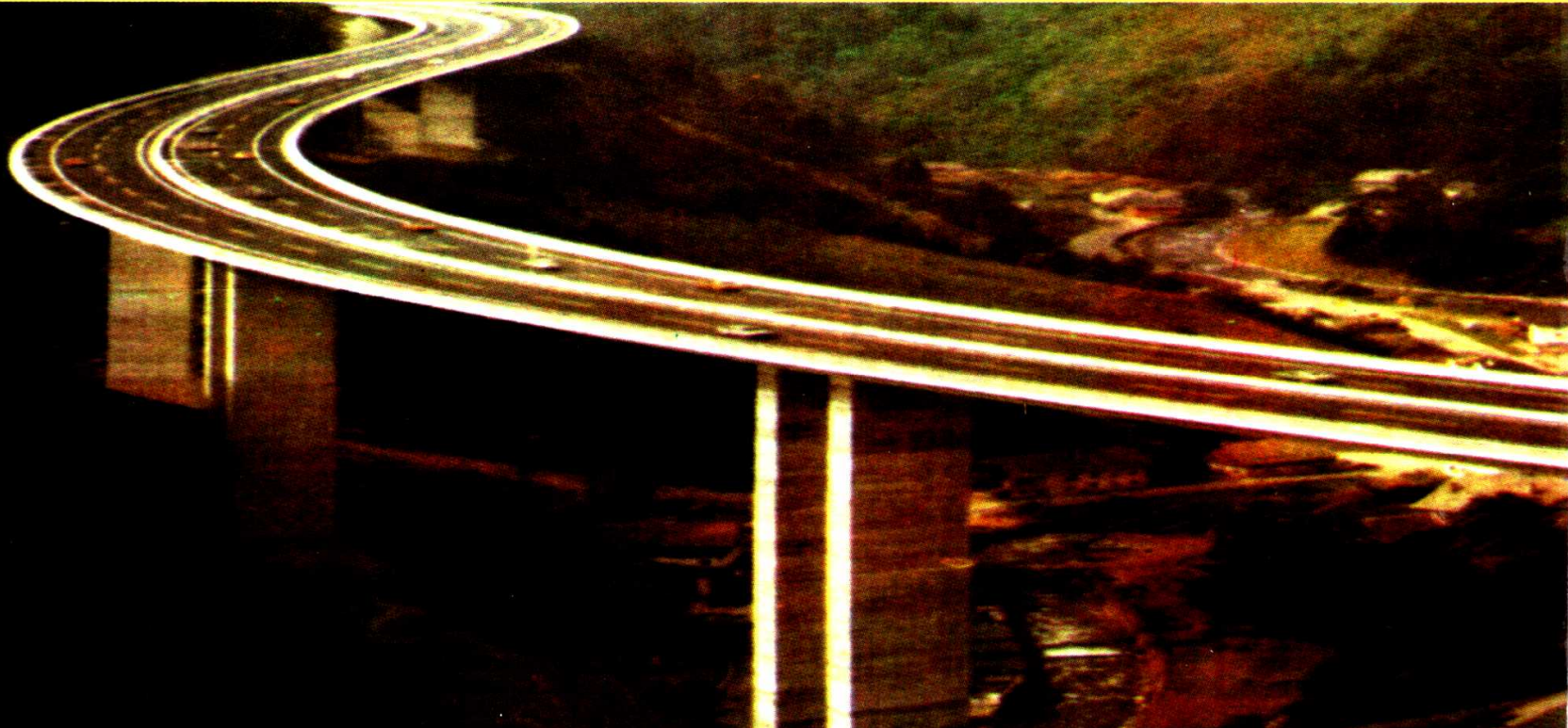


M.J.N.普瑞斯特雷
F.塞勃勒
G.M.卡尔维

著

袁万城 胡 勃
崔 飞 韦 晓
等译



桥梁抗震 设计与加固

人民交通出版社

Qiaoliang Kangzhen Sheji Yu Jiagu

桥梁抗震设计与加固

[美] M. J. N. 普瑞斯特雷

[美] F. 塞勃勒

著

[意] G. M. 卡尔维

袁万城 胡勃 崔飞 韦晓 等译

人民交通出版社

Copyright © 本书英文版由 John Wiley & Sons, Inc. 1996 年出版。本书中文简体版经 John Wiley & Sons, Inc. 授权由人民交通出版社独家出版和发行。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁抗震设计与加固/(美)普瑞斯特雷(Priestley, M. J. N.)等著. —北京:人民交通出版社, 1997

书名原文: Seismic Design and Retrofit of Bridges

ISBN 7-114-02804-0

I. 桥… II. 普… III. 桥涵工程-抗震-设计
IV. U442.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 21857 号

桥梁抗震设计与加固

原 著: M. J. N. 普瑞斯特雷、F. 塞勃勒、G. M. 卡尔维

翻 译: 袁万城、胡勃、崔飞、韦晓等

责任编辑: 谢仁物

出版发行: 人民交通出版社

社 址: 北京市和平里东街 10 号, 100013

电 话: (010)64216602 (010)64298483

传 真: (010)64213713

网 址: <http://www.pcph.co.cn>

电子信箱: icd@pcph.co.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京通州京华印刷制版厂印刷

版 次: 1997 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

1999 年 4 月第 1 版第 2 次印刷

印 张: 30.5

