构构件的破坏)。如墙体开裂、混凝土压酥、房屋倒塌等。

(2) 结构丧失整体性而引起的破坏。结构构件的共同工作保证了结构的整体性。在地震时,结构物一般进入弹性变形阶段。若节点强度不足、延性不够、主要竖向承重构件失稳等就会使

结构丧失整体性,造成局部或整体倒塌破坏。

(3) 地基失效引起的破坏。强烈地震时,地裂缝、地陷、滑坡和地基土液化等会导致地基开裂、不均匀沉降或滑动等,使地基失效;丧失稳定性,降低或丧失承载力,最终造成建筑物整体倾斜、拉裂以致倒塌而破坏(图 1-11)。

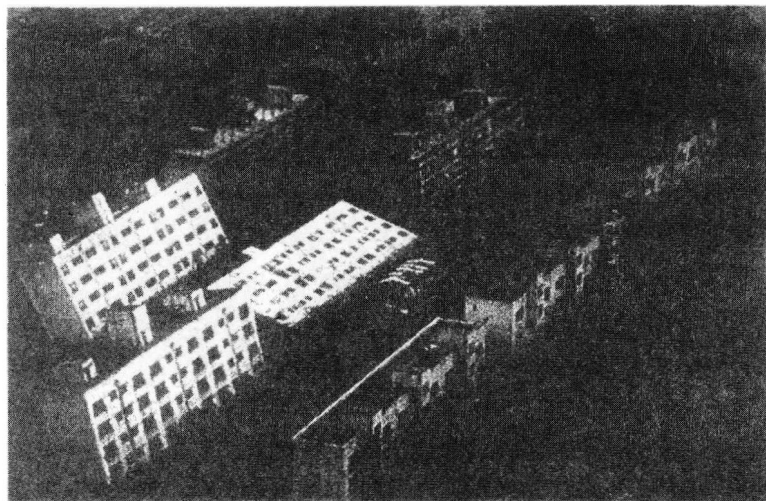


图 1-11 地基液化导致建筑物倾斜

地震历史资料表明,由于地基失效引起的建筑物的破坏仅占结构破坏的 10%左右,其余 90%是由于结构承载力不足或丧失整体稳定造成的。世界各国的抗震设计规范都将主要精力集中在上部结构的破坏机理的分析和研究上。

3. 次生灾害

由于地震而引发的水坝、煤气和输油气管道、供电线路的破坏,以及易燃、易爆、有毒物质容器的破坏等,从而造成的水灾、火灾、环境污染以及泥石流、滑坡、海啸等(由地震间接产生的灾害),叫次生灾害。

次生灾害的破坏力很大,特别是地震引起的火灾。如果地震时道路堵塞、水管破裂,消防设施失效,大火就无法制止,引起巨大火灾。这种由于地震间接引起的次生灾害,有时比地震直接造成的损失还大。在大工业区和大城市次生灾害更为显著。

1.3 建筑结构的抗震设防

1.3.1 抗震设防的目标

抗震设防是指对建筑物或构筑物进行抗震设计,以达到结构抗震的作用和目标。抗震设防是以现有的科学水平和经济条件为前提的。抗震设防的目标就是在一定的经济条件下,最大限度地减轻建筑物的地震破坏,保障人民生命财产的安全。

本规范对于建筑抗震设防的基本思想和原则是以结构安全性为主的三水准抗震设防目标,即:

1.0.1 为贯彻执行国家有关建筑工程、防震减灾的法律法规并实行以预防为主方针,使建筑经抗震设防后,减轻建筑的地震破坏,避免人员伤亡,减少经济损失,制定本规范。

按本规范进行抗震设计的建筑,其基本的抗震设防目标是: