

GONGLU KONGXIN BANQIAO
JIAKUAN GAIZAO XINJISHU
YANJIU YU YINGYONG

公路空心板桥加宽改造 新技术研究与应用

邓苗毅 夏富友 俞 顺 编著



黄河水利出版社

公路空心板桥加宽改造 新技术研究与应用

邓苗毅 夏富友 俞 顺 编著

黄河水利出版社

· 郑 州 ·

内 容 提 要

本书针对公路装配式预应力混凝土空心板桥加宽改造的工程技术问题,通过大量的文献调研、现场调查以及具体工程实例桥的加宽改造工程实践,对公路空心板桥加宽改造过程中的既有桥梁结构检测和承载能力评价、公路中小跨径混凝土桥梁加宽效果的关键影响因素、一般加宽改造技术、桥梁加宽改造效果评价等方面进行了全面系统的总结与分析;结合公路装配式空心板桥加宽,提出了新旧空心板间横向连接创新设计、空心板桥加宽创新施工工艺,以及空心板桥加宽改造效果评价的新方法体系;结合项目依托桥梁的加宽改造工程,对相关方法体系进行了实际工程应用和验证。

本书可供从事桥梁工程领域设计、施工、养护管理和科研工作的技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

公路空心板桥加宽改造新技术研究与应用/邓苗毅,夏富友,俞顺编著. —郑州:黄河水利出版社,2015.6

ISBN 978-7-5509-1153-6

I. ①公… II. ①邓…②夏…③俞… III. ①公路桥—桥梁加宽—研究 IV. ①U448.14

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 127389 号

组稿编辑:王志宽 电话:0371-66024331 E-mail:wangzhikuan83@126.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhslebs@126.com

承印单位:河南新华印刷集团有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:8

字数:195 千字

印数:1—1 000

版次:2015 年 6 月第 1 版

印次:2015 年 6 月第 1 次印刷

定价:35.00 元

前 言

我国早期修建的普通公路中,一些公路横断面宽度已经不能满足交通量迅速发展的要求,造成交通拥挤、行车速度减慢。同时,随着我国公路等级的不断提高,很多公路面临着以加宽为主要内容的升级改造。利用原有道路进行加宽改造,提高原有道路桥梁的荷载等级和使用功能,节约工程投资,是公路改、扩建工程通常采用的有效途径。桥梁加宽改造是各类公路升级改造和扩建工程中的重点和关键环节。

公路旧桥的加宽改造是一项比较烦琐的工程,如何在安全、美观、经济、适用的原则下做好旧桥加宽改造工作是摆在桥梁建设者面前的一个课题。公路旧桥加宽同新建桥不同,要视原桥不同的结构类型、不同损坏程度,采用相应的技术方法,同时考虑施工能在维持通车情况下进行,工程施工限制多,其技术比较复杂,难度也大,设计无现成模式可套。公路旧桥的加宽改造面临的技术条件和外部环境同新建桥梁相比存在较大的差异。技术方面主要表现在新旧桥梁结构相互连接、相互影响、相互作用上,由此造成了桥梁加宽方案、形式、结构构造等的新问题。外部施工环境方面主要表现在桥梁的加宽改造一般不中断交通,由此带来了施工组织、交通管理等的一系列难题。

围绕上述问题,本书对作者从事的桥梁加宽工程技术和工程应用实践进行了总结:

(1)分析了现有的空心板桥、低高度小箱梁桥加宽改造方法和技术,重点分析了影响公路中小跨径混凝土桥梁加宽改造效果的新旧结构混凝土收缩、徐变差异和新旧桥梁基础不均匀沉降等两大关键因素,并分析了减少或消除这些不利影响因素的一般技术。

(2)系统总结了公路旧桥结构病害检测和结构承载能力评价技术和方法;对工程实例桥结构进行了静力荷载试验检测,并评定了其结构承载能力;对工程实例桥结构进行了计算分析,验证了加宽改造时利用旧桥原有结构构件的可能性。

(3)提出了以新旧空心板间缝内配置斜向交叉钢筋和连接部位采用钢纤维混凝土为主要内容的新型装配式空心板横向连接设计,对采用此连接设计的工程实例桥进行了整体结构计算分析;建立桥梁结构三维空间有限元模型,采用有限单元法计算分析了新旧空心板间连接部位的应力状况。

(4)提出了在新旧盖梁、空心板间设置厚浇带和在新增部分桥梁施加预压作用力条件下、浇注新旧结构(含盖梁和空心板)的桥梁加宽创新施工工艺,在工程实例桥加宽改造中进行了应用检验;在桥梁加宽改造中,应用并总结了混凝土植筋、自密实无收缩混凝土等施工工艺技术。

