

建筑抗震结构手册

(苏) A.M. 库尔马耶夫 著
沈彩文 徐显毅 程 洁 译
黄达民 沈彩文 校

中国建筑科学研究院教育情报部

建筑抗震结构手册

(苏) A.M. 库尔马耶夫 著
沈彩文 徐显毅 程 洁 译
黄达民 沈彩文 校

中国建筑科学研究院教育情报部

目 录

前言

第一章 地震区划分	(2)
第一节 地球构造	(2)
第二节 地震源物理	(4)
第三节 地震波	(5)
第四节 地震裂度	(6)
第五节 地震区域划分图	(7)
第六节 抗震建筑的国民经济意义	(8)
第二章 地震小区划分	(11)
第一节 土的动力性能	(11)
第二节 土质条件对地震裂度的影响	(11)
第三节 地震小区划分	(16)
第三章 计算地震荷载	(20)
第一节 计算地震荷载的确定	(20)
第二节 自振周期和振型	(29)
第三节 地震荷载在建筑物中的分布	(30)
第四章 抗震建筑的原则	(32)
第一节 总则	(32)
第二节 空间平面布置方案	(32)
第三节 结构方案	(33)
第四节 减小地震荷载	(37)
第五节 建筑物承重构件的空间作用	(38)
第六节 塑性变形和能量消散的发展	(40)
第七节 抗震圈梁	(41)
第八节 抗震缝	(42)
第五章 地基与基础	(45)
第一节 地基	(45)
第二节 基础设计的一般规则	(47)
第三节 对材料的要求	(48)
第四节 应用范围	(50)
第五节 浅基础	(55)
第六节 桩基础	(66)
第七节 施工要求及质量检查	(73)
第六章 砖石结构	(77)

第一节	对材料的要求	(77)
第二节	结构在地震时的性状	(80)
第三节	墙的结构处理	(82)
第四节	隔 墙	(90)
第五节	对施工和质量检查的要求	(90)
第七章	装配式钢筋混凝土结构	(97)
第一节	对材料的要求	(97)
第二节	结构在地震时的性状	(98)
第三节	单层承重结构	(99)
第四节	多层承重结构	(103)
第五节	楼板和屋盖	(118)
第六节	墙 体	(124)
第七节	隔 墙	(128)
第八节	构造设计	(132)
第九节	预应力结构	(134)
第十节	对施工和质量检查的要求	(134)
第八章	现浇钢筋混凝土结构	(139)
第一节	对材料的要求	(139)
第二节	结构在地震时的性状	(139)
第三节	承重结构	(142)
第四节	楼盖和屋盖	(144)
第五节	构造设计	(145)
第六节	对施工和质量检查的要求	(152)
第九章	钢结构	(154)
第一节	对材料的要求	(154)
第二节	骨架	(154)
第三节	楼盖和屋盖	(158)
第四节	墙 体	(160)
第五节	施工要求和质量控制	(163)
第十章	其他结构	(164)
第一节	阳台、凹廊和檐	(164)
第二节	过 梁	(164)
第三节	楼梯和电梯	(165)
第四节	房屋装修	(166)
第十一章	焊接工程	(167)
第一节	材 料	(167)
第二节	焊接方法	(172)
第三节	装配式钢筋混凝土结构构件安装中的焊接	(172)
第四节	焊接质量检验	(174)

第十二章 防锈蚀保护 (183)

 第一节 侵蚀介质和材料 (183)

 第二节 保护方法 (186)

 第三节 对施工的要求和质量检验 (189)

第十三章 震害的消除 (194)

 第一节 规划组织措施 (194)

 第二节 房屋调查工作的组织 (194)

 第三节 对材料的要求 (214)

 第四节 修复工程 (215)

附录 (233)

参考文献 (256)

