

建筑物抗震设计法

〔日〕大崎顺彦 编著

毛春茂 刘 忠 译

李玉相 校

冶金工业出版社

本书采用的主要符号

α_i ——计算 A_i 时所支承的那部分高度的重量除以建筑物地面以上部分的全部重量	θ' ——屈服铰的转角
β ——圆频率的比, 激励系数	Λ ——允许长细比
β_s ——在地震力作用下建筑物各层产生的水平力与该层斜撑(或抗震墙)负担的水平力的比	λ ——有效长细比
$\beta \cdot u$ ——激励函数	μ ——塑性率
Δ ——震中距离	ξ_i ——无因次高度
δ ——层间变位, 相对变位	ΣD_x ——x 方向 D 值总和
δ_{Hi} ——各层水平变位	ΣD_y ——y 方向 D 值总和
δ_m ——层间变形	σ_M ——由弯矩产生的应力
δ_w ——抗震墙的屈服铰的转动或拔起产生的垂直变位	σ_N ——由轴力产生的应力
δ_v ——屈服(层间)变位	σ_u ——连接部位的破坏形式对应连接部位的材料的破坏应力
θ ——屈服铰的转角, 相位角, 转角	σ_s ——钢筋(钢材)的受拉应力
	τ ——时间变数, 剪应力强度
	φ ——相位角
	ω ——圆频率
	ω_d ——有阻尼的固有圆频率
	ω_0 ——固有圆频率

内 容 提 要

本书是根据东京大学教授、工学博士大崎顺彦编著的《建筑物的耐震设计法》(工口ナ社, 1982年版)一书翻译的。1980年7月日本颁布了新抗震设计修订条例, 把沿用了50年的静力学的水平震度法改为以动力学为指导思想的新抗震设计方法。书中主要介绍两阶段抗震设计法的基本理论和设计方法。第1、2章介绍旧设计法存在问题。第3、4章介绍新设计法的基本原理和塑性分析的要领。第5~6章主要是通过实例, 从实用角度出发, 介绍了两阶段设计法的应用。最后一章补充了有关振动理论的问题和必要的基础知识, 以使读者充分理解新设计方法的内容, 牢固掌握抗震设计的基础知识。

本书由浅入深地介绍了新抗震设计法的基本原理及其实际应用。因此, 不仅适于建筑结构设计人员阅读, 还可供一般建筑设计、施工和管理人员以及有关大专院校师生参考。

建筑物抗震设计法

(日)大崎顺彦 编著

毛蓉茂 刘 忠 译

李玉相 校

*

冶金工业出版社出版发行

(北京北河沿大街高碑院北巷39号)

新华书店总店科技发行所经销

河北省阜城县印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 印张 $19\frac{1}{4}$ 插页1 字数 510千字

1990年8月第一版 1990年8月第一次印刷

印数00,001~2,500册

ISBN 7-5024-0610-7

TU·27 定价13.80元

序

1980年（昭和55年）7月，日本颁布了抗震设计的修订条例，把沿用了50年的静力学的“水平震度法”改为以动力学为指导思想的新的抗震设计法。

出版本书的目的，是为了帮助从事建筑设计工作的广大读者充分理解重新修订的抗震设计法的宗旨和技术方面的内容。

建造具有良好抗震性能的建筑物，不能单靠结构设计人员，而一般设计人员和现场施工人员对抗震的正确理解和在工作上的合作也是必不可少的。为此，在本书的第1章和第2章中，尽量用图表等说明重新修订的抗震设计法的基本原理，以便让所有的建筑技术人员易于理解。

在今后的抗震设计中，必须考虑“动力学”的方法，进一步对在一般地震荷载下结构物的极限强度，即对“极限承载能力”作出评价。对于熟悉以前抗震设计方法的设计人员和在建筑部门担任管理工作的人员来说，也需要这些新的知识。本书第3章以后的内容是为了使尽量多的有关人员，通过实例和练习，从实用角度掌握新的振动理论与塑性分析的要领。

在编写本书时，我们还考虑到这样的实际情况：受过专门教育而后多年在第一线工作的建筑技术人员，对“数学”多少有点生疏了；而对那些刚涉猎这个领域的人来说，可能又有所谓“振动理论”难理解的观点。为了使大家都能充分理解本书的内容，牢固掌握基础知识，满怀信心地进行抗震设计工作，特在本书的最后一章补充了振动理论的有关部分。

