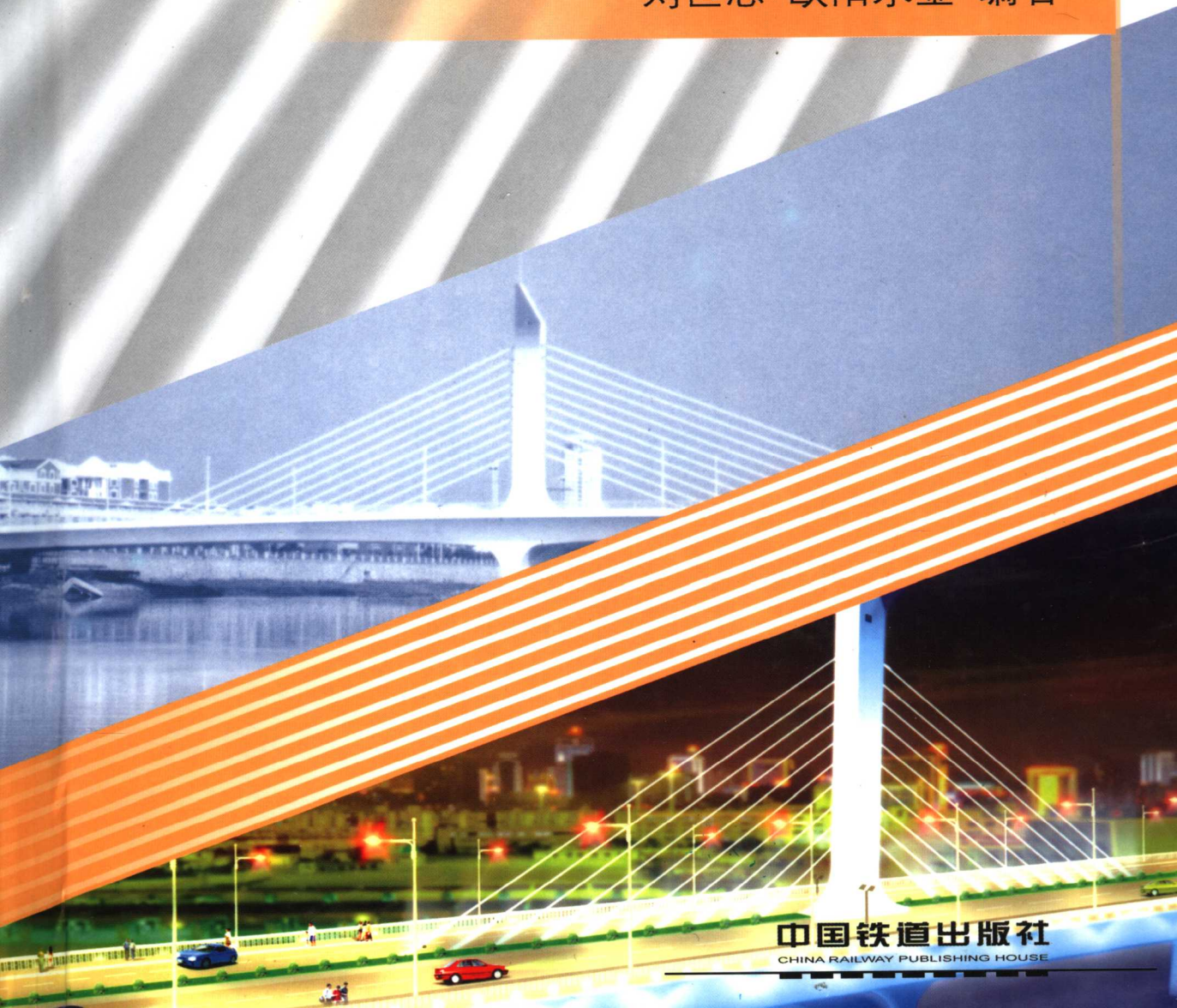


独塔单索面部分斜拉桥 力学性能及建设实践

刘世忠 欧阳永金 编著



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

独塔单索面部分斜拉桥 力学性能及建设实践

刘世忠 欧阳永金 编著
杨子江 审

中 国 铁 道 出 版 社

2006年·北京

内 容 简 介

本书以国内首座采用环氧全涂平行钢绞线为斜拉索的单索面单排索部分斜拉桥作为工程背景,介绍了部分斜拉桥的结构特点,对部分斜拉桥的静、动力性能进行了分析,提出了用于界定部分斜拉桥的“部分斜拉桥特征参数”,对单索面部分斜拉桥的结构设计参数进行了优化研究,详细介绍了银湖大桥建设过程的科研与试验工作。

