

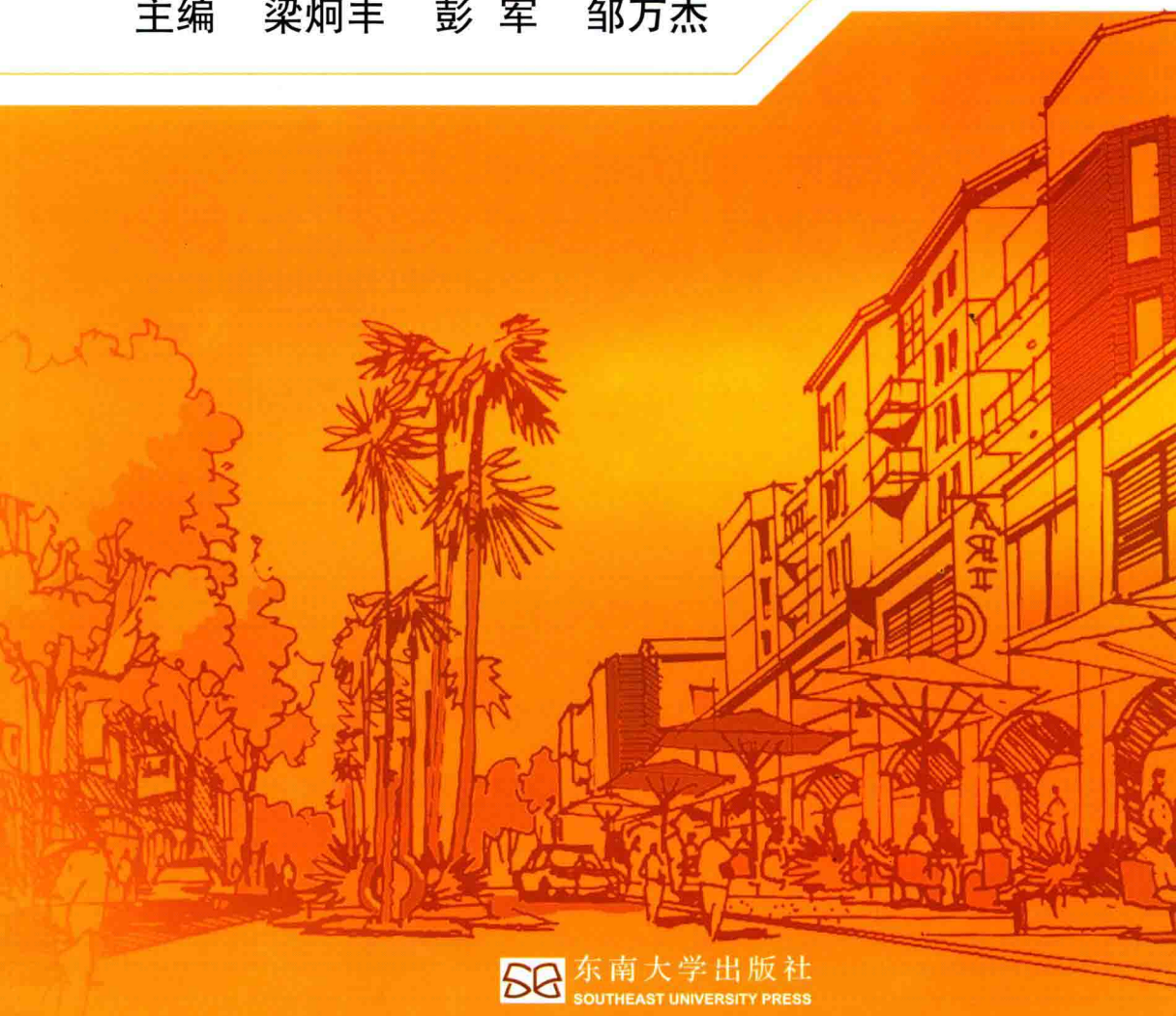


普通高等教育“十二五”应用型规划教材

建筑抗震设计

JIANZHUKANGZHEN SHEJI

主编 梁炯丰 彭军 邹万杰



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

普通高等教育“十二五”应用型规划教材

建筑抗震设计

主 编 梁炯丰 彭 军 邹万杰
副主编 肖 烨 任 玥

东南大学出版社
• 南京 •

内 容 简 介

本书是结合我国最新的《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)编写的抗震结构设计教材。内容包括绪论,场地、地基与基础,结构地震反应分析与抗震验算,多高层钢筋混凝土房屋抗震设计,多层砌体结构房屋抗震设计,多层和高层钢结构建筑抗震设计,单层钢筋混凝土柱厂房抗震设计,隔震与消能减震及非结构构件抗震设计。

