

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2021.07.049

架桥机应用于预制装配桥梁施工的关键技术

葛纯熙

[上海公路桥梁(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘 要: 预制装配工艺因为预制质量好、施工迅速、对环境友好等原因,在越来越多的工程场景中得以应用。闵浦三桥是国内第一座采用全预制装配施工工艺进行引桥施工的大跨度桥梁。以闵浦三桥引桥架设施工为例,从地面到主桥过渡墩,采用架桥机对带有预制防撞墙的小箱梁进行架设。通过对多个较为复杂工况的模拟和计算,施工过程中进行了一系列的技术攻关,最终将 248 榀小箱梁架设到位。施工过程中积累的相关工艺,为类似装配式工程的架梁施工提供了参考。

关键词: 架桥机施工;预制装配施工;过渡墩架梁;小半径架梁

中图分类号: U445 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7716(2021)07-0180-04

0 引 言

随着社会的快速发展以及经济的快速提升,桥梁建设的数量和规模都在不断增加。对于现代桥梁建设来说(特别是大型桥梁),架桥机已经成为必不可少的组成部分,其能够方便完成桥梁施工、提升工作效率、确保施工安全^[1]。

桥梁预制装配式施工工艺相比传统的混凝土模板现浇工艺,具有质量易于控制、施工迅速、对环境影响较小的优势,尤其在城市高架桥建造施工中逐渐得到了认可 and 大规模应用^[2]。上海市嘉闵高架、济阳路快速化改造、S7 沪崇高速等工程均在全线使用预制装配式施工方法。闵浦三桥首次在跨黄浦江大桥的引桥上采用预制装配式施工工艺,立柱、盖梁、小箱梁以及防撞护栏均采用预制场内预制完成,施工现场通过大型起重设备精准吊装就位的方法。

1 工程概况

闵浦三桥引桥总长度约为 1.4 km,其中南岸 680 m(20 跨),北岸 720 m(21 跨)。引桥为双幅布置,每幅桥面宽 12 m,单向三车道。引桥采用双柱式盖梁桥墩,标准跨径 35 m,主梁结构为梁高 1.9 m 的小箱梁,并按照梁体简支、桥面连续的结构体系设计,见图 1。

在立柱、盖梁现场吊装完成后,根据现场的场地情况采用架桥机进行主梁的安装。架桥机在梁体架

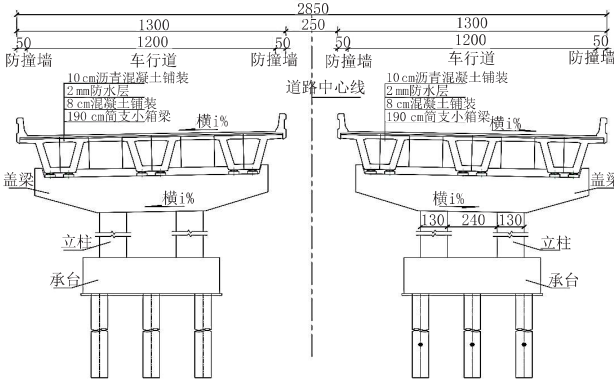


图 1 引桥结构布置图(单位:cm)

设安装施工过程中存在其自身的优势,架桥机施工时受到地面环境的限制较小,并且也能够适应全天候,全类型的桥梁施工^[3]。由于预制装配式工艺的引桥与传统工艺引桥有一定的差异,而且闵浦三桥也首次采用防撞护栏与小箱梁一同预制后现场安装,因此在进行主梁安装过程中,涉及了多种复杂的工况。本文以闵浦三桥引桥主梁安装为例,详细介绍在预制装配式桥梁中架桥机架梁的关键施工工艺。

2 架桥机施工过程验算

近些年,架桥机施工中出现事故也偶有发生^[4],结合闵浦三桥引桥预制拼装的特色,施工前方案中工况的考虑和计算显得尤为重要。

2.1 架桥机纵移

标准跨径为 35 m 的小箱梁,总体重量约为 170 t,增加了预制防撞墙之后,梁体的总重量接近 205 t。按照荷载规范要求,原本只要 200 t 起重量的架桥机增大到 260 t 才能满足。架桥机型号增大,适应的架设

收稿日期: 2020-03-10
作者简介: 葛纯熙(1990—),男,博士,工程师,从事桥梁施工工作。

跨度也会增大^[5],传统的 260 t 公路架桥机,一般最大跨度在 40 ~ 50 m,因此对于闵浦三桥引桥施工的架桥机不需要增加尾部配重就能满足空载过跨的最不利工况。

