



梁桥加宽桩基础沉降差

控制技术及工程应用

冯忠居 陈景星 邵景干◎著

Differential Settlement Control Technology
of Pile Foundation and Engineering Application
for Beam Bridge Widening

中国建筑工业出版社

梁桥加宽桩基础沉降差控制技术及 工程应用

冯忠居 陈景星 邵景干 著

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

梁桥加宽桩基础沉降差控制技术及工程应用/冯忠

居等著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2014. 1

ISBN 978-7-112-16023-5

I. ①梁… II. ①冯… III. ①桥梁加宽-桩基础-基础沉降-控制 IV. ①U442.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 256042 号

新、旧桥桩基础的沉降差异控制是公路拓宽改造工程中的关键技术问题之一,但国内外对加宽桥梁新、旧桩基础沉降差异控制方面可借鉴的成果较少。本书在总结和借鉴国内外梁桥加宽工程相关成果基础上,结合工程实际,通过理论分析、数值模拟、现场监控及理论预测等方法,对沉降差的计算方法、控制标准、控制技术进行了系统、深入的论述,形成了梁桥加宽桩基础沉降差控制的成套技术,分析数据可靠,针对性和适用性强,具有较高的工程应用价值。

本书可作为公路工程、桥梁工程、岩土工程设计和施工技术管理人员参考书,也可供相关专业大专院校的师生参考。

责任编辑:王磊 田启铭

责任设计:董建平

责任校对:王雪竹 陈晶晶

梁桥加宽桩基础沉降差控制技术及工程应用

冯忠居 陈景星 邵景干 著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京科地亚盟排版公司制版

北京同文印刷有限责任公司印刷



*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 11 字数: 270 千字

2014 年 1 月第一版 2014 年 1 月第一次印刷

定价: 32.00 元

ISBN 978-7-112-16023-5
(24773)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

随着国民经济的快速增长,我国早期建设的高速公路交通量急剧增加,部分高速公路已处于饱和状态。为了满足日益增长的交通量要求,不少高速公路迫切需要进行改扩建,这就涉及对原有桥梁的加宽问题。为确保行车的舒适性,实现新旧结构的共同受力变形,桥梁加宽一般采用新旧结构连接的方式;在新旧结构连接后,若新、旧桥基础沉降差过大,将在连接部位产生工程病害,严重时会影响桥梁的正常使用甚至危害行车安全。

我国已经完成的高速公路桥梁加宽工程在基础沉降差异的控制和研究上积累了一些经验,但目前仍没有系统的成型技术能很好地解决相应的技术难题,很多桥梁加宽工程由于处治手段不当,通车不久就出现了较为严重的病害。为此,本书在总结和借鉴国内外梁桥加宽工程相关成果基础上,结合工程实际,通过理论分析、数值模拟、现场监控及其理论预测等方法,对沉降差的计算方法、控制标准、控制技术设计与施工技术进行了系统、深入的论述。

全书分8章,第1章着重介绍梁桥加宽基础沉降差异控制的目的,对梁桥加宽病害进行了归类并分析其成因,说明本书的目标。第2章介绍梁桥加宽工程类型,介绍实体工程的地基及基础工程信息。第3章采用弹性理论方法,分析了新、旧梁桥桩基础相互作用下应力特性和沉降变形的规律,介绍了新、旧梁桥桩基础沉降差的理论计算方法。第4章采用数值分析方法分析梁桥加宽新、旧桩基础相互作用的承载特性。第5章对不同拼接方式下新、旧桥结合部进行应力分析,介绍梁桥加宽新、旧桩基础沉降差控制标准。第6章分析不同沉降控制方法下桩基础的沉降变形特性,介绍了新桥桩基础工后沉降控制的基本方法。第7章对梁桥加宽桩基础现场沉降监控的目的、方法及其监控成果分析进行了介绍,采用灰色系统预测模型,对沉降差控制效果进行了预测和评价。第8章介绍基于沉降差控制的梁桥加宽设计与施工技术。

本书得到了郑漯高速公路改扩建项目有关领导和工程技术人员的指导、支持和帮助,研究生张福强、张长安、关晓静、姬小祥、朱登远、成超、贾彦武、熊山铭等在资料收集与整理、理论分析方面做了大量的工作,在此,对他们的辛勤劳动表示诚挚的谢意。由于时间紧促,加之作者水平有限,书中不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

作者
2013年7月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 梁桥加宽病害分类	2
1.3 病害成因分析	3
1.4 本书的内容	5
第 2 章 梁桥加宽的基本资料	6
2.1 概述	6
2.2 梁桥加宽方式	6
2.3 梁桥加宽所需基本资料	13
2.4 郑漯高速梁桥加宽的地基与基础	15
2.5 小结	19
第 3 章 新、旧桩基础相互作用的沉降计算理论	21
3.1 概述	21
3.2 新、旧梁桥桩基相互作用的应力特性分析	21
3.3 新、旧梁桥桩基沉降差的理论计算	31
3.4 考虑时间效应的新、旧梁桥桩基沉降差理论计算	32
3.5 小结	38
第 4 章 梁桥加宽新、旧桩基础相互作用的数值模拟	40
4.1 概述	40
4.2 计算方法与分析方案	40
4.3 模型建立与计算参数选取	41
4.4 极限承载力的确定方法	46
4.5 桩侧摩阻力和桩端阻力的确定方法	46
4.6 旧桥桩基承载性能分析	47
4.7 加宽桥桩基成孔对旧桥桩承载性状影响分析	49
4.8 新桥桩基承载特性分析	51
4.9 新、旧桩基承载特性对比分析	52
4.10 新、旧桩基相互作用分析	53
4.11 小结	57
第 5 章 梁桥加宽新、旧桩基础沉降差控制标准	58
5.1 概述	58
5.2 模型建立与参数选取	58
5.3 拼接部位的位移控制	59