前 言

1986年—1990年及到2000年苏联经济与社会发展基本方向指出：必须大力加速科技进步，在生产中应用科技进步成果，同时在设计中要采用先进的科技成就、经济的空间平面方案，以及新结构、新材料等。目前，新制定的一些定型设计方案和规范文件便符合这一要求。这些方案和文件都是根据我国抗震建筑方面的几个主要科研单位的最新研究成果编制的，考虑了如何提高建筑物和构筑物抗震性能的问题。这个问题所以具有现实意义，是因为在苏联，地震烈度6度和6度以上地区所占面积高达649.4万平方公里，即为全国总面积的29%。在这些地区内有11个加盟共和国，包括9个共和国的首都，5000多个居民点，以及一些大型工业企业和住宅、文化福利建筑(包括现有的、在建的和拟建的)等。对摩尔达维亚共和国来说，抗震建筑问题具有特殊意义，因为该共和国近造五十年间至少三次(1940年，1977年，1986年)遭受近于计算值的地震震害。1977年3月4日，特别是1986年8月31日地震后，对建筑物和构筑物的调查结果表明，对建筑安装工程的质量问题和遵守抗震建筑规范要求问题，是重视不够的。众所周知，这种情况往往会导致非常惨痛的后果。

为了在设计、施工单位技术人员学习与采用现行定型设计方案和抗震建筑规范方面给以实际帮助，本书对许多有关规范文件及各种技术书籍的内容进行了系统的整理，介绍了现代的计算方法以及依所用材料不同而采取的不同抗震措施。在阐述某些问题时，还考虑了1986年8月31日地震后建筑物及构筑物的调查结果。

本书应用了截至1988年6月1日批准的新规范文件和定型设计方案，以及根据1986年8月31日喀尔巴阡山地震后果修订的加盟共和国砖石及现浇结构建筑规范。

第一章 地震区划分

第一节 地球构造

地球为一椭圆柱体，其赤道半径为6378160m，质量为 $5976 \cdot 10^{21} \text{kg}$ ，体积为 $1.083 \cdot 10^{12} \text{km}^3$ ，表面面积为5.102亿 km^2 ，其中世界洋面积3.611亿 km^2 (70.8%)，陆地面积1.491亿 km^2 (29.2%)。

地球为多层岩壳结构体，各层岩壳的矿物组成、密实度、弹性、温度、压力均不相同。表(表1-1)中数据是应用地球物理研究方法，理论计算和试验室实验求得的，[1.2]。

自有人类以来，曾发生过100多次灾难性地震。共夺去了1400多万人的生命，造成了巨大的物质损失。根据联合国资料 [3]，地球每年平均发生一次灾难性地震，近100次破坏性地震，平均造成约14000人死亡 [4]。

地震带来的严重和悲惨的后果，很早就驱使人们去探索产生这种可怕现象的原因。目前已经明确，地震的产生原因是：

- 构造地质运动；
- 工程活动。

与地球发展有关的构造地质运动。表1-2所述是目前构造地质学说明地壳和地幔外层运动所通用的论点。比如，符郎察地区存在着板块移动现象(субдукция)，即向东南方向移动的喀尔巴阡岩石圈板块移向黑海小板块上方，而黑海小板块正在向西北方向移动并移向喀尔巴阡板块下方。在岩石圈板块移动时，应力不断积累，当它达到深层物质的极限值时，便会在碰撞板块的焦面产生变形，出现断裂，从而形成地震源，即不断积累的潜在静能达到最大值后，瞬间转变为动能。

工程活动。水库蓄水。水库蓄水会使附近地区的地震活动增强。比如，在1972年努列克斯克水库蓄水时，当水面标高提高到100m时，地震强度提高到 $M=4.5$ (坝体总高度规定为317m)。

油、气田使用中的抽水及注水。丹佛市区(美国)回注 15200m^3 水，曾是1962-1966年发生一系列地震的原因。气田的使用曾导致了1976年加兹里(газли)地区的强烈地震(4月8日—8~9级，5月17日—9~10级) [5]。

