

日本土木工程 抗震设计

铁道部基建局编译组译

0343
2

人民铁道出版社

日本土木工程 抗震设计

日本土木工程师协会编

铁道部基建局编译组译

人 民 铁 道 出 版 社

1 9 7 8 年 • 北 京

日本土木工程抗震设计

日本土木工程师协会编

EARTHQUAKE RESISTANT DESIGN

FOR CIVIL ENGINEERING STRUCTURES, EARTH

STRUCTURES AND FOUNDATIONS IN JAPAN

Compiled by THE JAPAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS

铁道部基建局编译组译

人民铁道出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092_{1/16} 印张: 11 字数: 245 千

1978年3月第1版 1978年3月第1次印刷

统一书号: 15043·6109 定价: 0.90 元

译者说明

一九七六年赵锡纯同志为团长的中国土木工程学会桥梁技术考察团访问了日本，受到日本土木、桥梁各界人士的欢迎和友好接待，并收到日方赠送的若干技术资料，《日本土木工程结构、土工结构和基础的抗震设计》（英文版）即为其中之一。最近，日本土木工程学会又将该书的一九七七年最新修订版寄赠。由于该书较全面的介绍了当前日本各种土木工程结构的抗震设计，根据毛主席“洋为中用”的教导，决定组织翻译出版，定名为《日本土木工程抗震设计》，以供我国有关人员参考。

日本是一个多地震国家，较早从事抗震工程研究，积累了较多的经验。近几年来，日本加强了地震观测、现场实物振动试验和大型振动台试验等科学研究工作，对改进工程抗震设计起了重要作用。

全书共分六篇，分别介绍了日本土工、大坝、港工、给水、桥梁和水下隧道等土木工程结构在历史上的震害情况、抗震设计方法、规范和有关科研情况等。其中桥梁和水下隧道两篇，着重介绍了正在规划中的本州、四国连络桥和一九七五年建成的东京港水下隧道两项大型工程结构的抗震设计方法。

日本是较早采用静力法处理工程抗震问题的，此法在日本一般仍被采用。对于高柔建筑，考虑到结构自振特性，在使用静力法时引入动力因素，简化了计算方法。重要的大型结构配合模型试验，进行动力分析，工程完工后，必要时采用实物振动试验验证。随着电子计算机技术的发展，动力分析的技术性困难得到克服，动力分析法的应用从而也日趋广泛。

日本抗震工程虽然达到一定水平，但有些问题尚未得到解决。地震的科研工作，发展也不平衡。例如，关于地基土在动荷载作用下的稳定性问题，对于砂土研究较多，对粘土的研究则较少。对于砂土，诸如液化的成因、孔隙水压的作用、砂土的抗震能力等，也还处于探讨阶段，结论有待统一。

本书由闵之奇和赵燧章等同志译校，吴贻尧、张耀山同志协助进行了工作，并得到铁道部大桥工程局的支持和帮助。

铁道部基建局编译组

一九七七年九月

原 序

本书为1977年版的《日本土木工程结构、土工结构和基础的抗震设计》。由于我国地处太平洋周边地震带这样一个特殊位置，因而迫使我们多次经受地震灾害。这就是为什么我国工程师们对结构物的抗震设计特别关心。

1960年“第二次世界地震工程会议”在东京和京都举行时，我们的学会编辑出版了若干学会、委员会和有关组织的各种结构物抗震设计资料的第一版。它是用英文出版的，主要希望对外国和我们有类似困难的工程师们也将有用。

我们每隔四年将本书修订一次，以适应地震工程的进展，本版是第五版。在这次新的修订版中，几乎各章均有所增添和改动。其中，“日本水下隧道的抗震设计特点”一章完全是新编入的。

新版本如能对所有从事结构抗震设计的工程师们有所裨益，我将感到高兴。

日本土木工程师协会会长 竹尾最上

目 录

译者说明	铁道部基建局编译组
原序	日本土木工程师协会会长 竹尾最上
强地震图片及日本近年强震记录表	
土工结构和基础的抗震设计	
——日本土力学及基础工程学会	(11)
日本坝的抗震设计特点	
——日本全国大坝委员会	(18)
日本岸墙和码头的抗震设计	
——日本运输省港口和港湾局	
日本运输省港口和港湾研究所	(38)
一个给水系统的防震措施	
——日本给水工程协会	(82)
桥梁抗震设计	
——日本土木工程师协会桥梁和结构委员会	(93)
日本水下隧道的抗震设计特点	
——日本土木工程师协会地震工程委员会	(127)



坍毀了的昭和大橋和在它後面冒煙燃燒着的石油貯罐（新瀉日報供稿）

1964年6月16日**新瀉地震**（ $M=7.5$ ）是日本近年來所遇到的相當大的破壞性地震。有的橋梁全部坍毀，由於砂土地基普遍液化，以致許多工程結構物遭到破壞。一個煉油廠的貯油罐的大火，顯示了一座現代化城市遭受地震災害的形象。