5.4	材料力学性能	64
5.5	容许沉降差的确定	66
5.6	拼接部位的受力与变形特性分析	67
5.7	小结	72
第 6 章	梁桥加宽桩基础工后沉降控制优化技术	73
6.1	概述	73
6.2	模型建立与计算参数选取	73
6.3	地基加固桩基础沉降控制与分析	75
6.4	增补桩基的沉降控制与分析	84
6.5	沉降控制效果对比分析及沉降控制参数的确定	92
6.6	小结	95
第 7 章	梁桥加宽桩基础沉降监控与评价	97
7.1	概述	97
7.2	现场监控方案	97
7.3	监控成果汇总与分析	98
7.4	桥梁基础沉降控制效果评价	116
7.5	实测成果、理论计算及其数值模拟成果对比分析	129
7.6	小结	131
第 8 章	基于沉降差控制的梁桥加宽设计与施工技术	133
8.1	概述	133
8.2	上部结构拼接设计	133
8.3	堆载预压设计	140
8.4	桩基沉降差控制设计	141
8.5	地基加固控制桩基沉降设计	145
8.6	上部结构拼接施工	147
8.7	桩基施工沉降控制	155
8.8	新桥桩基施工对旧桥周围环境的影响控制	160
8.9	小结	162
参考文献		164

第 1 章 绪 论

1.1 概述

随着我国交通事业的迅速发展,公路交通量不断上升,大型运输车辆的吨位、轴重大幅度提高,而早期桥梁设计荷载标准普遍偏低,已不能满足日益增长的交通量需要。要在短时间内重建国、省道上的大量旧桥,需要投入大量资金,这必然会影响到其他重点工程建设,不利于公路桥梁建设的可持续发展。为了既能保证公路的正常运营,提高其通行能力,又能克服建设资金短缺的问题,只能对旧桥进行加宽改造。

旧桥的加宽改造就要涉及新、旧桥梁结构的横向连接问题,相应的连接方式有三种:上下部结构均不连接、上下部结构均连接和上部结构连接下部结构不连接。在新、旧桥连接后,由于旧桥基础的固结沉降已基本完成,而新桥基础的沉降才刚刚开始,这种基础沉降大小、速度、发展趋势上的差异称为新、旧桥梁基础的沉降差异。如果新桥梁基础随时间的推移继续产生的沉降过大,则会使新、旧桥基础沉降差过大,进而会引起新、旧桥连接处产生工程病害或使基础产生沉陷、墩台出现倾斜和过大的裂缝,严重时会影响桥梁的正常使用甚至危害行车安全,这已经成为旧桥加宽工程亟待解决的技术难题之一。

欧美发达国家对旧桥加宽的技术比较重视,投入大量资金开展相关研究,取得了一些有益的成果。早在 1980 年,西方 24 个国家就在巴黎召开了旧桥维修与加宽技术研讨会,开始在桥梁加宽工程中推广应用相应的关键技术;1998 年美国混凝土协会出版了《公路桥梁加宽指南》,针对加宽工程桥梁病害,对桥梁结构形式的选择、设计的细节、施工材料和方法进行详细规定;2011 年澳大利亚交通运输部门还出版了加宽桥梁设计推荐标准,并给出了连接方式和连接构造的推荐图。

我国对旧桥加宽技术的研究起步相对较晚,但进入 20 世纪 90 年代以来,由于经济的快速发展导致大量旧桥加宽工程付诸实施,尤其是大批高速公路改扩建工程的实施,推动了我国的旧桥加宽技术研究工作,使得我国在旧桥加宽成套技术方面取得了长足的进步。2002 年开工的沈大高速改扩建、2003 年开工的沪宁高速改扩建工程都针对桥梁加宽拼接技术开展专题研究,为我国此后的桥梁加宽工程提供了有益的借鉴。东南大学的叶见曙教授依托沪宁高速公路扩建工程,系统地研究了桥梁加宽工程中结构设计问题,提出了桥梁加宽设计基本原则和不同上部结构形式的加宽图式,并特别指出必须在设计中考虑新旧结构的变形差异以及基础的沉降差异问题。针对桥梁加宽中新旧桥面挠度差的控制问题,北京交通大学杜进生(2011 年)依托京津塘高速公路改扩建工程,对新老桥及其接缝混凝土板采用基于梁格的有限元数值法进行受力分析,分析结果表明适当的交通管制和在新旧桥面间设置临时剪力架的组合方式可有效减小新旧桥面挠度差。

综上所述,虽然我国已有的桥梁加宽工程技术解决了工程实践中的一些问题,但已有的桥梁加宽技术中大多仅限于基础结构本身,涉及新、旧基础沉降差异控制方面的技术还

较少,而且也不成熟,很多桥梁加宽工程由于对新、旧基础沉降差控制手段不当,通车不久就出现了较为严重的病害,造成了巨大的经济损失。因此,为使我国的旧桥加宽工作顺利开展,迫切需要在认真总结以往旧桥加宽实践经验的基础上,形成系统的旧桥加宽基础沉降控制的相关技术来指导设计与施工。

考虑到我国早期建设的公路桥梁中绝大部分为梁式桥,且大多采用桩基础,因此,本书主要介绍桥梁加宽工程中新、旧桩基础沉降差控制技术。

1.2 梁桥加宽病害分类

国内外梁桥加宽的工程实践证明大部分桥梁在加宽后出现的主要病害归纳起来包括:梁体倾斜、墩台裂缝或倾斜、新、旧桥桥面结合部纵向裂缝、旧桥面产生坑洞或裂缝、桥头跳车等类型。

1. 梁体倾斜

由于新、旧基础沉降起点不同,新基础沉降速率远大于旧基础沉降速率,从而引起的梁体侧移,其表现形式有:(1)梁体侧向倾覆、内侧支座脱空;(2)墩台身开裂;(3)主梁横向侧移等。这些都是梁桥加宽后可能出现的问题,有时单独出现,但更多是几种现象同时出现。