(5)提出了荷载作用下相邻新旧空心板间挠度差异比的指标,用于评价桥梁加宽改造新旧空心板间结构连接的强度或能力。

本项目由信阳市交通基本建设质量检测监督定额站、郑州大学等单位联合承担完成。

本书共分7章,第4章由夏富友编写,第6章由俞顺编写,第1~3章、第5章和第7章由邓苗毅编写。

限于作者水平和能力,书中难免存在疏漏或不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2015年3月

目 录

第1章 绪 论	(1)
1.1 公路桥梁加宽改造的工程背景	(1)
1.2 桥梁加宽改造的基本原则和主要工作内容	(2)
1.3 公路桥梁整体式加宽改造的特点	(3)
1.4 桥梁整体式加宽改造需要考虑的主要问题	(4)
1.5 本书的主要研究工作、技术路线和实施应用效果	(6)
第2章 公路空心板桥、低高度小箱梁桥加宽改造技术分析	(8)
2.1 公路装配式空心板桥、低高度小箱梁桥结构特点	(8)
2.2 公路中小跨径混凝土桥梁一般加宽技术分析	(11)
2.3 影响桥梁加宽效果的关键因素分析	(17)
2.4 本书研究项目创新技术概述	(20)
第3章 公路旧桥检测评价技术与杜河桥检测评价研究	(22)
3.1 桥梁结构病害及承载能力的概念	(22)
3.2 桥梁结构病害检测的基本方法	(23)
3.3 旧桥承载能力评估的基本方法	(28)
3.4 旧桥荷载试验鉴定	(36)
3.5 杜河桥旧桥结构检测、静力荷载试验分析	(39)
第4章 杜河桥加宽新旧结构计算验算研究	(47)
4.1 杜河桥加宽结构概况	(47)
4.2 杜河桥加宽旧桥结构计算验算	(48)
4.3 杜河桥加宽新桥结构计算验算	(61)
4.4 杜河桥加宽新旧桥跨结构计算验算成果	(67)
第5章 杜河桥加宽结构新型连接设计分析与施工工艺研究	(71)
5.1 杜河桥加宽新旧结构连接设计与施工工艺	(71)
5.2 杜河桥加宽新旧空心板结构连接处应力分析	(74)
5.3 杜河桥加宽预压施工工艺空心板连接处应力模拟计算分析	(84)
5.4 杜河桥加宽改造施工过程及工艺	(87)
5.5 混凝土植筋施工工艺	(89)
5.6 钢纤维混凝土施工工艺	(91)
5.7 自密实混凝土施工工艺	(94)
第6章 桥梁加宽效果评价技术与杜河桥加宽后性能评价	(98)
6.1 桥梁加宽结构安全性评价	(98)
6.2 桥梁加宽改造后适用性评价	(99)
6.3 基于静力荷载试验的桥梁加宽新旧结构连接性能评价	(99)

6.4 杜河桥加宽后静力荷载试验	(100)
6.5 杜河桥加宽后性能评价研究	(112)
第7章 项目研究总结与工程应用建议	(116)
参考文献	(118)

第1章 绪论

1.1 公路桥梁加宽改造的工程背景

我国早期修建的普通公路,都面临着大修改造期的到来,一些公路横断面宽度已经不能满足交通量迅速发展的要求,存在严重的问题,如交通拥挤、行车速度减慢。同时,随着我国公路等级的不断提高,很多公路面临着以加宽为主要内容的升级改造。

高速公路方面,由于受建设时当地经济水平和思想的制约,我国已经建成的高速公路以双向四车道为主,占高速公路总里程的88%左右。近几年,一些地区经济飞速发展,地区之间交通量急剧增加,原先建成的四车道高速公路的通行能力已不能满足日益增长的交通量的需要,严重制约了快速通道的作用发挥,已成为公路运输线上的“瓶颈”,不利于沿线经济的长期可持续发展。故需要对原高速公路进行加宽,即在原有四车道基础上在公路两侧或单侧再增加两车道或四车道。高速公路的加宽扩建工程是我国公路建设所面临的迫切需要解决的问题。始建于1989年的广州—佛山高速公路是我国第一条扩建的高速公路,1997年对该路段进行了扩建。上海—杭州高速公路于2000年起分段、分期扩建,沈阳—大连高速公路从2002年开始改建,上海—南京高速公路从2003年开始扩建。

利用原有道路进行加宽改造,提高原有道路桥梁的荷载等级和使用功能,节约工程投资,是公路改、扩建工程通常采用的有效途径。桥梁等结构物的改、扩建是各类公路升级改造和扩建工程中的工程重点和关键环节。如果桥梁采用拆除重建方案,则费用高、难度大、费时多,仅拆除整座旧桥一项,就将花费大量的人力、物力、财力,同时工期也会大量延长。在原有旧桥的基础上进行加宽改造,不仅可以节省投资,同时对现有交通的影响也远比旧桥拆除重建要小得多。

公路桥梁建设是可持续发展的,不仅要建设新桥,而且要重视对旧桥的改造,通过对旧桥的改造可延长桥梁的服务寿命、提高服务水平、节约建设资金。对公路桥梁进行加宽改造具有重要的经济意义和社会意义。交通运输与国民经济发展之间存在着相互依存的内在联系,经济的增长必然刺激交通需求的增加。由于受到公路建设时期认识局限性的制约,对我国社会经济增长速度的预计值偏低。目前,许多公路都面临着加宽改造的问题,部分已建成的高速公路的交通量使用年限也明显缩短。旧桥加宽改造对提高我国干线公路和高速公路的通行能力,充分发挥整个交通路网的整体效益具有重要的作用。同时,交通量的增长和快捷便利的交通网络,也会极大促进地区经济社会的发展。

