

城市抗震防灾译文集

(一)

城乡建设环境保护部抗震办公室

中国建筑科学研究院抗震所

中国建筑科学研究院教育情报部

56.259

8705047

城市抗震防灾译文集

(一)

城乡建设环境保护部抗震办公室

中国建筑科学研究院抗震所

中国建筑科学研究院教育情报部

内容提要

为了配合我国城市抗震防灾规划工作的开展,我们收集整理日本和美国有关这方面的资料,翻译汇编为《城市抗震防灾译文集》,以供借鉴和参考。本译文集(一)主要包括以下内容:

1. 选译了1985年7月《美国——日本减轻城市地震灾害讨论会》14篇论文。主要介绍了这两个国家在减轻城市地震灾害方面的研究成果、经验和动向。如抗震防灾对策;城市抗震防灾规划经验;生命线系统的抗震研究;抗震防灾方针及规划中的经济问题等等。

2. 日本东京市区震害预测报告(概要)。介绍了东京市震害预测的由来、前提条件和预测方法;预测前的考察事项;预测内容和预测结果。

3. 日本名古屋市的城市抗震防灾计划。全面详细的介绍了这个重要城市的抗震防灾规划的具体条文。

《城市抗震防灾译文集》(二)的主要内容有:

1. 从1985年11月5—9日在南斯拉夫召开的《地震区城市规划修复和重建国际会议》上选译了五篇论文。介绍地震小区划和地震危险性评价,现有建筑物的抗震性能评定和震害预测方法,地震区城市规划中应注意的问题等。

2. 《城市规划和城市防灾》。这是一份关于日本城市防灾方面的讲义,全面系统的讲述了在制定城市规划的同时应考虑的城市防灾内容。文中还列举了石油联合企业灾害预防法概要,以及日本建设省等有关单位发布的关于推进城市防灾对策资料。

3. 日本东京市城市抗震防灾规划(1983—1987年)全面的介绍了东京市抗震防灾规划内容和具体条文。

本译文集的内容比较实用,是从从事建筑科学研究、城市规划、城市防灾、设计、施工的工程技术人员、管理人员及建筑方面的大专院校师生难得的学习参考资料。

编 者 序

唐山地震的灾难性后果表明，现代的城市作为一个复杂的系统工程，在抗御强烈地震的突然袭击面前显得相当脆弱。唐山地震以后，党和政府十分重视城市抗震防灾工作，要求具有潜在地震危险性的广大城市，要充分记取唐山地震血的教训，因地制宜地编制切合实际的城市抗震防灾规划，并组织实施。为了推动各地震区城市抗震防灾规划的编制，1985年建设部颁发了《城市抗震防灾编制工作暂行规定》，经过若干城市的试点，这项工作已开始在网上逐步展开。

由于城市可能遭遇的地震袭击在强度和时间上的不确定性，以及由于城市各系统、各环节抗震能力的复杂性，城市面貌随时间的变异性，因此，减轻地震灾害的工作是一项十分艰巨的长期任务。目前正在开展的编制城市抗震防灾规划的工作，是一项开拓性的工作，不论是试点或网上的工作都还只是走向预定目标的最初努力。我国有一句老话：“万事开头难”。为了突破最初的难关，借鉴国外的经验是必不可少的。在遭受地震灾害深重的国家中，日本是开展城市抗震防灾工作最早的国家。近几年来，美国和其它一些国家也开始注意到，必须对位于地震区的城市，从抗震要求出发开展综合性的规划和治理。美国在城市抗震防灾方面的体制和措施与日本有些不同。日本比较重视防灾机构和规划预案的作用和防灾据点的建设，而美国则比较倾向于用立法的形式来推进这项工作。从体制、组织机构和防灾准备工作的完备程度来看，日本的做法要比美国更为细致和落实，当然所花的代价也就更大。为了交流日美两国在城市抗震防灾中的经验，1985年曾在美国斯坦福大学举行了一次双边的学术讨论会，双方都介绍了各自的经验，针对性比较强，会后出版了论文集。为了吸取国外在城市抗震防灾方面的经验教训，建设部曾于1985年派遣一个代表团赴日本几个主要城市对抗震防灾工作进行了实地的考察，并带回来了很丰富的资料。为了使这些资料能为我国各地正在开展的城市抗震防灾规划编制工作提供借鉴和参考，我们选编了这本译文集。文集中所刊资料分两大部分：一部分选自1985年日美城市抗震防灾学术会议论文集，另一部分则选自日本各城市赠送给建设部城市抗震防灾技术赴日考察团的资料。除此以外，还有许多有关城市抗震防灾的资料可供参考，今后将根据需要和可能继续选编。读者如见到关于这方面的有价值的资料，也欢迎向我们推荐。