梁体的倾斜问题轻则导致桥梁结构局部轻微破坏,严重时会出现支撑结构破坏、梁体整体滑移和翻转等。桥梁在建设或使用过程中若出现该问题,不仅会影响桥梁的正常建设和使用,而且补救起来非常困难,进而造成巨大的经济损失。

2. 墩台裂缝、倾斜

墩台是桥梁的重要组成部分,它关系着桥跨结构在平面和高程上的位置,并将荷载传递给地基,墩台的强度和稳定性在很大程度上决定了桥梁的耐久性。

如果桥梁加宽部分墩台基础承载能力不足,桥梁在使用过程中墩台可能会出现变形过大的情况,从而可能导致墩台产生裂缝或者倾斜,严重影响桥梁的使用;同时,墩台的裂缝,加速了基础的失稳过程,墩台倾斜时桥梁整体受力发生变化,向不利于桥梁受力的方向发展,加速桥梁的破坏。

3. 新、旧桥桥面结合部纵向裂缝

由于基础不均匀沉降或混凝土收缩徐变等原因,桥梁加宽后在使用过程中新、旧桥面连接处可能出现纵向裂缝,进而产生啃边等病害,如图 1-1 所示。纵向裂缝一方面会在车辆荷载作用下加速发展,造成钢筋锈蚀,从而影响梁构件的寿命,甚至可能引发重大交通事故;另一方面会影响桥梁的耐久性、行车舒适性和安全性。

4. 旧桥面产生坑洞和裂缝

由于梁桥加宽改变了旧桥结构的受力特性,使旧桥部分受力增大或力的横向分布情况发生变化,当旧桥结构不能满足新旧桥整体受力时往往会在旧桥面产生坑洞和裂缝,这种病害修补困难且效果不明显,直接影响桥梁的使用功能,降低桥梁使用寿命。

5. 桥头跳车

由于结构物与台背填土的不均匀沉降,致使路桥过渡段出现不同程度的台阶,从而使路面平整性受损,易产生桥头跳车,降低行车速度、影响行车安全,增加车辆运营费用和加速桥梁及路面病害的发展。

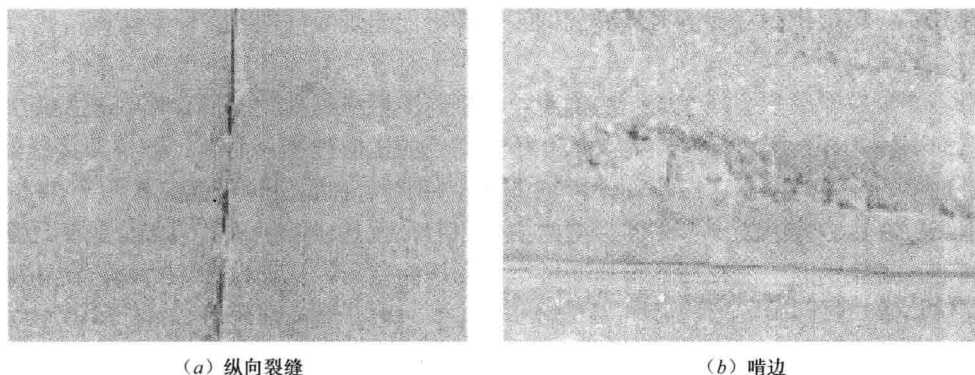


图 1-1 湖州大桥加宽桥梁病害

1.3 病害成因分析

1. 基础的不均匀沉降

在梁桥加宽工程中，旧桥的基础沉降已基本完成，而新加宽桥梁的基础沉降才刚开始。如果利用旧桥的各点标高来设计加宽部分，不考虑基础沉降问题，则加宽部分的沉降量可能会使新、旧桥的结合部形成台阶，这会给车辆的行驶带来不利的影响。在旧桥整体加宽时，若新、旧结构之间不设沉降缝，基础的不均匀沉降会引起上部结构受力发生变化，可能会使新、旧桥结合部位受力剪断，影响桥梁的正常受力和使用。

2. 混凝土的收缩徐变

混凝土承受荷载以后，除了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。新加宽的桥梁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，造成预应力混凝土结构的预应力损失。同时，徐变还会对混凝土中的钢筋杆件产生附加弯矩。

因此，在旧桥整体加宽过程中，要充分考虑到新桥混凝土收缩徐变等因素影响，一般要求新桥空心板、T 梁、连续箱梁等常规结构均采用结构整体连接方式，同时适当延长预应力张拉前的混凝土养护龄期和存梁时间，成桥后一般需要经过合理的时间后，再进行结构连接。如果工期许可，尽量推迟连接时间，以利于新桥纵、横向混凝土充分收缩徐变，避免新、旧结构之间因变形差别较大而引起纵向裂缝。

对于不同类型的上部结构，所经历的时间也不相同，需要通过计算分析，得出较合理的时间，以便混凝土收缩徐变的进一步完成，从而减少新桥混凝土的收缩徐变对旧桥的影响。

3. 车辆荷载

(1) 桥面振动引起的裂缝

车辆冲击力是引起梁桥加宽病害的又一原因。当载重车辆通过新桥桥面时，桥面不同部位会产生不同程度的振动。车辆荷载引起梁板的自振，并带动桥面铺装层与其共振。但由于新、旧桥梁板的自振频率和振幅均不相同，振动造成旧桥桥面混凝土铺装层的反复变形并产生较大的竖向剪应力和横向拉应力，当混凝土强度较低、纵横向连接钢筋传递荷载

