

ZHUANGPEISHI YUYINGLI HUNNINGTU XIANGXING LIANGQIAO
BINGHAI FENXI YU JIAGU JISHU

装配式预应力混凝土箱形梁桥 病害分析与加固技术

—— 侯 旭 贾 磊◇著 ——



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

装配式预应力混凝土箱形梁桥 病害分析与加固技术

侯 旭 贾 磊 著



人民交通出版社股份有限公司

China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书总结了作者十多年来针对装配式预应力混凝土箱形连续梁桥病害分析与加固技术方面的工程实践经验和研究成果,主要介绍装配式预应力混凝土组合箱形梁桥常见病害,根据其构造特点及运营现状,分析其产生的可能原因,提出多种可行的加固方法及其组合,并结合工程实例加以分析,为相关类型桥梁的加固提供参考借鉴。

本书可以供桥梁养护管理、加固设计与施工的技术人员使用,也可供大专院校桥梁工程专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

装配式预应力混凝土箱形梁桥病害分析与加固技术 / 侯旭, 贾磊著. — 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2017.8

ISBN 978-7-114-13908-6

I. ①装… II. ①侯… ②贾… III. ①公路桥—预应力混凝土桥—病害—防治②公路桥—预应力混凝土桥—箱梁桥—加固 IV. ①U448.142.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 128947 号

书 名: 装配式预应力混凝土箱形梁桥病害分析与加固技术

著 作 者: 侯 旭 贾 磊

责任编辑: 李 喆

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

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)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 720×960 1/16

印 张: 9.75

字 数: 170 千

版 次: 2017 年 8 月 第 1 版

印 次: 2017 年 8 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-13908-6

定 价: 35.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

序

装配式预应力混凝土箱形梁桥横断面由多片箱形梁构成,这种箱形梁又称“小箱梁”。通过横向分片“化整为零”,使得小箱梁易于运输安装;通过梁间湿接缝、墩顶连续构造和现浇铺装层“集零为整”,形成先简支后连续的箱形梁桥。装配式预应力混凝土箱形梁桥具有标准化、轻型化、工厂化、装配化特点,且构造相对简单、受力明确合理、施工简便易行、工程造价较低。因此,自20世纪80年代以来,装配式预应力混凝土箱形梁桥在国省干线公路建设中得到广泛应用,为我国公路桥梁建设发展发挥了重要的保障和推动作用。

近三十年来,我国建设并投入运营了大量装配式预应力混凝土箱形梁桥,由于不同建设时期采用的技术标准不同;交通量和交通荷载的快速增长;设计、施工和管养水平的差异;早期建设的部分装配式预应力混凝土箱形梁桥出现了一些结构性和耐久性问题。充分认识装配式预应力混凝土箱形梁桥常见病害及成因;了解并掌握加固改造技术;及早发现桥梁病害并及时进行维修加固,对于消除桥梁结构安全隐患、延长桥梁使用寿命、正常发挥桥梁功能具有十分重要的意义。

本书作者一直从事新建桥梁勘察设计、旧桥的检测评估和维修加固设计工作,积累了较为丰富的工程实践经验。本书针对装配式预应力混凝土箱形梁桥典型病害,系统地分析了产生各种病害的原因;全面阐述了各种加固方法的加固机理、适用条件和应用范围、关键技术和工艺要求;提出了“包络设计法”,实现了在多参数修正计算模型基础上,合理进行体外预应力加固的设计方法;通过七个装配式预应力混凝土箱形梁桥的

加固工程实例,详细介绍了各种加固方法,特别是综合加固方法的成功应用。

本书无疑对公路桥梁养护管理单位、从事桥梁加固设计和施工工程技术人员、桥梁养护工程师会有所裨益,对类似桥梁工程维修加固工程实践具有重要的参考价值。

刘士林

2017年7月19日于西安



装配式预应力混凝土箱形连续梁桥,以其受力性能明确、施工装配便捷、经济指标优良,在我国桥梁建设中发挥着不可替代的作用。近三十年来,我国建设并投入运营了大量的装配式箱形梁桥,由于建设期技术标准不同,施工水平差异,及运营荷载的增长,部分装配式箱形梁桥出现了各类病害。因此,分析装配式箱形梁的病害原因,并研究相关加固技术具有较强的实用性和现实意义。

