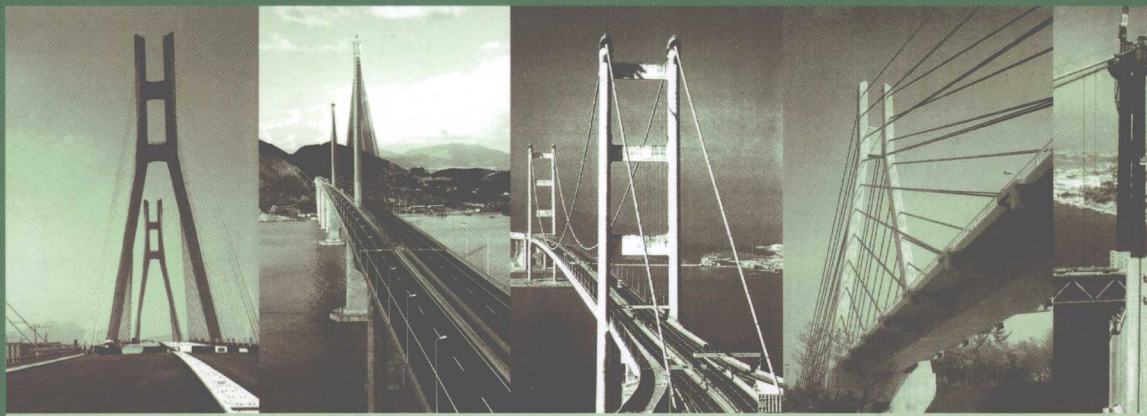


B

BRIDGE MAINTENANCE AND MANAGEMENT

现代桥梁养护与管理

陈惟珍 徐俊 龙佩恒 等编著 >>>



人民交通出版社
China Communications Press

现代桥梁养护与管理

Bridge Maintenance and Management

陈惟珍 徐 俊 龙佩恒 等编著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是根据作者的科研团队在桥梁养护与管理方面多年的研究与实践,并参阅国内外工程经验编写而成,目的是对既有桥梁在运营阶段的科学养护与管理工作的全面系统的总结。主要内容有:现代桥梁养护与管理的工作内容和管理信息技术,桥梁检测、评估和鉴定的方法及原理,桥梁桥面系、上部结构和下部结构的病害及其成因和处治措施,常见复杂桥型的养护技术问题,并附有一座大型桥梁养护技术规程作为示例。

本书可供从事桥梁养护与管理的工程技术人员使用,也可供桥梁设计人员与施工人员参考或作为桥梁工程专业的教学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

现代桥梁养护与管理 / 陈惟珍等编著. —北京:人民交通出版社, 2010. 1

ISBN 978-7-114-08203-0

I. 现… II. 陈… III. 桥—保养 IV. U445.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第006215号

书 名: 现代桥梁养护与管理

著 作 者: 陈惟珍等

责任编辑: 曲 乐 韩亚楠

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: 北京盛通印刷股份有限公司

开 本: 787×960 1/16

印 张: 30.5

字 数: 532千

版 次: 2010年1月 第1版

印 次: 2010年1月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-08203-0

印 数: 0001~2000册

定 价: 60.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前言

改革开放以来,我国经济建设得到了快速发展,桥梁数量也随之迅猛增长,使得桥梁管理与养护工作日益繁重,技术难度也不断增大。在这一形势下,原交通部和原建设部都曾先后颁布了相关的桥梁养护技术规范,给桥梁养护规定了具体的技术指标和原则。本书遵照桥梁养护技术规范的规定和要求,针对国内桥梁建设现状和养护技术水平,突出以信息技术为核心的现代管理养护理念,考虑市场经济体制下的养护管理要求,期望能够实现桥梁管理科学化、提高养护效率和培训职业养护队伍的目标。

在编写过程中,调研和收集了当前国内外桥梁管理养护技术的先进成果和相关文献,充实了编者科研团队的研究成果和工程实践经验,提出的桥梁管理养护技术体系,既包含了成熟经验,又含有先进技术。本书内容力求简明扼要,使用方便,实用性强,希望对桥梁养护部门的实际工作起到参考作用。