方案要结合现场的实际施工来制定才具有可行性。在预制防撞墙一体化小箱梁的初期就决定了采用架桥机进行架设,为了能保证架桥机纵移时,给支腿和横移轨道留有空间,见图 2。在防撞墙梁端位置各留出 2 m 的空间,这 2 m 的防撞墙在梁体架设完成后再进行接顺后浇施工。

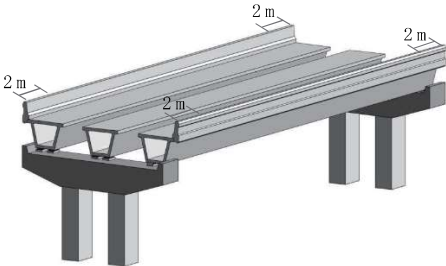


图 2 防撞墙预留现场浇筑位置示意图

2.2 架桥机横移

架桥机横移的工况更为复杂,由于闵浦三桥引桥为双幅引桥,为了提高架桥机架梁施工效率,架桥机从双幅引桥之间横移切换势在必行。不同于盖梁上方的轨道,对位于两个盖梁之间的轨道,采用鱼腹梁的形式进行了加强,确保了轨道上表面的平顺密接,同时鱼腹式的加强增强了轨道的抗弯能力。

除了架桥机空载横移跨幅之外,在方案初期也考虑了架桥机带着小箱梁一同跨幅。需要对跨幅过程中最不利的情况进行计算,见图 3。图中描述了架桥机位于两幅桥之间,并准备在盖梁的一侧将梁提起。架桥机总重约为 260 t,在前支腿的一侧重量约为 65 t,梁体总重约为 205 t,前支腿大约承受一半的重量约为 102.5 t。根据实际情况将荷载和尺寸明确在计算简图中。

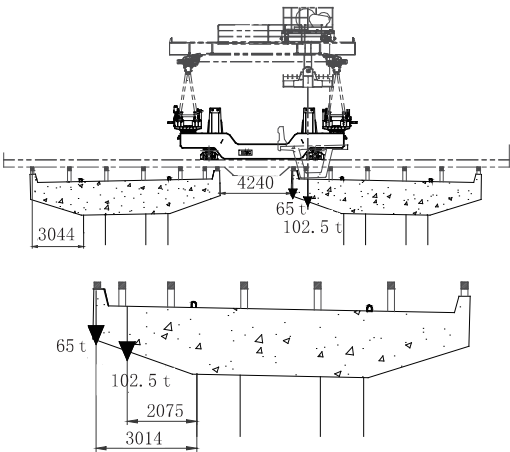


图 3 提梁跨幅最不利工况计算示意图(单位:cm)

通过建模计算得到盖梁底部最大拉应力 1.64 MPa,小于盖梁 C50 混凝土抗拉设计允许值 1.855 MPa。盖梁最大剪力值为 2763 kN,小于抗剪承载力容许值。而在远离荷载一侧立柱顶弯矩 491 kN·m,立柱顶轴力为拉力 726 kN,对于局部节点受力较为不利。在极端的受力情况下,预制拼装的立柱变为具有较大拉力的偏拉构件。在与设计进一步复核后,不满足下部预制拼装结构的受力要求。

结合这样的计算结果,架桥机无法提梁跨幅,施工方案将只在单幅引桥设置喂梁通道调整为双幅引桥均设置喂梁通道,每幅引桥的小箱梁均沿着各自引桥运至架设的位置,从而经济合理地避开了架桥机提梁过跨的施工需求。

2.3 喂梁、架梁施工细节验算

闵浦三桥引桥小箱梁采用小尺寸湿接缝,湿接缝宽度仅为 30 cm,搭接钢筋为非焊接,浇筑 C80 混凝土。基于这样的构造,在湿接缝浇筑之前,一跨之内的三榀小箱梁并未形成整体。梁上运梁就需要更加谨慎,如果横跨边梁和中梁,可能会导致梁体受力不平衡而倾覆,因此运梁车车轮只能全部作用在中梁腹板的上方。

为了确保运梁车的安全,除了在中梁上划好行车线确保车辆平稳通行,也对满载的运梁车只作用在中梁的工况进行了验算,经过图 4 中两个工况的验算,抗弯和抗剪的均能够满足,从而确保梁上运梁的安全实施。