地下核爆炸。内华达(美国)的一系列强烈地下核爆炸提高了地震强度，造成了 $M=6$ 的浅震源构造地震。

近年来，还十分重视另一个地震的原因，即宇宙影响，如太阳活动性，月球和太阳的引力场等，它们都明显地对地球内的岩石运动产生影响。但是就宇宙影响的性质看，把它称为外加力或“启动”机制更为确切。

地震是由地壳或地幔外层瞬间位移和断裂而产生并以弹性振动形式传送至很远距离的一种地表面振动。

地球构造 及不同深度各圈层的密度、压力、温度及地震波速

表1-1

圈 层	圈层名称		深度(km)	密 度 (g/cm ³)	压力(百帕), (10 ³ 大气压)	温 度 (°C)	深层波速(km/s)	
							纵波(V _p)	横波(V _s)
A	地壳		10—40(大陆) 5—15(海洋)	2.4—2.9	1 以内(10)	650以内	6.7—7.6	3.8—4.4
B	地幔	岩石圈*	15—410	3.1—3.5	1—14 (10—140)	650—1600	7.9—8.2	4.6—4.7
	外层	岩流圈**						
C	地幔中层		410—1000	4.5	14—39 (140—390)	1600—2000	8.2—11.4	4.7—0.4
Д	Д'	地幔内层	1000—2700	4.6—5.5	39—126 (390—1260)	2000—2350	11.4—13.6	6.4—7.3
	Д''	—	2700—2900	5.6	126—136 (1260—1360)	2350—2500	13.6	7.3
E	地核外层		2900—4980	9.7—11.9	136—317 (1360—3170)	2500—4700	8.1—10.4	—
F	—		4980—5120	11.9—12.0	317—327 (3170—3270)	4700—4900	10.4—9.5	—
G	地核内层(亚核)		5120—6378	12.0—12.5	327—361 (3270—3610)	4900—5000	11.2—11.3	—

* 岩石圈为地球坚硬岩石圈层，包括地壳和地幔外层坚硬部分。

** 岩流圈为岩石圈下面的地幔外层部分，其硬度、强度较低，具有粘性流动度。

注：地球的平均密度为 5.52g/cm³，比太阳密度高 2.9 倍 (1.41g/cm³)，地球中心温度为 5000°C，低于太阳（表面 6000°C，中心 1700 万°C）。

新兴地球板块构造学

表1-2

地球各部分	运 动	备 注
岩石圈	—	划分为岩石圈大板块
岩石圈板块*	在岩石圈内移动	美洲板块与欧亚、非洲板块之间的距离每年增大 1.0—2.5cm，非洲板块与欧亚板块之间的距离每年减少 1.0—3.0cm，同时印度板块以每年 1.0—3.0cm 速度向欧亚板块移动。
山脉	岩石圈板块的大陆碰撞	高大的喜马拉雅山脉是印度板块与欧亚板块碰撞的结果。 哈依特地震(1949年)、塔什干地震(1966年)、雅拉那什—秋普斯克地震(1978年)、卡依拉辟姆斯克地震(1985年)等都证明目前这一运动的存在。
海岭	岩石圈板块因地球内部喷出的物质而增高并向两旁移动	大西洋、红海等有所扩大。

续表

地球各部分	运 动	备 注
海底地壳	海岭区内较轻的物质从地幔中上升而不断形成新的地壳，且向札瓦里茨基一边奥夫区移动	每隔 3—4 亿年便被新的地幔物质所取代。
札瓦里茨基一边奥夫区**	海底地壳向大陆地壳下移动，并被地幔吸收	堪察加半岛区—千岛群岛—日本；南美太平洋沿岸等
断层	板块滑动	长1000km的加利福尼亚(美国)圣安得列阿斯断层，其移动速度为每年50mm，总移动距离为500km