为了有效地灵活应用本书，使读者有的放矢地去阅读与自己本职工作有密切联系的内容，我们提出如下建议：

1) 从事一般建筑设计和施工的技术人员，可参照图表阅读

第1章“关于抗震性能”和第2章“建筑标准法和施工条例的修订宗旨”，不必过多地斟酌那些数字，只要掌握“抗震性能”的精神实质就可以了。当然，如果对“结构”感兴趣的话，可读一读第3章，了解一下“修订抗震设计法”中所提到的各种系数的意义。

2) 在建筑设计人员中担任领导职务的读者，从事建筑设备结构设计的技术人员，以及一般建筑行政管理人员，应该详细地了解第1章、第2章及第3章内容。并应阅读附录中有关抗震建筑标准法施行条例、建设大臣的告示以及建设省住宅局建筑指导科长的通告。

3) 建筑结构设计人员或攻读建筑结构设计的学生们，必须深刻理解第1章、第2章、第3章及第4章所介绍的“抗震设计技术必要的基础知识”，并在此基础上，按第5章和第6章的“设计实例”，把每个数值逐一弄清楚的同时，掌握实际的设计本领。

对于书中第4章有关振动理论的内容，是针对在这方面具有一定基础知识的读者而写的，因此，对于初学这个领域的人，如遇有不懂的地方，可以参阅第7章中与之相应的小节。再者，第7章的各节尽量以独立的形式来叙述，就是考虑到无论读其中哪一节都可以理解。

在本书的出版当中，多蒙东京大学名誉教授梅村魁先生，建设省住宅局建筑指导科长上田康先生，以及该科的有关人员和建设省建筑研究所的有关人员的大力协助和指教，特在此再次致以深切的谢意。同时，愿本书为建筑结构设计人员和建筑行业的其他一般技术人员广泛应用，对进一步提高日本建筑物的抗震性能有所裨益。

大崎顺彦

渡部 丹

1981年(昭和56年)5月

本书采用的主要符号

A ——常数	波放出的能量, 地震荷重产生的应力
A_c ——柱的水平断面积	e ——指数函数的底
A_i ——地震层剪力沿高度方向的分布系数	e_x —— x 方向的偏心距离
A_{max} ——有效最大加速度(值)	e_y —— y 方向的偏心距离
A_w ——抗震墙的水平断面积	
a ——常数	F ——外力, 钢材的标准强度, 混凝土的设计标准强度, 焊接部的标准强度
a_s ——受拉钢筋的断面积	F_e ——偏心率的修正系数
	F_{e_s} ——形状系数
B ——构件的宽度, 常数	F_s ——刚性率的修正系数
b ——构件的宽度, 常数	f ——函数, 振动频率
C_i ——第 i 层的剪力系数	f_b ——钢材的容许弯曲应力
C_0 ——标准基底剪力系数	f_c ——钢材的容许压应力
c ——阻尼系数	f_k ——受压杆件的屈服容许应力
c_{cr} ——临界阻尼值	f_t ——混凝土的短期容许剪应力
	f_t ——墙筋剪切补强的短期容许拉应力
D ——震源深度, 构件垂直方向尺寸、剪力(横向力)分布系数(D 值)	ωf_t ——带筋的短期容许拉应力
D_c ——柱的 D 值	G ——剪切弹性系数, 地基结构系数, 静载产生的应力
D_s ——结构特性系数	g ——重力加速度($1g=980\text{cal}$)
D_w ——抗震墙的 D 值	gal ——加速度的单位(cm/s^2)
d ——构件的尺寸, 构件的有效尺寸	g_x ——刚度中心位置的 x 坐标
	g_y ——刚度中心位置的 y 坐标
E ——弹性模量, 运动能量, 地震	

