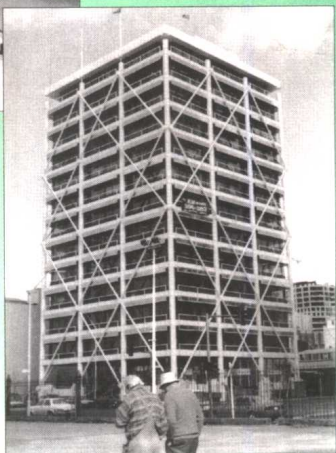
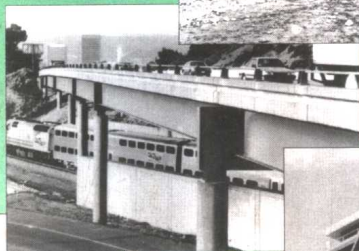


工程防震概论

[新] R.I.Skinner W.H.Robinson G.H.McVerry 著



地震出版社

工 程 隔 震 概 论

[新] R.I. Skinner

W.H. Robinson 著

G.H. McVerry

谢礼立 周雍年 赵兴权 译校

地 震 出 版 社

1 9 9 6

著作权合同登记 图字: 01-95-397

An Introduction to Seismic Isolation

R. Ivan Skinner, William H. Robinson
and Graeme H. McVerry

本书版权归 John Wiley & Sons Ltd. 所有。

Copyright © John Wiley & Sons Ltd. 1993.

本书中文版由著作权人授权地震出版社独家出版发行, 1995。

版权所有, 翻印必究。

工程隔震概论

[新] R.I. Skinner, W.H. Robinson, G.H. McVerry 著

谢礼立 周雍年 赵兴权 译校

责任编辑: 蒋乃芳

责任校对: 李 珏

*

地震出版社 出版

北京民族学院南路9号

北京丰华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

*

850×1168 1/32 13.5印张 350千字

1996年12月第一版 1996年12月第一次印刷

印数 0001—1500

ISBN 7-5028-1360-8 / TU · 116

(1787) 定价: 50.00元



作者合影

从左至右: Graeme H. McVerry, R. Ivan Skinner,
William H. Robinson

EA082101

作者简介

Robinson, William Henry (Bill)

(Penguin Engineering Ltd, PO Box 33093, Petone, New Zealand)

Robinson 博士 1938 年生于新西兰奥克兰市，就读于 Avondale 学院和奥克兰大学，并被授于机械工程学士和硕士学位。接着在伊利诺斯大学获得物理冶金学理学博士学位。其后两年里在英格兰萨塞克斯大学从事物理研究。1967 年回到新西兰后，他作为一名科学家进入科学和工业研究部 (DSIR) 物理和工程研究所 (PEL) 工作。

1985 年，Robinson 博士被任命为 PEL 所长。1990 年，DSIR 改组，PEL 与另外三个部门 (应用数学、核科学和信息技术) 合并组成 DSIR 物理科学研究所，他被任命为所长。1990 年 11 月他因病在友人、家庭和伴侣 Barbara 的积极支持下从所长任上退下，全力从事有关阻尼装置、超导陶瓷和南极的研究。1992 年 6 月 30 日 DSIR 撤消，同日作者将本书稿送交出版社。现在，Robinson 博士是他组建的新公司——企鹅工程有限公司 (PEL) 的主任工程师和总经理，该公司旨在将他的众多发明商业化。

多年来，Robinson 博士在广泛的领域内从事有独创性的研究工作。他的显著成就包括用于隔震的两种滞变阻尼器 (即铅挤压阻尼器和铅芯橡胶支承) 的原型和预生产阶段的发明和开发。最使他感到满意的是，最早用于托伊托伊桥 (1978) 和威廉克雷顿大楼 (1981) 隔震的铅芯橡胶支承现在已在世界各国的桥梁和建筑物隔震中得到广泛应用。最近，他又发明了六种新的阻尼器，用于控制地震和风荷载引起的结构运动。