本书总结了作者近十多年来在装配式箱形梁桥病害检测、病害原因分析及维修加固方面的工程实践经验和研究成果,并通过一些典型工程实例对装配式箱形梁桥加固技术的应用进行介绍。主要包括:装配式预应力混凝土箱形梁的设计理念与发展;对不同时期装配式箱形梁典型病害进行归类并分析可能的产生原因;针对不同病害的维修加固技术及其组合应用;典型加固技术的实施工艺;通过七个工程实例介绍加固技术在具体项目中的应用及效果分析,并对装配式箱形梁桥运营及管理养护提出建议。因装配式箱形梁桥跨径不大,下部结构多采用桩柱式结构,相对比较简单,本书仅针对装配式预应力混凝土箱形梁桥上部结构病害及加固技术进行讨论。本书可供从事桥梁运营管理、加固设计与施工的同仁借鉴参考。

本书所涉及的技术和案例,均出自中交第一公路勘察设计研究院有限公司、中交瑞通路桥养护科技有限公司已执行完成的项目。同时,参考了国内有关专家的研究成果,在此一并致谢!

由于作者水平有限,书中不当之处在所难免,谨请同仁不吝赐教。

编著者

2017年7月于西安

目录

第1章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 装配式预应力混凝土箱形梁桥发展概况	3
1.3 装配式预应力混凝土箱形梁桥运营现状	4
1.4 小结	6
第2章 装配式预应力混凝土箱形梁的设计理念与发展	7
2.1 装配式箱形梁施工阶段及受力特点	8
2.2 不同时期装配式箱形梁通用图对比	11
2.3 装配式箱形梁通用图发展分析	13
2.4 小结	25
第3章 装配式预应力混凝土箱形梁典型病害与成因分析	26
3.1 装配式箱形梁梁体裂缝	26
3.2 连续结构病害	37
3.3 支座病害	40
3.4 耐久性病害	44
3.5 小结	50
第4章 装配式预应力混凝土箱形梁维修加固改造技术	51
4.1 装配式箱形梁桥加固目标与原则	51
4.2 增大截面加固	52
4.3 施加体外预应力加固	57
4.4 粘贴钢板加固	73
4.5 粘贴纤维复合材料加固与防护	76
4.6 其他加固与维修技术	79

4.7 主动加固与被动加固相结合的探讨	82
4.8 小结	83
第5章 装配式预应力混凝土箱形梁加固工艺概述	85
5.1 装配式箱形梁桥面系改造工艺	85
5.2 装配式箱形梁施加体外预应力钢束加固	86
5.3 装配式箱形梁张拉预应力碳纤维板加固工艺	87
5.4 灌注粘贴钢板工艺	88
5.5 粘贴碳纤维板/布工艺	91
5.6 裂缝处理的加固方法及工艺	93
5.7 混凝土缺陷及外露钢筋处理	96
5.8 种植钢筋	97
5.9 支座改造	99
5.10 小结	102
第6章 装配式预应力混凝土箱形梁维修加固工程实例	103
6.1 较早期装配式预应力混凝土箱形梁桥的维修加固案例	103
6.2 施工质量导致的装配式预制箱形梁病害及维修加固案例	115
6.3 运营突发灾害对装配式预制箱形梁的影响及工程案例	123
第7章 装配式预应力混凝土箱形梁维修加固工程的后评价	133
7.1 桥梁加固后评价概念	133
7.2 桥梁加固后评价目的	133
7.3 桥梁加固后评价内容	134
第8章 装配式预应力混凝土箱形梁桥的管理与养护	136
8.1 切实重视装配式箱形梁桥的管理与养护	136
8.2 养护管理工作的技术依据和政策法规依据	137
8.3 装配式预制混凝土箱形梁桥养护管理工作内容	138
8.4 小结	141
第9章 结论与建议	143
9.1 结论	143
9.2 建议	144
参考文献	146