为了使这本资料能尽快地送到读者手里，我们在编译过程中简化了某些审校程序，有些个别词语一时找不到很确切的译法时，除给出大意外，同时也注明了原文，以求与读者共同切磋。限于时间和翻译校对水平，本译文集中疏漏之处在所难免，望读者不吝赐教。

总 目 录

《日美减轻城市地震灾害讨论会》译文

美国和日本的地震回顾——减轻城市地震灾害的经验·····	1
日本地震防灾对策的现状·····	15
日本的城市抗震长远规划·····	18
美国城市地震规划的回顾·····	30
日本静冈县抗御东海地震对策·····	35
城市地震对策和规划对震后火灾的考虑·····	45
日本城市震后火灾·····	49
生命线系统：日本地震工作研究现状述评·····	57
改进城市生命线系统的抗震性能·····	61
1983年5月北部日本海地震时生命线设拖的灾害·····	64
城市抗震防灾方针及规划中的经济问题——一个地震工程师的视点·····	75
地震损失长期影响的经济模型·····	86
城市地震的对策规划·····	100
震害估计——城市地震灾害政策和规划的根据·····	103

日本东京市区震害预测报告（概要）

一、震害预测的由来、前提条件、预测方法·····	110
二、基本考查事项·····	112
三、震害预测·····	117
四、总结·····	130

名古屋市区防灾规划—地震灾害对策编

第一章 总则·····	135
第二章 震害预防规划·····	145
第三章 灾害应急对策规划·····	166
第四章 灾害恢复计划·····	290
第五章 发布警戒宣言时应急对策·····	297
规划资料·····	330
规划参考·····	346

“日美减轻城市地震灾害讨论会”译文

目 录

美国和日本的地震回顾——减轻城市地震灾害的经验·····	1
日本地震防灾对策的现状·····	15
日本的城市抗震长远规划·····	18
美国城市地震规划的回顾·····	30
日本静冈县抗御东海地震对策·····	35
城市地震对策和规划对震后火灾的考虑·····	45
日本城市的震后火灾·····	49
生命线系统：日本地震工程研究现状述评·····	57
改进城市生命线系统的抗震性能·····	61
1983年5月北部日本海地震时生命线设施的灾害·····	64
城市抗震防灾方针及规划中的经济问题——一个地震工程师的观点·····	75
地震损失长期影响的经济模型·····	86
城市地震的对策规划·····	100
震害估计——城市地震灾害政策和规划的根据·····	103

美国和日本的地震回顾— 减轻城市地震灾害的经验

Charles Scawthorn*

前 言

美国和日本的地震工程师和研究人员聚在一起开这次讨论会,是很恰当的。因为这两个社会有一共同特点,即有许多现代化的、高度工业化的都市区面临着很严重的地震危险。日本和美国都有有关地震的广泛经验,在日本甚至可以回溯到第七世纪。两国研究人员虽然对彼此的记录和资料有所了解,但可能对这些资料的真实价值和应用场合还不熟悉。因此,此文的目的:

- 通过对美国和日本的一般地震危险性的简短回顾,来剖析他们的相对地震危险性。
- 着重分析美国和日本若干重要地震的有关情况。
- 讨论与减轻城市灾害有关的经验。

一般地震危险性

这里使用的地震危险性一词,反映了总的预期破坏程度(即可能的地震效应,以及有关建筑物和人口分布数据得到的破坏预测)。两国还都没有综合数据,并用适当形式表示的震害地图,但从日本的图1和加州海岸的图2(参考书1和2)可以看到,日本比美国有更多的

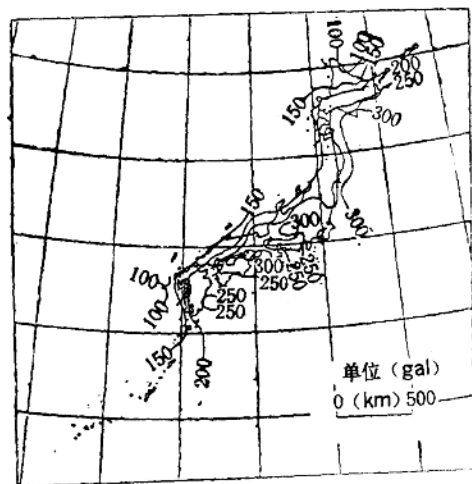


图1. 重现期为100年的平均地面峰值加速度等震线
(参考文献1)

人面临地震危险。在加州海岸约有1600万人处于0.2g等地震区内,而在日本有8000万人处于同样等震区内。图3(参考书3)表明美洲大陆重现期为475年的等加速度线,而且表明即使重现期更长,美国东部没有,西部(除加州海岸外)也只有几小块处于加速度等于0.2g的地震区内。

日本在地震中经受了较大的生命损失,这与日本的地震危险性较高是相一致的,在美国没有一次地震造成千人以上死亡,只是1906年旧金山地震接近这个数字。从1900年算起美国因地震死亡的总人数约为一千(见表1和图4)。不算1923年关东地震,日本从1900年算起大约有12,000人