公路旧桥的加宽改造是一项比较烦琐的工程,随着我国经济建设和道路桥梁事业的发展,此类工程将越来越多地呈现在我们面前。如何在安全、美观、经济、适用的原则下做好旧桥加宽改造工作是摆在桥梁建设者面前的一个课题。公路旧桥加宽同新建桥不同,要视原桥不同的结构类型、不同损坏程度,采用相应的技术方法,同时考虑施工能在维持通车情况下进行,工程施工限制多,其技术比较复杂,难度也大,设计无现成模式可套。公路旧桥的加

宽改造面临的技术条件和外部环境与新建桥梁相比存在较大的差异。技术方面主要表现在新旧桥梁结构相互连接、相互影响、相互作用上,由此造成了桥梁加宽方案、形式、结构构造等的新问题。外部施工环境方面主要表现在桥梁的加宽改造一般不中断交通,由此带来了施工组织、交通管理等的一系列难题。

1.2 桥梁加宽改造的基本原则和主要工作内容

在研究制订公路桥梁加宽方案时需要考虑的问题较多,需要考虑原桥的技术状况、沿线的地质条件、合理的横向连接方式、新旧桥梁结构的变形协调、新旧结构的合理拼接时间以及在不中断原桥交通的条件下合理的新桥施工方法。

公路桥梁加宽改造方案可归结为以下三类:

(1)当旧桥桥面宽度与承载力均不足时,拆除旧桥、建新桥。

(2)桥梁加宽改造基本不改变原旧桥结构,在旧桥的一侧或两侧建新桥,旧桥继续承担部分交通。改造后,新桥与旧桥结构、桥面均相互独立、彼此分离,此方案为分离式加宽方案。桥面分离使得车辆上桥前必须分道行驶,由此带来了行车安全隐患。此加宽方案目前已经应用较少。

(3)桥梁加宽后,新旧桥面按一定的方式连接为一个横向连续整体,车辆可以在整体桥面上便利通行,此方案为桥梁整体式加宽(拼接)改造方案。此加宽方案目前在高速公路和干线公路桥梁加宽中应用得较多。

从桥梁结构的设计与施工角度来说,前两类加宽方案与新建桥梁类似。第三类桥梁整体加宽(拼宽)方案为本项目研究的主要内容。

由于旧桥沿线地形、地貌条件各异,构造物的结构、规模与地质条件等在不同段落存在着差异,应根据不同段落的特点,选择适宜的加宽方式,灵活地选择改造方案。采用什么样的加宽措施,要在充分调查研究的基础上,结合具体情况,因地制宜,对各种加宽方式进行综合比较分析,最终确定合理的加宽改造方案。制定严格的施工程序,确保工程的顺利实施,使得旧桥加宽改造对现有交通的影响程度最小,以达到提高通行能力、缩短交通封闭时间、节约资金的目的。

根据公路旧桥加宽改造工程结构和施工的特点,旧桥整体式加宽改造工程一般包括以下工作内容和具体工作步骤:

(1)依据现行的公路桥梁养护规范,检测评定原有桥梁当前的结构状况和损坏情况。

(2)依据现行的公路桥梁荷载标准和桥梁设计规范,对原有旧桥的结构承载能力进行计算验算评定。

(3)根据道路的加宽方式及旧桥的结构型式,选择合适的桥梁加宽方案和新旧桥梁结构连接形式。

(4)在桥梁新旧结构拼宽计算并考虑它们相互作用的基础上,进行桥梁加宽改造设计,重点是新旧桥梁连接结构设计。

(5)当原有旧桥部分结构损坏或承载能力达不到当前桥梁荷载等级时,对原有桥梁部分进行加固计算和设计。

(6)根据桥梁加宽改造设计,制订科学的施工方案并组织实施。

- (7)工程完工后,对桥梁加宽改造效果进行检测评价。
- (8)经过长期交通车辆通行运营观测,对桥梁加宽改造的长期效果进行评价。
- (9)总结桥梁加宽改造结构分析、设计和施工经验,并进行推广应用。
- 公路旧桥整体式加宽改造工程的工作程序可参见图 1-1。

