

新世纪高职高专土建类系列教材

建筑结构抗震设计

付玉辉 主 编
李 达 副主编
张 翎

科 学 出 版 社

2001

内 容 简 介

本书是《新世纪高职高专土建类系列教材》之一,根据现行《建筑抗震设计规范》(GBJ-89)编写,主要讲述了几种常用的民用建筑及工业建筑的抗震设计原理、概念设计方法和构造措施,内容包括:抗震概念设计,场地、地基和基础,结构地震反应分析,抗震构造设计,施工图举例。

书中采用法定计量单位。为了便于读者掌握书中的基本原理和计算方法,各章均附有典型例题和思考题,供读者参考。

本教材主要针对高职高专土建类专业学生编写,同时可作为建筑类其他相关专业的教材和教学参考书,也可供从事相关专业的设计人员和施工人员以及成人教育的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构抗震设计/付玉辉主编.-北京:科学出版社,2001
(新世纪高职高专土建类系列教材)
ISBN 7-03-009504-9

I. 建… I. 付… III. 建筑结构:抗震结构-结构设计-高等学校:技术学校-教材 IV. TU352.104

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 042636 号

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源 海 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2001年8月第一版 开本:720×1000 B5

2001年8月第一次印刷 印张:13½

印数:1—5 000 字数:299 000

定价:15.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换(杨中))

前 言

本书是《新世纪高职高专土建类系列教材》之一,主要讲述了几种常用的民用建筑及工业建筑的抗震设计原理、概念设计方法和构造措施。全书采用了现行最新规范、规程和标准,结合高职高专的特点,强调适用性和实用性,编写密切联系设计、施工等方面的实际情况。本书按 60 学时编写。参加编写的人员有:邢台职业技术学院付玉辉(第一章,第三章,第四章第 4.4、4.5 节);邢台职业技术学院张玉菊(第四章第 4.1、4.2、4.3 节);南阳理工学院张钢(第二章第 2.2、2.3、2.4 节);南阳理工学院马克栓(第二章第 2.1、2.5 节);山西阳泉煤炭专科学校李达(第五章);山西阳泉煤炭专科学校孟胜国(第六章)。

全书由后勤工程学院时卫民博士(高级工程师)主审,特在此表示感谢。

由于水平有限,本教材中难免存在不足之处,恳请读者批评指正。

第一章 震害概况

1.1 构造地震

地震是一种突发的自然灾害。在建筑结构抗震设计中所指的地震,是由于地壳构造的运动使岩层发生断裂、错动而引起的地面振动,这种地震就称为构造地震,简称地震。

地震开始发生的地方叫震源,是指地壳深处发生岩层断裂、错动的部位。震源正上方的地面位置,或震源在地表的投影,叫震中。震中附近地面运动最剧烈,也是破坏最严重的地区,叫震中区或极震区。地面上某处到震源的距离叫震源距。震源到地面的垂直距离,称为震源深度。

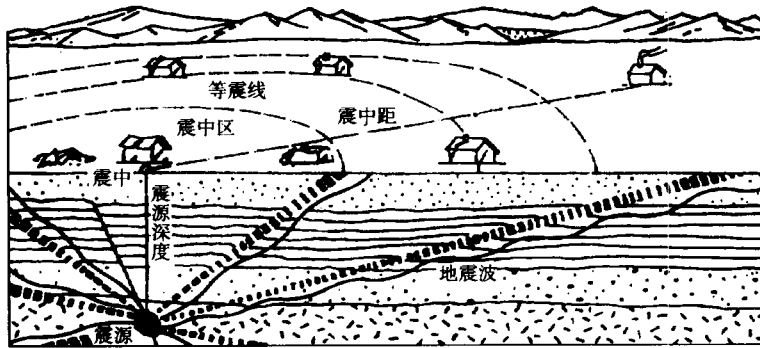


图 1.1 地震术语示意图

一般情况下把震源深度小于 60km 的地震称为浅源地震,震源深度在 60~300km 范围的称为中源地震,大于 300km 的称为深源地震。到目前为止,所观测到的最深地震的震源深度约为 700km。绝大部分地震是浅地震,震源深度集中在 5~20km 左右。一般来说,对于同样大小的地震,当震源深度较深时,则波及的范围也较大,而破坏程度相对较小;当震源深度较浅时,则波及的范围较小,而破坏的程度较大。例如 1960 年 2 月 29 日摩洛哥艾加迪尔城 5.8 级地震,震源深度为 3km,震中区破坏极为严重,震中烈度为 9 度,破坏仅局限在震中附近 8km 范围内;1974 年 4 月 22 日我国江苏溧阳发生了与上述震级相近的地震,而震源深度为 18km,震中烈度仅 7 度强,在离震中 20km 范围内有所破坏。比较这两次地震可见,后者震中破坏比前者要轻得多,前者是一个震源浅,破坏重,影响范围小的典型震例。

