

谢开仲 陈光强 / 主编

桥梁

加固与改造

QIAOLIANG
JIAGU YU GAIZAO



电子科技大学出版社

桥梁

加固与改造

谢开仲 陈光强 / 主编



电子科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

桥梁加固与改造 / 谢开仲, 陈光强主编. — 成都:
电子科技大学出版社, 2017.5
ISBN 978-7-5647-4443-4

I. ①桥… II. ①谢… ②陈… III. ①桥—加固②桥—改造 IV. ① U445.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 107908 号

桥梁加固与改造

谢开仲 陈光强 主编

策划编辑 罗 雅
责任编辑 唐祖琴

出版发行 电子科技大学出版社
成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦九楼 邮编 610051

主 页 www.uestcp.com.cn
服务电话 028-83203399
邮购电话 028-83201495

印 刷 成都市火炬印务有限公司
成品尺寸 185mm×260mm
印 张 11.75
字 数 301 千字
版 次 2017 年 5 月第一版
印 次 2017 年 5 月第一次印刷
书 号 ISBN 978-7-5647-4443-4
定 价 42.00 元

版权所有 侵权必究

序

随着科学技术的迅猛发展、全球经济一体化趋势的进一步加强以及国力竞争的日趋激烈,作为实施“科教兴国”战略重要战线的高等学校,面临着新的机遇与挑战。高等教育战线按照“巩固、深化、提高、发展”的方针,着力提高高等教育的水平和质量,取得了举世瞩目的成就,实现了改革和发展的历史性跨越。

在这个前所未有的发展时期,高等学校的土木类教材建设也取得了很大成绩,出版了许多优秀教材,但在满足不同层次的院校和不同层次的学生需求方面,还存在较大的差距,部分教材尚未能反映最新颁布的规范内容。为了配合高等学校的教学改革和教材建设,体现高等学校在教材建设上的特色和优势,满足高校及社会对土木类专业教材的多层次要求,适应我国国民经济建设的最新形势。人民交通出版社组织了全国二十余所高等学校编写“交通版高等学校土木工程专业规划教材”,并于2004年9月在重庆召开了第一次编写工作会议。确定了教材编写的总体思路。于2004年11月在北京召开了第二次编写工作会议。全面审定了各门教材的编写大纲。在编者和出版社的共同努力下,这套规划教材已陆续出版。

在教材的使用过程中,我们也发现有些教材存在诸如知识体系不够完善,适用性、准确性存在问题,相关教材在内容衔接上不够合理以及随着规范的修订及本学科领域技术的发展而出现的教材内容陈旧、亟待修订的问题。

本书包括绪论、桥梁常见的缺陷、桥梁质量检测、桥梁的设计作用、桥梁支座、桥梁墩台、常见梁桥加固技术、拱桥加固改造、下部结构加固改造等内容。本书的编写原则是“厚基础、重能力、求创新,以培养应用型人才为主”,强调结合新规范、增大例题、图解等内容的比例并适当反映本学科领域的新发展,力求通俗易懂、图文并茂。其中对专业基础课要求理论体系完整、严密、适度,兼顾各专业方向,应达到教育部和专业教学指导委员会的规定要求;对专业课要体现出重应用及加强创新能力和工程素质培养的特色,保证知识体系的完整性、准确性、正确性和适应性,能够反映桥梁工程领域的最新技术发展、符合我国国情、与现有教材相比具有明显特色是本书所力求达到的。

编者

2017年6月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 概述	2
第二节 桥梁加固的基本概念	4
第三节 桥梁加固改造特点	6
第四节 桥梁检测与维修加固的意义	11
第二章 桥梁常见的缺陷	14
第一节 桥梁承载能力不足	14
第二节 裂缝产生的原因及特性	17
第三节 墩台及其他病害	21
第四节 常用的桥梁加固修补材料	25
第三章 桥梁质量检测	44
第一节 桥梁实验与检测的意义	44
第二节 桥梁荷载试验	47
第三节 桥梁结构检查	63
第四章 桥梁的设计作用	75
第一节 作用分类和作用代表值	75
第二节 永久作用	78
第三节 可变作用	79
第四节 偶然作用	89
第五节 作用效用组合	91
第五章 桥梁支座	96
第一节 常用支座的类型和构造	96
第二节 支座的布置	101
第三节 支座的计算	103