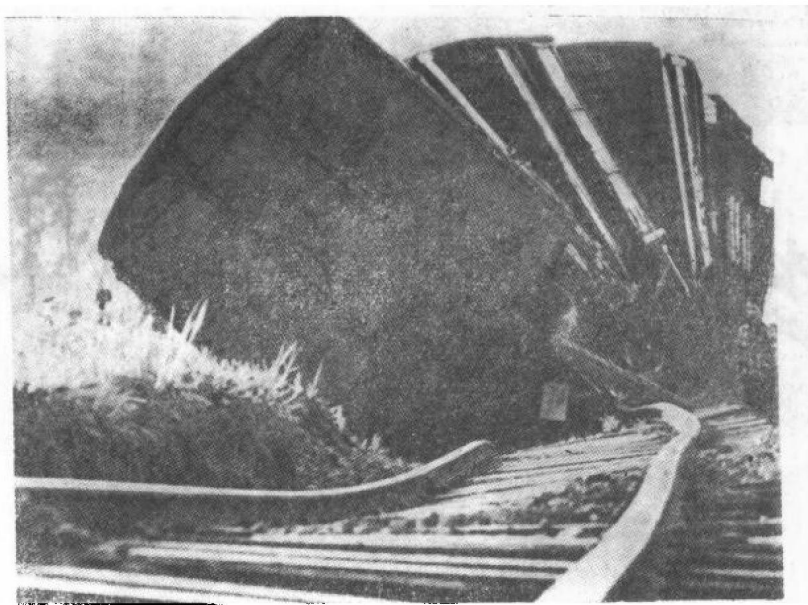


由于液化，一座检查井顶出地面（新泻地震）



对轨道和站台的损害（新泻地震）

虽然1968年5月16日**十胜冲地震**（ $M=7.9$ ）以破坏钢筋混凝土建筑物而知名，但它仍然对公路和铁路建筑物，特别是对路堤结构造成了重大损害。

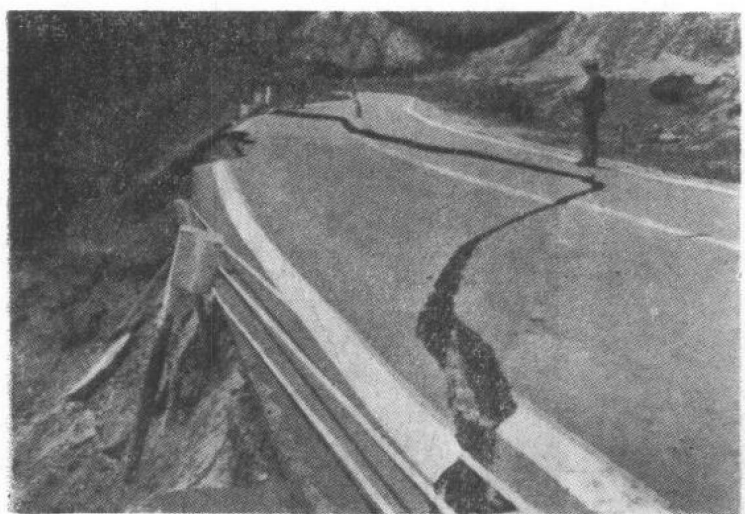


轨道因地震遭到破坏，造成货车出轨（十胜冲地震，朝日新闻供稿）

土工结构物往往易于遭受地震损害。最近两次灾害性地震——1974年5月9日**夷虾半岛地震**（ $M=6.9$ ）和1975年4月21日**大分地震**（ $M=6.4$ ）也都造成土滑以及许多公路路堤和人工边坡的破坏。

