

地震与建筑

〔日〕久田俊彦 编著 姜敦超 译

地震出版社

1352.1

5

地 震 与 建 筑

〔日〕 久田俊彦 编著

姜敦超 译

地 震 出 版 社

1 9 7 8

地 震 と 建 筑
工学博士 久田俊彦 编著
鹿岛出版会
1974年9月1日

地 震 与 建 筑
〔日〕久田俊彦 编著
姜敦超 译

地 震 出 版 社 出 版
北京三里河路54号
北 京 印 刷 二 厂 印 刷
新华书店北京发行所发行
各 地 新 华 书 店 经 售

850×1168 1/32 $7\frac{3}{4}$ 印张 160千字

1978年8月第一版 1978年8月第一次印刷

统一书号: 13180·45 定价: 0.90元

前 言

近年来，在地球物理学和地震学领域里的惊人进展是提出了板块构造理论。这一理论认为，巨大的岩石板块从太平洋方面以每年几厘米的速度推过来，插入日本列岛的下方。这个重大的理论几乎已被公认。

根据这种理论，日本的地壳由于不断受力积累着“应变”，而通过地震把能量释放出来。这种观点肯定了大地震的“重复性”，同时也使我们深刻地认识到：采取相应的抗震对策，尤其是城市的抗震对策，是极为紧迫的重大课题。

已故的河角博士曾提出关东南部地区的大地震周期为六十九年的看法，最近，社会上一般人对地震或地震灾害的关心，已大为增强，这是一件大好事。

去年8月，笔者在“鹿岛建设”夏季社研修会上，根据鹿岛会长的要求，讲述了《地震与城市防灾》。其后，鹿岛研究所出版社要求出版关于地震方面的书，而且送来了各种单行本。

看了这些单行本，使我感到惊奇的是：关于地震方面，虽然已出版了很多专家学者的很好的启蒙性书籍，但是却几乎还没有出版过有关“建筑物的抗震”的通俗易懂的普及读物。

自明治以来“抗震结构”作为日本的传家本事，一直处于世界学术领域的前列，所以高水平的专业书或教科书的大量出版是必然的。然而，奇怪的是面向一般读者通俗易懂的书，却还不曾有过。

因此，笔者不顾才疏学浅，便计划出版题为《地震与建筑》一书，自任总编，由鹿岛建设技术研究所的主要人员和笔者分别执笔，去年秋季着手，现已付印。

由于本书具有上述目的，所以尽量以照片、图表来表达建筑

的抗震工程方面的最新成果。

本书内容首先由地震开始，说明地震灾害史，抗震结构的发展，抗震设计的观点等一般基础理论问题；其次，对日本的木结构到超高层建筑的各种结构建筑物、各种地基和地震的关系，分别做了论述；最后，谈到城市与地震。出版这种普及读物的必要性，也由今年5月伊豆半岛近海地震的调查结果得到肯定。

本书执笔者为：足立宪彦（二、五章），太田外气晴（三、四、五章），原昭夫（五章），竹尾光（五章），大森信次（六章），小林美龟雄（七、八章），别所佐登志（九章），佐佐木哲也（十章），松崎育弘（十一章），远山幸三（十二章），久田俊彦（一、十三章），由笔者汇总。但是由于本书的性质，各章难免有若干重复和内容上的粗细不一。然而，不管哪一章，如果单独拿出来阅读，不会有割裂难读之感。