* 在平面上由海岭扩大区及札瓦里茨基一边奥夫区所限定的地壳段。

** 深6—11km的海洋深水沟，一般位于岛弧的外侧(海洋一侧)。

第二节 地震源物理

震源是地壳岩层或地幔外层出现位移、断裂或破裂的空间(范围)。

震源点是破裂的始点。

震中是震源点在地面上的投影。

震中区是震源区在地面上的投影。

震源依地震始发深度不同分为三类：

一般岩石圈震源——深度在70km以内；

中震(流石圈)源——深度70—300km；

深震源——深度300—700km。

到目前为止，尚未发现深度大于720km的震源。最常见的是一般地震，它在地球各地震活动区都有发生。中震源地震也时常发生，深源地震则偶尔在太平洋岩石圈板块区内发生。各类地震在地震总能量中所占百分比为：一般地震—85%；中源地震—12%；深源地震—3%。震源深度5—300km的地震可视为危险地震，震源深度10—100公里的地震可视为最危险地震。

构造地震震源可定义为在构造切变过程中所积累的应力作用下地球连续物质所产生的活动断裂。

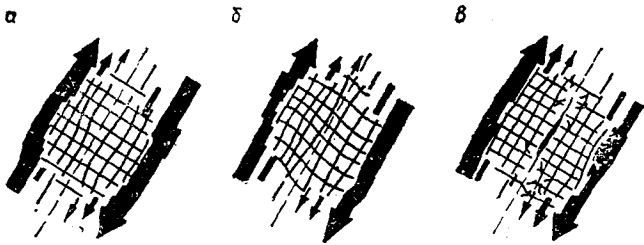


图1—1 震源发生地震的示意图[6]

a——未来震源区的物质尚未变形；b——地球岩层中的缓慢变化使震源区变形；c——出现断裂，产生地震

地震震源中产生断裂的示意图见图 1-1。应力区各个区段中不断出现的断裂，在地面上即表现为不同烈度的地震：

群震——偶然在空间与时间中发生，一般烈度不大且从地震力和释放能量看无明显主震的一组地震；

前震——在一系列地震中最强烈的一次地震(主震)发生之前出现的一些较弱的地震(当某个或某些部位的破坏还不足以使所积累的附加应力全部释放掉。而致主断裂出现时)。前震往往在个别情况下出现，而且不一定会显现出来；

主震——在主断裂处骤然切裂时，主要的附加应力被释放掉，此时所积累的动态能(静能)转化为势能(动能)；

余震——因释放主断裂周围的附加应力而发生于主震之后的相对较弱的地震。

地面上某点到震中的距离为震中距，震中距系沿地面(大圆弧)并常以弧度($1^{\circ}=111.1$ 公里)计算。

第三节 地震波

地震波是岩石或裂缝间某些部位位移及断裂后在震源中发生并在地层中传播的弹性波。

地震波主要有两类：深层波(体波)和面波。体波包括纵波(P)和横波(S)；面波包括瑞雷波(R)和勒夫波(L)。当纵波在介质中通过时，依次形成压缩区和疏张区。此时，质点沿地震波的方向振动，振动周期为0.2—0.5s，固称之为短周期波。当横波在介质中通过时，质点的振动垂直于地震射线方向，振动周期为1.0—5.0s(称长周期波)。

纵波传播速度比横波快70%(表1-1)，因此这两种波传至地面时便表现为两种震相。图1-2为地震仪纪录，从图中可见各类地震波先后出现的时刻。第一相为纵波(P)到达时刻，第二相为横波(S)到达时刻。这两相为前相，面波(R)为地震主相。

地震所以要按地震波类别分相，是因为建筑物和构筑物对土层传递的不同振动具有不同的反应。比如，纵波的短周期振动对于刚性建筑物(砖石、大型砌块、大型板材等结构)来说危害较大；横波长周期振动对柔性建筑物(框架及现浇建筑物、水塔、管道等等)危害较大。在地震前相中可能产生结构损坏，这些损坏会使主相后果更加严重。这一点已被1986年8月31日喀尔巴阡山地震所证实。

瑞雷面波(R)主要在地壳上层岩石中沿底层界面(半空间)传播，其衰减速度比体波慢得多，因此，随着与震中距离的增大，瑞雷面波就强度而言大大高于体波，它传播地震的主要能量，是使土层强烈振动的主要原因。