第1章 绪 论

1.1 引 言

截至2016年年末,我国公路总里程达469.63万千米,公路桥梁80.53万座,总长4916.97万米,其中特大桥梁4257座,大桥86178座。我国已发展成为世界桥梁大国。

《公路工程技术标准》(JTG B01—2014)规定“桥涵跨径小于或等于50m时,宜采用标准化跨径、装配式结构、机械化和工厂化施工”。针对常规结构桥梁,一般推荐采用标准化跨径。以预制箱形梁、T形梁和空心板梁为代表的装配式标准化跨径上部结构已经日臻成熟,并在我国公路桥梁建设中实现了标准化预制、工厂化施工,大大提高了工程质量和可靠度。其中,装配式预应力混凝土箱形连续梁(以下简称装配式箱形梁),由于具有经济技术指标好、运输和吊装稳定性好、施工便捷、抗扭刚度大、荷载横向分布好及承载能力高等特点,广泛用于跨径20~40m的桥梁。

装配式预应力混凝土箱形连续梁又称装配式预应力混凝土组合箱形梁、先简支后连续装配式预应力混凝土箱形梁,常被简称为“小箱形梁”。装配式箱形梁是桥梁建设中较为常用的一种结构,一般先工厂化预制主梁,架设预制主梁,形成简支梁状态;进而再将主梁在墩顶连成整体,最终形成连续梁体系。装配式箱形梁简支转连续施工法是采用简支梁的施工工艺,却达到了建造连续梁桥的目的,其施工方法简单可行,施工质量可靠,实现了桥梁施工的工厂化、标准化和装配化,得到了广泛的应用。

从20世纪80年代末开始,该结构已被广泛运用于桥梁建设中。随着我国公路建设向沿海、西部山区发展,装配式箱形梁的优势更加明显。由于高速公路进入山区,路线基本沿已有国省道走廊带或河道一侧布设,山区村镇较少且通道大多以桥梁兼顾,主线大多数情况以装配式预制组合箱形梁为主;山区高速公路立交区位置狭窄且多布设于河道内,河道内搭设支架困难且对上游河流行洪不利,存在安全隐患,一般首选装配式箱形梁。跨越沿海滩涂区,亦存在支架架设

困难的情况,且路线平纵设计限制相对较少,桥梁平曲线半径较大,装配式箱形梁也成为桥梁上部结构的主要结构选型之一。

【实例 1-1】

宁德(漳湾)至连江(浦口)高速公路,北起宁德蕉城漳湾,经蕉城飞鸾,南接沈海复线高速公路福州段,是我国典型的跨越沿海滩涂区域的高速公路,全长 24.5km。该工程跨越宁德滩涂区,路线平纵设计限制相对较少,桥梁平曲线半径较大,桥梁共 8 座,长度总计 14km,占路线总长的 57.14%,其中控制性工程宁德滨海特大桥(图 1-1)长 11.04km,全桥装配式预应力混凝土连续箱形梁共计 3700 片。



图 1-1 宁德滨海特大桥概貌

【实例 1-2】

坪坎至汉中高速公路穿越秦岭,是我国近期建设的典型山区高速公路,主线路线共 88.171km,主线桥梁 79 座,总桥长 44.013km,隧道 31.914km,桥隧比达 86.1%。其中装配式箱形梁桥 73 座,长度总计 43.363km,占全线桥梁总量的 98.5%,共计 3808 跨,主线预制箱形梁片数 19315 片(图 1-2)。

