

旧金山

地震灾害

(1989) 年

Loma Prieta
Earthquake



赵仕万
潘元振
赵芳

编译

常宝琦
赵仕万

校

海洋出版社

旧金山地震灾害

——1989 Loma Prieta Earthquake

赵仕万 潘元振 赵 芳编译
常宝琦 赵仕万 校

海 洋 出 版 社

1 9 9 2

北 京

内 容 简 介

本文集介绍 1989 年旧金山城市型地震（又名洛马普列塔地震）灾害、灾害形成的原因、救援对策等。同时介绍日本根据旧金山地震灾害的教训，提出的东京震害对策和城市生命线工程的地震对策。本书可供地震、地质、城市规划、市政建设、工程建筑和政府防灾部门等的工程技术人员和科研人员阅读参考。

（京）新登字 087 号

旧金山地震灾害

——1989 Loma Prieta Earthquake

赵仕万 潘元振 赵 芳 编译

常宝琦 赵仕万 校

责任编辑 王加林

*

海洋出版社出版发行（北京市复兴门外大街 1 号）

远东印刷厂印刷

开本：787×1092 1/16 印张：6.25 字数：14.67 千字

1991 年 11 月第一版

1991 年 11 月第一次印刷

印数：0001—1 000

*

ISBN 7-5027-2356-0/P·195

定价：4.80 元

编译者的话

地震学家研究预测,本世纪末又进入一个新的地震活跃期。1989年10月17日美国旧金山发生的7.1级地震(命名为Loma Prieta地震)是继1988年12月7日亚美尼亚6.8级地震的一次强烈地震。此后,1990年6月伊朗发生了7.7级地震;1990年7月菲律宾发生了8级大地震等一系列的强烈地震。

在旧金山地震中,伤亡人数不多,据报道只死亡60余人,但造成的经济损失总额达80—100亿美元。因为该次地震不仅在极震区发生严重灾害,而且波及到距震源区约100km的旧金山市和奥克兰市等地,给旧金山等市周围地区造成许多城市型地震灾害。该次地震是首次袭击高度信息化的现代化城市,所以,给人们提供了地震灾害对策上许多有益的经验教训。

旧金山地震后,国内的地震刊物登载过一些有关旧金山地震的调查报告、论文和从不同角度报道的文章。但尚未见有比较全面的系统的介绍旧金山地震灾害,及由此提出的地震对策的专题文集。编译者着意在这方面做点工作,搜集了国外有关旧金山地震的城市型地震灾害和震害对策方面的科技文献,从中选译汇编成《旧金山地震灾害》文集。

本文集取材于《土と基础》(日文)1990年Vol. 38, No. 11的Loma Prieta地震特集;《近代消防》(日文)1990年1月号《特集》M7.1サンフランシスコ大地震;《建筑防灾》(日文)1989年9月号;《CALIFORNIA GEOLOGY》1990年1月号等刊载有关Loma Prieta地震及由此提出的震害对策的论文或报告。内容翔实,资料新颖、丰富,且是通过实地调查考察写出来的。有众多的照片、图表说明,实是一份有参考价值的地震科技文献资料。

全书分别由赵仕万、潘元振、赵芳编译,常宝琦研究员、赵仕万副研究员校,并由赵仕万复制全部图件,最后由李焕珊校核全书。在编译本文集中,考虑到内容和篇幅,对个别篇章的图幅、照片和原文作了删节,且删去全部参考文献。限于编译者的水平,文集中难免有错漏之处,敬请读者指正。

本文集的出版,得到了国家地震局震害防御司、科技情报中心及广东省地震局有关部门领导的支持,上海市地震局情报资料室的合作,在此,深表谢意。

前 言

地震灾害在多种自然灾害中,可谓群害之首,特别是大震,具有极大的破坏性。本世纪以来,全球发生灾难性大地震(死亡1万人以上)26次之多,死亡人数超过百万以上。1976年7月28日我国唐山地震,顷刻间使一座新兴的工业城市变成一片废墟。特别警惕的是,可能发生在大城市和人口密集、经济发达地区的强震。

根据专家们的研究预测,本世纪90年代我国大陆又进入一个新的地震活跃期。我国是世界上遭受地震灾害最严重的国家之一,加之我国人口众多,建筑物抗震性能差,人们的防灾意识薄弱等原因,地震灾害率非常高。随着社会、经济的迅猛发展,特别是人口的快速增长并向城市集中,重要设施和生命线工程系统的增多,地震的危害和威胁将会更加严重。由于自然灾害给人类造成巨大灾难,引起了国际社会极大的关注。联合国决定本世纪最后十年开展国际减灾十年活动,我国政府积极响应联合国这一号召,开展十年减灾活动。