1.2 地震震害

地震的震害主要表现在以下几个方面：

1. 地表的破坏现象

(1) 地裂缝

在强烈地震作用下,常常在地面产生裂缝。根据产生的机理不同,地裂缝可分为重力地裂缝和构造地裂缝两种。重力地裂缝是由于在强烈地震作用下,地面作剧烈震动而引起的惯性力超过了土的抗剪强度所致。构造地裂缝与地质构造有关,是地壳深部断层错动延伸至地面的裂缝。



图 1.2 唐山地震中的地裂缝

(2) 喷砂冒水

在地下水位较高、砂层埋深较浅的平原及沿海地区,地震的强烈震动使地下水压力急剧增高,使饱和的砂土或粉土液化,从地裂缝或土质松软的地方冒出地面,形成喷砂冒水现象,这种现象一般要持续很长时间,严重的地方可造成房屋下沉、倾斜、开裂甚至倒塌。

(3) 地面下沉

在强烈地震作用下,在大面积回填土、孔隙比较大的粘性土等松软而压缩性高的土层中往往发生震陷,使建筑物破坏,此外

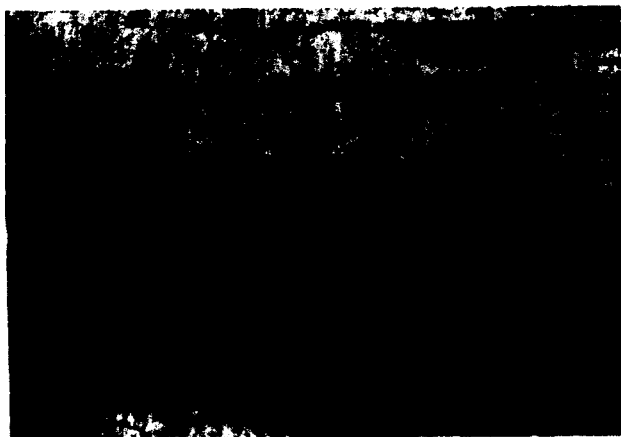


图 1.3 唐山地震中的地面喷砂冒水

在岩溶洞的采空的地区也常发生震陷。

(4) 滑坡、塌方

在强烈地震作用下,常引起河岸、陡坡滑坡,有时规模很大,造成公路堵塞,岸边建筑物破坏。

2. 建筑物的破坏

建筑物的破坏是造成生命财产重大损失的主要原因,按其破坏的形态及直接原因可分以下几类:

(1) 结构丧失整体性

建筑物一般都是由许多构件组成的,在地震作用下,构件连接不牢,支撑长度不够和支撑失效等都会引起结构丧失整体性而破坏。

(2) 承重结构承载力不足而引起的破坏

在地震作用下,结构的内力和变形增大较多,而且受力方式也常常发生改变,导致结构或构件承载力不足或变形较大而破坏。

(3) 地基失效

在强烈地震作用下,地裂缝、滑坡、地面下沉和场地土液化等,导致地基丧失稳定性或降低承载力,造成建筑物整体倾斜、拉裂以至倒塌破坏。

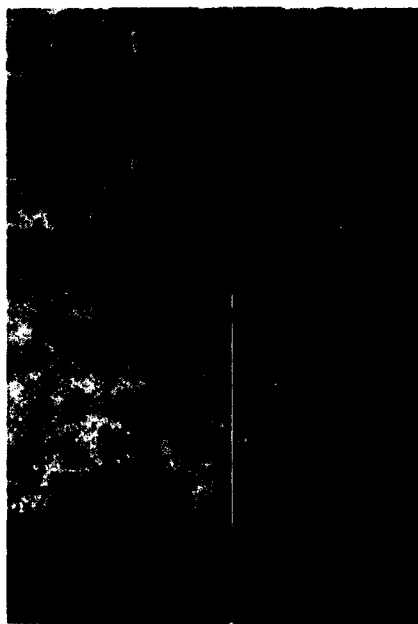


图 1.4 因地陷使房屋破坏



图 1.5 结构丧失整体性

3. 次生灾害

地震除直接造成建筑物的破坏外,还常引起火灾、水灾、有毒物质污染等次生灾害,在城市,尤其是大城市,由次生灾害造成的损失有时比地震直接产生的灾害造成的损失还要大。例如,1923年日本东京大地震,诱发了火灾,震倒房屋 13 万