*美国加利福尼亚

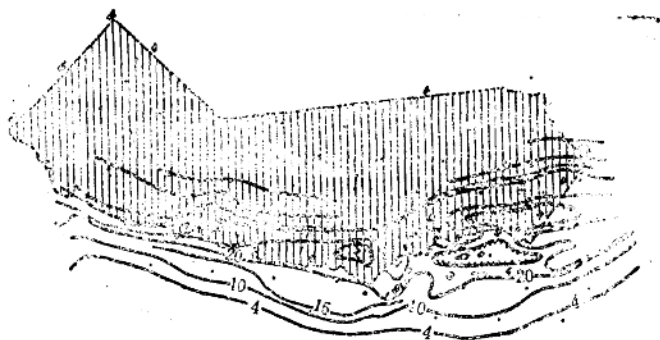


图2. 加州海岸重现期为100年的基岩加速度(参考文献2)

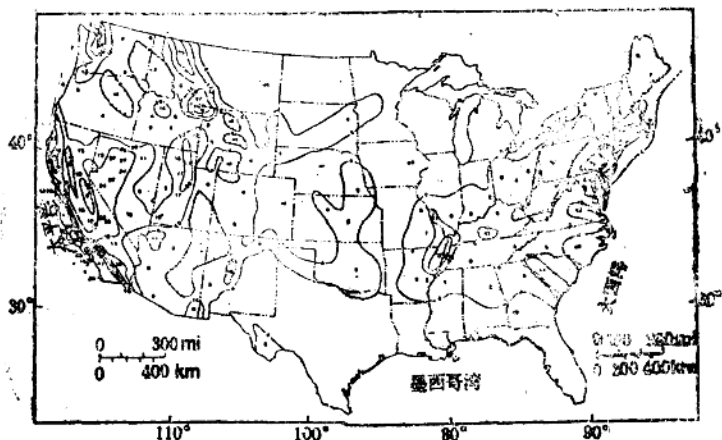


图3. 美国境内50年内超越概率为10%的地面加速度等值线(以%为单位)(参考文献3)

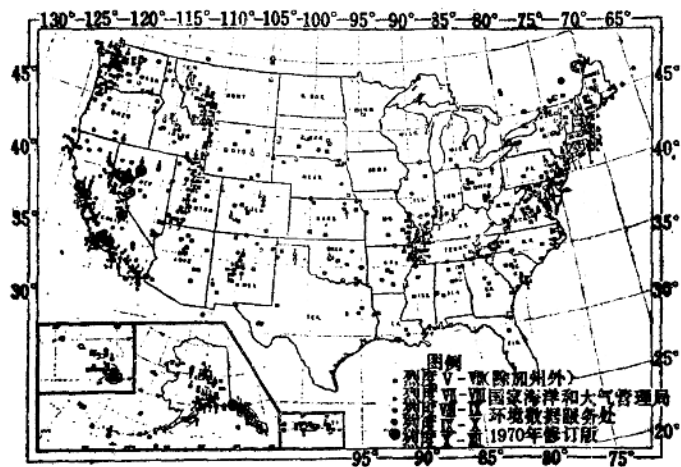


图4. 本图标示了1970年以来,五度以上(MM表)的地震。虽然发生在中西部和东部的地震比西部少,但这些地区的地震灾害也不可忽视。(资料来源于美国国家海洋与大气管理局, 美国地震历史, 商业部, 1970年于华盛顿)。

