



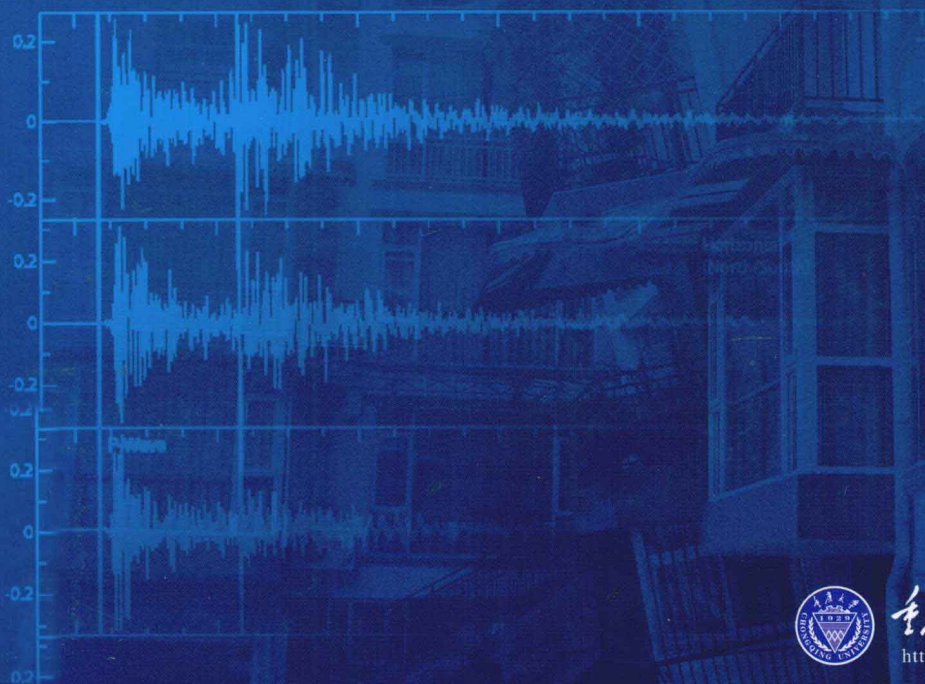
普通高等教育“十一五”国家级规划教材



建筑结构抗震设计

JIANZHU JIEGOU KANGZHEN SHEJI

主编 李英民 杨 溥



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

建筑结构抗震设计

JIANZHU JIEGOU KANGZHEN SHEJI

主编 李英民 杨 溥

参编 刘立平 夏洪流

郑妮娜



重庆大学出版社

内 容 提 要

建筑结构抗震设计是土木工程专业的一门重要课程。本教材是根据《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)以及国家教育部大学本科新专业目录规定的土木工程专业培养要求编写的。全书共7章,分别为地震及抗震设防,抗震设计的基本原则和要求,地震作用,建筑抗震设计方法,地基基础抗震设计,钢筋混凝土结构、砌体结构和钢结构等典型结构的抗震设计原则和步骤,以及结构控制和初步知识。

本书可作为土木工程专业本科建筑结构抗震设计课程的教材,也可以作为研究人员和设计人员的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构抗震设计/李英民,杨溥主编. —重庆:重庆
大学出版社,2011.2

ISBN 978-7-5624-5932-3

I. ①建… II. ①李… ②杨… III. ①建筑结构—抗震设计
IV. ①TU352.104

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 001456 号

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

建筑结构抗震设计

主 编 李英民 杨 溥

策划编辑:王 勇

责任编辑:王 勇 贾兴文 版式设计:王 勇

责任校对:贾 梅 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

重庆升光电力印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:12.75 字数:318千

2011年2月第1版 2011年2月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-5932-3 定价:22.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前 言

建筑结构抗震设计是土木工程专业的重要课程之一,其内容不可避免地涉及复杂的动力问题和非线性问题,具有强烈的综合性。本书作者在多年的科研和教学工作中深切体会到,编写一本由浅入深、注重内容的系统性和逻辑连贯性、体现概念为主的建筑抗震设计教材,对于适应土木工程专业本科教学中面临的课程内容多、学习难度大、课时少的客观事实,是极其重要的。本书即是作者基于上述出发点写成的。

