



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
21世纪交通版高等学校教材

桥梁养护与加固

Bridge Maintenance and Rehabilitation

黄平明 陈万春 主编
叶见曙 杨炳成 主审



人民交通出版社
China Communications Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
21 世纪交通版高等学校教材

桥梁养护与加固

黄平明 陈万春 主 编

叶见曙 杨炳成 主 审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是根据2005年普通高等教育“十一五”国家级规划教材申请书内容和审定的《桥梁养护与加固》课程编写大纲编写的。教材以《公路桥涵养护规范》(JTG H11—2004)为主线,内容包括桥梁养护、维修、评定、管理与加固等。养护、评定方面以《公路桥涵养护规范》内容为主,适当增加了国内外常用的方法;加固方面涵盖了主要桥型和加固方法,并配有工程实例。

本书可作为高等学校土木工程(公路、桥梁方向)、道路桥梁与渡河工程专业用教材,也可供公路、铁路和城市建设部门从事桥梁检测、养护、管理与施工的专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁养护与加固/黄平明,陈万春主编. —北京:人民交通出版社,2008.12

ISBN 978-7-114-07531-5

I. 桥… II. ①黄…②陈… III. ①公路桥—维护②公路桥—加固 IV. U448.145.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第207861号

书 名: 普通高等教育“十一五”国家级规划教材
桥梁养护与加固
著 者: 黄平明 陈万春
责任编辑: 沈鸿雁 黎小东
出版发行: 人民交通出版社
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) 59757969, 59757973
总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司
经 销: 各地新华书店
印 刷: 廊坊市长虹印刷有限公司
开 本: 787×1092 1/16
印 张: 12.5
字 数: 310千
版 次: 2009年1月 第1版
印 次: 2009年1月 第1次印刷
书 号: ISBN 978-7-114-07531-5
印 数: 0001~3000册
定 价: 24.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

21 世纪交通版
高等学校教材(公路与交通工程)编审委员会

顾 问:王秉纲 (长安大学)

主任委员:沙爱民 (长安大学)

副主任委员:(按姓氏笔画排序)

王 炜 (东南大学)

陈艾荣 (同济大学)

徐 岳 (长安大学)

梁乃兴 (重庆交通大学)

韩 敏 (人民交通出版社)

委 员:(按姓氏笔画排序)

马松林 (哈尔滨工业大学)

王殿海 (吉林大学)

叶见曙 (东南大学)

石 京 (清华大学)

向中富 (重庆交通大学)

关宏志 (北京工业大学)

何东坡 (东北林业大学)

陈 红 (长安大学)

邵旭东 (湖南大学)

陈宝春 (福州大学)

杨晓光 (同济大学)

吴瑞麟 (华中科技大学)

陈静云 (大连理工大学)

赵明华 (湖南大学)

项贻强 (浙江大学)

郭忠印 (同济大学)

袁剑波 (长沙理工大学)

黄晓明 (东南大学)

符铎砂 (华南理工大学)

裴玉龙 (哈尔滨工业大学)

颜东煌 (长沙理工大学)

秘 书 长:沈鸿雁 (人民交通出版社)

总 序

当今世界,科学技术突飞猛进,全球经济一体化趋势进一步加强,科技对于经济增长的作用日益显著,教育在国家经济与社会发展中所处的地位日益重要。进入新世纪,面对国际国内经济与社会发展所出现的新特点,我国的高等教育迎来了良好的发展机遇,同时也面临着巨大的挑战,高等教育的发展处在一个前所未有的重要时期。其一,加入 WTO,中国经济已融入到世界经济的发展进程之中,国家间的竞争更趋激烈,竞争的焦点已更多地体现在高素质人才的竞争上,因此,高等教育所面临的是全球化条件下的综合竞争。其二,我国正处在由计划经济向社会主义市场经济过渡的重要历史时期,这一时期,我国经济结构调整将进一步深化,对外开放将进一步扩大,改革与实践必将提出许多过去不曾遇到的新问题,高等教育面临加速改革以适应国民经济进一步发展的需要。面对这样的形势与要求,党中央国务院提出扩大高等教育规模,着力提高高等教育的水平与质量。这是为中华民族自立于世界民族之林而采取的极其重大的战略步骤,同时,也是为国家未来的发展提供基础性的保证。

为适应高等教育改革与发展的需要,早在 1998 年 7 月,教育部就对高等学校本科专业目录进行了第四次全面修订。在新的专业目录中,土木工程专业扩大了涵盖面,原先的公路与城市道路工程,桥梁工程,隧道与地下工程等专业均纳入土木工程专业。本科专业目录的调整是为满足培养“宽口径”复合型人才的要求,对原有相关专业本科教学产生了积极的影响。这一调整是着眼于培养 21 世纪社会主义现代化建设人才的需要而进行的,面对新的变化,要求我们对人才的培养规格、培养模式、课程体系和内容都应作出适时调整,以适应要求。