表1

重要的美国地震选编

年	日期	位 置	震级	裂度	描 述
1683	2,5	St. Lawrence 河区		X	Qnebec三条河附近岩石滑动, Massachusetts海湾区 烟囱倒塌。
1732	9,18	St. Lawren- ca河区		IX	大地震
1755	11,18	Massachusetts, off. caPe Ann.	6.0	VI	波士顿和其他地区烟囱倒塌, 建筑物破坏, 海中很多船 颠簸。
1811	12,16	New Madrid	7.5	VII	三个大地震系裂, 产生了大的地形变化, 影响了200万 平方哩, 距离1100哩的波士顿有感, 由于距离远, 只 是少数人死亡。
1812	1,23	Missouri州	7.3	VII	
1812	2,7		7.3	VII	
1852	11,9	Arizona Fort Yuma		IX	地面开裂, 有很多余震。
1857	1,9	加州的 Fort Tejon	8.3	XI	San Andreas 断层错位达30或40呎, 断层破裂长250 哩, 因为距离远只知有一人死亡。
1868	4,2	夏威夷岛	7.7	X	Mauha Los 的南坡火山地震, 房屋破坏很多, 海啸淹 死了46人。
1868	10,21	加州的 Hay ward	7.5	IX	Hay ward断层大量地表破坏, 死30人有很多余震。
1872	3,26	加州的 Owens山谷	8.5	XI	美国的最强地震之一, 断层悬崖20呎高, 死27人。
1886	8,31	南Carolina, Charleston	7.0	X	美国东部最大的地震, 有一些余震, 大量建筑破坏, 死 110人。
1895	10,31	Missouri, charleston		VIII	烟囱倒塌, 从加拿大到Louisiana地震有感。
1899	9,3	Alas ka caPe Yakslaga附近	8.3	XI	地面隆起, 湖震, 人们站不住。
1906	4,18	加州旧金山	8.3	XI	San Andreas断层断裂达270哩, 地面错位21呎, 地震 时以及大火灾时死亡约700人。
1915	10,2	Nevada, pleasa- nt山谷	7.6	X	无人区, 有大的断层位移, 土房破坏。
1921	9,29	Utah, Elsinore		VIII	烟囱摇摇欲坠, 有很多余震。
1925	2,28	St. Lawrence 河区	7.0	VII	广大地区有感, 南到 Virginia, 西到密西西比河, 少 量破坏。
1925	6,27	Montana, Manhaltan	6.7	VII	建筑破坏, 岩石滑动。
1925	6,29	加州的Santa Barbar	6.3	IX	很多建筑破坏, Sheffield坝倒塌, 死13人。
1931	8,16	Texas, Valentine	6.4	VII	建筑破坏, 烟囱倒塌。
1932	12,20	Nevada, Cedar 山脉	7.3	X	当时那地区无人居住, 有很多地面裂缝。
1933	3,10	加州的长岛	6.3	IX	很多建筑破坏, 特别是学校, 死120人。
1934	1,30	Nevada, Exceisiord山脉	6.5	VII	少数地面断裂, Mina有少数破坏。
1934	3,12	Utah, kosmo	6.6	VII	很多地面变化(裂缝, 岩石滑动, 新的泉水), 烟囱倒 塌, 死2人。
1935	10,18	Monlana, Helena	6.2	VII	很多建筑破坏, 死2人, 10月31日强余震(震级6.0)死 亡增加1人。

续表

年	日期	位置	震级	裂度	描述
1940	5,18	加州, EL Centro	7.1	X	沿Imperial 断层地面有大移动, 很多建筑破坏, 死9人, 第一个重要的加速度仪在工程上使用。
1949	4,13	华盛顿州, Olympia	7.3	Ⅷ	很多建筑破坏, 死2人。
1952	7,21	加州的Kern County	7.7	Ⅺ	铁路隧道倒塌, Tehachapi的建筑破坏, 很多大会展, 死12人。
1954	7,6	Nevada的Fallon	6.6	Ⅸ	Fallon东的运河和道路破坏, 少量建筑破坏。
1954	8,23	Nevada的Fallon	6.8	Ⅸ	Fallon东的地面破裂。
1954	12,16	Nevada的Fairview山峰	7.1	X	产生大的断层滑坡, 由于距离远无死亡。距离185哩的Sacramento的水池由于水晃动而破坏。
1954	12,16	Nevada的Dixie山谷	6.8	X	以上地震4分钟以后又发生的地震, 位置在其北40里。
1958	7,9	Alaska的Lituya海湾	7.9	Ⅺ	Fair weather断层地震, 有大量滑坡, 产生巨大的波浪, 死5人。
1959	8,17	Montana, Hebgen湖	7.1	X	巨大的滑坡在Madison河形成坝, 而且形成“地震湖”, Ilchge湖中有湖展, 房屋和道路破坏, 有很多余震, 死28人。
1964	3,27	Alaska的Prince William海峡	8.4	Ⅺ	有名的“快乐的星期五”地震, 在Anchorage和许多其他城市有严重破坏, 滑坡。大海啸破坏了很多Alaska海岸城市, Crescent城死亡11人, 加州死131人。
1965	4,29	华盛顿州的Puyet海峡	6.6	Ⅷ	Seattle, Tacoma附近建筑破坏, 死亡6人。
1966	6,27	加州的Park field	5.5	Ⅶ	地面加速度大(0.5g)。
1968	4,8	加州的Borrego山脉	6.5	Ⅶ	Coyote Creek断层地表开裂, 未开发区, 破坏不多。
1971	2,9	加州的San Fernando	6.5	Ⅺ	很多建筑和公路桥梁倒塌, 取得很多仪器记录, 死亡58人。
1975	3,28	Iddho的Maid城	6.1	Ⅶ	建筑破坏不多。
1975	6,30	Wyossing的黄石国家公园	6.4	Ⅶ	岩石堕落, 形成新的喷泉
1975	11,29	夏威夷岛	7.2	Ⅷ	火山地震, 在Kalapana附近(南海岸), 很多建筑破坏, 滑坡, 沿海岸海啸产生灾害, 死72人。
1978	8,13	加州的Sasta Barbara	5.7	Ⅶ	房屋严重破坏, 火车脱轨。
1979	8,15	加州Imperial山谷	6.7	Ⅶ	Imperial断层大量地表破坏, 建筑物和运河破坏。
1980	5,18	华盛顿州, Mountst Heleha	5.2		火山地震, 继之以大爆发, 死亡60人。
1980	7,27	Kentucky北部	5.3	Ⅶ	建筑物破坏不多。
1980	11,8	加州的Eureka	7.4	Ⅶ	远离海岸, 公路桥梁倒塌, 建筑物中等破坏, 伤5人。
1982	1,18	New Hamp shire, Franklin	4.8	Ⅵ	对England全有感。
1982	1,20	Arkansas, Naylor	4.5	V	在二周内有很多小地震(Little Rock以北28哩的Naylor)。