全书共分九章。第一章就桥梁养护管理的主要构架及桥梁管理信息系统作了全面介绍。第二章着重介绍了桥梁检测与评估。遵照两部委颁布的桥梁养护技术规范精神,详细叙述了经常性检查、定期检查、特殊检测以及桥梁技术状况评估的方法和要求。第三章概述了桥梁承载能力鉴定方面的内容,重点介绍了承载能力检算和荷载试验评定两种方法。第四章针对桥面系和支座的病害及其成因,详细叙述了养护、维修与加固方法。第五章至第八章分别就桥梁上部结构、混凝土桥梁、钢结构桥梁和叠合梁、拱桥、缆索体系的病害进行了分析描述,并给出了养护、维修和加固的参考方法。第九章叙述了下部结构,包括墩台、基础和调治构造物的养护、维修和加固方法。书末还附有一座大型桥梁养护技术规程。应该说明的是,桥梁管理和养护工作中最难也最复杂的问题是如何准确进行安全评定和寿命预测,本书尚未涉及,将另辟专著介绍。

本书第一章和第二章由陈惟珍教授和刘学博士编写,第三章由陈忠延教授编写,第四章和第九章由唐涛博士编写,第五章由陈惟珍教授和龙佩恒副教授编写,第六章由陈惟珍教授编写,第七章由徐俊博士和陈忠延教授编写,第八章由陈惟珍教授和徐俊博士编写,附录由徐俊博士和陈惟珍教授编写。全书由陈惟珍教授统稿和主编。

感谢上海市市政工程管理处对本书所涉及的部分研究项目给予经费的资助



和工程实践方面的支持,感谢上海市城乡建设和交通委员会钱寅泉总工、上海市市政工程管理处袁文平总工和商国平总工、上海市政养护管理有限公司冯永华总工、同济大学孙立军教授、同济大学建筑设计研究院詹蓓蓓高工等专家对本书提供了有益的修改意见。在本书编写过程中,谭金华博士为本书翻译了部分外文文献,严博翀、于振华和王志平为本书做了文字修改和绘图工作,在此一并表示感谢。本书参考并引用了一些公开发表的文献和资料,谨向这些作者表示深深的谢意。本书在出版过程中,得到了人民交通出版社曲乐、韩亚楠、贾秀珍的大力帮助,深表谢意。

限于水平,书中难免有不妥之处,敬请读者提出宝贵意见和建议。桥梁加固是一项复杂的系统工程,任何可能发生的情况都不可能预先已知。因此,本书中提出的加固方法和技术,仅作为实际工作的参考,希望能达到举一反三、开阔思路的目的。随着桥梁养护管理技术日新月异的发展,今后将有许多新方法、新工艺和新材料不断涌现出来,编者盼望读者能不断提供最新的成功实例和工程经验,以便在下一版中得到补充修订。

陈惟珍
同济大学桥梁工程系
2009年10月

目 录

第一章 概论	1
第一节 桥梁管理	1
一、桥梁管理的重要性	1
二、桥梁管理内容	3
第二节 桥梁管理系统(BMS)	6
一、系统简介	6
二、系统功能	9
三、系统数据库	13
四、桥梁管理决策	23
第三节 桥梁养护技术	24
一、桥梁养护过程	24
二、桥梁养护的计划与组织	25
三、养护作业的实施	27
四、养护作业的安全	27
第四节 桥梁健康监测系统	28
一、系统的作用和功能	28
二、系统的定位和组成	29
三、系统的实施和管理	32
第二章 桥梁检测与评估	34
第一节 概述	34
一、桥梁检测评估的意义	34
二、桥梁检测内容与分类	35
三、技术与设备	36
第二节 经常性检测	44
一、定义	44
二、检测周期	45
三、检测人员及设备	45
四、检测内容	45



五、注意事项	47
第三节 定期检测	47
一、定义、实施定期检测的周期及人员	47
二、主要检测技术	49
三、检测前的准备工作	51
四、检测顺序	53
五、常规定期检测内容	53
六、结构定期检测内容	54
七、报告整理与提交	56
八、检测安全事项	56
第四节 特殊检测	58
一、定义	58
二、检测人员资格、检测时机与检测设备	58
三、检测内容	59
四、检测手段与方法	60
五、报告的整理与提交	60
六、检测安全事项	60
第五节 桥梁技术状况评估	61
一、桥梁技术状况评估方法综述	61
二、基于《城市桥梁养护技术规范》(CJJ 99—2003)的评估法	62
三、基于《公路桥涵养护规范》(JTG H11—2004)的评估法	78
第三章 桥梁承载能力鉴定	84
第一节 概述	84
一、目的	84
二、鉴定方法	84
第二节 桥梁承载能力检算	85
一、一般原则	85
二、检算方法	86
三、按《公路旧桥承载能力鉴定方法(试行)》检算	89
第三节 桥梁承载能力荷载试验评定	91
一、概述	91
二、荷载试验评定方法	91
三、荷载试验项目	94