根据形势的变化与高等教育所提出的新的要求,同时,也考虑到近些年来公路交通大发展所引发的需求,人民交通出版社通过对“八五”、“九五”期间的路桥及交通工程专业高校教材体系的分析,提出了组织编写一套 21 世纪的具有鲜明交通特色的高等学校教材的设想。这一设想,得到了原路桥教学指导委员会几乎所有成员学校的广泛响应与支持。2000 年 6 月,由人民交通出版社发起组织全国面向交通办学的 12 所高校的专家学者组成 21 世纪交通版高等学校教材(公路类)编审委员会,并召开第一次会议,会议决定着组织编写土木工程专业具有交通特色的道路专业方向、桥梁专业方向以及交通工程专业教材。会议经过充分研讨,确定了包括基本知识技能培养层次、知识技能拓宽与提高层次以及教学辅助层次在内的约 130 种教材,范围涵盖本科与研究生用教材。会后,人民交通出版社开始了细致的教材编写组织工作,经过自由申报及专家推荐的方式,近 20 所高校的百余名教授承担约 130 种教材的主编工作。2001 年 6 月,教材编委会召开第二次会议,全面审定了各门教材主编院校提交的教学大纲,之后,编写工作全面展开。

21 世纪交通版高等学校教材编写工作是在本科专业目录调整及交通大发展的背景下展开的。教材编写的基本思路是:(1)顺应高等教育改革的形势,专业基础课教学内容实现与土木工程专业打通,同时保留原专业的主干课程,既顺应向土木工程专业过渡的需要,又保持服务公路交通的特色,适应宽口径复合型人才培养的需要。(2)注重学生基本素质、基本能力的

培养,为学生知识、能力、素质的综合协调发展创造条件。基于这样的考虑,将教材区分为二个主层次与一个辅助层次,即基本知识技能培养层次与知识技能拓宽与提高层次,辅助层次为教学参考用书。工作的着力点放在基本知识技能培养层次教材的编写上。(3)目前,中国的经济发展存在地区间的不平衡,各高校之间的发展也不平衡,因此,教材的编写要充分考虑各校人才培养规格及教学需求多样性的要求,尽可能为各校教学的开展提供一个多层次、系统而全面的教材供给平台。(4)教材的编写在总结“八五”、“九五”工作经验的基础上,注意体现原创性内容,把握好技术与教学需要的关系,努力体现教育面向现代化、面向世界、面向未来的要求,着力提高学生的创新思维能力,使所编教材达到先进性与实用性兼备。(5)配合现代化教学手段的发展,积极配套相应的教学辅件,便利教学。

教材建设是教学改革的重要环节之一,全面做好教材建设工作,是提高教学质量的重要保证。本套教材是由人民交通出版社组织,由原全国高等学校路桥与交通工程教学指导委员会成员学校相互协作编写的一套具有交通出版社品牌的教材,教材力求反映交通科技发展的先进水平,力求符合高等教育的基本规律。各门教材的主编均通过自由申报与专家推荐相结合的方式确定,他们都是各校相关学科的骨干,在长期的教学与科研实践中积累了丰富的经验。由他们担纲主编,能够充分体现教材的先进性与实用性。本套教材预计在二年内完全出齐,随后,将根据情况的变化而适时更新。相信这批教材的出版,对于土木工程框架下道路工程、桥梁工程专业方向与交通工程专业教材的建设将起到有力的促进作用,同时,也使各校在教材选用方面具有更大的空间。需要指出的是,该批教材中研究生教材占有较大比例,研究生教材多具有较高的理论水平,因此,该套教材不仅对在校学生,同时对于在职学习人员及工程技术人员也具有很好的参考价值。

21世纪初叶,是我国社会经济发展的重要时期,同时也是我国公路交通从紧张和制约状况实现全面改善的关键时期,公路基础设施的建设仍是今后一项重要而艰巨的任务,希望通过各相关院校及所有参编人员的共同努力,尽快使全套21世纪交通版高等学校教材(公路类)尽早面世,为我国交通事业的发展做出贡献。

21世纪交通版
高等学校教材(公路类)编审委员会

人民交通出版社
2001年12月

前 言

桥梁的养护维修与新建是同等重要的,但是长期以来,桥梁工程相关专业的本科生过去一直采用试用教材《桥梁技术改造》(人民交通出版社,1991年),有些学校也未开设这方面的课程。在桥梁养护维修与加固日益重要的今天,我们参考以往类似的教材,结合长安大学这几年的教学实践和国内外科研生产方面的成果,并根据《普通高等教育“十一五”国家级规划教材申请书》的规划内容,编写了这部教材。

