

土木工程 专业专升本系列教材

TUMUGONGCHENGZHUANYE
ZHUANSHENGBENXILIEJIAOCAI

建筑结构抗震

本系列教材编委会组织编写

刘明 主编

JIANZHUJIEGOUKANGZHEN

中国建筑工业出版社

352.104

2

土木工程专业专升本系列教材

建筑结构抗震

本系列教材编委会组织编写

刘明 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑结构抗震/刘明主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2004

(土木工程专业专升本系列教材)

ISBN 7-112-05443-5

I. 建... II. 刘... III. 建筑结构-抗震设计-高等学校-教材 IV. TU352.104

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 010515 号

土木工程专业专升本系列教材

建筑结构抗震

本系列教材编委会组织编写

刘明 主编

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京市彩桥印刷厂印刷

*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 11¼ 字数: 224 千字

2004 年 5 月第一版 2004 年 5 月第一次印刷

印数: 1—4,000 册 定价: 16.00 元

ISBN 7-112-05443-5

TU·4767 (11057)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

本书根据专升本的特点和本门课程教学基本要求，为已经取得建筑工程专业或相近专业大学专科学历的人员继续研修本科课程而编写。

本书内容包括：地震基本知识，抗震设防与概念设计，地基和基础的抗震设计，地震作用与结构抗震验算，房屋结构抗震设计，隔震和消能减震设计。

本书既可作为土木工程专业专升本的教材，也可供其他各相关专业及有关工程技术人员参考使用。

* * *

责任编辑：朱首明 吉万旺

责任设计：崔兰萍

责任校对：王金珠

土木工程专业专升本系列教材编委会

- 主任：**邹定琪（重庆大学教授）
- 副主任：**高延伟（建设部人事教育司）
张丽霞（哈尔滨工业大学成人教育学院副院长）
刘凤菊（山东建筑工程学院成人教育学院院长、研究员）
- 秘书长：**王新平（山东建筑工程学院成人教育学院副院长、副教授）
- 成 员：**周亚范（吉林建筑工程学院成人教育学院院长、副教授）
殷鸣镛（沈阳建筑工程学院书记兼副院长）
牛惠兰（北京建筑工程学院继续教育学院常务副院长、副研究员）
乔锐军（河北建筑工程学院成人教育学院院长、高级讲师）
韩连生（南京工业大学成人教育学院常务副院长、副研究员）
陈建中（苏州科技学院成人教育学院院长、副研究员）
于贵林（华中科技大学成人教育学院副院长、副教授）
梁业超（广东工业大学继续教育学院副院长）
王中德（广州大学继续教育学院院长）
孔 黎（长安大学继续教育学院副院长、副教授）
李惠民（西安建筑科技大学成人教育学院院长、教授）
朱首明（中国建筑工业出版社编审）
王毅红（长安大学教授）
苏明周（西安建筑科技大学副教授）
刘 燕（北京建筑工程学院副教授）
张来仪（重庆大学教授）
李建峰（长安大学副教授）
刘 明（沈阳建筑工程学院教授）
王 杰（沈阳建筑工程学院教授）
王福川（西安建筑科技大学教授）
周孝清（广州大学副教授）

前 言

本书根据土木工程专业（专升本）“建筑结构抗震”课程教学大纲的要求，按照新发布的《建筑抗震设计规范》（GB 50011—2001）编写。书中突出成人教育和专升本两大特点，注意与专科教材知识点和结构规范的衔接，使教材内容能平稳过渡、通俗易懂、循序渐进、方便学习。全书共分为六章，分别为地震基本知识、抗震设防与概念设计、地基和基础的抗震设计、地震作用与结构抗震验算、房屋结构抗震设计、隔震和消能减震设计。各章给出了学习要点、计算例题和思考题，以帮助学生理解和掌握各章内容。为适应于实用型人才的培养需要，书中重点强调抗震概念设计、地震作用和抗震构造措施，同时也给出多层砌体和多层框架的抗震验算实例。