本书在内容组织结构上对以往教材进行了适当调整:首先介绍地震基础知识、抗震防灾的重要意义和建筑抗震设计的基本原则和要求(第1,2章),然后讲述地震作用及其效应的特点和计算方法(第3章)以及现行的建筑抗震设计方法(第4章),之后是地基基础抗震设计(第5章),并重点讲述钢筋混凝土结构、砌体结构和钢结构等典型常用建筑结构的抗震设计原则和步骤(第6章),最后介绍已经成为抗震设计重要内容之一的结构隔震与消能减震技术的基本概念(第7章)。书末给出了必要的几个附录。为便于理解与学习,各章配有习题。

本书编写过程中,恰逢《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)颁布实施,为此及时调整了本书的内容以与新规范相协调。

本书第1,2章由李英民执笔,第3章及附录A—D由杨溥执笔,第4章及第6.2节由刘立平执笔,第6.1节及附录E由夏洪流执笔,第5章及第6.3节由郑妮娜执笔,第7章由董银峰执笔。全书由杨溥和郑妮娜统稿。

本书作为“十一五”国家级规划教材,得到了教育部高等教育司和重庆大学出版社的大力支持,在此表示诚挚的感谢。研究生王丽萍、叶志龙、陈娜、郑良平帮助整理了部分文稿及插图,一并致谢。

因经验和水平有限,书中难免有不少缺点或错误,敬请批评指正,以便及时改进。

李英民 杨 溥
2010年10月

目 录

1 地震与抗震设防	1
1.1 地震基础知识	1
1.1.1 地震的成因	1
1.1.2 地震的类型	2
1.1.3 几个名词	3
1.1.4 震级和烈度	3
1.1.5 地震活动性	4
1.1.6 世界地震分布	5
1.1.7 中国的地震环境	6
1.2 地震灾害与抗震防灾	6
1.2.1 地震灾害	7
1.2.2 地球与地震灾害并存	7
1.2.3 中国的地震灾害	8
1.2.4 抗震防灾	9
1.3 地震动	10
1.3.1 地震波及其构成	10
1.3.2 地震动	10
1.4 建筑抗震设防策略	12
1.4.1 地震中的建筑行为与抗震设防思想	13
1.4.2 建筑抗震设防目标——三水准要求	13
1.4.3 建筑抗震设防目标的实现途径——两阶段设计	15





习题	16
2 抗震设计基本原则和要求	17
2.1 建筑抗震设计的基本特点	17
2.2 抗震设防类别及标准	18
2.2.1 建筑抗震设防类别	18
2.2.2 建筑抗震设防标准	19
2.3 结构设计地震动	19
2.4 概念设计及要求	20
2.4.1 建筑抗震概念设计	20
2.4.2 场地选择	21
2.4.3 结构规则性	21
2.4.4 结构体系	21
2.5 抗震设计计算分析基本要求	23
2.6 非结构构件抗震基本要求	23
2.7 结构材料及施工基本要求	24
习题	24
3 地震作用	25
3.1 概述	25
3.2 结构地震作用	27
3.2.1 单自由度弹性体系的地震反应分析	27
3.2.2 地震反应谱	29
3.3 设计反应谱	31
3.3.1 设计反应谱的定义	31
3.3.2 影响因素	32
3.3.3 场地类别划分	32
3.3.4 抗震设计反应谱	34
3.3.5 单自由度弹性体系的地震作用	35
3.4 结构地震反应分析方法	36
3.4.1 振型分解反应谱法	36
3.4.2 底部剪力法	42
3.4.3 动力时程分析方法	45
3.4.4 静力弹塑性分析方法	49
3.5 竖向地震	50
3.5.1 高耸结构和高层建筑	50
3.5.2 大跨度结构、长悬臂结构	51
3.6 建筑结构的扭转地震作用	52
3.6.1 运动方程建立	52
3.6.2 结构体系考虑扭转影响的地震作用	53