印 数: 2001—4000 册

ISBN 7-114-02804-0/U · 01997

定 价: 35.00 元

中译本序言

随着现代化城市人口的大量聚集和经济高度发达,城市防灾问题更为突出,特别是 90 年代开展“国际减灾十年”活动以来,各发达国家都十分重视。就地震震害教训来看,近 20 余年从美国 1971 年的圣费南多(San Fernando)地震、中国 1976 年的唐山地震、美国 1989 年的洛马·普里埃塔(Loma Prieta)地震、美国 1994 年的诺斯雷奇(Northridge)地震以及日本 1995 年的神户(Kobe)地震中,人们发现高速公路高架桥、高速铁路高架桥、立交桥工程、现代化城市中干道高架桥的震害十分严重。桥梁毁坏将使现代化城市交通网络中断,造成巨大经济损失。其中有些桥梁工程是按照现行抗震规范设计的,但同样遭到墩毁梁倒的破坏。因而近年来,各国有关专家面对震害教训与启示,对桥梁抗震设计方法、抗震加固措施、桥梁减隔震展开了许多新的研究与讨论。

美国加州大学圣地亚哥分校普瑞斯特雷教授等人的新作《桥梁抗震设计与加固》是理论与实践相结合,专述桥梁抗震设计原理、分析方法及抗震加固与措施的一本学术专著。书中反应了作者们多年来在桥梁抗震研究与桥梁抗震加固中的新成果、新经验和一些新的建议。这对国内正在酝酿的规范修订与编制新的城市桥梁抗震设计规范的工作有很好的参考价值。同济大学土木工程防灾国家重点实验室桥梁抗震学科组,我的同事们和一些博士研究生在紧张的研究工作中抽闲共同协作将此书译成中文出版,以供我国广大从事桥梁工程抗震、设计和科研的技术人员学习、参考。同时,感谢许多支持与帮助本书中译本出版的有关单位与同志们。

范立础

同济大学结构工程学院院长

土木工程防灾国家重点实验室学术委员会常务副主任

一九九七年七月

译 者 的 话

《桥梁抗震设计与加固》是美国加州大学圣地亚哥分校普瑞斯特雷教授等人的新作。该书是著者长期从事结构工程抗震研究,特别是1989年Loma Prieta地震后大量桥梁抗震研究与加固实践的成果。该书不但对从事桥梁及结构工程抗震研究的人员有指导作用,更重要的是,在目前桥规中有关桥梁抗震设计与加固的内容尚不完善的情况下,该著作对从事桥梁抗震设计与加固的工程技术人员有很好的参考价值,也适合高等学校土木类专业研究生、本科生作为教学参考书。