严峻的地震形势,不仅使我国人民的生命财产在未来的10年中再次面临严重的地震灾害威胁,而且又恰恰是我国经济建设持续稳定、协调发展、实现国民生产总值翻两番,使人民生活达到小康水平战略目标的十年,能否有效地减轻地震灾害,将直接影响我国国民经济建设的发展和四化的进程。因此,我们必须做好地震监测与综合防御工作,努力减轻地震灾害给国家和人民带来的损失。

1989年10月17日美国旧金山地震是首次袭击高度信息化现代化城市的大地震,除极震区外,在旧金山市等周围地区造成许多城市型地震灾害,经济损失总额达80亿美元。旧金山地震给人们提供了许多有益的经验和教训。

《旧金山地震灾害》文集,为我们提供了一份有关城市地震灾害,特别是城市生命线工程系统的地震灾害对人民生活和社会、经济活动影响有参考价值的文献资料。从中可吸取旧金山地震灾害的教训,借鉴国外的防止和减轻城市地震灾害的对策与措施。这有助于促进我国地震减灾工作的发展,制定适合国情的城市地震防灾对策,提高综合防御的能力。

国家地震局震害防御司

李裕澈

1991年11月

• III •

目 录

编译者的话	(I)
前言	(II)
旧金山地震	
——洛马普列塔地震	池畑三郎 (1)
洛马普列塔地震的震源过程	安藤雅孝 (10)
1989年洛马普列塔地震对旧金山湾地区的影响	大卫·R. 蒙哥马利 (17)
洛马普列塔地震灾害与地基的关系	石原研而 (24)
在旧金山湾沿岸地区常时微动的测定	中村 丰 (27)
洛马普列塔地震中的液化与灾害	森本 岩、土谷 尚、田上 裕、安田 进 (35)
洛马普列塔地震中桥梁的灾害	川岛一彦 (41)
地基与高架桥地震反应的模拟分析	后藤洋三、江户广彰、大内 一、松田 隆 (50)
洛马普列塔地震中建筑物的灾害与修复	吉田 望 (57)
洛马普列塔地震中生命线工程设施的毁坏与修复	浜田政则 (63)
副篇：东京的震害对策	编译者 (68)
东京都的震害对策	长谷俊明 (69)
东京的供水道震害对策	松田奉康 (82)
NTT 的电信地震对策	
——据 NTT 研究报告	日本电信电话株式会社 (85)
东京的煤气供给系统地震防灾对策	编辑局 (90)
东京的电力地震对策	东京电力株式会社 (93)

旧金山地震

——洛马普列塔地震

池畑三郎

1989年10月17日17时4分在美国加利福尼亚州旧金山市东南约90km,以洛马普列塔为震中,发生了震级为7.1的地震,被命名为“洛马普列塔”地震。这次地震不仅给震中附近,也给旧金山湾周围的城市带来大灾害。

笔者作为洛马普列塔地震政府调查团的一员与消防厅派遣的地方公共团体调查组一起参加了现场调查,本文介绍调查概况。

现场调查从11月16日至27日共12天。因为调查是在受灾后只有一个月,应急修复正在进行中,所以灾害统计有很多正在汇总中,文中所用的数据与今后公布的数据,可能有出入,而文中的见解完全是个人的看法。

一、加利福尼亚州的概况和过去受灾区

加利福尼亚州人口2800万,占全美国人口的11%。面积411000km²,相当于日本的1.1倍。在其境内,北美板块和太平洋板块相连接,南北横贯一条长达1000多公里的著名的圣安德烈斯断层。

在圣安德烈斯断层附近,1900年以后发生的主要地震有:

旧金山大地震:1906.4.18, M8.3, 死亡700人。

因皮里尔地震:1940.5.19, M7.1, 死亡9人。

克恩县地震:1952.7.21, M7.7, 死亡13人。

圣弗尔南多地震:1971.2.9, M6.4, 死亡65人。

洛杉矶地震1987.10.1, M6.0, 死亡8人。

1906年4月在北部圣安德烈斯断层发生的大地震,土地沿断层发生12Ft.的走向滑动位移,火灾连续3天,25万人无家可归,700人以上死亡。其规模仅次于旧金山大地震。

二、地震的概况

洛马普列塔地震的发生日期、震源、震级以及断层运动模式如下:

(1) 发生日期:1989年10月17日17时4分。

(2) 震源:旧金山的东南约90km,圣克鲁斯的东北约6km, 37°02'N, 121°52'W。

(3) 深度:约18km(属该地区附近的深地震)

(4) 震级:7.1

建筑物受破坏的幢数，据加利福尼亚州紧急服务事务所速报，全部毁坏 1149 幢，部分损坏 20 864 幢（圣何塞市除外），破坏集中在旧金山市（马里纳地区、南市场地区以及圣塞特地区）、奥克兰市（下城地区）、圣克鲁斯市（太平洋公园摩尔地区）以及沃森维尔市、霍利斯塔市等地区。