研究表明，土层的自振周期基本上在0.2-0.3s之间，河流冲积层(砾石层，卵石，砂，粉质粘土等)为0.4-0.5s，三系层为0.6-0.7s)。建筑物的自振周期多数在这一范围内(0.1—1.5s)，因此在地震时就可

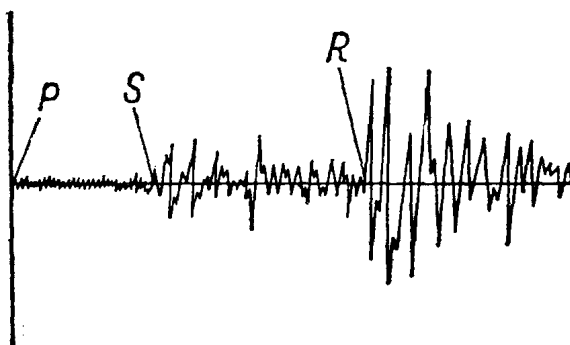


图1-2 地震仪记录

P—纵波到达地面时刻；S—横波到达时刻；
R—瑞雷面波到达时刻

能产生共振,从而使地震作用增强。比如,1986年8月31日喀尔巴阡山地震后,在对基什尼奥夫市建筑物进行工程调查时发现,在某些地段在共振影响下高层建筑物的破坏程度较为严重。

第四节 地震烈度

1901年意大利学者莫加利(Mercali)创制了一种烈度表,将地震依烈度的不同划分为12组。以后,这种烈度表经过了多次改进。到目前为止,一些国家(比如美国)仍在使用“经改进”的莫加利烈度表。我国采用由麦德维捷夫(С·В·Медведев)提出的12度烈度表,其中6—9级范围已经作为国家标准ГОСТ6249-52得到批准。

各国地震烈度表结构的不同给地震烈度信息处理带来了困难,因此,联合国科教文组织地震学与地震工程国际会议(巴黎,1964年)建议使用MSK-1964国际烈度表作为统一烈度表,该烈度表是莫加利—坎坎尼(Cancani)—西贝尔格(Sieberg)烈度表及其它类似的烈度表(其中也包括麦德维捷夫烈度表)的修正表。

1970-1973年,苏联的一些地震学与地震工程专家提出了一个新的地震烈度表和地震烈度测定方法[7]。该烈度表的最终方案(附录1)已于1973年由苏联科学院主席团地震学与地震工程跨部门委员会(MCCCC)会议通过(附录1),并作为规范中地震荷载计算方法的基础[8]。

可应用附录2中的资料对各国烈度表中的地震烈度进行大致的对比。

能记录地壳外层振动、地壳加速度和倾斜的专门仪器(地震仪,加速记录器和倾角仪等)的发明,为编制现代的烈度表提供了可能性。

众所周知,地震烈度(度)标志着震中或震中范围以外的地震力,但地震力随着距震中距离的增大而减弱。这就对所得信息的处理造成了一定困难,而且对震源的一些特征不能进行测定。1935年美国地震学家李希特(Richter)曾提出地震按震源范围和强度分类的解题方法。作为标准,他引入了“震级”概念,而德国地球物理学家古登堡(Gutenberg)对震级(常称为李希特震级)做了理论上的论证。

地震级(M)为一表征地震引起的弹性振动总能量的无量纲值,其值在0.0-9.0之间(表1-3)。

地震按震级、度及数量的分类表 表1-3

地震特征	震级(M)	度(J)	地震年平均数量
灾难性,行星范围	8	11—12	1—2
强震:			
大区域范围	7—8	9—10	15—20
地方性范围	6—7	7—8	100—150
中震	5—6	6—7	750—1000
地方弱震	4—5	5—6	5000—7000

震中地震最大烈度可按下列公式进行初步计算:

地壳震源地震:

$$J_{max}=M+2.5,$$

地幔震源地震:
$$J_{max}=M+1.5.$$

(1.1)

$$J_{max}=M+1.5.$$

(1.2)