本书采用的主要符号

H ——建筑物的高度,层高,从地基面往下的深度	l' ——抗震墙内侧的长度
H_s ——振动频率的单位	l_0 ——梁的内侧长度,抗震墙开洞的长度
h ——阻尼系数,高度,受弯杆件的垂直方向的尺寸、墙板周边梁中心距离	M ——地震的震级,质量,力矩,弯矩
h_n ——各层的高度	M_E ——地震荷载产生的弯矩
h_0 ——柱的断面有效高度,抗震墙的开洞高度	M_y ——构件的屈服弯矩
I ——用途系数,断面惯性矩	M_L ——垂直荷载产生的弯矩
i ——虚数单位,角符 $i=1,2,\dots$	M_p ——不考虑轴力的全塑性力矩
i_x —— x 方向的弹性半径	M_{pc} ——考虑轴力的全塑性力矩
i_y —— y 方向的弹性半径	M_n ——节点力矩
J_{xy} ——绕刚心的扭转刚度	M_u' ——危险断面的最后弯矩
j ——弯曲杆件应力中心间距离,角符 $j=1,2,\dots$	${}_L M_{Li}$ ——抗震墙左侧边界梁的节点力矩
K ——刚性,刚度,地震产生的应力	${}_R M_{Ri}$ ——抗震墙右侧边界梁的节点力矩
K_x —— x 方向的水平刚度	${}_s M_u$ ——抗震墙构架的抗弯承载力
K_y —— y 方向的水平刚度	${}_T M_{Li}$ ——由于抗震墙变形正交梁的节点力矩
K_0 ——标准刚度	m ——质量
k ——刚性,相对刚度,弹性系数,水平震度	N ——轴向力
k_e ——有效相对刚度	n ——自由度,层数,矩阵的列数
k_i ——第 i 层的水平震度, i 层的弹性系数(水平刚度)	P ——力,水平外力,使用荷载产生应力
L ——长期荷重产生的应力	P_t ——剪切补强筋的含钢率
l ——跨度,梁的长度,重心和刚心之间距离,墙板周边柱的中心间的距离	P_c ——受拉钢筋的含钢率
	P_w ——箍筋含钢率
	Q ——剪力,层剪力

本书采用的主要符号

Q_e ——弹性反应分析的剪力反应	S_A ——加速度反应谱
Q_i ——第 i 层的 1 次设计用剪力	S_D ——变位反应谱
Q_v ——极限承载能力	S_v ——速度反应谱
Q_{ud} ——在地震作用下 2 次设计用剪力	T ——周期, 建筑物设计用的第 1 振型的固有周期
Q_{um} ——用弯矩分配法求的极限承载能力	t ——板厚, 墙厚, 时间
Q_{uv} ——用虚功法求的极限承载能力	u ——基本型式, 变位
Q_w ——作用于抗震墙上的剪力	V_{max} ——最大速度(值)
Q_y ——屈服剪力, 极限承载能力	W ——建筑物的重量, 风压产生的应力
${}_L Q_i$ ——抗震墙上面边界梁的剪力	W_i ——各层建筑物的重量, 该层以上的建筑物的重量, 内力功
${}_T Q_i$ ——抗震墙上面正交梁的剪力	W_0 ——建筑物的地上部分的重量, 外力功
q ——单质点的反应值, 风压	W_i ——第 i 层建筑物的重量
R ——反力, 恢复力, 构件角	X ——相对变位
R_e ——偏心率	x ——相对变位, 震源距离, 各抗震要素与刚心在 x 方向的距离。
R_{ex} —— x 方向的偏心率	y ——地动的变位, 反弯点高度比, 各抗震要素与刚心在 y 方向的距离
R_{ey} —— y 方向的偏心率	z ——地震区域系数, 断面系数
R_n ——层间变形角	Z_s ——塑性断面系数
R_s ——刚性率	α ——地震加速度振幅
R_t ——振动特性系数	
r ——抗震墙开洞刚度降低率	
r_t ——各层绕刚心的扭转刚度除以这个方向的水平刚度的平方根	
r_s ——层间变形角的倒数	
$\overline{r_s}$ —— r_s 的相加平均值	
s ——雪荷载产生的应力, 长期荷重产生的应力和地震荷重产生的应力之和(差)	

目 录

1 抗震性能	(1)
1.1 地震概述	(1)
1.2 容易受地震破坏的建筑物	(11)
1.2.1 前言	(11)
1.2.2 地形和地基	(13)
1.2.3 建筑物的形状	(17)
1.2.4 延性(变形能力)和承载能力	(20)
1.2.5 连接部位的承载能力及变形能力	(24)
1.2.6 施工技术水平低	(25)
1.2.7 非承重构件	(26)
1.2.8 其他	(27)
1.3 能经受强烈地震的建筑物	(28)
2 建筑标准法及其施行条例的修订宗旨	(31)
2.1 抗震设计的目标	(31)
2.1.1 抗震设计法存在的问题	(31)
2.1.2 抗震设计安全度	(33)
2.1.3 两阶段抗震设计法	(34)
2.1.4 抗震设计中结构上的注意事项	(36)
2.1.5 设计人员的权限和职责	(38)
2.2 建筑标准法及其施行条例中有关抗震规定的 新旧比较表	(33)
2.3 建筑标准法及其施行条例的修订要点	(41)
2.3.1 主要修订部分	(41)
2.3.2 各修订部分的要点	(42)
3 修订后的抗震设计法	(46)
3.1 概要	(46)