的能力较差时,旧桥桥面靠近接缝处的铺装层有可能出现纵向裂纹。

(2) 竖向变形引起的裂缝

桥梁在荷载作用下会产生向下的挠度,由于新旧桥板的受力不同,当新桥桥板发生挠曲变形向旧桥相邻梁板传递时,需要依靠桥面铺装的横向连接,而新、旧桥面接缝处是传递变形的薄弱环节,当新、旧桥面不能共同变形而产生变形差时,就会在桥面产生开裂。旧桥铺装层在靠近接缝处产生纵向裂缝的主要原因,就是在旧桥桥面混凝土铺装层强度形成的初期,搭接钢筋不能很好地传递新桥梁板的挠曲变形,从而造成了桥面混凝土竖向的剪切破坏。

4. 基础施工工艺

(1) 新桥基础施工影响流砂、流土降低旧桥基础的承载力和稳定性

在基础施工过程中,地基中粒径很小、无塑性的土壤在动力水压力推动下失去稳定,随地下水一起流失,从而使土体丧失承载力。流砂边挖边冒,土方开挖无法达到设计深度,极易引起土体塌方,严重时使附近的构造物发生下沉、倾斜,甚至出现倒塌现象。

(2) 新桥基础施工抽取地下水增加了旧桥基桩荷载,增加沉降量

新桩施工中抽取地下水使原土层中的水分大量流失,含水量降低,土体固结变形程度加大,使得土与桩体间的负摩阻力增大,从而增加了旧桩的沉降量。

(3) 施工机械的振动对旧桥的影响

机械振动产生的危害主要有两方面,一是反复振动导致饱和土液化而使地基位移或失稳,导致建筑物出现沉陷、倾斜或开裂等现象;二是由于结构的固有频率与施工振动主频率相同或接近时,该结构就会产生共振而导致一定程度的损害。

(4) 新桥施工可能对旧桥造成损伤

在新桥桩基、桥面、主梁等大型构造物的吊运装配过程中,难免会由于机械操作不当或人为因素,使得新桥构造物与旧桥发生摩擦和碰撞,从而使旧桥结构出现损伤和破坏,轻则影响桥梁美观,重则影响桥梁的正常受力,危害桥梁的正常使用。

5. 上部连接方法及工艺

梁桥加宽时上部连接方式主要有三种:上部构造、下部构造均不连接;上部构造、下部构造均连接;上部构造相互连接、下部构造不连接,不同的连接方式都会对在新老桥连接部位产生一定程度的病害。

(1) 上部构造、下部构造均不连接

桥梁加宽部分与旧桥的上部构造、下部构造不连接,新老结构之间留工作缝,桥面沥青混凝土铺装层连续摊铺。

汽车活载作用下两桥主梁产生的不平衡挠度以及加宽桥大于旧桥的后期变形,都将会造成连接部位沥青混凝土铺装层的破坏,从而形成纵向裂缝或横桥向错台,严重时会造成加宽桥梁失稳,发生倾斜现象。

(2) 上部构造、下部构造均连接

将加宽桥梁的上部构造与原桥的对应部位横桥向通过植筋、浇筑湿接缝方式连接起来,旧桥下部构造的桥墩、桥台盖梁及系梁也通过植筋技术将钢筋与加宽新桥相应部位钢筋连接,然后浇筑混凝土,使新老桥连成整体。

由于加宽桥与旧桥的上部混凝土梁变形不一致,基础沉降量也不同,因此产生的附加

内力较大,易造成盖梁和墩台连接处产生裂缝,新、旧桥桥面连接处也可能出现裂缝。

(3) 上部构造相互连接、下部构造不连接

综合上述两种方案的优缺点,采用加宽桥与旧桥上部结构横向互相连接而下部构造不连接。

这种连接方法,也难以完全克服基础沉降差带来的附加内力,新、旧桥的桥面连接处也可能出现裂缝。

6. 新基础使水流情况发生改变

跨河桥墩是阻水构筑物,在冲积河流上,它会产生局部河床冲刷问题。桥墩局部冲刷深度计算的可靠性,将直接影响桥梁基础埋深是否安全合理。旧桥因为使用时间较长,在水流量一定的情况下河床冲刷已基本达到平衡状态,基础承载能力基本稳定,但加宽部分桥梁的基础打破了这种平衡,使水流通过桥梁时单宽流量增加,桥梁处的水流挟沙力增加,加大了对旧桥基础的冲刷,使其承载力降低,增大了旧桥的沉降变形,且承载力和沉降变形难以量化,对桥梁加宽的设计和加宽后桥梁的使用带来不利影响。

1.4 本书的内容

本书在总结和借鉴国内外梁桥加宽工程相关成果的基础上,首先对梁桥加宽病害进行了归类并分析其成因,又结合工程实际,采用弹性理论方法,分析了新、旧梁桥桩基础相互作用下应力特性和沉降变形的规律,介绍了新、旧梁桥桩基础沉降差的理论计算方法,然后采用数值分析方法分析了梁桥加宽新旧桩基础相互作用的承载特性、不同拼接方式下新旧桥结合部应力分布规律及不同沉降控制方法下桩基础的沉降变形特性,为沉降差控制标准的确定和沉降控制参数的优化提供了必要的理论支撑。为了验证沉降控制方法的有效性,对梁桥加宽桩基础现场沉降监控的目的、方法及其监控成果的分析进行了介绍,同时采用灰色系统预测模型,对沉降差控制效果进行了预测和评价。最后介绍了基于沉降差控制的梁桥加宽设计与施工控制技术。

本书所述及的内容,一方面使设计和施工人员能掌握不同工程条件下梁桥加宽工程基础沉降差理论计算方法及控制标准的计算分析方法,同时了解不同沉降控制技术下桩基础的沉降变化规律,为梁桥加宽工程提供必要的理论支撑和技术支持;另一方面通过补充和完善梁桥加宽工程的设计与施工技术,填补现行梁桥桩基础设计与施工技术在加宽工程中存在的不足。