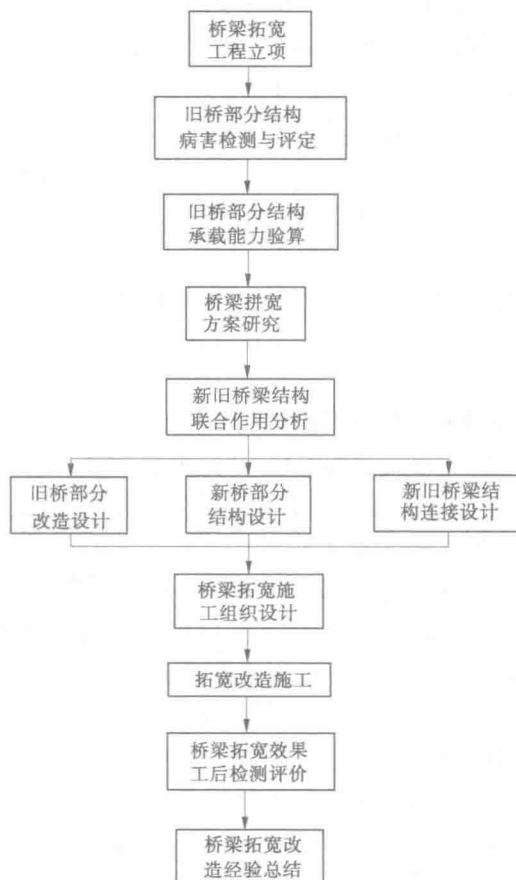


图 1-1 公路旧桥整体式加宽改造工程的工作程序

1.3 公路桥梁整体式加宽改造的特点

与新建桥梁相比,公路旧桥加宽改造在设计、施工方面有以下几个特点:

(1)桥梁加宽改造与原有桥梁的检测评价和加固是一个整体。

既有桥梁的加宽改造不同于新桥的设计,涉及旧桥检测、承载能力评估和旧桥的加固。加宽与加固是旧桥改造密不可分的两个重要组成部分,均属于既有桥梁的改造范畴,只有通过旧桥进行适当的加固维修,使其恢复原有承载能力,才能通过合理的加宽方法来实现桥梁的加宽与承载能力的提高。既有桥梁的加宽加固技术是一套完整的系统工程,对旧桥状况进行科学的评估,是加宽加固设计的基础。

(2)桥梁加宽改造的标准与旧桥部分设计所依据的规范、标准不同。

由于原有旧桥建设年代、所处道路路线等级等的不同,桥梁加宽改造的标准不可能与原

有旧桥设计时所采用的标准完全相同。我国公路桥梁的设计规范经历了1941年《公路桥涵设计准则》、1954年《公路工程设计准则》、1972年《公路工程技术标准》、1981年《公路工程技术标准》、1985年《公路桥涵设计通用规范(JTJ 021—85)》、2004年《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)几个阶段,因此,加宽设计要对原桥部分按新标准进行验算,确定当前的理论承载能力。同时,既有旧桥部分设计荷载往往较低,而在实际中通常要求加宽后新旧桥梁作为一个整体达到统一的荷载标准,这就要求针对不同结构的桥梁进行加宽方式、方法的理论研究,使桥梁的承载能力得到整体的提高。

(3) 桥梁加宽改造的施工难度比新建桥梁大。

桥梁的加宽改造施工往往需要在不妨碍交通的条件下进行,同时由于新旧结构连接施工时又要求旧桥结构的扰动尽量小,这些就大大增加施工组织实施的难度。为此,在桥梁加宽改造工程中,应从设计和施工组织上采取有效措施:提高施工效率,加快维修速度,根据以往加宽改造施工的成熟经验,预先制订出作业计划;采取半边施工半边维持交通,施工应尽可能安排在交通量较少(如夜间)的时候进行;施工条件要求高,需要中断原有桥梁通行时,可搭设便桥维持交通畅通。

(4) 桥梁加宽改造应充分利用原有桥梁结构。

桥梁加宽改造,应在对原有桥梁结构进行周密、细致检测和科学评估的基础上,合理利用原有结构。能不更换旧桥原有结构的就不更换,能利用旧桥的要充分利用,以降低整个工程的总造价,提高旧桥加宽改造经济效益。

(5) 桥梁加宽改造中新旧桥的连接部分是设计的关键问题。

加宽部分的新桥与旧桥的接合部分的处理是桥梁加宽的关键环节,新旧桥梁基础的沉降差异、新旧结构连接处混凝土收缩徐变的差异等因素直接影响桥梁加宽的结构安全和成桥后的桥面行车状况。这就要求通过结构的理论分析,确定新旧接合部分的合理连接方式,以保证加宽后桥梁的安全性和行车舒适性。

(6) 桥梁加宽改造涉及新的施工工艺和新材料应用。

由于桥梁的加宽工作是一项新出现的技术,其中许多施工工艺和处理方法是全新的,而且往往会采用一些新型的建筑材料。因此,其工艺和材料的可靠性、可行性、合理性、耐久性等必须经过反复的科学试验和工程实践验证且需经受时间的考验。只有在长期外界环境和车辆荷载的作用下,才能充分验证新工艺、新材料在桥梁加宽改造中是否获得了预期成效。通过大量实践,进一步探求其规律,为改进新工艺、新做法奠定基础。

(7) 桥梁加宽改造施工中需要注意监测旧桥结构的安全。

桥梁加宽施工是在原有桥梁结构荷载存在的情况下进行的,而且新桥部分的施工将对旧桥结构产生作用,因此必须保证施工每一阶段结构的安全。特别是旧桥混凝土的凿毛和拆换部分受力构件,均应做出分析评定。必要时,在施工中要加强观测监测,并采取有效的安全措施,确保原有旧桥的结构安全。

1.4 桥梁整体式加宽改造需要考虑的主要问题

公路桥梁整体式加宽改造方案即利用旧桥原有的结构构件和新增的结构构件共同工作来实现桥面加宽的目的,新旧桥梁结构构件本身的结构性能,以及它们之间的连接方式、相

互作用等是桥梁整体式加宽改造需要考虑的主要问题或关键技术,这些问题和技术难点主要表现在以下几个方面:

(1) 旧桥结构构件承载能力问题。

公路桥面的加宽升级改造不可避免地涉及原有桥梁荷载等级提高的问题,旧桥结构加固提高荷载等级与桥梁加宽改造是紧密联系在一起的,旧桥结构检测、承载能力评定与结构加固是桥梁整体式加宽改造中的重要问题。从增强桥梁结构整体性入手,提高旧桥承载力能力标准。根据工程的具体特点,比选出造价低、安全性好、施工方便的旧桥加固加宽方案。同时,旧桥经过横向整体加宽改造后,桩、承台和梁板相对位置发生变化,原桥梁结构边梁、次边梁及中梁的横向分布系数会明显改变,新桥结构部分将分担部分荷载,使旧桥分配的荷载发生变化,旧桥结构的工作性能得到改善,桥梁结构整体的承载能力得到部分提高。另外,桥梁横向刚度对改善结构受力影响显著,横向刚度越大,原结构承载能力提高也越大。旧桥结构构件承载能力的提高及整体式加宽后旧桥结构承载性能的改变等问题是桥梁整体式加宽改造中的主要问题之一。

(2) 新旧桥梁桥面布置问题。

旧桥整体式加宽时,新的路线纵断面和超高往往与原路线不完全相同,导致旧桥的横向坡度需要调整,以使得旧桥与新的路线线形相吻合,同时旧桥的边(梁)板可能变为中(梁)板,原先旧桥的中(梁)板也可能变为边(梁)板。横坡的变化需要调整旧桥桥面的标高,也可能需要整体抬高旧桥的上部结构。如果桥面横坡变化较大,一般要先拆卸梁桥上部结构,待墩台、盖梁顶面横坡调整完后,重新架设上部结构。拱桥需要拆除加宽侧旧桥的拱上建筑;而连续箱梁一般很难调坡利用,需要拆除重建。以加宽前后标高调整为主要内容的桥面布置是桥梁整体式加宽改造需要考虑的重要问题。

(3) 新旧桥梁间连接方式选择问题。

新旧桥梁间的连接方式是桥梁整体式加宽中面临的关键技术问题,也是一个重点技术难题。旧桥整体式加宽的连接方式很多,不同的桥梁结构形式有不同的连接方式;同时,影响新旧桥梁连接的因素也非常复杂,众多复杂的影响因素也导致了新旧结构连接方式选择和设计的困难。要针对不同桥梁结构形式,考虑各种影响因素,根据桥梁实际结构特点、地质条件、交通状况、施工环境等情况,进行多方案比选、综合评价,选择最适宜的连接方法。

(4) 混凝土收缩徐变对新旧桥梁结构的影响问题。

桥梁整体式加宽改造中,新加宽的桥梁结构混凝土收缩、徐变刚刚开始,而旧桥混凝土收缩、徐变已基本完成。新、旧桥结构连接混凝土浇筑后,新桥混凝土发生收缩、徐变,使得旧桥产生较大的附加应力。桥梁结构承受荷载以后,除产生瞬时的弹性应变外,还将在荷载不变的情况下,产生随时间增长而增加的徐变应变。混凝土的收缩和徐变会给超静定结构带来附加内力,同时会造成预应力混凝土结构的预应力损失。在公路桥梁整体式加宽改造中,要充分考虑到新桥混凝土收缩、徐变等因素,并采取相关的措施减少由此导致的对新旧桥梁结构构件受力的不利影响。

(5) 基础不均匀沉降对新旧桥梁结构的影响问题。

在桥梁整体式加宽改造工程中,旧桥的基础沉降基本完成,而新加宽桥梁的基础沉降刚开始。如果利用旧桥的各点标高来设计加宽部分,若不考虑基础沉降问题,则加宽部分的沉降量,可能会使旧桥与加宽后的新桥形成台阶,这会给车辆的行驶带来不利的影响。同

时,在桥梁整体式加宽时,基础的不均匀沉降会使桥梁上部结构产生较大的附加内力,可能会使新、旧桥结合部位受力剪断,影响桥梁的受力状况和使用。因此,基础不均匀沉降问题是桥梁整体式加宽改造必须考虑的重要因素。需要根据具体的桥梁结构型式特点和地质条件,一方面采取可靠的措施减少新旧桥梁墩台基础间的不均匀沉降;另一方面采取合理的桥梁墩台、上部结构连接方式和合适的连接时间,以减小由不均匀沉降引起的附加内力,确保桥梁结构安全和使用功能。

(6) 施工工艺问题。

桥梁整体式加宽改造工程涉及的旧桥结构加固、新旧混凝土连接等关键环节一般往往采用新型建筑材料、施工工艺和做法。同时,桥梁加宽改造过程中面临保持原有交通畅通而带来的施工组织难题,以及要考虑在车辆荷载作用下,如何保证新旧桥梁结构连接处混凝土浇筑质量和结构强度的难题。在大型或桥梁交通不能断行的重要桥梁加宽改造中,施工工艺问题将是桥梁加宽改造成败的关键所在。