3.1.1	地震力输入方法	(46)
3.1.2	动态分析方法	(57)
3.1.3	强度与变形能力	(68)
3.2	结构设计细则	(73)
3.2.1	结构计算程序	(73)
3.2.2	地震力	(75)
3.2.3	地震区域系数 Z	(79)
3.2.4	振动特性系数 R_i	(81)
3.2.5	层间剪力分布系数 A_i	(83)
3.2.6	变形限制(层间角变位的限制)	(87)
3.2.7	形状系数(刚性率及偏心率)	(88)
3.2.8	极限承载能力的验算与结构特性系数 D_i	(91)
3.2.9	不必验算极限承载能力的建筑物	(93)
3.2.10	对极限承载能力的评价	(103)
3.2.11	用途系数	(103)
4	抗震设计必要的基础知识	(108)
4.1	振动理论	(108)
4.1.1	自由振动和振动方程	(108)
4.1.2	强迫振动	(113)
4.1.3	反应谱	(116)
4.1.4	基本振型和固有周期	(119)
4.1.5	关于阻尼	(121)
4.1.6	振型迭加法(模态分析)	(123)
4.1.7	各种振动体系	(125)
4.2	容许应力设计(弹性设计)	(129)
4.2.1	容许应力设计的基本宗旨	(129)
4.2.2	建筑材料的容许应力	(131)
4.2.3	容许应力设计中的设计剪力分布	(131)
4.3	塑性设计	(135)
4.3.1	塑性设计的基本方法	(135)
4.3.2	塑性化与能量吸收能力	(135)
4.3.3	塑性设计	(136)

4.3.4	结构特性系数 (D_t)	(138)
4.3.5	极限承载能力	(140)
4.3.6	极限承载能力的计算方法	(142)
4.3.7	构件的强度计算公式	(166)
4.4	基础设计	(182)
4.4.1	基础设计的基本方法	(182)
4.4.2	基础设计的外力	(182)
4.4.3	基础 1 次设计与 2 次设计的关系	(183)
4.4.4	直接基础设计的基本要点	(186)
4.4.5	桩基础设计的基本要点	(189)
5	钢筋混凝土建筑物设计实例	(199)
5.1	设计例题 1 纯框架结构	(199)
5.1.1	结构方案	(199)
5.1.2	计算资料	(206)
5.1.3	垂直荷载作用下框架内力计算	(214)
5.1.4	水平荷载作用下框架内力计算	(218)
5.1.5	梁、柱断面计算	(223)
5.1.6	小梁、板的设计	(236)
5.1.7	基础及基础梁的设计	(239)
5.1.8	层间变形角的验算	(243)
5.1.9	地震安全度的校核(2 次设计)	(244)
5.2	设计例题 2 框架剪力墙结构	(268)
5.2.1	结构方案	(268)
5.2.2	计算资料	(272)
5.2.3	垂直荷载作用下框架内力计算	(273)
5.2.4	水平荷载作用下框架内力计算	(273)
5.2.5	梁、柱断面计算	(277)
5.2.6	小梁及板的设计	(278)
5.2.7	基础及基础梁的设计	(278)
5.2.8	层间变形角的校核	(278)
5.2.9	2 次设计必要性的判断	(280)
5.2.10	地震安全度的校核(2 次设计)	(281)