他的其他成就包括：开发了测定电离晶体中电荷位错中电荷的技术，确定了振荡晶体（纵向振荡和扭转振荡）的电子机械等效回路，开发了测定原子内部参数的超声波方法，研制了超声波粘度计，以及在南极洲 McMurdo 海峡的埃列贝斯冰川中发现了移动的弯曲波。

Robinson 博士的成就在国内外获得了普遍承认，新西兰皇家协会授予他正会员资格，奥塔戈大学向他颁发了 Mechaelis 纪念奖，惠灵顿维多利亚大学授予他名誉科学博士学位，许多国际会议邀请他去作报告。

Skinner, Robert Ivan

(31 Blue Mountains Road, Silverstream, Wellington, New Zealand)

Skinner 博士 1923 年生于达尼丁市，就读于新西兰奥塔戈大学和坎特伯雷大学，并在坎特伯雷大学获得工程学士学位。他在新西兰科学和工业研究部 (DSIR) 工作了 35 年，并为了与他的合作者著述《隔震工程概论》一书，继续与该机构合作。

多年来，Skinner 博士的主要研究兴趣一直在地震工程领域。他是新西兰强震观测台网的主要创建者，并且也是大多数仍在使用的强震仪的研制者。由大地震引起结构破坏的场地问题的研究使他确信，需要开辟另一种抗震设计途径，这导致他从事隔震领域的开发研究工作。

在许多重要的新西兰建筑物的抗震设计中，以及最近在一些隔震结构的设计中，他都担任了顾问工作。

他积极参与广泛的国际活动，包括访问和与世界各国地震工程领域的许多团体组织进行交流合作。作为联合国教科文组织的地震工程专家，他为世界各地的地震工程师和研究人员开设了研究生课程，包括在日本建筑研究所内的国际地震和工程研究所的

18 个月 (1969~1970) 讲学, 以及在前南斯拉夫斯科普里地震工程和工程地震研究所的 2 个月 (1974) 讲学。他积极参与了许多全国性、区域性和国际性会议和讨论会, 并于 1976~1984 年担任国际地震工程协会主席, 他还是《地震工程与结构动力学》的编委会成员。

鉴于 Skinner 博士在地震工程领域所作出的贡献, 新西兰坎特伯雷大学授予他科学博士学位。1983 年他被选为新西兰皇家协会的会员, 1987 年又被选为新西兰国家地震工程协会的终身会员。

Skinner 博士目前担任新西兰地震委员会的研究部主任。

McVerry, Graeme Haynes

(Institute of Geological and Nuclear Sciences, PO Box 30368,
Lower Hutt, New Zealand)

McVerry 博士在 1974 年加入科学和工业研究部 (DSIR) 物理和工程研究所 (PEL), 首次涉足隔震研究。他在奥克兰文法学校接受中等教育后进入奥克兰大学学习, 并在那里获得工程硕士学位和优等生荣誉。1975 年, 他与 Ivan Skinner 博士合作, 在南太平洋地震工程会议上发表了《用于增强建筑物抗震性能的基底隔震方法》一文。这篇论文导致了新西兰第一座隔震建筑——威廉克雷顿大楼的设计和建造。

从 1975 年 9 月起, McVerry 博士在国家研究咨询奖学金资助下在美国帕萨迪那加州理工大学从事研究, 并在 Paul Jennings 教授指导下获得物理学博士学位。他的学位论文内容是记录到的结构地震反应的系统识别。

返回新西兰后, McVerry 博士作为项目负责人参与了 PEL 工程地震部的许多研究活动, 包括负责新西兰强震加速度仪台网

工作：地震危险性分析，包括担任新西兰荷载规范委员会成员和为许多重大结构的设计荷载提供咨询；地震小区划；隔震研究，包括为惠灵顿中心警察局和海沃兹变电站的设计提供咨询。

McVerry 博士是 1985 年 9 月墨西哥地震新西兰调查队的成员，1987 年新西兰埃杰克贝地震时他又参加了现场工作。他既是地震工程研究所的成员，也在新西兰国家地震工程协会管理委员会任职，他还是新西兰国家地震工程协会会员。

