

THE SEISMIC DESIGN HANDBOOK

抗震设计手册

(原著第二版)
Second Edition

[美]法扎德·奈姆 主编

王亚勇 译校

Edited by Farzad Naeim

中国建筑工业出版社

抗震设计手册

(原著第二版)

[美] 法扎德·奈姆 主编

王亚勇 译校

THE SEISMIC DESIGN HANDBOOK

(Second Edition)

Edited by Farzad Naeim

中国建筑工业出版社

著作权合同登记图字：01-2007-5371 号

图书在版编目 (CIP) 数据

抗震设计手册 (原著第二版) / (美) 奈姆主编; 王亚勇译校.
—北京: 中国建筑工业出版社, 2007
ISBN 978-7-112-09762-3

I. 抗… II. ①奈…②王… III. 建筑结构—抗震设计—手册
IV. TU352.104-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 200996 号

Translation from the English language edition:

“The Seismic Design Handbook”

2nd edition

By

Farzad Naeim and Zhongzhi Shi

Copyright © 2001 Springer, The Netherlands
as a part of Springer Science + Business Media

All Rights Reserved

Translation Copyright © 2008 China Architecture & Building Press

本书由荷兰 Springer 出版集团授权翻译出版

抗震设计手册

(原著第二版)

[美] 法扎德·奈姆 主编

王亚勇 译校

THE SEISMIC DESIGN HANDBOOK

(Second Edition)

Edited by Farzad Naeim

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)
各地新华书店、建筑书店经销
北京千辰公司制版
北京中科印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 51¼ 字数: 1276 千字

2008 年 6 月第一版 2008 年 6 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 110.00 元

ISBN 978-7-112-09762-3

(16426)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书是美国2003年出版的《抗震设计手册》(第二版)。书中内容主要根据美国几本现行的有关规范编写,有些还直接引用了美国统一建筑规范(UBC 1997)、国际建筑规范(IBC 2000)、国家减轻地震灾害计划(NEHRP)的有关指南和应用技术理事会规范(ATC40)等规范和指南的内容。全书涉及的内容包括:地震地面运动,地震地质和场地效应,结构动力学基本原理和等效静力分析方法,建筑设计要求,结构层间位移和横向稳定设计,楼板抗震设计,钢、钢筋混凝土、木和砌体等各类结构和非结构的抗震设计,现有建筑抗震加固设计和隔震结构设计等,还讨论了基于性能的地震工程以及计算机在抗震设计中的应用。对每种建筑结构还提供若干算例,具有很强的工程实用价值。本书作者都是美国地震工程和抗震设计领域著名的教授和工程师,有的是直接参与美国有关结构抗震设计规范的制订。通过本书可以看出,美国建筑抗震理论与实用设计方法的一些现状,以及他们所执行的主要抗震标准规范的基本规定。

本书可供建筑工程抗震研究与工程设计技术人员参考,也可供抗震科学研究与教学人员阅读。

* * *

责任编辑:黎 钟 咸大庆 姚丹宁

责任设计:董建平

责任校对:关 健 王雪竹

“芸芸众生中，唯多思者具大智慧”

欧里庇得斯*（公元前 480 ~ 406 年）

“物体在外力作用下产生变速运动，
其方向与作用力方向一致”

牛顿（公元 1687 年）

引自《定理·自然哲学的数学原理》

* 译注：古希腊悲剧作家

原著参编人员

James C. Anderson, 博士

加利福尼亚 洛杉矶 南加州大学 土木工程学教授

(第四章 结构动力反应)

Christopher Arnold, FAIA, RIBA

建筑系统开发有限公司总裁, 加利福尼亚 San Mateo,

(第六章 建筑设计要求)

Hussain Bhatia, 物理学博士

约翰 马丁设计事务所高级研究工程师, 加利福尼亚 洛杉矶

(第十五章 基于性能的地震工程)

Bruce A. Bolt, 博士

加州大学伯克利分校地震学名誉教授, 加利福尼亚

(第一章 地震地面运动特性)

Rao Boppana, 地震工程学博士

Sato and Boppana 顾问工程师事务所, 加利福尼亚 洛杉矶

(第八章 楼板的抗震设计)

Michel Bruneau, 物理学博士

纽约州立大学布法罗分校土木工程教授

(第九章 钢结构抗震设计)

Craig A. Cole, 地震工程学

EQE 国际公司项目经理, 加利福尼亚 奥克兰

(第十二章 现有建筑的抗震加固)

John G. Gillengerten, 地震工程学

约翰 马丁设计事务所高级项目经理, 加利福尼亚 洛杉矶

(第十三章 非结构体系和构件设计)