四、荷载试验准备工作	95
五、加载测试工作	101
六、试验报告的整理与提交	103
七、实例	109
第四章 桥面系、支座及附属设施的养护	113
第一节 栏杆与防撞墙	113
一、栏杆与防撞墙的病害与损伤	113
二、栏杆与防撞墙的养护	114
三、栏杆与防撞墙的维修	114
第二节 铺装层	116
一、桥面铺装的作用与分类	116
二、桥面铺装的损伤及成因	116
三、桥面铺装的养护	125
四、沥青混凝土桥面铺装的维修	126
五、水泥混凝土桥面铺装的维修	129
六、钢桥面铺装的维修	130
第三节 伸缩装置	134
一、伸缩装置的作用和种类	134
二、伸缩装置的病害及成因	136
三、伸缩装置的养护	139
四、伸缩装置的维修	140
第四节 排水设施	143
一、排水设施的病害及成因	143
二、排水设施的养护	143
第五节 桥梁支座	144
一、支座的作用与形式	144
二、支座的病害及成因	146
三、支座的养护	147
四、支座的维修与加固	148
五、支座的抗震加固措施	151
第六节 其他设施	152
一、防护设施	152
二、声屏障与灯光装饰	153



第五章 混凝土桥梁的养护	154
第一节 材料退化及损伤	154
一、混凝土材料退化	154
二、钢筋锈蚀机理	158
三、预应力钢筋的损伤	165
第二节 病害及成因	175
一、概述	175
二、混凝土梁式桥的典型裂缝	178
三、钢筋及预应力筋的锈蚀病害	186
四、其他病害	187
第三节 一般养护和维修	188
一、概述	188
二、钢筋锈蚀的修补	189
三、混凝土裂缝和空洞的填补	202
四、表面防护系统	206
第四节 加固	215
一、概述	215
二、加固计算和技术措施	216
三、增大截面和配筋加固法	223
四、锚喷混凝土加固法	224
五、粘贴钢板(筋)加固法	224
六、改变结构受力体系加固法	226
七、体外预应力加固法	227
八、增设主梁加固法(拓宽改建)	230
九、碳纤维加固法	231
十、小结	237
第六章 桥梁钢结构的养护	239
第一节 防腐涂层	239
一、概述	239
二、涂层退化及成因	240
三、涂层的检查和评级	242
四、涂层修复	245
第二节 钢结构锈蚀	254

一、概述	254
二、锈蚀机理和影响因素	255
三、环境侵蚀性分类和锈蚀程度分级	260
四、针对锈蚀的养护措施	262
第三节 构件疲劳开裂	266
一、概述	266
二、疲劳开裂及成因	270
三、疲劳开裂的防范	271
四、疲劳开裂的修补	272
第四节 异常变形	275
一、异常变形及成因	275
二、异常变形的处治	277
第五节 连接松动和失效	279
一、连接松动的类型及成因	279
二、连接松动的检查	280
三、铆钉和螺栓的更换	280
第六节 钢—混凝土叠合梁的养护	282
一、叠合梁的特点	282
二、叠合梁的病害及成因	283
三、叠合梁的养护	284
第七章 拱结构体系桥梁的养护	286
第一节 概述	286
第二节 圬工拱桥的养护	286
一、历史回顾	286
二、受力特性	287
三、常见病害及成因	288
四、日常养护与检测评估	294
五、维修与加固	295
第三节 混凝土拱桥的养护	298
一、简单体系混凝土拱桥的病害及成因	299
二、双曲拱桥的病害及成因	303
三、桁架拱桥的病害及成因	307
四、刚架拱桥的病害及成因	309