三、灾害概况

1. 人员伤亡

至 11 月 26 日，死亡 62 人（死亡诊断书确认为地震造成的直接死亡），受伤 3 208 人，难民 13 252 人。按地区列表如下：

地 名	死 亡	受 伤	难 民
阿拉梅达	42	349	2 550
康特拉斯特		22	
马 林			5
蒙特雷	1		200
圣伯尼特		110	420
旧金山	13	300	1 100
圣马蒂		451	
圣塔克拉	1	1 305	39
圣克鲁斯	5	671	8 918
合 计	62	3 208	13 232

2. 道路、桥梁及建筑物的破坏

通往旧金山海湾地区和蒙特雷的地区干线 12 个区段被封闭。在受灾地区内约有 1500 座州管理的桥以及相同数量的县市管理的桥。包括 3 座桥断落在内有 12 座桥遭到大破坏，13 座桥受到中等程度的破坏，65 座桥受到轻微的损坏。其中考察了 3 座道路桥的灾害现场，受破坏情况如下所示。

道路桥名	所在地	破 坏	恢 复
旧金山奥克兰海湾大桥	旧金山市	上部桥面	11 月 17 日修复
塞普雷斯 1（880 号线）	奥克兰市	15m 落下	
	奥克兰市	2km 中有 1. 2km 断落	需要 2 年以上
斯托拉布索尔	沃森维尔市	232m 中有 100m 断落	1990 年 3 月（预定）

3. 生命线设施破坏

(1) 上水道 关于上水道设施的灾害，访问了旧金山市水道局，介绍旧金山市内的状况。市内配水管的总长约 1 044n mile（不足 2 000km）。其中 8 成是旧的铸铁管，其余 2

成是球墨铸铁管和钢管。在这次地震中,配水管发生破损的有180处,在旧的铸铁管部分发生了灾害。地区是在旧金山市北部马里纳地区,主管和家庭给水管发生了灾害。由于这些灾害受到影响的人数有数百人,用了4天时间完成了应急修复工作。破损的旧铸铁管现在正在替换成球墨铸铁管,据说还要用六周时间完成。

(2) 下水道 同样对旧金山市进行了考察。报告说旧金山市的下水道破损有2种类型的灾害。一种是在填埋地有基础桩的下水管和没有基础桩的下水管的连结部发生破损,另一种是槽渠泵站至东南终端处理站的大下水管发生龟裂。前者的灾害大多出现在马里纳地区以及贝比尤地区等填埋地,灾害数详细情况正在调查中。另一种大下水管的龟裂,龟裂位置在1857年还是海洋的填埋地和新时期的填埋地的交界处,人们认为受到不同地质条件的影响所致。

另外,由于电泵站停止工作,所以不可能把下水道的水送到终端处理站,一部分下水流到海里。因此,市保健所下令从金门桥至亨特角禁止游泳。

(3) 电力供应设施 莫斯兰亭火力发电厂和波特莱洛发电厂的部分发电机停止发电,大约有100万户受其影响停电。停电地区从马林县到旧金山、奥克兰、圣何塞、圣克鲁斯以及霍利斯塔。到10月21日为止,除了马里纳地区约1000户以外,都恢复了供电。

(4) 煤气供应设施 在旧金山市以及圣克鲁斯等市,煤气总管和用户的供气管等受到灾害,停止供气的总数16万宗。其中,除了马里纳地区的5000户以外,到10月25日为止恢复了供气,马里纳地区到11月20日为止也已恢复了供气。另外,马里纳地区的恢复供气,原来预定到1990年2月完成,通过追加投入人员,改进施工方法,提前3个月完成修复工作。PG和E公司向马里纳地区的居民散发记载了每周作业进展状况的传单,提供可供60人洗澡的热水淋浴车,受到了当地居民的感谢。

4. 液化现象和灾害

在旧金山市,马里纳地区、南市场地区、查伊纳贝逊地区(都是填埋地)发生了液化现象,住宅、上下水道、煤气管道等都发生了灾害。

在奥克兰市,奥克兰港和奥克兰机场(都是旧金山湾沿岸的填埋地)发生了液化现象。在奥克兰港第7市街终端的集装箱保管场下沉,集装箱吊车的基础下沉约30cm,到11月下旬还没有恢复运转。该集装箱终端站是1965—1972年建设的,用建设高速铁路(BART)时的疏浚土砂填埋而成,没有进行地基改良。奥克兰机场着陆带和引导跑道大约有300m停止使用。在靠近震源的圣克鲁斯和沃森维尔地区也出现了液化现象。在这些出现液化现象的地区,地方公共机构采集了样品,进行了粒径分析,所有的采样资料都是在容易液化的粒径0.1—1.0mm范围内。另外,福斯坦市的住宅地本来是容易液化的填埋地,但进行了地基改良(振浮压实法),没有发生液化灾害。