本书可作为高等院校应用型本科土木工程专业或成人教育土建类的教学用书,也可供土木工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑抗震设计 / 梁炯丰, 彭军, 邹万杰主编. —南京: 东南大学出版社, 2015. 7

ISBN 978-7-5641-5867-5

I. ①建… II. ①梁… ②彭… ③邹… III. ①建筑结构—防震设计 IV. ①TU352.104

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 142209 号

建筑抗震设计

出版发行: 东南大学出版社

社 址: 南京市四牌楼 2 号 邮编: 210096

出 版 人: 江建中

责任编辑: 史建农 戴坚敏

网 址: <http://www.seupress.com>

电子邮箱: press@seupress.com

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 常州市武进第三印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 14.25

字 数: 365 千字

版 次: 2015 年 7 月第 1 版

印 次: 2015 年 7 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5641-5867-5

印 数: 1—3000 册

定 价: 33.00 元

本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话:025-83791830

前 言

地震是一种突发性的自然灾害,强烈地震在瞬时就能对地面建筑造成严重破坏。我国是一个多地震国家,地震区分布广。历次地震表明,地震对人民生命财产造成的损失是巨大的。所以,对建筑结构进行必要的抗震设计是减轻地震灾害积极有效的措施。

本书主要内容包括绪论,场地、地基与基础,结构地震反应分析与抗震验算,多高层钢筋混凝土房屋抗震设计,多层砌体结构房屋抗震设计,多层和高层钢结构建筑抗震设计,单层钢筋混凝土柱厂房抗震设计,隔震与消能减震及非结构构件抗震设计。

本书由东华理工大学梁炯丰、榆林学院彭军、广西科技大学邹万杰担任主编,由东华理工大学肖烨、湖北工业大学商贸学院任玥担任副主编,全书由梁炯丰统稿。

本书的编写工作主要得到江西省教育科学“十二五”规划课题(12YB162)和江西省学位与研究生教育教学改革研究项目(JXYJG—2013—073)的资助,同时还要感谢国家自然科学基金项目(No. 51368001)、江西省自然科学基金项目(No. 20122BAB216005、20142BAB216002)、中国博士后基金项目(No. 2014M562132)、江西省教育厅基金项目(No. GJJ12393、GJJ13455)、江西省新能源工艺与装备工程技术研究中心开放基金项目(No. JXNE—2014—08)、广西防灾减灾与工程安全重点实验室开放基金项目(No. 2013ZDK01)及中南大学博士后基金项目的大力支持。

编写过程中参考和引用了国内外近年来正式出版的相关规范、教材等,在此向有关作者谨表感谢。由于编者水平有限,书中难免存在缺点和错误,热切希望读者批评指正。

编 者

2015年6月

目 录

1 绪论	1
1.1 地震成因	1
1.2 地震震级与地震烈度	4
1.3 地震活动、分布与地震灾害	6
1.4 工程抗震设防	8
1.5 抗震概念设计	10
1.6 地震应急和救生必读	13
本章小结	16
思考题	17
2 场地、地基与基础	18
2.1 概述	18
2.2 场地	18
2.3 天然地基和基础	21
2.4 地基土的液化	22
本章小结	26
思考题	27
3 结构地震反应分析与抗震验算	28
3.1 概述	28
3.2 单自由度弹性体系的水平地震反应	29
3.3 单自由度弹性体系的水平地震作用计算的反应谱法	31
3.4 多自由度弹性体系的水平地震反应	35
3.5 振型分解反应谱法	39
3.6 底部剪力法	43
3.7 结构基本周期的近似计算	46
3.8 竖向地震作用	50
3.9 结构抗震验算	52
本章小结	56

思考题	57
4 多层钢筋混凝土房屋抗震设计	59
4.1 概述	59
4.2 抗震设计的基本要求	63
4.3 框架结构的抗震计算	70
4.4 框架结构抗震构造措施	98
4.5 框架结构抗震设计例题	104
本章小结	114
思考题	115
附表 规则框架承受均布及倒三角形分布水平力作用时反弯点的高度比	116
5 多层砌体结构房屋抗震设计	121
5.1 概述	121
5.2 震害现象及其分析	121
5.3 抗震设计基本要求	123
5.4 多层砌体房屋抗震设计	125
5.5 多层砌体房屋抗震构造措施	132
5.6 多层砌体房屋抗震计算实例	136
本章小结	141
思考题	141
6 多层和高层钢结构建筑抗震设计	142
6.1 概述	142
6.2 钢结构房屋的主要震害特征	142
6.3 钢结构房屋抗震的设计	146
6.4 多层和高层钢结构房屋的抗震设计	154
6.5 多、高层钢结构房屋的抗震计算	161
6.6 多层和高层钢结构的抗震构造要求	163
6.7 钢结构设计例题	169
本章小结	184
思考题	184
7 单层钢筋混凝土柱厂房抗震设计	185
7.1 概述	185
7.2 震害现象及分析	185
7.3 抗震设计的一般规定	188
7.4 单层钢筋混凝土柱厂房抗震计算	190
7.5 单层钢筋混凝土柱厂房抗震构造措施	201

