

FUHE QIAOLIANG
SHEJI SHIGONG ZHINAN

复合桥梁 设计施工指南

(日本) 预应力混凝土技术协会 编
吴红军 译



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

复合桥梁设计施工指南

(日本)预应力混凝土技术协会 编

吴红军 译



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书介绍了钢—混凝土组合(复合)结构桥梁的研究及工程应用方面的最新成果,包括波纹钢腹板桥、组合桁架桥、钢组合梁桥、混合梁桥以及各种桥型的应用实例,并结合最新的研究成果和设计、施工实例,系统地介绍了各种桥梁的设计计算理论、设计方法及构造措施等。

本书可供从事桥梁工程的研究、设计、施工等工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

复合桥梁设计施工指南 / 日本预应力混凝土技术协会编; 吴红军译. —北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2014. 12

ISBN 978-7-114-11607-0

I. ①复… II. ①日… ②吴… III. ①桥梁设计②桥梁施工 IV. ①U44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 187097 号

书 名: 复合桥梁设计施工指南

著 作 者: (日本) 预应力混凝土技术协会

译 者: 吴红军

责任编辑: 黎小东 韩亚楠

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 880 × 1230 1/16

印 张: 26

字 数: 600 千

版 次: 2014 年 12 月 第 1 版

印 次: 2014 年 12 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-11607-0

定 价: 78.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

序

钢—混凝土复合结构桥梁,由于具有不同于单独形成结构的钢桥或混凝土桥的力学性能,作为可以实现桥梁的高性能及能降低成本的第3种桥梁形式而受到关注。特别是顺桥向利用了预应力技术的组合结构桥梁中,波纹钢腹板桥梁在日本国内已有40座以上,而且组合桁架桥、混合梁桥逐渐增加。桥面板中使用了预应力技术的钢组合梁桥,以提高桥面板的高耐久性和降低成本的角度,工程实例也逐渐增多。

在这些利用了预应力技术复合结构桥梁的设计、施工过程中,本指南的前身——《复合结构桥梁设计与施工指南(试行)》(1999年12月)发挥了重要作用。

本次修改版根据大幅度增加的设计、施工实例,尽可能地纳入了更多的最新研究成果,并考虑了设计方法从极限状态法向性能验算法正转变等因素。

指南的构成如下所示。与上一次相同,但是在各篇章中追加了能为设计技术人员提供参考的“结构规划”章节和只用极限状态设计法无法弥补的、为确保所要求性能的“耐久性”章节。各篇章中有关修改内容如下:

I 通用篇

- ①变更为确保所要求性能(安全性,实用性,耐久性等)为目的的性能验算型规定。
- ②主要材料及构件安全性、使用性的确保,原则上依据极限状态设计法验算。
- ③钢—混凝土连接部位等的耐久性的确保,通过设计、施工中的措施进行了说明。

II 波纹钢腹板桥篇

①波纹钢板的设计,由原来规定的剪切屈曲参数为0.6以下的使用规格,变更为组合屈曲影响也可以具有选择余地而更为合理的规定。

- ②作为抗剪连接件的承载力,在顺桥向水平剪力上追加了横桥向弯曲承载力。

III 组合桁架桥篇

随着施工业绩的增加,本篇介绍了各种节点构造(在钢构件之间直接传递的节点构造和通过混凝土传递的节点构造)的试验和设计方法。

IV 钢组合梁桥篇

- ①说明了Eurocode、DIN、原JH等有关拉伸硬化效果的思路。
- ②说明了紧凑型截面和非紧凑型截面承载能力极限状态下的承载力验算方法。
- ③各种抗剪连接件的设计承载力,特别是对焊钉的承载力计算公式进行了修正及说明。

V 混合梁桥篇

- ①对于连接位置,除了弯矩变化点的连接之外,还说明了无交替弯矩点的连接方式。
- ②对于连接方式,说明了前面支压板、后面支压板、前后面并用支压板等。
- ③简单易懂地说明了连接部位的设计及各种架设方法等。