同济大学土木防灾国家重点实验室范立础教授领导的抗震学科组近10年来在大型桥梁的抗震设计、加固方面取得了一系列的成果。为了加强国际间学术交流、提高我国桥梁工程抗震设计与加固水平,特邀请美国加州大学圣地亚哥分校普瑞斯特雷(M. J. N. Priestley)教授于1997年10月来同济大学访问并讲学,借此机会特组织翻译该书献给广大读者。

本书主要由袁万城、胡勃、崔飞、韦晓等同志负责翻译与校对,李克非、郭卓明、杨玉民、郭震山、罗荃等同志也参与了部分章节的翻译与打印工作,王君杰、杨新宝、王淑波等承担了部分章节校对工作,廖红玉、陈敏、黄俊等同志参与了该书的打印与整稿工作。交通部公路管理司技术处成平副处长、交通部公路规划设计院鲍卫刚高级工程师、美国南加州大学肖岩博士、香港建筑署张百钊博士为本书的翻译工作提供了极大的支持与帮助。限于译者水平,时间仓促,本书中定有许多不妥之处,敬请读者批评指正。

译者

1997年7月

于同济大学

原 著 序

最近的一些地震,特别是加州 1989 年 Loma Prieta 地震和 1994 年 Northridge 地震,以及日本 1995 年神户地震,已经使得相当多的也做过抗震设计的大型桥梁倒塌或严重损坏。这种情况导致对抗震设计方法的讨论和新桥的抗震设计研究活动以及对 1979 年 San Fernando 地震后建造的桥梁的评价与加固的研究活动明显增加。

我们在相关的试验和分析研究以及在发展设计方法方面所做的工作促使我们试图提出一套新建桥梁的抗震设计方法以及抗震标准低的旧桥的加固和评估方法。虽然有些新的设计和研究信息这里是初次发表,使从事桥梁抗震设计的研究人员感兴趣,但本书主要是面向从事实际工程的桥梁设计人员。本书也适合作研究生或高年级本科生的桥梁抗震设计的教科书。

基于能力设计原理的方法,建立了一套强度体系确保桥梁的损坏是可控制的,且仅按设计人员意图产生。这种在房屋抗震设计中已建立的方法,这里已修改、扩充用以反映桥梁的特殊要求和特性。特别对新建桥梁,强调设计合适的位移和延性能力,而较少强调强度。1995 年神户地震清楚地表明,单靠强度不会确保好的抗震性能。本书围绕两个可替换的思路展开:传统的基于力的方法,其力的水平与加速度反应谱相联系,用于校验以确保恰当的位移能力存在;另一个基于位移的新的设计方法,其设计的出发点是位移。在未来十年,后一种方法会在较大程度上代替基于力的设计方法。

前面几章讨论设计原理及其对最近地震中桥梁性能的影响,有关地震及土壤影响,包括液化,都是以结构工程师容易理解的形式来阐述的。还从抗震设计的观点对概念设计阶段,各种可能结构形式合理考虑的重要性进行了评价。本书中,分析是从属于设计的,因为我们对由抗震分析考虑推动的近年大量桥梁设计的后果感到沮丧。然而,在第四章提供了大量的分析讨论,主要是强调实际模型假定和恰当选择分析方法的重要性。第五章至第八章提供了有关新桥设计和已建桥梁的评价与加固的详细资料。单独用了一章写利用隔震和耗能装置的设计和加固。这几章中包括了广泛范围内的许多设计和分析例子,也提供了图表辅助设计。

全书我们试图提出基于合理论证的设计资料,它们大都受到最近试验研究结果的支持。这些使得我们推举许多不同于或者目前规范方法不能处理的方法。

特别是对位移能力,剪切强度的设计以及柱与帽梁和柱与基脚连接的性能的详细评估方面,有些情况,所提出的资料或许是有争议的,因为有时比以前的方法看来是保守些,但我们相信试验研究结果极好地支持了这个推荐的方法。