五、日常养护与检测评估	311
六、维修与加固	312
第四节 钢拱桥的养护	314
一、历史与成就	314
二、体系特点与受力特性	315
三、常见病害及成因	318
四、维修与加固	318
第五节 钢管混凝土拱桥的养护	319
一、常见病害及成因	319
二、日常养护与检测	322
三、维修与加固	323
第八章 桥梁缆索体系的养护	324
第一节 悬索桥主缆与吊索的养护	324
一、构造与特点	324
二、常见病害及成因	330
三、检查与评估	334
四、日常养护与维修	341
五、更换主缆	346
第二节 斜拉索的养护	348
一、构造及防护	348
二、常见病害及成因	351
三、检查与评估	356
四、日常养护	360
五、维修与防振	361
六、换索	367
第三节 拱桥吊杆与系杆的养护	370
一、构造与特点	370
二、常见病害及成因	377
三、日常养护与检查	380
四、维修与更换	381
第九章 桥梁下部结构的养护	383
第一节 墩台	383
一、墩台的病害及成因	383

二、墩台的养护	386
三、墩台的维修与加固	387
第二节 基础	392
一、基础的病害及成因	392
二、基础的维修与加固	394
三、基础的抗洪措施	403
四、墩台基础的改建	405
第三节 桥梁下部结构抗震加固	409
一、下部结构的震害	409
二、墩台和基础的抗震加固措施	410
第四节 调治构造物	415
一、防汛墙	415
二、其他	418
附录:卢浦大桥养护技术规程	419
参考文献	469

第一章 概 论

第一节 桥 梁 管 理

一、桥梁管理的重要性

通畅的交通不仅是经济发展的保障,也是衡量现代社会生活品质的重要指标之一,而桥梁正是交通运输的咽喉,也是当代社会拥有的庞大固定资产。对这些数目庞大、技术状况复杂的桥梁结构实施科学、有效的管理,维系桥梁结构的运营安全,对保障国民经济正常运行、社会安定和人民福祉,是十分必要和非常重要的。

然而,随着经济发展,在交通运输需求十分巨大,在役桥梁的整体数目不断增加的同时,使用过程中桥梁结构不可避免地受到不利环境作用的侵蚀,遭受风、地震、急剧增长的交通荷载等外来作用,结构退化随着服役期的增长而持续发展。这些因素导致了大量桥梁结构处于亚健康或危险状态。据美国联邦公路局(Federal Highway Administration,简称 FHWA)1998 年调查,当时管理的 600 000 座公路桥梁中约 45% 存在缺陷,其中 136 000 座属于损伤导致的结构性缺陷,124 000 座属于功能不全而不能充分满足现代化交通的要求,而更换或加固这些桥梁的花费将高达 455 亿美元。在国内,公路桥梁已达到 33.66 万座。据原交通部公路管理部门提供的一份统计资料显示,截至 2000 年年底,全国查出的危桥共有 9 597 座,约有 4 万余座桥梁需要加强检查和养护。

另外,由于管理理念滞后、养护技术局限和维护经费不足,病害日渐发展,而在役桥梁得不到科学、有效、及时的维护,造成功能降低、结构退化,直至引发相关的桥梁安全事故,造成国民财产和人民生命安全的巨大损失。

近年来,我国发生的在役桥梁严重垮塌的典型事故包括:1998 年广西柳州壶西大桥人行道坍塌,1999 年四川綦江彩虹桥和 2000 年四川涪陵斜阳溪大桥突然垮塌,2001 年四川宜宾南门大桥吊索及桥面部分断裂,2004 年辽宁盘锦的辽河大桥从中间断裂,2006 年甘肃定西市的岷县洮河大桥意外坍塌以及 2007 年发生的广东九江大桥被船撞断、江西上饶傍罗大桥轰然倒塌、常州运村运河大桥西半幅突然坍塌、太原市东柳林桥被超载货车压垮等多起恶劣的塌桥事故。



在役桥梁的安全事故在国外甚至是发达国家也时有发生。典型的例子包括:1994年韩国首尔圣水大桥突然坍塌,2001年葡萄牙北部的 Hintze-Ribeiro 大桥坍塌,2003年印度达曼西部沿海区域一座大桥坍塌,2006年巴基斯坦马尔丹市一座桥梁坍塌,2006年加拿大拉瓦尔市一座桥梁倒塌,2007年美国明尼阿波利斯市一座横跨密苏苏比河的 35W 高速公路大桥突然倒塌。根据统计表明,1989年~2000年间在美国坍塌的 500 余座桥梁中,近 90% 发生在桥梁服役期间。

