



考え方 進め方

免震建筑



日本免震构造协会 编
王晶 译



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

OHM
Ohmsha



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

本书面向建筑师、建筑结构工程师以及从事与免震建筑相关的各界人士,以问答的方式全面介绍免震建筑,特别是办公楼和住宅公寓等建筑物,从免震的基础开始到规划、设计、施工、维护管理等方面,做出广泛详尽的解说。本书是自1993年日本免震构造协会成立以来,涉及扩大和推广免震建筑活动中为广大用户所关注和询问的问题,由长期积累的有关免震方面的资料汇集而成。希望本书能够推动免震建筑的普及和发展。

Original Japanese Edition

Kangaekata·Susumekata Menshin Kenchiku

Edited by Shadan Houjin Nihon Menshin Kouzou Kyokukai

Copyright © 2005 by Shadan Houjin Nihon Menshin Kouzou Kyokukai

Published by Ohmsha, Ltd.

This Simplified Chinese Language Edition Copyright © 2009 by China Electric Power Press.

All Rights reserved. No Part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

本书中文简体字翻译版由中国电力出版社出版。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号:01-2007-1320

图书在版编目(CIP)数据

免震建筑/日本免震构造协会编;王晶译.—北京:中国电力出版社,2009

ISBN 978-7-5083-9128-1

I. 免… II. ④日…②王… III. 建筑结构—防振—研究
IV. TU352.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第118165号

中国电力出版社出版发行

北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>

责任编辑:王倩 责任印制:陈焊彬 责任校对:李亚

北京丰源印刷厂印刷·各地新华书店经售

2010年1月第1版·第1次印刷

787mm×1092mm 1/16·11.25印张·171千字

定价:38.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

本社购书热线电话 010-88386685

译者序

在1994年美国北岭地震和1995年日本的阪神地震中，免震建筑验证了其良好的防震效果，并有成为现代高科技建筑技术潮流的趋势。自我国经历唐山大地震、四川汶川大地震后，对新型防震、抗震、耐震结构的学术研究越发地重视，各种新技术、新材料、新设备研究开发的进展也是突飞猛进。免震建筑的概念引进我国多年，但还未能被建筑业人士广泛了解，且相关入门类书籍缺乏，因此，译者将日本2005年出版的《免震建筑》翻译成文，作为免震建筑的入门类图书推荐给大家。本书内容以问答形式，针对免震建筑设计、施工中常见的问题，配合大量工程照片、图例和文字说明，深入浅出地将免震建筑从规划设计到施工维护等过程中需要注意的问题加以介绍，希望能够带领读者进入全新的免震建筑的发展领域。

王晶

2009年8月于北京

前 言

本书面向建筑师、建筑结构工程师以及从事与免震建筑相关的各界人士，以问答的方式全面介绍免震建筑，特别是办公楼和住宅公寓等建筑物，从免震的基础开始到规划、设计、施工、维护管理等方面，做了广泛详尽的解说。本书是自1993年日本免震构造协会成立以来，涉及扩大和推广免震建筑活动中为广大用户所关注和询问的问题，由长期积累的有关免震方面的资料汇集而成。另外，本书中还新增加了2000年颁布的“日本免震建筑建设省公告”的内容，以及免震建筑的发展、实际施工中的种种疑难事项、合理化建议等。希望本书能够推动免震建筑的普及和发展。

社团法人日本免震构造协会

《免震建筑》编辑委员会

2005年初夏

本书编委会委员

加藤晋平	可儿长英	龟田龙吉	须贺川胜
酒井和成	猿田正明	馆野孝信	原田直哉

目 录

译者序

前言

第一章 何谓免震建筑 1

1.1	什么是免震建筑?	2
1.2	免震是从何时发展起来的?	4
1.3	免震、制震、耐震的差别在哪里?	6
1.4	免震建筑是怎样摇动的?	8
1.5	免震建筑结构形式有哪些?	10
1.6	免震层是怎样的层?	12
1.7	免震部件是什么样的?	14
1.8	积层橡胶是什么样的?	16
1.9	积层橡胶是怎样制造的?	18
1.10	什么是阻尼器?	20
1.11	阪神大地震时实际建筑物的免震效果如何?	22