5. 火灾

火灾的发生数:旧金山市22起,旧金山机场2起,奥克兰市2起,圣克鲁斯县内20—25起,总数估计约有50起。

四、防灾体制

1. 加利福尼亚州

州长具有发布州处于紧急事态的权限,在发布了灾害紧急事态或大灾害的总统公告时,行使最高负责人的权限,如指定与联邦政府协调员一起协调灾害对策的州协调员。其他的协调权限委托给州 OES。OES 的局长在州或地方团体宣布处于紧急状态时,对州政府有关机构的对策进行协调,州政府的所有有关机构必须做到:与 OES 局长合作并提供可能的援助。具体地说,OES 在本局和地方办事处设置灾害对策总部 (Emergency Operation Center; EOS),其他的州政府的有关机构按照局长或地方办事处主任的要求派遣代表,与联邦政府的有关机构进行联系协调。

2. 旧金山市 (县)

作为市长直辖的部局,设立了旧金山市 (县) OES,由 6 名工作人员担任与有关部局联系协调、制定计划、工作等。紧急事态时灾害对策总部设在消防总部的指挥中心内,为此,在指挥中心内安装了专门用途的设备。

市的灾害对策组织如图 1 所示。其中,特别是美国红十字会金门分部负责民生以及避

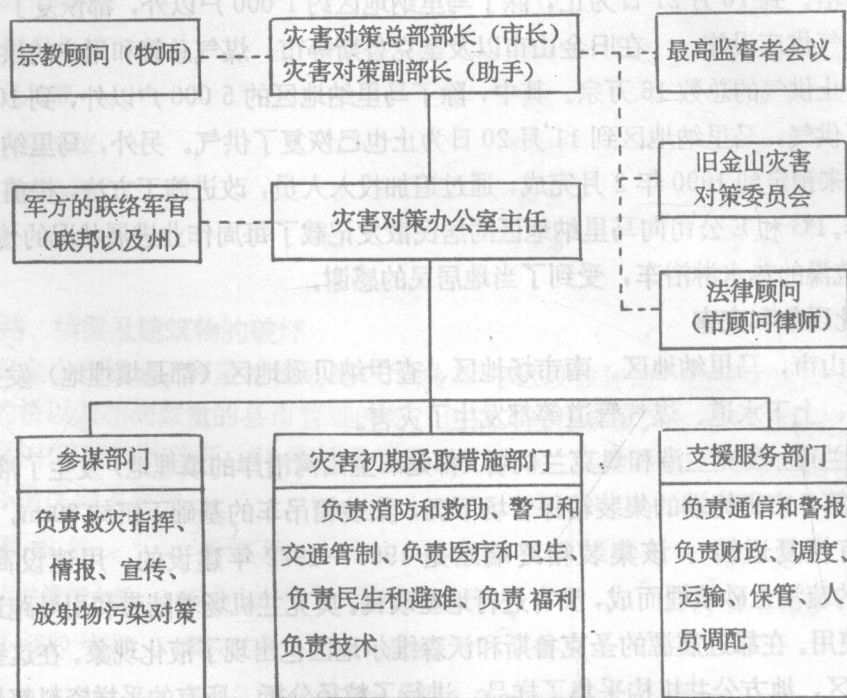


图 1 旧金山市的灾害对策组织

---建议、指导 ——指挥、命令

难,在发生自然灾害时,根据分部负责人及其指定的代表的指示,成为灾害对策机构的一部分进行活动。红十字会除了供应衣食住以外,还负责对受灾者进行登记、调查、提供辅

助医疗以及对受灾居民和受灾家庭的恢复提供援助。这些活动所需要的经费由红十字会负担，市的社会福利局的人员，可以按照需要，辅助红十字会人员。

五、有关机构的对策

1. 灾害紧急事态的公告

联邦政府根据斯塔霍德灾害救助和紧急援助法(RT. Stafferd Disaster Relief and Emergency Assistance Act)于10月18日发布了“紧急事态”公告，州根据加利福尼亚的紧急业务法(California Emergency Services Act)于10月18日发布了“紧急事态”公告，地方政府(9县2市)根据各县市的命令(Oedinance)于17—18日发布了“紧急事态”公告，并分别设置了灾害对策总部。10月22日在芒廷维尤设立了联邦、州、县以及市的“综合对策总部”，谋求应急对策、受灾者援助对策综合化，迅速化。并且，在“综合对策总部”的指导下，在受灾地还设立了灾害申请中心(Disaster Application Center; DAC)。在该中心里有联邦、州、县、市以及红十字会等的志愿者团体的工作人员常驻。受灾者可以去中心或者打电话就总的救援方法提出申请和商谈。现在已收到55 000件申请(半数电话)。