惨痛的教训使得各国越来越重视在役桥梁的管理、养护、维修及加固,正在加大资金与研究的投入。桥梁管理者期望通过在桥梁整个服役期内实施持续的养护管理,能够周期性地获得桥梁基本状况,预知其退化程度,从整体上制订科学、有序的桥梁养护计划,节约养护资金,保障大量桥梁的结构性能维持在一个合理的服役水平,并尽可能地降低桥梁倒塌事故的几率。FHWA1978 年就开始设立公路桥梁改建和维修加固项目 (Highway Bridge Replacement and Rehabilitation Program,简称 HBRRP),专门针对有缺陷的桥梁,每年花费约 28 亿美元,并于 1993 年起逐年增加,FHWA 还资助研究并推广了美国应用最广泛的桥梁管理系统 (Pontis);20 世纪末,英国、德国、法国、挪威、斯洛文尼亚和西班牙等国家联合实施了欧洲桥梁管理项目 (Bridge Management in Europe,简称 BRIME) 的研究。

研究及实践表明,成功的桥梁养护管理必须具备四个条件:

(1)制度,即构建有效率的管理组织,明确桥梁养护管理各参与方的职责,制订合理的养护管理组织与市场运作流程。

(2)人员,即培训有经验的专业人员,能够对桥梁进行全面、及时和专业的检查和维护。

(3)技术,即具备管理及维护既有桥梁的各类技术,如检查检测、评估、信息管理、快速维修等,并制订适用的技术操作规程。

(4)资金,即能够提供足够和及时的检查与维护的资金支持。

我国幅员辽阔,各种跨越江河等障碍的桥梁数目巨大,桥梁类型众多,管理养护工作十分繁重,科学有效的桥梁养护管理需要从以上四个方面进行完善。具体的,国内桥梁养护管理的主要特点总结如下:

(1)国家经济发展和社会正常运转越来越依赖一个数量庞大的桥梁群体的安全、长久和稳定的运营,这是桥梁养护管理的基本任务。

(2)虽然“管养分离”的改革还在推行,但市场化运作的养护制度还不完善。

(3)“重建轻养”的理念不适应桥梁养护管理,需要摒除,基于全寿命费用与“预防性养护”是更新的养护管理理念。

(4)环境的侵蚀作用、车辆荷载流量急剧增长和轮载增加使桥梁日渐退化,相当数目的桥梁服役状况堪忧,如果改善则需要扩大资金来源,并重视科学的优化分配。

(5)随着城区建设及城市间交通设施的发展,桥涵数量增长速度很快,而养护维修企业与专业人员增长相对较慢,尤其缺乏有经验的专业检测和养护人员。

(6)全面系统的桥梁管理技术、养护手段和操作规程依然匮乏,有效且能真实反映桥梁技术状况的桥梁检查技术及程序仍需进一步发展。

(7)建立标准统一的桥梁信息数据库成为一种趋势,是实现有效管理的必要条件,但进一步开发桥梁管理系统的功能和持续有效的动态信息采集是桥梁信息管理的重点。

二、桥梁管理内容

桥梁管理主要包括信息管理、检测评估管理和养护维修管理等,具体内容如下。

1. 桥梁信息管理

桥梁管理的首要环节是桥梁信息的管理,要求管理部门收集、存储、更新和提取道路路网中所有桥梁管理的必要文档和信息。信息管理的目标是确保每座桥梁的相关信息记录足够精确和完整,以便能够掌握桥梁的结构状态及性能,合理安排有效的检测、养护、维修、加固等程序。这些信息记录了桥梁在整个寿命期间的第一手技术资料,对于掌握结构现状是极其重要的。桥梁信息包括如下三点。

1) 静态资料

要求管理部门在新桥验收接管时就应该获得包括设计计算、施工图纸(竣工图)、全部施工记录、照片文档、材料试验报告、各种检测报告及监理报告。对于旧桥资料不全者,应制订计划实地调查和测量获得。获取所有静态资料后,管理部门应根据管理规范的要求,对资料进行再加工,包括分类、编录、信息提取、电子化等。

2) 检测报告

每次检测活动的计划与实施情况,应根据不同目的,采用相应的标准程序和记录表格,以便快速实施检测和有效评估结构基本性能。结构定期检测和特殊检测还应由具备资质的单位提供完整的报告。报告应给出具体实施程序,描述每个结构单元状态,总结结构整体状况,描述缺陷并按统一尺度评定,采用照片显示缺陷。



3) 养护、维修和加固的细节

养护应按每年和其他偶然安排的批次加以报告。维修和加固工作完成时应准备一份资料来更新桥梁静态数据内容,以记录采取维修和加固措施的结构。这份报告应包括维修设计计算、维修或加固施工图纸(竣工图)、全部施工记录、照片文档、材料试验报告、各种检测报告及监理报告。