Arnaldo T. Derecho, 博士

Mount Prospect 公司结构顾问工程师, 伊利诺伊

(第十章 钢筋混凝土结构抗震设计)

Roger M. Dijulio, 物理学博士

加州大学 Northridge 分校工程学教授, 加利福尼亚

(第五章 水平地震作用的线性静力方法)

Ronald O. Hamburger, 地震工程学

EQE 国际公司高级副总裁, 加利福尼亚 奥克兰

(第十二章 现有建筑的抗震加固)

Gary C. Hart, 物理工学博士

加州大学洛杉矶分校土木工程教授, 加利福尼亚

(第十一章 木结构和砌体结构建筑抗震设计)

M. Reza Kianoush, 博士

Ryerson 理工大学教授, 加拿大 安大略 多伦多

(第十章 钢筋混凝土结构抗震设计)

Marshall Lew, 地质工程学博士

Law 工程和环境服务公司 Law/Crandall 部合作顾问, 加利福尼亚 洛杉矶

(第三章 岩土工程设计要点)

Roy F. Lobo, 物理工程学博士

约翰 马丁设计事务所高级研究工程师, 加利福尼亚 洛杉矶

(第十五章 基于性能的地震工程; 第十六章 抗震设计中的计算机应用)

Ronald M. Mayes, 博士

工程顾问, 加利福尼亚 Berkeley

(第十四章 隔震结构设计)

Bijan Mohraz, 博士

Southern Methodist 大学土木工程教授, 得克萨斯 达拉斯

(第二章 地震地面运动和反应谱)

Farzad Naeim, 地震工程学博士

约翰 马丁设计事务所副总裁兼研究开发部主任, 加利福尼亚 洛杉矶

(第七章 层间位移和横向稳定性设计; 第八章 楼板的抗震设计; 第十四章 隔震结构设计; 第十五章 基于性能的地震工程; 第十六章 抗震设计中的计算机应用)

John G. Shipp, 地震工程学博士, FASCE

EQE 工程与设计公司经管设计服务与高级技术经理, 加利福尼亚 Costa Mesa

(第十一章 木结构和砌体结构建筑抗震设计)

Key-Chyuan Tsai, 地震工程学博士

台湾大学土木工程教授, 中国台湾 台北

(第九章 钢结构的抗震设计)

Chia-Ming Uang, 博士

加州大学圣地亚哥分校结构工程教授, 加利福尼亚

(第九章 钢结构的抗震设计)

Andrew S. Whittaker, 地震工程学博士

纽约州立大学布法罗分校土木工程助理教授, 纽约

(第九章 钢结构抗震设计)

原著致谢辞

前言

编者衷心感谢参编人员在编写他们的文章时所作的努力，特别要感谢约翰马丁事务所有限公司的 Jack 和 Trailer Martin 两位先生，他们对我经常摆脱办公室日常事务而致力于著书和撰写技术报告给予理解和配合。如果没有他们的鼓励和支持，本手册的编写工作是不可能完成的。

由于两位非常聪明的年轻人的巨大努力使这版手册得以出版。Mark Day 以他惯有的优雅、微笑和忘我精神耐心而刻苦地从事电子排版，并不断进行修订；Hesaam Aslani 于斯坦福大学毕业班学习期间，在我们公司短暂停留，完成了本手册大多数章节的照相排版，并校核了其中的数学公式和算例。

国际建筑官员会议 (ICBO)、特别是该组织的 Mark Johnson 先生不断地给我们鼓励和支持，尤其使我们感到非常荣幸的是，本手册能够得到 ICBO 和国家结构工程师理事会的认可。

编者还要感谢本手册第一版的读者，感谢他们非常有力的支持和鼓励，还有他们对第二版的期待。

最后，但不是最不重要，编者要衷心感谢我的终身伴侣和夫人 Fariba，她对我总是加班给与理解，还要感谢我的孩子们 Mana 和 Mahan，他们对自己的父亲因为工作经常不能和他们一起玩耍也给予谅解。

贾亚王

日 1 月 2 年 2002

译者序

抗震设计手册

本书是美国 Kluwer 科技出版公司于 2001 年出版、2003 年修订再版（第二版）的《抗震设计手册》，由 Farzad Naeim 主编，参加编写的专家都是美国地震工程和结构抗震设计领域里著名的教授和工程师，有的直接参与了美国几本主要结构设计规范的制订工作。书中直接引用了 UBC1997、IBC2000、NEHRP 和 ATC40 等美国在这一段时期内通用的规范和指南。全书内容涉及：地震地面运动，地震地质和场地效应，结构动力学基本原理和等效静力分析方法，建筑设计要求，结构层间位移和横向稳定设计，楼板抗震设计，钢、钢筋混凝土、木和砌体等各类结构和非结构的抗震设计，现有建筑抗震加固设计和隔震结构设计等，还讨论了基于性能的地震工程以及计算机在抗震设计中的应用。对每种建筑结构还提供若干算例，具有很强的工程实用价值。