注: 这些资料不完全, 因为1900年以前美国中西部和西部没有大地震的历史记录。

资料来源: James M. Gere的地震年表, 加州, Stanford大学土木系的John A. Blume地震研究中心, 1980。

死亡。同时有五次地震造成的死亡人数超过1000人（见表2和图5）。值得注意的是，从1948年以来日本没有一次地震死亡人数超过50人，这一情况与美国差不多。

从以上比较中可以明显地看到，不论是历史地震破坏记录，或处于地震威胁下的人口方面，日本的地震危险性比美国大5到10倍。这个估计忽略了可能发生在美国的一些低概率和高不确定地震（例如，1811~1812年NeW Madrid地震的重现）。总之，有充分的理论可以认为，日本的地震危险性大于美国。

表 2 廿世纪地震灾害表

号	日 期	位 置	M	破坏摘要	
				全倒或半倒和烧掉 或冲掉房屋数	死亡
1	1923, 9, 1	关东南部	7.9	782, 486	39, 331
2	1924, 1, 15	Sagami中部	7.2	1, 273	14
3	1925, 5, 21	Tajima北部	7.0	2, 063	
4	1927, 3, 7	Tango西北部	7.4	4, 974	9
5	1930, 11, 26	Iru北部	7.0	2, 141	259
6	1931, 9, 21	Musashi西北部	6.7	204	16
7	1933, 3, 3	Sanriku近海	6.5	4096	2, 986
8	1935, 7, 11	Shiruo Ka城的周围	6.6	363	9
9	1936, 2, 21	Settsu Kawachi和Yamato	6.7	19	9
10	1938, 1, 12	Kii-tansbe近海	7.0	4	
11	1938, 5, 23	Iwaki近海	7.5		
12	1938, 11, 5	Iwaki近海	6.5	20	9
13	1939, 3, 20	Hyuga-nada北部	6.7		
14	1939, 5, 1	Oga Peninsula	6.6	694	29
15	1941, 11, 13	Hynga近海	7.0	1579	120
16	1943, 9, 10	Inaba北部	7.3	13, 597	1, 063
17	1944, 12, 7	To-nankai	8.3	76, 150	996
18	1945, 1, 13	Atsumi海湾北海岸	6.9	33, 824	1, 961
19	1946, 12, 21	Nankaido近海	8.1	29, 217	1330
20	1948, 6, 28	福井平原	7.2	30, 329	3, 095
21	1949, 12, 26	Imaichi城周围	6.5	3, 234	10
22	1952, 3, 4	Tokachi近海	8.2	2, 344	23
23	1952, 7, 18	Nara县北部和中部	7.0	46	9
24	1953, 11, 26	Bono Peninsula近海	7.5		
25	1961, 2, 2	Nagsoka城周围	5.2	685	5
26	1961, 8, 19	Gifu县北部	7.0	15	3
27	1962, 4, 30	Miyagi县北部	6.5	1, 911	8
28	1964, 6, 16	新潟近海	7.5	2, 330	26
29	1967, 2, 21	Miyasaki县, Ebino, Hy- uganada近海	6.1	1, 233	3
30	1968, 5, 16	Toka chi近海	7.8	3, 647	47 + 1
31	1973, 6, 17	Nesa uro Psainsula	7.4	2	
32	1974, 5, 9	Iso Psainsula近海	6.9	121	29
33	1975, 4, 21	Oira近海	6.4	73	
34	1977, 1, 14	Iso-Ohshima-Kikal	7.0	712	25
35	1977, 6, 12	Miyegi-Ksa-Okj	7.4	7, 621	28

