

[日] 宇佐美 勉 编著 / 社团法人 日本钢结构协会 编
吉伯海 高圣彬 译 杨国忠 葛汉彬 监译

钢桥抗震与 损伤控制设计指南

基础篇

河海大学出版社



钢桥抗震与损伤控制设计指南

基础篇

[日]宇佐美 勉 编著/社团法人 日本钢结构协会 编

吉伯海 高圣彬 译

杨国忠 葛汉彬 监译

河海大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

钢桥抗震与损伤控制设计指南·基础篇/(日)宇佐美 勉编著;日本钢结构协会编;吉伯海,高圣彬译.
南京:河海大学出版社,2008.10

ISBN 978-7-5630-2530-5

I. 钢… II. ①宇… ②日… ③吉… ④高…
III. ①钢桥—抗震设计—指南 ②钢桥—损伤(力学)控制—设计—指南 IV. U448.362.5-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 162148 号

KOKYO NO TAISHIN · SEISHIN SEKKEI GUIDELINE

(Guidelines for Seismic and Damage Control Design of Steel Bridges)

Copyright© 2006 by Tsutomu Usami

Chinese translation rights in simplified characters arranged with Gihodo Shuppan Co., Ltd

书 名 钢桥抗震与损伤控制设计指南·基础篇

书 号 ISBN 978-7-5630-2530-5/U·1

责任编辑 陈玉国

装帧设计 杭永鸿

出版发行 河海大学出版社

地 址 南京市西康路 1 号(邮编:210098)

电 话 (025)83737852(综合部) (025)83722833(营销部)

电子信箱 hhup@hhu.edu.cn

网 址 www.hhup.com

排 版 南京理工大学印刷厂

印 刷 南京工大印务有限公司

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 19.25 印张 520 千字

版 次 2008 年 10 月第 1 版 2008 年 10 月第 1 次印刷

定 价 60.00 元

中文版序

在河海大学吉伯海教授和上海交通大学高圣彬副教授的共同努力下,《钢桥抗震与损伤控制设计指南》中文版得以顺利成书出版。两位教授都曾在中国接受大学教育,之后又分别在日本爱知工业大学和名古屋大学从事钢桥抗震设计研究,并获工学博士学位。因此,由这两位教授进行本书的翻译工作,本人深感欣慰。在此谨对两位教授的辛勤工作深表谢意。

本书原著是对日本土木学会以及日本钢结构协会(JSSC)下属钢桥抗震设计调查研究委员会在1991年至2006年期间所获最新研究成果的总结。委员会在成立初期,重点对在日本较常见的城市高架桥钢桥墩的抗震设计进行了研究。在阪神大地震(1995)发生后的第二年,首次编写完成了世界上首部针对部分填充混凝土钢桥墩的抗震设计指南。此后,委员会研究工作重心从钢桥墩扩展到连续梁桥、拱桥、桁架桥和斜拉桥等动力举动比较复杂的钢桥抗震及减隔震设计研究领域。在对以上各项研究成果进行系统整理的基础上,2006年完成了本书原著的出版工作。

本书具有以下特点。

1. 研究对象不仅包括钢桥墩,还包括连续梁桥、拱桥、桁架桥和斜拉桥等常见形式的各类钢桥。
2. 对钢结构以及钢结构内部部分填充混凝土的组合结构的设计方法进行了研究。
3. 提出了以动力分析为基础的抗震性能校验法。
4. 根据结构整体动力特性的不同,阐明了位移校验法和应变校验法两种校验方法。
5. 在提出有关抗震分析标准方法以及材料本构关系中的标准模型的同时,就影响动力分析结果精度的结构建模进行了详尽阐述。
6. 提出了在结构内部设置吸能、耗能构件的设计方法。

作为国际桥梁领域的初次尝试,本书提出了覆盖整个钢桥体系(而不仅仅局限于钢桥墩)的抗震设计指南。作者衷心地希望该书的出版能够对中国的工程技术人员、科研人员及研究生提供有益的帮助。本书只是原著的“第一篇:基础篇”,本书的“第二篇:应用篇”也预计不久与读者见面。

本书原著的出版得到了日本钢铁联盟(原钢材俱乐部)的大力支持,在此谨向长年对本研究工作提供经费帮助的日本钢铁联盟表示深深的谢意。

宇佐美 勉(名城大学教授,名古屋大学名誉教授)

(E-mail: usamit@ccmfs.meijo-u.ac.jp)

2008年6月

译者序

本书是根据2006年9月日本技报堂出版株式会社出版的《钢桥抗震与损伤控制设计指南》译出。原著作者宇佐美勉教授是日本钢结构及钢桥抗震设计领域的领军人物和国际钢结构领域的著名专家,他的系列研究成果多年来一直是日本钢结构设计规范和钢桥抗震设计规范的制定和修订的重要指导性文献。

《钢桥抗震与损伤控制设计指南》原著分为上、下篇。本书为上篇:基础篇,共12章。基础篇首先阐述了以极限状态设计法为基础所提出的基于性能化设计的土木钢结构抗震设计方法的基本思路(第1章)。接着概述了本书所提出的针对地震条件下的钢桥抗震与损伤控制设计方法的整体流程(第2章)。该章给出了现行《道路桥设计规范·V抗震设计篇》中最新引入的关于上部结构在强震作用下允许出现次要塑性变形设计的具体方案。从实际应用角度出发,提出了包括下部结构、上部结构、支座、基础以及损伤控制阻尼器等在内的抗震性能设计综合评估方法(位移校验法和应变校验法),同时提出了极限状态设计法中使用的安全系数的具体值。第3、4章分别阐述了设计中所使用的地震动的推定方法,以及与抗震性能相关的钢材基础知识。第5章至第9章详细阐述了第2章中介绍的使用抗震与损伤控制设计方法时所需要考虑的包括材料本构关系、抗震分析方法、抗震校验方法、阻尼比、以及数值分析中各个构件建模时的基础知识。第10章详细阐述了作为新型抗震性能提高方法,最近得到广泛关注的被动型损伤控制构件(减震器)在桥梁中的应用实例。第11章和第12章分别介绍了如何对目前采用的细部构造进行改良,进而提高结构抗震性能的方法,以及对钢桥进行抗震加固的方法。

本书收录了日本钢桥领域在这方面十多年的最新研究成果,具体阐述了有关钢桥抗震与损伤控制设计方法的最前沿研究成果,并对其发展前景进行展望。全书信息量大,内容覆盖面广,对中国的钢桥抗震设计及研究具有非常重要的参考价值,亦可以为工程设计和施工技术人员、学者、研究生从事研究或实际应用提供有益参考。

本书的监译工作由江苏省交通厅工程质量监督站站长杨国忠教授级高工、日本名城大学葛汉彬教授共同完成,在此谨对两位专家的辛勤劳动深表感谢。

河海大学桥梁与隧道工程专业博士研究生陈冬华等多位研究生参与了部分校译工作,在此向他们表示衷心的感谢。

由于时间仓促和译者水平有限,书中难免有不妥和错误之处,敬请批评指正。

译者

2008年10月

目 录

1 性能化设计的基本观点	1
1.1 序言	1
1.2 引进性能化设计的背景与趋势	1
1.3 性能化设计的基本流程	2
1.4 性能化设计的优点和缺点	4
1.5 要求性能矩阵	4
1.6 要求性能的等级化	5
1.7 一般、中级表述的要求性能的示例	6
1.8 要求性能的高级表述方法与种类	6
1.8.1 表述方法	6
1.8.2 基本性能	7
1.8.3 极限状态	8
1.9 性能校验形式	9
1.9.1 校验形式的分类	9
1.9.2 校验形式的研究现状	9
1.9.3 本指南中所采用的校验形式	10
1.10 符合性判断规定	11
1.11 生命周期成本、环境影响与设计使用期限	12
1.11.1 生命周期成本(LCC)	12
1.11.2 环境影响(LCCO ₂)	12
1.11.3 设计使用期限	13
1.12 小结	13
2 性能校验型抗震和损伤控制设计方法概论	16
2.1 序言	16
2.2 抗震要求性能的一般和中级表述	19
2.2.1 设计地震动	19
2.2.2 基本性能与极限状态	21
2.2.3 抗震要求性能的一般和中级表述	21
2.3 抗震要求性能的高级表述(抗震性能校验法)	22
2.3.1 桥墩、允许出现塑性变形的上部结构	23
2.3.2 桥墩锚固部	30
2.3.3 支座	31

2.3.4	桩基础	32
2.3.5	防坠桥装置	33
2.3.6	损伤控制阻尼器	34
2.4	分项系数	34
2.4.1	考虑强度分析模型不确定性的系数 γ_{b1}	35
2.4.2	考虑极限状态特性等因素的系数 γ_{b2}	35
2.4.3	考虑结构分析模型不确定性的系数 γ_a	36
2.4.4	分项系数的建议值	37
2.5	钢结构性能校验型抗震和损伤控制设计法的建议方案	38
2.5.1	抗震要求性能矩阵	38
2.5.2	构件健全度矩阵以及健全度校验法矩阵	40
2.5.3	所建议的抗震、损伤控制设计法的流程	43
2.6	小结	44
Appendix 1	限值的计算方法	50
1	单柱式钢桥墩的限值确定公式	50
2	板与短柱的变形性能评估	53
3	对承受剪力的板件及梁的变形性能评估	55
4	小结	56
	[参考资料 1]	56
	[参考资料 2]	57
Appendix 2	用于计算非线性反应的经验法则	58
1	位移校验法(Displacement-based approach)	58
2	固有承载力法(Force-based approach)	61
3	小结	63
Appendix 3	根据最大反应应变实施的“地震后可使用性”校验	63
1	序言	63
2	钢桥墩的地震反应分析	63
3	分析结果	65
	[参考资料]	67
3	设计地震动	68
3.1	序言	68
3.2	表层地基的动力分析方法	69
3.3	地震动确定方法	71
3.3.1	震源、传播路径、地基三个特性	71
3.3.2	经验评估法	72
3.3.3	半经验评估法	73
3.3.4	理论评估法	74
3.3.5	今后面向设计的地震动评估方法	75
3.4	本指南中使用的偶遇地震	76

3.5 小结	79
4 钢材	82
4.1 序言	82
4.1.1 背景	82
4.1.2 钢材特性与抗震性能	82
4.2 强度特性的影响	83
4.2.1 钢材的强度特性参数	83
4.2.2 屈服应力、拉伸强度、延伸率、屈强比	83
4.2.3 强度匹配	85
4.3 钢材板厚拉伸特性的影响(RAZ 的影响)	86
4.4 韧性的影响	87
4.4.1 土木建筑结构上发生的脆性破坏	87
4.4.2 断裂力学参数与破坏韧性值	88
4.4.3 主要的破坏韧性试验法	89
4.4.4 地震时发生的脆性破坏	90
4.4.5 建筑领域脆性破坏的相关研究	91
4.4.6 桥墩用钢材所要求的韧性	92
4.5 新型钢材	95
4.5.1 结构所要求的性能与钢材性能	95
4.5.2 SN 钢	95
4.5.3 LYP 钢(低屈服钢)	98
4.5.4 BHS(Bridge High performance Steel)	99
4.6 小结	100
5 材料本构模型	103
5.1 序言	103
5.2 抗震分析中采用的本构模型分类	103
5.3 钢材的本构模型	104
5.3.1 应力—应变关系	104
5.3.2 等向强化法则与随动强化法则	105
5.3.3 考虑滞回特性的高精度本构模型	106
5.3.4 考虑薄壁钢结构构件局部屈曲特性的本构模型	110
5.3.5 钢板的剪应力—剪应变关系	110
5.3.6 钢材弯矩—曲率关系($M-\phi$ 关系)	111
5.4 混凝土的本构模型	111
5.4.1 填充混凝土	111
5.4.2 钢筋混凝土	114
5.4.3 桩构件	117
5.5 钢筋的本构模型	117
5.6 小结	117

6 抗震分析法	121
6.1 序言	121
6.2 特征值分析	123
6.3 静力分析	124
6.3.1 常遇地震时的抗震设计中采用的分析方法	124
6.3.2 偶遇地震时的抗震设计中采用的分析方法	125
6.4 静力反复分析(准静力分析)	126
6.5 反应谱分析(对于常遇地震的抗震设计)	127
6.6 时程反应分析	128
6.6.1 对于常遇地震的抗震设计	128
6.6.2 对于偶遇地震的抗震设计	128
6.6.3 静力与动力组合法(位移校验法)	129
6.7 小结	130
Appendix 1 模态分析法	131
Appendix 2 非线性动力分析方法的原理	132
7 抗震校验法	135
7.1 序言	135
7.2 Pushover 分析	135
7.2.1 底部固定的桥墩	135
7.2.2 底部为弹簧支座的桥墩	138
7.2.3 具有橡胶或隔震支座的桥墩	138
7.3 位移校验法	139
7.3.1 概要	139
7.3.2 单自由度体系结构	140
7.3.3 多自由度长方形刚构桥墩	141
7.3.4 适用于更加复杂钢桥的方法	144
7.3.5 验证精确度	144
7.3.6 位移校验法的适用限制	146
7.4 应变校验法	148
7.5 抗震校验法的实例	149
7.5.1 目标桥墩以及设计条件	149
7.5.2 常遇地震动下的抗震设计(图 2.5.3 中的①)	150
7.5.3 地基条件、设计地震动输入的设定(图 2.5.3 中的②)	150
7.5.4 按照结构重要性确定抗震性能水准(图 2.5.3 中的③)	150
7.5.5 确定构件健全度(图 2.5.3 中的④)	150
7.5.6 分项系数的设定(图 2.5.3 中的⑤)	150
7.5.7 结构分析模型(图 2.5.3 中的⑥)	151
7.5.8 特征值分析(图 2.5.3 中的⑦)	152
7.5.9 阻尼(图 2.5.3 中的⑧)	152

7.5.10 基本模态是否占主导地位的判断(图 2.5.3 中的⑨).....	152
7.5.11 位移校验法(图 2.5.3 中的⑩).....	153
7.5.12 应变校验法(图 2.5.3 中的⑪).....	154
7.5.13 小结.....	156
7.6 各种桥梁形式中校验适用位置的示例	157
7.6.1 钢桥墩以及高架桥	157
7.6.2 拱桥	157
7.6.3 桁架桥	158
7.6.4 斜拉桥	158
7.7 小 结	158
[参考资料 1]	160
[参考资料 2]	162
Appendix 采用壳单元进行校验的实例	163
1 概要	163
2 采用壳单元进行 Pushover 分析.....	164
3 变形性能校验	165
4 小 结	166
8 阻尼的考虑方法	167
8.1 钢桥抗震性能中的阻尼	167
8.1.1 阻尼的基本原理	167
8.1.2 抗震分析中的阻尼特性	167
8.2 比例阻尼	168
8.2.1 比例阻尼的种类与设定方法	168
8.2.2 模态阻尼比	169
8.3 非比例阻尼及其设定方法	170
8.4 钢桥抗震分析时的阻尼设定实例	171
8.4.1 比例阻尼矩阵的设定方法	171
8.4.2 Rayleigh 型阻尼矩阵设定的注意事项	173
8.5 小 结	173
9 构成单元和建模	175
9.1 序言	175
9.2 上部结构	175
9.2.1 概要	175
9.2.2 不考虑塑性变形的上部结构建模	175
9.2.3 考虑到材料非线性的桥面板及梁的模型	178
9.3 支座	180
9.3.1 支座的种类和结构概况	181
9.3.2 功能分离型的支座	185
9.3.3 支座的建模	187

9.3.4 钢支座的建模	189
Appendix 1 橡胶支座的建模	194
Appendix 2 橡胶支座反复滞回特性的建模	198
9.4 桥墩	200
9.4.1 钢桥墩的建模	200
9.4.2 转角处的建模	204
9.5 锚固部	205
9.5.1 对应常遇地震动的模型	206
9.5.2 对应偶遇地震动的模型	206
9.6 防坠桥联结结构	210
9.6.1 分类	210
9.6.2 结构和功能	211
9.6.3 建模	212
9.7 地基及基础	214
9.7.1 地基及基础结构的建模分类	214
9.7.2 反应值分析计算的建模概要	215
9.7.3 地震时固有水平承载力校验分析模型的概况	221
9.7.4 推定地基及基础地震时动力的数值分析法的注意事项	222
9.8 总结和展望	222
9.8.1 上部结构	222
9.8.2 支座	223
9.8.3 桥墩	223
9.8.4 锚部	224
9.8.5 防坠桥联结结构	224
9.8.6 基础及地基	224
10 损伤控制与隔震结构	231
10.1 序言	231
10.2 损伤控制与隔震结构的基本概念	232
10.3 损伤控制、隔震结构的现状	233
10.3.1 半主动损伤控制	234
10.3.2 被动损伤控制	235
10.4 滞回型阻尼器	235
10.4.1 剪切屈服型阻尼器	236
10.4.2 弯曲屈服型阻尼器	237
10.4.3 轴向屈服型阻尼器(防屈曲支撑构件)	238
10.5 滞回型阻尼器的分析模型	239
10.5.1 防屈曲支撑	239
10.5.2 剪力板	241
10.6 损伤控制、隔震结构的设计方法	242

10.6.1 研究、设计步骤	243
10.6.2 地震反应值校验中的必要性能	244
10.7 实际桥梁的应用实例	246
10.7.1 大跨度钢桁架桥的损伤控制设计	246
10.7.2 采用防屈曲支撑技术的上承式拱桥	251
10.8 小结	256
Appendix 防屈曲支撑(BRB)的整体屈曲	258
第 11 章 利用构造细节提高抗震性能	261
11.1 钢桥墩	261
11.1.1 抗震技术中重要的构造细节	261
11.1.2 事例	261
11.2 上部结构	265
11.2.1 抗震技术中的重要构造细节	265
11.2.2 事例	265
12 抗震加固方法	270
12.1 钢桥墩	270
12.1.1 基本思路和加固方法	270
12.1.2 事例	272
12.2 上部结构	274
12.2.1 基本思路	274
12.2.2 事例	274
附录 I 关键词语的解释	279
1 性能校验型设计法	279
2 性能校验型抗震设计法	281
3 抗震校验法	282
4 抗震分析法	284
5 抗震实验法	286
附录 II 符号说明	287
1 下标	287
2 行列式与向量的表示	288
3 力,荷载,力矩	288
4 应力和应变	289
5 挠度与位移	290
6 质量,阻尼,速度,加速度	291
7 几何变量	292
8 材料系数	293
9 其他	294

1 性能化设计的基本观点

1.1 序 言

性能化设计的定义是“明确提出结构的目​​的及相应的功能,规定具备这些功能需要哪些性能,并通过确保结构在使用期限内的规定性能来满足其功能的设计方法”[JSSC, 2001],也可以理解为“只要所设计的结构满足所规定的性能,就可以利用任何一种建筑形式、建筑材料、设计方法和施工方法的设计的方法”[JSSC, 2001]。

“功能”是个常被使用的词语,一般是指“物体的功能”,这里是指“使用者(普通民众)期待结构应发挥的作用”。性能在有些场合与功能的意思相同,在这里是指“结构为发挥功能而应具备的各种性质及能力”。功能对于一般人来说可以用容易理解的词语(如果是道路桥,就是指交通的安全畅通)来描述,而性能在用于结构方面时,则多要用一般人不易理解的专业用语来描述。例如:用“应力及挠度不应超过一定的限值”来表示性能;相反,在进行工程判断,即进行校验时,性能往往比功能更容易处理。这样一来,就出现了用校验性能的设计方法即性能校验型设计法来替代直接校验结构是否具备规定功能的观点。

规定的性能称为要求性能。如果从结构生命周期的角度来考虑要求性能的话,应在施工时、提供使用时、拆卸和再利用时分别加以规定。在设计阶段进行实际校验,使其满足这些阶段的所有性能要求。由于这些活动是在结构施工前来实施的,因此称为事先评价。

要求性能在多数情况下是充当最佳设计方法选取的限制条件。作为从满足要求性能的多个设计方案中选择出最佳方案的判断材料(这里称为主观决定要素,相当于最佳设计的目标函数),它包括结构的生命周期成本(LCC),即从结构的计划、设计、施工(制作、搬运、安装)、维护管理到拆卸和再利用的全部费用,以生命周期中 CO_2 排出量(LCCO_2)为代表的环境影响,或者是景观、美观等。关于生命周期成本、环境影响及用来计算这些的设计使用期限,将在后面提及。

对于使用中的结构(已安装结构),在维护管理时或在结构遭受能够引起巨大损伤的突发性外力(地震,车辆撞击等)作用后,需要对损伤程度进行检测、调查、补强和加固,或拆卸和再利用。因此,要对其要求性能另行规定,但是,基本上不会与新安装结构的要求性能有很大的差异。这些步骤包括施工后的结构的质量检查,在这里被称为事后评价。

1.2 引进性能化设计的背景与趋势

结构的设计标准逐渐需要符合国际标准(国际标准化组织 ISO 标准),并且,根据 1996 年 1 月生效的“政府采购协定”(世界贸易组织 WTO 协定附件 4)的规定,土木结构领域也需要遵守 ISO 标准。在“政府采购协定”的第 6 条 2 项中提到“对于政府机构规定的技术标准,与设计或所陈述的特性相比,更应重视性能,在有相应的国际标准时,应采用国际标准”。

也就是说,在近期,从国际统一性的角度,要求转向性能化设计。顺应这一趋势,国土交通省于1998年成立了“土木和建筑设计的基本研讨委员会”,经过对包括土木和建筑领域及钢和混凝土结构类型的“设计纲要”3年多的研究,根据下面的基本方针,制定了“关于土木和建筑的设计纲要”[国土交通省,2002][松本,2003]。

- (1) “设计”中土木和建筑能够共享的部分,实现共享。
- (2) 不仅要符合国际技术标准(ISO),还要包括日本自己的标准。
- (3) 成为国内各评审团体应对ISO活动的参考。
- (4) 在国内外进行研究,根据研究结果对制定的“设计纲要”进行修改。

而另一方面,日本钢结构协会[JSSC, 2001]及土木学会·钢结构委员会[土木学会, 2003]也在进行关于土木钢结构领域性能化设计的调查研究,通过各自的观点归纳了对钢结构性能化设计的看法。并且,道路桥规范也从2002年度版[日本道路协会, 2002a]开始,改为性能化设计的形式,并计划在5~10年后,改为正式的以性能化设计为基础的规范。