1.5 本书的主要研究工作、技术路线和实施应用效果

1.5.1 本书的主要研究工作

《公路空心板桥与低高度小箱梁桥加宽改造关键技术研究》项目于2007年在河南省交通厅立项以来,在现有研究的基础上,通过大量的文献检索、现场调查以及具体工程实例桥的加宽改造工程实践,对公路空心板桥和低高度小箱梁桥加宽改造过程中的既有桥梁结构检测和承载能力评价、公路中小跨径混凝土桥梁加宽效果的关键影响因素、一般加宽改造技术、桥梁加宽改造效果评价等方面进行了全面系统的总结与分析;结合公路装配式空心板桥加宽,提出了新旧空心板间横向连接创新设计、空心板桥加宽创新施工工艺,以及空心板桥加宽效果评价的新方法体系;结合项目依托桥梁的加宽改造工程,对相关方法体系进行了应用和验证。

主要研究工作如下:

(1)全面系统分析总结了公路中小跨径混凝土桥梁(空心板桥和低高度小箱梁桥)加宽改造的一般工程特点、加宽改造原则、主要技术工作内容和流程,以及桥梁加宽改造应考虑的各种影响因素。

(2)在总结公路装配式空心板桥、低高度小箱梁桥结构特点和中小跨径混凝土桥梁一般加宽技术的基础上,分析了现有的空心板桥、低高度小箱梁桥加宽改造方法和技术,重点分析了影响公路中小跨径混凝土桥梁加宽改造效果的新旧结构混凝土收缩、徐变差异和新旧桥梁基础不均匀沉降等关键因素,并分析了减少或消除这些不利影响因素的一般技术。

(3)系统总结了公路旧桥结构病害检测和结构承载能力评价技术和方法;对工程实例桥结构进行了静力荷载试验检测并评定了其结构承载能力;对工程实例桥结构进行了计算分析,验证了加宽改造时利用旧桥原有结构构件的可能性。

(4)提出了以新旧空心板间缝内配置斜向交叉钢筋和连接部位采用钢纤维混凝土为主要内容的新型装配式空心板横向连接设计,对采用此连接设计的工程实例桥进行了整体结构计算分析;建立桥梁结构三维空间有限元模型,采用有限单元法计算分析了新旧空心板间

连接部位的应力状况。

(5)提出了在新旧盖梁间设置厚浇带和在新增桥梁部分预压作用下、浇筑新旧结构(含盖梁和空心板)的桥梁加宽创新施工工艺,在工程实例桥加宽改造中进行了应用检验;在桥梁加宽改造中,应用并总结了混凝土植筋、自密实无收缩混凝土等施工工艺技术。

(6)提出了荷载作用下相邻新旧空心板间挠度差异比的指标,用于评价桥梁加宽改造新旧空心板间结构连接的强度或能力;工程实例桥加宽改造完工后,对其进行了静力荷载试验检验,并采用新旧空心板间挠度差异比指标对空心板桥加宽新旧结构间的连接强度进行了评价。

1.5.2 本书研究技术路线和实施应用效果

本书研究紧密结合公路中小跨径混凝土桥梁(空心板桥和低高度小箱梁桥)的结构特点,以保证桥梁加宽结构安全和改造效果为目标,针对加宽技术和施工复杂和困难的装配式空心板桥加宽,采用以工程实例桥的加宽改造工程实际与理论分析相结合的方式。

本书的具体研究技术路线如下:

(1)分析公路装配式空心板桥和低高度小箱梁桥的结构特点、现有的桥梁加宽改造方法和技术,以及影响桥梁加宽改造效果的关键因素。

(2)对拟加宽改造的旧桥进行结构病害检测并评定结构承载能力,对旧桥的结构安全性进行计算分析、验证旧桥加宽改造利用原有结构构造的可能性。

(3)在分析公路装配式空心板桥加宽改造结构特点和基础不均匀沉降关键不利因素的基础上,在新旧空心板横向间连接和加宽改造施工工艺等方面提出系统的解决方案。

(4)在项目依托的工程实例桥加宽改造中,应用新旧结构新的连接方法和加宽施工新工艺进行工程实践验证;实例桥完工并营运一段时间后,进行静力荷载试验检验,科学合理评定桥梁加宽改造的实际效果。

工程实例桥加宽改造完工后开放实际交通和经历静力荷载试验检测后,桥梁新旧空心板、新旧盖梁横向间连接处结构状况良好,没有出现任何开裂等结构病害征兆,新旧桥面连接处沥青铺装完好;工后静力荷载试验成果分析表明,新旧空心板横向间连接结构强度达到预期目标。这表明本书研究项目所提出的新旧空心板横向连接创新设计、空心板桥加宽创新施工工艺和空心板桥加宽效果评价等方法 and 体系是合理、可行、可靠的。项目研究成果对公路中小跨径混凝土桥梁(空心板桥和低高度小箱梁桥)加宽改造,尤其是对装配式空心板桥的加宽改造工程具有重要的指导意义和实用价值。