本教材以《公路桥涵养护规范》(JTG H11—2004)为主轴,主要内容包括桥梁养护、维修、评定与加固等。第一章~第四章由长安大学黄平明编写,介绍公路桥梁检查与检测、桥梁评定;第五章、第六章由长安大学孙胜江编写,介绍桥梁维修方面的内容;第七章~第十章由长安大学陈万春编写,介绍主要桥梁类型的上部与下部加固理论与方法。参加编写的还有长安大学的许汉铮、王蒂、梅葵花、韩万水、熊文等;全书由黄平明、陈万春主编,东南大学叶见曙教授、长安大学杨炳成教授主审。

由于内容繁杂,为学习方便,教材中采用了较多的图表。教学安排时,可根据课时选择教学内容,除第一章~第四章、第七章、第八章外,其余部分可作选修内容。

由于编写水平有限,教材中不可避免地会出现谬误,敬请读者提出批评和建议,并将意见寄西安市南二环中段长安大学本部桥梁工程系(710064)。

编 者

2008年12月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 概述	1
第二节 桥梁养护维修与加固的基本概念	3
第三节 桥梁加固改造特点	5
第二章 公路桥梁检查	10
第一节 经常检查	10
第二节 定期检查	11
第三节 特殊检查	30
第三章 公路桥梁检测	32
第一节 公路桥梁材料性能检测	32
第二节 公路桥梁荷载试验	53
第四章 公路桥梁评定	64
第一节 公路桥梁线路整体评定	64
第二节 公路桥梁外观调查评定	66
第三节 公路桥梁分析计算评定	72
第四节 公路桥梁荷载试验评定	78
第五节 公路桥梁动力测定的快速评定法	82
第六节 公路桥梁的专家系统评定	84
第七节 桥梁管理系统	86
第五章 公路桥梁缺陷修补	91
第一节 公路桥梁表层缺陷的维修	91
第二节 公路桥梁内部缺陷的维修	98
第三节 公路桥梁结构裂缝的维修	102
第六章 桥梁构件和附属设施维修	107
第一节 桥面板的常见缺损及维修措施	107
第二节 公路桥梁桥面铺装层的维修	108
第三节 公路桥梁伸缩缝和支座的维修	109
第四节 桥梁排水设施、栏杆设施的维修	112
第七章 梁桥加固方法	113
第一节 增大截面加固法	113
第二节 粘贴钢筋加固法	117

第三节	粘贴钢板加固法	118
第四节	粘贴碳纤维加固法	123
第五节	体外预应力加固法	128
第六节	改变结构体系加固法	136
第七节	增设承重构件加固法	139
第八章	拱桥加固方法	141
第一节	砖、石拱桥加固方法	141
第二节	双曲拱桥加固方法	143
第三节	桁架拱桥加固方法	146
第四节	顶推加固技术	147
第五节	喷射混凝土加固技术	149
第九章	下部结构加固方法	154
第一节	下部结构加固方法综述	154
第二节	扩大基础加固法	155
第三节	桩基础加固法	156
第四节	人工地基加固法	157
第五节	旋喷注浆加固技术	160
第六节	桥台加固方法	165
第七节	桥墩加固方法	165
第十章	其他类型加固方法	166
第一节	超重车过桥加固	166
第二节	公路桥梁抗震加固	169
第三节	公路桥梁汛期防护加固	183
参考文献		187

第一章 绪 论

第一节 概 述

一、国外公路桥梁养护现状

一些已建公路桥梁承载能力降低、通行能力不足,不能满足迅速发展的交通需求,是世界各国普遍存在的问题。公路桥梁原设计标准低、结构构件老化,各种材料强度降低也早已引起了世界各国的普遍关注。

1981年4月联合国经济合作与发展组织(OECD)主持召开了关于“道路桥梁维修与管理”的会议,会议提出了桥梁养护方面有待研究的六个问题:如何正确评价现有桥梁的实际承载能力与安全度;如何及早检查并发现桥梁病害与异常现象,正确地检定结构物的损坏程度,从而采用合理的维修加固方法;桥梁损坏与维修加固的实际应用;桥梁维修加固新技术;桥梁设计与维修管理的关系(如何把维修加固中发现问题,放到今后桥梁设计中进行考虑);桥梁维修加固的展望。

1991年第二届混凝土耐久性国际学术会议上,Metha教授在其报告中指出,当今世界,混凝土破坏的原因,按重要性递降顺序排列是钢筋腐蚀、寒冷气候下的冻害、侵蚀环境下的物理化学作用。20世纪40年代以来,混凝土建筑业的迅猛发展,混凝土制作的构件强度能满足要求,但从钢筋保护和混凝土耐冻、耐腐蚀的角度看,则不满意,即当今更多的混凝土结构,比50年前更不耐久。