第二章 规 则 23

2.1	免震建筑适合于哪些用途的建筑物?	26
2.2	免震建筑可以建在任何地方吗?	28
2.3	免震建筑在建筑规模和层数上有限制吗?	30
2.4	已有建筑物能做到免震改造(免震补强)吗?	32
2.5	建筑物免震和楼板免震有何差别?	34
2.6	免震建筑有何优点呢?	36

2.7	免震建筑在设计时有什么特别需要注意的吗?	38
2.8	免震建筑的耐震安全性有多高?	40
2.9	免震建筑的功能性、居住性能有多高?	42
2.10	免震建筑的经济性如何?	44
2.11	对风、交通振动、地震的上下震动有效果吗?	46

第三章 设计..... 49

3.1	免震建筑在规划设计上有哪些优点和哪些限制?	50
3.2	免震建筑可以在用地上满建吗?	52
3.3	免震层的利用方法及安全维护对策是什么?	54
3.4	免震层的设备配管和电气布线怎样做?	56
3.5	楼梯和电梯在免震部分怎样处理?	58
3.6	免震建筑与非免震建筑如何连接?	60
3.7	免震部件必须在每个柱下布置吗?	62
3.8	积层橡胶的寿命是多久?	64
3.9	什么是日本交通大臣认定的免震部件?	66
3.10	设计流程是怎样的?	68
3.11	设计及建筑审批的时间、费用是多少?	70

第四章 施工..... 73

4.1	免震建筑的施工从哪里开始?	74
-----	---------------------	----

4.2	免震建筑施工时的验收流程和各种委托合同中的注意事项是什么？	76
4.3	施工工期及进度流程如何？	80
4.4	免震施工管理文档有哪些？	82
4.5	免震部件在发包时应注意哪些？	84
4.6	免震部件的承压板在制作管理中应注意哪几点？	86
4.7	积层橡胶的出厂检查有哪些？	90
4.8	阻尼器的出厂检查有哪些？	92
4.9	滑动、滚动支撑系统的出厂检查有哪些？	96
4.10	检查免震部件的外观时，何种程度的损伤和变形是有害的？	98
4.11	积层橡胶的承压板如何施工？（确保承压板的设置精度）	100
4.12	积层橡胶的承压板如何施工？（承压板下部的填充法）	102
4.13	积层橡胶的安装、施工步骤是怎样的？	106
4.14	滑动、滚动支撑系统的安装、施工步骤是怎样的？	108
4.15	如何做免震部件的养护？	110
4.16	在免震部件（积层橡胶）的上方进行钢骨柱施工时， 如何确保施工精度？	112
4.17	如何应对上部结构体因混凝土的干缩性造成的变形？	116
4.18	免震建筑施工时起重机的设计规划应注意哪些？	118
4.19	施工中免震层需要水平向的约束吗？	122
4.20	施工中发生地震如何应对？	124
4.21	施工中发生地震后如何处理？	126
4.22	如何更换免震部件？	128
4.23	免震层的施工误差与确保净间距的关键是什么？	130
4.24	免震建筑的竣工检查包括哪些？	132
4.25	免震化改造加固时，施工过程中的安全性如何？	136

第五章 维护管理.....139

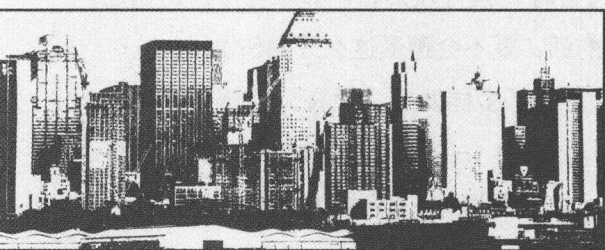
5.1	为什么维护管理（检验、检查）是必要的呢？	140
5.2	如何做维护管理（检验、检查）？	142
5.3	维护管理（检验、检查）的费用有哪些？	144