本章小结	203
思考题	204
8 隔震与消能减震及非结构构件抗震设计	205
8.1 概述	205
8.2 结构隔震设计	206
8.3 结构消能减震设计	209
8.4 非结构构件抗震设计	214
本章小结	219
思考题	219
参考文献	220

学习目标



本章主要讲述了地震类型及成因,世界及我国地震活动性以及地震灾害情况;介绍了地震波、震级、地震烈度等度量指标;阐述了工程结构抗震设防依据和抗震设计思想;给出了工程结构抗震概念设计的基本要求和地震应急等知识。

1.1 地震成因

地震是一种突发的自然灾害,主要由地下薄弱岩层突然破裂,在原有累积弹性应力作用下断层两侧发生回跳而引起振动,或者地球板块相互挤压、冲掩引起振动,并以波的形式将岩层振动传至地表引起地面的剧烈颠簸和摇晃,这种地面运动叫做地震。由于这种地震是地壳构造变动所引起的,故又称为构造地震。我国是世界上多发地震国家之一。自上世纪以来的 80 多年内,共发生破坏性地震 2 600 余次,其中 6 级以上破坏性地震 500 余次,平均每年 5.4 次,7 级以上的地震 9 次。这些地震给人民生命财产和国民经济造成了十分严重的损失,这是必须深刻吸取的教训。

鉴于 2008 年 5·12 大地震以来,我国的地震活动又进入了一个新的活跃期。近两年内 5 级以上地震的次数已大大高于 21 世纪以来年平均发震次数。预计这个新的地震活跃期可能持续到 21 世纪末。为了最大限度地减轻地震灾害,做好新建工程的抗震设计,是一项重要的根本性减灾措施。

1.1.1 地球构造

地球是一个近似于球体的椭球体,平均半径约 6 370 km,赤道半径约 6 378 km,两极半径约 6 357 km。从物质成分和构造特征来划分,地球可分为三大部分——地壳、地幔和地核,如图 1-1 所示。

1) 地壳

地壳是地球外表面的一层很薄的外壳,它由各种不均匀的岩石组成。地壳表面为沉积层,陆地下面主要有花岗岩和玄武

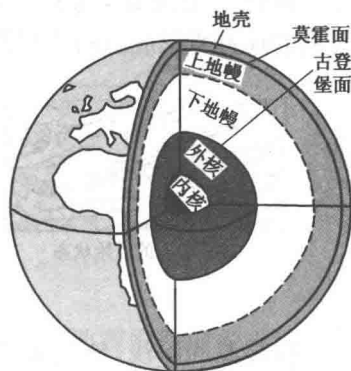


图 1-1 地球分层剖面

岩层,海洋下面的地壳一般只有玄武岩层。地壳的下界称为莫霍界面,是一个地震波传播速度发生急剧变化的不连续面。地壳的厚度在全球变化很大,各处厚薄相差也很大,最厚处达70 km,最薄处约5 km。

2) 地幔

地壳以下到深度约2 895 km的古登堡界面为止的部分称为地幔,约占地球体积的5/6。地幔主要由质地坚硬的橄榄岩组成,这种物质具有黏弹性。地幔上部存在一个厚度约几千米的软流层。由于温度和压力分布不均匀,就发生了地幔内部的物质对流运动。

3) 地核

古登堡界面以下直到地心的部分为地核,又可分为外核和内核。其主要构成物质是镍和铁,温度高达4 000~5 000℃。据推测,外核可能处于液态,内核可能是固态。

1.1.2 地震类型与成因

地球内部发生地震的地方称为震源。震源在地球表面的投影称为震中。地球上某一地点到震中的距离称为震中距。震中附近地区称为震中区,破坏最为严重的地区称为极震区,震源到震中的垂直距离称为震源深度,如图1-2所示。