本书由沈阳建筑工程学院刘明教授主编，河北建筑工程学院林德忠副教授任副主编。其中第一、二、三、四章由刘明教授编写；第五章第一、二、四节由河北建筑工程学院林德忠副教授编写；第五章第三节由沈阳建筑工程学院贾连光教授、东北电力学院肖琦副教授编写；第六章由沈阳建筑工程学院孙巍巍讲师、刘明教授、张殿惠教授编写。编写过程中，承蒙哈尔滨工业大学土木工程学院陆钦年教授主审，在此表示感谢。

本书的编写，引用参考了一些公开出版和发表的文献，特此向这些作者表示谢意。

由于作者的学识和水平有限，书中不当和错误之处，敬请读者批评指正。

目 录

第一章 地震基本知识	1
第一节 地震	1
第二节 地震震级和地震烈度	3
第三节 地震地面运动的一般特征	7
第四节 地震震害	9
思考题	11
第二章 抗震设防与概念设计	12
第一节 抗震设防的基本概念	12
第二节 抗震设防目标和标准	15
第三节 抗震概念设计	17
思考题	21
第三章 地基和基础的抗震设计	22
第一节 建筑场地	22
第二节 地基和基础的抗震设计	27
第三节 可液化地基和抗液化措施	31
思考题	37
第四章 地震作用与结构抗震验算	38
第一节 地震作用	38
第二节 地震作用的计算方法	51
第三节 地震作用的一般规定	56
第四节 结构的抗震验算	57
思考题	67
第五章 房屋结构抗震设计	68
第一节 多层砌体房屋和底部框架、内框架房屋	68
第二节 多层钢筋混凝土框架结构	98
第三节 多层钢结构房屋抗震设计简述	128

第四节 单层工业厂房和单层空旷房屋	133
思考题	153
第六章 隔震与消能减震结构设计	154
第一节 基本概念	154
第二节 隔震与消能减震设计建筑结构的一般规定	158
第三节 隔震的建筑结构设计	159
第四节 消能减震房屋设计的要点	168
思考题	170
参考文献	171

第一章 地震基本知识

学 习 要 点

通过对地震基本知识的学习，了解地震的成因，地震波的传播特性，地震的分布，地震地面运动的一般特征及地震可能带来的灾害；掌握与地震有关的术语（震源、震中、地震震级、地震烈度、基本烈度等）及它们之间的区别与联系；掌握地震造成的破坏现象和地震宏观调查方法；了解地震的特点、中国地震烈度表和房屋结构抗震学科的发展概况。

第一节 地 震

地震和风、雨、雪一样，是一种自然现象。地球上每天都有地震发生，一年中会发生 500 多万次地震，大约有 5 万次是人们可以感觉到的地震。其中约有 20 次地震会造成严重破坏，至于像 1976 年唐山遭受到那种大地震，大约每年发生一次。总之，地震的规律是：绝大多数的地震对人类不会造成危害，只有强烈的大地震，才会造成人类生命和财产的严重损失。为什么会发生地震呢？这是由于地球在运动发展的过程中，其内部的地质构造作用使地壳积累了巨大的变形能，地壳中的岩层产生很大的应力，当这些应力超过某处岩层的强度极限时，岩石突然破裂、错动，从而将积累的变形能，转化为波动能传播出去，引起地面的震动。我们把这种由于地球内部扰动所释放的能量经由地层传到地表面引起的地面震动称为构造地震。

实际上，地震按其产生的原因，除构造地震外，还有陷落地震和火山地震。由于地下空洞突然塌陷而引起的地震叫陷落地震；而由于火山爆发，岩浆猛烈冲击地面引起的地面震动叫火山地震。一般火山地震和陷落地震强度低，影响范围小；而构造地震释放的能量大，影响范围广，造成的危害严重。工程结构设计时，主要考虑构造地震的影响。