在桥梁检测方面,美国基本上代表了目前世界上的先进水平。无损检测(NDE: Non-Destructive Evaluation)是诸多检测方法中使用最普遍的。历史上的NDE技术主要有涡流仪法、磁试验法、渗透法、X射线法和超声法五种,目前这些技术又有了新的发展,如声发射、磁分子和磁漏,还有层析摄像仪、全息摄影、冲击反射和回弹锤、远红外热像仪、微波吸收、中子射线照相和散射、核磁共振、光干涉、流体渗透、脉冲雷达、超声波、X射线衍射、共振超声光谱仪和振动模态分析等技术。对混凝土进行探伤或半探伤检测的技术也已比较成熟,如拔拉试验(间接测试抗剪、抗拉强度)、拉伸试验(抗拉强度)、折断试验(抗折模量)、WINDSON试验(抗贯入)、TESCON试验(应力—应变关系)、CORES试验(强度)、成熟度法(温度与时间关系)和渗透性试验(氯离子、电和气体渗透)等。目前正致力于研究用超导材料技术进行混凝土结构钢筋锈蚀度的检测方法。

在桥梁评定方面,各国都根据具体情况制定了分级排序的国家标准,基本方法大同小异,大多是采用模糊分级的方法。美国主要采用桥梁缺陷分级标准,美国联邦公路管理局(FHWA)对每座桥梁收集了116个项目的数据,将桥梁缺陷分为10级(0~9)。英国主要采用桥梁检测优先级标准,依据桥龄分级 R_a 、桥型分级 R_f 、薄弱部位分级 R_d 、交通量分级 R_v 、 R_u 。路线重要性分级 R_i 等进行整体评分分级 T_A ($T_A = 4R_a + 2R_f + R_d + R_v + R_u + R_i$),并依据 T_A 将检

测优先级分为5级(1~5),等级数越小的桥梁越应予以优先检测。日本、加拿大主要采用荷载效应的修正法进行承载能力评定,但目前正向专家系统评估方向发展。前苏联在桥梁评价和寿命评估方面也作了不少研究工作,并提出了相应的评定标准。

在桥梁维修加固方面,发达国家发展已趋成熟。美国及西欧的一些国家先后编制了桥梁加固与维修指南,并设有专业化的施工队伍,桥梁养护加固向专业化、标准化方向发展。最常见的加固技术主要有增大截面和配筋加固,粘贴钢板(筋)加固,改变结构受力体系加固,桥面补强层加固,增加辅助构件加固,体外预应力加固,粘贴复合材料(如碳纤维)加固等。

在桥梁养护管理系统方面,美国、日本、丹麦等发达国家先后建立了完善的桥梁养护管理系统,并通过系统研究形成了一套完整的桥梁检测、评定与加固改造体系。

二、我国公路桥梁现状

50多年来,特别是改革开放以来,我国公路桥梁建设已取得巨大成就。2005年,我国公路桥梁总数已达33.66万座,其中大部分为中、小跨径桥梁,且分布在技术标准低、通行能力差的县乡公路上,约有1/3处于需进行中修、大修或改造的状况。除此而外,属荷载标准低、桥面宽度窄、不能满足通行要求的约占桥梁总长的15%。

近年来,我国的桥梁工作者对公路桥梁的检测、评定、加固改造进行了大量的研究工作,并取得了一定的成绩。2002年,国家继续实行积极的财政政策,全国公路养护工程共计投入578.7亿元,公路路网改造工作的力度进一步加大,特别是加大了危桥改造。从2002年起,交通部^①决定对危桥改造的补助投资力度由原来每年的2亿元提高到5亿元。

在桥梁检测方面,我国在大量引进并相继开发了混凝土强度和缺陷超声波检测设备、智能化红外成像测试设备、智能钢筋及保护层测量仪和钢筋锈蚀电位测量等先进设备。这些先进检测仪器的引进、研制与开发为我国公路桥梁检测,特别是钢筋混凝土桥梁材质状况的检测,提供了更加先进、更加科学的保障。

在桥梁评定方面,交通部于1988年颁布了主要针对钢筋混凝土、预应力混凝土和圬工拱桥的《公路旧桥承载能力鉴定方法》(试行),该方法主要是基于技术状况调查和荷载试验,对桥梁承载能力的检算基本上是按现行的有关公路桥梁设计规范进行,根据桥梁调查、检算及荷载试验情况,采用桥梁检算系数 Z_1 和 Z_2 对检算结果进行修正。近年来,国内外一些学者在桥梁承载能力评定方法方面曾做过大量的研究,先后提出了以计算为主的评定方法、基于桥梁质量检查的评定方法、动态法测定桥梁承载能力及荷载试验与计算分析相结合的方法等多种方法。