3.6.3	效应组合	54
3.6.4	双向地震作用	55
	习题	56
4	建筑抗震设计方法	57
4.1	两阶段设计方法	58
4.1.1	地震作用计算及地震作用效应调整	58
4.1.2	第一阶段抗震设计	61
4.1.3	第二阶段抗震设计	64
4.2	抗震性能化设计方法	66
4.2.1	性能化设计要求	67
4.2.2	性能化设计的计算要求	67
4.2.3	结构构件抗震性能设计	67
	习题	69
5	地基基础抗震设计	70
5.1	地基基础抗震设计原则及要求	70
5.2	地基抗震验算	72
5.2.1	天然地基的震害特点	72
5.2.2	地基抗震验算	74
5.3	不良地基抗震设计及其防治	77
5.3.1	液化土地基	77
5.3.2	其他不良地基	85
5.4	基础抗震验算	87
5.4.1	天然浅基础的抗震验算	87
5.4.2	桩基的抗震验算	87
	习题	88
6	典型结构抗震设计原则及步骤	90
6.1	钢筋混凝土结构房屋抗震设计	90
6.1.1	钢筋混凝土房屋的震害现象及分析	90
6.1.2	钢筋混凝土结构房屋抗震设计的一般要求	95
6.1.3	框架结构抗震设计	99
6.1.4	抗震墙结构抗震计算与构造	111
6.2	砌体房屋抗震设计	116
6.2.1	多层砌体房屋的震害及分析	116
6.2.2	多层砌体房屋的抗震概念设计	118
6.2.3	多层砌体房屋的抗震计算	120
6.2.4	多层砌体房屋的抗震构造措施	130
6.2.5	底部框架-抗震墙房屋抗震设计	135



6.3 多层和高层钢结构房屋抗震设计	138
6.3.1 多层和高层钢结构房屋主要震害特征	138
6.3.2 多高层钢结构选型与布置	141
6.3.3 多高层钢结构抗震计算及设计	146
习题	158
7 结构控制初步	159
7.1 隔震原理与方法	160
7.1.1 隔震原理	160
7.1.2 隔震结构分析模型	161
7.1.3 常用隔震装置	162
7.2 减震原理与方法	165
7.2.1 耗能减震原理	165
7.2.2 耗能减震装置	166
7.2.3 吸振减震原理	169
7.2.4 吸减震装置	170
7.3 结构主动控制初步	170
7.3.1 基本概念	170
7.3.2 控制原理	171
7.3.3 结构主动控制装置	171
习题	172
附录 A 中国地震烈度表	173
附录 B 我国部分城镇抗震设防烈度及设计地震动参数	176
附录 C 结构自振周期与振型的计算方法	180
附录 D 结构阻尼比的确定方法	184
附录 E 多层抗震框架设计实例	186
参考文献	195

1

地震与抗震设防

地震,作为人们所熟知的一个名词,给人们的印象是山摇地动、房倒屋塌、人畜伤亡!比如,2008年5月12日发生在四川汶川的强烈地震,造成了69 000多人死亡、19 000多人失踪,直接经济损失达到9 400多亿元人民币。

纵观历次大地震,以建筑结构为主的工程设施在地震中所扮演的角色是显而易见的。正是由于大地震中工程设施的损坏,特别是建筑物的倒塌导致了更大规模的财产损失,同时也带来了难以承受的人员伤亡。因此,对于发生的时间、地点、强度和频繁程度等都不确知的地震,采取什么策略和措施,令工程结构在可能遇到的地震中表现出可以令人接受的抗震行为,是摆在土木工程师面前的一个重大问题,更是一项责任和使命。

1.1 地震基础知识

所谓地震,指地球断层发生突然破裂,所产生的能量以波的形式在地球内部传播,传达到地表及其附近造成地表的剧烈振动。地震是一种自然现象。

► 1.1.1 地震的成因

从上述地震的定义可以看出,理解地震的成因应把握两个层面:一是地球内部存在断层,二是断层破裂存在动力或诱因。

首先了解地球的内部构造。众所周知,地球是一个椭球体,长轴半径约6 370 km,短轴半径约6 340 km,二者相差约5‰。地球内部被距地表约60 km的莫霍面(又称M面)和距地表约2 900 km的古登堡面(又称G面)分为三大圈层:



①地壳:地表至 M 面之间,厚约几十千米,主要由岩石构成(表层土和水所占比重很小)。

②地幔:M 面至 G 面之间,厚约 2 900 km,又分为上地幔(M 面至 1 000 km 深处)和下地幔。上地幔中接近地壳的部分仍为岩石,这部分和地壳称为地球岩石圈。之下是几十至几百千米的软流层,岩石以黏塑、软流状存在。