地震开始发生的地方叫震源（图 1-1），是指岩层断裂、错动的部位。震源正上方的地面位置称为震中。震中至震源的距离为震源深度。地面某处到震中的距离称为震中距。

地震引起的振动以波的形式从震源向各个方向传播，这就是地震波。在地球

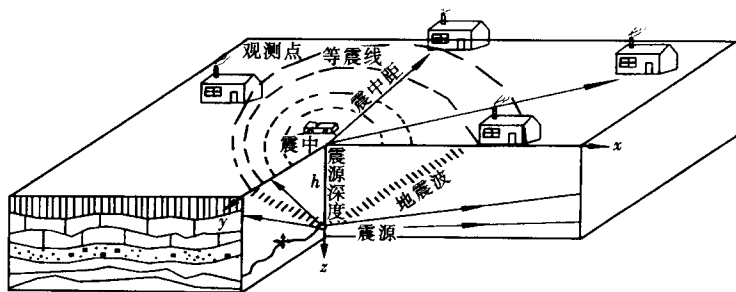


图 1-1 地震术语示意图

内部传播的波称为体波；仅限于在地球表面传播的波称为面波。

体波中包括纵波和横波两种。纵波是由震源向外传播的疏密波，质点的振动方向与波的前进方向一致，使介质不断地压缩和疏松。所以纵波又称压缩波、疏密波。如在空气中传播的声波就是一种纵波。纵波的周期较短，振幅较小。横波是由震源向外传播的剪切波，质点的振动方向与波的前进方向相垂直，亦称剪切波。横波的周期较长，振幅较大。还应指出，横波只能在固体内传播，而纵波在固体和液体内都能传播。由于地球的层状构造特点，体波通过分层介质时，将会在界面上反复发生反射和折射。当体波经过地层界面多次反射、折射后，投射到地面时，又激起仅沿地面传播的面波。

面波包括瑞雷波和洛夫波。瑞雷波传播时，质点在波的传播方向和地表面法向所组成的平面内作与波前进方向相反的椭圆运动，而与该平面垂直的水平方向没有振动。故瑞雷波在地面上呈滚动形式。瑞雷波具有随着距地面深度增加而振幅急剧减小的特性，这可能就是在地震时地下建筑物比地上建筑物受害较轻的一个原因。洛夫波传播时使质点在地平面内作与波前进方向相垂直的运动，即在地面上呈现蛇形运动。洛夫波也随深度而衰减。面波的传播速度约为剪切波传播速度的 90%。面波振幅大而周期长，只在地表附近传播，比体波衰减慢，故能传到很远的地方。

地震现象表明，纵波使建筑物产生上下颠簸，剪切波使建筑物产生水平方向摇晃，而面波则使建筑物既产生上下颠簸又产生左右摇晃。一般是在剪切波和面波都到达时震动最为激烈。由于面波的能量比体波要大，所以造成建筑物和地表的破坏是以面波为主。

地震按震源的深浅，可分为浅源地震（震源深度小于 60km）、中源地震（震源深度在 60~300km）和深源地震（震源深度大于 300km）。一般来说，浅源地震造成的危害最大，发生的数量也最多，约占世界地震总数的 85%。当震源深度超过 100km 时，地震释放的能量在传播到地面的过程中大部分被损失掉，故通常

不会在地面上造成震害。我国发生的地震绝大多数是浅源地震，震源深度一般为5~50km。

从世界范围对地震进行历史性的研究，可以得出历史上地震的分布规律。世界上地震主要集中分布在下列两个地震带：一是环太平洋地震带，它从南美洲西部海岸起，经北美洲西部海岸、阿拉斯加南岸、阿留申群岛，转向西南至日本列岛，再经我国台湾省，而达菲律宾、新几内亚和新西兰，上述环形地带的地震活动性最强，全球约80%~90%的地震都集中在这一地带；二是地中海南亚地震带，它西起大西洋的亚速岛，后经意大利、土耳其、伊朗、印度北部、我国西部和西南地区，再经缅甸、印尼的苏门答腊与爪哇，最后与上述太平洋地震带相联接。此外，在大西洋、印度洋中也有呈条形分布的地震带。