本书可供从事桥梁工程设计和施工的有关技术人员、科研工作者、工程管理人员以及大专院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

独塔单索面部分斜拉桥力学性能及建设实践/刘世忠,欧阳永金编著. —北京:中国铁道出版社,2006.3

ISBN 7-113-06894-4

I. 独… II. ①刘…②欧… III. 斜拉桥-力学性能 IV. U448.27

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 004616 号

书 名:独塔单索面部分斜拉桥力学性能及建设实践

作 者:刘世忠 欧阳永金 编著

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

策划编辑:李丽娟

责任编辑:李丽娟

封面设计:冯龙彬

印 刷:北京盛兰兄弟印刷装订有限公司

开 本:787×1092 1/16 印张:16 插页:4 字数:382 千

版 本:2006年2月第1版 2006年2月第1次印刷

印 数:1~1 100 册

书 号:ISBN 7-113-06894-4/TU·824

定 价:50.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

编辑部电话 010-51873135 发行部电话 010-63425969



同安银湖大桥夜景效果图



银湖大桥成桥夜景



银湖桥成桥索塔



银湖大桥鸟瞰



通车典礼



成桥照片



桥塔施工



大桥主桥现浇段



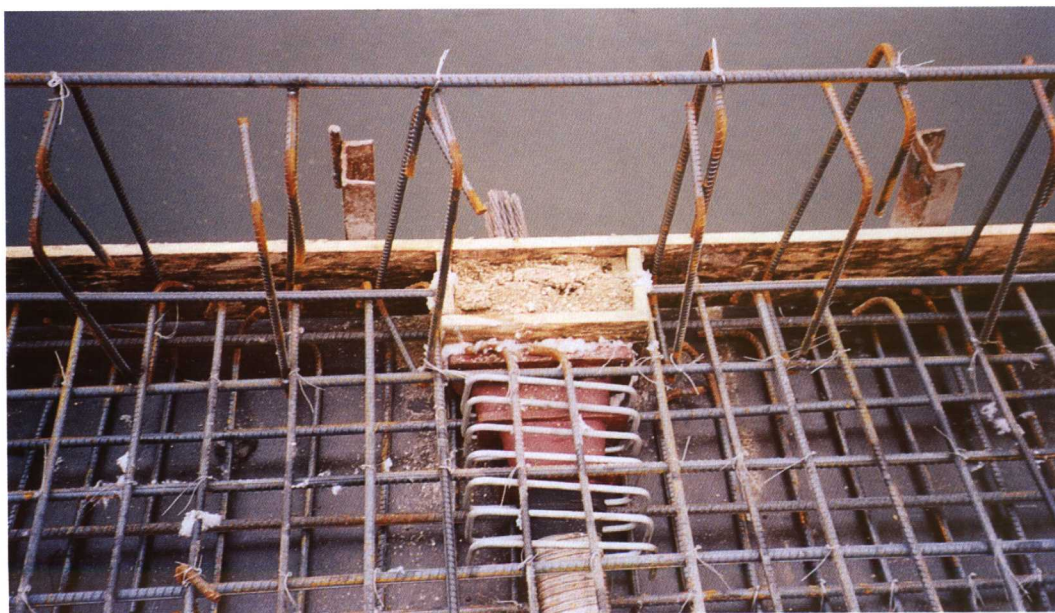
C_1, C'_1 斜拉索安装



C_5, C'_5 斜拉索安装



施工中的斜拉索



箱梁横向预应力筋布置



6号主梁悬臂施工



科研人员检查斜拉索安装质量



斜拉索索力测试



2号墩墩底应力测试钢弦计

前言

部分斜拉桥是法国工程师 Jacques Mathivat 提出的一种新体系。自日本于 1994 年修建了世界上第一座部分斜拉桥——小田原港桥(Odawara Port Bridge)后,这种桥型在日本开始流行,并应用于铁路及高速公路桥中。