由于 DSIR 于 1992 年 6 月 30 日撤消，McVerry 博士与该部工程地震部门的大多数同事一起转入新建的地质和核科学研究所工作。

代 序

——书评：《工程隔震概论》

建筑结构隔震技术是 60 年代出现的一项新技术。30 多年来，世界各国学者对此项技术开展了广泛、深入的研究，并取得了引人注目的成果，使这方面的研究工作成为当今土木工程学科中的一项热点研究内容，而且正在逐渐形成一个新的学科分支。1994 年 8 月在美国帕桑迪那市召开的第一届结构控制国际会议和在该会上成立的国际结构控制协会就是一个有力的明证。但是与这项新技术的迅速发展形成明显反差的是，有关这项技术的研究成果和实践经验缺乏系统的归纳和整理，其大多仍分散在各种刊物或会议论文集中，因此也就一定程度上影响了它的推广与应用。《工程隔震概论》无疑是这个领域中第一本较为完整而系统地介绍隔震技术在土木工程中应用的专著。

隔震的概念早在上世纪末和本世纪初就已有人提出，但是在土木工程领域真正得到发展并能够付诸实际应用还是近二三十年来的事情，特别在 60 年代和 70 年代对该领域隔震技术的理论研究和实验研究开展了大量富有成效的工作。此后，新西兰、日本、美国和意大利首先于 80 年代将此项技术应用到多层建筑物、桥梁以及其他重要设备的防震保护上。近年来，这项技术在中国以及其他许多国家和地区也得到了重视和应用。值得一提的是，这项技术不仅早已得到实验室的验证，而且在最近得到了真实结构物在强烈地震作用下的实地验证。在 1994 年 1 月 17 日美国加利福尼亚州的诺斯里奇 / 圣费尔南多盆地发生的 $M_L 6.4$ 地震中，有一座七层钢筋混凝土结构采用了隔震措施，距震中仅

36km，建筑物所在场地的最大地面加速度为 $0.49g$ ，但该建筑物在地震中达到的最大加速度反应只及地面最大加速度的一半左右，隔震装置起到了预计的减震防灾的作用。

这本专著的几位作者是世界上首批提出将隔震技术应用于土木工程的学者。他们早在 1967 年，即 27 年以前就专心研究建筑隔震技术，并在修建朗杰提凯 (Rangitikei) 大桥中就采用了钢梁阻尼器和叠层橡胶隔震器件；此后，又开发了铅芯橡胶阻尼器，并在首都惠灵顿建造威廉克雷顿大楼 (William Clayton) 时采用了这种具有良好塑性性能的隔震阻尼装置。此后，他们曾在物理和工程研究所 (Physics and Engineering Laboratory) 研制了各种隔震装置，并对世界各国曾采用过的几乎各类隔震装置进行了大量的测试，在此基础上提出了各类适用的分析方法。这一切为作者们能够得心应手地完成这本世界上第一部结构基底隔震专著奠定了基础。