第2章 公路空心板桥、低高度小箱梁桥加宽改造技术分析

2.1 公路装配式空心板桥、低高度小箱梁桥结构特点

2.1.1 公路装配式空心板桥结构概况

装配式预应力混凝土空心板桥是一般公路和高速公路中小跨径应用较为广泛的桥型,一般多采用先张法预应力钢筋混凝土空心板。

预应力混凝土空心板在国外 20 世纪 30 年代已出现,并被应用到工程中。国内直到 20 世纪 60 年代才出现空心板,20 世纪 80 年代,随着交通建设事业的发展,我国交通行业预应力混凝土空心板标准化设计也经历了一个从无到有的发展过程。20 世纪 60 年代,主要套用苏联的标准规范与标准图。20 世纪 90 年代由交通部组织编制出版了装配式后张法预应力空心板标准图,预应力空心板已形成标准化设计,其理论设计及施工方法越来越成熟与完善。

预应力空心板具有上部建筑高度低、预制施工简单、易实现标准化和工厂施工、产品质量可靠、造价低、施工吊装设备易解决等优点,是公路桥涵中被广泛采用的一种结构形式,常见跨径在 16~30 m,板厚 0.7~1.2 m,在 2004 年之前,空心板多采用 30~40 号混凝土(《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》)(JTJ 023—85),2004 年之后,多采用 C40~C50 混凝土(《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》)(JTG D62—2004)(简称《公预规》)。预应力空心板与实心矩形板相比,截面中部部分挖空,减轻了自重,充分发挥了材料的性能,所以跨径更大。预应力空心板具有自重轻、建筑高度小、施工工厂化、工艺简易等优点,可获得桥头接线较低的纵坡,减少桥头引道填土高度,结构简单,设计施工方便,可以做到定型设计,起吊、运输、安装方便,适用于跨径较小的中小型桥梁,桥梁造价低,具有一定的经济性、机动性。

由于受自重及自身承受弯矩的影响,预应力空心板只能适用于跨径较小的中小型桥梁,在国内外其设计理论与施工方法已发展得很成熟,预应力空心板这种形式的简支梁桥在实际工程中应用较为广泛。

装配式空心板桥的块件划分,一般沿横向取 100 cm 宽为一块。为了安装上的方便,预制宽度为 99 cm,而每块板横截面内又适当开孔,以减轻自重。常见的空心板横截面形式如图 2-1 所示。

装配式板桥在安装完成以后,为了使板块共同受力,接缝能传递剪力,则需要将块件间很好地加以连接。常用的横向连接方式有两种:现浇的企口混凝土铰连接和焊接钢板连接。常用企口式混凝土铰连接,即用与预制板同一强度等级或高一级的细骨料混凝土将预留的

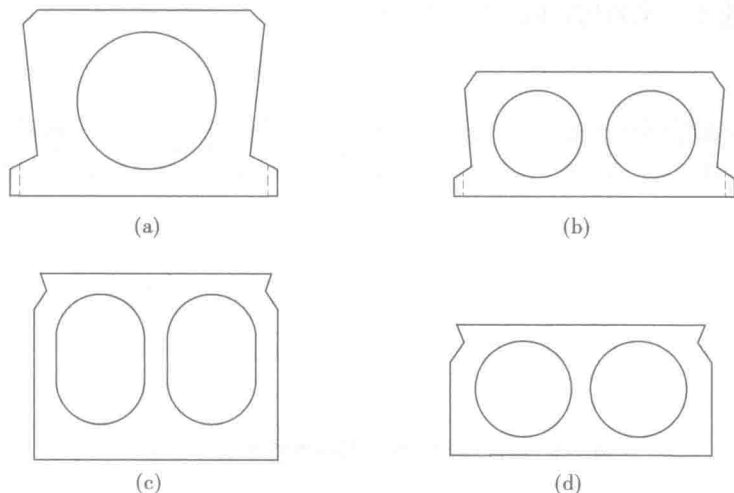


图 2-1 常见的空心板横截面形式

圆形、棱形或漏斗形企口加以填实,如图 2-2 所示为常用的混凝土棱形铰的构造,2004 年之后,装配式空心板桥采用图 2-2(a)所示的大铰缝形式。板梁待安装就位后在铰缝内用与空心板强度等级的细骨料混凝土填实。如考虑桥面现浇钢筋混凝土铺装层参与受力,则还需要将伸出板面的钢筋加以绑扎。为了加快工程进度,还要用钢板连接。在接缝两侧的板面每隔 80 ~ 150 cm 预埋钢板,安装后再用一块钢板搭焊连接。根据受力特点,钢板间距从桥跨跨中向支点(桥墩)由密变疏。