阅读本书，可以对美国的建筑抗震设计理论与实用方法有全面的了解，尤其是对美国工程界普遍认同的几本规范标准的应用有比较直观的认识。书中所提供的算例可以让读者用于和中国规范进行对比，大致了解美、中两国在建筑抗震设防水准、设防目标、设计基本要求、计算方法以及构造措施等方面的差异。

由于本书由多人合作写成，教授和工程师的写作语言不同，教授用的是教科书写法，严谨、引经据典、逻辑性强；工程师则使用工程语言，简略、约定俗成，有许多缩写和数字单位只有美国的工程人员看得懂；加上美国的工程语言与中国的有很大差异，给翻译带来许多困难。译者尽可能在理解原文的基础上，用中国工程师能看懂的语言来表达，难免有个别词不达意之处。在翻译过程中，发现原文有一些错误，也加以订正。

本书大部分由王亚勇翻译，胡冗冗、李爱群、罗开海、孙仁范、蔡益燕、张维斌分别提供了第二、三、七、八、九、十、十四章的翻译初稿，全书由王亚勇校译。要感谢杨晶晶对书中大部分图件的处理和图件中部分文字的翻译。最需要感谢的是出版社编辑部的编辑，没有他们的鼓励、指导和细心校订、甚至是直接的翻译，本书是无法顺利出版的。

王亚勇

2007 年 2 月 1 日

原 序

本手册汇集了当今在建筑结构抗震方案、计算分析和设计等方面的最新资料，目的是为工程师、建筑师、开发商和学习结构工程以及建筑专业的学生们提供权威而实用的设计资料，力图在抗震设计理论和概念与工程实际应用之间建起一座桥梁。

本书的编委会由来自工程界和大学的 22 位杰出的专家组成，他们在各自的领域内具有超凡的知识和丰富的实践经验。他们努力对本书各个章节所涉及的基本原理和方法作简明扼要的阐述，并用设计算例对其实际应用加以解释。在使用本手册时，对不同的抗震设计规范，如：IBC2000、UBC97、FEMA273/274 和 ATC40 等做了说明，特别强调它们之间的差别。

本手册第二版的多数章节经完全或几乎完全重写，以反映本领域的最新进展。另外，增添了一些新的章节，涉及到诸如基于性能的地震工程、现有建筑结构的抗震加固改造、计算机应用和木结构的抗震设计等。

新版手册附带了 CD-ROM 光盘，容纳了本手册完整的电子文档和以下重要的出版物：

1. UBC, IBC (1997-2000) 的不同结构对比和相互对照，称为 ICBO 2000。
2. HEHRP 建筑抗震加固指南 FEMA273，联邦紧急事务管理署，1997。
3. HEHRP 建筑抗震加固指南建议书 FEMA274，联邦紧急事务管理署，1997。
4. HEHRP 对新、旧建筑抗震规范的建议，第一册条文 FEMA302，联邦紧急事务管理署，1997。
5. HEHRP 对新、旧建筑抗震规范的建议条文，第二册建议 FEMA303，联邦紧急事务管理署，1997。

需要说明的是，建筑抗震设计除了是一门科学之外，还始终是一门艺术。因此，不论本手册所提供的资料是多么有用，它并不能代替深入的工程判断；而且还应该认识到，对于某些工程抗震设计和细部构造的合理方法，尚不存在普遍共识。正如一位杰出的工程师说过的：“对于工程抗震设计和细部构造各个方面的处理，没有两个设计事务所是完全一致的”。可是，编者相信，通过出版本手册之类的书籍，以及持续不断地研究和开发，对这些问题，最终将会达到共识。为了达到这个目标，在过去的十多年里，我们走过了很长的一段路。

本手册的初衷是为工程师和建筑师所用，但是，它所包含的内容，以及在理论和实践方面的处理，使其也适用于从事工程抗震设计的教师和学生。

本手册的第一版于 1989 年出版以来，抗震设计的实践发生了许多变化。十多年来，我们从全球范围的破坏性地震中吸取了许多教训。而这些教训或多或少被现代抗震设计规范和指南采纳作出对策，这就是为什么这版手册尽管宗旨并没有改变，而内容比第一版大约增加了两倍的主要原因。