(1) 联邦政府 联邦政府决定拨出地震救济费38亿美元，并通过联邦危机管理局第9分局(设在旧金山)采取了以下对受灾者的救援措施。

向住户受灾者支付一次性费用和贷款。

向受灾者支付一次性费用。

向受灾者提供临时宿舍、紧急用粮食、衣服等。

向因灾害造成的失业者支付津贴。

向中小企业者贷款。

实施税收减免措施。

实施残弱者对策以及精神卫生对策等。

(2) 加利福尼亚州 为了弥补恢复家园等的财源，州长在11月6日签就了提高销售税0.25%(从1989年12月1日开始13个月限期的措施)的税法修正案。通过采取这一措施增加税收8亿美元(约1160亿日元)，用于公共设施修复452亿日元，高速公路修复393亿日元以及灾害赔偿基金44亿日元等。

另外，州紧急服务事务所(Office of Emergency Services: OES)，采取了以下对策。

①向州的OES全部职员250人发出动员令，与州的其他部、局的职员一起实施救援活动。

②为了检查受灾建筑物的安全性，从没有受灾地区派遣了700名由专门的调查员和相关技术的志愿人员组成的评定员。

这些评定员分配给受灾地区的县和市负责建设的部、局，2人一组每天检查10—20栋建筑物，并进行评定。一般的检查、评定的顺序和分类标准如下：

a 不安全——禁止进入、居住，挂红色标志牌。

b 限制进入——除了允许者以外禁止进入，挂黄色标志牌。

c 已完成检查——没有问题，挂绿色标志牌。

③在州的 OES 设施内,以 24 小时工作体制设置通信中心,负责与联邦政府和地方政府(县和市)联系协调,收集和传递情报。



* 业主可以另外雇请顾问

图 2 建筑物的一般检查和评定的流程

(3) 县和市 接到州政府以及联邦政府的指示,阿梅格达县(17 日)、康托拉科斯塔县(19 日)、马林县(19 日)、蒙特雷县(18 日)、圣伯尼特县(17 日)、旧金山县市(17 日)、圣马蒂县(17 日)、圣塔克拉拉县(18 日)、圣克鲁斯县(17 日)、索拉诺县、艾尔邨市、贝尼西亚市以及托雷西市等 13 个地方团体都发布了地区紧急事态公告,同时成立了地震灾害特别对策总部,对受灾者展开救助和救援活动。

2. 对火灾的相应措施

这次地震中发生的约 50 起火灾中,主要是在马里纳地区和欧欣赛得地区发生的民房蔓延火灾,其他小规模火灾在蔓延扩大以前被扑灭,但在圣克鲁斯市却烧掉约 200 英亩山林。在 10 小时后扑灭了山林火灾和高速公路桥崩塌现场发生的车辆火灾。

下面介绍旧金山市的消防活动和水源状况。

在马里纳地区迪希萨迪洛街道三角地建筑物倒塌后起火燃烧,除了 4 栋木建公共住宅全部烧毁外,还有 4 人丧生。消防局出动消防车以及消防艇 1 艘进行灭火,在起火后 6 小时扑灭了火灾。就水源来说,消防局管理的高压灭火栓(市内有 1 800 个)以及自来水局管理的低压灭火栓(市内有 7 500 个)因为不能使用,所以从消防艇用海水灭火,获得了很大效果。

当时,有 50 名未组织的志愿人员参加了把 15cm 口径的管子延伸的工作。据说,旧金

山消防局今后要实行消防队员指挥志愿人员进行灭火的训练。

3. 急救和救助活动

下面介绍从事 880 号高速公路崩塌现场救助活动的奥克兰市消防局以及从事急救活动的阿拉梅达县紧急医疗服务公司的急救活动。

(1) 奥克兰市消防局 市消防局在这次地震中主要的救助活动内容有,救助因 880 号高速公路崩塌而被封闭在车内的人,从倒塌的建筑物内救出逃命者,及救出因停电等被关在电梯内的人。其中,对从 880 号高速公路受灾现场救出受伤人员,投入了最大的力量。

该现场救助活动的消防部门以及志愿人员通力合作持续了一星期,在这一救助活动中,消防人员救出了 150 名受伤者,并从洛杉矶派出了 2 名心理学者,对因目睹悲惨的灾害状况而陷入异常心理状态的救助队员和与死伤者有关的人员进行心理治疗,据说对维持救助作业的效率有很大的效果。

(2) 阿拉梅达县紧急医疗服务公司的急救活动 阿拉梅达县的急救活动是在县健康局的监督下,由与 4 个民间急救医疗公司订有合同的紧急医疗服务公司(Emergency Medical Services,下面简称为阿拉梅达 EMS)实施的。阿拉梅达 EMS 是根据加利福尼亚州健康及安全宪章 2.5 节,作为“地方 EMS 公司”,由县监理委员会(County Board of Supervisors)认定的,具有以下职责:a. 制定系统的计划;b. 辅助人员的资格认定;c. 训练计划的审定;d. 辅助人员资格教育的审定;e. 与提供服务者签订合同;f. 下达有关医疗的指示;g. 公司资金的分配等。