部分斜拉桥是介于刚性桥型的连续梁与柔性桥型的斜拉桥之间的刚柔相济的一种桥型,总体表现出“塔矮、梁刚、索集中”的结构特点。在部分斜拉桥中,由于主梁刚度较大,主梁是主要的承重构件,斜拉索对梁起加劲、调整受力的作用,斜拉索的恒载索力占总索力(恒载索力+活载索力)的比重大于斜拉桥,斜拉索的应力幅较小,斜拉索的疲劳问题不突出,因而斜拉索的容许应力可参考连续梁中预应力的容许值取 $0.6R_y^b$,从而降低工程造价。部分斜拉桥与连续梁相比具有结构新颖、跨越能力大、施工简单、经济等优点;与斜拉桥相比具有施工方便、节省材料、主梁刚度大等优点。这使得部分斜拉桥的发展,犹如部分预应力混凝土梁桥的发展,必将填补我国刚性梁桥型与柔性梁桥型之间的空白,为桥梁事业的发展提供更为广阔的发展空间。

我国于 2000 年修建了第一座也是世界上最大跨度的部分斜拉桥——芜湖长江大桥,2001 年 8 月建成首座混凝土部分斜拉桥——漳州战备大桥,后又于 2002 年 9 月建成了厦门同安银湖独塔单索面单排索环氧全涂平行钢绞线部分斜拉桥,2003 年 8 月又建成了兰州市小西湖部分斜拉桥,开始了部分斜拉桥的建设热潮。

厦门银湖大桥为国内首座单索面单排索高塔型部分斜拉桥,斜拉索为竖琴形布置,根据该工程的气候条件,在国内首次采用环氧全涂钢绞线作为斜拉索,在施工中也首次采用了单根张拉一次到位的成套张拉控制技术,成功地克服了以往整体张拉斜拉索受箱梁内空间限制、整体张拉设备笨重、劳动强度大等缺陷,也为斜拉索的更换提供了一种新途径。

笔者以银湖大桥工程建设项目为背景,较系统地研究了部分斜拉桥的

静、动力特性,提出了用部分斜拉桥特征参数来界定部分斜拉桥,详细介绍了银湖大桥的设计、施工管理、科研以及荷载试验。本书可供从事桥梁工程设计、科研、施工等技术人员阅读参考。

全书共6章,其中第1章第2、3节,第4章第3、4、5节由刘世忠编写;第5章和第6章由欧阳永金编写;第2章由李少波编写;第1章第1、4节,第3章,第4章第1、2节由蔺鹏臻编写。全书由刘世忠、欧阳永金负责统稿。

厦门银湖大桥的建设得到了厦门市政建设指挥部、铁道第四勘察设计院厦门分院、兰州交通大学(原兰州铁道学院)、武汉桥梁建筑工程监理公司、中铁大桥局集团第二工程有限公司等单位的参与和支持。感谢杨子江教授在百忙之中审阅全书。本书的出版得到了银湖大桥建设方厦门市市政经济公司杨建雄、吴荔青,铁四院厦门分院曾美珍,厦门市政建设指挥部李斯海、张自然等人的大力支持,同时得到了兰州交通大学“青蓝”人才工程基金资助,在此表示感谢。感谢参与本课题的郗才富、张靖、李兴华、高克跃、石占良、雷廷新、王秋生、王军玺等学者为本书提供宝贵资料。