第 2 章 梁桥加宽的基本资料

2.1 概述

地基与基础设计与计算是梁桥加宽工程设计中的关键环节,而地基与基础设计方案的确定及设计计算中有关参数的选用,都需要根据当地的地质条件、水文条件、上部结构型式、荷载特性、材料情况及施工要求等因素全面考虑。施工方案和施工方法也应该结合设计要求、现场的地形条件、地质条件、施工技术设备、施工季节、气候和水文等情况来研究确定,因此,通过详细的调查研究,充分掌握必要的、符合实际情况的资料,对保证桥梁加宽的设计和施工方案的科学性和合理性具有至关重要的作用。

2.2 梁桥加宽方式

公路桥梁的加宽方案的合理确定攸关桥梁加宽工程的成败,也是工程方案论证中的核心内容,采用何种加宽方式和连接方式,对桥梁加宽工程的施工难易程度、工程质量、使用效果和工程造价均会产生举足轻重的影响。因此,需要在公路桥梁加宽既有经验的基础上,进行详细的调查研究,结合实体工程情况,通过科学论证和认真比选,确定先进适用、安全可靠和经济合理的梁桥加宽方案。

2.2.1 梁桥加宽方式分析

为了提高原有桥梁的荷载等级和使用性能,可以采用单侧加宽或双侧加宽方式进行桥梁的拓宽改造,单侧加宽是平行原桥另建一座新的桥梁,根据新、旧桥是否横向连接又可分为单侧分离式加宽和单侧拼接加宽两种形式;双侧加宽是在旧桥两侧同时进行桥面拓宽,同样,根据新旧桥是否存在横向连接也可分为双侧分离式加宽和双侧拼接加宽两种形式。

(1) 单侧分离式加宽

国内高速公路改扩建工程常见的做法是在旧桥左侧或右侧新建一座单向 4 车道桥梁,将旧桥双向 4 车道改为单向 4 车道,旧桥上、下部结构维持不变如图 2-1 所示,但新建桥梁桥型的选择应与旧桥的结构形式基本协调,尽量采用和旧桥相同的结构受力体系,以免影响桥梁整体景观效果。但采用单侧分离式加宽桥梁需要将原有四车道高速公路由双向通行改为单向通行,如何封闭原左、右幅桥梁间的中央分隔带、调整桥面横坡和改造排水设施就成为关键技术问题,从国内外的工程实践来看,一般采用延长盖梁或梁板、新增梁板或桩基础的方式来解决这些棘手问题。

单侧分离式加宽与双侧加宽相比,由于不需要进行拼接施工,施工较为方便,也基本不对旧桥的交通产生影响,且桥梁结构整体性也好,但单侧分离式加宽实质上就是新建一座桥梁,工程造价较高。当要求不能中断交通,或者在山岭重丘区因地形地物限制不具备双侧加宽条件时才考虑采用此种加宽方式。在高速公路改扩建工程中,对施工难度较大的

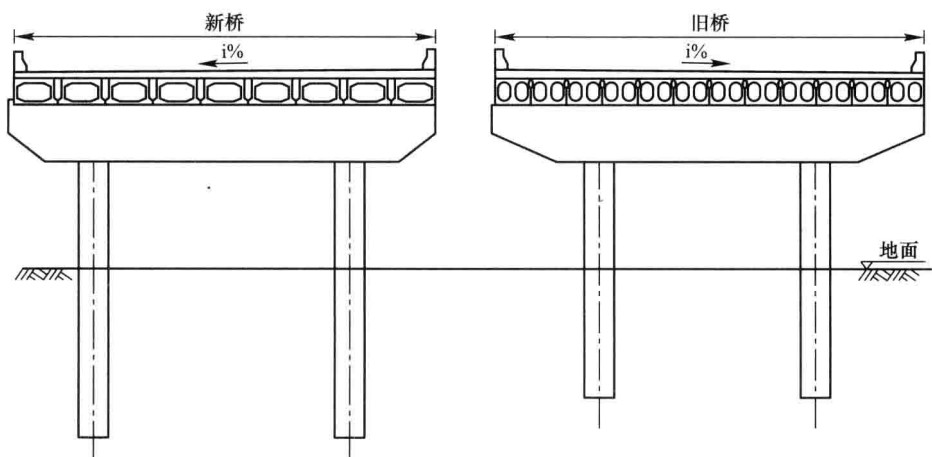


图 2-1 单侧分离式加宽

特大桥或特殊体系桥梁（如刚构桥、拱桥、斜拉桥或悬索桥等）的加宽，或由于特殊原因新桥需要采用与旧桥完全不同的受力体系时（例如旧桥为拱桥，新桥采用梁式桥时等），一般采用新建桥梁的方式进行桥梁加宽；有时因旧桥承载力下降过多需要大面积的加固维修导致新旧桥拼接困难的，通常也采用单侧分离式加宽方式。

（2）单侧拼接加宽

单侧拼接加宽如图 2-2 所示，虽然只有一条纵向接缝，整体性好，但由于重新设置桥面横坡增加恒载重量，且施工复杂，桥梁中心线的改变也会造成路线线形不顺，需要相应的道路改移，在桥头引线满足设计标准且路线走向不受严格限制时，如果加宽的宽度较窄，可以考虑采取这种加宽方式。因单侧拼接加宽适应的加宽宽度较小且局限性较大，这种桥梁加宽方式应用极少。