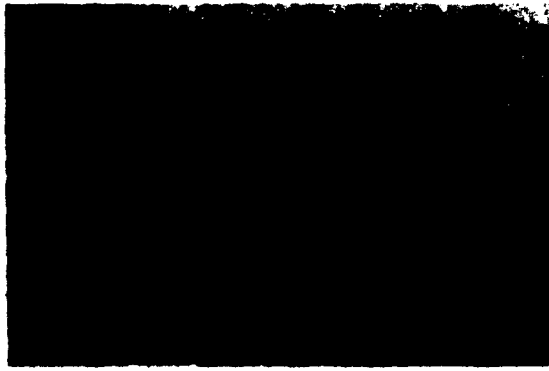


图 1.6 某旅馆因构件强度不足而破坏

幢,而烧毁的房屋达 45 万幢,死亡人数 10 万余人,其中被倒塌房屋压死者不过数千

千人。

1.3 近年来我国的震害情况

我国是世界上多震国家之一,在过去的 80 多年里,共发生破坏性地震 2600 多次,其中 6 级以上地震 500 多次,平均每年 5.4 次,8 级以上的地震 9 次,造成了巨大的经济损失和人员伤亡。近年来我国地震活动起伏增强趋势十分明显。为了最大限度地减轻地震灾害,搞好新建工程的抗震设计是一项重要的根本性的减灾措施。

表 1.1 1950~1988 年中国 7 级以上地震的灾害

序号	震区	时间	震级	震中烈度	受灾面积 /km ²	死亡人数	伤残人数	直接经济损失 /亿元
1	康定	1955.4	7.5	9	5000	84	224	
2	乌恰	1955.4	7.0	9	16000	18		
3	邢台	1966.3	7.2	10	23000	7938	8613	10.0
4	渤海	1969.7	7.4			9	300	
5	通海	1970.1	7.7	10	1777	15621	26783	3.0
6	炉霍	1973.2	7.9	10	6000	2199	2743	
7	永善	1974.5	7.1	9	2300	1641	1600	0.9
8	海城	1975.2	7.3	9	920	1328	4292	4.0
9	龙陵	1976.5	7.6	9		73	297	1.4
10	唐山	1976.7	7.8	11	32000	242769	164851	100.0
11	松潘	1976.0	7.2	8	5000	38	34	
12	乌恰	1985.8	7.4	9	526	70	200	1.0
13	澜沧	1988.11	7.6	9	91732	748	7751	20.5

第二章 抗震概念设计

历次大地震情况表明,地震还是一个难以预测的自然灾害,地震对建筑物的破坏作用也还没有被人们充分认识。20世纪70年代以来,通过对大地震后建筑震害的分析,地震工程研究人员和设计人员逐渐体验到建筑总体方案和细部构造对抗震设计具有第一位的重要意义,并提出了“概念设计”这一名词。

2.1 地震烈度

2.1.1 震级

地震的震级是衡量一次地震大小的等级,用符号 M 表示。

由于人们所能观测到的只是传播到地表的振动,也正是对我们有直接影响的那一部分地震能量所引起的地面振动,所以人们也就自然地用地面振动振幅大小来度量地震的震级。1935年里希特首先提出了震级的定义:震级大小系利用标准地震仪(指周期为0.8s、阻尼系数为0.8、放大倍数2800的地震仪)在距震中100km处记录的以微米($1\mu\text{m}=10^{-3}\text{mm}$)为单位的最大水平地面位移(振幅) A 的常用对数值,即

$$M = \lg A \quad (2.1)$$

式中: M ——地震震级,一般称为里氏震级;

A ——由地震曲线图上量得的最大振幅(μm)。

例如,在距震中100km处,用标准地震仪记录到的地震曲线图的最大振幅 $A=10\text{mm}$ (即 $10^4\mu\text{m}$),于是该次地震震级

$$M = \lg A = \lg 10^4 = 4$$

实际上,地震时距震中100km处不一定恰好有地震台站,而且地震台站也不一定有上述的标准地震仪。因此,对于震中距不是100km的地震台站和采用非标准地震仪时,需按修正后的震级计算公式确定震级。

震级与地震释放的能量有如下关系:

$$\lg E = 1.5M + 11.8 \quad (2.2)$$

式中: E ——地震释放的能量。

一般地,当地震震级相差一级时,地面振动振幅增加约10倍,而能量则增加近32倍。

一般说来, $M < 2$ 的地震,人们感觉不到,称为微震; $M = 2 \sim 4$ 的地震称为有感地震; $M > 5$ 的地震,对建筑物就要引起不同程度的破坏,统称为破坏性地震动; M