我们非常感谢各方面的支持,包括加州大学、圣地亚哥分校和意大利帕维尔大学过去和目前的研究生和技术人员。我们也特别感谢加州交通部(Caltrans)在经费和大量的试验研究的参与上的支持,在这里我应感谢的加州交通部的人员很多,但我们必须要提的是詹姆斯 R. 罗勃特,他是加州多年的桥梁主任工程师,且目前是加州交通部工程服务中心的主任。

没有他在 Loma Prieta 地震后的紧迫意识、远见和推动,构成本书基础的许多研究是不会做好的。我们也要感谢加州大学、圣地亚哥分校、意大利帕维尔大学以及新西兰地震委员会,通过独特的研究伙伴计划的支持。

我们最感激琼·维尔特,玛莉亚·马丁,勒斯莱希·布拉得福特布郎,特别是莎莉亚·维拉米尔,他们打印了大部分的书稿和修改稿。大量的研究生在紧张忙于他们的研究计划的同时,为本书准备了上百张线条图。这方面,我们非常感谢安迪·布得克,瑞格勃尔托·布尔古诺,比尔·勃鲁印,杜安·格,加逊·英格哈曼,丹尼·英那莫拉托,麦尔夫印·科瓦尔斯基,贵多·马根斯,阿尔伯托·帕费思,保罗·蒙斯基,格那·史密斯,斯瑞·史瑞斯朗,特别是麦尔可·费勒索思。

还应感谢我们的妻子们和家人,由于长时间准备书稿而没有花时间和他们在一起,他们的容忍和理解,对于圆满完成此书是重要的。

最后,这本书很大程度上应归功于新西兰以罗勃特·帕克教授和汤姆·保雷教授为主的过去 25 年来发展的抗震设计观点,这对于任何熟悉能力设计观点的人是非常清楚的。没有他们的灵感这本书是不会写成的,因此,我们谦恭地将此作献给他们。

尼格尔·普瑞斯特雷

费瑞德尔·塞勃勒

米歇尔·卡尔维

1995 年 10 月于圣地亚哥和帕维尔

符 号 说 明

- A = 地震系数 (a_o/g)
- A = 橡胶支座水平截面的毛面积
- A' = 最大位移处橡胶支座上下的面积搭接
- A_c = 钢筋混凝土截面的约束核心截面积
- A_e = 截面的有效剪切面积
- A_g = 毛截面积
- A_h = 一根抗剪钢筋的面积
- A_h = 对于给定位移 (m 在一个完整循环反应内的滞回耗能
- A_{jv} = 与盖梁连接具有抗剪能力的竖向钢筋 (方程 5.100)
- A_l = 截面抗扭计算中纵向低碳钢筋的总面积
- A_o = 考虑剪力流时管状截面周边 p_o 内的面积
- A_p = 抗扭计算中截面预应力钢筋总面积
- A_r = 跨越伸缩缝的阻尼装置的横截面总面积
- A_{ST} = 截面纵向钢筋总面积
- A_s = 截面拉力钢筋面积
- A'_s = 截面抗压钢筋面积
- A_{sb} = 盖梁加固横撑中纵向钢筋面积
- A_{sc} = 柱截面纵向钢筋的总面积
- A_{sh} = 在垂直于考虑截面, 间距 S 内箍筋的总面积
- A_{sp} = 螺旋钢筋的螺杆面积
- A_{sv} = 通过一个柱与基础连接铰的纵向钢筋的总面积
- A_v = 在施加剪力方向上, 同一层内横向钢筋的面积
- A_{ve} = 有效的剪切面积
- A_{vi} = 盖梁与柱连接处具有抗剪能力要求的竖向钢筋 (方程 5.102)
- a = 地面加速度
- a_b = 梁中等效矩形压应力块的高度
- a_c = 柱中等效矩形压应力块的高度
- a_o = 峰值地面加速度
- a_s = 加速度系数
- B = 上部结构宽度
- B_f = 基脚宽度