当 $M_{nx}=9.0$ 时，释放能量 $E=10^{20}$ 焦耳，这比 $Q_{max}=100_{MT}$ ($E=4\cdot 10^{17}$ 焦耳) 的氢弹能量还大249倍。地震级是由地震台根据面波(M_{LH})或体波(m) 引起的地面振幅计算的，一次地震的震级在地球各点都是相同的，这对确定地震特征是非常便利的。

表1-4是震级与地震烈度(度)的平均对比值。

震级与地震力之间的关系								
表1-4								
震级 M	当震源深度为下值(km)时的地震力(度)							
	300	150	60	40	30	15	10	5
8	6—7	7—8	9	9—10	10—11	—	—	—
7	—	7—8	7—8	8	8—9	9—10	—	—
6	—	—	—	6—7	6—7	8	8—9	—
5	—	—	—	—	—	6—7	7	8
4	—	—	—	—	—	—	—	6—7

第五节 地震区域划分图

对上述地质构造运动进行研究后，便可划分出四个主要地震带，即太平洋地震带，地中海地震带，大西洋地震带和北极地震带。太平洋地震带包括太平洋沿岸一带；地中海地震带包括地中海地区，欧洲，北非和亚洲中部；大西洋地震带包括大西洋沿岸中等纬度地区，1962—1982年间，这些地区及其它地区地震所释放的平均能量见表1-5。

地震总能量的空间分布		
表1-5		
地震带	释放能量(%)	M>6的地震数量(%)
太平洋	87.6	82.0
地中海	8.5	10.5
大西洋	2.2	1.7
南极	1.2	2.9
北极	0.2	0.8
其它	0.3	2.1

苏联国土与最活动的地震带，即太平洋地震带及地中海地震带毗连。

地震区域划分。对建筑工程来说，地震区域划分在于将有地震的国土划分为对建筑物和构筑物具有相同地震影响的几个区。地震危险区包括：摩布达维亚西部，乌克兰西部和南部(克里木,克拉斯诺达尔边疆区和斯塔夫罗波尔边疆区)，卡巴尔达—巴尔卡尔、北奥塞梯、车臣—印古什、达吉斯坦等自治共和国，阿塞拜疆、亚美尼亚、格鲁吉亚、土库曼、乌兹别克、塔吉克、吉尔吉斯、哈萨克东南部等地区，阿尔泰边疆区，新西伯利亚及克麦罗沃州，克拉斯诺亚尔斯克边疆区，图瓦自治共和国，依尔库茨克州，布里亚特自治共和国，赤塔及

阿穆尔州，滨海及哈巴罗夫斯克边疆区，萨哈林州，雅库茨克自治共和国，马加丹州，科曼多尔及千岛群岛等。

作为建筑法规 СНиП II-7-81[8] 的规范性区域划分图(СР-78)是根据10个地区对原始地震学资料和对地震学、地质学和地球物理学资料进行综合研究的基础上制定的 [9]。新制订的区域划分图(СР-78)与过去的不同，它除地震烈度6、7、8、9度及9度以上的区以外，还包括以下资料：

——最可能出现破坏性地震震源的区(BO3区)。这些区依 M_{max} 的不同划分为三类： $M_1 \geq 8.1$ ； $8 \geq M_2 \geq 7.0$ ； $M_3 \geq 6.1$ 。所划分出的BO3区，特别是 $M_1 \geq 8.1$ 的区，是潜在危险最大的区。如要在这些区布置重要的构筑物，则必须细致地进行地震学和工程地质研究。在地震区划域分图中，将BO3区按M值分类还是第一次；

——在近50年中发生标准烈度7、8、9度地震的可能性资料：第一类为0.5；第二类为0.05，第三类为0.005(即地震不同时间间隔的复现率为100、1000和10000年)。各区烈度(度)值的下脚码即为该分类，即 7_1 、 7_2 、 7_3 ； 8_1 、 8_2 、 8_3 ； 9_1 、 9_2 、 9_3 。复现率类别是根据地震可能性为最大值的0.95这一确定地震荷载的条件出发的(表1-6)。在地震区域划分图中对地震复现率进行评价也是第一次；