第六章 不同用途的工程案例.....147

6.1	办公楼	148
6.2	写字楼	150
6.3	研究所	152
6.4	医院	154
6.5	住宅公寓	156
6.6	别墅住宅	158
6.7	中间层免震	160
6.8	免震改建	162

附录 免震建筑年表	165
------------------	------------

参考文献	172
-------------	------------



第一章

何谓免震建筑

1.1 什么是免震建筑？

日本是有名的地震多发国家，从1923年的关东大地震到1955年的阪神大地震，发生在日本国内和近海的震级超过6.8级的大地震约有30次，具有代表性的地震见表1.1-1所示。每当发生大的地震灾害时，就有人会想：如果在建造这些建筑物时，可以把它与地面的连接切断的话，就不会遭受这么大的伤害了。

基于这样的构想免震建筑得以诞生，并有了多样发展。现在，免震建筑中以所谓基础免震（base isolation）的方式为多。如图1.1-1所示，基础免震是指将建筑物的基础与一层楼板以上的结构部分断开，在中间夹入积层橡胶或阻尼器。

当地震发生时，地表快速并激烈的运动。

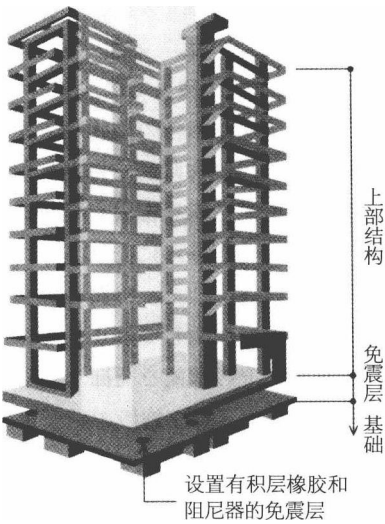
因积层橡胶在水平方向有非常大的柔韧性，可将上部结构水平方向的摇动减缓和减小位移，从而达到降低地震波对上部结构产生的水平地震力，如图1.1-2所示。另外，积层橡胶在垂直方向上必须有相当大的硬度，来保证支承上部结构的稳定，受到垂直方向的地震力作用时则与建筑物具有同样的性能。如果需要进一步吸收地震波能量，则应另外设置衰减装置，如选用阻尼器或是将积层橡胶与铅芯组合形成自身有衰减机能的积层橡胶。

如上所述，免震建筑不仅是建筑物本身，而且其内部物体亦可免受地震的影响，因此能保证建筑物的整体安全是其最大的特征。地震灾害除了对建筑结构造成破坏之外，对于内部装修、家具、设备机械以及收藏物品的损害是反映建筑物性能低下的重大问题。所谓的免震化，就是通过必要的技术手段，预防地震对建筑物的破坏。

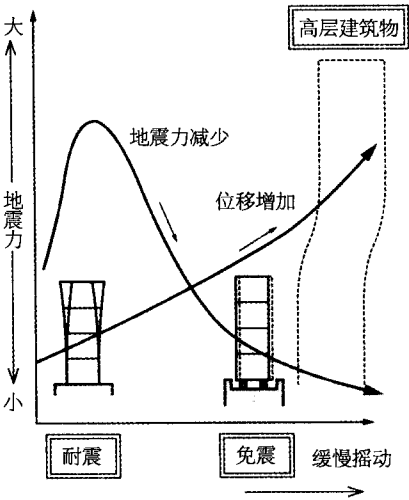
现在已经进入到免震建筑的普及时期，也不完全是前述的那种基础免震的建筑，还有将免震层设置在中间层的免震建筑，也有为了保护具有历史意义和有价值的建筑物免受地震损害而进行的免震改造等，此技术已被广泛用于各种不同目的和用途了。

● 表1.1-1 关东大地震之后的主要地震灾害（引自消防白皮书）

地震	房屋损失数/户	死亡、失踪人数/人
关东大地震（1923年M=7.9）	576266	142807
福井地震（1948年M=7.3）	39111	3895
新潟地震（1964年M=7.7）	2250	26
十胜冲地震（1968年M=7.9）	691	52
宫城县冲地震（1923年M=7.4）	1383	28
兵库县南部地震（1995年M=7.2）	249155	6433