阿拉梅达拥有急救车 28 辆以及受过 1 000 小时以上医疗技术训练的人员 275 人。这一次为了应付大量的急救工作,向没有签约民间急救医疗组织也发出了求援,投入包括临时借用的车辆共 60 辆,给 113 名伤员实施了急救服务,还把总计 325 名伤员送到 15 所医院。

4. 志愿人员的活动

调查的最后一天(27 日)下午访问了救世军北加利福尼亚内华达事务所。据介绍说,提供食品、饮用水、衣服以及其他救援都是红十字会和救世军等志愿人员的资金负担。关于美国志愿人员的活动介绍说:“当美国的市民感到有人受灾时,为了援助这些人就组织志愿人员进行援助。提供食品、供水等,这些事都是民间志愿人员做的。市里较大的工作由联邦和州政府负责,而地方政府负责联系调整、减免税收、房屋改建资金的斡旋、向全体市民宣传等。这次市长非常活跃,得到了市民的感谢”。在调查的第一天(16 日),我们在这次地震受灾最大的地区马里纳地区现场调查,旧金山市长办公室主任对我们说:“市民在紧急事态时以非常迅速、正确的判断进行了行动。也就是说作了很好的判断,采取什么样的行动自己能得救,对别人现在最好采取什么样的行动”,“志愿精神是从市民中间自发地涌现出来的,出现了自助和互助精神,行政没有对志愿人员活动进行指导,也没有干预”。

以建国以来的历史传统为背景,美国市民对志愿人员活动的价值观是极高的。

Robert T. Statford 灾害及紧急事态救援法规定,美国总统在得到美国红十字会、救世军以及同类救援组织的同意后,可以使用这些组织拥有储备的人才、资材以及设备。根据这一规定在联邦政府和志愿人员团体之间签订了协定。同样,与州、县和市之间也有协定,应

付各种大小的灾害。也就是说,开设避难所,为受灾人员调度、储备、提供物资和食品,进行简单的医疗等工作是志愿人员团体的任务,按照自然灾害的情况,进行这些业务时所需要的经费由志愿人员团体独自的资金补助,行政不负担。

这次红十字会、救世军等志愿人员团体在发生灾害的同时,参加救援行动。在发生灾害的当夜,开设了避难所,收容避难人员,提供食品等。

(1) 红十字会 根据 1905 年公共法第 4 号,红十字会拥有保护因自然灾害受灾人员的责任,作为县和市设置的灾害救援组织的一个组成部分派遣救援队。红十字会的地方分会的灾害救援活动得到全国红十字会人员和器材等的后援。

红十字会在加利福尼亚州内开设了 21 个避难所,提供了 25 辆食品车,到 11 月 1 日为止给 26 303 名避难者提供援助。

(2) 救世军 与红十字会一样,根据与行政签定的协定,向避难者提供衣服和食品等,主要是在红十字会开设的避难所内进行活动,这次地震中,救世军在旧金山市内和沃森维尔市内独立设立了高龄者使用的避难所。

救世军是基督教的一个教派,在发生灾害时不管宗派如何?与其他的一般市民合作进行活动。采用军队组织,培养士官(圣职人员)。在北加利福尼亚州,内华达事务所管辖内的已经完成培养的登记人员有 500 人,这次地震中通过报纸广告招募来的 1 200 名未登记未训练过的志愿人员,由登记过的士官指挥,展开了有组织的、充分的活动。

救世军在加利福尼亚州内开设了 3 个避难所,13 个炊事房、2 个接待站。与红十字会一起向很多避难者开展了救援活动。

(3) 消防预备队 旧金山消防预备队在 1906 年震灾时非常活跃,得到市有关条例的承认,在第二次世界大战中增加到约 1 万人,现在只留下约 30 名队员。

(4) 建筑技术志愿人员 为了检查受灾房屋的安全性,在旧金山市约有 300 名建筑事务所的建筑师、退休技术人员自愿无偿地进行合作。与市里派遣的 100 名技术人员编成 200 个组,用 3 天时间完成了对房屋的检查。

(5) 业余无线电志愿人员 作为全国组织,有美国无线电中继协会(A.R.R.L. 法人组织),在这次地震中,协会的会员驻在避难所,从事灾害情报的联络工作。

六、结 语

1. 救助、急救活动

受过 1 000 小时以上高级医疗技术资格讲座具有资格的志愿人员,同乘配备了配套的医疗器械、药品的急救车进行活动,提高了抢救效率。

另外,对亲临悲惨现场而失去精神稳定的职员以及等待救出处于重伤状态亲人的家属,派遣心理学者进行心理安慰,对维持救助工作的效率发挥了很大的作用。震灾后,在公立的中、小学内也规定进行同样的教育,努力谋求中小學生精神稳定。