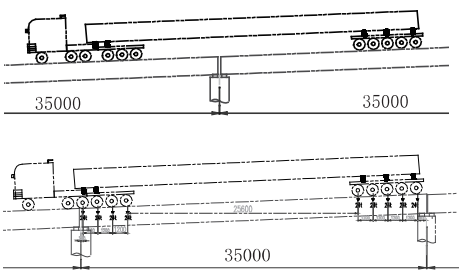


图 4 梁上运梁的验算工况(单位:mm)

作为防撞墙一体化预制的边梁,梁体重心偏向防撞墙一侧,增加了梁体倾覆的风险^[6]。在吊装和落梁的过程中精准的计算出重心的位置尤为重要。从图 5 中可以看出,1.9 m 高的小箱梁,一侧增加 1.1 m 高的防撞墙,经过计算,重心偏移了 31.3 cm。为了确保吊梁过程中梁体的空中姿态水平,让重心位于扁担的正下方,将吊梁的扁担两侧做了适当延长的设计。小箱梁每一端采用双支座,偏移后的重心仍然位于两个支座之间,梁体并不会出现倾覆^[7]。

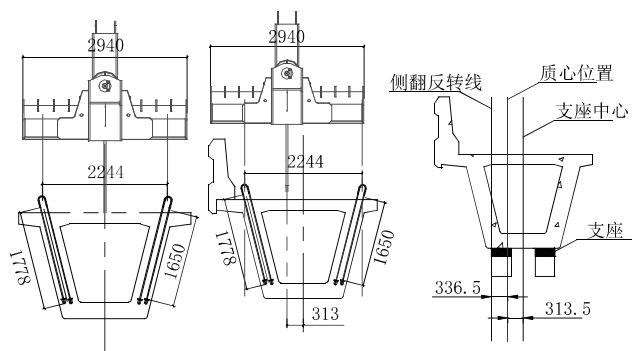


图5 重心偏移的边梁吊装(单位:mm)

3 特殊工况验算

闵浦三桥引桥小箱梁架设安装过程中,除了架桥机配合预制装配式桥梁结构施工的常规动作外,还存在两个极为特殊的工况需要仔细验算,这两个工况也出现在类似的工程中,具有相当明显的指导意义。

3.1 过渡墩段架梁

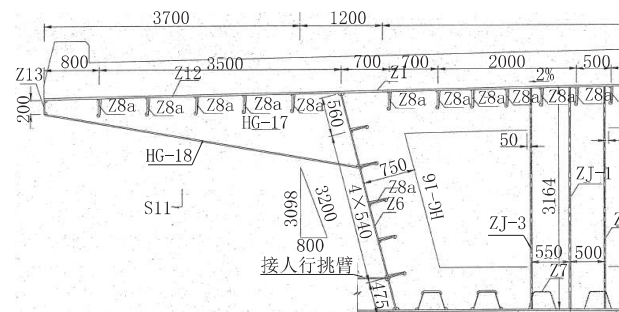
架桥机从地面开始架设,最后一跨与之前的情况有所不同。最后一跨本来应该将架桥机横移轨道放在主桥过渡墩上^[8],但是由于主桥的边跨梁段已经架设完成,见图6,只能将轨道放置在已经就位的主梁之上。为了能够将引桥的边梁安装就位,架桥机必须横移至主梁的挑臂位置。



图6 主桥边跨先于引桥安装完成

闵浦三桥主梁采用叠合梁的形式,标准断面为开口钢箱梁叠合预制混凝土桥面板。在过渡墩位置设计单位考虑到局部受力,采用的是全截面钢箱梁后浇混凝土桥面板,截面尺寸见图7。架桥机架设安装最后一跨引桥时,横移轨道直接铺设在钢梁的顶