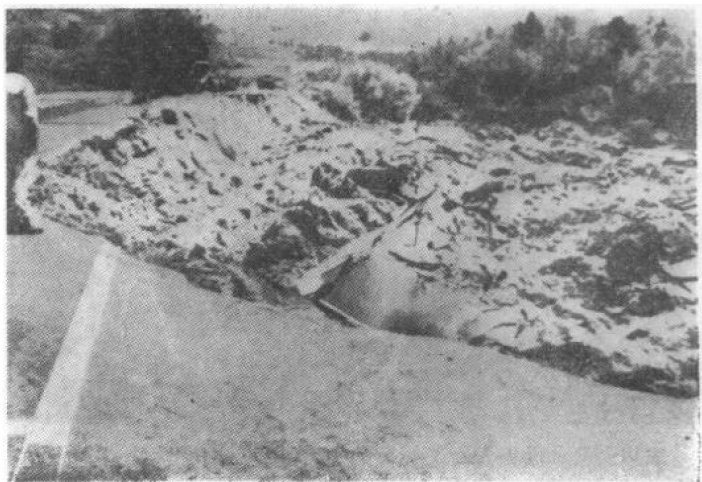


路堑边坡坍滑（夷虾地震）



公路半填半挖处的破坏情况
（大分地震）

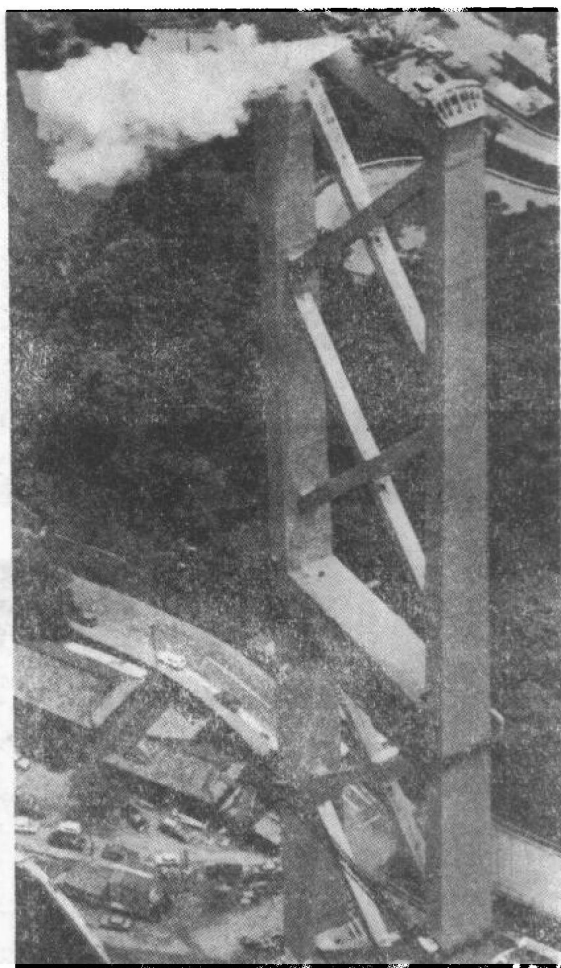
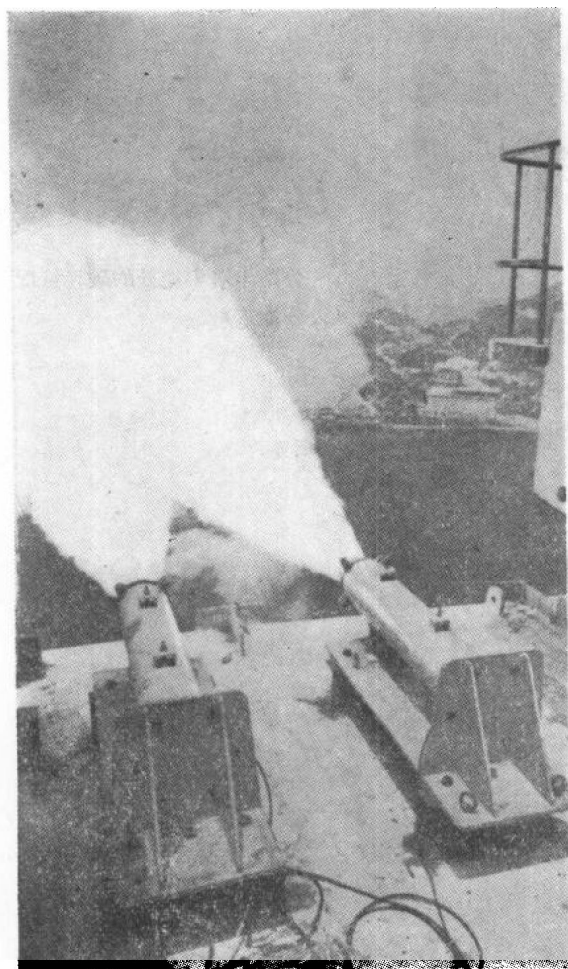
公路路堤的破坏（十胜冲地震，东王日报供稿）





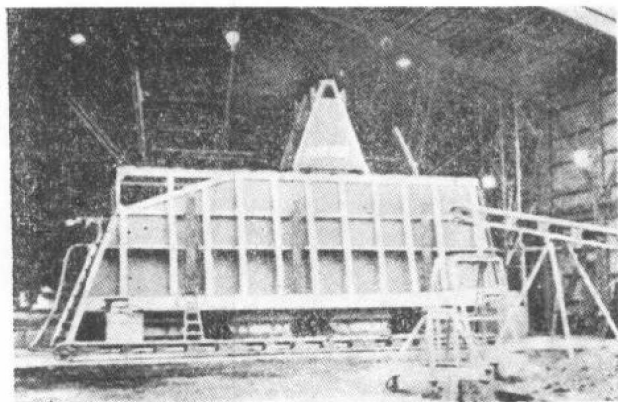
关门桥的静力的载试验

对原型结构进行静力的和动力的现场测试能提供有价值的资料，以便改善今后结构的抗震性能。可喜的是，日本通过一系列现场试验和地震观测，取得了大量的这类成果。**关门桥**1973年建成，是日本目前最大的悬索桥，总长1068m；在这个桥上做了大量的现场试验，就是实例之一。