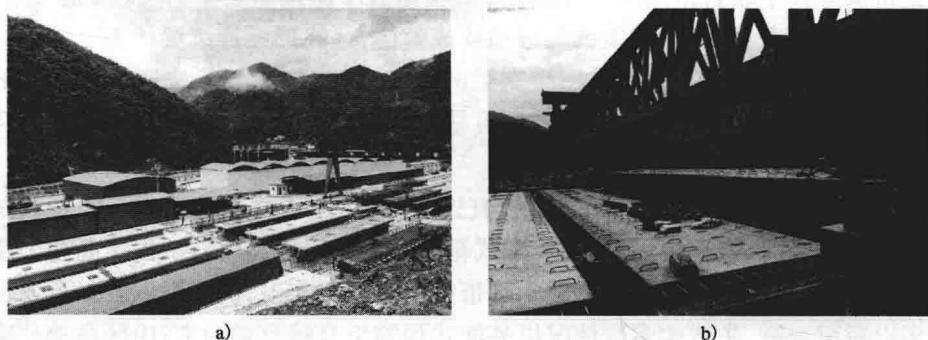


图 1-2 坪坎至汉中高速公路装配式箱形梁

a) 山区梁场;b) 箱形梁吊装

随着设计施工水平的不断提高,装配式箱形梁建造技术,日趋成熟,质量总体较好,正在我国交通基础设计中发挥着积极的作用。

桥梁工程,百年大计。在桥梁全寿命运营周期内,各部件可能产生不同的问题,这就要求通过例行检查及时发现病害、通过维修加固及时恢复其良好的技术状况。针对装配式箱形梁亦如此,随着近年交通量激增、车辆荷载增加、周围不利环境因素的影响以及结构本身的自然劣化,较早期建设的部分装配式箱形梁出现不同程度的缺损和退化。以某运营15年的高速公路为例,装配式箱形梁桥占到全线桥梁总量的60%,而出现不同程度病害的桥梁数量占到此类桥梁总数量的30%左右。

早期装配式箱形梁维修加固需求主要表现在:

(1) 科学处治各类结构性和耐久性病害,保持一、二类良好技术状态。

(2) 通过技术手段提升早期建设箱形梁的承载能力,满足实际运营荷载使用要求。

(3) 在公路改扩建工程中充分利用新旧箱形梁拼接技术,实现协同受力。

(4) 灾害或事故损伤桥梁,及时处治,保障路网通畅。

因此,为实现全寿命周期内效益最优,对装配式预应力混凝土箱形梁结构的病害原因分析及加固技术的研究是必要且重要的。

1.2 装配式预应力混凝土箱形梁桥发展概况

自20世纪80年代开始,装配式预应力混凝土箱形梁在国内得到了较大的发展。如中交第一公路勘察设计研究院、天津市市政工程设计研究总院、西安公路研究院、安徽交通勘察设计研究院、陕西省公路勘察设计院、广东省公路勘察规划设计院、江苏省交通规划设计院、南昌有色冶金设计研究院、甘肃省交通规划勘察设计院等设计单位已较早高等级公路上大量采用装配式箱形梁,在各省(区、市)的工程实践中均取得了较好效果。

通过对桥梁结构形式的分析,板梁结构已不适用于20m以上跨径的桥梁,而简支梁也由于其自身的缺陷而逐渐被连续梁取代,因而提出了先简支后连续预制装配式预应力混凝土箱形梁。该桥梁结构受力合理,施工方便,可降低工程造价,提高使用寿命,具有显著的经济效益。以津晋高速公路为例,全线的桥梁统一使用25m跨径为主导布跨的思路,特别大量采用25m先简支后连续装配式预应力混凝土箱形梁结构,产生了较理想的经济效益和社会效益。随着城市交通发展,装配式箱形梁还被广泛应用于城市立交桥的建设。

20 世纪 90 年代初期,部分设计单位组织编制的装配式箱形梁通用图,主要包括 20~40m 跨径预应力连续墩顶单排支座箱形梁通用图和普通钢筋混凝土连续墩顶双排支座箱形梁通用图。根据特殊需要,个别单位还编制了 13m、16m 跨带翼小箱形梁通用图和 45m、50m 跨装配式箱形梁通用图。