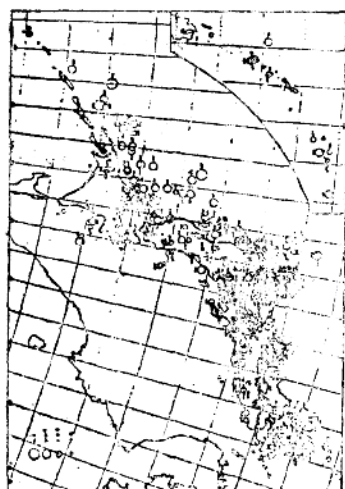


图5. 大阪在1880年至1980年间的日本破坏性地震图。

注：图3与图4表示的灾害性地震分布。资料来自本文中的表1（美国）和表2（日本）。

美国与日本地震的回顾

下面回顾一下美国和日本的一些大地震，重点将放在与此次讨论会主题有关的方面。但限于篇幅也因为表1、2中入选的地震太多，不打算详尽叙述它们。虽然涉及到了一些早期的地震，但重点将放在影响现代化城市的20世纪地震，特别是那些潜在严重地震危险的地区。

20世纪前的地震

美国New Madrid地震

在1811~1812年冬天New Madrid附近密西西比河谷中央发生了北美释放能量最大的一次地震。这次地震包括三个主震（M8.6, 8.4和8.7），十五个大于6级的余震和超过2000个使320公里内有感的地震（参考书3）。对于这次地震了解得较少，它产生了广泛的地质效应。当时此区人口稀少，因此灾害较轻。估计如果这个地震重现其破坏，将可能超过一百平方公里地区（Nuttli，参考书11），而长周期影响可达300公里以远。如上所述，美国的地震危险性不只限于加州海岸。

日本Ansei Tokai和Ansei Nankai地震

1854年12月23至24日在日本中部的Nankai海沟近海发生了二次地震（均为M8.4）名为Ansei Tokai和Ansei Nankai地震（分别在东海和南海）。这两次地震使得从Nagoya到Izu Peninsula和内陆至少死亡3000人，并造成严重破坏（参考书6）这些地震是Nankai海地震周期的重现。据记载，从公元679年以来已发生了6次。1944年Nankai海临近发生断裂，在1946年（M8.1）又重复发生。看来，总还有未断裂部分。对这次地震断裂的认识，使Ishibashi（参考25）预报了东海地震，它预期发生在静岡県近海。

美国Ft Tejon地震

1857年1月9日San Andreas断层的中南部Ft Tejon附近断裂(M8.3)超过400公里长,产生位移约10至12米(参考书4)。因为当时人口稀少,只记录到有一人死亡。Lind(参考书7)近期估计,在以后30年中有40%的可能性这个地震将重现,这种重现将在南加州造成巨大破坏(参考书8、9)。

美国Charleston S C地震

1886年8月31日在南Carolina的Charleston发生了美国东部最大的地震(M7),这次地震使得27人当场死亡,由于其他有关原因死亡人数为83人(参考书4、15)。虽然很多烟囱倒了,但总的来讲实际破坏相当轻(参考书10)。这次地震的重要性在于它表明美国东部的一般地区也存在地震危险性和潜在破坏,並有可能重复出现。从震害预测表明从纽约到芝加哥和St. Louia,高层建筑都有一定的危险性,甚至远至Atlanta的建筑,一般来讲也要受到影响(参考书11)。

日本的Noki地震

1891年10月28日震级为8.4的日本Noki地震,是二十世纪以前最近的一次大地震。这时的日本已处于高速工业化和增长了技术基础的时代,这次地震的发生和造成的大量破坏,激励了日本幼稚的地震科学的发展。这个地震在日本是不寻常的,它是板块内的地震,也是海岸上发生的最大的一个。地震产生了大规模的地质效应,引起断层滑动达7米(参考书13)。在Gifu和其他地方发生火灾,7200人死亡(参考书6)。

美国1906年旧金山地震和火灾

1906年4月18日的美国旧金山地震和日本Noki地震一样,对美国地震学研究也起了激励作用。这可能是从这次灾难得到的最大技术效益,因为直到1948年旧金山的建筑规范仍规定不需要抗震设计。长期以来这次事件是以地震和火灾而著称,尤其是后者,这还不完全像今天的不动产开发者所发出的委婉言辞,因为火灾确实是毁灭性的破坏事件。

如果对破坏作仔细的研究,可以看到,除少数严重的以外,由于震动而造成的破坏是相当小的,旧金山城差不多只有总破坏的20%。总破坏约4亿美元(1906年的美元,约等于今天的40亿美元),死亡约700人(旧金山约500人,在San Jose附近的Agnews Asylum,在废墟中死亡的接近100人)。

早上地震后一小时内,差不多有50处报警火灾,因为缺水,灾情发展很快,终于成为大火灾。这是因为从Peninsula向城市输水的三条管线已经破坏,而且城市内部的配水系统也有相当大的破坏。大火最后烧完12.2平方公里土地和20,000栋房屋。由于众所周知的穿越沼泽地段的输水线的破坏,人们常常忽视了贮存城市用水,并位于San Andreas断层的贮水池本身的正常运转。