我国地处两大地震带的中间，地震分布相当广泛。除台湾省和西藏南部分别属于上述环太平洋地震带和地中海南亚地震带之外，其他地区的地震主要集中在下列两个地带：南北地震带，北起贺兰山，向南经六盘山，穿越秦岭沿川西直至云南东部，形成贯穿我国南北的条带；东西地震带，西起帕米尔高原，向东经昆仑山、秦岭，然后一支向北沿陕西、山西、河北北部向东延伸，直至辽宁北部，另一支向南向东延伸至大别山等地。

第二节 地震震级和地震烈度

一、地震震级

地震震级是衡量一次地震释放能量大小的尺度。震级的表示方法有很多，目前国际上常用的是里氏震级，其定义首先由里克特（Richter）于1935年给出，即

$$M = \lg A \quad (1-1)$$

式中 M ——里氏地震等级；

A ——用标准地震仪（周期为0.8s，阻尼系数为0.8，放大倍数为2800）在距震中100km处记录的以“ μm ”（ $=10^{-6}\text{m}$ ）为单位的最大水平地面位移。

实际上，地震时距震中100km处不一定恰好有地震观测台站，而且地震观测台站也不一定有上述标准地震仪，这时，应将记录的地面位移修正为满足式（1-1）条件的标准位移，才能按式（1-1）确定震级。

地震是由于岩层破裂释放能量引起的，一次地震所释放的能量称为地震能，用 E 表示。经统计分析，可得震级 M 与地震能 E 之间关系为：

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

式中, E 的单位为尔格 (erg)。1erg = 10^{-7} J。

一般对于 $M < 2$ 的地震, 人们感觉不到, 称为微震; 对于 $M = 2 \sim 4$ 的地震, 人体有所感觉, 称为有感地震; 而对于 $M > 5$ 的地震, 会引起地面工程结构的破坏, 称为破坏性地震。另外, 将 $M > 7$ 的地震习惯称为强烈地震或大地震, 而将 $M > 8$ 的地震称为特大地震。

二、地震烈度

1. 地震烈度与地震烈度表

地震烈度是指地震对地表和工程结构影响的强弱程度, 是衡量地震引起后果的一种尺度。地震烈度表是按照地震时人的感觉、地震所造成的自然环境变化和工程结构的破坏程度所列成的表格。可作为判断地震强烈程度的一种宏观依据。目前, 我国使用的是 1980 年由国家地震局颁布实施的《中国地震烈度表》, 见表 1-1。表 1-1 中的量词: “个别”表示 10% 以下; “少数”为 10% ~ 50%; “多数”为 50% ~ 70%; “大多数”为 70% ~ 90%; “普遍”为 90% 以上。

中国地震烈度表 (1980)

表 1-1

烈度	人的感觉	一般房屋		其他现象	参考物理指标	
		大多数房屋 震害程度	平均震害 指数		水平加速度 (cm/s^2)	水平速度 (cm/s)
1	无感					
2	室内个别静止中的人感觉					
3	室内少数静止中的人感觉	门、窗轻微作响		悬挂物微动		
4	室内多数人感觉; 室外少数人感觉; 少数人梦中惊醒	门、窗作响		悬挂物明显摆动, 器皿作响		
5	室内普遍感觉; 室外多数人感觉; 多数人梦中惊醒	门窗、屋顶、 屋架颤动作响, 灰土掉落, 抹 灰出现微细裂 缝		不稳定器物翻倒	31 (22 ~ 44)	3 (2 ~ 4)
6	惊慌失措, 仓惶 逃出	损坏——个 别砖瓦掉落、 墙体微细裂缝	0 ~ 0.1	河岸和松软土上 出现裂缝。饱和砂 层出现喷砂冒水。 地面上有的砖烟囱 轻度裂缝、掉头	63 (45 ~ 89)	6 (5 ~ 9)