2003 版《公路工程技术标准》(JTG B01—2003)和 2004 版《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)颁布实施后,按原交通部[2005]454 号文《关于下达 2005 年度交通科学技术项目执行计划的通知》要求,由中交第一公路勘察设计院有限公司主持编制设计了支点转换体系的“装配式部分预应力混凝土箱形梁通用图”。经原交通部专家组审定,确定出版定名《装配式预应力混凝土箱形连续梁》,并于 2006 年后相继正式出版。在确定此结构的具体形式时,利用理论计算和结构分析的方法进行充分论证,最终确定出装配式预应力混凝土箱形梁的结构图,并针对公路建设中常采用的 20m、25m、30m、35m、40m 跨径,编制了通用图库,该图库涵盖了 0°、15°、30°等各种斜交角度,实用性强。

目前,为适应 2014 版《公路工程技术标准》(JTG B01—2014)和 2015 版《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2015)要求,各设计单位在 2007 版部颁通用图的基础上,采用新荷载标准进行验算,微调结构尺寸和钢束布设,重新出版了《装配式箱形梁通用图》。

1.3 装配式预应力混凝土箱形梁桥运营现状

2010 年 8 月,交通运输部提出公路建设“五化”要求,这是将现代工程管理的理论、方法和手段应用到公路建设领域的重大创新,是我国公路建设管理方式的历史飞跃。随着装配式箱形梁设计理论的优化、构造设计的完善,其自身工厂化预制的优势更加明显。“十二五”以来建设运营的大批优质装配式箱形梁桥,在我国公路路网中发挥着不可替代的作用。

随着装配式预制箱形梁桥的广泛使用,国内外大量的装配式预制箱形梁桥在运营若干年后,普遍出现主梁刚度不足,腹板裂缝、底板裂缝、支座脱空、支座剪切变形,桥面连续开裂等常见病害,严重影响到桥梁结构的安全运营,主要问题表现在以下几个方面。

(1) 较早期建设的箱形梁安全储备低、质量问题多

较早期桥梁建设受经济条件限制,普遍存在箱形梁高度偏小,顶、底、腹板尺寸偏薄,预应力和普通钢筋指标偏低,预应力体系不够完善等问题。这就造成了设计阶段箱形梁承载能力安全储备偏低,结构刚度偏弱;施工阶段,在较小的断

面内布设构造钢筋,预应力钢束等,可能的偏差对质量影响较大。

笔者曾参与的几个典型项目,均与上述原因相关。例如:某套 20 世纪 90 年代 20m 箱形梁通用图在两省分别应用于高架桥建设,运营十五年左右病害较多,A 省某桥于 2009 年加固,加固建安费 3000 万元,B 省某桥于 2013 年加固,加固建安费近 7000 万元;某桥跨装配式箱梁腹板厚度设计 15cm,运营 9 年后发现单侧腹板开裂,钻心取样检测发现开裂侧腹板厚度仅 10cm,另一侧 20cm。类似问题屡见不鲜。

(2) 繁重的运营荷载加剧了箱形梁损伤

随着社会经济的飞速发展,国省干线公路和高速公路的运营压力越来越大。主要表现在:车辆吨位增加、重车混入率提高及单轴荷载偏大,使桥梁经常处于超限服役状态。其中,国省干线公路较高速公路的桥梁状态更为堪忧。通过计算分析,针对 20~40m 跨径的装配式箱形梁,当桥梁拥堵,各车道密布排列 3 轴 30t、4 轴 40t 车辆时,荷载效应可能大于公路—I 级。箱形梁长期处于超限服役和疲劳运营的不利状态,出现了较多受力裂缝并快速发展。装配式箱形梁运营十余年后,技术状况退化至三类或三类以上的情况也屡有发生。

箱形梁设计荷载已经由早期的汽-20 级、汽-超 20 级发展至 2003 年规范和 2014 年规范要求的公路—I 级。《公路工程技术标准》(JTG B01—2014)专门增加了“对交通组成中重载交通比重较大的公路,宜采用与该公路交通组成相适应的汽车荷载模式进行结构整体和局部验算”。河南、河北、陕西等省已经在多个项目中将装配式箱形梁荷载等级在公路—I 级基础上提升 30%,取得了较好的效果。