2. 灭火活动

市消防局管理的高压灭火栓和市水道局管理的灭火栓,在马里纳地区都发生破损而不能使用,使用消防艇用海水灭火。在日本地方公共团体虽然有计划地在建设抗震的贮水池,

但对于 167 万个设施标准只能满足 72%。必须加快建设未达到的部分，特别是正在高速进行海岸开发的东京湾地区的地方公共团体，必须重新制订包括河流和湖泊等自然水的利用方案的建设计划。

3. 志愿人员活动

在这次访问的有灾害现场，志愿人员的活动都是有条不紊地在进行，对减轻灾害发挥了很大作用。在日本也有很多年轻人面对灾害想进行合作，必需研究如何把这些力量投入救灾现场，有组织地进行救灾方法的教育。例如，照灾害种类编写采取相应措施的方案，地区的消防团和自主防灾组织在市民面前反复按方案实施训练，从这些团员和成员中培养受过一定资格训练的指导员，把方案规范化，编入地区、企业和中、小学运动会的项目内，对业余无线电技师进行登记，寻求合作，并扩大职业登记的范围，由指导员管理名册，建立一个符合日本的国情和国民性参加救援的系统。

4. 关于向市民的情报传递和普及启发活动

向市民提供的情报通俗易懂，内容十分详细，如州紧急对策总部要求除了紧急时必须到的人员以外，其他人员不要到市内上班；旧金山市长要求市民没有绝对必要不要去工作，即使去也要事先用电话了解能否到事务所；PG&E 要求人们注意，由于电力和煤气设施的修复工作极其缓慢，煤气泄漏有可能发生次生灾害。

与地区关系密切的地方电台 24 小时连续广播，向居民提供情报和向县、市提供情报，对稳定人心起了很大作用。

另外，根据海湾地区地震对策计划和电台之间签订的广播协定，拟定的广播手册在实际场合没有利用，这告诉我们，虽然地区防灾计划规定根据各地方公共团体和各地区的广播机构之间的协定，可申请广播，但平时需要紧密联系。

另外，太平洋电话公司发行的电话本刊登了“急救和生存指南”（First Aid and Survival Guide）由此可见向市民普及和启发紧急对策所作的努力。我希望日本的公共机构对定期大量发行的印刷刊物，刊登这类消息进行探讨。

5. 关于公共设施的安全对策

灾害集中在离震源距离约 90km、以气象厅震度计算 IV 度左右的旧金山市周围地区，是这次地震的特征之一。特别是 880 号线第 2 层塌落和海湾大桥的上层桥面落下成了很多人丧生的原因。这表明，在松软地基有抗震力不足的结构物时，与离震源的距离没有关系。据自治省财政局公共设施状况调查表明，南关东 1 都 3 县内的道路总长为 8 000km，约 5 000 座桥梁，管理着正好相当于到旧金山的距离的道路和桥梁。以公路为主的公共设施在灾害应急对策上担负着重要的作用，希望对确保这些道路的安全性的方法重新进行研究，平时准备充足的材料和加强日常训练。为了在万一公共设施发生灾害时，谋求实施迅速的救助和修复工作。

潘元振编译

洛马普列塔地震的震源过程

安藤雅孝

洛马普列塔地震的专集,已刊于美国地球物理协会的 Geophysical Research Letter 的 7,8 月号。该杂志以快报为目的,刊载了 33 篇论文,介绍了洛马普列塔地震研究的最新情报。本文以介绍该杂志这两期专集为主,并对洛马普列塔地震进行论述。

一、圣安德烈斯断层

洛马普列塔地震是在圣安德烈斯断层上,自 1906 年以来没有发生过这样大的一次大地震。沿加利福尼亚州西岸延伸 1 200km 的圣安德烈斯断层构成北美板块与太平洋板块的边界,在三千万年以前发生了错动,形成在边界上 1 000km 长的断层。曾经在洛杉矶的岩基,现在已移动到圣弗兰西斯科(旧金山,下同)。圣安德烈斯断层之所以著名是因为 1906 年发生了旧金山地震(M8.3)。旧金山地震是在圣安德烈斯断层北部 300km 处破裂引

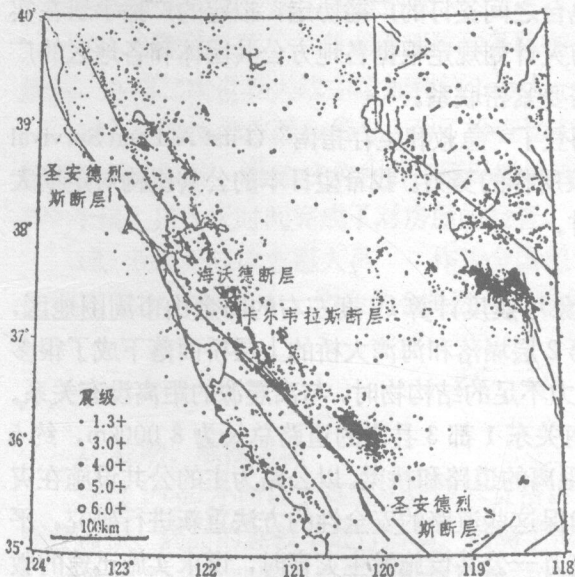


图 1 北加利福尼亚的地震活动
($m_b > 1.3$, 1980—1986)