③地核:G 面以下。就物理性质而言,距地表越深,构成物质的密度越大,承受压力越大,温度越高。

板块构造运动学说是目前被广泛认可的学说,有许多证据可以印证该学说。该学说认为,地球岩石圈可以分为六大板块,即:欧亚大陆板块、太平洋板块、美洲板块、非洲板块、印澳板块、南极板块。这些板块位于地球的软流层之上,软流层内的物质在大洋中脊涌出至洋底,在大洋板块和大陆板块边缘的海沟处插入软流层,形成“对流”,并构成海底的扩张从而产生板块运动。这是大多数地震形成的宏观背景。

事实上,岩石圈不仅有六大板块,在板块内部也并非均匀,而是存在很多大小不同的断裂面,大的断裂面即是断层。目前已经探明了不少断层,但还有很多是没有认识到的断层。

其次看断层破裂的动因。断层的破裂是地震发生的局部机制,其实也是结果,诱发断层发生破裂的原因则可以理解为地震发生的宏观背景。

就大多数地震而言,地球本身的运动特点、内部构造和物理性质(如温度、压力等)形成了地幔软流层物质的对流,从而构成板块的构造运动,导致不同板块间的冲撞挤压摩擦或是板块内部不均匀变形积累应变能,当能量达到或超过断层岩体的承载能力时,岩体发生突然间的破裂,短时间内释放出大量的能量。这些能量以地震波的形式向四周传播,其中大部分以热能的形式在地球介质内部耗散,而另一部分形成为动能,造成地表的剧烈振动。

当然,不仅板块构造运动可以诱发地震,一些人类的活动(如大规模的地下开采和水库建设等)也可能导致断层岩体应力的变化,从而诱发地震。

► 1.1.2 地震的类型

对于非常复杂的地震来讲,从不同的角度可以有多种分类方法。

按照成因,地震可以分为构造地震、火山地震、陷落地震和诱发地震等。由于地球构造运动引起的地震,称为构造地震,这类地震发生次数最多,约占全球地震总数的 90% 以上,是地震工程的主要研究对象;由于火山爆发,岩浆猛烈冲出地表或气体爆炸而引起的地震称为火山地震,这类地震约占全球地震总数的 7%,在我国很少见;由于地表或地下岩层较大的溶洞或古旧矿坑等的突然大规模陷落和崩塌而导致的地面震动称为陷落地震,这种地震级别不大,很少造成破坏;由于地下核爆炸、水库蓄水、油田抽水、深井注水、矿山开采等活动引起的地震称为诱发地震,这类地震一般不强烈,仅个别情况会造成灾害。

按照震源深度,地震可分为浅源地震(震源深度 ≤ 70 km)、中源地震(70 km $<$ 震源深度 < 300 km)和深源地震(震源深度 ≥ 300 km)。震源越深,对地表造成的影响越小,灾害也越小。多数地震属于浅源地震。

按照发震位置,地震可分为板边地震和板内地震。板边地震发生在板块边缘附近,地点集中、发生频率高,约占全球地震总数的 75%,但由于与人类活动不直接相关,危害性通常较小。板内地震则发生地点零散,危害性通常较大。

按强度大小,地震又可分为弱震、有感地震、中强震和强震等。弱震指震级小于3级的地震,如果震源不是很浅,这种地震人们一般不易觉察;有感地震的震级在3到4.5级,这种地震人们能够感觉到,但一般不会造成破坏;中强震指震级大于4.5级而小于6级的地震,属于可造成破坏的地震,但破坏轻重还与震源深度、震中距等多种因素有关;强震是指震级 ≥ 6 级的地震,其中震级 ≥ 8 级的又称为巨大地震。

► 1.1.3 几个名词

地壳岩层因受力达到一定强度而发生破裂,并沿破裂面有明显相对移动的构造称为断层。地球内部断层发生破裂的位置称为震源(见图1.1)。震源到地面的垂直距离称为震源深度。

震源在地表面的垂直投影称为震中。有时人们也称破坏最严重的区域的几何中心为震中。由仪器测定的震中称为仪器震中或微观震中,根据现场破坏情况确定的震中称为宏观震中或现场震中,二者常有一定差别。地面上某点至震中的地表距离称为震中距。

地面破坏程度相似的点连接起来的曲线称为等震线。

在一定时间内(一般是几十天至数月)相继发生在同一震源区的一系列大小不同的地震,且其发震机制具有某种内在联系或有共同的发震构造的一组地震总称为地震序列。在某一地震序列中,最大的一次地震称为主震。主震之前发生的地震称为前震,主震之后发生的地震称为余震。