本手册第一版受到读者的欢迎程度出乎编者的预料,成为全美几乎所有主要高等学校在教授抗震设计理论时事实上的标准规范手册。UC Berkeley、Stanford、UCLA、USC、纽约大学 Buffalo 分校、Illinois 大学、华盛顿大学 Santa Louis 分校、Texas 大学 Austin 分校、Georgia 理工大学、Cornell 大学和 Michigan 大学均采用了本手册的第一版的内容。在海外,本手册也被伦敦的皇家学院、以色列理工学院和许多其他著名学府所采用。

编者希望本手册的第二版也能像第一版一样获得成功,对于读者来说,如果不是更有益的话,也是同样有益的。编者欢迎对本书提出任何评论、批评和建议,请用电子邮件发给 farzad@johnmartin.com。如果有任何勘误或增补内容,我们将在以下网站发布:
<http://www.johnmartin.com/sdh>。

Farzad Naeim

2000 年 10 月

加利福尼亚,洛杉矶

2.13 结论	111
参考文献	113
第3章 岩土工程设计要点	120
3.1 引言	121
3.2 场地和土壤条件	121
3.3 场地效应	121
3.4 土壤液化	141
3.5 地震沉降、沉陷和差异密实	162
3.6 滑坡和倾斜	164
3.7 洪水、海啸和湖啸	166
3.8 土与结构相互作用	168
3.9 断层断裂	170
3.10 侧向地震土压力	172
3.11 结论	174
参考文献	176
第4章 结构动力反应	179
4.1 引言	180
4.2 动力平衡方程	180
4.3 单自由度体系	181
4.4 基本动力荷载作用下的结构反应	189
4.5 广义坐标原理	204
4.6 非线性单自由度体系响应	212
4.7 多自由度体系	216
4.8 多自由度体系非线性响应	225
4.9 计算结构反应的验证	234
参考文献	237
第5章 水平地震作用的线性静力方法	239
5.1 引言	240
5.2 规范的基本原理	240
5.3 1997年版统一建筑规范的规定	240
5.4 2000年版国际建筑规范的规定	254
5.5 结论	266
第6章 建筑设计要求	267
6.1 引言	268
6.2 建筑方案设计的特点及其作用	268
6.3 分析方法	273
6.4 建筑的一般特征	278
6.5 建筑布置不规则性对结构抗震的影响	282
6.6 建筑平面布置问题	283

052	6.7 建筑竖向布置问题	290
532	6.8 受限于结构的建筑构造设计	298
382	6.9 防震缝	300
042	6.10 建筑师与工程师的关系	303
042	6.11 展望未来	304
182	6.12 小结	308
072	参考文献	309
	第7章 层间位移和横向稳定性设计	310
102	7.1 引言	311
592	7.2 层间位移设计要求	311
502	7.3 层间位移, $P-\Delta$ 效应, 横向稳定性	312
592	7.4 实用的二阶分析技术	317
000	7.5 层间位移设计过程	333
502	7.6 抗震规范对层间位移和 $P-\Delta$ 分析的要求	354
550	参考文献	357
	第8章 楼板的抗震设计	360
110	8.1 引言	361
510	8.2 楼板性能分类	362
510	8.3 楼板刚性的确定	363
020	8.4 影响楼板性能的主要因素	363
530	8.5 规范中关于楼板设计的相关规定	368
000	8.6 算例	370
450	参考文献	397
	第9章 钢结构的抗震设计	398
530	9.1 引言	399
530	9.2 抗弯框架的性能和设计	401
230	9.3 中心支撑框架的性能和设计	410
030	9.4 偏心支撑的性能和设计	417
000	9.5 设计算例	424
000	参考文献	440
	第10章 钢筋混凝土结构抗震设计	444
500	10.1 引言	445
000	10.2 结构抗震延性设计	448
505	10.3 地震作用下混凝土构件的性能	451
005	10.4 抗震设计规范条文	473
015	10.5 某12层框架-剪力墙结构代表性构件抗震设计举例	496
515	参考文献	523
	第11章 木结构和砌体结构建筑抗震设计	528
415	11.1 引言	529