在本书出版之际，首先向给予出版机会和大力支持的鹿岛会长致以谢意。

其次，在本书执笔时，曾大量参考或引用了前辈各位先生和朋友的名著、文献；同时得到武藤清博士及武藤研究室的很多帮助。

在编辑过程中，曾得到技术研究所的大森信次，鹿岛研究所出版会田中康夫、清水谦一等人的协助。

在此向他们深表谢意。

最后，希望本书能对避免不了地震灾害的日本建筑或城市震灾的预防有所贡献。为使本书更加完善，敬希读者指正。

久田俊彦

1974年6月

目 录

第一章 地震与地震危险区的划分	(1)
第一节 地震的发生	(1)
第二节 地震的大小与强度	(3)
第三节 地震活动	(6)
第四节 地震预报	(11)
第五节 强震观测	(13)
第六节 地震波与地振动	(18)
第七节 地震危险区	(19)
第二章 地震灾害史	(23)
第一节 日本的地震灾害	(23)
第二节 国外的地震灾害	(29)
第三章 抗震结构的发展	(40)
第一节 西欧建筑的引进和抗震研究的开端	(40)
第二节 关东大地震的教训	(42)
第三节 抗震设计规程的诞生与发展	(43)
第四节 近年的地震灾害及其教训	(46)
第五节 新抗震设计法和超高层建筑 物的出现	(47)
第六节 抗震结构的发展过程	(48)
第四章 抗震设计的思想与抗震设计法	(50)
第一节 抗震设计的基本思想	(50)

第二节	建筑场地的选定·····	(50)
第三节	抗震设计的原则·····	(51)
第四节	建筑标准法中所做的抗震规定·····	(52)
第五节	地震反应谱·····	(54)
第六节	利用建筑物固有周期的抗震设计法·····	(56)
第七节	动力抗震设计法·····	(58)
第八节	世界的抗震规范·····	(58)
第五章	地震、地基和建筑物·····	(61)
第一节	地震时的地基振动·····	(61)
第二节	地震时的地基强度与地基震害·····	(66)
第三节	地震与基础·····	(71)
第四节	地震时地基和建筑物的振动·····	(75)
第六章	木结构建筑物与地震·····	(80)
第一节	木结构建筑物的构造·····	(80)
第二节	木结构建筑物的震害及其教训·····	(84)
第三节	木结构建筑物在地震方面的性质·····	(89)
第四节	木结构建筑物的抗震·····	(95)
第七章	砌筑结构建筑物与地震·····	(101)
第一节	砌筑结构建筑物的特征·····	(101)
第二节	砌筑结构建筑物的震害·····	(101)
第三节	补强混凝土预制块结构的抗震设计·····	(105)
第四节	混凝土预制块垣墙的抗震设计·····	(109)
第八章	钢骨结构建筑物与地震·····	(112)
第一节	钢骨结构建筑物的特征·····	(112)
第二节	钢骨结构建筑物的震害·····	(114)

第三节	钢骨结构的抗震设计·····	(117)
第九章	钢筋混凝土结构建筑物和地震 ·····	(118)
第一节	钢筋混凝土结构的特征·····	(118)
第二节	钢筋混凝土结构建筑物的震害·····	(122)
第三节	钢筋混凝土结构的新发展·····	(131)
第十章	钢骨钢筋混凝土结构 建筑物与地震 ·····	(139)
第一节	钢骨钢筋混凝土结构的组成·····	(139)
第二节	钢骨钢筋混凝土结构的特征·····	(140)
第三节	钢骨钢筋混凝土结构建筑物的震害·····	(142)
第四节	钢骨钢筋混凝土结构的结构特征·····	(144)
第五节	钢骨钢筋混凝土结构的抗震设计要点·····	(146)
第十一章	装配式建筑物与地震·····	(149)
第一节	装配式建筑的含义·····	(149)
第二节	装配式建筑物的抗震性·····	(149)
第三节	装配式建筑物的震害·····	(151)
第四节	装配式建筑物的结构形式·····	(151)
第五节	单户装配式住宅·····	(152)
第六节	中高层装配式集体住宅·····	(158)
第七节	装配式建筑的新动向·····	(172)
第十二章	超高层建筑与地震·····	(173)
第一节	超高层大楼的出现与现状·····	(173)
第二节	超高层建筑的震害·····	(177)
第三节	抗震设计与超高层建筑的振动·····	(188)

第十三章	城市与地震	(198)
第一节	地震引起的城市灾害	(198)
第二节	日本的城市震灾	(199)
第三节	美国的城市震灾	(206)
第四节	东京的震灾预测	(214)
第五节	东京的地震对策	(218)
附 录		(227)

第一章 地震与地震危险区的划分

第一节 地震的发生

在叙述地震以前，让我们先看看发生地震的地球是怎样构成的。

图1.1是地球的剖面。地球半径约有6,400公里，它的最外侧表层为地壳。在海洋地区，地壳的厚度约6公里；在大陆地区，平均为35公里，由岩石（花岗岩及玄武岩）构成。

地壳下面是地幔，也是由岩石（橄榄岩质）构成的。地幔之下的外核，一般认为是熔融的液体，而地球中心部位的内核，究竟是固体还是液体，还不能肯定。不管它是处于什么状态，一般认为构成地核的物质是铁。

地震是怎样发生的呢？根据观测，大多数地震都发生在地表以下60公里的深度之内，最深有达到700公里的（深源地震）。

由图1.1的地球构造可知，地震是地球最外层的地壳及其下面的地幔（上地幔）的岩石遭受破坏，把所积累的应变能转化为波动能而使地面产生摇动的一种现象。岩石开始破坏的地方，叫做“震

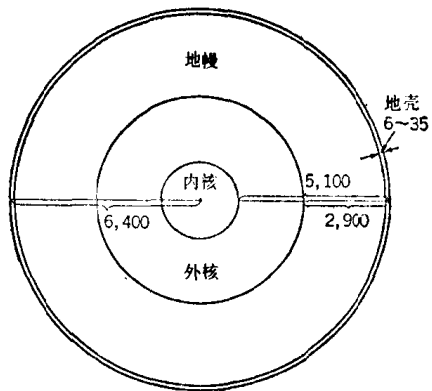


图1.1 地球断面（单位：公里）

源”，震源正上方的地面位置，叫做“震中”。

若要岩石发生破坏，就必须使岩石受力。根据最近在世界上流行的板块构造理论，关于日本太平洋一侧的地震成因，一般认为，由岩石构成厚约70公里的板块，发生在南美近海的火山岩海底山脉（图 1.5 南美近海发生地震的带状部分）。由于地幔物质的对流作用，使载有海底地壳的板块以每年10厘米的速度向太平洋以西移动。因为这一板块从日本列岛以东的日本海沟斜着向列岛下方俯冲，所以，地壳、地幔都遭受力的作用，由这种力而形成的应变，如果达到某一限度，就要产生破坏。

地球表面被大约九个大板块覆盖着，一般认为，地震就发生在这些板块的交界部位，其形态可由图 1.5看出。

让我们以1968年十胜近海地震为例，来说明地震的发生。图 1.2 中的⊙符号即为震源位置（震源深度为 0），该处的岩石应变达到某一限度（约万分之一）时开始破坏。破坏时的滑动面即为断层面。这个断层面一般认为遍布于虚线圈定的整个震源区。断层面附近的岩石强度因裂隙而变弱，所以，在主震之后，便产生小震即

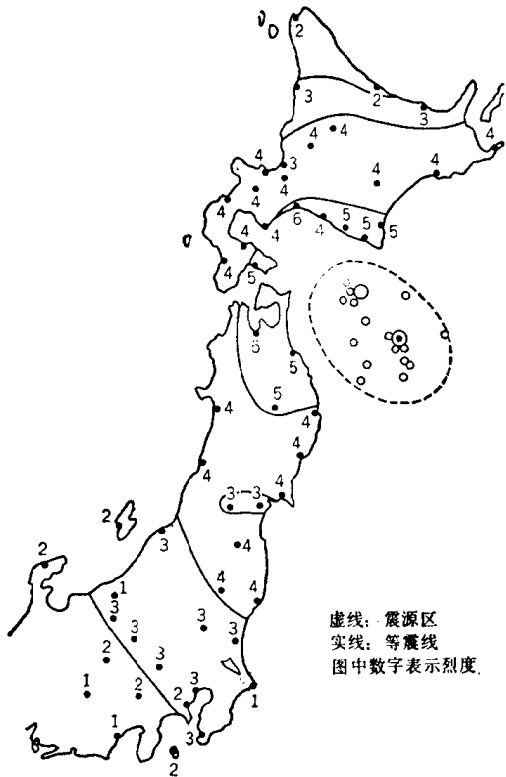


图1.2 1968年十胜近海地震的震源及震度分布

余震。发生余震的范围就是震源区。

这样，岩石在某一体积（图 1.2 虚线圈定的区域，由上往下看）内的应变能随断层面的滑动而被释放出来。这就是地震时释放的能量。由图 1.2 表示地震强烈程度的烈度分布情况可知，越是接近震源区域，烈度就越高，等震线大致与震源区的形状相平行。

其次，关于日本内陆部分所发生的地震，是因为由东部推过来的板块与由西部把日本列岛向东南推移的大陆板块的作用，使地壳遭受以东西向为主的应变，产生断层活动而形成的。

第二节 地震大小与强度

地震的大小

地震的大小即震级（以符号 M 表示），是表示地震能量大小的一种尺度。它的数值在地震学上用一定的方法来确定。

地震时，地震波放出的能量与震级（ M ）有一定的关系。 M 值若大一级，则能量增加约 30 倍；若大二级则能量增加约为 1000 倍。

M 值为 5—7 的地震，为中等地震，如果震源浅，则能造成灾害。 M 值为 7—8 的地震，为大地震。如果发生在内陆地区，则能造成很大的灾害。 M 值大于 8 的地震，为特大地震，如果发生在内陆，便会造成极大的灾害；如果发生在海底，就会引起大海啸。但是，震级一般认为不会超过 8.6，这表明震源区域的岩石体积所能蓄积的能量是有一定限度的。

表 1.1 表示过去的地震震级与能量。一枚氢弹的能量相当于 $M = 7.4$ 地震释放的能量，投在广岛的原子弹的能量相当于一个 $M = 5.2$ 左右的地震。

我们再看看地震震级与地震持续时间的关系。因为震级越大

表1.1

地震震级与能量

地 震	震 级 (M)	能 量 (尔格)
关 东 (1923)	7.9	4.5×10^{23}
三 陆 近 海 (1933)	8.3	1.8×10^{24}
鸟 取 (1943)	7.4	7.9×10^{22}
东 南 海 (1944)	8.0	6.3×10^{23}
南 海 道 (1946)	8.1	8.9×10^{23}
福 井 (1948)	7.3	5.6×10^{22}
斯 科 普 里 (1963)	6.0	6.3×10^{20}
阿 拉 斯 加 (1964)	8.4	2.5×10^{24}
新 馮 (1964)	7.5	1.1×10^{23}
加 拉 加 斯 (1967)	6.5	3.5×10^{21}
十 胜 近 海 (1968)	7.9	4.5×10^{23}
圣费尔南德 (1971)	6.6	5.0×10^{21}

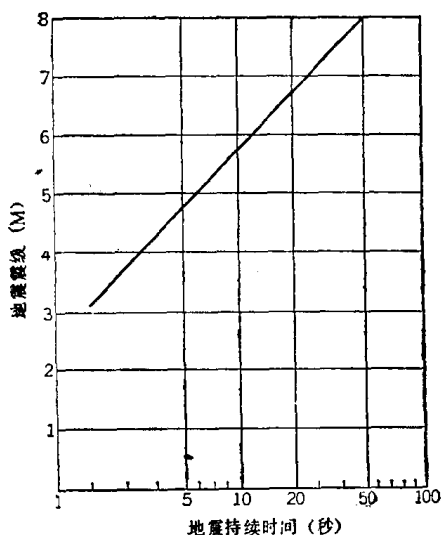


图1.3 地震震级与持续时间〔久田〕

的地震，破坏岩石的体积也越大，所以地震持续的时间就越长。以日本51次地震所取得的76个观测记录来看，得出图 1.3 所示的趋势，当发生 M 为 8 级的大地震时，持续的时间约达 1 分钟。