在桥梁加固方面,产、学、研密切合作,结合工程实践展开了大量研究工作,并取得了丰硕的理论成果。1991年中国工程建设标准化协会颁布了《混凝土结构加固技术规范》(CECS 25:90);2004年交通部颁布了《公路桥涵养护规范》(JTG H11—2004)。2007年初,相关单位已编制《公路旧桥承载能力评定方法及工程实例》、《公路旧桥检算分析指南及工程实例》、《公路旧桥加固成套技术及工程实例》等。2008年8月,交通运输部颁布了《公路桥梁加固设计规范》(JTG/T J22—2008)和《公路桥梁加固施工技术规范》(JTG/T J23—2008),并于2008年10月1日起实施。

^①交通部已更名为交通运输部。

近年来,新材料、新工艺的大量出现也为我国桥梁技术改造提供了更加广阔的研究空间。我国在桥梁的检测、评定与加固方面取得了飞速的进步,但同发达国家相比,在以下四个方面仍存在着较大差距:

- (1) 桥梁检测手段和仪器设备的开发研制;
- (2) 桥梁检测、评定、加固的系统化及标准化;
- (3) 养护、维修加固材料和工艺设备;
- (4) 相关技术标准、应用规程及施工指南的制订。

第二节 桥梁养护维修与加固的基本概念

为保证桥梁的正常运营,尽量保持和延长桥梁的使用年限,对桥梁结构进行日常养护维修是非常必要的。当桥梁结构物无法满足承载能力、通行能力(如荷载标准提高、原结构严重损伤从而使承载能力降低、桥面过窄妨碍车辆畅通)、防洪等要求时,则需对桥梁结构进行必要的加固、拓宽等技术改造。因此,桥梁竣工验收并交付使用后,将进行两方面的工作,其一是日常的养护维修,其二是针对桥梁在运营过程中实际存在的问题与新的使用要求,进行必要加固改造。具体来说,桥梁养护的工作内容和基本要求主要有以下几方面:

(1) 建立、健全公路桥涵的检查、评定制度。对公路桥涵构造物进行周期检查,系统地掌握其技术状况,及时发现缺损和相关环境的变化。按桥梁检查结果,对桥梁技术状况进行分类评定,制订相应的养护对策。

(2) 建立公路桥梁管理系统和公路桥梁数据库,实施桥涵病害监控,实施科学决策。逐步建立特大型桥梁荷载报警系统,地震、洪水和流冰等预防决策系统。

(3) 公路桥涵养护应做到:桥涵外观整洁,桥面铺装坚实平整、横坡适度,桥头连接顺适,排水通畅,结构完好无损,标志、标线等附属设施齐全完好。

(4) 桥涵构造物的养护,首先应使原结构保持设计荷载等级的承载要求及设计交通量的通行要求。根据交通发展的需要,也可通过改造或改建来提高承载能力和通行能力。

(5) 在确定改造或改建工程方案时,应注意新旧结构之间的关系,充分发挥原有结构的作用。

(6) 养护作业和工程实施应注意保障车辆、行人的安全通行及环境保护。

(7) 桥涵构造物养护应有对付洪水、流冰、泥石流和地震等灾害的防护措施,同时备有应急交通方案。

(8) 新建或改建桥梁交工接养,应有完备的交接手续并提供成套技术资料。特大、大桥应配置养护设施、机具,设置养护工作通道、扶梯、吊杆、平台。设计单位应提供养护技术要点及要求。未配置或配置不能完全满足养护工作需要的,可根据实际需要予以增添。

(9) 桥涵构造物的检查及技术状况评定、养护对策,维修、加固、改建的竣工验收等有关技术文件,均应按统一格式完整地归入桥梁养护技术档案及数据库。

一、桥梁的养护维修

桥梁的养护维修是指为保持桥涵及其附属物的正常使用而进行的经常性保养及维修作业,预防和修复桥涵灾害性损坏与提高桥涵质量、服务水平而进行的改造。各类养护工程分别

包括下列内容:

(1)小修保养工程。对管养范围内的桥涵及其工程设施进行预防性保养和修补轻微损坏部分,使其经常保持完好状态。它通常是由基层管理机构在年度内小修保养定额经费内,按月(旬)排计划,经常进行的工作。

(2)中修工程。对管养范围内的桥涵及其工程设施的一般性磨损和局部损坏,进行定期的修理加固,恢复原状的小型工程项目。它通常是由基层管理机构按年(季)安排计划并组织实施。

(3)大修工程。对管养范围内的桥涵及其工程出现的较大损坏,进行周期性的综合修理,以全面恢复到原设计标准;或在原技术等级范围内进行局部改善和个别增建,以逐步提高通行能力的工程项目。