板上,架桥机提梁的施工时,顶板上局部支腿分担的重量超过100 t。尽管已经将横移轨道放置在钢箱梁内有横隔板的位置,但是施工之前必须对钢梁的挑臂进行详细的计算。



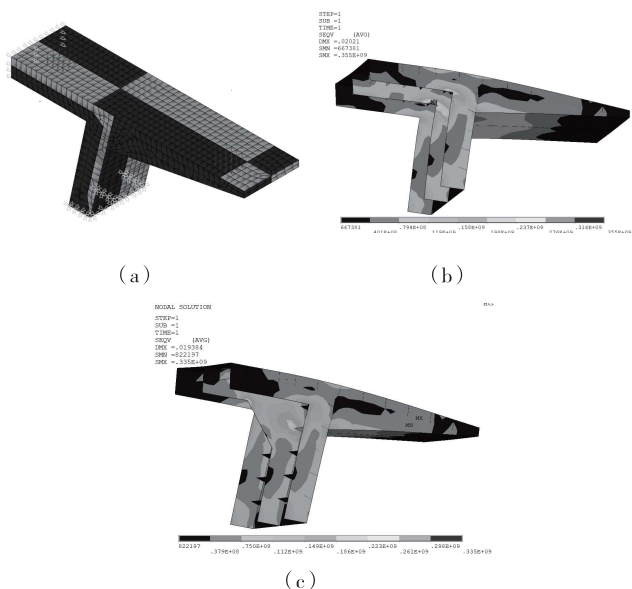


图 8 有限元模型建立以及两种工况下计算的应力值

整个长方形在一个曲线半径很小的区域里,可能会出现边梁一端无法架设到位的情况^[9],因此在施工前,对小半径施工区域内的小箱梁架设进行了详细的模拟。

根据弦切角定理,半径 635 m 的圆弧,35 m 的弦长位置,圆弧点与切线的距离为 0.965 m。换成架梁过程中的实体,35 m 的梁段长度上,前后支腿在横桥向与盖梁相对位置始终错开 96.5 m 距离。

首先对前支腿的位置进行模拟,确定了前支腿移动到最边缘时,架桥机的主梁中心线在盖梁边缘外侧 85 cm(见图 9(a)),此时中支腿位置的主梁中心线应该在盖梁边缘内侧 11.5 cm。接下来模拟中支腿位置架设边梁的极限情况,按照天车的吊索与架桥机主梁贴紧来考虑,此时为了能够架设边梁,架桥机的主梁中心线最靠内侧的位置是盖梁以内 13 cm(见图 9(b))。根据相对位置的模拟,在距离盖梁以内 11.5 cm 的情况下中支腿位置是能够保证边梁架设到位,也避免了架桥机主梁进行风险较高的转角处理。

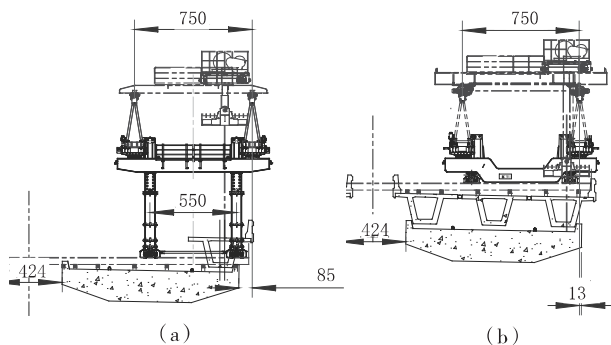


图 9 小半径位置的真实模拟(单位:cm)

小半径曲线区域的盖梁是随着主线不断旋转,导致前后两跨的盖梁并不平行,而架桥机的前中支腿横移轨道必须平行,因此中支腿的轨道需要按照前支腿轨道的位置平行放置。因此中支腿的轨道与梁端的过孔线并不平行,距离最大的位置约有 1.2 m 的距离,这个偏差能够在 2 m 的防撞墙后浇区域内进行有效地调整。

3.3 梁体架设完成

对架桥机整个施工过程中各个工况进行计算和模拟,闵浦三桥南北岸引桥的小箱梁架设安装过程全程受控(见图 10)。经过南北岸各 1 个月的时间连续施工,架桥机高精度的完成了大纵坡、小半径的防撞墙一体化小箱梁的安装架设。小箱梁位置准确,梁体所形成的横坡、纵坡平顺,防撞墙整体线型顺直,梁体之间的湿接缝间距控制满足设计,达到了预制装配式施工中上部结构梁体安装的精度要求。



图 10 引桥小箱梁架设安装完成

4 结 语

本文通过对闵浦三桥 248 榀小箱梁采用架桥机架设的施工工艺进行总结,得到以下几个结论:

(1)对于防撞墙一体化预制的小箱梁,采用架桥机架设安装时,需要在小箱梁预制过程中充分考虑架桥机施工过程中的预留构造空间,确保架桥机能够顺利施工。

(2)下部结构为预制装配式工艺施工完成,架桥机在进行上部结构架梁施工时,需要考虑最不利工况下对于下部结构的受力影响,保证下部结构的拼装节点受力满足设计要求。

(3)施工过程中,架桥机可能会跨越多种结构类型的主梁,在过渡墩位置需要根据施工工况计算盖梁前后的架梁工况,确保过渡墩两侧的梁体受力均能满足。

(4)对于架桥机施工中出现的空间位置限制所可能导致的不能一次性准确落梁的情况,需要在模型中进行多工况精准模拟,避免强行移动超限导致架桥机出现侧翻事故。

(下转第 231 页)