1.3 性能化设计的基本流程

图1.3.1根据上一节的介绍,按照以前设计方法的流程[伊藤等,1976]制作了以结构生命周期为基础的性能化设计的主流程示意图。另外,关于主流程中的“实施设计”及“事后评价”在图1.3.2中进行了详细介绍。

性能化设计并不是一定要按上面所示的流程进行,这里只是将其作为一个示例。作为性能化设计中核心课题的实施设计的各项内容(图1.3.1的(5))在下面进行详细说明。

项目①:作为设计条件,首先与以往的设计相同,给定设计荷载、地基条件、地形条件、路线计划等,然后,明确生命周期所需的条件,即设计使用期限、施工方法、维护管理计划,拆卸和再利用方法等。另外,根据结构的重要性,从后面介绍的要求性能矩阵中选取应赋予结构的要求性能。

项目②:给出结构的尺寸、材料等。比如对于抗震分析,在必要时给出非弹性区域的本构关系(应力—应变关系)。

项目③:选择结构的反应值 S (截面内力、位移等)及相应的限值 R (结构固有性能,极限承载力、极限位移等)的分析/实验方法,求得 S 与 R 。在分析时,如有必要还包括对初始缺陷(残余应力、初始挠度等)等的选择。

项目④:通过 S 、 R ,考虑分项系数后,计算出各自的设计值 S_d , R_d 。

项目⑤:通过比较 S_d , R_d 来进行性能校验。在这里 γ_i 是被称为结构系数的分项系数(参考1.9)。

项目⑥:从设计方案中考虑主观决定要素(LCC、LCCO₂、景观、美观等),选择最佳设计方案,同时根据它来确定最佳维护管理计划。

通过独立的检验机构来检验所设计的结构是否满足要求性能,如果满足则进行认证,进入实际施工阶段。

在事后评价过程中,在检测或开展各种活动时也要进行性能校验(图1.3.1的(8)),在这里不再进行详细说明。当结构已不能满足要求性能时,判断其是否可以通过补强和加固使功能恢复到理论上或经济上允许的范围,选择继续使用还是拆卸和再利用。