地震的强度

为了表示地震时某处的地面摇动程度，采用“烈度”这一术语。世界各地震国家采用不同的烈度表。日本常用的是气象厅烈度表。

见表1.2。表内还列有与每一烈度相当的加速度值（重力加速度为 980 伽，1 伽 = 1 厘米/秒²）。使人惊慌地从室内往外跑那种程度

表1.2

烈 度 表

烈 度	名 称	说 明	加 速 度 厘米/秒 ²
0	无感觉	人无感觉，地震仪可以记录到。	<0.8
I	微震	静止的人或对地震特别注意的人能感觉到有地震。	0.8—2.5
II	轻震	多数人可感，屏风仅有轻微的振动。	2.5—8.0
III	弱震	房屋摇动屏风卡卡响，电灯等垂吊物在摇动，容器内水面发生波动。	8.0—25.0
IV	中震	房屋强烈摇动，放置不稳的花瓶等倾倒，器内水外溢，行人有感，人逃屋外。	25.0—80.0
V	强震	墙壁裂缝，墓碑、石灯笼倒塌，烟囱毁坏。	80.0—250
VI	烈震	房屋倒塌30%以下，山崩，地裂，多数人无法站立。	250—400
VII	激震	房屋倒塌30%以上，山崩，地裂，有断层发生。	>400

的地震，是中震（烈度为IV）到强震（烈度为V）。1923年关东大地震时，估计东京高地一带为烈震（烈度为VI）。1948年福井地震时，曾有烈度达到VII的激震区。

图1.2表示十胜近海地震时各地的烈度。

地震震级、震中距和强度的关系

以过去的主要地震为例，把地震的震级、震中距与强度的关系加以表示，则如图1.4所示。假如把地震大小用电灯来表述，那么震级就与灯泡的烛光（瓦数）相当；而烈度可以认为与离

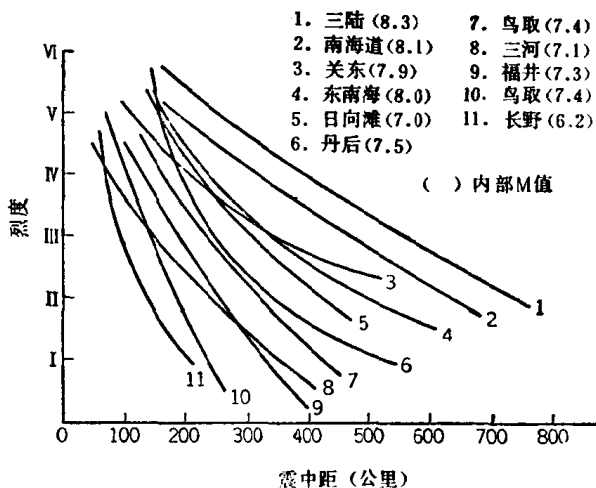


图1.4 地震震级、强度与震中距的关系

灯泡有某一距离(相当于震中距)的某一点处的明亮程度(照度)相当。即使震级很大的地震,如果远离震中,则烈度逐渐减小;相反,即使震级很小的地震,如果接近震中,则烈度也就逐渐增大。

第三节 地震活动

世界的地震活动

对1961年初开始到1967年末为止的七年之间所发生的29,553次4级以上地震(震源深度在700公里以内),用电子计算机加以整理描绘,则如图1.5所示。

由此图可以明显地看出产生地震的两大地带:

(一)联结南、北美西海岸、阿留申群岛、日本、琉球、菲律宾、新几内亚和新西兰的环太平洋带。

(二)联结伊比利亚半岛、意大利、巴尔干半岛、土耳其、中亚细亚、伊朗、喜马拉雅山脉、缅甸、苏门答腊、爪哇,与上述环太平洋带相衔接的地带。

此外,值得注意的是,在大西洋、太平洋和印度洋的中部,也有呈带状分布的地震带。

由观测结果得知,最深的震源,距地面约有700公里,而大多数地震在60公里深度内发生。就是说,与地球半径6,400公里相比,地震是在地球最表层发生的一种现象。

日本的地震活动

根据日本历史文献记载和明治以来的地震观测记录,日本有史以来所发生的破坏性地震的震中分布如图1.6所示。图上圆圈的大小,表示地震的震级,黑圈表示1870年以来最近100年间所发生的地震。

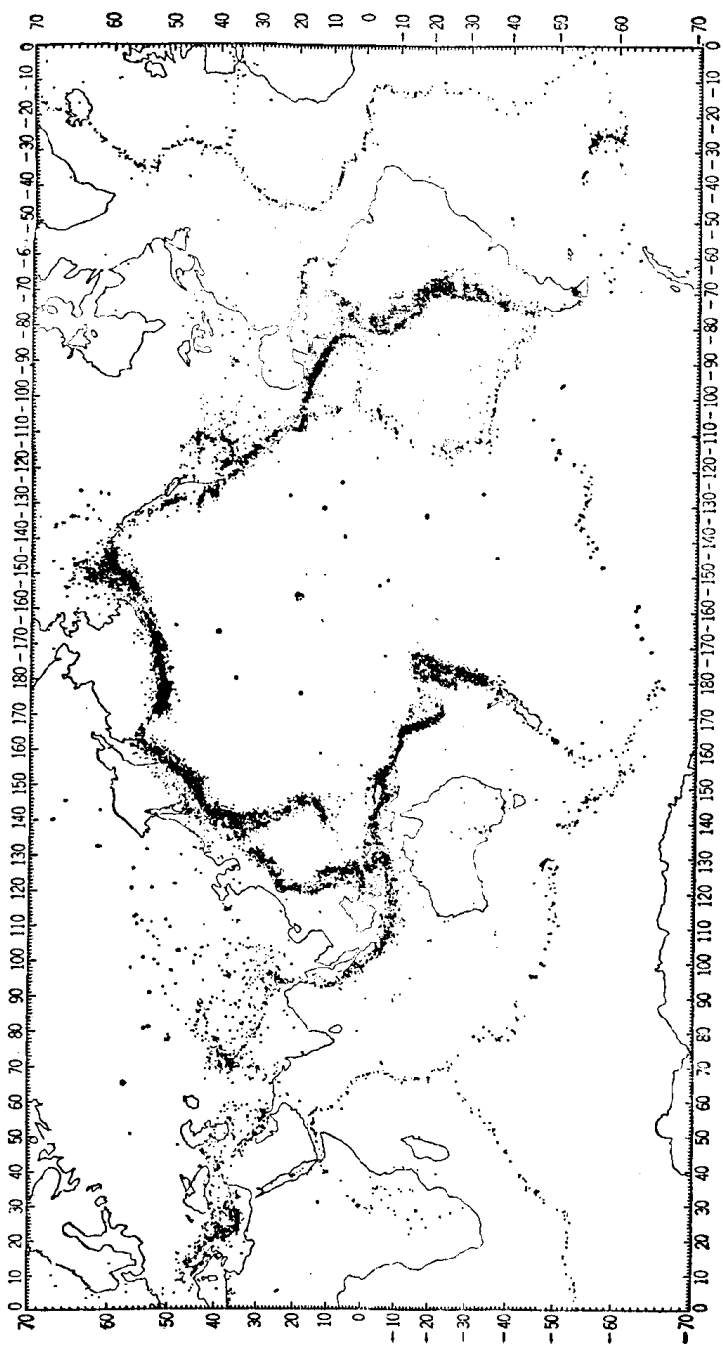


图1.5 世界地震分布图〔根据姆·巴拉森基、杰·多尔曼〕

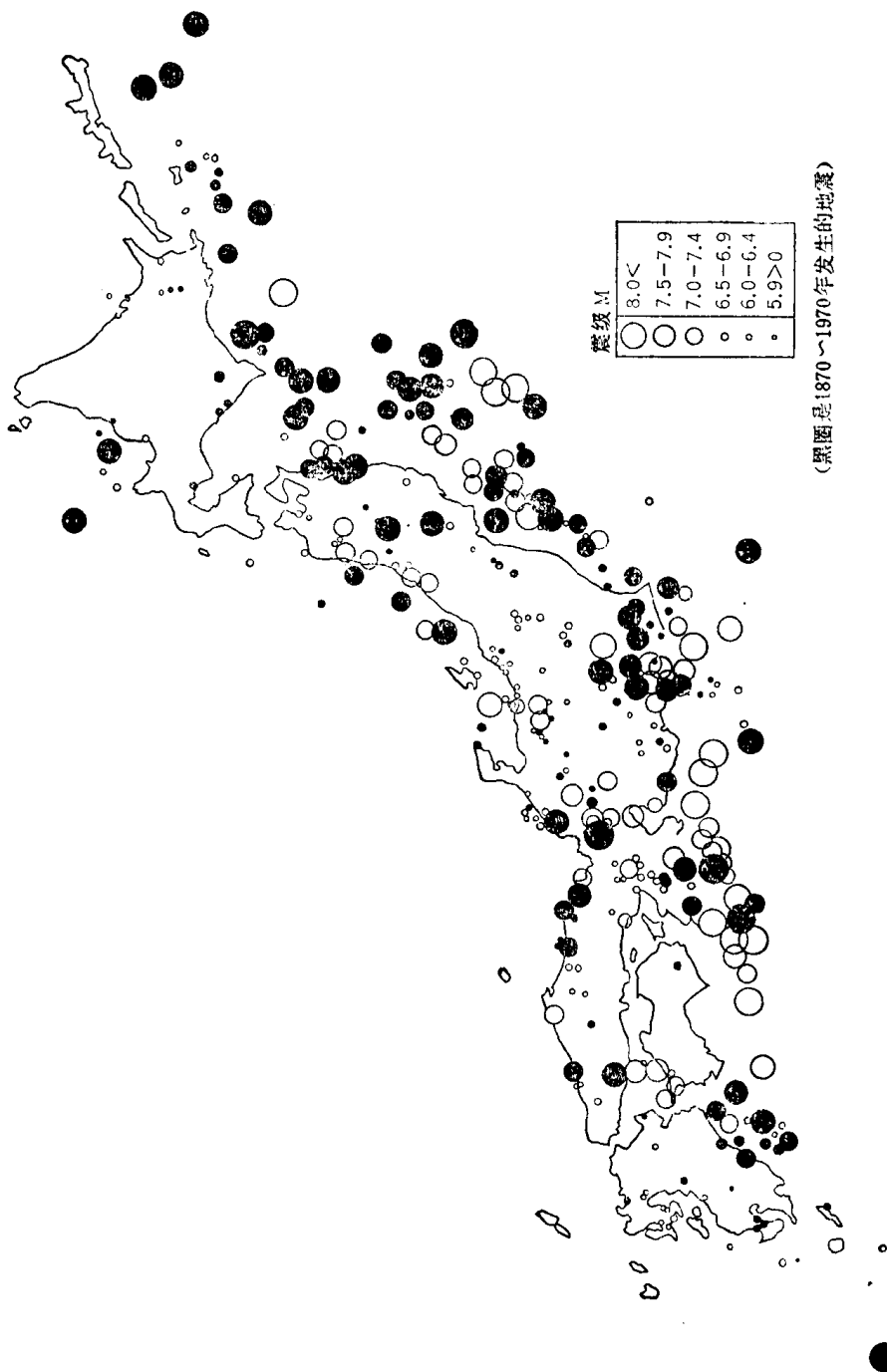


图1.6 日本破坏性地震分布图(据气象厅资料)