第六章 桥梁墩台	109
第一节 作用在桥梁墩台上的作用及组合	109
第二节 桥梁墩台的计算与验算	116
第七章 常见桥梁加固技术	128
第一节 桥梁加固的基本原理	128
第二节 增大梁截面加固方法与技术	129
第三节 粘贴加固	131
第四节 体外预应力加固技术	138
第五节 改变结构体系加固技术	141
第六节 扩大基础加固方法	142
第八章 拱桥加固	147
第一节 砖、石拱桥加固方法	147
第二节 双曲拱桥加固方法	149
第三节 桁架拱桥加固方法	152
第四节 喷射混凝土加固技术	156
第五节 顶推加固技术	160
第九章 下部结构加固改造	163
第一节 桩基础加固法	163
第二节 增补桩基加固	164
第三节 人工地基改良加固	166
第四节 旋喷注浆加固技术	169
第五节 桥台加固方法	174
第六节 墩台加固方法	175
参考文献	178

第一章 绪 论

桥梁是跨越江河、山涧,供人、车通行的人工构造物,是道路的重要组成部分。在工程建设中,一般来说桥梁与涵洞的造价平均占公路总造价的10%~20%,在山区高等级公路中,所占的比例会更大。随着道路等级的提高,其所占比重还会增大。在技术方面,桥梁技术难度一般比公路土石方工程大,机械设备使用多,对技术工种、技术工人的数量和要求也较高。在工期方面,一般来说一些大桥或特大桥往往成为一条线路中的工期控制点。从维修方面来说,战争、地震等造成的桥梁损坏,修复难度大,持续时间长,引起的直接损失和间接损失均很大。

桥梁作为交通的重要组成部分,与政治、经济、军事、科技、文化、艺术等也都有密切的关系。政治安定、经济繁荣,桥梁事业就得到发展,反之,桥梁事业就会停滞不前。而战争,一方面促进了桥梁技术的进步,同时也带来极大的破坏。桥梁与科技的关系自不待言,与文化艺术的关系也可从桥梁建筑的风格、装饰等方面看出。

早期的桥梁均利用天然材料,简易而跨越能力极弱,且耐久性差。砖的发明开始了人工材料应用的历史,而铁的发现一方面为开采矿石扩大其应用提供了可能,另一方面铁用于桥梁也引起了桥梁技术的极大进步。19世纪,混凝土的发明、钢的应用,使桥梁技术产生了革命性的飞跃,从此进入了预应力混凝土桥与钢桥并驾齐驱的新时代。

新材料的应用是桥梁技术前进的巨大动力之一,而计算理论的发展是桥梁技术进步的另一个重要因素。从远古的经验积累,到后来的材料力学、结构力学、弹塑性力学等计算理论,容许应力法、极限状态法以及全概率设计的设计理论,以及当今计算机应用的普及,这些都不断地推动着桥梁技术的进步。施工技术的进步和创新更使得当今的桥梁结构日新月异。可以说桥梁建筑从古到今得到了极大的发展,现在已经进入技术全面进步的时代。

桥梁技术的进步与各个领域新的理论与技术成果不断地被应用是分不开的。一方面,桥梁建筑设备机具的进步、施工方法的改进、新工艺的产生等,都是桥梁技术进步的重要因素。因而,桥梁技术进步反映着一国一地的综合能力和科技水平。另一方面,随着人类交往的日益增加,人类文明成果更快更广泛地得以传播,加速了桥梁技术进步的进程。因此,桥梁技术是伴随着人类文明的发展而不断进步的,它反过来也不断促进着工程技术的进步,它在一定程度上成为人类文明的表征,代表着一个时期和一个地区的文化与科学技术的水平,还经常成为一城一地的象征,如美国旧金山的金门大桥,英国伦敦的塔桥,澳大利亚悉尼的钢拱桥,上海的南浦、杨浦和卢浦大桥。

桥梁工程这门课程是为本科生将来从事桥梁工程规划、勘测设计、施工、建设与使用管

理和科研等掌握专业知识、培养能力的一门专业主干课程。本章作为全书的“概论”，将简要介绍国内外桥梁工程的发展概况、桥梁的组成与分类、桥梁的规划设计、使用管理、桥梁的设计荷载等。