>7 的地震称为强烈的地震或大地震动； $M>8$ 的地震称为特大地震。

2.1.2 地震烈度和烈度表

地震烈度是指某一地区的地面及建筑遭受到一次地震影响的强弱程度，用符号 I 表示。

地震烈度是根据人的感觉、家具和物品的振动情况、房屋和构筑物遭受破坏等各方面情况综合起来，从宏观角度对地震影响作出的定量描述。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 2.1)。

表 2.1 中国地震烈度表(1980 年)

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
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	室内人普遍感觉，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，饱和砂层出现喷水冒砂，地面上有的烟囱轻度裂缝、掉头	63 (45~89)	6 (5~9)
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	河岸出现塌方，饱和砂层常见喷水冒砂，松软土地面上裂缝较多，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，行动的人可能摔倒	严重破坏——墙体龟裂，局部倒塌，复修困难	0.51~0.70	干硬土上有许多地方可出现裂缝，基岩上可能出现裂缝、滑坡、塌方。常见砖烟囱出现倒塌	500 (354~707)	50 (36~71)

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 ⁻¹
10	骑自行车的人会摔倒,处于不稳状态的人会摔出几米远,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		

注:1) 1~5度以地面上人的感觉为主;6~10度以房屋震害为主,人的感觉仅供参考;11、12度以地表现象为主。11、12度的评定需要专门研究。

2) 一般房屋包括用木构架和土、石、砖墙构造的旧式房屋和单层或数层的、未经抗震设计的新式砖房。对于质量特别差或特别好的房屋,可根据具体情况,对表列各烈度的震害程度和震害指数予以提高或降低。

3) 震害指数以房屋“完好”为0,“毁灭”为1,中间按表列震害程度分级。平均震害指数指所有房屋的震害指数的总平均值而言,可以用普查或抽查方法确定之(详情参考有关资料)。

4) 使用本表时可根据地区具体情况,作出临时的补充规定。

5) 在农村可以自然村为单位,在城镇可以分区进行烈度的评定,但面积以1km²左右为宜。

6) 烟囱指工业或取暖用的锅炉房烟囱。

7) 表中数量词的说明:个别为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。

地震烈度 I 和地震震级 M 是两个既相互联系、又有区别的概念,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各处的破坏程度。对于一次地震,只能有一个地震震级,而有多个地震烈度。一般情况是离震中愈远,地震烈度愈小;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,大致如表2.2所示。

表 2.2 地震震级 M 和地震震中烈度 I_0 的关系数

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

根据全国范围内既有宏观资料、又有仪器测定的35次地震调查,《中国地震目录》(1983年版)给出了根据宏观资料估定震级的经验公式为

$$M = 0.59I_0 + 1.5 \quad (2.3)$$

地震震级 M 愈大,震中烈度 I_0 愈高。例如 1975 年 2 月 4 日营口-海城地震,地震震级 $M=7.3$ 级,震中烈度 $I_0=9$ 度;1976 年 7 月 28 日唐山-丰南大地震,地震震级 $M=7.8$ 级,震中烈度 $I_0=10\sim 11$ 度。

对应于一次地震,在其波及的地区内,根据地震烈度表可以对该地区内每一地点评出一个地震烈度。我们将地震烈度相同的区域外包线,称为等烈度线或等震线。

图 2.1 为唐山大地震时的地震等烈度线。从图中我们可以看到,等震线是一些不规则的封闭曲线。等震线间距一般取地震烈度差为 1 度。从等震线的分布可以直观地看到地震烈度衰减规律,一般情况是,等震线的度数随震中距的增加而递减,即地震烈度随着震中距的增大而逐渐减小。有时,由于局部地形、地质的影响,也会在某一烈度区域内出现一小块高于该烈度 1 度或低于该烈度 1 度的异常区。