续表

烈度	人的感觉	一般房屋		其他现象	参考物理指标	
		大多数房屋 震害程度	平均震害 指数		水平加速度 (cm/s^2)	水平速度 (cm/s)
7	大多数人仓惶逃 出	轻度破坏 ——局部破坏、 开裂,但不妨 碍使用	0.11 ~ 0.30	河岸出现坍方。 饱和砂层常见喷砂 冒水。松软土上地 裂缝较多。大多数 砖烟囱中等破坏	125 (90 ~ 177)	13 (10 ~ 18)
8	摇晃颠簸,行走 困难	中等破坏 ——结构受损, 需要修理	0.31 ~ 0.50	干硬土上亦有裂 缝。大多数砖烟囱 严重破坏	250 (178 ~ 353)	25 (19 ~ 35)
9	坐立不稳,行动 的人可能摔跤	严重破坏 ——墙体龟裂、 局部倒塌,修 复困难	0.51 ~ 0.70	干硬土上有许多 地方出现裂缝,基 岩上可能出现裂缝。 滑坡、坍方常见。 砖烟囱出现倒塌	500 (354 ~ 707)	50 (36 ~ 71)
10	骑自行车的人会 摔倒;处不稳状态 的人会摔出几尺远; 有抛起感	倒塌——大 部倒塌,不堪 修复	0.71 ~ 0.90	山崩和地震断裂 出现。基岩上的拱 桥破坏。大多数砖 烟囱从根部破坏或 倒塌	1000 (708 ~ 1414)	100 (72 ~ 141)
11		毁灭	0.91 ~ 1.00	地震断裂延续很 长。山崩常见。基 岩上拱桥毁坏		
12				地面剧烈变化、 山河改观		

2. 地震的宏观调查

对应一次地震,在其波及的地区内,根据地震烈度表可以对该地区内每一个地点评出一个地震烈度。中国科学院工程力学研究所于1970年调查通海地震灾害时,发现很难用地震烈度表评定烈度并保证精度在一度以内。为此,提出了“震害指数”的概念,并在“中国地震烈度表(1980)”中得到应用。

用震害指数评价某地区烈度的具体步骤如下:

(1) 确定各类房屋的震害等级

根据建筑物的破坏程度(由基本完好到全部倒塌)分成若干等级,每级用震害等级*i*表示,见表1-2。

建筑物破坏级与震害等级

表 1-2

破坏程度级别	破坏程度	震害等级 i
I	全部倒塌	1.0
II	大部倒塌	0.8
III	少数倒塌	0.6
IV	局部倒塌	0.4
V	裂缝	0.2
VI	基本完好	0

(2) 计算各类房屋的震害程度

某类房屋的震害程度用震害指数 I_i 表示为:

$$I_i = \frac{\sum_{k=1}^m (i \cdot n_i)_k}{N_j} \quad (1-3)$$

$$N_j = \sum_{k=1}^m (n_i)_k \quad (1-4)$$

式中 i ——震害等级;

n_i ——被统计的某类房屋第 i 等级破坏的栋数;

j ——房屋类型;

k 、 m ——不同震害等级的序号和数量;

N_j ——被统计的该类房屋总数。

式 (1-3) 的物理意义是表示该类房屋的平均震害程度。通过算出各类房屋的震害指数, 可以对比各类房屋之间抗震性能的优劣。如某类房屋的震害指数 I 越大, 则说明该类房屋抗震性能越差。

(3) 计算该地区房屋平均震害指数

为了确定某地区房屋平均震害情况, 就要求出该地区各类房屋 (有代表性的房屋结构) 的平均震害指数 I_m 。即:

$$I_m = \frac{\sum I_j}{N} \quad (1-5)$$

式中 $\sum I_j$ ——各类房屋震害指数之和;