b = 矩形截面的宽度
 b_{je} = 柱与盖梁连接的有效宽度
 b_{jeff} = 连接处于受剪状态的基脚有效宽度
 b' = 在纵向钢筋笼内测得的矩形截面核心宽度
 b_b = 垂直于轴线的梁宽度
 b_c = 垂直于轴线的柱宽度
 b_{eff} = 基脚弯曲的有效宽度
 b_{eff} = 截面强度要求的有效辅助板宽
 b_k = 柱铰截面宽度(图 7.21)
 b_o = 冲孔抗剪分析的周长
 b_w = 腹板宽度
 C = 压力
 C = 土壤粘聚力
 C_b = 梁压应力合力
 C_c = 柱压应力合力
 C_N = 有效超负荷压力因子(图 2.19)
 c = 多自由度系统的阻尼矩阵
 c = 截面中和轴至板边缘受压纤维的距离
 c = 纵向钢筋混凝土保护层
 c = 粘性阻尼(单位速度的力)
 c_{cr} = 临界阻尼系数
 c_{eq} = 等效粘性阻尼系数
 c_u = 相应于截面极限强度时中和轴的高度值
 D = 恒载作用
 D = 铰的对角撑
 D = 圆柱直径
 D' = 圆柱核的直径
 D_H = 泥流破坏分析中的水平距离
 d = 矩形截面的有效高度
 d_b = 钢筋棒直径
 d_{bl} = 纵向钢筋棒直径
 d_f = 基脚有效宽度
 d_f = 到桩身固定点等效深度
 d_m = 对桩身最大弯矩点的深度
 E = 弹性模量
 E = 能量

$\vec{E}, \bar{E}$ = 定向的地震作用
 E_c = 混凝土弹性模量
 E_d = 结构地震反应的阻尼能
 E_{ds} = 屈曲计算用纵向钢筋的双模量
 E_h = 结构地震反应的滞回能
 E_i = 纵向钢筋初始弹性模量
 E_i = 结构地震反应的输入能
 E_j = 套筒材料的弹性模量
 E_k = 结构地震反应的动能
 E_r = 跨越伸缩缝的阻尼装置的弹性模量
 E_s = 加劲钢的弹性模量
 E_s = 结构地震反应的弹性能
 E_{sec} = 割线弹性模量
 E_t = 箍筋或螺旋筋的弹性模量
 E_{xx} = X 向纤维复合的弹性模量
 F = 力
 F = 多自由度系统的力矩阵
 F_e = 弹性系统地震反应力
 F_H = 水平力
 F_p = 轴压力
 F_{SE} = 抗斜坡损坏安全性地震因子
 F_{SI} = 抗液化的安全性因子
 F_{Ss} = 抗斜坡损坏安全静力因子
 F_y = 屈服力
 f = 频率
 f_{ya}^0 = 已建桥梁抗震评估的钢筋超强屈服应力
 f_c' = 无约束混凝土的抗压强度
 f_{ca}' = 用于已建桥梁抗震评估的混凝土抗压强度
 f_{cc}' = 约束混凝土的抗压强度
 f_{ce}' = 塑性铰无约束混凝土的设计抗压强度
 f_{co}' = 无约束混凝土的最大可利用抗压强度
 f_l' = 有效侧向约束应力
 f_{lx}' = X 向有效侧向约束应力
 f_{ly}' = Y 向有效侧向约束应力
 f_t' = 混凝土抗拉强度