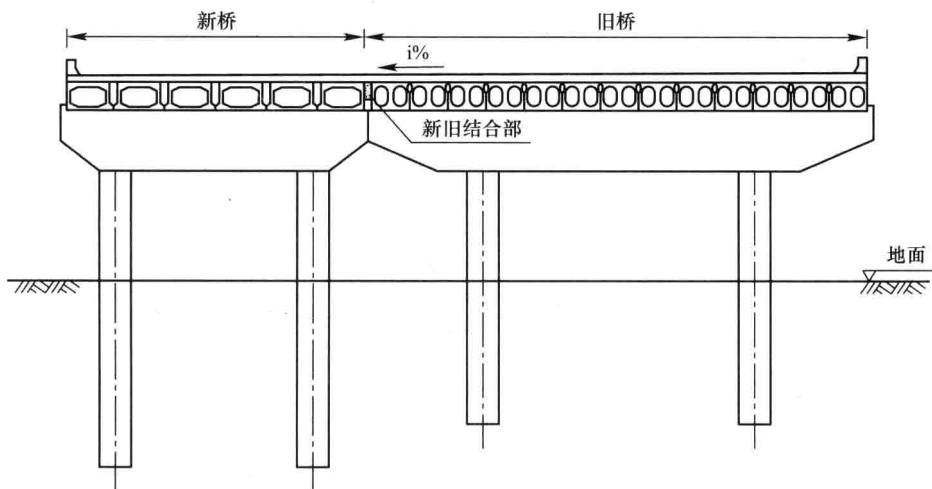


图 2-2 单侧拼接加宽

（3）双侧分离式加宽

双侧分离式加宽如图 2-3 所示，在旧桥的左、右两侧新建两座新桥，新、旧桥之间不进行连接，新建桥采用和旧桥相协调的跨径和结构形式。当作为病害桥的旧桥在加固后对

是否能满足扩建后的使用要求和对旧桥不可预见的后期病害发展不明确时，考虑到原结构安全性，不宜在旧桥上连接加宽，此时，可以采用双侧分离式加宽方式。一般来说，这种桥梁加宽方式主要适用于低等级公路的加宽设计。

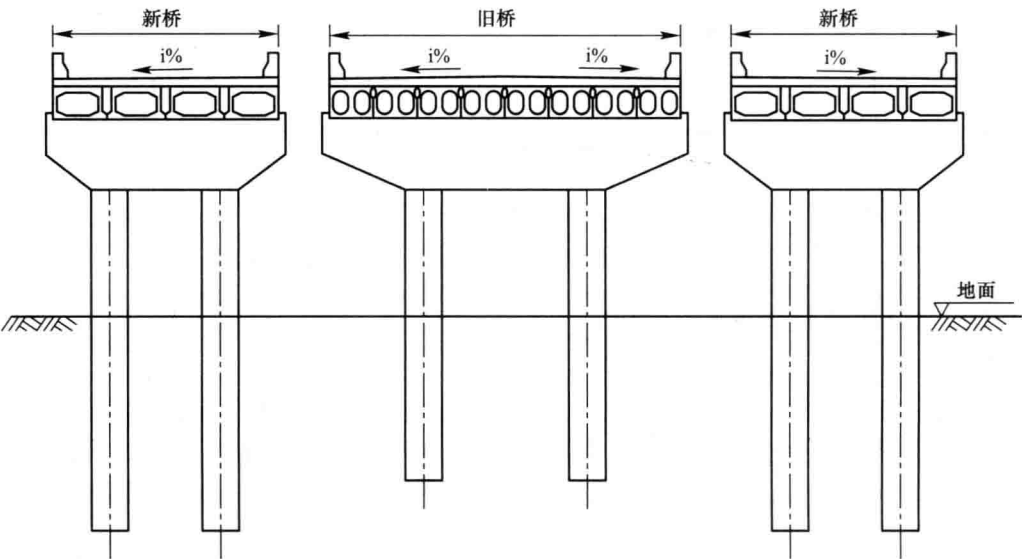


图 2-3 双侧分离式加宽

(4) 双侧对称拼接加宽

双侧对称拼接加宽如图 2-4 所示，除了增加两条纵向接缝外，其他有关单侧加宽的缺陷均可以得到有效克服，且桥梁中心线不变、不影响路线线形，视觉也比较协调，因此，在高速公路改扩建工程中双侧对称拼接加宽得到了广泛应用。在实际工程中桥梁加宽方式还应综合考虑旧桥承载力和耐久性评价结果、基础形式及沉降变形规律、上下部结构的变形协调以及施工难易程度等多种因素的影响合理确定。

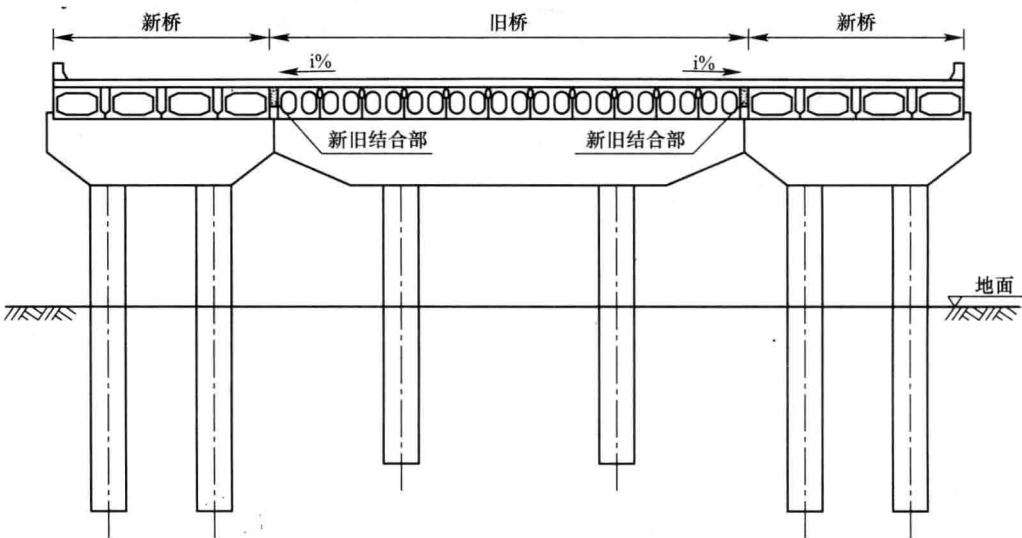


图 2-4 双侧对称拼接加宽

桥梁加宽方式受到沿线地形地貌、构造物结构形式、路线走向、地质条件及工程造价等诸多因素的共同影响,因此在考虑加宽方式时,应针对不同工程特点和地质条件,在认真调查研究的基础上,结合技术经济分析结果,因地制宜、灵活选择,确定最为经济合理的加宽方案。