N ——不同类别房屋的类别数。

(4) 评价该地区的地震烈度

根据表 1-1 给出的平均震害指数与烈度之间的对应关系, 即可评定出该地区的地震烈度。

三、地震烈度与震级的关系

地震烈度 I 和地震震级 M 是两个不同的概念。两者既相互联系，又有区别，两者的关系可以用炸弹来比喻，地震震级好比是炸弹的装药量，地震烈度则是炸弹爆炸后离爆炸源不同距离各处的破坏程度。对于一次地震，只能有一个地震震级。然而，由于同一次地震对不同地点的影响是不一样的，因此，烈度就会随震中距的远近而有所不同。一般情况是离震中越远，地震烈度越小。震中区的地震烈度最大，并称之为“震中烈度”，用符号 I_0 表示。对于震源深度为 15 ~ 20km 的浅源地震，地震震级 M 和震中烈度 I_0 的对应关系，大致见表 1-3。

地震震级 M 和地震震中烈度 I_0 的关系表

表 1-3

地震震级 M	2	3	4	5	6	7	8	> 8
震中烈度 I_0	1~2	3	4~5	6~7	7~8	9~10	11	12

第三节 地震地面运动的一般特征

地震地面运动的一般特征，可用强震时地震运动加速度记录曲线来说明。图 1-2 给出了 1940 年 5 月 18 日美国加利福尼亚州帝谷 (Imperial Valley) 7.1 级地震中震中距为 9km 埃尔森特罗 (El centro) 测得的 N-S 方向地面运动加速度记录。图 1-2 中的地震地面运动加速度记录曲线是由一系列非周期性的加速度脉冲所组成，初看起来似乎是极不规则的。从曲线外形来看，具有从开始震动，逐步增强，然后再衰减而趋于零的过程。一般可将这一现象称为地震的不平稳性，它取决于震级、震源特性、震中距和地震波传播介质的特性等因素。实际上，所有强震记录都具有如上的特点。研究表明，就建筑结构抗震设计而言，地震地面运动的一般特征可用地面运动最大加速度、地面运动周期特性和强震的持续时间三个参数来描述。

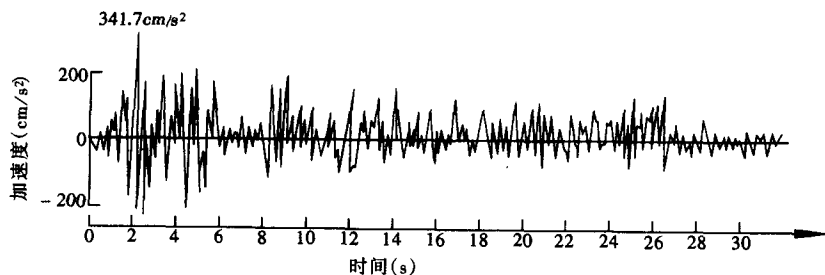


图 1-2 埃尔森特罗地震加速度

一、地面运动最大加速度

人们用静力学观点处理结构抗震设计问题时认为,强震时作用于结构的地震力是一种惯性力,其值主要取决于地面运动的最大加速度,所以地面运动最大加速度是地震地面运动的重要特征参数。另外,地面加速度也可视为地面震动强弱程度的量。实测与研究表明,地震烈度与地面运动最大加速度之间一般存在某种对应关系,所以我国地震烈度表已采用地面运动最大加速度作为地震烈度的参考物理指标。例如,埃尔森特罗地震加速度记录(图 1-2)中的最大值为 341.7cm/s^2 ,由表 1-1 可知,该地区的地震烈度应为 8 度。

地面运动最大加速度无疑与震害有密切关系。一般来说,地面运动最大加速度值增大,则地面建筑震害加重。

二、地震地面运动的周期特性

地震地面运动的周期特性对结构地震反应具有重要的影响。人类已经知道任何建筑物都有其自振周期,假若地震地面运动周期以长周期为主,则它将引起长周期柔性建筑物的强烈地震反应;反之,若地震地面运动周期特性以短周期为主,则它对短周期刚性建筑物的危害就比较大。这就是共振效应的结果。地震地面运动的周期特性,一般可用地震加速度反应谱峰点周期来表示。一般认为,加速度反应谱曲线最高峰点所对应的周期为地震卓越周期;有时也将相对较高的几个峰点所对应的周期都称为地震卓越周期。例如,埃尔森特罗地震加速度反应谱中两个峰点对应的卓越周期分别约为 0.3s 和 0.5s,则埃尔森特罗地震的周期特性属于中等周期。