地震按其成因可以划分为诱发地震和天然地震两大类。

诱发地震主要是由于人工爆破、矿山开采及重大工程活动(如兴建水库)所引发的地震,诱发地震一般不太强烈,仅有个别情况(如水库地震)会造成严重的地震灾害。

天然地震包括构造地震、火山地震和陷落地震。前者由地壳构造运动所产生,后者则由火山爆发所引起。比较而言,构造地震发生数量大(占地震发生总数约90%)、影响范围广,是地震工程的主要研究对象。构造地震是由于地应力在某一地区逐渐增加,岩石变形也不断增加,当地应力超过岩石的极限强度时,在岩石的薄弱处突然发生断裂和错动(图1-3),部分应变能突然释放,引起振动,其中一部分能量以波的形式传到地面,就产生了地震,构造地震发生断裂错动的地方所形成的断层叫发震断层。

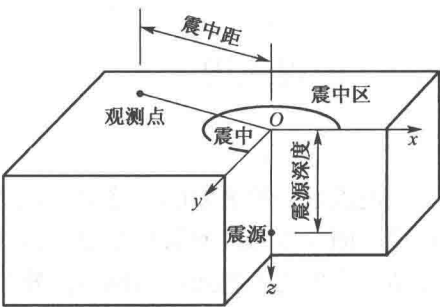


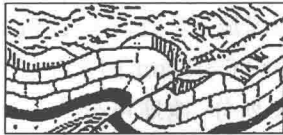
图1-2 地震术语示意图



(a) 岩石的原始状态



(b) 受力发生弯曲



(c) 岩层破裂发生振动

图1-3 岩层的变形与破裂

按震源的深浅,地震又可分为浅源地震、中源地震和深源地震。浅源地震的震源深度在60 km以内,占地震总数的70%,一年中全世界所有地震释放能量约85%来自浅源地

震。浅源地震波及范围较小,破坏程度较大。中源地震的震源深度在 $60\sim 300\text{ km}$ 之内,约占地震总数的 25% 。深源地震的震源深度在 300 km 以上,约占地震总数的 5% 。

1.1.3 地震波

地震引起的振动以波的形式从震源向各个方向传播并释放能量,这就是地震波。根据在地壳中传播的位置不同,地震波可分为体波和面波。

1) 体波

在地球内部传播的波称为体波。体波有纵波和横波两种形式。纵波是由震源向外传递的压缩波,其介质质点的运动方向与波的前进方向一致(图 1-4(a))。纵波一般周期较短、振幅较小,在地面引起上下颠簸运动。横波是由震源向外传递的剪切波,其质点的运动方向与波的前进方向相垂直(图 1-4(b))。横波一般周期较长,振幅较大,引起地面水平方向的运动。



图 1-4 体波质点振动形式

2) 面波

沿地球表面传播的波称为面波。面波主要有瑞雷波和乐夫波两种形式。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向的椭圆运动(图 1-5(a))。这种运动形式被认为是形成地面晃动的主要原因。乐夫波传播时,质点在与波的前进方向相垂直的水平方向运动(图 1-5(b)),在地面上表现为蛇形运动。面波周期长,振幅大。由于面波比体波衰减慢,故能传播到很远的地方。

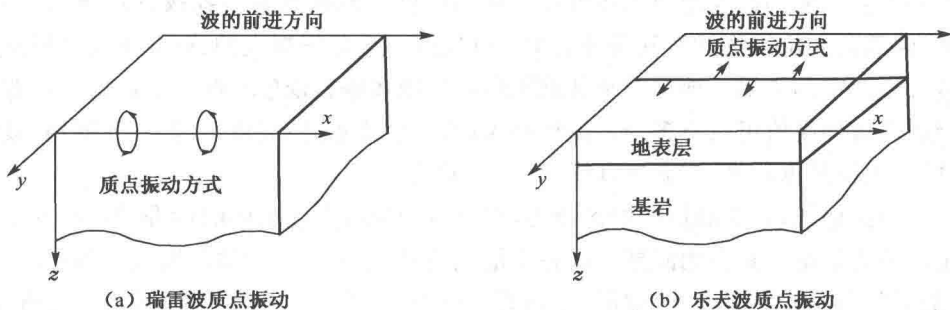


图 1-5 面波质点振动方式

地震波的传播速度,以纵波最快,横波次之,面波最慢。所以,在地震发生的中心地区,人们的感受是先上下颠簸,后左右摇晃。当横波或面波到达时,地面振动最为猛烈,产生的破坏

作用也较大。在离震中较远的地方,由于地震波在传播过程中能量逐渐衰减,地面振动减弱,破坏作用也逐渐减轻。

1.2 地震震级与地震烈度

1.2.1 地震震级

地震震级是度量地震中震源所释放能量多少的指标。人们通过地震地面运动的振幅来量测地震震级。根据我国现用仪器,近震(震中距小于 100 km)震级 M 按下式计算:

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

式中: A ——记录图上量得的以 μm 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。

地震震级是表征地震大小或强弱的指标,是一次地震释放能量多少的量度,它是地震的基本参数之一。一次地震只有一个震级。震级直接与震源释放的能量 E 的多少有关,可以用下式表示:

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

上式表示的震级通常又称为里氏震级。

式(1-2)表明,震级每增加一级,地震所释放出的能量约增加 30 倍。大于 2.5 级的浅震,在震中附近地区的人就有感觉,叫做有感地震;5 级以上的地震会造成明显的破坏,叫做破坏性地震。世界上已记录到的最大地震的震级为 8.9 级。

1.2.2 地震烈度

地震烈度表示地震造成地面上各地点的破坏程度。地震烈度与震级、震中距、震源深度、地质构造、建筑物和构筑物的地基条件有关。烈度的大小是根据人的感觉、地面房屋受破坏程度等综合因素评定的结果。地震震级和地震烈度是描述地震现象的两个参数。一次地震只有一个震级而地震烈度值可以有多个。震级越大,震中烈度越高;离震中越远,地震烈度越低;震源深度越浅,地震烈度越高;震源深度深,地震烈度低。

对应于一次地震,在受到影响的区域内,可以按照地震烈度表中的标准对一些有代表性的地点评定出地震烈度。具有相同烈度的各个地点的外包络线,称为等烈度线。等烈度线(或称等震线)的形状与发震断裂取向、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递减,但有时由于局部地形或地质的影响,也会在某一烈度区内出现小块高一度或低一度的异常区(称为烈度异常)。利用历史地震的等烈度线资料,可以针对不同地区建立宏观的地震烈度衰减规律关系式。

震中区的地震烈度称为震中烈度。依据震级粗略地估算震中烈度的方法是:震级减 1 后

乘 1.5,即为震中烈度。即

$$I_0 = 3(M-1)/2 \quad (1-3)$$

式中: I_0 ——震中烈度;

M ——震级。

1.2.3 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概率(我国取 10%)可能遭遇到的最大地震烈度。它是一个地区进行抗震设防的依据。

根据地震危险性分析,一般认为我国地震烈度的概率密度函数符合极值Ⅲ型分布,如图 1-6 所示,即

$$f(I) = \frac{k(\omega - I)^{k-1}}{(\omega - \epsilon)^k} \cdot e^{-\left(\frac{\omega - I}{\omega - \epsilon}\right)^k} \quad (1-4)$$

式中: k ——形状参数,取决于一个地区地震背景的复杂性;

ω ——地震烈度上限值,取 $\omega = 12$;

ϵ ——烈度概率密度曲线上峰值所对应的强度。

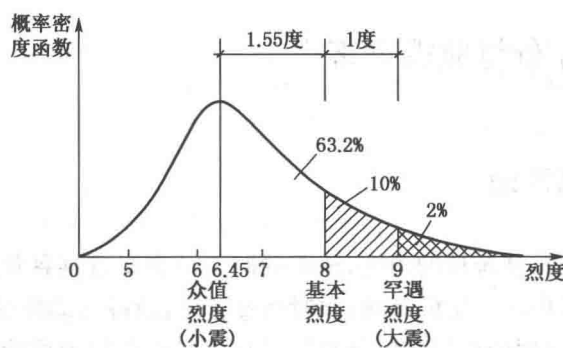


图 1-6 三种烈度含义及其关系

从概率意义上说,小震就是发生机会较多的地震。根据分析,当年限为 50 年时,上述概率密度曲线的峰值烈度所对应的被超越概率为 63.2%,因此,可以将这一峰值烈度定义为小震烈度,又称多遇地震烈度。而全国地震区划图所规定的各地基本烈度,可取为中震对应的烈度,它在 50 年内的超越概率一般为 10%。大震是罕遇地震,它所对应的地震烈度在 50 年内超越概率 2%左右,这个烈度又可称为罕遇地震烈度。通过对我国 45 个城镇的地震危险性分析结果的统计分析得到:基本烈度较多遇烈度约高 1.55 度,而较罕遇烈度约低 1 度(图 1-7)。