全书共 354 页，就篇幅而言不难判断，它必是一册系统而又全面的“概论”了。全书分六章，几乎涉及到隔震技术及其应用的各个方面。试看：

第一章，导论。简明地叙述了隔震的概念、隔震器件和应用，并与传统的设计进行了分析对比。

第二章，隔震结构的一般特征。介绍了反应谱和自由振动的概念，并分析了隔震效应和如何选择隔震系统。

第三章，隔震装置和隔震系统。该章几乎集世界各类隔震器件与系统之大成，对各种隔震器件的优劣、利弊做了精辟的分析。

第四章，隔震结构的地震反应与反应机制，对具有各种不同特性（包括线性和非线性）隔震装置的线性结构的反应机理进行了系统的分析。

第五章，隔震结构的设计基础。这一章对工程应用来说无疑会有十分重要的参考价值，它不仅阐明了设计的一般原则和方

法，还详细介绍了设计程序并给出了具体设计的实例。

第六章，隔震的应用。本章广证博引，用丰富的实例介绍了隔震体系在新西兰、美国、意大利等国应用的情况和经验，还特别介绍了对某些娇弱结构和危房结构应用隔震装置的情况。

从上面介绍的章节内容和编排方式不难看出，该书的作者们独具匠心，旨在使下述两类人员均能从该书受益：第一类主要是工作在工程设计单位的工程师们，他们可以摆脱浩瀚的文献杂志，而直接进入一个能告诉他们如何选择适用的隔震技术并进行设计的“速成培训班”；第二类人员则是对隔震技术既有兴趣并希望能继续在这个领域有所作为、有所发明创造的科研人员，本书对他们来讲，有如一部直达高速列车，既可使读者饱览历史发展路途上的各种奇观异境，同时又把他们一下送到这个研究领域的前沿阵地。

还值得一提的是，本书编写形式新颖活泼、语言简洁生动，书中包含了大量照片、图表和图解，让人一目了然；再加上概念叙述清晰，计算演绎丝丝入扣，并不时辅以实例，自然会使读者爱不释手。

本书的三位作者与书评人也有过多次交往，他们的年龄属老、中、青三个档次，性格也不尽相同，在写作风格、叙述方式甚至在术语使用上也有不一致之处，这可能会给一些读者带来一些不便，如果要挑毛病的话，或者再版要改进的话，读者们可能会提出这样的意见。

谢礼立

1994年5月

中文版序

能为《工程隔震概论》中文版作序，本人感到十分荣幸。中国与新西兰一样，都是不断遭受地震威胁的国家。我们非常高兴地了解到中国同行对隔震技术的研究十分关注，而过去 30 年里，新西兰也一直在开发和应用这一技术。作者希望，通过阅读了本书的工程师和科学家们的参与和合作，隔震领域将会取得更好的创新发展，从而为世界人民的安全作出贡献。

本书是三位作者的合作成果，他们曾长期在新西兰科学和工业研究部 (DSIR) 从事研究工作。Skinner 博士作为一名工程地震学家具有多年的实践经验；Robinson 博士则作为一位机械工程师和冶金专家参与本项工作，他对金属的塑性流动具有特殊的兴趣；而 McVerry 博士是理论和应用力学专家。本书是作者们在 DSIR 开展的最后一项工作，因为该机构已于 1992 年 6 月 30 日撤消，并由若干新的皇家研究所代替。著述本书时作者们的所属单位已在书名页中注明。本书中的跋是由担任企鹅工程有限公司主任工程师的 Robinson 博士专门为中文版撰写的。

除在 DSIR 的内部合作外，作者与新西兰国内和全世界许多科研机构都进行了广泛的研讨、合作和共同研究。作者们感谢许多海外同行对本项工作所作出的贡献。第六章中虽已对其中一些同行表示了谢意，但未能将他们一一全部列出。

中国和新西兰的一些机构为本书中文版的翻译出版提供了包括经费在内的各种支持，这些机构包括：

中国国家地震局工程力学研究所

中国国家地震局科技发展司

新西兰地震委员会

新西兰地质和核科学研究所

新西兰工业研究有限公司

新西兰科学技术研究基金会

企鹅工程有限公司

作者们谨向所有为本书出版作出贡献的人们表示谢意，并向中国国家地震局工程力学研究所所长谢礼立教授表示谢意，感谢他对本书翻译工作所作的指导。还要感谢地质和核科学研究所的赵兴权博士，他在作者与译者之间进行联络，并审阅了译稿。

W.H. Robinson

新西兰企鹅工程有限公司

1996 年 2 月

序 言

著者对隔震领域的兴趣始于 25 年前的 1967 年，当时新西兰科学和工业研究部 (DSIR) 物理和工程研究所从事地震工程研究的一个研究组开始涉足在朗杰提凯河上修建一座“摇摆提升式桥梁”的设计研究工作。所采用的系统包括钢梁阻尼器和叠层橡胶部件。其后又考虑用类似的部件来为惠灵顿的一座建筑，即威廉克雷顿大楼，提供隔震措施。