VI 资料篇

将以往的工程实例归纳于一览表,整理了 38 座波纹钢腹板桥、7 座组合桁架桥、5 座钢—混凝土组合梁桥、21 座混合梁桥的桥梁数据,并列示了相关的文献和试验。

本指南是工程一线技术人员根据有关复合结构桥梁的最新研究成果及技术,在结合自己经验编写的原稿基础上进行反复审议后写成。如果本指南在今后的桥梁规划、设计、施工相关技术人员和研究人员中得到广泛应用,对于编写人员而言会感到非常荣幸。

最后,向在本书出版的过程中参与审议的预应力技术标准委员会的各位委员,以及修改版的原稿编辑所付出辛勤劳动的“复合结构桥梁设计施工标准修改委员会”的委员、干事、协助人员表示衷心的感谢。

(社团法人)预应力混凝土技术协会
复合结构桥梁设计施工标准修改委员会

委员长 盐田良一

秘书长 冈田稔规

2005 年 11 月

前 言

为了预应力的普及和振兴,由土木学会、日本建筑学会、农业土木学会的有志者于 1958 年成立了预应力混凝土技术协会。同时,本学会代表日本加入了国际预应力混凝土联合会(FIP)并开展了国际交流。此后 FIP 与欧洲国际混凝土委员会(CEB)合并,成立了新的组织机构——国际结构混凝土联合会(FIB),本学会和日本混凝土工学协会共同代表日本加入了新组织,其第一次会议于 2002 年在大阪举行。

在 1994 ~ 2000 年期间,受预应力相关各公司委托而设立的“预应力技术标准研究委员会”开展了相关调查、研究工作,对以下的成果作为标准(试行)以及手册进行了整理、总结,以此为开端开始制订本学会内的各种标准,主要有:

《部分预应力混凝土结构设计施工标准(试行)》(1996 年 3 月)

《体外索结构及预制块设计施工标准(试行)》(1996 年 3 月)

《复合桥梁设计施工指南(试行)》(1999 年 12 月)

《预应力构造物抗震设计指南(试行)》(1999 年 12 月)

《预应力斜拉桥及矮塔斜拉桥设计施工指南(试行)》(2000 年 11 月)

《预应力悬吊桥面板的设计施工指南(试行)》(2000 年 11 月)

《提高预应力桥耐久性的手册》(2000 年 11 月)

从 2001 年开始,为了让这些成果适应维修管理以及技术的进步、发展,重新在协会内部作为常设委员会设立了“预应力技术标准委员会”。经许可,可以把成果作为出版物公开发行。作为其最初的业绩,今年 6 月份发行了《体外索结构及预制块设计施工标准》。这次是作为预应力技术标准系列的一部分,决定发行《复合桥梁设计施工指南》。另外,同时发行《蓄水用圆筒形预应力容器的设计施工标准》。

在出版本指南中,复合桥梁设计与施工指南修订委员会的盐田良一委员长、冈田稔规秘书长为首的委员以及秘书处的各位付出了辛勤劳动,在此向他们表示衷心的感谢。

(社团法人)预应力混凝土技术协会

预应力技术标准委员会

委员长 池田尚治

2005 年 11 月

译者言

近年来,我国桥梁工程建设取得了举世瞩目的成绩,其中钢—混凝土的组合(复合)桥梁是继钢结构和混凝土结构之后发展起来的新型结构桥梁,由于其具有自重轻、抗震性能好、承载力高、工业化程度高、施工简便等优点,在桥梁工程领域已经得到越来越广泛的应用。实践表明,其具有良好的经济效益和社会效益,适合于我国国民经济可持续发展的国情,应用前景广阔。