地震地面运动的周期特性,也可采用下列方法进行粗略的估计。地面运动加速度记录中两个相邻的零点之间的时间间隔作为半周期,并把相应的峰值加速度看作为振幅。加速度记录中最大峰值的波和相对应的周期对结构反应的影响较大,有时周期与相应加速度反应谱的峰点周期大致相对应。因此,地震地面运动加速度记录中最大峰值所对应的周期也可反映该地震地面运动的周期特性。

一般来讲,震级大,断层错位的冲击时间长,震中距离远,场地土层松软、厚度大的地方,其地面运动加速度反应谱的主要峰点偏于较长的周期;相反,震级小,断层错位的冲击时间短,震中距离近,场地土层坚硬、厚度薄的地方,其地面运动加速度反应谱的主要峰点则一般偏于较短的周期。

三、强震的持续时间

地震地面运动的强震持续时间对建筑物的破坏程度有较大的影响。地面运动

特征参数与震害的对比研究表明,在同等地面运动最大加速度的情况下,当强震的持续时间短,则该地点的地震烈度低,建筑物的地震破坏轻;反之,当强震的持续时间长,则该地点的地震烈度高,建筑物的地震破坏重。例如,埃尔森特罗地震的强震持续时间为30s,则该地的地震烈度为8度,地震破坏较严重;而另一次日本松代地震(发生于1966年4月5日),其地面运动最大加速度略高于埃尔森特罗地震,但其强震持续时间比埃尔森特罗地震短很多,仅有4s,则该地的地震烈度仅为5度,未发现明显的地震破坏。

持续时间长的强烈地震将导致较重的结构破坏,可用结构的积累破坏来说明。建筑物从微小的局部开裂到全部倒塌,一般都需要一个过程,完成这个过程的反复震动需要一段时间,而震动过程过短,则不能完成破坏过程。在地震地面运动作用下,当结构反应超过其弹性阶段后,建筑物将产生局部破坏,可能发生一些肉眼不能观察到的微裂缝。在这些微裂缝处,应力状态极其复杂,容易产生应力集中,在震动过程的下一个反复中,即使振动不再加强,微裂缝还可能继续发展;当建筑物的局部破坏严重时,结构体系将改变,在之后的震动过程中各局部之间可能发生碰撞而产生进一步的破裂或很大的错位、移动或局部的倒塌,即建筑物在震动的前一阶段开裂破坏,而在震动的后期倒塌。只有当震动强度特别大时,可能在一刹那间摧毁一栋建筑物,过程极短;假若震动强度略小,一次持续时间短的震动可以使这个破坏过程开始,但不能使整个破坏过程完成。

在震源中的发震断层长度、错位的大小和震源冲击次数等对强震持续时间有较大影响。一次大地震往往伴随着很大的断层活动和多次连续震源冲击。因此不仅导致强震持续时间长,而且在一个很长的地震加速度曲线记录中出现多个峰点。另外,在离开震中比较远的地区或场地覆盖层很厚的地区,由于地震波在不同传播介质的多次反射和折射,也可能使强震持续时间增长。

由此可见,对于一次地震所造成的震害,不能仅依据一个地面运动特征参数值来评价,而不同时考虑地面运动周期特性和强震持续时间等其他特征参数的影响,则所得到的震害评价是不全面的,有时是不正确的。

第四节 地震震害

震害即强烈地震造成的灾害。强烈的地震是一种危害极大的突发性的自然灾害。研究过去地震产生的灾害,是为了防范于未来的大震。目前,在科学技术还不能控制地震发生的情况下,调查研究地震灾害的现状,分析地震灾害的规律,总结人们预防地震灾害和减轻地震灾害的经验,是抗震设防、保证人民生命财产安全的有效途径。因此有必要了解强烈地震造成的灾害。