f_l = 振动最低的理论频率
 f_a = 附加柔性系数 = $\Delta a / \Delta y$
 f_c = 混凝土抗压应力
 f_d = 阻尼力
 f_h = 铰名义水平向直接应力
 f_i = 初始力
 f_j = 在套筒材料中产生的箍应力
 f_l = 侧向约束应力
 f_p = 盖梁中预应力
 f_{pc} = 构件中平均预应力
 f_s = 钢筋应力
 f_s = 恢复力
 f_s = 搭接中钢筋要求的传递应力
 f_{sh} = 剪力-摩擦计算中箍筋的允许应力
 f_{sh} = 箍筋的拉应力
 f_{su} = 钢筋的极限应力
 f_{uj} = 加固套筒材料极限抗拉强度
 f_v = 铰中名义竖向直接应力
 f_v = 柱的剪切柔性
 f_{xx} = X 向纤维复合强度
 f_y = 钢筋屈服应力
 f_{ya} = 用于已建桥梁抗震评估的钢筋屈服应力
 f_{yd} = 传递销钢筋的屈服应力
 f_{ye} = 塑性铰处纵向筋的设计屈服强度
 f_{yh} = 横向钢筋的屈服强度
 f_{yi} = 加固套筒材料的屈服应力
 f_{yo} = 纵向钢筋最大可行屈服强度
 f_{yv} = 铰竖向筋的屈服强度
 G = 剪切模量
 g = 重力加速度
 g = 套筒和支撑柱的构件或被柱支撑的构件间、平行于柱轴线的间隙
 H = 高度
 H = 基脚端部的土反力
 H = 到地震力中心的柱高
 H_c = 柱净高

H_e = 考虑应变贯入影响的有效柱高
 H_s = 上部结构高度
 h = 矩形截面高度
 h' = 纵向钢筋笼内的矩形截面核心尺寸
 h_b = 盖梁截面高度
 h_c = 垂直于轴线的柱截面高度
 h_f = 基脚厚度
 h_k = 柱铰截面高度(图 7.21)
 I = 地震优选中的重要性系数
 I/D = 隔震/耗能装置
 I_a = 截面的毛面积二次矩
 I_e = 开裂截面的有效惯矩
 I_f = 基脚/土壤界面的惯矩
 J = 抗扭刚度
 j = 扭转质量惯性矩
 K_A = 静主动土压力系数
 K_{AE} = 动主动土压力系数
 K_b = 支座刚度
 K_{DE} = 期望峰值位移下 I/D 抗震系统的有效侧向刚度
 K_e = 峰值位移反应时柱的有效刚度
 K_e = 约束效力系数
 K_f = 基脚扭转刚度
 K_G = 考虑 I/D 抗震系统柔性影响在内的桥墩整体有效刚度
 K_i = 初始屈服时的柱刚度
 K_p = 摆锤系统的等效刚度
 K_{py} = 所考虑方向的桥墩钢筋初始屈服时的割线刚度
 k = 多自由度系统的刚度矩阵
 k = 由于竖向加速度反应的轴向荷载变化系数
 k = 混凝土抗剪机制的剪切强度系数(方程 5.75)
 k = 刚度
 k = 橡胶块模量
 k_e^L = 排架纵向刚度
 k_e^T = 排架横向刚度
 k_b = 柱抗弯刚度
 k_o = Takeda 退化刚度横型的初始刚度
 k_s = 土基反力系数

k_s = 土壤反力系数(力/长度³)
 k_u = Takeda 退化刚度模型的卸载刚度
 k_v = 竖直方向地震加速度系数
 k_v = 柱的抗剪刚度
 k_y = 滑移块体分析的屈服系数
 L = 长度
 L_c = 排架墩两相邻柱之间的净距
 L_{cap} = 盖梁长度
 L_f = 基脚长度
 L_o = 柱端外的盖梁挑臂长度
 L_p = 塑性铰的有效长度
 L_r = 跨越伸缩缝的阻尼装置长度
 L_{sk} = 平行于剪力方向的剪力键长度
 l = 长度
 l_a = 柱铰中纵向钢筋的锚固长度
 l_b = 临界截面至反弯点的距离
 l_d = 钢筋的锚固长度
 l_{ts} = 由于对角裂缝的弯矩图的拉力移程
 M = 弯矩
 M = 里氏震级
 M_b = 梁弯矩
 M_c = 柱弯矩
 M_{cr} = 开裂弯矩
 M_e = 弹性地震反应弯矩
 M_f = 基脚弯矩
 M_i = 基于量测的材料特性的截面理想弯曲强度
 M_l = 单元右端弯矩
 M_n = 名义弯曲强度
 M' = 塑性铰的超强弯矩
 M_p = 塑性铰的最大抗弯能力
 M_r = 搭接损坏后的截面残留抗弯能力
 M_r = 要求的弯曲强度
 M_r = 单元右端弯矩
 M_s = 受搭接强度限制的截面抗弯能力
 M_u = 极限抗弯能力