Santa Rosa距断层较旧金山远。它的中心商业区受到的地震灾害较大,一方面是由于砖结构房屋质量较差,其次是因为遭受了火灾。

虽然造成的经济损失相当大,但灾害並沒有改变长远的经济趋势(参考书17)。今天重现这样的地震无疑将产生更大的破坏,因为沿San Andreas断层已有大规模的城市建设。

在这次地震中部分烧毁的建筑物仍然保留，这是1906年到1908年按当年的特征进行重建的，这已成为这次地震的见证。

进入旧金山城有五条主要通路，其中的四条（金门大桥，旧金山—Oakland海湾桥，美国10号公路，和加州280号公路）主震后估计至少关闭了24小时。第五条是EL Camino Real，它有更多的弯路，而且拥挤（参考书16）。

日本1923年9月1日关东地震和火灾

9月1日地震（M7.9）的破坏，使得旧金山地震都逊色。主要破坏也是火灾，烧毁面积约38平方公里，死亡约140,000人。不可避免的大火遍及东京和横滨密集的和易燃的建筑，并且有200多处燃烧点是由准备午餐的炊事用火引起的（地震发生在当地时间11点58分）。这些初始的火灾中有100多处蔓延开来，正好又遇上大风（12米/秒），使火势更旺（参考书18）。工程质量好的建筑震动破坏较小（参考书10）。公共设施破坏严重，包括：

○天然港和人工港 码头的墙倒塌，例如在横滨有2,000米长、7米高的混凝土砌块结构完全倾倒。

○道路 堤下沉，路面开裂，桥梁倒塌（1156座桥梁严重破坏或倒塌）

○供水系统 供水污染，水坝结构破坏，而且广泛分布的管道也破坏，管道破坏与软弱地面情况符合很好。

1923年地震的重现，对日本无疑是一重大灾害，估计将产生（参考书19）：

○约35,000人死亡

○约50,000栋住宅倒塌

○大火会使其余470,000栋住宅毁坏

○约1,300处滑坡

○约200处主水道破裂和600条主煤气道泄漏或破裂

正在发展广泛的减轻灾害计划，主要特点是确定大的“避难场所”，在那里民众可以逃避大火。

美国1933年3月10日长滩地震

长滩地震（M6.3，约120人死亡，损失4,000~5,000美元）发生在Newport-Ingle Wood断层带的近海，距长滩25公里。无配筋砖结构的破坏是可观的，这些结构是典型的学校建筑。只是因为地震发生在下午5时54分，才避免了学校儿童的大量伤亡。

这种认识促使了加州的现场法令的通过。现场法令要求所有新的学校建筑要进行抗震设计，这在他们那里是一项重要突破，而且也给其它地方的房主和团体一个很好的例子，这表明了减轻地震灾害的一个新观点。值得注意的是虽然地震时约有15个起火点，但没有一个引起大火（参考书15）。

日本1948年6月28月福井地震

这次地震（M7.2）所以引人注目的是因为福井（Fukui）市差不多全部破坏。震中几乎就在城市下面，城市中的破坏比例近于100%。大约有24处起火点，最后大火烧毁了市中心约1平方公里（参考书26,27）。有趣的是美国陆军在Fukui近年建造的木屋的表现，这

些建筑是典型的美国销杆墙壁，它们差不多完整无损（参考书21）。公共工程的破坏，包括堤破坏，桥倒塌，地下管道开裂，以及其他影响（参考书6）。

下面讨论在美国震中距离较大的一些高层建筑和其他长周期结构的破坏实例。

第一个是1952年7月21日Kern County地震（M7.7）造成加州中部，主要是Tehachapi和Bakersfield周围损失约4000万美元（包括余震）。引人注目的是距震中160公里的洛杉矶和长滩的五层以上建筑物的破坏。

另一震中距大的例子是Fairview Peak-Dixie山谷地震，发生在1954年12月16日相隔仅几分钟的两次地震（M7.1，6.8），这两次地震都发生在Nevada人口稀少地区。非寻常的是300公里远的Sacramento的一个水池的混凝土墙，由于水晃动而破坏（参考书15）。

1961年3月27日阿拉斯加Prince William海峡地震（M8.4），是自1906年以来美国最大的地震，从其影响规模和复杂性来看，这次地震也是非寻常的。在距离震中125公里的Anchororage没有砖石结构因震动而破坏，但有高层建筑的破坏。

因为近几十年来像东京和旧金山这样的城市建造了大量的高层建筑，而这些设计又缺乏足够的资料，这里介绍了美国长周期效应的几个例子。以上例子和其他例子都可用来说明长周期运动的存在以及可能的破坏，大量现代化的高层建筑难以承受强烈的长周期运动，但我们目前的设计方法在这方面仍然还有不足之处。