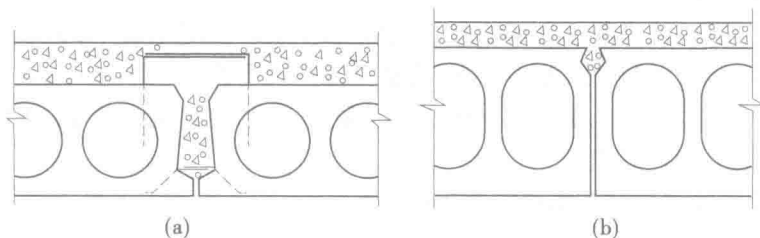


图 2-2 装配式空心板横向连接形式

装配式空心板桥横向结构布置如图 2-3 所示。

2004 年之前采用如图 2-3(a) 所示的横向结构布置形式;2004 年之后,主要采用如图 2-3(b) 所示的横向结构布置。装配式空心板桥普遍出现以空心板间混凝土的损坏为典型特征的结构病害,主要表现为:①桥面铺装层出现以沿板间企口缝的纵向裂缝、坑槽和塌陷为主要形式的病害;②梁板间企口缝结构混凝土破碎、脱落、塌陷,荷载有效地进行横向传递,出现单板受力现象。装配式铰接空心板桥的横向连接能力薄弱是产生上述病害的根本原因。装配式空心板桥通过空心板间的铰接构造传递板间的竖向剪力,并通过空心板间的铰接缝混凝土传递的剪力实现行车荷载在横向上的分布。板块间的横向连接不足以抵抗行车荷载产生的横向弯矩,空心板间混凝土在行车荷载作用下就会开裂。同时,由于各空心板其侧面竖向剪力产生的扭矩作用,加剧了板间混凝土的开裂,损坏加剧,最终导致板间的铰接构造混凝土发生损坏,从而影响板间竖向剪力的传递,造成空心板单板受力。长期不利因

素相互作用,加速了一系列病害的产生和发展。

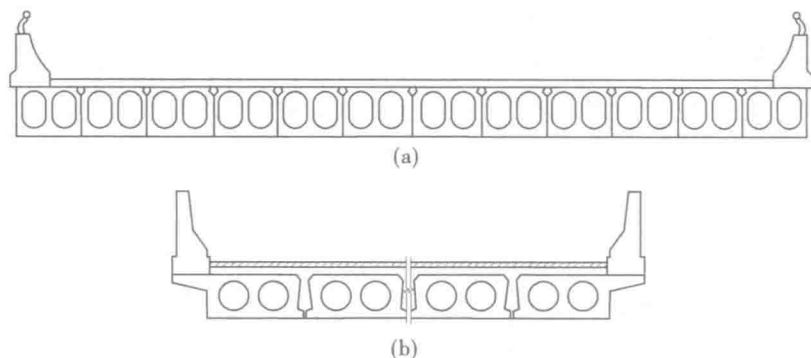


图 2-3 装配式空心板桥横向结构布置示意图

2.1.2 公路低高度小箱梁桥结构概况

低高度小箱梁,即部分预应力混凝土低高度小箱梁,或称带翼小箱梁(简称小箱梁),如图 2-4 所示。小箱梁桥一般是指在构造上采用预制单片预应力混凝土小箱梁,然后现场拼装,预制小箱梁沿翼缘两边彼此连接,翼缘间的连接缝(湿接缝)由梁翼伸出的钢筋配以纵向补充钢筋并现浇混凝土构成,与翼缘形成一体。一般在支座处(梁端)现浇横隔梁,也有在跨中加设内横梁的情况,其主要目的是增加结构的横向刚度,使带翼小箱梁整体性更好。综合了中等跨度桥梁常用的空心板和 T 形梁结构的优点,部分预应力混凝土、高强度低松弛钢绞线融为一体的一种新型的桥梁上部主梁结构形式,在结构性能上采用部分预应力混凝土,增强构件的延性,避免构件突然脆性破坏,降低了结构的反拱度值。

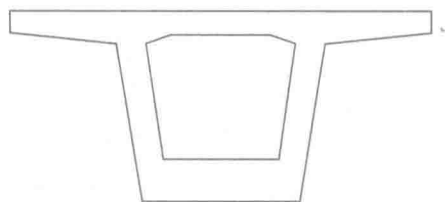


图 2-4 小箱梁截面形式

装配式小箱梁桥横向结构布置如图 2-5 所示。

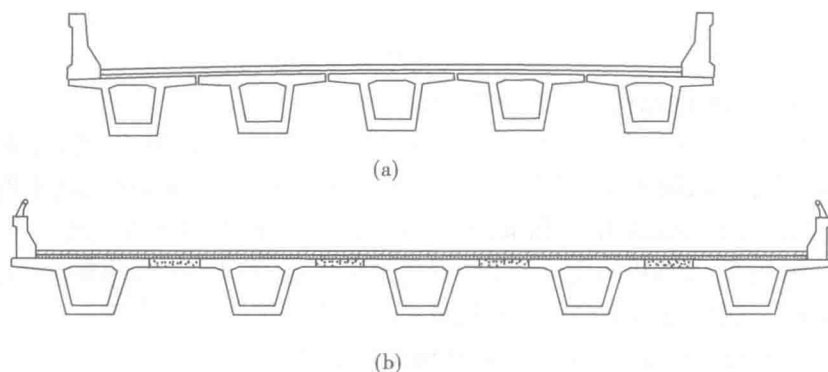


图 2-5 装配式小箱梁桥横向结构布置示意图

经实践证明,预应力混凝土小箱梁桥在跨径为 20 ~ 40 m 是一种很好的桥型。与装配式预应力混凝土 T 形梁相比,它具有建筑高度低、抗扭刚度大、活载横向分配均匀等优良的