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(OCED)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的问题,放到今后桥梁设计中考虑);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,混凝土建筑工业的迅猛发展,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 Evalation)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,还有层析摄影、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,如拨拉试验(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)、COR. ES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(FH - WA)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_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。苏联在桥梁评价和寿命评估方面也做了不少研究工作,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/TJ22—2008)和《公路桥梁加固施工技术规范》(JTG/TJ23—2008),并于2008年10月1日起实施。

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至五类桥梁,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,以满足并适应发展了的交通运输的要求。

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剂、粘帖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新体系中,某些构件或截面的受力需按新体系进行认真的检算,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. 墩台基础处治

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要采取补强措施也应认真研究。如果原桥下部结构及基础有足够的潜力,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做出判断,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,以防安全。

(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,工程较烦琐零碎,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荷载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及耐久性。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. 结构改善系数后

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,故结构改善系数后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

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,方能对方案的选择做出合理的判断。

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,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,这会影响到结构的整体性。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)。

(2)实地初步调查(一般检查)上述桥梁的病害,并分析病害发生的原因;查找原桥技术资料。

(3)调查并确定加固改造的目的、要求及技术标准。

(4)原桥承载能力及技术状况的评定与理论分析,确定是否进行特殊检查,如动静载试验。

(5)确定试验方案,并进行特殊试验,进一步确定是进行加固改造还是将桥梁废弃。

- (6)技术改造方案的拟订与设计计算。
- (7)施工图绘制及工程数量统计与预算编制。
- (8)加固完成后的测试和验收。

第四节 桥梁检测与维修加固的意义

在科学技术发展过程中,科学试验起着非常重要的作用。对土木工程而言,建筑材料、结构体系、设计理论、施工方法是其发展进步的四个主要支柱,从土木工程设计理论的演变历史来看,每一种理论体系的建立和发展,一般都建立在大量的科学试验、生产实践基础上。试验研究对于推动和发展结构设计计算理论、解决生产实践中出现的疑难问题等方面往往起到了重要的、不可替代的作用。

在桥梁工程的发展中,桥梁试验检测也起到了同样重要的作用。大量的试验研究成为促进桥梁结构设计计算理论、设计方法不断发展的推动力之一。桥梁试验检测是对桥梁原型结构或桥梁模型结构直接进行的科学试验工作。一般说来,研究性试验多利用模型结构进行,以更全面准确地反映各种因素的影响,也便于加载测试工作的开展,目的是研究结构的受力行为,探索结构的内在规律,为设计施工服务;而针对桥梁原型结构开展的试验多属于检验性、验证性试验,其目的是通过试验,掌握桥梁结构在试验荷载作用下的实际工作状态,判定桥梁结构的承载能力和使用性能,检验设计与施工质量,桥梁原型试验也称之为桥梁检测。不论是模型试验还是原型试验,大体都包括试验准备、理论计算、加载测试、分析整理等一系列工作内容。

随着交通事业的蓬勃发展,新结构、新材料、新工艺的不断涌现,既有桥梁服役年限的增长与病害的发展,桥梁检测试验技术日益受到人们的重视,并不断得到发展和提高。桥梁试验的任务主要包括以下几个方面。

(1)确定新建桥梁的承载能力和使用性能。对于重要的桥梁结构,在建成竣工后,通过桥梁检测考察该桥的施工质量与结构性能,判定桥梁结构的实际承载能力,为竣工验收、投入运营提供科学的依据。对于新型或复杂的桥梁结构,通过系统的桥梁静动载试验可以掌握结构在荷载作用下的实际受力状态,探索结构受力行为的一般规律,为充实和发展桥梁结构的设计计算理论积累资料。

(2)评估既有桥梁的使用性能与承载能力。对于既有桥梁结构在运营期间,因受水害、地震等自然灾害而损伤,或因设计施工不当而产生严重缺陷,或因使用荷载大幅度增长而超过设计荷载等级,或在加固改造完成之后、重新开通之前,通常通过桥梁检测来评估既有桥梁的使用性能与承载能力,为既有桥梁的养护、管理、加固、改建或限载对策提供科学的依据。这对于缺乏完整技术资料的旧桥更为必要。

(3)研究结构(构件)的受力行为,总结结构受力行为的一般规律。随着桥梁工程的不断发展,新结构、新材料、新工艺的推广应用,原有的规范、规程往往不能适应工程实践的要