(4)改建工程。对桥梁及其工程设施因不适应交通量、载重、泄洪或局部改建需要提高技术等级及重建,或通过改建显著提高其通行能力的较大工程项目。

(5)专项抢修工程。这是指采用临时性措施在最短的时间内恢复交通的工程设施。专项修复工程是指采用永久性措施恢复桥涵原有功能的工程措施。对于阻断交通的桥涵恢复工程,应优先考虑。

按照《公路桥涵养护规范》(JTG H11—2004)的要求,公路桥涵养护应遵循下述技术政策。

(1)公路桥涵养护工作按“预防为主,防治结合”的原则,以桥面养护为中心,以承重部件为重点,加强全面养护。

(2)推广应用先进的养护技术和科学的管理方法,改善养护生产手段,提高养护技术水平,大力推广和发展公路桥涵养护器械。

(3)公路桥涵的养护按其工程性质、规模大小、技术难易程度划分为小修保养、中修、大修、改建和专项抢修工程五类。

(4)桥涵养护工程应重视经济技术方案的比选,并充分利用原有工程材料和原有工程设施,以降低成本。

(5)重视环境保护和环境综合治理。

二、桥梁加固

桥梁加固的含义为:当桥涵构造物局部损坏或承载力不足时,对桥涵构造物所进行的修复和补强工程措施。通过改善结构性能,恢复和提高桥梁结构的安全度,提高其承载能力和通过能力,以延长桥梁的使用寿命,使整个桥梁结构可满足规定的承载力要求,并满足规定的使用功能需求。桥梁加固一般是针对三~五类桥梁,或者是临时需要通过超重车的桥梁。有些时候,加固补强和桥梁拓宽、抬高等技术改造工程同时进行,以满足并适应了发展的交通运输的要求。

桥梁结构的安全性包括:结构的承载力、刚度、稳定性及耐久性等指标,即桥梁结构必须满足承载能力要求及正常使用功能要求。桥梁结构应具有足够的强度,以承受作用于其上的荷载,使桥梁结构的构件或其连接不致破坏;结构各部分应具有足够的刚度,以使其在荷载作用下不产生影响正常使用的变形;构件的截面必须有适当的尺寸,使其在受压时不发生屈曲而丧失稳定性。对桥梁结构不仅要保证结构具有整体强度、刚度及稳定性,而且必须保证结构各组成部分具有足够的强度、刚度及稳定性,同时结构物必须具备良好的使用性能与耐久性。但

是,桥梁结构由于所受荷载的随机性、材料强度的离散性、制造与安装质量的不确定性以及理论计算的近似性等原因,其实际安全度往往是一个不确定值。有的桥梁由于设计与建造年代久远,设计荷载标准偏低,重车增多后而不适应;有的桥梁由于采用了不恰当的结构形式或采用了不合理的设计计算方法,导致桥梁结构实际受力状态与力学图式不尽相符;有的桥梁在施工时由于质量控制不严、管理不当造成不应有的缺陷;有的则是因为不注意日常养护维修整而导致结构产生缺陷;有的是使用不当而不能维持正常的工作条件等。

第三节 桥梁加固改造特点

桥梁加固改造是一项十分重要而又极具专业性的工作,要求将专业基础理论与桥梁病害有机结合在一起,需要考虑的因素涉及方方面面。从某种意义上讲,无论是加固改造方案的拟订与设计计算,还是加固改造的具体实施,其难度往往比新建桥梁还大。

一、桥梁加固改造中的技术分类

桥梁主要承重结构的加固补强的根本目的是为了恢复和提高其承载能力,改善其使用性能,防止桥梁结构的安全隐患,提高其通行能力。加固与技术改造的方法大致分以下几种类型。

1. 加固补强薄弱构件

对于有严重缺陷或因通行重型车辆而不能满足承载力要求的薄弱构件,可以采用新的材料(钢筋、钢板、混凝土、复合材料等),以增大构件的截面尺寸、增设外部预应力钢筋或用化学粘贴剂、粘贴补强材料等补强措施进行加固补强,这种方法实际上是通过增加刚度或增加受力材料数量来提高原构件的承载能力。

2. 增设辅助构件

在原结构基础上增加新的受力构件,如在多梁式梁桥中为增强横向联系而增设端横梁、中横梁;又如桩基承载力不足时,增设扁担桩、增设扩大承台等。

3. 改变结构体系

不同的结构体系其受力性能不同,通过结构体系的转换来改变原有结构的受力状况,人为地改善原结构受力整体性能,以达到改善和提高桥梁承受荷载能力的目的。例如将有推力体系的拱桥改变成无推力体系的拱桥以改善拱圈、拱脚及拱顶截面的受力状态;又如将原有的多孔简支梁桥通过一定的构造措施改变为连续梁桥,利用连续体系来改善原有简支梁跨中部分的受弯等。结构体系的转变一般都能起到较好的加固补强效果,但随着体系的改变所形成的新体系中,某些构件或截面的受力需按新体系进行认真地检算,并采取相应的措施。