(3) 自然环境等引起的耐久性损伤偏多

由于施工原因,混凝土表面可能存在蜂窝、麻面、空洞等病害。由于保护层偏薄,在二氧化碳、氯离子、硫酸盐等侵蚀性介质作用下,装配式箱形梁可能发生顺筋裂缝。如混凝土含碱量偏高,碱与具有碱活性的集料发生膨胀性反应,造成碱集料反应开裂。加之冻融循环破坏、结构表面排水不畅等均可能加剧上述反应,进而造成钢筋锈蚀膨胀、混凝土开裂甚至剥落。

如耐久性病害不及时处治,就会由量变到质变削弱结构有效断面或与受力性病害共同作用,影响结构安全。如混凝土保护层剥落、钢筋腐蚀后,其有效面积会不断减小,就会使得结构的承载能力迅速下降,并不可恢复;如预应力钢束断裂,造成严重的结构损伤,甚至危及结构安全。

(4) 自然灾害和突发事件影响桥梁安全运营

危害桥梁安全的自然灾害主要有洪水、冰冻、泥石流、地震、山体落石等;突

发事故主要有船舶或车辆撞击桥梁、火灾、桥下堆载偏压等。装配式箱形梁因其应用广泛,不可避免可能遭受上述灾害或事故。受灾后,应全面检查桥梁各构件的受损情况,对可能发生断裂、坍塌及失稳的桥梁,应采取必要的临时支护措施。同时应安排车辆绕行,组织抢修便桥、便道,尽快恢复通行;并应准确快速地评估桥梁损伤情况,制订有针对性的维修加固方案,及时加固处治,及早恢复路网顺畅。

(5) 个别箱形梁施工质量低劣,影响正常使用

箱形梁建造、运输或安装过程中,可能存在施工质量没有达到规范和设计要求的情况。典型的问题包括材料强度不足、结构尺寸不足、预应力张拉不到位、灌浆封锚工艺不合理等。例如某装配式箱形梁桥架设之初在恒载状态下即开裂;某桥运营8年后预制箱形梁顶板坍塌,检测发现顶板实际厚度仅有11cm。这些存在较大的安全隐患的箱形梁,在远没有达到预期使用寿命时,出现了影响正常使用的病害,必须及时处治。

1.4 小 结

根据前述分析,装配式箱形梁作为我国常规结构桥梁的主要桥型之一,其运营期管理养护工作面临以下矛盾:

(1) 规模庞大、增长速度快、养护任务繁重。

(2) 桥梁荷载标准不同、交通量快速增长、超载车辆增多、桥梁长时间超负荷服役导致风险高发。

(3) 社会公众对桥梁的服务需求越来越高,不仅要行驶安全、舒适,更要顺畅、快捷,养护工作保通难度大。

桥梁养护管理任务空前繁重,面临着巨大的压力。如何保障桥梁的安全性、耐久性和使用功能已成为目前桥梁工程界的巨大挑战,需认真研究探索。

本书中着重介绍笔者在装配式预制箱形梁桥理论分析、加固方法、加固工艺等方面的研究。并通过笔者及团队完成的多个实例工程及加固施工过程中的监测数据、相关成桥试验数据,验证加固方法和施工工艺的合理性,进一步修正病害分析理论,完善加固方法,改进加固施工工艺,为装配式箱形梁桥的建设、维修、加固、养护工作提供技术支持。

第2章 装配式预应力混凝土箱形梁的设计理念与发展

相比简支梁桥,连续梁结构因控制弯矩的减小,可采用较轻巧的结构,使恒载减小、跨径加大,同时因仅在联间设置伸缩缝,行车舒适性较好,因而广泛应用于我国高等级公路建设。

(1)连续梁桥的设计方法、理念与可行的施工方法密不可分,常见的施工方法有:

①满堂支架现场浇筑。适用于基础条件较好、高度较低的桥梁,尤其是立交区变宽的异形梁桥和弯桥。

②悬臂施工。在桥墩两侧对称浇筑(拼装)直至合龙成桥,多用于大跨径变截面连续结构。

③移动支架逐孔现浇。可实现连续逐孔施工,有利设备周转,施工便捷,多用于中等跨径等高连续梁。

④顶推施工。适用于场地受限且无法利用桥下空间的中等跨径等截面连续箱形梁。

⑤预制简支转连续施工。适用于大规模建设的中等跨径多孔等高连续梁。

随着吊装能力的提高,预制简支转连续施工在桥梁建设中得以广泛应用。东海大桥引桥、杭州湾跨海大桥引桥装配式箱形梁跨径已达70m,吊装重量达2200t,5~6孔一联。

(2)装配式箱形梁桥的特点在于“集零为整”,以工厂化工艺预制拼装代替现场整体浇筑,以简支梁的工艺达到连续梁的受力目的,其具体优势在于:

①可分片预制、张拉、灌浆、养生,逐孔分片架设。例如20m箱形梁,一般需预制混凝土 $19\sim 21\text{m}^3$,钢材(普通钢筋及预应力钢材) $4.8\sim 5.8\text{t}$;40m箱形梁,需预制混凝土 $53\sim 57\text{m}^3$,钢材 $13\sim 14.6\text{t}$ 。工厂化预制及吊装设备的成熟,使施工工艺更加标准、成熟、简便,提高了预制箱形梁的整体质量。

②通过施工中的体系转换,形成“恒载简支、活载连续”的连续结构,使结构受力更加优化。

③下部基础、桥墩、桥台等结构可以与箱形梁预制平行作业,施工周期缩短,有利于大规模桥梁建设。

装配式预应力混凝土箱形连续梁是简支转连续施工的最典型代表,本章仅就此类桥梁的设计理念与发展进行分析。

2.1 装配式箱形梁施工阶段及受力特点

不同的施工方法,对应连续梁的受力模式、计算方法、设计方法均不同。装配式预应力混凝土箱形连续梁多采用预制简支转连续施工,传统的装配式箱形梁设计计算一般为施工的逆序。首先是计算桥梁荷载横向分布系数,将空间问题转化为纵向单梁的杆系问题;然后按连续、简支分别用平面杆系有限元法计算纵横梁内力;最后根据计算得到纵横梁内力进行构件的断面尺寸、配筋、配束设计。因此,有必要熟知装配式箱形梁各施工阶段及其受力特点,本节按施工正顺序予以说明。

2.1.1 简支梁阶段

1) 对应工序

对应工序为预制主梁并架设。

(1)预制主梁在预制场完成,要求台座底板纵、横向定位准确对齐,高程保持一致,以确保相邻梁段端部各尺寸吻合和纵向连接钢筋对齐焊接。

(2)梁宜采用钢模预制。

(3)待混凝土强度及弹性模量达到85%后张拉正弯矩钢束,并压注水泥浆。

(4)通常采用架桥机将各跨预制箱形梁安装就位。装配式箱形梁预制安装如图2-1所示。

2) 受力特点

箱形梁存放、安装就位,均是处于临时支座支撑的简支梁状态,计算时按简支梁模型考虑一期恒载自重产生的弯矩、剪力以及正弯矩钢束施加在简支梁上的预加力。

2.1.2 体系转换阶段

1) 对应工序

对应工序为边跨合龙、中跨合龙并完成体系转换。

(1)连接边跨和次边跨钢筋,浇筑连续段接头混凝土,达到设计强度后,张拉负弯矩预应力钢束并压注水泥浆。



a)



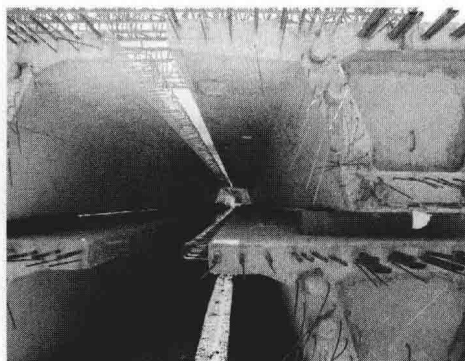
b)



c)



d)



e)



f)

图 2-1 装配式箱形梁预制安装

a) 钢模板打磨; b) 箱形梁预制; c) 穿束施工; d) 喷淋养生; e) 箱形梁存放; f) 箱形梁吊装