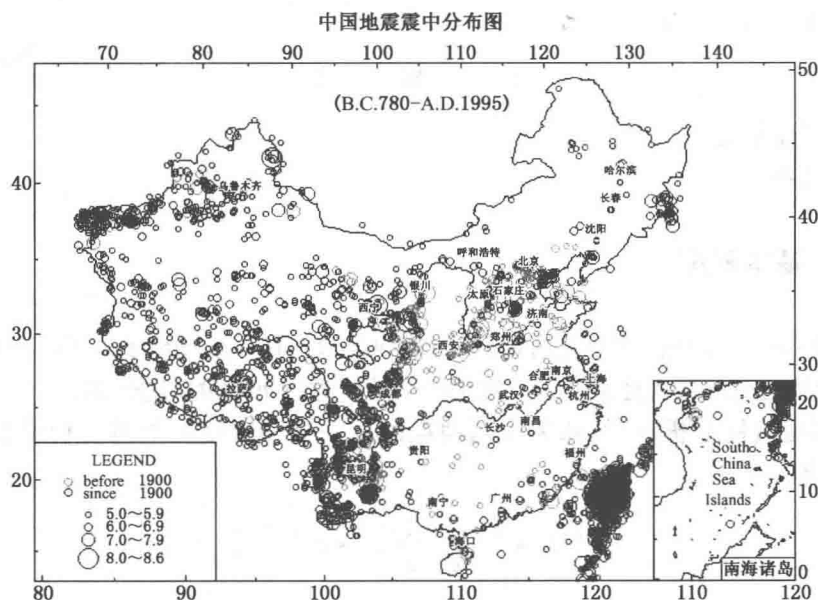


图 1-7 中国地震分布示意图

1.3 地震活动、分布与地震灾害

1.3.1 世界地震活动

地震是一种随机现象,从统计的角度,地震的时空分布呈现某种规律性。在地理位置上,地震震中呈带状分布,集中于一定的区域;在时间过程上,地震活动疏密交替,能够区分出相对活跃期和相对平静期。根据历史地震的分布特征和产生地震的地质背景,可以编制世界地震震中分布图。由此可明确地球上的地震活动分布在两个主要地震带和其他几个次要地震带。世界上的两个主要地震带是:

1) 环太平洋地震带

它从南美洲西海岸起,经北美洲西海岸、阿留申群岛转向西南至日本列岛;然后分成东西两支,西支经我国台湾省、菲律宾至印尼,东支经马里亚纳群岛至新几内亚;两支汇合后,经所罗门群岛至汤加,再向南转向新西兰,该地震带的地震活动最强,全球地震总数的 75% 左右发生于此。

2) 欧亚地震带

又称地中海—喜马拉雅地震带,西起大西洋的亚速尔,经意大利、土耳其、伊朗、印度北部,再经我国西部和西南地区,由缅甸至印尼与环太平洋地带相衔接。全球地震总数的 22% 左右发生于此地地震带内。

除了上述两条主要地震带以外,在大西洋、太平洋、印度洋中也有一些洋脊地震带,沿着洋

底隆起的山脉延伸。这些地震带与人类活动关系不大,地震发生的次数在地震总数中占的比例亦不高。由分布图可知,上述地震带大多数位于板块边缘,或者邻近板块边缘。

1.3.2 我国地震活动

我国地处环太平洋地震带和欧亚地震带之间,是一个多地震国家。1900年以来,中国死于地震的人数达55万之多,占全球地震死亡人数的53%;1949年以来,100多次破坏性地震袭击了22个省(自治区、直辖市),其中涉及东部地区14个省份,造成27万余人丧生,占全国各类灾害死亡人数的54%,地震成灾面积达30多万 km^2 ,房屋倒塌达700万间。地震及其他自然灾害严重是中国的基本国情之一。

我国的地震活动主要分布在5个地区的23条地震带上。这5个地区是:①台湾省及其附近海域;②西南地区,主要是西藏、四川西部和云南中西部;③西北地区,主要在甘肃河西走廊、青海、宁夏、天山南北麓;④华北地区,主要在太行山两侧、汾渭河谷、阴山-燕山一带、山东中部和渤海湾;⑤东南沿海的广东、福建等地。我国的台湾省位于环太平洋地震带上,西藏、新疆、云南、四川、青海等省区位于喜马拉雅—地中海地震带上,其他省区处于相关的地震带上。

1.3.3 地震灾害

地震灾害因其发生突然,被认为是威胁人类生存与发展的最大自然灾害之一。全世界平均每年发生破坏性地震近千次,其中震级达7级以上的大地震约十几次。

地震灾害主要表现在3个方面:地表破坏、建筑物破坏和由地震引起的各种次生灾害。

1) 地表破坏

地表破坏主要表现为地裂缝、地面下沉、冒砂和滑坡等形式。

(1) 地裂缝

强烈的地震发生时,地面断层将达到地表,从而改变地形和地貌。地表的竖向错动将形成悬崖峭壁,地表大的水平位移将产生地面的错动、挤压、扭曲。地裂缝将造成地面工程结构的严重破坏,使得公路中断、铁轨扭曲、桥梁断裂、房屋破坏、河流改道、水坝受损等。