009	11.2 LRFD/木结构的极限状态设计	530
809	11.3 LRFD/砌体结构的极限状态设计	532
009	11.4 侧向地震力和水平楼板	536
909	11.5 水平弹性板(胶合板)	540
409	11.6 带有 CMU 墙的 L 型建筑	546
809	11.7 CMU 细高墙(出平面受力)	561
909	11.8 剪力墙设计	576
010	参考文献	588
	第 12 章 现有建筑的抗震加固	591
119	12.1 引言	592
919	12.2 抗震加固的目的	592
719	12.3 常见问题	597
999	12.4 加固标准	606
499	12.5 常用的加固方法	607
799	12.6 算例	625
009	参考文献	643
	第 13 章 非结构体系和构件设计	644
909	13.1 概述	645
909	13.2 性能目标	647
909	13.3 非结构构件特性	650
809	13.4 设计标准	653
079	13.5 建筑构件的设计	666
799	13.6 设备与电器部件	674
809	参考文献	681
	第 14 章 隔震结构设计	682
109	14.1 介绍	683
019	14.2 隔震的注意事项	685
719	14.3 隔震系统的基本构件	686
499	14.4 力-挠度特性	690
019	14.5 隔震设计原则	690
499	14.6 隔震的可行性研究	691
999	14.7 设计规范要求	693
899	14.8 隔震体系的构建	700
799	14.9 隔震器设计步骤	703
999	14.10 结论	709
009	参考文献	710
	第 15 章 基于性能的地震工程	713
899	15.1 引言	714
999	15.2 抗震设计和结构性能的不确定性	714

15.3	ATC40 ^①	717
15.4	FEMA 273 和 FEMA 274 ^②	729
15.5	结论	742
	参考文献	743
第 16 章	抗震设计中的计算机应用	745
16.1	引言	746
16.2	地震记录	750
16.3	地震活动性监测	751
16.4	地震危险性分析	751
16.5	损失估计, 情景分析和规划	754
16.6	EERI ^③ /IAEE ^④ 全球住房百科全书项目	756
16.7	安装仪器的建筑物的地震反应分析	756
16.8	结构分析与设计	758
16.9	结论	765
	参考文献	766
	英中译名对照	769
	附录 单位换算	794

① 应用技术委员会 (ATC) 提出的《混凝土建筑抗震鉴定与加固》(ATC40)

② 国家减轻地震灾害规划 (NEHRP) 提出的:《建筑抗震加固技术指南》FEMA273 及《建筑抗震加固技术指南相关文件》FEMA274

③ EERI—地震工程研究所

④ IAEE—国际地震工程师学会

第1章 地震地面运动特征

布鲁斯·A·波尔特 (Bruce A. Bolt), 地震学博士 (加州大学伯克利分校地震学名誉教授, 加利福尼亚州)

关键词

衰减, 地震成因, 塌陷地震, 震害机理, 断层走向, 地震, 地震断层, 地震预报, 弹性回跳, 断层类型, 烈度, 板内地震, 震级, 震级表, 震级饱和, 修改麦卡利烈度 MMI, 近断层效应, 板块构造学, 水库诱发地震, 地震活动, 地震矩, 地震危险性, 地震波, 地震学, 震源模型, 强地面运动, 表面破裂, 构造地震, 火山地震

摘 要

本章的目的是使读者对地震有一个基本的认识, 包括: 地震分布的广泛性、地震成因、震害机理、地震震级量测及强地震地面运动预报的研究现状。本章的基础知识有助于读者理解本书后续几章中更为深入的概念, 本章还定义了地震学的基本用语。首先, 对世界范围内的地震活动以及与构造板块间的关系进行了讨论。接下来, 介绍了主要的地震成因, 包括: 构造运动、地壳岩石膨胀、爆炸、塌落、火山运动等。随后分析讨论了地震断层, 解释了各种断裂机理并简要介绍了地震波的概念。举例介绍和分析了主要的几种震害机理。地震的量化是工程抗震设计工程师的兴趣所在, 通过对不同震源模型的描述, 给出了地震烈度表和震级表的定义。对断层走向以及近断层效应的基本概念进行了描述。最后, 讨论了地震危险性估计和地震预报的基本原理。

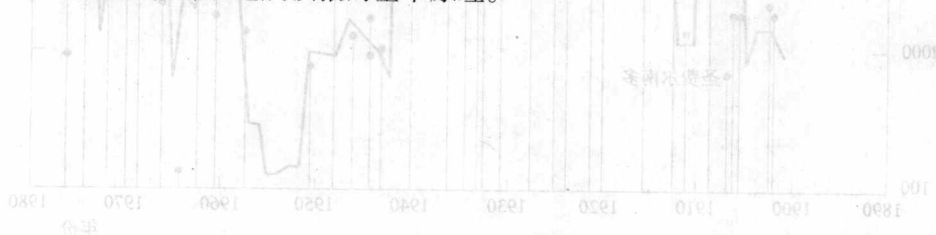


图 1-1 震级与震害损失 (震级与震害损失)