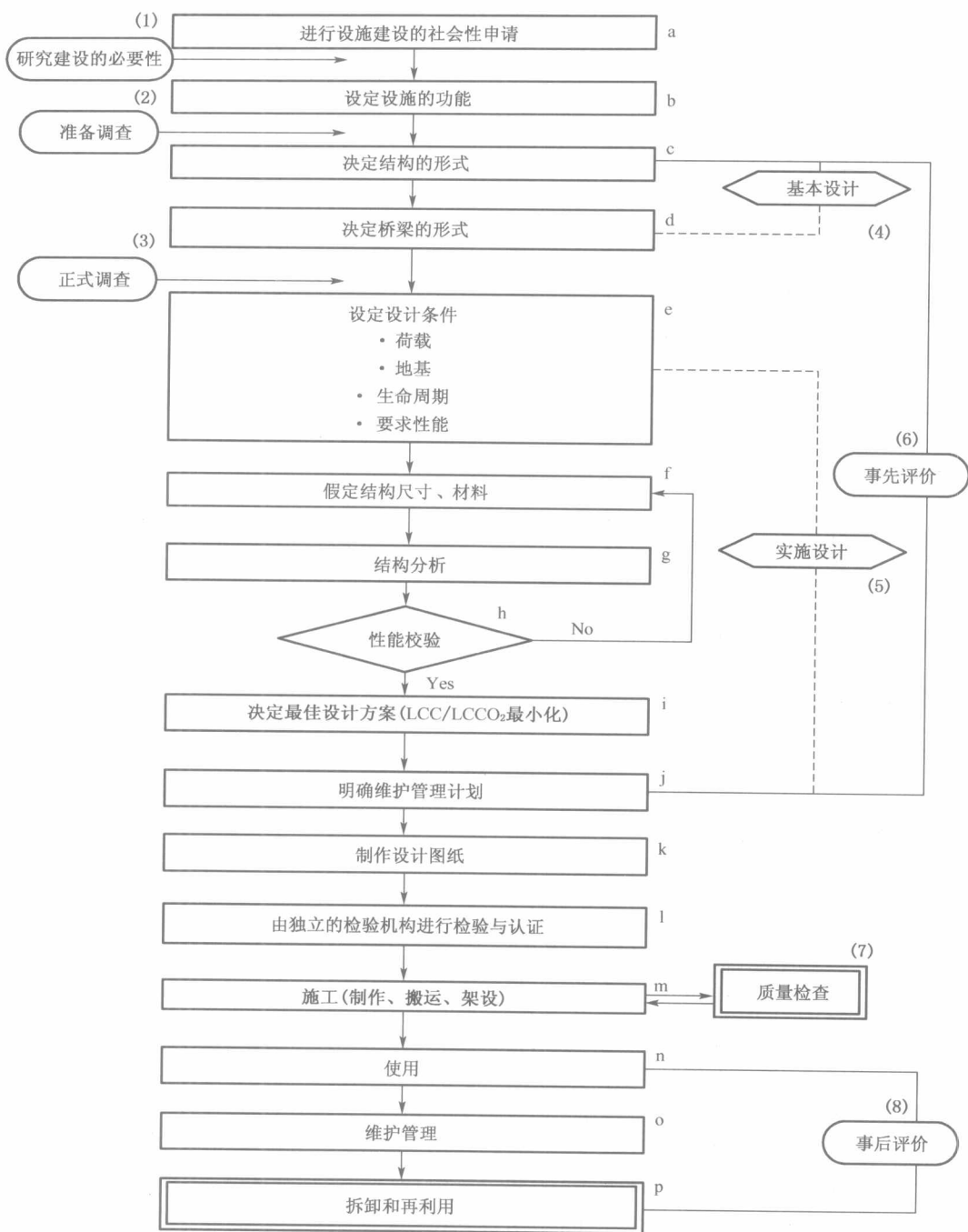


图 1.3.1 性能化设计主流程

与以前设计方法流程的根本区别如下：

- (1) 在事先评价时，明确生命周期条件与要求性能，根据它来进行性能校验。
- (2) 在必要时由独立的检验机构来进行检验与认证。
- (3) 在事后评价时，也与设计时一样进行性能校验。

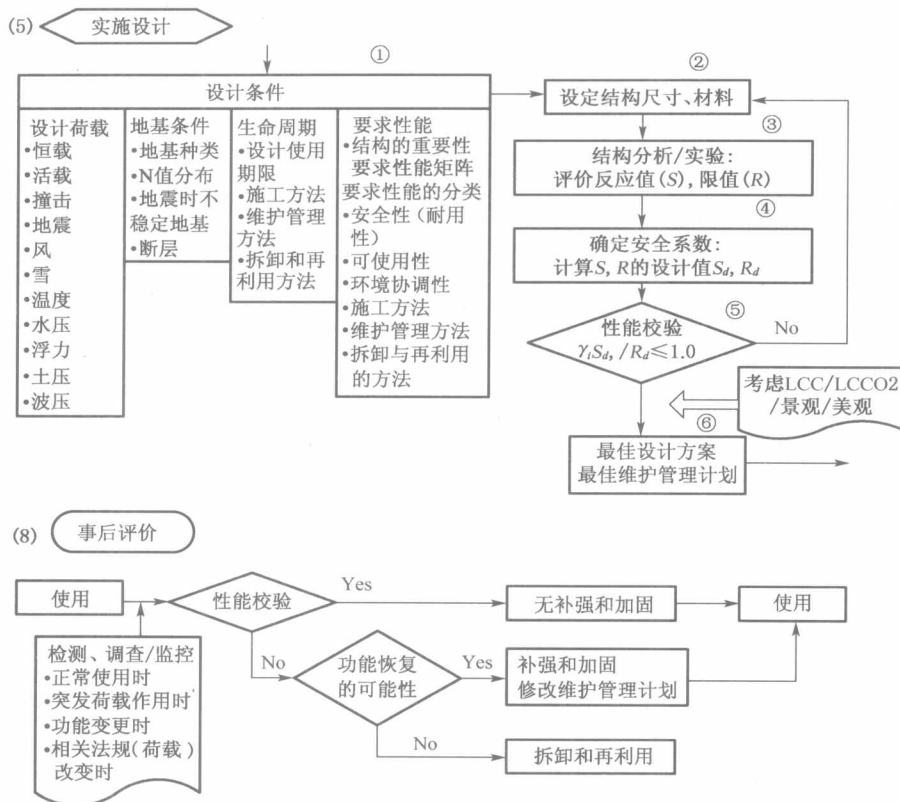


图 1.3.2 性能化设计的流程(实施设计及事后评价)

1.4 性能化设计的优点和缺点

通过引进性能化设计:①可以引进新材料、新施工方法和新的结构分析方法等,能够更充分地激发设计者的创意;②有望通过其缩短工期、降低建设成本;③无论是设计者还是订购方和使用者都可以了解实际所设计安装的结构具有哪些性能;④订购方可以通过结构的生命周期,从成本及环境影响等角度来选择最符合自己要求的性能等优点[JSSC, 2001]。