——在大区域图中标出了破坏性地震震中和震源深度，同时对一些做过深入研究的 $M \geq 7.1$ 的地震还标出了9度的等震线和地震发生年代。

附录3、4、5、6、7列举了建筑法规 СНиП II-7-81中作为标准的各个区的图。图中地震烈度是指Ⅰ类土而言的(表2-1)。摩尔达维亚居民点的地震烈度 [8] 见附录8。

第六节 抗震建筑的国民经济意义

如上所述，苏联的地震区主要分布在震害特别严重的南部和东部边境地区。

由于地震区的建筑安装工程量不断增大，因而抗震建筑问题具有特殊的国民经济意义。资料 [10] 表明，目前苏联用于抗震措施的费用每年已超过3亿卢布。

7、8、9度区地震复现率分类 表1-6

特 征	地震复现率分类		
	1	2	3
复现率(年)	30—300	300—3000	3000—30000
平均复现率(年)	100	1000	10000
至少在该年数以后才会有可能性0.95的地震发生	5	50	500

潜在危险性7、8、9度的地震区约占全国总面积的15%(建筑法规 СНиП II-A.12-69 中为13%)。表1-7所示为各区域不同地震烈度区的面积数据。地震区划分图СР-78中按三类地震可能性划分的各区面积列于表1-8。在对图СР-69批准后十年间所积累的资料进行分析后进一步划分了BO3区，这样就可对烈度区重新进行审查并将烈度9度和9度以上的面积在总体上压缩7.6万km²(约14%)，将烈度6度的面积压缩10.8万km²(约17%)。

СНП II-7-81图(СР-78)中不同烈度区的面积分布[9]

表1-7

大 区 域	不同烈度地震区的面积(km ²)			
	6	7	8	9 及 9 以上
乌克兰西部及摩尔达维亚	92	37	6	—
克里木	11	3	1	—
高加索	87	193	66	—
土库曼	180	98	42	23
哈萨克及中亚	266	347	279	186
阿尔泰及萨彦岭	330	176	96	17
东西伯利亚	738	890	187	182
雅库特及马加丹	903	233	124	—
楚科奇	114	26	—	—
堪察加及科爱多尔群岛	148	63	53	41
千岛群岛	—	—	—	16
萨哈林	30	46	—	—
滨海地区	155	9	—	—
总 计	3054	2121	854	465

СНП II-7-81图(СР-78)中按三种不同地震可能性类别划分的烈度区[9]

表1-8

大 区 域	不同地震烈度(度)时的地震区面积(km ²)											
	7				8				9			
	1	2	3	Σ	1	2	3	Σ	1	2	3	Σ
乌克兰西部及摩尔达维亚	28	9	—	37	6	—	—	6	—	—	—	—
克里木	—	3	—	3	—	1	—	1	—	—	—	—
高加索	128	65	—	193	24	42	—	66	—	—	—	—
土库曼	5	40	53	98	—	38	4	42	—	13	10	23
哈萨克及中亚	67	251	29	347	113	158	8	279	18	168	—	186
阿尔泰及萨彦岭	—	171	5	176	—	96	—	96	—	—	17	17
东西伯利亚	—	388	502	890	—	173	14	187	—	182	—	182
雅库特	—	90	143	233	—	18	106	124	—	—	—	—
楚科奇	—	26	—	26	—	—	—	—	—	—	—	—
堪察加及科曼多尔群岛	63	—	—	63	53	—	—	53	41	—	—	41
千岛群岛	—	—	—	—	—	—	—	—	16	—	—	16
萨哈林	—	46	—	46	—	—	—	—	—	—	—	—
滨海地区	—	9	—	9	—	—	—	—	—	—	—	—
总 计	291	1098	732	2121	196	526	132	854	75	363	27	465