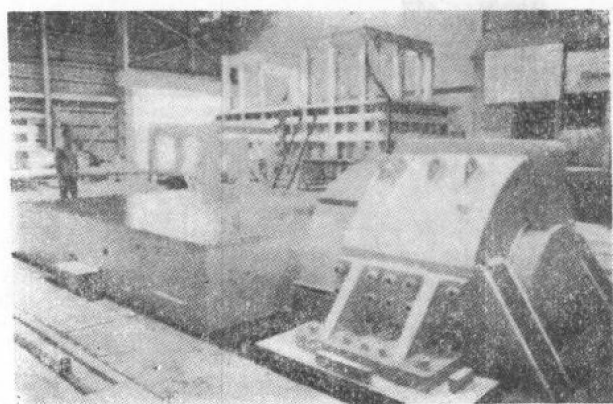
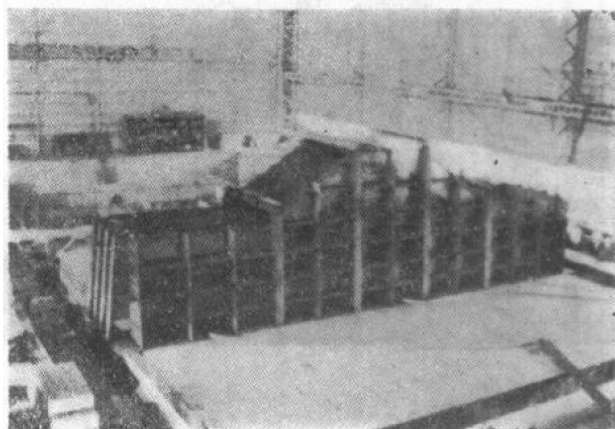
采用火箭和激振器对关门桥的主塔进行动力特性的测定。两个主塔，每个驱动力为2t，燃烧时间 1 秒（朝日新闻供稿）

各种类型的土木工程结构的大型振动台试验已广泛进行。这类试验对测定土工结构以及埋在土内的结构的耐震特性特别有用，但如采用分析法处理，则是困难的。

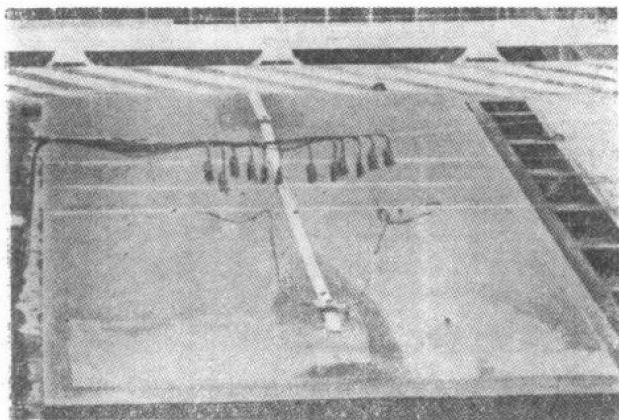


铁道技术研究所（日本国有铁道）用振动台（宽2m，长10m，高3.2m）对1968年十胜冲地震中铁路路基普遍遭受损害的原因进行试验分析，以便找出今后改善它们抗震性能的实用方法。

国家灾害防治研究中心（科学技术机构）配备的世界上最大的振动台之一，台面尺寸15m×15m，最大荷载能力500t。正在用它对大型路堤模型作垂直方向的地运动影响试验。