限于编者的水平,书中疏漏及不足难免,恳请各界同仁批评指正。

编者

2005年8月

目 录

第 1 章 部分斜拉桥概述	1
第 1 节 部分斜拉桥的起源.....	1
第 2 节 部分斜拉桥在中国.....	8
第 3 节 部分斜拉桥的特点	19
第 4 节 部分斜拉桥的发展趋势	21
第 2 章 部分斜拉桥设计实践	23
第 1 节 总体布置与结构体系	23
第 2 节 部分斜拉桥结构设计	25
第 3 节 银湖部分斜拉桥设计实践	34
第 3 章 部分斜拉桥的结构优化	49
第 1 节 斜拉索初张力优化	49
第 2 节 部分斜拉桥塔高优化	60
第 3 节 部分斜拉桥无索区长度优化	66
第 4 章 部分斜拉桥的力学性能	71
第 1 节 部分斜拉桥的静力特征参数	71
第 2 节 部分斜拉桥的动力特性	77
第 3 节 银湖大桥横向应力三维实体分析	85
第 4 节 银湖大桥鞍座局部应力分析	90
第 5 节 银湖大桥抗风稳定性及抗震分析	95
第 5 章 施工控制、施工管理与质量监督	107
第 1 节 银湖大桥施工过程高程控制.....	107
第 2 节 银湖大桥主桥应力控制.....	113
第 3 节 银湖大桥索力控制.....	120
第 4 节 银湖部分斜拉桥斜拉索的单根张拉一次到位技术.....	127
第 5 节 施工组织、管理与质量监督控制	130
第 6 节 银湖大桥施工总结.....	141

第 6 章 荷载试验..... 161

 第 1 节 桥梁荷载试验的目的和意义..... 161

 第 2 节 试验内容及方法..... 161

 第 3 节 试验结果..... 173

 第 4 节 静动载试验结论..... 185

 附录 GPOM 源程序文本 186

 参考文献..... 250

第1章

部分斜拉桥概述

第1节 部分斜拉桥的起源

1988年,法国工程师 Jacques Mathivat 在法国西南部的 Arrêt Darre 高架的比选设计中,提出了一种新的结构体系,该体系为:很矮的塔与上部结构刚性连接、通过索鞍的索吊住100 m长的预应力混凝土等高度的箱形梁(图1.1)。与斜拉桥斜拉索相比,索的应力幅更小,索主要通过初张力的竖向分力来减小主梁的竖向荷载,同时像传统的预应力一样给主梁施加压力,所以这种索更像是体外预应力筋而非常规斜拉索。可以认为 Jacques Mathivat 提出的新结构就是其后在日本及中国等亚洲国家发展较快的新结构体系。该体系英文称为“Extradosed bridges”或“Extra dosed bridges”,在日本称为“エクストラドーズド”PC桥,我国学者严国敏将其称为“部分斜拉桥”,也有人根据矮塔特点称其为“矮塔斜拉桥”。笔者以“部分斜拉桥”命名该体系。

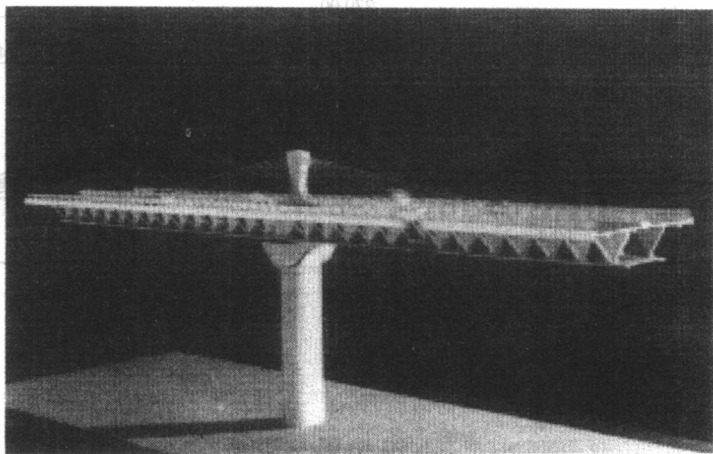
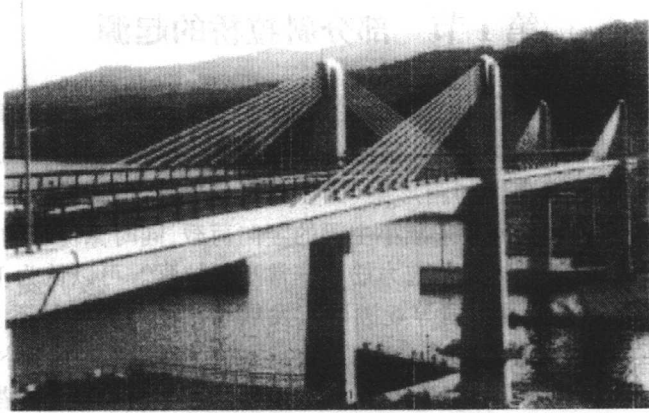