5.3 设计例题3 偏剪力墙框架结构	(301)
5.3.1 结构方案	(301)
5.3.2 计算资料	(302)
5.3.3 垂直荷载作用下框架内力计算	(305)
5.3.4 水平荷载作用下框架内力计算	(305)
5.3.5 梁、柱断面计算	(308)
5.3.6 小梁及板的设计	(308)
5.3.7 基础及基础梁的设计	(308)
5.3.8 层间变形角的校核	(308)
5.3.9 地震安全度的校核(2次设计)	(313)
5.4 设计例题小结	(349)
6 钢结构设计实例	(352)
6.1 设计方针	(352)
6.2 设计例题1 7层办公楼	(357)
6.2.1 结构方案	(357)
6.2.2 计算资料	(360)
6.2.3 地震力计算	(376)
6.2.4 垂直荷载作用下框架内力计算	(378)
6.2.5 水平荷载作用下框架内力计算	(382)
6.2.6 梁、柱断面计算	(387)
6.2.7 层间变形角的校核	(407)
6.2.8 2次设计	(408)
6.3 设计例题2 7层办公楼	(413)
6.3.1 一般事项	(413)
6.3.2 计算资料	(415)
6.3.3 地震力计算	(417)
6.3.4 垂直荷载作用下框架内力计算	(417)
6.3.5 水平荷载作用下框架内力计算	(417)
6.3.6 梁、柱、斜撑的断面计算	(421)
6.3.7 层间变形角的校核	(440)
6.3.8 2次设计	(441)

7 抗震设计必要的基础知识的补充	(447)
7.1 有关振动术语及其单位	(447)
7.2 单质点体系的振动	(450)
7.2.1 关于单质点体系的补充说明.....	(450)
7.2.2 单质点体系受到随机地震的反应.....	(453)
7.3 行列式 (矩阵)	(457)
7.4 建筑物的刚度	(462)
7.4.1 根据剪力分布系数(D 值)求建筑物的刚度.....	(462)
7.4.2 按固定法求刚度矩阵.....	(466)
7.5 建筑物的模型化	(471)
7.5.1 考虑建筑物扭转的模型.....	(471)
7.5.2 考虑地基变形的模型.....	(475)
7.6 基本振型和固有周期	(478)
7.6.1 多质点体系的自由振动.....	(478)
7.6.2 斯特多拉法(渐近法).....	(481)
7.6.3 第1振型的固有周期的简化算法.....	(487)
7.7 地震反应分析	(490)
7.7.1 按振型迭加法的弹性反应分析.....	(490)
7.7.2 利用反应谱对多质点系建筑物的最大反应值的 简化计算.....	(495)
7.7.3 建筑物的弹塑性反应分析.....	(499)
7.8 建筑物和地基相互作用的效果.....	(507)
7.9 阻尼	(510)
7.9.1 粘性阻尼.....	(510)
7.9.2 过程阻尼.....	(511)
7.9.3 地下逸散阻尼.....	(513)
7.10 构造规定	(516)
7.10.1 钢筋混凝土结构的构造规定.....	(518)
7.10.2 钢结构的构造规定.....	(525)
7.11 极限承载能力的计算实例	(532)
7.11.1 钢筋混凝土纯框架结构的极限承载能力.....	(532)

7.11.2 有抗震墙的钢筋混凝土框架结构的极限承载力 (从左侧加力的情况).....	(546)
7.11.3 钢框架结构的极限承载力.....	(560)
7.11.4 带支撑的钢框架结构的极限承载力.....	(568)
附录1 建筑标准法施行条例第3章第8节	(572)
附录2 建设省告示.....	(589)

1 抗震性能

1.1 地震概述

人类把地震灾害视为最可怕的自然灾害之一，究其原因是因为地震的突发性，是一种不能预先知道的突然袭击，这在很大程度上增加了人们对地震的恐怖感。如果人们能确信“这个建筑物在多大的地震下都不会破坏”，这样即使发生大地震，恐怖心理也会减轻，从而沉着冷静地采取处置措施。因此，对有关地震方面的常识应该有所了解。

首先介绍一下震源机理（见图1.1）。地球的半径大约为6300km，地球的表面叫地壳（叫做板块），其厚度大约是地球半径的百分之一。由于地壳内部岩浆的对流，地壳产生移动，每年要移动数厘米。在有岩浆喷出的地方形成了所谓海膨，与此相反，地球内部则形成潜在的空洞，这样就导致地壳的永不间断的移动，图1.1中划有×标记的地方表示地震的震源，多次地震表明，几乎所有地震都发生在这个有岩浆喷出的海膨和有潜入凹陷的板块地区的附近。在板块与板块相连接的地方或是在板块移动