4. 更换构件

桥梁局部构件有严重缺陷而不易修复时,也可采用新的构件替换原有结构。如斜拉桥的拉索锈蚀损坏时,可用新的拉索来替换;当桥梁支座失去功效而不能满足主梁变形受力要求时,可将主梁顶起更换支座;又如少筋微弯板梁桥的微弯板,破损后不易修复,也可考虑更换;再如双曲拱桥的拱波、刚架拱桥的桥面板等。

5. 桥梁加宽

当桥梁宽度不足影响到桥梁通行能力时,桥梁就需要加宽。加宽一般和提高荷载等级、改

善桥面线形等同时进行。

6. 其他上部结构的特殊改造方法

有些加固改造方法在实际工程中应用不多,如桥梁平面线形的改善,桥梁的升高、降低等。

7. 墩台基础处理

在桥梁上部结构进行补强加固提高其承载能力的同时,对桥梁下部结构及基础是否需采取补强措施也应认真研究。如果原桥下部结构及基础具有足够的潜力,足以满足上部结构补强加固所增加的桥梁自重以及活荷载对它的要求时,则可不再采取补强措施。

如果墩台基础的承载能力不足,或者上部结构缺陷、承载能力的降低等是由于墩台与基础的位移或缺陷等原因引起的,则应对原桥墩台基础进行必要的补强加固。常用的方法较多,如基础灌浆,加钢筋混凝土桩,扩大承台、基础及台后打粉喷桩,基础周围抛置片石、块石(常置于钢筋笼内,主要用于防冲刷)等。

8. 桥台加固

当桥台本身因其强度刚度不足时,可能发生较大的位移,可采用的方法很多,如对桥台进行顶推,改变桥台结构形式,对桥台身进行局部补强等。

9. 桥墩加固

桥墩的加固补强技术,一般通过对桥墩结构的补强、限制或减小墩顶的位移、增加墩身承载能力(如改变墩身结构形式、增加墩身截面面积)等途径进行。

二、加固改造的一般特点

桥梁加固改造方案的拟订,首先必须根据桥梁现有的技术状况和使用荷载的要求,对加固改造的必要性和可行性作出判断,然后对各种可能的加固改造方案的技术经济效果进行分析比较,从中选择合理的改造方案,总体上应注意以下问题:

(1)一般来说,需加固改造的桥梁结构,均有一定的病害,结构已处于相对危险的状态,故加固改造方案必须考虑尽可能少地扰动原结构,特别是主要承重结构,以策安全。

(2)桥梁的加固改造工程通常要求在不中断交通、尽量少中断交通或者没有交通干扰的条件进行施工,故要求施工工艺简单且容易操作,施工速度快、工期短。

(3)加固改造的施工面狭窄、拥挤,常受原有结构物的制约。

(4)补强加固施工往往对相邻结构构件也产生影响。

(5)加固改造施工中对原结构的拆除、清理工作量大,工程较繁琐零碎,并常常隐含许多不安全因素,要求施工人员更加注意操作安全与施工质量,严格进行施工管理。

(6)加固改造的方案拟订与设计计算,要充分考虑新、旧结构的强度、刚度与使用寿命的均衡,以及新、旧结构共同工作,特别应注意新增混凝土部分在达到一定的龄期前仅仅只能作为恒载来考虑。

(7)加固改造方案应尽可能周密考虑增加和减少对原结构的影响,旧结构的拆除与新结构的补加,在有些桥梁结构形式中应考虑减载、加载程序;对大多数桥梁结构,以增加最少的荷载为宜。

三、加固改造的技术要求

(1)加固方案及实施应尽量减少对原有结构的损伤,并充分利用原有的结构构件的承载能力,且应保证原有结构保留部分的安全性与耐久性。对于确无利用价值的构件则予以报废、

拆除,但其材料应尽可能考虑回收。

(2)加固改造应做到可靠、安全、耐久,满足使用要求,这实际上是对桥梁进行技术改造的基本要求与目的。

(3)加固改造工程在施工过程中,应尽量不中断或少中断交通,改造工程的技术经济指标应包括由于交通受阻等所带来的经济损失。

(4)加固改造工程的施工,应是技术上简易可行,施工上方便,所要求的机具设备尽量简单易操作,且应重量轻,体积小。

(5)加固改造应尽可能地采用轻质材料,也应尽可能地探索使用新材料。

(6)对于某些由于因下部结构或基础的不均匀沉降等原因而导致的上部结构的损伤,或由于其他偶然因素(如地震、强风、船舶碰撞等)所引起的结构损伤,在进行补强加固时应同时考虑采取消除、减小或抵御这些不利因素的措施,以免在加固后结构物继续受此因素的影响。