原著反映了日本国内近年来在钢—混凝土组合(复合)结构桥梁研究及工程应用方面的最新成果,包括波纹钢腹板桥、组合桁架桥、钢组合梁桥、混合梁桥以及各种桥型的应用实例,并且结合最新的研究成果和更多的设计、施工实例,系统地介绍了各种桥梁的设计计算理论、设计方法及构造措施等。通过拜读原著,译者认为原著较详细地介绍了当前日本的钢—混凝土组合(复合)结构桥梁的设计水平,且含有较丰富的实例及科研内容,因此我们进行了翻译出版,以供国内同仁研究和设计时参考。

本书共分6篇,由吴红军负责斟酌、翻译,张建东博士进行校对;全书由孙占奇、陈宜言、张奋进行审阅。在进行本书的翻译过程中,哈尔滨工业大学深圳研究生院的包中学、杜红劲、涂俊等研究生为本书的翻译给予了帮助并付出了辛勤劳动,在此向他们表示衷心的感谢。

经过艰辛严谨的翻译工作,终于能够将此书的中文版奉献给读者。与读者能够共同分享钢—混凝土组合(复合)结构的桥梁的成果,译者深感欣慰。由于译者认识能力的局限性,在对原著的理解上难免有不当之处,敬请读者提出宝贵意见。

吴红军

2014年10月

目 录

I 通用篇

1 总则	3
1.1 适用范围	3
1.2 术语	4
1.3 符号	6
1.4 相关标准	7
2 设计基本要求	9
2.1 设计原则	9
2.2 设计使用寿命	9
2.3 性能要求和性能检查	9
2.4 性能验算	11
2.5 安全系数	12
2.6 荷载系数	13
2.7 修正系数	15
参考文献	15
3 极限状态的验算	16
3.1 正常使用极限状态的验算	16
3.2 承载能力极限状态的验算	16
3.3 疲劳极限状态的验算	16
4 调查及规划	17
4.1 调查	17
4.2 规划	18
5 材料	20
5.1 混凝土	20
5.2 钢材	20
5.3 其他材料	22
参考文献	23
6 材料的设计值	24
6.1 一般规定	24
6.2 混凝土	24
6.3 钢材	25
参考文献	26
7 极限值	27
7.1 一般规定	27

7.2 正常使用极限状态下的极限值	27
参考文献	30
8 荷载	31
8.1 一般规定	31
8.2 荷载特征值	31
8.3 荷载种类	32
9 施工	34
9.1 一般规定	34
9.2 混凝土构件的施工	34
9.3 钢构件的施工	34
10 耐久性	35
10.1 一般规定	35

II 波纹钢腹板桥篇

1 一般规定	39
1.1 适用范围	39
1.2 构造规划	40
1.3 术语	42
1.4 符号	43
参考文献	44
2 有关设计的一般注意事项	45
2.1 设计计算原则	45
2.2 结构分析	47
2.3 截面内力计算	48
参考文献	49
3 正常使用极限状态的验算	50
3.1 弯矩及轴向力的验算	50
3.2 剪力的验算	51
3.3 扭矩的验算	52
3.4 对变位、变形的验算	54
3.5 对振动的验算	55
参考文献	55
4 承载能力极限状态的验算	57
4.1 一般规定	57
4.2 弯矩和轴力的安全性验算	57
4.3 剪力安全性验算	58
4.4 扭矩安全性的验算	60
参考文献	62
5 疲劳极限状态的验算	63
5.1 一般规定	63