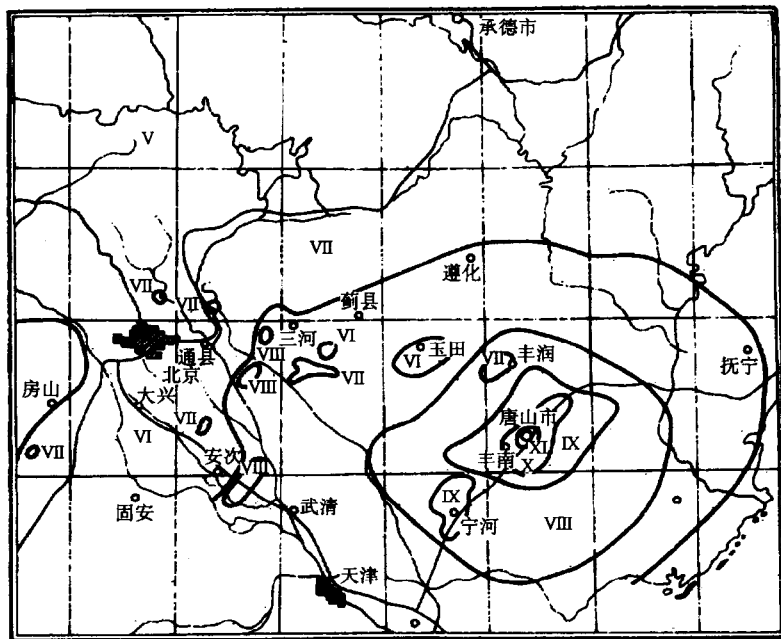


图 2.1 唐山地震等烈度线

我国有关单位根据 153 个等震线的资料,经过数理统计分析,给出了地震烈度 I 、地震震级 M 和震中距 R 之间的关系式

$$I = 0.92 + 1.63M - 3.49 \lg R \quad (2.4)$$

2.1.3 基本烈度和烈度区划图

1. 基本烈度和烈度区划图

强烈地震是一种破坏作用很大的自然灾害。它的发生具有很大的随机性。因此,采用概率方法预测某地区,在未来一定时间内可能发生的最大烈度是具有工程

意义的。为此,《建筑抗震设计规范》(GBJ11-89)¹⁾提出了基本烈度的概念。

一个地区的基本烈度是指该地区今后一定时间内(一般指 100 年),在一般场地条件下可能遭遇的最大烈度。

国家地震局于 1977 年颁布了《中国地震烈度区划图》,该图给出了全国各地的基本烈度的分布,供全国建筑规划和中小型工程设计应用。

图 2.2 所示为中国地震烈度区划图。

编制烈度区划图分两步进行:第一步先确定地震危险区,即未来 100 年内可能发震的地段,并估计每个危险地段可能发生的最大震级,从而确定震中烈度;第二步是预测这些地震影响范围,即根据烈度衰减规律确定影响烈度。由此可见,烈度区划图上所标明的某一地点的基本烈度,总是相应于一定震源的,当然也包括几个不同震源所造成的同等烈度的影响。

2. 近震和远震

理论分析和震害表明,不同大小的地震(震级或震中烈度)对某一地区所引起的烈度相同,对不同动力特性的结构的破坏作用是不同的。一般来讲,震级较大、震中距较远的地震对长周期的高柔结构的破坏比同样烈度的震级较小震中距较近的破坏要重,对周期较短的刚性结构则有相反的趋势。

在同样烈度下,震级、震中距不同的地震,对不同周期的结构所造成的破坏的差异的主要原因是地震波频谱特性不同所致。地震观测表明,地震波中的高频分量随传播距离的衰减比低频分量要快,即震级大、震中距长的地震波主要为低频分量,所以对长周期的高柔结构的地震影响就大。而震级较小、震中距较短的地震波,高频分量没有被衰减或衰减较少,所以对短周期的刚性结构的地震反应就要大些。

为了区别同样烈度下不同震级和震中距的地震对不同动力特性的建筑物的破坏作用,《抗震规范》将烈度为 7 度和 8 度区的地震影响划分为近震和远震两种情况。震中距小于或等于 50km 的称为近震;震中距大于 50km 的称为远震。烈度为 9 度区和 10 度区,一般震中距不会太大,故都属于近震。

如果把 7 度和 8 度区划分近震和远震的震中距以 50km 为界的条件改为以烈度来表示,则可将近震和远震定义为:

近震:当某地区所遭受的烈度比震中烈度低一度或相等时的地震动;

远震:当某地区所遭受的烈度比震中烈度低二度或二度以上时的地震动。

根据我国有关部门所提供的资料表明,我国现行烈度区划图上所标注的基本烈度区,绝大部分地区只需考虑近震影响,需考虑远震影响的城镇大致有如下一些:

8 度:独山子、泸定、石棉。

7 度:侯马、连云港、徐州、淮阴、蚌埠、德州、枣庄、渡口、乌鲁木齐、喀什、伊宁、拉萨、五原、南投、高雄。

1) 以下简称《抗震规范》。

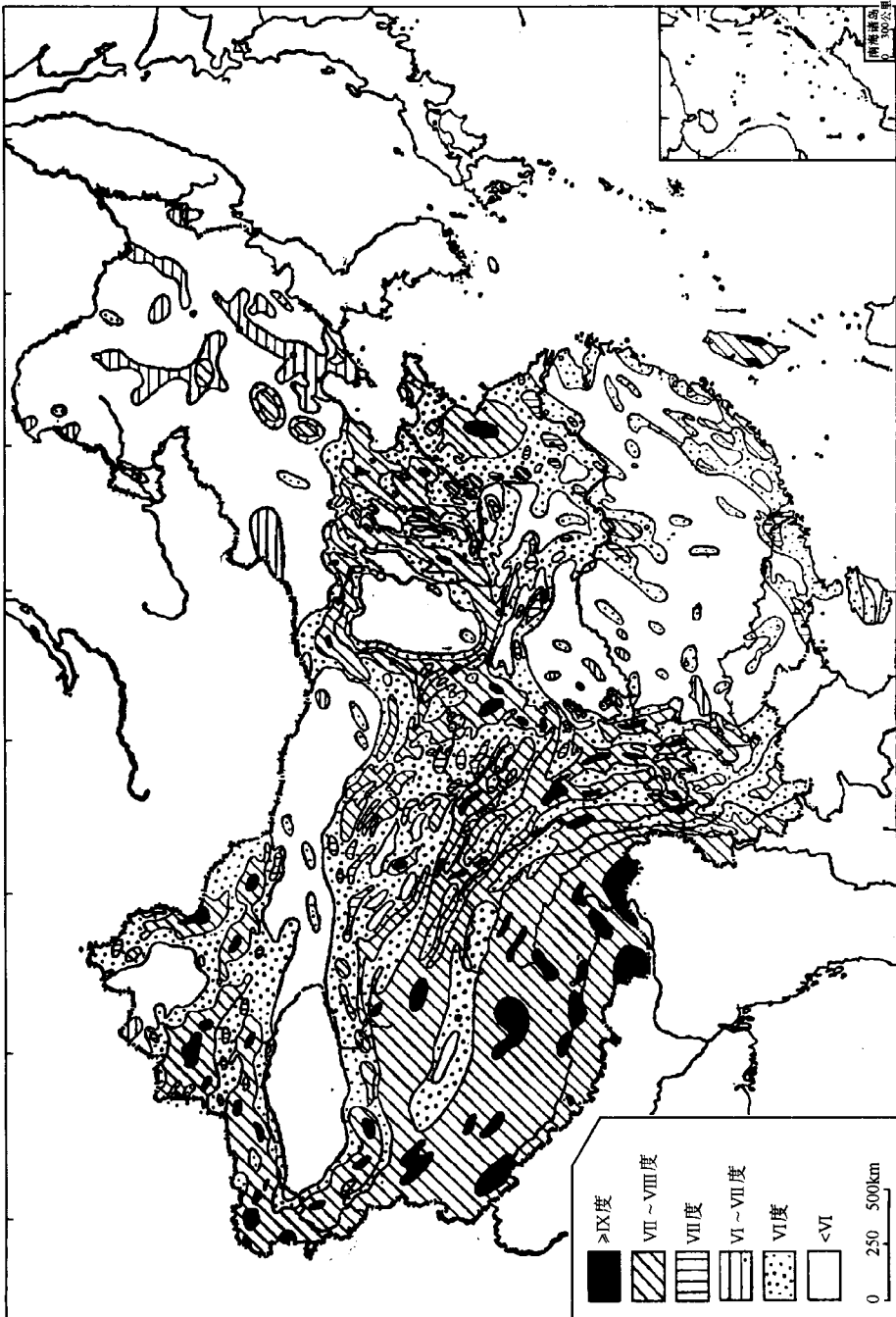


图 2.2 中国地震烈度区划图

6度：赤峰、济宁、青岛、济南、潍坊、阳泉、安丘、本溪、商丘、盐城、定西、承德、哈密、库尔勒、永昌、武威、托克逊、吐鲁番、滁县、莆田、景洪、景谷、雅安、株洲、湘潭、益阳、盐津、招远、泰安。

2.2 建筑分类与抗震设防标准

2.2.1 建筑物重要性分类

在进行建筑设计时,应根据建筑物的重要性不同,采取不同的抗震设防标准。《抗震规范》将建筑物按其重要程度不同分为四类:

甲类建筑——特殊要求的建筑,如遇地震破坏会导致严重后果(如放射性物质的污染、剧毒气体的扩散和爆炸等)和经济上重大损失的建筑;政治上有特殊要求的建筑或其他特别重要的建筑等。