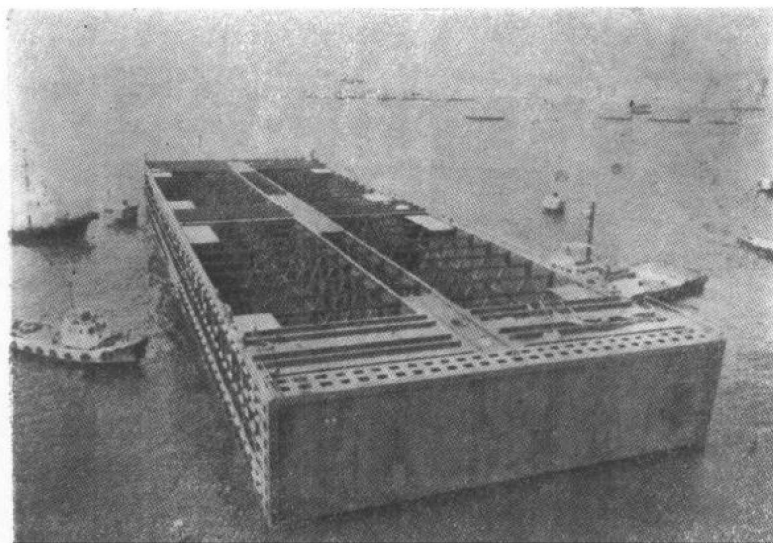


港口和港湾研究所（运输省）的一种新型振动台；台面尺寸4m×3.5m；它配有一套可以固结土壤的特殊设备，以便更逼真地模拟粘土层的地基条件。



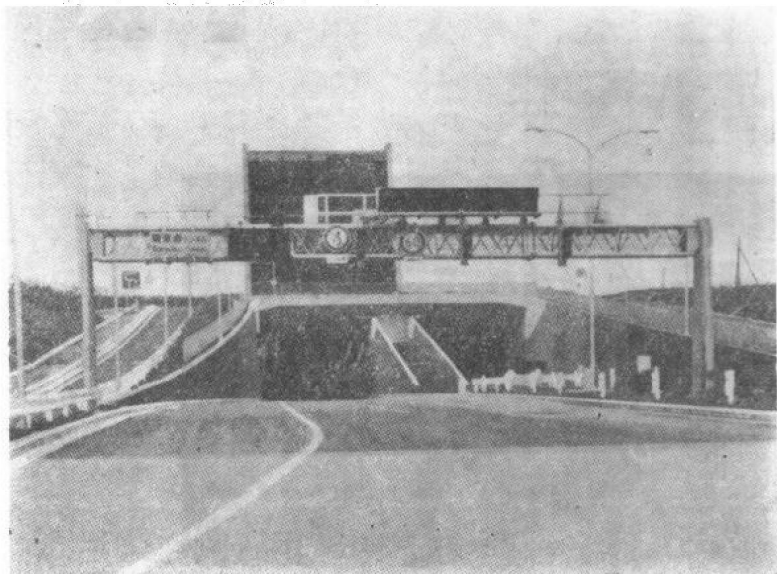
抗震分析对新型结构特别重要，水下隧道即为一例。近年来日本在这方面做了大量工作。

一座按比例制作的水下隧道模型；正在一座大型振动台上对隧道四周的围绕物（ $7.5\text{m} \times 3\text{m}$ ）进行试验。



隧道节段之一正拖运到修建地点，准备在海底沟槽就位（川崎港海底隧道计划1979年建成）。

东京港隧道的进口，在它的后面，可见到庞大的通风塔。这个水下隧道的地震观测正在进行。



SMAC-B型强地震仪

规格:

地震仪主体部分:

- a) 类型: 三元加速计
- b) 自振周期: 0.1秒
- c) 灵敏度: 纸上每毫米25gal
- d) 放大率: $\times 16$ (机械的)
- e) 记录范围: 10~1000gal
- f) 记录系统: 爪式铁笔滚筒纸筒
- g) 记录速度: 1cm/sec

驱动部分:

- a) 类型: 弹簧电动机
- b) 驱动: 能起动5次, 起动后约可工作三分钟

计时系统:

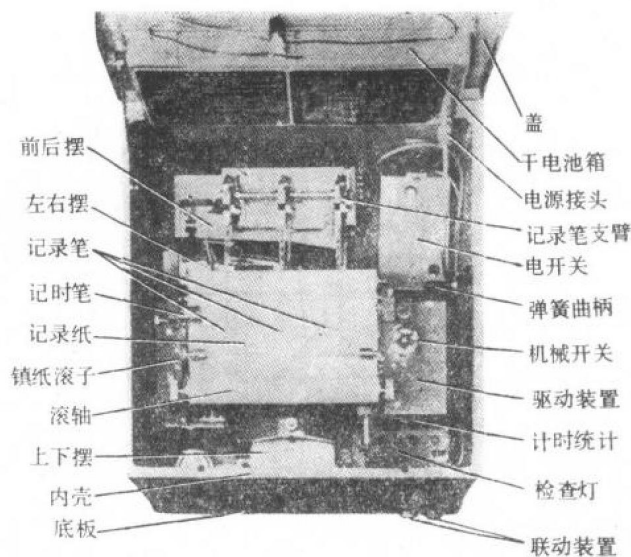
- a) 类型: 电钟
- b) 计时: 每秒

自动电开关:

灵敏度: 10gal

电力供应: 3V $\times$ 4 干电池

尺寸和自重: 540 (宽) $\times$ 540 (长) $\times$ 370 (高) mm 重约100kg



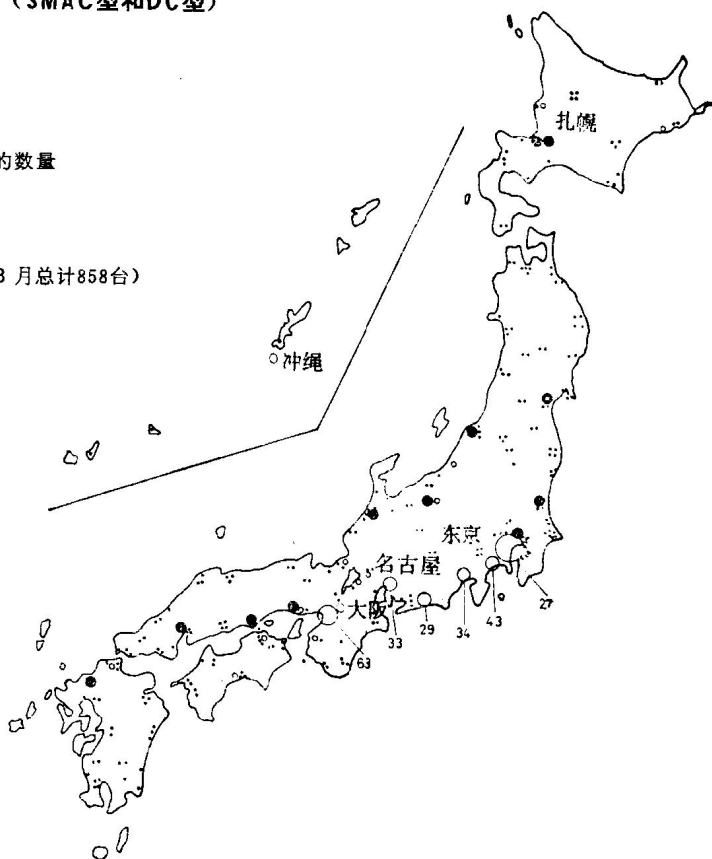
日本强地震运动的观测点 (SMAC型和DC型)

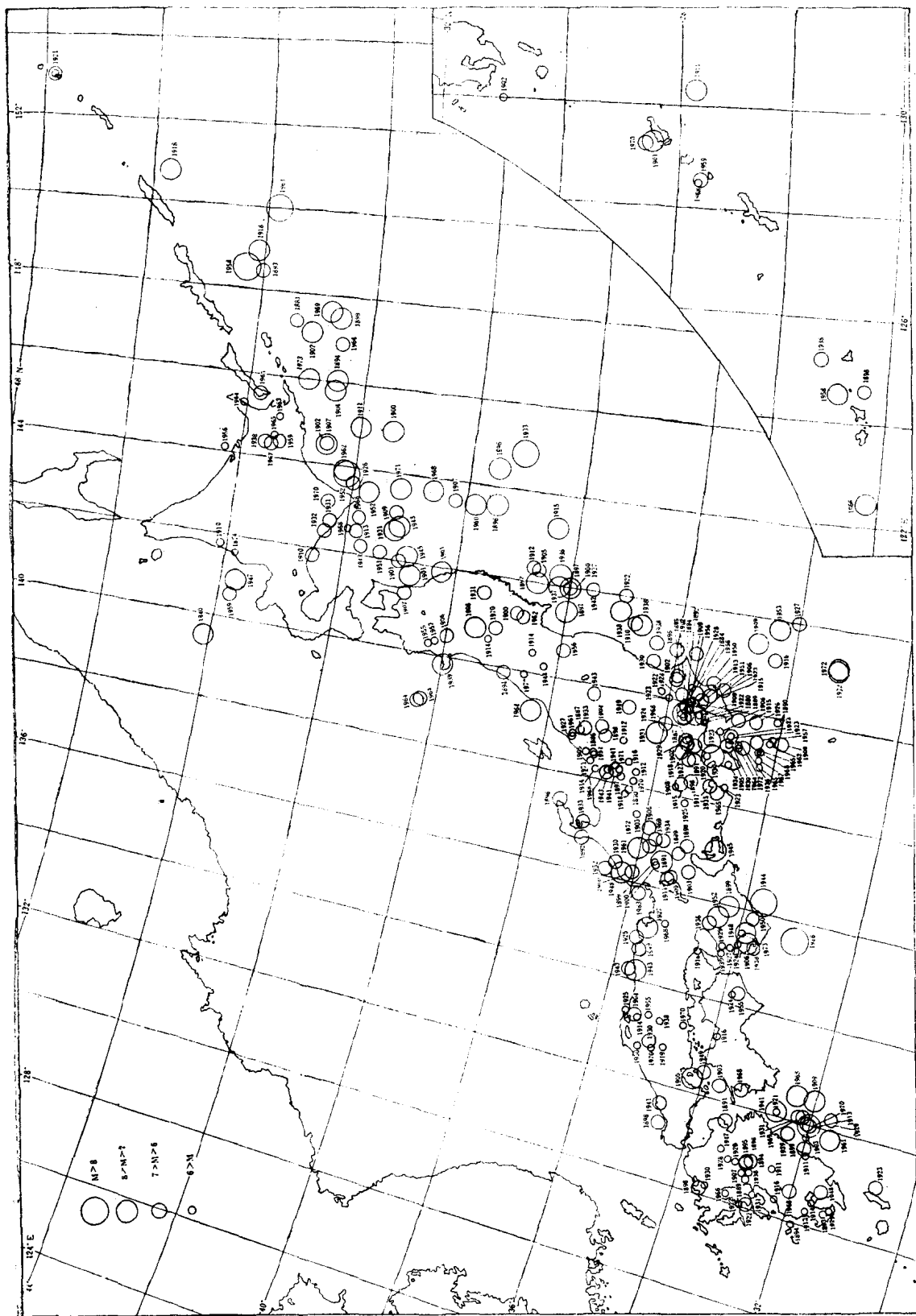
说明:

强震加速度仪的数量

- 1台
- 5台
- 10台

(截止1976年3月总计858台)

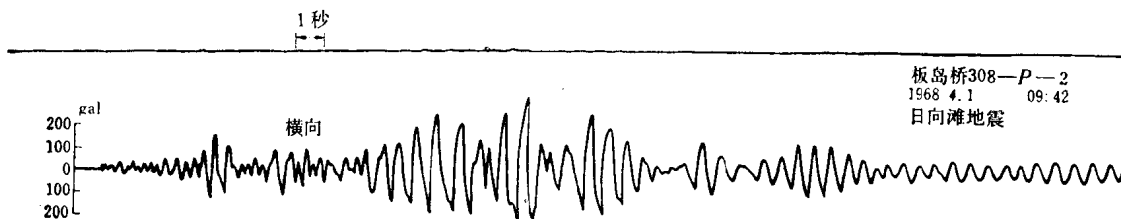




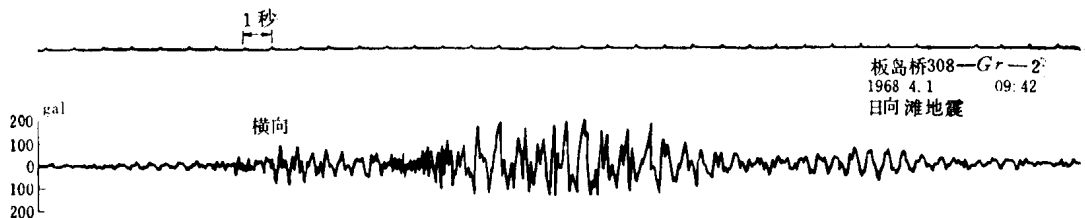
日本一个时期以来的破坏性地震分布图

日本近年强震记录表

顺 号	日 期	地 点	M	灾 害 统 计	
				部分或全部倒塌、烧毁、冲走的房屋数	死 亡 人 数
1	1923. 9. 1	关东南部	7.9	702,495	399,331
2	1924. 1.15	相模中部	7.2	1,273	14
3	1925. 5.23	但马北部	7.0	2,668	
4	1927. 3.7	丹后北部及西部	7.4	4,974	9
5	1930.11.26	伊豆北部	7.0	2,141	259
6	1931. 9.21	武藏西北部	6.7	204	16
7	1933. 3.3	距三陆不远	8.5	4,086	2,986
8	1935. 7.11	静冈周围	6.6	363	9
9	1936. 2.21	河内和大和	6.7	19	9
10	1938. 1.12	离田边不远	7.0	4	
11	1938. 5.23	距盘城不远	7.5		
12	1938.11.5	距盘城不远	6.5	20	9
13	1939. 3.20	日向滩北部	6.7		
14	1939. 5.1	男 鹿	6.6	604	29
15	1941.11.19	距日向滩不远	7.0	1,879	320
16	1943. 9.11	乌取北部	7.3	13,897	1,083
17	1944.12. 7	东南海	8.3	76,150	998
18	1945. 1.13	三河湾北部海岸	6.9	33,824	1,961
19	1946.12.21	距南海道不远	8.1	39,217	1,330
20	1948. 6.28	福井平原	7.2	50,829	3,895
21	1949.12.26	今市周围	6.5	3,284	10
22	1952. 3. 4	距十胜不远	8.2	2,244	28
23	1952. 7.18	奈良县北部和中部	7.0	46	9
24	1953.11.26	距房总半岛不远	7.5		
25	1961. 2. 2	长冈市周围	5.2	685	5
26	1961. 8.19	岐阜县北部	7.0	15	8
27	1962. 4.30	宫城县北部	6.5	1,911	3
28	1964. 6.16	距新潟不远	7.5	2,890	26
29	1967. 2.21	宫崎县, 距日向滩不远	6.1	1,368	3
30	1968. 5.16	距十胜不远	7.8	3,647	48
31	1973. 6.17	距根室半岛不远	7.4	2	
32	1974. 5. 9	距夷虾半岛不远	6.9	121	29
33	1975. 4.21	距大分不远	6.4	78	