● 图1.1-1 基础防震建筑



● 图1.1-2 建筑物所受地震力和摇动

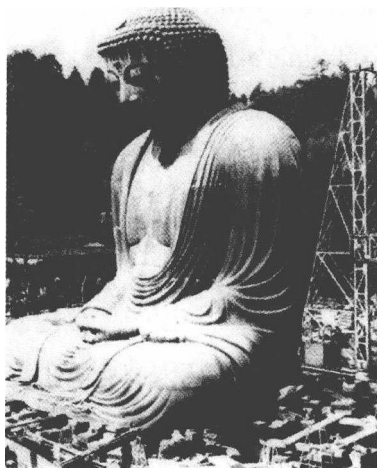
1.2 免震是从何时发展起来的？

日本早在100年前就已经提出了免震建筑的构想（照片1.2-1），当时的技术问题很多，因此基本上无法实现。真正的实用化是随着地震工程学以及计算机解析技术的发展进步，并且是在积层橡胶被实际应用于桥梁工程之后才开始的。

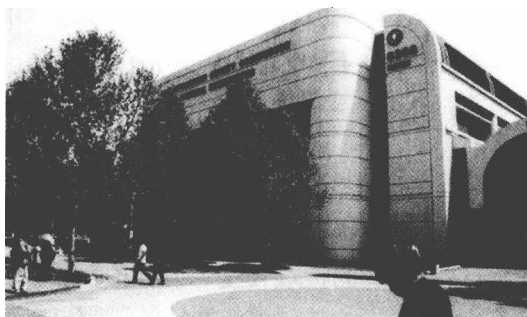
积层橡胶于1970年诞生在法国，是为了确保垂直方向的承载力和刚性，将薄橡胶与钢板交互重叠组合而成的，具有水平方向刚性小而垂直方向刚性大的支承垫。从19世纪70年代的中后期开始，Marseille的Rambesuk小学、南非的Keberogo核电厂、法国的Crasu核电厂等都采用了免震建筑技术。根据欧美所使用的积层橡胶而建设的免震建筑实例，日本也大力展开了免震结构的研究。

日本最早使用积层橡胶建造而成的免震建筑是1983年建造的八千代住宅。从那以后，不断有新的免震工程建成，到现在免震建筑的数量已居世界首位。免震建筑特别受到注目是在阪神大地震（照片1.2-4）之后，建设数量猛增。大地震发生之后，根据相关记录，发生了如公寓的门窗无法打开、墙壁破损、天花板掉落、屋面上的高架水塔破损等各式各样的破坏。因免震建筑具有明显的削弱地震波对建筑物作用力的特征，因此当时抓住了比建筑物的耐震性能更高的卖点，免震公寓得以大量销售，建设栋数急剧增加。但随着经济的景气度下降，大地震的灾害状况逐渐被遗忘，免震建筑的建设数量慢慢减少了。在1996年日本建设省发布的《日本政府设施综合耐震计划标准和解说》中提出：为了让政府设施、医院、消防署等建筑物在灾害发生时也能发挥作用，应切实考虑增加免震构造。

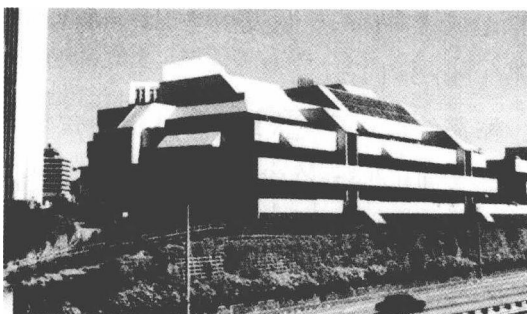
之后，在已有建筑物的耐震改造中，免震结构的采用也得以增加，进而在单体住宅的公告标准中也被确认，能够看到普及的征兆。另外，免震构件进行了从积层橡胶向滑动支承和滚动支承的实用化改进。