m = 质量
 m = 多自由度系统的质量矩阵
 $\overline{m}$ = 单位长度质量
 m^* = 对于广义位移 u^* 由均布柱质量得到的广义质量
 N = 标准贯入度试验的锤击数
 N_I = 消除约束压力影响的修正锤击数
 n = 包含在螺旋箍筋或箍筋内的纵向钢筋数
 n = 一排桩数
 P = 轴压力
 P_b = 梁中轴压力
 P_c = 柱中轴压力
 P_D = 恒载轴压力
 P_{SA} = 峰值伪加速度
 P_{SV} = 峰值伪速度
 p = 搭接破坏中环绕钢筋的裂缝表面周长
 p = 超过给定极限状态的年超越概率
 p = 压力(在土 p - y 曲线中)
 p_t^{cr} = 在单元扭转裂缝开始时的名义主拉应力
 p_t^{deg} = 没有特殊抗扭钢筋单元的扭转退化开始时的名义主拉应力
 p_c = 节点的名义主压应力
 P_{eff} = 加力函数矩阵
 p_i = 第 i 振型的振型参与系数
 p_o = 计算剪力流时,管状截面沿管壁厚中心线量得的周长
 p_t = 铰节点名义主拉应力
 p_u = 基底下极限土压力
 q = 欧洲抗震设计中代表延性能力的性能系数
 R = 地震优选的排序值(方程 7.1)
 R = 椭圆套筒的曲率半径
 R_c = 土堤破坏分析中的滑移圆弧半径
 R_e = 离给定场地的震中距
 R_i = 第 i 振型的最大谱反应
 R_t = 在基脚拉力桩中的净拉力
 R^x = X 向激励的反应量
 R^y = Y 向激励的反应量
 r = 双线性刚度中屈服后的刚度系数
 r = 活荷载折减系数

r = 第 i 振型地面运动影响系数
 r = 摆锤运动的曲率半径
 r = 摇摆反应的动能折减系数(方程 6.25)
 r_d = 取决于土柱变形能力的应力折减系数(图 2.18)
 r_o = 忽略 P - Δ 影响的理想滞回反应的塑性刚度(图 5.97)
 r_p = 包括 P - Δ 影响的理想滞回反应的塑性刚度(图 5.97(b))
 S = 桥台的斜度
 S = 广义地震作用
 S = 地面坡度(%)
 S = 橡胶支座形状系数
 S = 抗震优选中的地震系数(方程 7.1)
 S_a = 相应于规定的极限状态的设计(或评估)弹性反应加速度
 S_{ar} = 相应于规定的极限状态的实际等效弹性反应加速度
 S_i = 第 i 振型的反应谱坐标
 S_n = 名义强度
 S^o = 相应于 M^o 的作用
 S_R = 瞬时残余剪力强度
 S_r = 要求的强度
 s = 箍筋的纵向间距
 T = 振动固有周期
 T = 拉力
 T = 扭矩
 T_b = 梁中拉应力合力
 T_b = 通过搭接传递的最大钢筋力
 T_c = 柱中拉应力合力
 T_{cr} = 单元扭转裂缝开始时的扭矩
 T_d = 设计周期
 T_J = 通过固定伸缩缝传递的最大拉力
 T_n = 高阶贡献周期
 T_o = 峰值弹性谱加速度反应的周期
 T_p = 摆锤系统的固有周期
 t = 时间
 t_{av} = 剪力流计算管壁的平均厚度
 t_d = 液化分析中平均周期剪应力(方程 2.19)
 t_j = 加固套筒的厚度
 t_{slab} = 桥道板或拱腹板的厚度