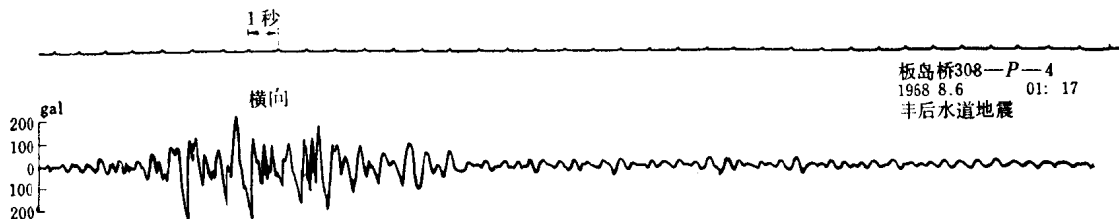


(A) 在3号墩墩顶(记录号码308-P-2)

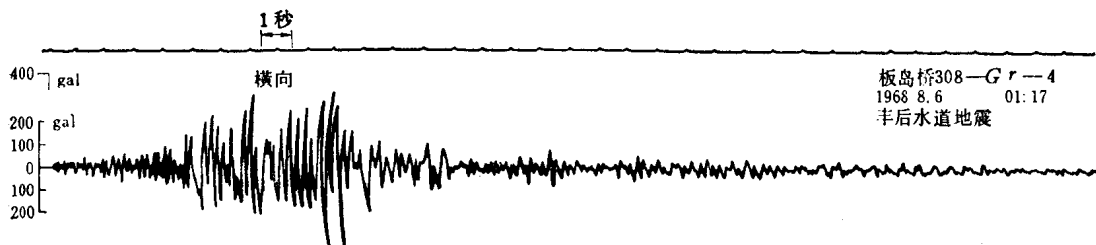


(B) 在接近地表面处(记录号码 308-Gr-2)

1968年4月1日日向滩地震时板岛桥的加速度记录



(A) 在3号墩墩顶(记录号码308-P-4)



(B) 在接近地表面处(记录号码 308-Gr-4)

1968年8月6日丰后水道地震时板岛桥的加速度记录

土工结构和基础的抗震设计

日本土力学及基础工程学会

一、前言

本报告系由日本土壤力学和基础工程学会编写，目的在于总结、研讨现行的土工结构和基础的抗震设计法。

二、现行的抗震设计法

2.1. 设计地震系数

建筑物基础和包括土工结构在内的土木工程结构的抗震设计，现阶段广泛采用了所谓地震系数法。在地震系数法中，外力等于物质的重量乘以规定的地震系数，并假定静力地作用于物质的重心，然后在这种荷载条件下验算结构的稳定性。一般只考虑地震力在水平方向的作用，但有时也要计算垂直方向的地震力。

在各个工程领域中，设计地震系数有不同的规定，下面分别加以介绍。

(1) 建筑物基础

一般只考虑地震力在水平方向的作用，设计地震系数 K 的取值范围如图1所示，由地基条件和建筑物建造类型决定。

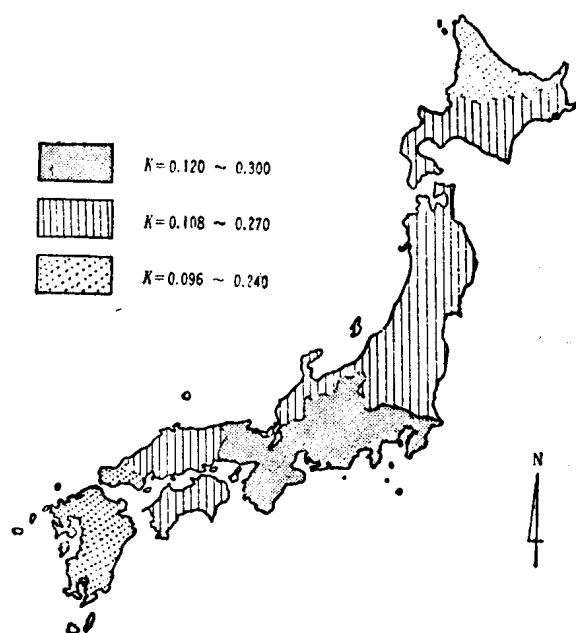


图1 设计地震系数 K 划分图（建筑基础）