通过桥梁信息管理,管理者可以随时掌握辖区内每座桥梁的基本状况。对桥梁各项数据进行记录、更新、统计是信息管理的主要工作,借助数据库信息化管理技术可以高效处理大规模桥梁信息。桥梁档案管理工作应有计划地逐步实行电子化、数据化、多媒体化,但书面的档案形式也是很重要的备份和补充。

2. 桥梁使用状态的检测和评估

桥梁使用状态的评估和评定是桥梁管理的重要环节,通常是由具有一定经验和资质的桥梁工程技术人员,根据特定的操作程序,针对桥梁进行一次完整的现场收集桥梁结构和物理状态等最新信息的检测过程。检测应从新桥建成开始,有计划地在其整个寿命周期内以特定频率多次实施。桥梁检测所收集的信息可以用于评定桥梁状态,确定桥梁养护、维修、加固或替换的计划。根据不同目的,桥梁检测可分为经常性检查、常规定期检测、结构定期检测和特殊检测几类。

桥梁评定是一个根据检测结果来计算或推断桥梁技术状况和承载能力的过程,评定结论的准确性依赖于检测操作的规范实施、检测信息的准确及合理的描述、评定理论的合理性及评定人员的可靠性。由于交通荷载的载重和数量急剧增长,以及结构本身的日益退化,为保障桥梁的安全运营,合理分配养护资金,桥梁评定已经变得越来越重要。

3. 交通控制

交通控制指通过对通行车辆的限制,达到改善桥梁运营状态的目的。采取怎样的恰当措施来控制交通,一般都是在桥梁承载能力评定之后才加以确定。交通控制包括下列措施:

- (1) 限制车辆速度以减少活载冲击影响。
- (2) 限制车辆载重,特别是限制车辆轴重,以限制活载应力幅度,减少超载对结构的损坏。
- (3) 限制通行车辆的尺寸,防止车辆对结构的撞击。
- (4) 确定特种荷载通行的合理路径。
- (5) 在桥梁现场进行检测、养护、维修时,可设置交通管制设施,限制车辆半

幅桥通行或直接封桥,以保证管养人员的安全和养护工作的顺利进行。

4. 桥梁养护

桥梁养护的目的是尽可能地保护桥梁,以保证其使用舒适性和安全性,实施规模较小,对交通干扰小。从技术方面讲,养护在性质上是保护性的,包含重复性任务,一般比维修任务简便快捷,可分为日常养护和小修作业两种。“预防性养护”是桥梁管理的重要宗旨。

养护应从新桥建成通车开始并贯穿于整个使用期。有效的养护能减缓结构退化速度,减少未来维修或加固的成本,并能延长桥梁使用寿命,频繁到位的养护工作能及时发现潜在的病害,以便管理部门采取相应的措施以减缓病害的进一步发展。

5. 桥梁维修

维修是对桥梁的一般性损坏进行修理或对较大的损坏进行综合治理,目的是将桥梁的技术状况或承载能力恢复到正常运营水平,以维持桥梁安全运营。维修工作通常要比养护工作复杂、昂贵和费时。维修一般是不定期的、有针对性地进行,主要是修补已发生退化的构件,减少未来养护成本以及延长桥梁使用寿命。

采用何种维修措施,通常应由检测和评定的结论来确定,所要求的工作深度及主要工程量由结构定期检测或特殊检测评定后加以确定,并要求由具备资质的相应单位实施设计、施工及监理工作。

6. 桥梁加固

桥梁加固是通过较大规模的加固施工,使得承载能力已出现较大程度降低的桥梁恢复甚至超过原有承载能力,或者满足已经增长的交通需求(如加宽)。加固工作在性质上类似于修复,但比维修更加深入复杂,规模也较大。加固需求通常根据桥梁检测和评定以及交通需求评价来确定。

加固一般属于较大规模的工程项目,应由对旧桥加固有经验并具有施工资质的专业队伍承担。

7. 桥梁拆除与重建

桥梁退化严重、不能继续使用或者加固费用昂贵(远超过重建费用)时,可以实施拆除,所通行的车辆须另行绕道,如有需要可建造新桥进行替换。重建的原因主要有:

- (1) 通行功能不满足(如太窄)。
- (2) 结构能力不满足(如承载能力不足)。
- (3) 使用状态不满足(如较高的养护与维修费用)。