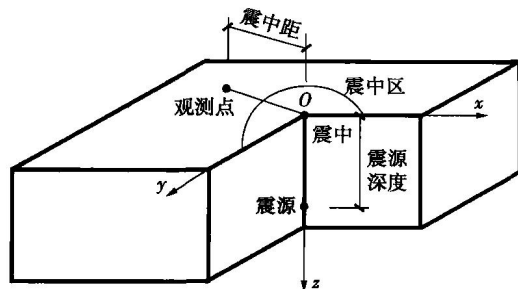


图 1.1 地震名词示意图

► 1.1.4 震级和烈度

地震的大小通常用震级表示。震级就是一次地震释放能量多少的度量。震级有多种定义,通常用规定仪器所测定的、地震所造成的规定震中距地表上的最大水平位移来标定,当测定仪器和震中距不是规定值时,需要换算成规定值。较常用的震级是里氏震级,记为 M_L 。根据我国现用仪器,近震(震中距小于1 000 km)震级 M_L 按下式计算:

$$M_L = \lg A + R(\Delta) \quad (1.1)$$

式中 A ——地震记录图上量得的以 μm 为单位的最大水平位移;

$R(\Delta)$ ——依震中距 Δ 而变化的起算函数。

震级 M_L 与震源释放能量 E (单位为 erg , $1\text{erg} = 10^{-7}\text{J}$)之间的关系为:

$$\lg E = 1.5M_L + 11.8 \quad (1.2)$$

式(1.2)表示的震级通常采用里氏震级。震级与地震能量的对数成线性关系,表明震级每提高一级,能量增加约32倍。

显然,一次地震客观上只有一个能量释放水平,那么只可能有一个震级。至于一次地震,不同部门可能给出不同的震级水平,只能反映出观测误差、人们对地震认识水平等的不足。

地震烈度是指地震对地表和工程结构影响的强弱程度。由于同一次地震对不同地点的

影响不一样,随着距离震中的远近变化,会出现多种不同的地震烈度。一般来说,距离震中越近,地震烈度就越高;距离震中越远,地震烈度也越低。由于一个地区遭受地震影响的强弱程度是一个宏观概念,没有一个专门的物理量来度量,所以烈度是一个综合指标,对烈度进行非常细致的划分是没有实质意义的。鉴于烈度的综合性、宏观性等特点,烈度只能是分等级的,不存在小数。为评定地震烈度而建立起来的标准称为地震烈度表。不同国家所规定的地震烈度表往往是不同的,多数国家采用12个等级(MMI烈度表)。我国规定的地震烈度表见附录A。

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(见图1.2)。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。

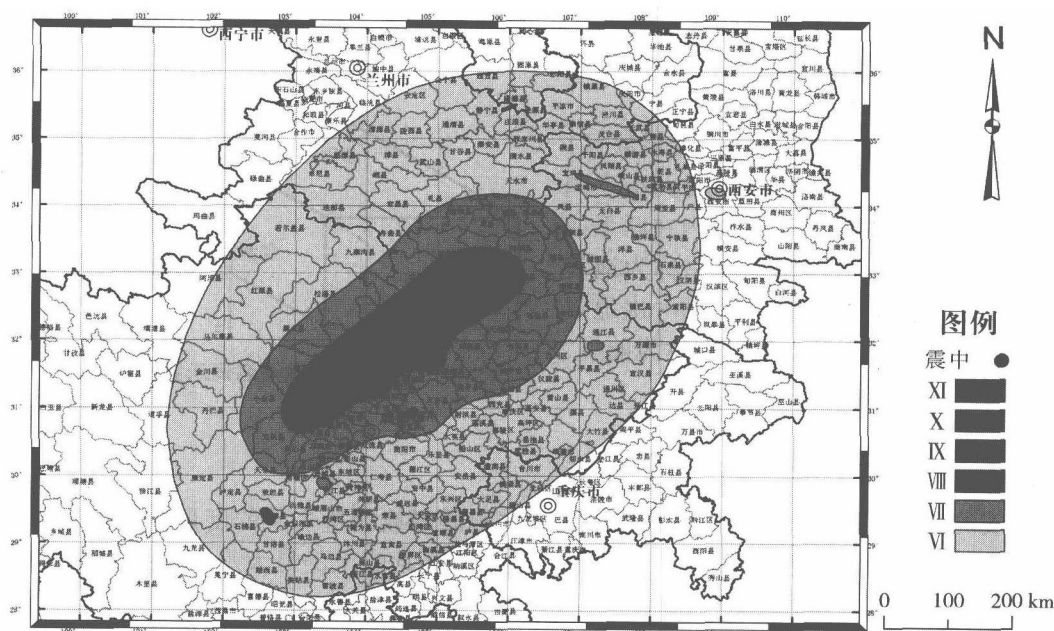


图 1.2 汶川地震等烈度线分布图

震中区的地震烈度称为震中烈度。粗略地表示为:

$$M_L = 1 + \frac{2}{3} I_0 \quad (1.3)$$

式中 I_0 ——震中烈度。

震级和烈度一定程度上都表明了一次地震的强弱程度,但二者有本质的区别。其关系类似于一个灯泡的瓦数与照度、炸药的 TNT 与冲击程度的关系。一次地震的震级是固定的,随着距离和场地条件等的不同,不同地区的烈度是不一样的。

► 1.1.5 地震活动性

所谓地震活动性,是指地震发生的时间、空间、强度和频度的规律。由于地震的发生是一

► 1.1.7 中国的地震环境

我国地处欧亚大陆东南部,位于环太平洋地震带和欧亚地震带之间,有些地区本身就是这两个地震带的组成部分。受太平洋板块、印度洋板块和菲律宾板块的挤压作用,我国地质构造复杂,地震断裂带十分发育,地震活动的范围广、强度大、频率高。我国发生的地震占全球大陆地震的 $1/4 \sim 1/3$ 。

中国的地震在空间上也大致呈条带形分布(见图 1.4)。东部主要有郯城—庐江地震带、河北平原地震带、汾渭地震带、燕山—渤海地震带、东南沿海地震带、台湾地震带等;西部主要有北天山地震带、南天山地震带、祁连山地震带、昆仑山地震带和喜马拉雅地震带;中部为南北地震带,贯穿宁夏、甘肃、青海、四川、云南等地。



图 1.4 中国地震带示意图

按照区域,我国的地震分布又划分为 10 个地震区和 23 个地震亚区,这些亚区又分为 30 个地震带。东部的 5 个地震区是台湾、南海、华南、华北和东北;西部的 5 个地震区是青藏高原南部、青藏高原中部、青藏高原北部、新疆中部和新疆北部。

据统计,近一个世纪以来,我国6级以上地震约500次,7级以上地震约100次,8级以上地震10次。除贵州、浙江外,其余省份都发生过6级以上地震。

近期我国正处于新的地震活跃期。

1.2 地震灾害与抗震防灾

作为地壳运动的一种形式,地震的发生是不能阻止的。但地震本身并不是灾害,当它达

到一定强度,发生在人类生存的空间范围,且人们尚没有足够的抵御能力时,便可造成灾害。地震越强,人口越密,抗御能力越低,灾害越重。

不幸的是,地震已经成为最严重的自然灾害之一。有记载以来,地震给人类所造成的灾难不胜枚举。人类的生存和发展,必须面对地震灾害问题。

► 1.2.1 地震灾害

所谓灾害,指任何引起人员伤亡、财产损失且超出承受能力必须向外界求援的恶性事件。一次地震发生后,随地震强度、区域防灾减灾能力等复杂的自然和社会因素的不同,可能导致不同的结果。对于震级小、防灾抗灾能力强的情形,可能没有造成灾害;而当震级大、防灾抗灾能力差时,则会形成程度不同的灾害。

地震所造成的灾害可以分为直接灾害和次生灾害两类。地震直接灾害是指由地震的原生现象如板块断层错动,大范围地面倾斜、升降和变形以及地震波引起的地面震动等所造成的直接后果。主要包括:

- ①建筑物和构筑物的破坏或倒塌,地面破坏,如地裂缝、地基沉陷、喷水冒砂等;
- ②山体等自然物的破坏,如山崩、滑坡、泥石流等;
- ③水体的振荡,如海啸、湖震等;
- ④其他直接事件,如地光烧伤人畜等。

地震直接灾害是造成震后人员伤亡、工程设施毁坏、社会经济受损等灾害后果最直接、最重要的原因。

地震次生灾害指因地震打破了自然界原有的平衡状态或社会正常秩序从而导致的灾害,如地震引起的火灾、水灾,有毒容器破坏后毒气、毒液或放射性物质等泄漏造成的灾害等。

地震后会引发种种社会性灾害,如瘟疫与饥荒。社会经济技术的发展还可能带来新的继发性灾害,如通信事故、计算机事故等。

地震灾害的突出特点主要表现为:

- ①突发性,巨大的地震灾害发生在短暂的瞬间;
- ②空间不均匀性,灾害发生在非常局限的空间上;
- ③不确定性,人们无法准确预知其时间、空间和程度;
- ④严重性,一些大地震造成的灾害甚至是毁灭性的。

► 1.2.2 地球与地震灾害并存

地球伴随着地震的发生,同时也经历着一次又一次的地震灾害。以下是1900年以来死亡人数超过1万人的世界最严重的地震灾害:

- 1908年12月28日,意大利最南端和西西里岛东部 $M_L 7.2$ 级地震,死亡12.3万人;
- 1915年1月13日,意大利阿维扎诺地区 $M_L 7.5$ 级地震,死亡近3万人;
- 1920年12月16日,中国甘肃 $M_L 8.6$ 级地震,死亡20万人;
- 1923年9月1日,日本关东 $M_L 8.3$ 级地震,死亡超过14万人;
- 1927年5月22日,中国西宁 $M_L 7.9$ 级地震,死亡约20万人;
- 1932年12月25日,中国甘肃 $M_L 7.6$ 级地震,死亡约7万人;



1935 年 5 月 30 日,巴基斯坦奎达 $M_L7.5$ 级地震,死亡 3 万多人;
1939 年 1 月 24 日,智利 $M_L8.3$ 级地震,死亡约 2.8 万人;
1939 年 12 月 27 日,土耳其埃尔津詹 $M_L7.9$ 级地震,死亡 3.2 万多人;
1948 年 10 月 5 日,土库曼斯坦 $M_L7.3$ 级地震,死亡超过 11 万;
1950 年 8 月 15 日,印度阿萨姆邦 $M_L8.6$ 级地震,死亡 3 万多人;
1970 年 5 月 31 日,秘鲁 $M_L7.9$ 级地震,死亡 6 万多人;
1976 年 2 月 4 日,危地马拉系列地震,最高震级 $M_L7.5$ 级,死亡 2.3 万多人;
1976 年 7 月 28 日,中国唐山 $M_L7.8$ 级地震,死亡 24 万多人;
1978 年 9 月 16 日,伊朗塔巴斯 $M_L7.7$ 级地震,死亡 2.5 万人;
1988 年 12 月 7 日,亚美尼亚 $M_L6.9$ 级地震,死亡近 2.5 万人;
1990 年 6 月 21 日,伊朗西北地区 $M_L7.7$ 级地震,死亡 5 万多人;
1993 年 9 月 30 日,印度马哈拉邦 M_L6 级地震,死亡 1 万人;
1999 年 8 月 17 日,土耳其西部地区 $M_L7.4$ 级地震,死亡 1.7 万多人;
2001 年 1 月 26 日,印度古吉拉特邦 $M_L6.7$ 级地震,死亡 2.5 万人;
2003 年 12 月 26 日,伊朗巴姆古城 $M_L6.5$ 级地震,死亡 1.7 万多人;
2004 年 12 月 26 日,印尼苏门答腊岛 M_L9 级地震,引发海啸,死亡 12 万多人;
2005 年 10 月 8 日,巴基斯坦克什米尔地区 $M_L7.6$ 级地震,死亡 7.3 万人;
2008 年 5 月 12 日,中国四川汶川 $M_L8.0$ 级地震,死亡 6.9 万人。

► 1.2.3 中国的地震灾害

我国是地震灾害最为严重的国家之一。据统计,20 世纪以来,我国因地震造成的死亡人数占世界同期地震死亡人数的一半以上。

史料记载,我国历史上多次遭受地震灾害,如(地震震级均为估计值):

公元 138 年 2 月 28 日,甘肃金城、陇西地震,是人类历史上第一次用仪器(候风地动仪)记录到的破坏性地震;

1303 年 9 月 17 日,山西洪洞、赵城 8 级地震,“村堡移徙,地裂成渠,人民压死不可胜计”;

1556 年,陕西华县 8 级地震,死亡人数高达 83 万人,是死亡人数最多的地震;

1605 年 7 月 13 日,广东琼山地震,是海南的最大地震,死亡人数不详;