四、加固改造工程必须满足的基本条件

加固改造应满足以下基本条件:

(1)桥梁经技术改造后,其结构性能、承载能力与耐久性等都能满足使用上的要求。

(2)具有较明显的经济效益和社会效益。

对于桥梁结构物的改造可以采用两种不同的方式,一种是废弃原有结构物进行重建,这就相当建造一座符合新的使用要求的新桥,但还要包括拆除原桥的工程;另一种是充分利用原桥进行加固补强,若需加宽则再行拓宽。桥梁加固改造的经济效益反映在它的耗资明显地低于新建,否则就无法体现其优越性。研究表明,加固改造旧桥的投资一般应低于新建桥梁投资的40%~50%,当然,还应考虑相关社会效益及其影响。

为了更好地对各种技术改造方案进行技术经济比较,对各种改造方案进行评价,从中选择合理的技术改造方案,可以用以下两个指标进行分析比较。

1. 结构改善系数 k

桥梁加固改造的主要目的之一就是提高桥梁的承载能力,结构改善系数 k 就是表示经加固改造后桥梁承载能力提高的百分率,即

$$k = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_1} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中: Q_1 ——桥梁加固改造前通过活荷载的能力;

Q_2 ——桥梁加固改造后通过活荷载的能力。

目前对桥梁的承载能力尚缺乏准确的、可以完全量化的评定方法,即式(1-1)中的 Q_1 、 Q_2 尚难量化。一般而言,桥梁加固改造往往是通过增强原结构的抗弯刚度来提高其承载能力的,故结构改善系数 k 可以转换为加固改造前后在设计荷载作用下所产生的最大挠度值的变化来表达,即

$$k = \frac{f_1 - f_2}{f_1} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中: f_1 ——加固改造前原结构在设计荷载作用下的最大挠度;

f_2 ——加固改造后同一荷载作用下的最大挠度与由加固改造所增加的恒载产生的挠度之和。

f_1 、 f_2 的取值,当有试验资料时,可用实测挠度值;无试验资料时可采用理论计算值。

2. 成本效益系数 F

成本效益系数是指加固改造工程单位成本所得的“结构改善系数”,成本效益系数愈大,说明该桥技术改造的经济效益愈好。成本效益系数 F 表示为:

$$F = k/S \quad (1-3)$$

式中: S ——每平方米桥面所需的技术改造费用;

k ——结构改善系数。

不同的加固改造方案其技术经济效益往往会因桥而异,因为影响经济效益的因素很多,例如桥梁结构形式差异,桥梁跨径的大小,损伤程度,加固补强设施的养护费用,中断、阻塞交通的损失,加固后的耐久性,安全和环境干扰程度等。因此,只有对加固改造工程的技术经济效果进行全面的综合评价,方能对方案的选择作出合理的判断。

五、加固改造的设计计算原则

桥梁加固改造工程必须进行详细的设计计算,对关键的技术措施应尽量在事先进行必要的试验,以掌握其技术要求及检验方法。进行加固改造设计计算应遵循以下基本原则。

(1) 应按现行公路桥涵设计规范进行设计。改造后的桥梁在使用荷载作用下,原有结构及新增加结构各部分的强度、刚度及裂缝限值等均应符合规范要求。

(2) 应明确加固改造的具体目标,以确定加固改造设计计算方法。一般的桥梁加固改造是永久性的,有一些是临时性的,如超重车过桥。不同的目标有不同的计算方法。

(3) 当仅要求提高原桥的承载能力时,改造工程可在原有结构保持恒载作用状态下进行。此时,原有结构的全部恒载及补强加固所增加的恒载,可以考虑由原构件(截面)承受,汽车荷载作用则由原结构和新增构件(截面)共同承担。

(4) 在桥梁有条件中断交通和卸除部分恒载时,可以减少桥梁的恒载作用,采取卸载措施,使桥梁在卸载部分恒载的状态下进行加固改造工作。此时,新增构件(截面)除与原有构件共同承受活荷载外,还承受原有结构的一部分恒载。

(5) 设计时应周密考虑并采取必要措施,保证新旧结构、新旧混凝土的整体性并能共同工作。新旧结构的混凝土往往会由于收缩不同而导致结构内力重分布,从而引起新旧混凝土结合面的开裂,这会影响结构的整体性。因此,在设计时应注意尽量减小混凝土收缩的不利影响而采取相应的措施,如可采用微膨胀混凝土。

(6) 设计计算的力学图式,应充分考虑已损坏结构的实际受力状态,这种力学图式不能使加固设计结果偏不安全。

(7) 设计计算时应恰当考虑利用原有结构的承载能力。

六、加固工程设计的工作程序

(1) 根据桥梁管理系统的资料,初步确定需要进行加固改造的桥梁(主要是三~五类桥梁)。