乙类建筑——国家重点抗震城市的生命线工程的建筑(如消防、急救、供水、供电等)或其他重要建筑。

丙类建筑——甲、乙、丁类以外的建筑,如一般工业与民用建筑(公共建筑、住宅、旅馆、厂房等)。

丁类建筑——次要的建筑,如遇地震破坏不易造成人员伤亡和较大经济损失的建筑(如一般仓库、人员较少的辅助性建筑)。

甲类建筑应按国家规定的批准权限批准执行;乙类建筑应按城市抗灾救灾规划或有关部门批准执行。

2.2.2 抗震设防标准

抗震设防是指对建筑物进行抗震设计,包括地震作用、抗震承载力计算和采取抗震措施,以达到抗震的效果。

抗震设防标准是指各类工程按照规定的可靠性要求和技术经济水平所统一确定的抗震技术要求。它的依据是设防烈度,在一般情况下采用基本烈度。

根据《抗震规范》规定,各类建筑的抗震设计应符合表 2.3 要求。

表 2.3 各类建筑物的抗震设计要求

建筑重要性分类	抗震计算	抗震措施
甲	按专门研究的地震动参数计算	采取特殊的抗震构造措施
乙	按本地区的设防烈度计算(6度时除有具体规定外,可不进行地震作用计算)	除规范有具体规定外,按设防烈度提高一度采取抗震措施,9度时可适当提高
丙	同乙	按设防烈度采取抗震措施
丁	不进行地震计算	按设防烈度降低一度采取抗震措施,6度时不再降低

注:当建筑场地为 I 类场地时,除丁类建筑外,可按原烈度降低一度采取抗震构造措施,地震作用仍按原烈度计算,但 6 度时构造措施不应降低。

2.2.3 抗震设防目标

1. 抗震设防目标

近十几年来,不少国家抗震设计规范的抗震设防目标都采取了新的思想。总的趋势是,在建筑使用寿命期间,对不同频度和强度的地震,要求建筑具有不同的抵抗能力,即:对一般较小的地震,由于其发生的可能性大,因此要求遭遇到这种多遇地震时,结构不受损坏,这在技术上和经济上都是可以做到的;对于罕遇的强烈地震,由于其发生的可能性小,当遭遇到这种强烈地震时,要求做到结构完全不损坏,这在经济上是不合算的。比较合理的做法是:应允许损坏,但在任何情况下,不应导致建筑倒塌。

基于国际上的这一趋势,结合我国目前的具体情况,抗震规范提出了“三水准”的抗震设防目标:

第一水准:当遭受到多遇的低于本地区设防烈度的地震(简称“小震”)影响时,建筑一般应不受损坏或不需修理仍能继续使用。

第二水准:当遭受本地区设防烈度的地震影响时,建筑可能有一定的损坏,经一般修理或不需修理仍能继续使用。

第三水准:当遭受到高于本地区设防烈度的罕遇地震(简称“大震”)影响时,建筑不致倒塌或发生危及生命的严重损坏。

在进行建筑抗震设计时,原则上应满足三水准抗震设防目标的要求;在具体做法上,为了简化计算起见,《抗震规范》采取了二阶段设计法,即:

第一阶段设计:按小震作用效应和其他荷载效应的基本组合验算结构构件的承载能力,以及在小震作用下验算结构的弹性变行,以满足第一水准抗震设防目标的要求。

第二阶段设计:在大震作用下验算结构的弹塑性变行,以满足第三水准抗震设防目标的要求。

至于第二水准抗震设防目标的要求,《抗震规范》是以抗震构造措施来加以保证的。

概括起来,“三水准,二阶段”的抗震设防目标的通俗说法是“小震不坏,设防烈度可修,大震不倒”。这种设计思想是基于地震的不确定性、现有的技术条件和经济条件,在可能的前提下,最大限度地限制和减轻地震灾害,保障人民生命财产安全。

2. 小震和大震

在按三水准、两阶段进行建筑抗震设计时,首先遇到的问题是定义大震和小震,以及在各基本烈度区小震和大震的烈度如何取值。

从概率统计意义上说,小震应是发生机会较多的地震,因此,可将小震定义为烈度概率密度曲线上的峰值所对应的烈度,即众值烈度或称多遇烈度时的地震,如图 2.3 所示。根据大量数据分析,确认我国地震烈度的概率分布符合极值 III 型,当