地 震 损 失

表1-9

度	未采取抗震措施建筑物的地震损失 (初始造价的%)	考虑以下烈度的抗震措施下的地震损失 (%)			由于采取考虑以下烈度的抗震措施后所避免的损失 (%)		
		7	8	9	7	8	9
7	14	6	5	4	8	9	10
8	32	—	12	8	—	20	24
9	103	—	—	22	—	—	8

在苏联各地震区居住的居民有4000多万人。规范[8]规定要保证结构的完好。因此,采取抗震措施就会使建筑工程造价提高:当计算烈度为7度时,造价约提高4%;当计算烈度为8度时,造价约提高8%;当计算烈度为9度时,造价约提高11%。然而,规范规定的抗震措施的效益评价并不决定于工程造价的提高额,而决定于所能避免的损失额(表1-9)。

从以上资料可以看出,合理地采取抗震措施,在建筑物施工中严格执行这些措施并在保证建筑物抗震性能条件下努力降低建筑工程造价,对于国民经济来说具有何等重要意义。

第二章 地震小区划分

第一节 土的动力性能

在地震区内,当土壤作为各类建筑物和构筑物的地基或外围介质时,表征该土壤承受及传递外部作用的能力的机械性能,以及地震激起的地震波都具有重要意义。当地震中土壤和建筑物的自振周期相吻合时,地震荷载常由于共振现象而增大。当某地段是地震刚度均匀的松散沉积层,而在其下面是地震刚度比松散沉积层大得多的石质或半石质层时,就常会由于共振现象而使地面上的烈度有所变化。除共振现象外,地下水深度的土壤含水率对地震作用的烈度也有很大影响。

地基位移对建筑物影响的动力效应是决定作用于建筑物上地震力值的土壤最重量的性能之一。在编制规范[8]过程中,根据多次实际地震地震的图资料的处理结果,得出了三类土的不同系数值 β 。

目前,摩尔达维亚科学院地球物理及地质研究所正在根据近十年符朗察区地壳下地震(包括1977年和1986年地震)的反应谱进行地区动力系数 β 曲线图的编制工作。

研究表明,在地震时,上层土与建筑物一起产生位移。因此,建筑物重量乘以相应加速度即得出地震时作用于建筑物的力。根据该规范[8],在计算地震荷载时,采用以占新地震等级表的重力加速度 g 的份额表示的土壤加速度实际幅度的平均值 A (附录1)。

众所周知,地震时伴随产生土壤的振动,该振动会导致土壤物理性能的某些改变。具体地说,地震时内摩擦角 φ 会减小:7级地震时,减小 2° ;8级地震时减小 4° ;9级地震时减小 7° [40]。

第二节 土壤条件对地震烈度的影响

地震后果表明,土壤条件对建筑物及构筑物的破坏有很大影响。比如,在1960年5月智利地震中,瓦尔迪维亚市建筑物倒塌的原因之一就是含水冲积粘土从建筑物下“流出”。新潟(日本,1964年6月16日)地震中,建筑物出现极大沉陷和倾斜的主要原因就是水饱砂质土在地震时失去粘性而出现流动性。加拉加斯地震(委内瑞拉,1967年7月29日)表明,土壤条件不同在一定程度上会使现代建筑物的损坏程度颇大不同。在这方面曾发现共振现象会使地震效应增强。基什尼奥夫市1986年8月31日地震中,就曾在某些情况下出现过共振现象,对高层建筑物造成了一定影响,即损坏程度较大。由此可见,表层土壤的地质特征对单个结构的损坏程度和对建筑物的整体完好程度都有很大影响。根据建筑物震后变形调查,以及试验与理论研究结果,可将土壤按地震性能不同划分为三类(表2-1)。

岩石类土实际上或多或少具有裂隙。在岩石土体中存在着裂隙就决定了它的弹性能,而这种弹性能又在很大程度上取决于裂隙空隙度和填充物的性质。当地震烈度6—8度时,胶结填充物开始破坏,即现有裂隙促使岩石土体分裂为尺寸不同的单个块体,从而影响到残