u = 土孔隙水压力
 u = 位移矩阵
 u^* = 均布质量系统的广义位移
 u_g = 地面位移
 $\ddot{u}_g$ = 地面加速度
 u_s = 结构位移
 u_t = 绝对位移
 $\dot{u}_s$ = 结构速度
 u_u = 极限粘结应力
 u_x = X 向位移
 u_y = Y 向位移
 u_z = Z 向位移
 V = 剪力
 V = 抗震优选中的易损系数(方程 7.1)
 V_z^* = 延性系统等效弹性反应力
 V_B = 梁中施加的剪力
 V_b = 盖梁剪力
 V_c = 混凝土抗剪机制中的强度
 V_{col} = 施加在柱中的剪力
 V_d = 设计剪切强度
 V_d = 竖直悬臂侧向设计期望强度
 V_{de} = 设计地震下弹性反应的基底剪力
 V_f = 相应于弯曲强度的剪力
 V_i = 基于测量的材料性质,相应于竖直悬臂的弯曲强度的理想剪力
 V_{jh} = 节点的水平剪力
 V_{jv} = 节点的竖向剪力
 V_L = 纵向剪力
 V_m = 完整的反应循环中平均峰值侧向力
 V_{md} = 设计地震下延性反应基底剪力
 V_{me} = 中等烈度地震下弹性反应基底剪力
 V_p = 单元轴力提供的剪力强度
 V_r = 要求的剪力强度(力)
 V_s = 包含箍筋的整体结构的抗剪强度
 V_{sj} = 由加固套筒提供给构件的剪切强度增量
 V_T = 横向剪力

V_v = 竖向剪力

V_y = 竖直悬臂的侧向屈服强度

v = 单位长度的剪力

v_b = 混凝土整体结构抗剪名义剪应力(ASCE - ACI426 方法)

v_c = 整体结构中混凝土抗剪强度(应力)

v_g = 地震的峰值地面速度

v_{jh} = 铰中名义水平剪应力

v_{jv} = 铰中名义竖向剪应力

v_p = 地壳中 P 波的传播速度

v_s = 地壳中 S 波的传播速度

W = 在上部结构内伸缩缝的宽度

W = 重量

W_f = 基脚重量

W_s = 抗震分析的等效重量

W_s, W_v, W_I = 抗震优选中,地震易损性和重要性的加权系数

x = 距离

x = 位移

$\dot{x}$ = 速度

$\ddot{x}$ = 加速度

Z = 延性和危险性的调整系数(图 5.13)

z = 土层深度

α = 边界条件对柱刚度的影响系数

α = Takeda 退化刚度模型的卸载刚度系数(方程 4.98)

α = 螺旋的切线和剪力间的夹角,柱轴线和轴力压杆间的夹角(方程 5.77)

Δ = 位移

Δ_a = 来自于机构而不是柱弯曲对屈服位移的贡献

Δ_{Asb} = 节点剪切强度要求的盖梁钢筋的附加面积(方程 5.101)

Δ_B = 支座变形

Δ_b = 支座剪切变形

Δ_c = 极限状态位移能力

Δ_D = 相应于 V_{de} 的简单竖直悬臂的侧向位移

Δ_d = 设计位移

Δ_d = 极限状态位移要求

Δ_e = 在最大力 V_m 和位移 Δ_m 时系统中储存的弹性应变能

Δ_m = 完整的反应循环中的平均峰值位移

Δ_m = 相应于 V_{me} 的简单竖直悬臂的侧向位移