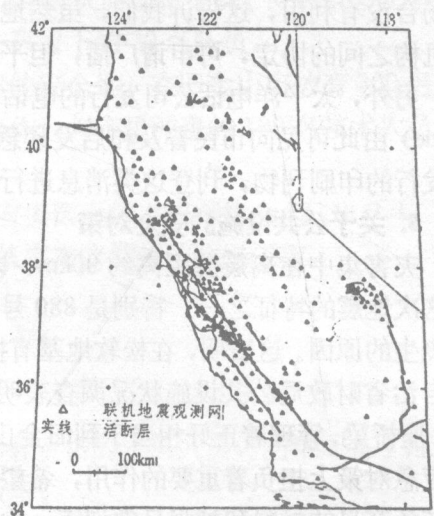


图 2 美国地质调查局沿圣安德烈斯
断层的联机地震观测网

起的,位移量从 4—6m,根据在该次地震前后所测定的地壳形变,提出“弹性回跳假说”的地震 = 断层说,视作现代震源过程理论的基础。沿圣安德烈斯断层的地震活动水平高(图

1), 围绕断层布设了世界上最密集的地震观测网 (图 2)。可以认为, 在该断层中发生的洛马普列塔地震, 对震源过程或地震预报的研究提供了重要的数据资料。

二、震源过程

1. 震源参数

关于洛马普列塔地震的震源过程已有 10 篇论文, 提出了 10 种模式, 使用的地震波的周期或种类、分析方法虽然不同, 但得出的结果极为一致。一个地震的震源, 通过如此多的研究组进行研究, 其结果又如此相类似是很罕见的。洛马普列塔地震的震源过程比较简单, 因而, 也是比较容易分析。根据上述的研究求出的地震矩 (地震时作用在断层面上的力偶)、断层尺寸等震源参数的简单平均如下:

断层的长度 35km

断层的宽度 15km

断层的倾角 67°

断层面上的错动 2.2m

地震矩 $2.6 \times 10^{20} \text{ N} \cdot \text{m}$

应力降 50bar

M_0 7.1

M_w 6.9

破裂持续时间 8s

2. 不均匀的破裂传播

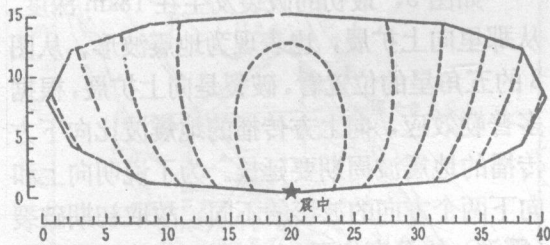


图 3 洛马普列塔地震的 s 波面位置
(虚线—等间隔为 1 秒)。

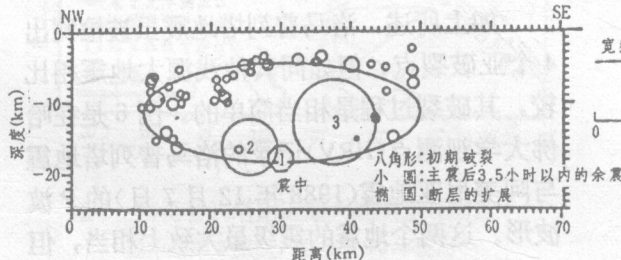


图 5 洛马普列塔地震后 3 小时半的
余震和亚破裂 (数字)

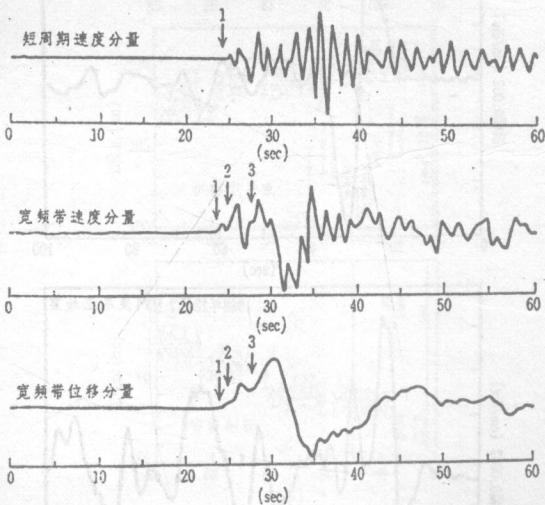


图 4 西班牙记录的洛马普列塔地震
的 P 波波形 (垂直动方向)