郑州至漯河段高速公路全长 119.638km,为京珠国道主干线河南境的重要组成部分,是承载国家南北运输的公路大动脉,而且也是河南省南北向最为繁忙的运输通道,是河南省经济发展的“基轴”之一。郑漯高速公路原路是按平原微丘区高速公路标准建设,主线设计标准为双向四车道高速公路。自 1998 年建成运营以来,交通量急剧增长,公路服务水平逐渐下降,已无法满足运营要求,因此,2007 年底开始实施改扩建工程,由双向四车道加宽至八车道,项目 2010 年底完工。

因郑漯高速公路地处平原微丘区,地质情况变化不大,受地形和附近建筑物限制较少,所以在改扩建中采用双侧对称拼接加宽方案。

2.2.2 新、旧桥连接方式分析

国内外桥梁加宽的大量工程实践都表明,新、旧桥梁的连接问题是桥梁加宽工程成败的关键所在,对梁桥的加宽来说,主要有以下三种连接方式:

(1) 上下均不连方式

采用上下均不连方式(如图 2-5 所示)避开了新旧桥的连接问题,新、旧桥各自受力明确、互不影响,可以简化施工程序,但由于新、旧桥间存在主梁不平衡挠度和基础沉降差异,会造成上部沥青铺装层破坏,形成纵向裂缝和横向错台,影响行车舒适性和安全性,因而使后期养护维修工作量大大增加。该方法曾在早期的一些中小跨径桥梁加宽中尝试使用,但都不够成功。1997 年广佛高速改扩建工程大部分桥梁采用了上下均不连的方案,并尝试采用沥青和木条填充新、旧桥间的空隙,但通车运营后由于新、旧梁的接缝处挠度差的原因,产生纵向裂缝和横向错台,导致行车条件恶化,只好在 2002 年开始实施桥面连续工程来解决这一问题,因而在我国此后的高速公路改扩建中应用较少。为了实现

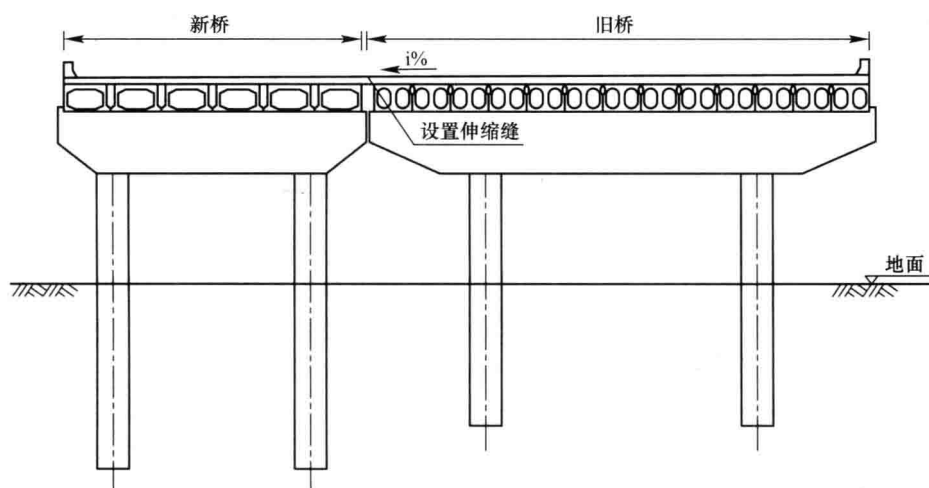


图 2-5 上下均不连方式

上下均不连接,国内外许多公路改扩建工程也分别尝试采用钢板包边、桥面连续、纵横伸缩缝连接等方式,但由于无法从根本上解决新、旧桥的挠度差问题,桥面铺装层病害较多且行车安全性下降,造成后期养护工作量大量增加,因此,不宜大规模采用上下均不连方式。

(2) 上下均相连方式

新、旧桥梁上部构造之间对应位置与下部构造之间对应位置均通过植筋或浇筑横隔梁的方式连接(如图2-6所示),上部结构连接的方法有主梁仅通过翼板相连,或主梁通过翼板和横隔板相连两种,下部结构采用植筋或设置角钢的方式实现连接。采用这种方式可以实现新旧结构共同受力,并且较好地避免因新、旧桥混凝土收缩徐变和基础沉降差而产生的变形差,保持桥面平整和行车舒适,但由于新、旧桥基础沉降差的客观存在,导致上、下部结构连接处产生的附加内力较大从而出现病害,外观不雅且修复困难。此外,上、下部结构均连接需要进行大量的植筋作业,工程成本较高,施工工艺繁杂不易掌握,设计难度也大。如果在软土地区采用这种连接方式,出问题的概率大大增加,因而技术风险较高。沈大高速改扩建工程采用了上下均相连方式,但为了减轻新、旧桥基础沉降差产生的附加应力影响,将上部结构全部更换为新版,强化盖梁连接的强度和刚度,并采用特殊地基处理措施加固地基,同时为了保证新、旧结构接缝的施工质量,沈大高速改扩建工程还进行了全封闭施工,社会成本和工程成本都很高,因而限制了这种连接方式的应用。