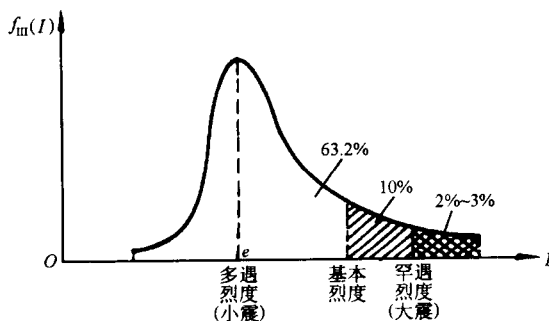


图 2.3 烈度概率密度函数

基准设计期为 50 年时,则 50 年内众值烈度的超越概率为 63.2%,这就是第一水准的烈度。各地的基本烈度,即第二水准的烈度,也就是全国地震烈度区划图所规定的烈度,它在 50 年内的超越概率大体为 10%。大震是罕遇的地震,它所对应的烈度在 50 年内的超越概率约为 2%~3%,这个烈度又可称为罕遇烈度,作为第三水准的烈度。由烈度概率分布分析可知,基本烈度与众值烈度相差约为 1.55 度,而基本烈度与罕遇烈度相差大致为 1 度。例如,当基本烈度为 8 度时,其众值烈度(多遇烈度)为 6.45 度,罕遇烈度为 9 度。

2.3 抗震设计的基本要求

2.3.1 抗震概念设计的重要性

抗震设计主要包括三个方面:概念设计、计算设计和构造设计。

我国现行抗震规范较过去更强调“概念设计”这个概念。所谓概念设计,即指站在较高的角度,正确合理地进行选址、结构总体布置、刚度及强度分析、良好的变形能力设计等大的原则问题,并要考虑到与抗震体系直接相关的关键细部构造及薄弱环节。

20 世纪 70 年代以来,人们在总结大地震灾害经验中发现,对结构抗震设计来说,“概念设计”比“计算设计”更为重要。

这主要是由于地震及地震效应的不确定性和复杂性,以及计算模型与实际情况的差异,因此不能仅依赖计算设计,结构抗震性能的决定因素首先取决于良好的概念设计。

抗震概念设计在选择建筑结构方案和采取抗震措施时,要考虑地震及其影响的不确定性和若干规律性。

1. 地震及其影响的不确定性

实际地震的大小,是现有科学水平难以准确预估的。虽然在确定烈度区划图时是尽量体现科学性、准确性,但由于可供统计分析的历史地震资料有限,在一个地

区发生超过设防烈度的地震是完全可能的。有的原为6度设防地区,却发生了大大超过6度的地震,如1966年河北宁晋地震(10度)、1969年广东阳江地震(8度)、1975年辽宁海城地震(9度),1976年河北唐山地震(11度)等。

同一个建筑场地的地面运动也是不确定的,不同性质的地面运动对建筑的破坏作用不同。地震动随震源机制、震级大小、震中距和传播途径中土层性质不同而变化,影响因素甚为复杂。

2. 地震及其影响有若干规律性

地震及其影响虽然具有不确定性,但根据统计分析,也存在一定的规律性。一般来说,震级大、震中距小时对建筑物破坏大;当震级大、震源深时对远距离的较柔性的建筑物影响大;另外,场地土类别和覆盖层厚度也直接影响结构效应的大小。

抗震概念设计的任务之一,是把地震及影响的不确定性和规律性结合起来,了解所在场地的地震危险性和小区域因素,使选择的结构方案和细部构造能具有较好的抗震性能。

2.3.2 抗震设计的基本要求

根据概念设计原理,在进行抗震设计时,应遵守下列一些基本要求:

1. 场地选择

在选择建筑场地时,一般应注意下列几点:

1)宜选择对建筑抗震有利地段,如开阔平坦的坚硬场地土或密实均匀的中硬场地土等地段。

2)避开对建筑抗震不利地段,如饱和松散粉细砂等易液化土、人工填土及软弱场地土,条状突出的山嘴,非岩质的陡坡,高耸孤立的丘,河岸和边坡的边缘,场地土在平面分布上的成因、岩性、状态明显不均匀土层(如故河道、断层破碎带、暗埋的塘滨沟谷及半填半挖地基)等。当无法避开时,应采取适当的抗震措施。

3)不应在危险地段建造甲、乙、丙类建筑。建筑抗震危险地段,一般指地震时可能发生滑坡、崩塌、地陷、地裂、泥石流等地段,以及发震断裂带上地震时可能发生地表错位的地段。

2. 地基和基础设计

1)同一结构单元不宜设置在性质截然不同的地基土上,也不宜部分采用天然地基,部分采用桩基。

2)地基有软弱粘土、可液化土、新近填土或严重不均匀土层时,宜加强基础的整体性和刚性,以防止地震引起的动态和永久的不均匀变形。

3)在地基稳定的条件下,还应考虑结构与地基的振动特性,力求避免共振的影响。

2.3.3 建筑和结构的布局

无论在建筑平面上或立面上,应力求使质量、刚度、延性等均匀、对称、规整,避免突然变化,如在建筑平面上呈L、T、H、Y形和附加的结构物,容易加大扭转振