图1.1 在地球的断面上潜入的板块和海膨

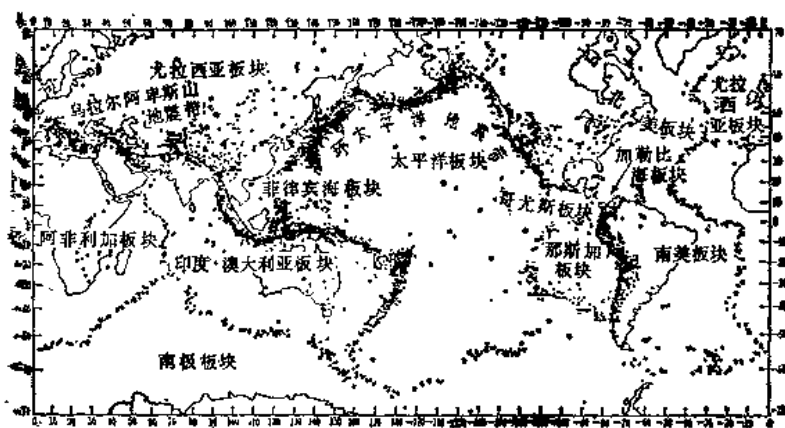
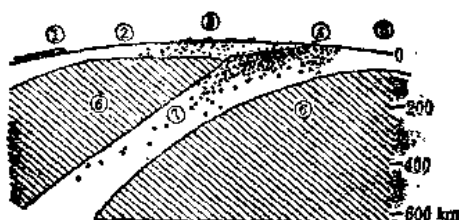


图1.2 世界地震分布图 ($M \geq 4$, 深度在 100km 以内, 环太平洋和乌拉尔阿尔卑斯山地震带)(根据理科年表)

不能顺利进行的地方也是地震发生的地方。图 1.2 是世界地震分布图, 从这个图中可以看出, 就整个地球而言, 经常发生地震的地方只限于某些地带, 在这些地带中, 特别突出的是环太平洋地震带和乌拉尔阿尔卑斯山地震带, 换句话说, 经常发生地震的国家也都是处在这两个地震带的国家。图 1.3 是日本列岛附近的地



①西伯利亚; ②日本海; ③日本列岛; ④特拉夫; ⑤太平洋; ⑥低增益 低速度;
⑦高增益, 高速度

图1.3 地球纵剖面简图。斜线部分是熔融状态的地幔, 板块钻入到地幔中。黑点表示震源位置。多数地震是因为板块发生弯曲而产生的(根据宇津)

球横断面图，很明显，日本列岛和太平洋侧的凹陷板块相连，处在大陆板块的前端。同一图中④所示的凹进去的地方是所谓太平洋海沟，图 1.3 中标有·的地方表示一个时期内所发生地震的震源分布情况，显然以④附近的震源分布最密集。即使在大陆板块内部，由于存在板块内部的剪切作用，也会有地震发生，由于板块的剪切作用，岩石出现断层，导致能量急剧释放引起的地震，称为陆地型地震，垂直型地震就属于这种类型的地震。由于板块平面外的剪切作用（或弯曲），岩层发生断裂，地下能量释放引起的地震，称为海上型地震。因为海上型地震能量的积蓄要比陆地型地震能量积蓄大得多，所以一般说来，海上型地震的规模都比陆地型地震规模大，震害程度也比陆地型地震要严重。

地震灾害的轻重与该地区地面的摇晃（即地震力）的大小有关。由于这个地震力是震级和震源距离等的函数（这在后面还要讲到），所以，即使是大震级的海型地震，如果震源是在远离陆

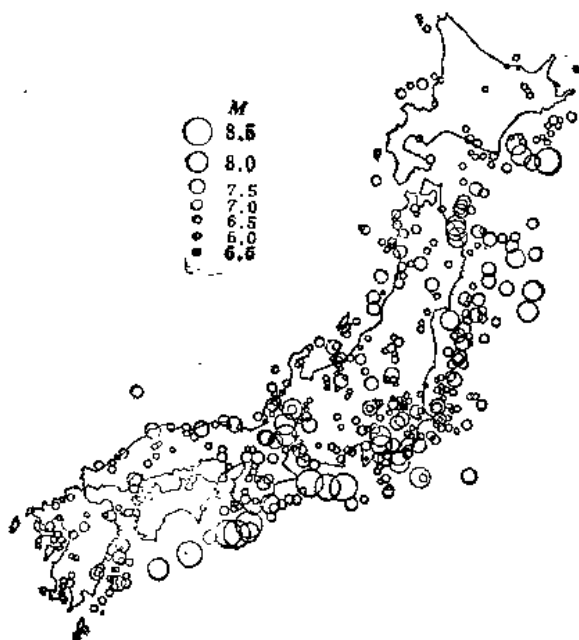


图1.4 日本附近有史以来的震中分布(宇佐美南夫)