年来的同类项目,具有较强的对比性和参考意义,因此大大提高了指标分值及工程综合绩效评分的客观性和科学性。对于建设单位而言,不仅能够直观看到项目整体在同类项目中的水平,还可以具体了解到每个指标所对应方面的优劣,为提高自身管理水平提供参考依据。

3 确保体系的有效性

为使市政道路工程绩效评价体系正常运作,保证其有效性则显得至关重要。以下就确保体系有效性提出了部分需要关注的问题及解决思路。

(1) 保证样本数量足够大

足够大的样本数量是以上市政道路绩效评价体系的基础,增强各建设单位使用该体系进行评价的意愿则是关键所在。为达到这一目标,需要政府相关管理部门积极引导,各建设单位提高自我评价意识。

(2) 指标设置清晰明确

为提高体系的客观性,指标的设置应当以客观具体、易于确定为核心原则。如“分项工程合格率”比“分项工程优良率”更加客观,因为“合格”的标准是由相关行业规范确定,经检测单位检测可得的结果,而“优良”没有统一标准,受评价者主观性影响较大。

(3) 确保数据真实性

为使建设单位提交的数据真实有效,应确保该评价结果仅用于企业对自身管理水平的审查和提高,而不关系到企业的直接利益。同时,需要对各建

设单位提供的数据进行严格保密,使建设单位在使用该体系时只能获得当前项目的评分情况,无法获知其他项目的数据与分值,进而在一定程度上防止因攀比而出现的虚报数据的情况。

4 结 语

市政道路工程绩效评价体系的建立有利于促进建设单位自我审查和提高自身管理水平。通过大数据与现有绩效评价体系的结合,新体系具有了数据化特点,更加契合信息化时代的主题,在一定程度上克服了现有体系的缺点,有着其独特的优势。目前,市政道路工程绩效评价体系的建立仍处于初级构思阶段,很多细节问题以及实践中可能遇到的问题都有待后续发现和改进。

参考文献:

- [1] 汪健.市政道路工程管理的绩效评价研究[J].居业,2020(4):158-160.
- [2] 方文彬,陈赞.高速公路施工项目绩效管理评价方法[J].公路与汽运,2008(127):215-218.
- [3] 王建波,陈娜,王政权,等.城市地下综合管廊 PPP 项目的绩效评价[J].哈尔滨商业大学学报(自然科学版),2020,36(6):745-750.
- [4] 李健.大数据技术在土木工程中的应用分析[J].信息记录材料,2021,22(3):144.
- [5] 邓雪,李家铭,曾浩健,等.层次分析法权重计算方法分析及其应用研究[J].数学的实践与认识,2012,42(7):93-100.
- [6] 任秋月.公共工程绩效审计评价指标[J].经营与管理,2011,18(5):177-179.

~~~~~  
(上接第 183 页)

本文相关的施工工艺和关键技术能够更好地指导目前日益增多的预制装配式桥梁结构中合理运用架桥机施工,从而为架桥机在类似工程中施工提供成功经验和参考。

#### 参考文献:

- [1] 汪嘉伟,陈贤俊,罗晓兵,等.步履式公路架桥机在复杂线形桥梁施工中的应用[J].中国公路,2020,575(19):113-115.
- [2] 熊伟,蒋建设,廖宇峰.城市轨道交通高架桥整孔箱梁架设施工技术[J].铁道科学与工程学报,2007,4(3):73-78.
- [3] 郭富君.低净空架桥机结合扁担梁架设箱梁技术研究[J].铁道建筑技术,2015(12):26-29.

- [4] 李聪.架桥机拼装及梁体架设施工技术分析[J].建材与装饰,2018,551(42):268-269.
- [5] 申超,王飞.陆地公路大吨位非对称整孔预制箱梁运架施工技术[J].中外公路,2019,39(2):109-112.
- [6] 陈维华,张见会.桥梁预制箱梁架设施工技术关键[J].山东交通科技,2018(3):127-129.
- [7] 常宝华.桥梁预制箱梁施工及架设技术[J].交通标准化,2014,42(15):200-202.
- [8] 刘志亮,汪伟,于海军.厦深铁路特大桥架桥机跨连续梁施工技术[J].施工技术,2011,40(6):62-64.
- [9] 邹兴文,刘国强.浅谈跨高速斜交互通桥预制箱梁安装技术[J].市政技术,2016,34(2):40-43.