5.2 疲劳的安全性验算	64
5.3 设计变动截面内力与等效循环次数的计算	64
参考文献	64
6 抗剪剪力键的设计	66
6.1 一般规定	66
6.2 抗剪剪力键的设计截面内力	67
6.3 剪力键的设计承载力	68
参考文献	71
7 波纹钢板的设计	72
7.1 一般规定	72
7.2 波纹钢板的设计剪切承载力	72
7.3 波纹钢板的连接	75
7.4 波纹钢板与翼缘钢板焊接部位的设计	78
参考文献	79
8 混凝土板的设计	81
8.1 一般规定	81
8.2 混凝土板的最小厚度	81
8.3 混凝土板的跨径	81
8.4 混凝土板的设计弯矩	82
8.5 混凝土板的正常使用极限状态的验算	82
8.6 混凝土板的承载能力极限状态的验算	83
参考文献	83
9 横梁、横隔板等的设计	84
9.1 一般规定	84
9.2 横梁、横隔板	84
9.3 转向部位	84
参考文献	85
10 构造规定	86
10.1 一般规定	86
10.2 连接部位附近混凝土板的配筋	86
10.3 预应力钢筋的锚固	86
10.4 对附加弯曲应力的加固	87
10.5 连接部位的防锈	88
10.6 排水管的处理	88
10.7 桥面板的防水	89
参考文献	89
11 施工	90
11.1 一般规定	90
11.2 混凝土的浇筑	90

11.3	波纹钢板的制作	91
11.4	波纹钢板的防锈	91
11.5	波纹钢板的现场焊接	92
11.6	波纹钢腹板的管理	92
11.7	架设	92
12	耐久性	94
12.1	一般规定	94
12.2	连接部位的施工及防锈	94
12.3	波纹钢腹板的防锈	94
12.4	维修管理用设备	94

III 组合桁架桥篇

1	一般规定	99
1.1	适用范围	99
1.2	构造规划	100
1.3	术语	101
1.4	符号	101
	参考文献	103
2	设计相关的一般事项	104
2.1	设计计算的原则	104
2.2	结构分析	105
2.3	分析模型	107
2.4	计算截面内力	110
	参考文献	111
3	正常使用极限状态的验算	112
3.1	对弯矩和轴力的验算	112
3.2	剪力的验算	113
3.3	扭矩的验算	114
3.4	变位、变形的验算	116
3.5	对振动的验算	116
	参考文献	117
4	承载能力极限状态下的验算	118
4.1	一般规定	118
4.2	验算弯矩和轴力	118
4.3	验算剪力	120
4.4	扭矩的安全性验算	120
	参考文献	121
5	疲劳极限状态的验算	122
5.1	一般规定	122
5.2	疲劳安全性的验算	122

5.3 设计变动截面内力与等效反复次数的计算	123
6 节点部位的设计	124
6.1 一般规定	124
6.2 节点部位的作用力	126
6.3 节点的设计	126
6.4 疲劳验算	127
参考文献	128
7 桁架的设计	129
7.1 一般规定	129
7.2 作用于桁架上的力	129
7.3 桁架的设计	129
7.4 疲劳验算	130
参考文献	130
8 混凝土板的设计	131
8.1 一般规定	131
8.2 混凝土板最小厚度	131
8.3 截面内力计算	131
8.4 正常使用极限状态下的验算	132
8.5 承载能力极限状态下的验算	132
8.6 节点之间混凝土构件的设计	133
9 横梁和转向块的设计	135
9.1 一般规定	135
9.2 横梁的构造	135
9.3 作用于横梁的力	136
9.4 横梁的设计	136
9.5 转向块的构造	136
参考文献	137
10 构造规定	138
10.1 一般规定	138
10.2 桁架的布置	138
10.3 节点的构造	138
10.4 锚具的构造	139
参考文献	139
11 施工	141
11.1 一般规定	141
11.2 混凝土的浇筑	141
11.3 桁架的架设	141
参考文献	143
12 耐久性	144

12.1	一般规定	144
12.2	节点的维修管理	144
12.3	桁架的防锈	144
12.4	连接部位的防锈	144
12.5	体外索的保护	145
	参考文献	145