日本1964年6月16日新潟地震

新潟地震（M7.5），大多数研究人员都是熟知的，由于它在Kawagishi-cho发生了典型的液化并造成破坏。除了液化和地面破坏以外，震动破坏相对比较轻，其他的大量破坏是公共工程，这是由于液化和（或）海啸（震中区4米高，Niigata 2米高）引起的。公共工程的破坏包括：

○天然港和人工港 桩和码头墙破坏了，这种破坏与使用期和设计水平有关。

○道路和铁路 路面开裂，堤下沉，桥梁破坏

○供水系统 地下管道破裂；虽然新潟热电站（125MW）主体未破坏，但由于冷却水管破坏，50天不能使用。154kv的输电线路未破坏，66kv和33kv线路的59个电塔倾斜，66kv地下电缆也破坏。

最后，虽然只有六处因地震起火的地方，而Showa炼油厂的火燃烧了15天最后全被烧毁（参考书27，28）。

美国1971年2月9日San Fernando地震

洛杉矶北部的一个小的已经知道的断层发生地震（M6.5），这使那次地震以前的强震记录数目增加一倍。对研究人员来说，这次地震是很有价值的，这里只讲重点。总损失约为5亿美元，私人和公家的各占一半。总死亡58人，其中47人是由于Veterans医院房屋倒塌所致。

从此次地震中认识到，生命线是最容易受损的。除了Veterans医院倒塌外，Olive View医院一些新近建造的房屋也部分倒塌，突出了美国紧急军备建筑物的易损性。和现场法令一样，加州随后提出了法规。管道破坏严重，包括Van Norman坝区由于地面破坏而导致11条输电线路的破坏。还有煤气输气系统，有300多处破坏。Lower San Fernando坝附近破坏，

表明了另一种严重的易损性，促使州和全国制定了坝的安全计划。Sylmar Converter 电站遭受了几百万美元的损失。同样由于准备不足，导致Sulmar中央电话局设备顶部严重破坏

特别值得注意的是，当天消防局报告了1392个事故，而平常只有400~500。在这些事故中，有244起是火灾，其中109起是直接由于地震引起的。

日本1978年6月12日宫城县冲地震

这次地震 (M7.4) 发生在Miyagj县海岸外，距Sendai城约110公里，55% 的建筑受到破坏。地震及其破坏有详细的报告 (参考书22~24)，这里只介绍某些概况。

虽然震中距达110公里，Sendai的地面运动出乎意料的强烈。记录到的峰值加速度为0.25g，在12层的Tohoku大学工程系大楼顶层记录到的加速度达1g (一个受了严重破坏的混凝土剪力墙建筑)。Sendai是大多数的典型的日本城区之一，它一部分位于与海相邻的软土冲击平原上，另一部分位于隆起的老冲击层的中间地带 (日本叫洪积层)。像大多数以前的日本地震一样，Sandai的破坏与地面情况有关，软土层上的破坏较重。

这次地震有价值的是有200多幢中、高层建筑 (4到18层) 在震前和震后进行了脉动测量。分析这些结果证明，地震使这些建筑物有一定“软化”，基本周期一般增加了约25% (参考书24)。

这次地震中，生命线的破坏和San Fernando的经验一样，表现出它的特别易损性。生命线的破坏包括大量埋管的破坏，储油罐的破坏“新干线”高速火车支撑桩严重的剪切破裂 (幸运的是这是新的Tohoku线，地震时还没有使用)。此外，由于桥跨脱离了桥台至少一个桥梁破坏。

此次地震总计死亡28人，差不多全是由于混凝土砌块墙倒塌造成的。从遇难人员的年龄分布来看他们中间的大多数是小于5岁或大于60岁的。

近期地震

以下讨论了三个近期地震，第一个是1983年5月2日Coalinga地震

美国Coalinga地震

Coalinga地震 (M6.7) 严重破坏了Coalinga镇的中心商业区 (人口约为7000人)。商业区中大量是老的二层无筋砖建筑，当然产生破坏是不足为奇的。这个镇子损失了20%的住宅，首先就是较老的木构架房屋，由于螺栓连接或柱间钉的斜撑不适当，致使构架滑离基础而倒塌。较新的砖和木结构表现很好，破坏极少。事实上所有活动房屋都有一些破坏，有许多在支撑处落下。少量土坯房表现很差。

Coalinga的学校建筑的表现证实了现场法令的效果。少数1933年以前建造的，而且目前还在使用的学校结构不是倒塌就是严重破坏，只得拆除。1933年以后建造的学校结构大部只是受了有名无实的破坏。但有一些严重的非结构的破坏的例子，例如中学化验室中的化学药品溢出。一起较大的火灾发生在部分倒塌的饭馆和酒吧间里，由于破碎堆积物使水龙头的水流失，加之储藏在一楼的高度数酒的助燃 (这是由于酒瓶破碎造成的)，火势难以扑灭。还有一些小火灾，主要由于电源引起。消防部门在其它部门的30个救火单位相互帮助下，很好地履行了职务