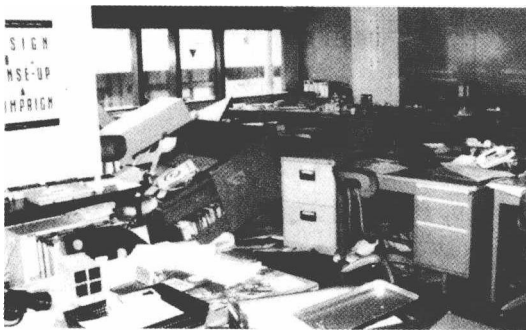
● 照片1.2-1 大佛的免震化工程
(很久之前就考虑过免震)



● 照片1.2-2 美国的实例
(Foothill-Community Law and Justice Center: 钢结构, 地上4层, 地下1层)



● 照片1.2-3 新西兰的实例
(William Clayton Building: 钢筋混凝土结构, 地上3层, 地下1层)



● 照片1.2-4 非免震建筑物室内地震后的状况
(可以看到设备和用品的倾倒和滑动)

1.3 免震、制震、耐震的差别在哪里？

日本在经历了1923年的关东大地震之后才第一次制定了耐震设计规范。

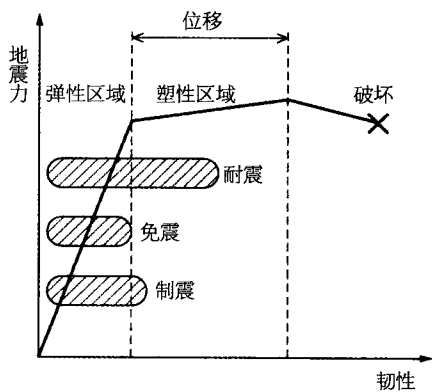
而在经历过十胜冲地震（1968年）和宫城县地震（1978年）等多次地震灾害后，又修订了耐震设计规范，并于1981年对建筑标准法的实施令中的构造计算规定再次进行了修订。修订后的标准法被称之为“新耐震设计法”，彻底改正了有关耐震设计方面的规定，增加了以前从未考虑到的震时地盘与建筑物之间的动态特性、结构部件的极限强度等设计项目，因此，1981年5月以后所设计的一般耐震结构基本上都是按照新耐震设计法的标准进行设计的。

在新耐震设计法中，以耐震性能为目标，在建筑物的使用年限中要求经多次地震（中度地震）仍能保持其机能，而且在使用年限中遭遇一次大地震时不致倒塌而造成生命损失，只发生建筑物局部裂缝等损害。即“大震不倒小震不坏”的标准（图1.3-1）。

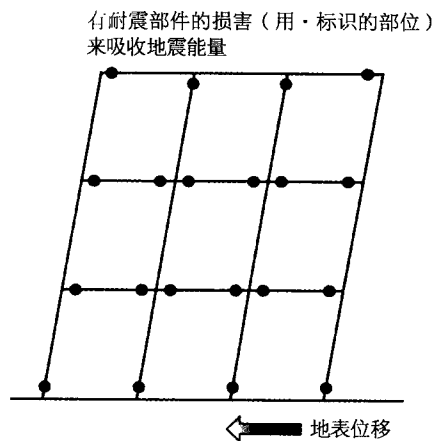
耐震结构 是在大地震发生时建筑物不致倒塌却允许发生损害的结构（图1.3-2），但同时允许建筑物的所有机能停止。在发生阪神大地震之后发现，很多建筑物除了在地震中不倒塌之外，震后维持其必要的机能也是相当重要的。

免震结构 是在免震层设置积层橡胶来吸收地震能量，使地震时作用于建筑物的地震力明显减弱，是符合新时代要求的结构系统。在遭遇大地震时除了不倒塌之外，还要在震后维持其必要的使用机能。因此，免震结构是将大地震造成的激烈的地表运动控制并削弱成为建筑物的缓慢位移的结构形式（图1.3-3）。