地裂缝是地震时最常见的地表破坏,地裂缝的数量、长短、深浅等与地震的强烈程度、地表情况、受力特征等因素有关。主要有两种类型:一种是强烈地震时由于地下断层错动延伸到地表而形成的裂缝,称为构造地裂缝,这类裂缝与地下断层带的走向一致,一般规模较大,形状比较规则;另一种地裂缝是在故河道、湖河岸边、陡坡等土质松软地方产生的地表交错裂缝,规模较小,形状大小各不相同。

(2) 喷砂冒水

当地下水位较高、砂层埋深较浅的平原地区,特别是河流两岸最低平的地方,地震时地震波产生的强烈振动使得地下水位急剧增加,地下水经过地裂缝或土质松软的地方冒出地面,当地表土层为砂土或粉土时,则夹带着砂土或粉土一起冒出地面,形成喷砂冒水现象,实际上是砂土液化的表现。

(3) 地表下沉

在强烈地震作用下,在地下存在溶洞的地区或者由于人们的生产活动产生的空洞,如矿井

或者地铁等,强烈地震发生时,地面土体将会产生下沉,造成大面积陷落。

(4) 河岸、陡坡滑坡

在河岸、陡坡等地方,强烈的地震使得土体失稳,造成塌方,淹没农田、村庄,堵塞河流,大面积塌方使得房屋倒塌。

2) 建筑物的破坏

建筑物的破坏是造成人民生命财产损失的主要原因,其破坏可能是由于地基失效引起,也可能是由于上部结构承载力不足形成的破坏或结构丧失整体稳定性造成。地震历史资料表明,由于地基失效引起的建筑物破坏仅仅占结构破坏的 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破坏机理的分析和研究上。

3) 次生灾害

强烈地震除了引起结构的破坏外,一般常常会引起其他一些次生灾害,如火灾、水灾、泥石流、海啸、滑坡等。一般来说,地震本身造成的直接损失往往还小于由于地震所产生的次生灾害所造成的间接损失。例如,1995 年的日本阪神大地震,震后火灾多达 500 余处,震中区木结构房屋几乎全部烧毁。此外,地震引起的海啸,也会对海边建筑物造成巨大的破坏。

1.4 工程抗震设防

1.4.1 抗震设防的目的和要求

工程抗震设防的基本目的是在一定的经济条件下,最大限度地限制和减轻建筑物的地震破坏,保障人民生命财产的安全。为了实现这一目的,近年来,许多国家的抗震设计规范都趋向于以“小震不坏、中震可修、大震不倒”作为建筑抗震设计的基本准则。

对应于前述设计准则,我国《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)明确提出了三个水准的抗震设防要求:

第一水准:当遭受低于本地区设防烈度多遇地震影响时,建筑物一般不受损坏或不需修理仍可继续使用。

第二水准:当遭受相当于本地区设防烈度的地震影响时,建筑物可能损坏,但经一般修理即可恢复正常使用。

第三水准:当遭受高于本地区设防烈度的罕遇地震影响时,建筑物不致倒塌或发生危及生命安全的严重破坏。

1.4.2 两阶段设计方法

在进行建筑抗震设计时,原则上应满足上述三个水准的抗震设防要求。在具体做法上,我国建筑抗震设计规范采用了简化的两阶段设计方法。

1) 第一阶段设计

按与地震烈度对应的地震作用效应和其他荷载效应的组合验算结构构件的承载能力和结构的弹性变形。采用第一水准烈度的地震动参数,计算出结构在弹性状态下的地震作用效应,与风、重力等荷载效应组合,并引入承载力抗震调整系数,进行构件截面设计,从而满足第一水准的强度要求;同时,采用同一地震动参数计算出结构的弹性层间位移角,使其不超过规定的限值;另外,采用相应的措施,保证结构具有相应的延性、变形能力和塑性耗能能力,从而满足第二水准的变形要求。

2) 第二阶段设计

采用第三水准烈度的地震动参数,计算出结构的弹塑性层间位移角,满足规定的要求,并采取必要的抗震构造措施,从而满足第三水准的防倒塌要求。

1.4.3 建筑物重要性分类与设防标准

对于不同使用性质的建筑物,地震破坏所造成后果的严重性是不一样的。因此,对于不同用途建筑物的抗震设防,不宜采用同一标准,而应根据其破坏后果加以区别对待。为此,我国建筑抗震设计规范将建筑物按其用途的重要性分为四类:

甲类建筑:指重大建筑工程和地震时可能发生严重次生灾害的建筑。这类建筑的破坏会导致严重的后果,其确定须经国家规定的批准权限予以批准。

乙类建筑:指地震时使用功能不能中断或需尽快恢复的建筑。例如抗震城市中生命线工程的核心建筑。城市生命线工程一般包括供水、供气、供电、交通、通信、消防、医疗救护等系统。

丙类建筑:指一般建筑,包括除甲、乙类建筑以外的一般工业与民用建筑,如普通工业厂房、居民住宅、商业建筑等。

丁类建筑:指次要建筑,包括一般的仓库、人员较少的辅助建筑物等。

对各类建筑抗震设防标准的具体规定为:

(1) 甲类建筑:地震作用应高于本地区抗震设防烈度的要求,其值应按批准的地震安全性评价结果确定;抗震措施,当抗震设防烈度为6~8度时,应符合本地区抗震设防烈度提高1度的要求,当为9度时,应符合比9度抗震设防更高的要求。

(2) 乙类建筑:地震作用应符合本地区抗震设防烈度的要求;抗震措施,一般情况下,当抗震设防烈度为6~8度时,应符合本地区抗震设防烈度提高1度的要求,当为9度时,应符合比9度抗震设防更高的要求;地基基础的抗震措施,应符合有关规定。对较小的乙类建筑,当其结构改用抗震性能较好的结构类型时,应允许仍按本地区抗震设防烈度的要求采取抗震措施。

(3) 丙类建筑:地震作用和抗震措施均应符合本地区抗震设防烈度的要求。

(4) 丁类建筑:一般情况下,地震作用仍应符合本地区抗震设防烈度的要求;抗震措施应允许比本地区抗震设防烈度的要求适当降低,但抗震设防烈度为6度时不应降低。

抗震设防烈度为6度时,除《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)有具体规定外,对乙、丙、丁类建筑可不进行地震作用计算。

1.5 抗震概念设计

一般说来,建筑抗震设计包括三个层次的内容与要求:概念设计、抗震计算与构造措施。所谓概念设计是指根据地震灾害和工程经验等所形成的基本设计原则和设计思想,进行建筑和结构的总体布置并确定细部构造的过程;概念设计在总体上把握抗震设计的基本原则。抗震计算为建筑抗震设计提供定量手段。构造措施则可以在保证结构整体性、加强局部薄弱环节等意义上保证抗震计算结果的有效性。建筑抗震概念设计一般主要包括:注意场地选择和地基基础设计,把握建筑结构的规则性,选择合理的抗震结构体系,设置多道防线,重视非结构因素,确保材料和施工质量。

1.5.1 注意场地选择和地基基础设计

建筑场地的地质条件与地形地貌对建筑物震害有显著影响,这已为大量的震害实例所证实。从建筑抗震概念设计的角度考察,首先应注意建筑场地的选择。简单地说,地震区的建筑宜选择有利地段、避开不利地段、不在危险地段建设。建筑场地为Ⅰ类时,甲、乙类建筑应允许仍按本地区抗震设防烈度的要求采取抗震构造措施;丙类建筑允许按本地区抗震设防烈度降低1度的要求采取抗震构造措施,但抗震设防烈度为6度时仍应按本地区抗震设防烈度的要求采取抗震构造措施。

地基和基础设计应符合下列要求:

- (1) 同一结构单元的基础不宜设置在性质截然不同的地基上。
- (2) 同一结构单元不宜部分采用天然地基部分采用桩基。
- (3) 地基为软弱黏性土、液化土、新近填土或严重不均匀土时,应估计地震时地基不均匀沉降或其他不利影响,并采取相应的措施。

1.5.2 把握建筑结构的规则性

建筑物平、立面布置的基本原则是:对称、规则、质量与刚度变化均匀。

结构对称有利于减轻结构的地震扭转效应。而形状规则的建筑物,地震时结构各部分的振动易于协调一致,应力集中现象较少,因而有利于抗震。质量与刚度变化均匀有两方面的含义:其一是在结构平面方向应尽量使结构刚度中心与质量中心相一致,否则,扭转效应将使远离刚度中心的构件产生较严重的震害;其二是沿结构高度方向结构质量与刚度不宜有悬殊的变化,竖向抗侧力构件的截面尺寸和材料强度宜自上而下逐渐减小。地震震害实例和大量理论分析均表明:结构刚度有突然削弱的薄弱层,在地震中会造成变形集中,从而加速结构的倒塌破坏过程,而且结构上部刚度较小时,会形成地震反应的“鞭梢效应”,即变形在结构顶部集中的现象。

表1-1和表1-2分别列举了平面不规则和竖向不规则的建筑类型。对于因建筑或工艺要