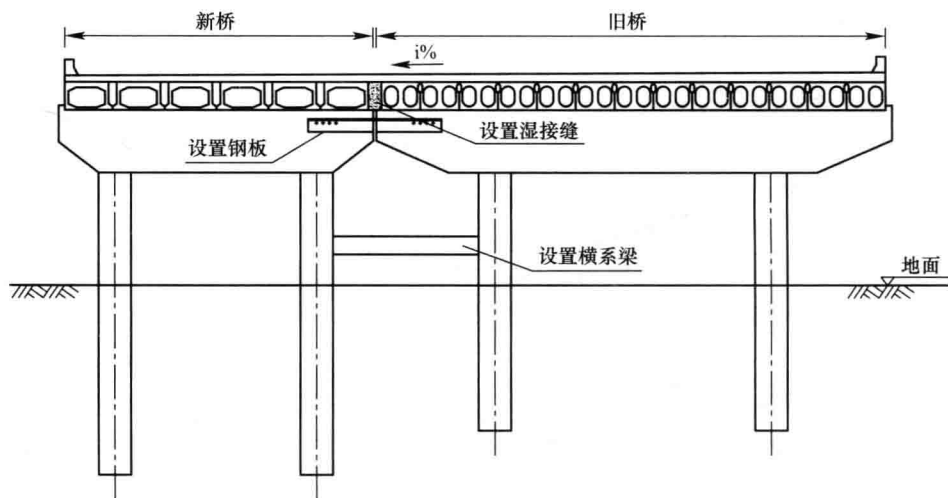


图 2-6 上下均相连方式

(3) 上连下不连方式

上连下不连方式(如图2-7所示)的优点是下部结构各自受力、互不影响,上部结构连接对下部结构产生的内力影响很小。但是上部结构连接后由于新、老桥梁材料特性的差异将产生附加内力,新、旧基础沉降差异也会使连接部位附加内力增大从而产生桥面破坏,因此,上连下不连方式的技术关键在于尽可能减小新、旧基础的沉降差异。从国内外高速公路桥梁加宽工程经验来看,加宽的新建桥梁尽可能采用桩基础并适当增加桩长,还可以采取桩基础加固和上部结构连接部构造处理、增加配筋等技术措施来克服附加应力的不利影响。

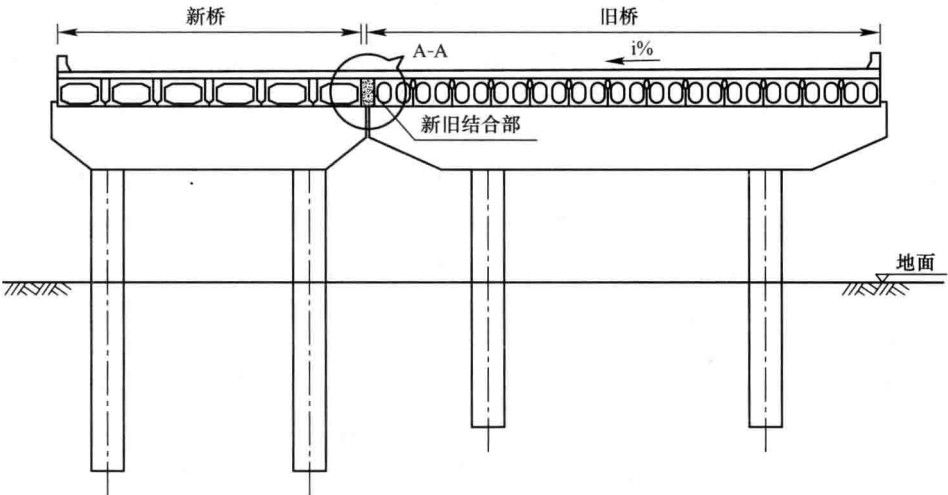


图 2-7 上连下不连方式

上连下不连方式已在沪宁高速、杭甬高速、海南东线高速、连霍高速公路郑州段、京港澳高速公路安阳至新乡段等多个改扩建工程中采用，根据通车后几年的桥梁使用情况观察，采用此连接方式施工的桥梁使用情况良好，未发现明显病害。

采用上连下不连方式避开了下部的连接问题，主要涉及的是新、旧桥上部结构的连接处理，具体来说，主要有以下三种上部结构连接方法：

① 铰接

这种连接方式如图 2-8 所示，也被称为柔性连接或弱连接，因削弱了新、旧桥的连接强度，后期桥梁运营中，混凝土的收缩徐变、新旧基础的沉降差异以及行车荷载导致的梁板挠度差等都需要在铰接构造处释放，因铰接连接处不能承受弯矩作用，当上述不利因素的综合作用超出一定范围后，在铰接部位会出现一定的病害。在沪宁高速公路和沪杭甬高速公路改扩建工程中箱梁的连接采用了这一方式。广佛高速公路湖州大桥改扩建工程新旧箱梁未进行有效连接仅采用纵向伸缩缝实现上部连接，但通车 3 年后新、旧箱梁连接部位出现纵向裂缝，裂缝附近还出现了啃边现象，为此，后期维修不得不采用铰接的方式处理这一问题。

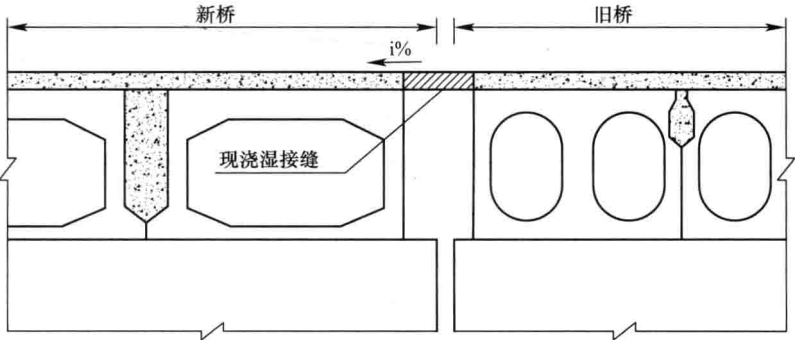


图 2-8 铰接