而另一方面,作为存在的问题:①要求性能要通过哪种方法计算,取哪一个值;②如何来检验所设计的结构所具有的性能;③如何合理地评价生命周期成本和进行生命周期分析是极其困难的问题,包括性能化设计的定义在内,这些都需要依靠未来的研究成果;④另外,由谁来设定要求性能水平及进行检验;⑤在接纳性能化设计的社会体制(招标、契约制度、风险管理、信息公开制度、保险制度等)的完善方面,性能化设计需要社会各方面的协调一致,而这些难题并不容易克服。总而言之,确立对技术能力的合理评价体系应该作为引进性能化设计的大前提[JSSC, 2001;土木学会,2003]。

1.5 要求性能矩阵

要求性能矩阵是指通过矩阵来表示应赋予结构的要求性能和考虑的外力作用

[SEAOC, 1995],设计者根据结构的重要性从该矩阵中选择出应赋予结构的性能来进行设计(参考图 1.3.2)。

以道路桥规范·V抗震设计篇[日本道路协会,2002a]为例,规范将规定的抗震性能通过要求性能矩阵的形式来表示,在该规范中,将桥的重要性分成2类,目标抗震性能分成3类(表 1.5.1)。图 1.5.1 是以矩阵形式表示要求性能的示例。对于钢桥墩来说,如果抗震性能能够满足表中的校验公式就可以认为其达到了目标性能。在这里, $\delta_{\max}$ = 最大反应位移; δ_a = 允许位移; δ_R = 残余位移; h = 桥墩高度。

表 1.5.1 桥的目标抗震性能[日本道路协会,2002a]

设计地震		A类桥(普通)	B类桥(重要)
常遇地震		桥不会因地震而损坏其完善性的性能(抗震性能 1)	
偶遇地震	类型 I	地震不会导致桥发生致命性损坏的性能(抗震性能 3)	因地震而带来的损坏被限定在一定程度内,桥的功能可以迅速恢复的性能(抗震性能 2)
	类型 II		

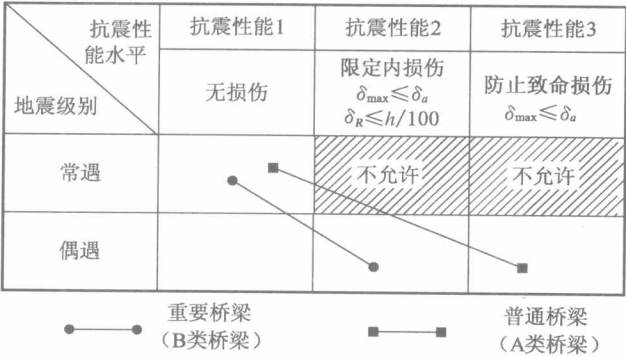


图 1.5.1 要求性能矩阵示例——抗震要求性能矩阵[日本道路协会,2002a]

1.6 要求性能的等级化

在设计时,将所规定的性能,即要求性能分出等级,理解起来将更加方便。图 1.6.1 是在文献[JSSC, 2001]中提出的等级图。该图虽然与 Nordic 建筑基准协会 NKB 的等级图[NKB, 1978]类似,但是在表达上更加通俗易懂。图中的一般、中级、高级表述分别被称为功能的要求,按照性能表述的要求水平、检验方法等,但在这里进行如下定义:

一般表述:按一般人的理解表述出的要求性能。

中级表述:按专业技术人员的理解通过

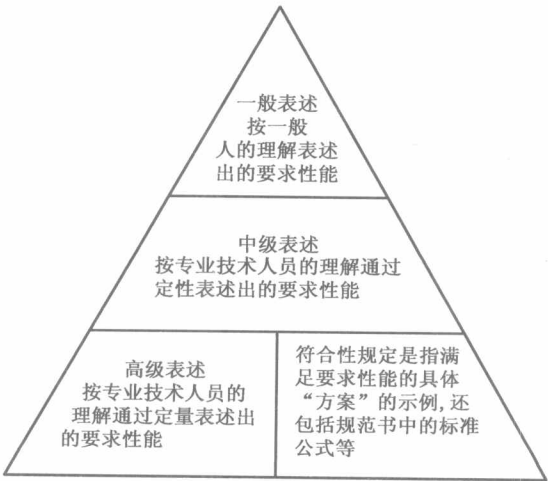


图 1.6.1 要求性能的等级图[JSSC, 2001]