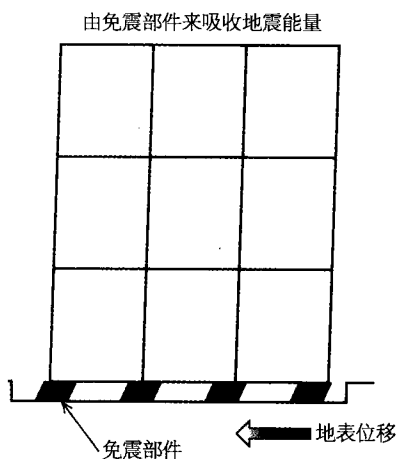
制震结构 是指和免震结构作用相同的，用来控制建筑物反应的结构系统，是在建筑物内设置制震构件，用以吸收大地震发生时传来的地震能量的结构形式（图1.3-4）。



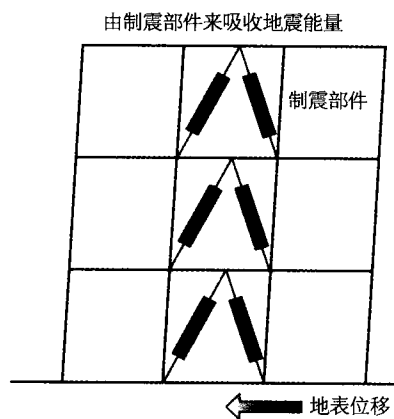
● 图1.3-1 地震力和结构位移



● 图1.3-2 耐震结构



● 图1.3-3 免震结构



● 图1.3-4 制震结构

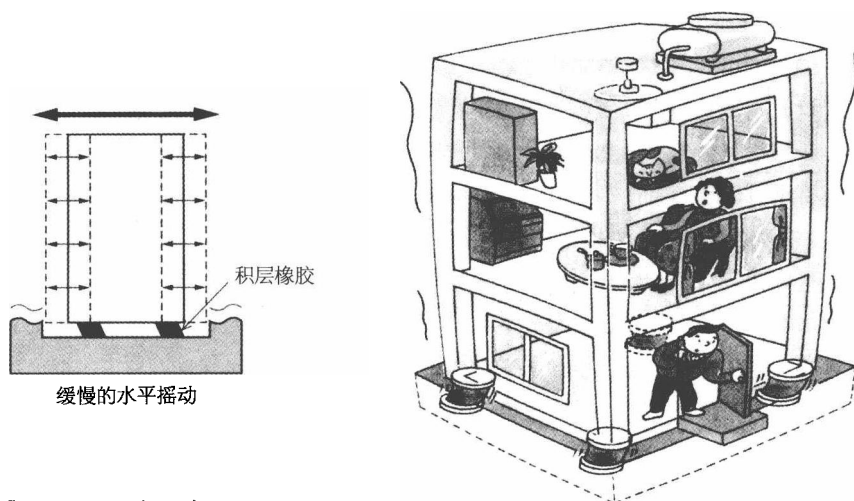
1.4 免震建筑是怎样摇动的？

因免震建筑是用水平方向为柔性的积层橡胶把建筑物和地盘连接在一起，虽然称其为免震建筑，但仍然会因地震而摇动（图1.4-1）。然而，相对于大地震造成的地表激烈而快速的摇动，免震建筑的摇动方式是免震层部分缓慢地大振幅摇动，伴随免震层的变形，上部结构也发生平行位移，使免震建筑内的人们感觉不到大地震造成的剧烈摇动。

对于免震建筑而言，因在免震层设置的阻尼器集中吸收了地震的能量，上部结构的层间位移和楼面的反应加速度可显著减弱，而且各层的反应几乎相同。

而对于耐震结构而言，地震力的能量要靠各层结构部件的塑性变形来吸收，楼层越高则变形越大，楼面的反应加速度也会增大（图1.4-2）。

日本免震建筑在建设初期，几乎所有的免震建筑内都会设置地震波测量装置，以方便将地震造成的摇动状况准确测量并记录下来。记录的数据大体如图1.4-3所示，证实了免震建筑确实有明显降低地震力的效果。另一方面，因免震层部分会产生很大的摇动，靠其变形量来吸收能量，为了让免震层能够产生自由位移，有必要设定免震范围。因此，在设计上应不同于一般的耐震建筑。为了能在地震中发挥有效的作用应特别考虑免震范围的设计。



● 图1.4-1 免震建筑