IV 钢组合梁桥篇

1	一般规定	149
1.1	适用范围	149
1.2	构造规划	150
1.3	术语	152
1.4	符号	153
	参考文献	153
2	设计要求	154
2.1	设计计算原则	154
2.2	结构分析	156
2.3	截面内力的计算	156
	参考文献	160
3	正常使用极限状态的验算	161
3.1	一般规定	161
3.2	顺桥向导入预应力组合梁的裂缝验算	161
3.3	顺桥向不加预应力组合梁的裂缝验算	167
3.4	对变形、振动的验算	167
	参考文献	168
4	承载力极限状态的验算	169
4.1	一般规定	169
4.2	对弯矩和轴力的安全性验算	169
4.3	对剪力安全性的验算	175
4.4	对扭矩安全性的验算	175
	参考文献	176
5	疲劳极限状态的验算	177
5.1	一般规定	177
	参考文献	177
6	抗剪剪力键的设计	178
6.1	一般规定	178
6.2	抗剪剪力键的种类	178
6.3	抗剪剪力键在各极限状态下的验算	181
6.4	混凝土桥面板的收缩或温差产生的剪力	181
6.5	抗剪剪力键的设计承载力	181

6.6 对抗剪剪力键桥面板的剪切加固	185
参考文献	186
7 桥面板的设计	189
7.1 一般规定	189
7.2 桥面板的跨径	191
7.3 桥面板的最小厚度	192
7.4 截面内力的计算	193
7.5 桥面板的正常使用极限状态下的安全性验算	194
7.6 桥面板的承载能力极限状态的安全性验算	194
7.7 预制预应力桥面板	195
7.8 梁端部分的桥面板	198
参考文献	198
8 横梁的设计	200
8.1 一般规定	200
参考文献	201
9 构造规定	202
9.1 一般规定	202
9.2 桥面板防水	202
9.3 托板	202
9.4 接头	203
9.5 预制桥面板的接缝	203
9.6 预制桥面板的抗剪剪力键用孔	204
参考文献	204
10 施工	205
10.1 一般规定	205
10.2 钢梁的制作以及施工	205
10.3 混凝土桥面板的施工	206
参考文献	209
11 耐久性	210
11.1 一般规定	210
11.2 桥面板	210
11.3 连接部位	210
V 混合梁桥篇	
1 一般规定	215
1.1 适用范围	215
1.2 构造规划	215
1.3 术语	216
1.4 符号	216
2 设计要求	218

2.1	设计计算原则	218
2.2	结构分析	222
	参考文献	223
3	正常使用极限状态的验算	224
3.1	弯矩和轴力的验算	224
3.2	剪力及扭矩的验算	224
3.3	变位、变形的验算	225
4	承载能力极限状态的验算	226
4.1	一般规定	226
4.2	弯矩和轴力的安全性验算	226
4.3	剪力及扭矩的安全性验算	226
	参考文献	228
5	疲劳极限状态的验算	229
5.1	一般规定	229
6	连接部位的设计	230
6.1	一般规定	230
6.2	连接部位的构造	232
6.3	连接部位的截面承载力计算	235
6.4	连接单元的设计	236
	参考文献	245
7	构造规定	247
7.1	一般规定	247
7.2	主梁截面形状及连接部位的构件尺寸	247
7.3	预应力钢筋的布置和锚固	247
7.4	加劲肋	247
7.5	加强筋	248
	参考文献	248
8	施工	250
8.1	一般规定	250
8.2	钢构件	251
8.3	内填充混凝土	251
8.4	张拉预应力	254
8.5	架设	254
	参考文献	259
9	耐久性	260
9.1	一般规定	260
9.2	连接部位的防锈	260
9.3	内填充混凝土	261

VI 资 料 篇

1 波纹钢腹板桥	265
1.1 业绩一览表及桥梁数据	265
1.2 试验一览表	316
1.3 波纹钢腹板的设计方法	322
参考文献	329
2 组合桁架桥梁	330
2.1 业绩一览表及桥梁数据	330
2.2 试验一览表	340
2.3 根据三维 FEM 分析和杆系理论进行的组合桁架结构扭转性能的比较	349
3 钢—混凝土组合梁桥	355
3.1 业绩一览表及桥梁数据	355
3.2 试验一览表	364
4 混合梁桥	366
4.1 业绩一览表及桥梁数据	366
4.2 试验一览表	393
4.3 连接部位的验算例子	394

| 通用篇