该隔震研究项目在开展初期就与本研究所内从事材料科学研究的一个研究组进行了富有成效的合作开发，该研究组擅长于金属塑性变形性能的研究。他们根据铅的塑性变形性能研制了各种隔震部件，包括首次用于惠灵顿奥洛拉街和波尔顿街交叉桥的铅挤压阻尼器，以及最终被选来对威廉克雷顿大楼隔震的铅芯橡胶隔震器。

这两个研究组成员之间进行了多年的密切合作，使隔震系统得到了进一步的发展、验证和应用。同时，为描述和理解隔震结构的地震反应和性能进行了必要的理论研究。多年来，技术水平日趋完臻，但总的思路没有改变。本书是著者对隔震领域广泛涉足和经验的总结。

本书内容包括：对隔震结构地震反应的数学分析，目的在于使读者能更清楚地理解本书中要提到的各种过程；各种隔震系统的讨论，尤其是著者所在研究所研制的隔震系统；为想在其设计中采用隔震技术的工程师和建筑学家提供初始隔震参数值的指南；以及隔震概念在世界上的应用情况。

我们研制的许多隔震装置已经安装在新西兰和其他国家的实际结构上。由于我们的研究人员与世界上本领域的设计工程师之

间已经建立了多年的密切工作联系，使这项技术已很快得到了传播。世界各国的同行们或是通过多年的合作研究对本书作出了间接的贡献，或是直接为我们提供了资料和照片（主要在第六章），对此著者表示深切的谢意。

著者以本书来纪念已故工程发展部主任、结构工程师 Otto Glogau (奥托·格洛加)，由于他的积极支持，使隔震技术很早就在新西兰得以应用。

著者还要感谢科学和工业研究部物理科学所的职员，由于他们的竭诚努力，使本书得以出版。

R. Ivan Skinner

William H. Robinson

Graeme H. McVerry

科学和工业研究部物理科学所

新西兰惠灵顿

1992.6.30

谢 辞

对著者来说，本书稿交稿之日——1992年6月30日，是个吉祥的日子，因为这是新西兰科学和工业研究部(1926~1992年)存在的最后一天，该部从此就要进行改组，与政府资助的其他研究机构一起组成十个新的皇家研究所。这意味着三位著者从此就要到不同部门工作，R.I. Skinner最终以私人资格转为个体经营，W.H. Robinson进入工业研究和发展研究所，而G.H. McVerry则与工程地震部门的其他成员一起转入地质和核科学研究所。

看来，在这一时刻对科学和工业研究部表示感谢是非常合适的，它作为一个机构为我们提供了环境，使我们的科学研究结出了成果。我们还要感谢科学和工业研究部物理和工程研究所(后改称为物理科学所)的历任所长 M.C. Probine 博士、M.A. Collins 先生、W.H. Robinson 博士和 G.P. Betteridge 博士，他们给我们的研究提供了有力的支持。

著者还要向过去 25 年来对我们的研究开发工作做出贡献和给予支持的职员们表示谢意。我们的合作者中多数已作为共同著者署了名，但 Jiri Babor 则未署名，著者特别要感谢他做了大量计算工作，本书中给出了这些计算结果。多年来物理和工程研究所的机械加工厂提供了杰出的支持，制造了原型和测试设备，生产了安装在结构上的足尺隔震器部件。

著者还要感谢为本书的写成和质量作出贡献的许多工作人员，尤其要感谢为本书绘图和照相的工作人员，以及为许多手稿打字的 Christine Keppel。著者特别要向 Barbara Bibby 博士表示谢意，她在最后六个月的编辑工作中，大多数时间更像是作为

一名合著者而不是编辑在工作。

最后著者要向 Pat Skinner, Barbara Robinson 和我们几个家庭中的其他成员表示感谢，他们在我们从事有关的研究工作期间，尤其是在最后著书阶段，始终给予了支持和鼓励。