1668 年 7 月 25 日,山东莒县、郯城 8.5 级地震,破坏区面积 50 万 km^2 以上;

1679 年 9 月 2 日,河北三河、平谷 8 级地震,是北京附近最大的地震,死亡人数不详;

1695 年 5 月 18 日,山西临汾 8 级地震,破坏区域纵长 500 km;

1733 年 8 月 2 日,云南东川 7.5 级地震,是详细记述地面断裂的地震;

1739 年 1 月 3 日,宁夏平罗、银川 8 级地震,引起水灾、火灾;

1833 年 9 月 6 日,云南嵩明 8 级地震,破坏范围半径达 260 km;

1867 年 12 月 18 日,台湾基隆近海 6 级地震,引起海啸。

1900 年以来,中国同样遭受了严重的地震灾害,如:

1920 年 12 月 16 日,宁夏海原 8.5 级地震,死亡 24 万人,毁城 4 座,数十座县城遭受破坏;

1927年5月23日,甘肃古浪8级地震,死亡4万余人;

1932年12月25日,甘肃昌马堡7.6级地震,死亡7万人;

1933年8月25日,四川茂县7.5级地震,巨大山崩使岷江断流,壅坝成湖;

1950年8月15日,西藏察隅8.6级地震,雅鲁藏布江被截成四段;

1966年3月8日和3月22日,河北邢台6.8级和7.2级地震,死亡8000余人;

1970年1月5日,云南通海7.7级地震,死亡1.5万余人;

1975年2月4日,辽宁海城7.3级地震,因成功预报得以避免重大损失;

1976年7月28日,河北唐山7.8级地震,死亡24.2万人;

1988年11月6日,云南澜沧7.6级、耿马7.2级地震(相距120 km),两座县城被夷为平地,死亡700余人;

1999年9月21日,台湾集集7.3级地震,是台湾最大的地震,死亡5000余人;

2008年5月12日,四川汶川8.0级地震,直接严重受灾地区达10万 km^2 ,死亡6.9万余人,伤37.5万人,失踪1.9万人,直接经济损失达9841亿元。

影响地震灾害大小的因素有自然因素和社会因素两个方面,涉及震级、震中距、震源深度、发震时间、发震地点、地震类型、地质条件、建筑物抗震性能、地区人口密度、经济发展程度和社会文明程度等。造成中国地震灾害极其严重的原因是多方面的,主要有:

①地震多发、强度大。我国处于欧亚地震带和环太平洋地震带上,构造复杂,地震活动频繁,绝大多数地震是发生在大陆地区的浅源地震,具有震源浅、频度高、强度大、分布广的特征,是世界上大陆地震最多的国家。

②经济欠发达、抗震能力低。相对于多地震的发达国家,我国(尤其是广大农村和相当一部分城镇)建筑物的抗震性能较差,同等震级的地震成灾率较高。

③国土面积大、人口众多。相对于多地震的发展中国家,我国地震区面积大,许多人口稠密地区,如台湾、福建、四川、云南等都处于地震的多发地区,约有一半城市处于地震多发区或强震波及区。

► 1.2.4 抗震防灾

从上节所描述的地震灾害不难得出结论,人类要生存和发展,必须与自然抗争,抗震防灾正是人类与自然抗争的方式之一,也是社会赖以发展的基础之一,更是社会可持续发展的必由之路。抗震防灾能力已经成为衡量社会文明进步的重要指标之一。

不能因为地震是不可避免的自然现象就怀疑抗震防灾的可行性和有效性。人类在与地震灾害的抗争中已经总结出不少行之有效的防灾、抗灾、减灾和救灾经验,并成功应用于工程实践。不少成功的范例表明,只要充分运用科学技术并加以实施,人类是能够主动、有效地减轻地震灾害的。随着科技水平的发展、社会的进步和财力的积累,人类在抗震防灾中的主观能动性将越来越大。

应该注意到的是,相当程度的地震灾害与工程结构直接相关。土木工程防灾减灾的基本措施通常有4类,即:灾害预测、评估及预警,工程防灾减灾规划,抗灾救灾决策与措施,提高工程结构的抗灾能力。比较而言,提高工程结构的抗灾能力是最根本有效的措施。

不能简单地从字面上理解抗震防灾的含义。除了预防、抵抗地震灾害以外,现代科技的