图1.1 Jacques Mathivat 部分斜拉桥体系

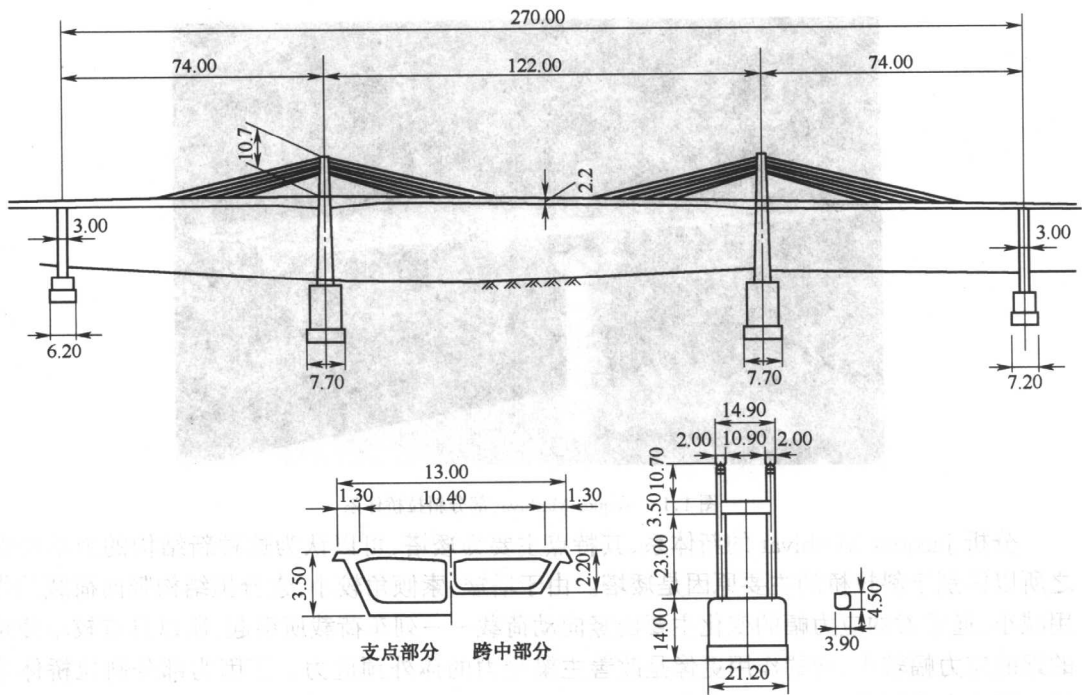
分析 Jacques Mathivat 的新体系,其特点主要为矮塔,可以认为这种新结构的力学特性之所以区别于斜拉桥的主要原因是矮塔。由于塔矮,索倾角较小,索分担结构竖向荷载的作用减小,通常索的应力幅的变化主要由竖向动荷载——列车荷载所引起,所以具有较小倾角的索的应力幅较小,索的作用更像是改善主梁受力的体外预应力。正因为部分斜拉桥体系的主要特点是矮塔,所以也有学者将预应力斜拉板桥也列入部分斜拉桥范畴,如瑞士工程师 Christian Menn 设计的 Ganter 大桥,被认为是世界上第一座部分斜拉桥,它将混凝土箱形梁

通过预应力混凝土板吊在很矮的塔上。

尽管 Jacques Mathivat 的部分斜拉桥体系未能实现,但却引发了该结构体系在亚洲(尤其是日本)的蓬勃发展,并作为桥梁建设的主要桥型之一,大量在工程实际中应用。日本在 1994 年修建了第一座部分斜拉桥——小田原港桥(Odawara Port Bridge),参见图 1.2,该桥为双塔三跨(74.00 m + 122.00 m + 74.00 m)公路桥,与斜拉桥相比,该桥塔高为 10.7 m,斜拉索通过扇形索鞍,主梁变高度采用等截面段和梯形段组成,桥塔横桥向没有横系梁连接。此后该桥型在日本开始流行,并应用于铁路及高速公路桥中,所以有学者认为部分斜拉桥是起源于日本的新桥型。



(a) 小田原港桥全景



(b) 小田原港桥示意图(单位:m)

图 1.2 小田原港桥