

飞燕式钢拱桥主跨安装方案比选分析

赵立波, 陈浩, 李鹏

(中交路桥华东工程有限公司, 上海市 200135)

摘要: 在桥梁的施工过程中, 选择合理的施工方案是实现设计意图、确保施工安全、实现建设目标的关键因素。以某飞燕式钢拱桥主跨的安装方案为研究对象, 结合桥梁结构特点和实际施工条件, 通过对浮吊安装法、顶推施工法和缆索吊装法三种安装方案进行对比分析, 最终确定了在本桥中最为合理的施工方案。

关键词: 飞燕式钢拱桥; 安装方案; 比选分析

中图分类号: U445

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)07-0118-03

0 引言

在桥梁施工时, 不同的施工工艺和方法会直接影响桥梁结构内力的分布和结构线形的变化。如果施工方法选择不当, 就可能使桥梁超出设计安全容许范围, 引发施工事故。在相对复杂的桥梁施工前, 拟定多种不同的施工方案, 结合施工边界条件, 通过理论计算, 对拟定的施工方案可行性、优劣性等进行比选分析, 确定最合理的施工方案是十分必要的。因为只有采用了正确、合理的施工方法, 在施工中加强控制, 并采取合理的监测措施, 才能确保桥梁顺利建成。

1 工程概况

1.1 桥梁工程概况

奚家港大桥主桥采用中承式外倾飞燕系杆钢拱桥, 桥梁跨径为(30+120+30)m, 全长180 m, 宽度为35~39.5 m(见图1、图2)。主拱采用飞燕式布局, 主跨跨径120 m, 矢高28 m, 外倾13.89°(见图1)。主拱采用矩形断面, 宽1.8 m, 高2.2 m。主梁采用开口式钢梁, 主跨钢梁采用横向受力体系, 两侧对应拱肋位置各设一斜腹板箱室系梁, 系梁间满铺由纵、横梁组成的钢桥面板。边跨采用纵向受力体系, 采用单箱双室截面系梁, 钢桥面板布置形式与主跨一致。主梁边跨设牛腿, 主跨结构由吊杆和两端边跨牛腿支承。全桥设11对22根吊杆, 吊杆采用 $\phi 15-16$ 钢绞线, 桥面吊点位于系梁中心线以内300 mm处, 拱肋吊点位于拱轴中心, 与拱轴平面成一定夹角。系杆采用

$\Phi 15-68$ 钢绞线, 锚固位置位于离跨中55.5 m处, 主梁系杆锚固区域局部4 m灌混凝土。

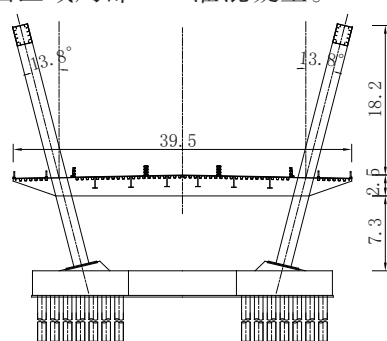


图1 奚家港大桥横断面布置图(单位:m)

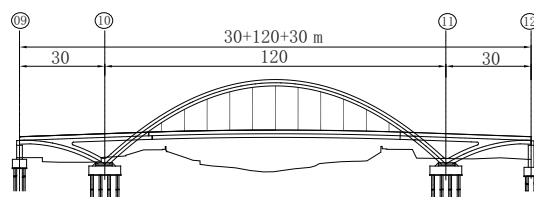


图2 奚家港大桥立面布置图(单位:m)

1.2 施工条件

(1) 奚家港大桥桥址位于上海市崇明区, 大桥主跨跨越奚家港。桥位处河道水面宽约64 m, 底宽约19 m, 水深约2.2 m。桥位上游为奚家港水闸, 下游为长江入海口, 桥位至长江段河道为渔船避风锚地, 常年停靠大量渔船, 阻塞航道。奚家港为中等强度潮汐河口, 潮汐属于非正规半日潮。

(2) 大桥主墩分别位于奚家港一线海塘大堤外侧, 局部侵入海塘大堤内坡坡脚, 进入海塘保护区。在海塘保护范围内进行打桩、开挖基坑等施工作业活动属于限制性行为, 审批难度极高, 且必须避开汛期进行施工。

(3) 奚家港大桥桥位处红线宽度40 m, 红线外侧

收稿日期: 2021-10-28

作者简介: 赵立波(1990—), 男, 学士, 工程师, 从事桥梁施工工作。

为保通道路、居民住房、地方企业材料堆场。施工时布置的临时结构必须在红线用地内,施工作业场地有限。

(4)崇明岛水系发达,水运便捷;陆上交通为由干线公路连接乡村道路形成的路网。奚家港桥位处进出场道路为乡村公路和堤顶道路,道路等级较低,难以保证大型构件的运输需求。

1.3 施工难点分析

奚家港大桥的施工难点主要集中在主跨安装,主要体现在以下几点:

(1)拱肋采用外倾式飞燕拱,合龙精度要求高。安装时存在倾覆风险,拱肋安装是施工中的难点。

(2)大桥为全钢结构的拱、梁组合体系,主系梁、拱肋及桥面系的制作、安装、连接精度要求高,现场安装吻合难度大。

(3)桥梁构件运输、安装施工条件差,方案选择时需综合考虑时间和空间的限制因素,方案实施难度大。

2 主跨安装方案制定

2.1 浮吊安装法

浮吊安装法是桥梁施工中较为常用的一种方法,其通过驳船将构件浮运至桥位处,在水中设置临时支墩,将构件按顺序依次吊装就位进行连接。浮吊安装法安装速度快,机动灵活。但浮吊水上作业受潮汐影响大,有效作业时间短,施工组织要求高。该方案主要施工步骤如下:

(1)两侧边跨构件安装就位,焊接完成。

(2)对浮吊作业区内河道进行清淤,保证浮吊作业水面宽度和吃水深度。在水中设置4组临时支墩,作为主系梁安装时的临时支撑。

(3)采用500 t以上平板驳船将主系梁、桥面构件运输至桥位处,利用350 t浮吊依次将主系梁、桥面构件吊装就位,连接完成(见图3)。

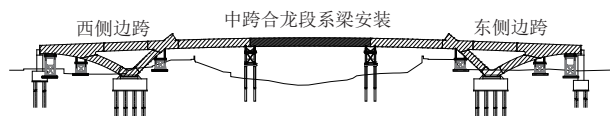


图3 主跨主梁安装工况图

(4)在桥面上设4组拱肋安装支架,支架与桥面固结。

(5)采用350 t浮吊分三大段将拱肋吊装就位,完成拱圈合龙(见图4)。

2.2 顶推施工法

顶推施工法是利用顶推千斤顶沿桥梁纵向方向

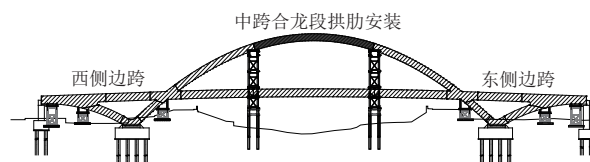


图4 主跨拱肋安装工况图

顶推,使主跨梁体与拱肋一起通过滑移装置而就位的施工方法。在本工程中,主拱为外倾式,必须使主跨梁体与拱肋连接形成临时固结体系,将主梁与拱肋整体同步顶推就位。顶推施工需在水中及海塘大堤外坡面设置多组临时支墩,采用小型浮吊船作业;避免大吨位构件的水上侯潮吊装,降低施工安全风险。构件运输采用陆运,减少了清理港内渔船的协调工作。顶推施工法的主要施工步骤如下:

(1)西侧边跨构件安装就位,焊接完成;同时在东侧引桥段搭设主跨梁体拼装支架。

(2)采用400 t履带吊将导梁、主跨梁体及拱肋拼装成整体,完成梁体、拱肋焊接(见图5)。

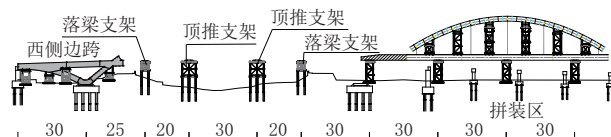


图5 顶推施工法拼装梁工况图(单位:m)

(3)利用三向同步顶推千斤顶将主跨梁体、拱肋整体顶推就位。

(4)将东侧边跨构件吊装就位,焊接完成。

(5)主跨主梁和拱肋整体落梁(见图6)。

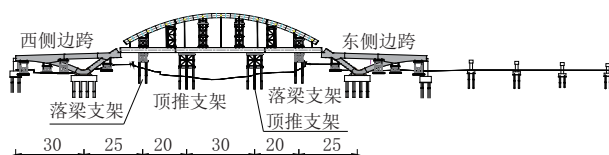


图6 顶推施工法落梁工况图(单位:m)

(6)主跨与边跨拱肋嵌补段安装,焊接完成。

2.3 缆索吊装法

缆索吊装法是拱桥施工中常用的一种施工方法,其吊装跨度大,作业范围广。当桥梁跨度较大的峡谷、河流时,其吊装优势尤其明显。在本工程中使用缆索吊装法可避免施工期间对海塘大堤和航道的影响,无须进行侯潮吊装作业和清理港内渔船,施工受外界影响小。缆索吊装法的关键为搭设缆索吊装系统。根据本工程特点,缆索吊装系统需在两侧引桥段设置索塔和锚定,索塔采用钢管组拼,高52 m,宽40 m;锚定采用钻孔灌注桩基础,锚块为混凝土重力式锚(见图7)。缆索吊装法的主要施工步骤如下^[1]:

(1)搭建缆索吊装系统。

(2)完成两侧边跨构件吊装,焊接完成。

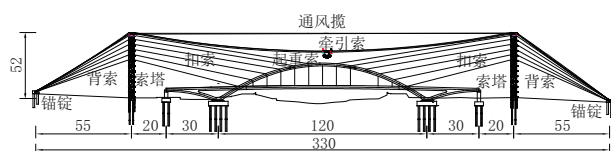


图7 缆索吊系统总体布置图(单位:m)

(3)吊装主跨拱肋,利用扣索临时固定,直至拱肋合龙。

(4)安装吊杆。

(5)吊装主跨主系梁及桥面构件。

(6)拆除缆索吊装系统。

3 主跨安装方案比选

在本工程中,浮吊安装法、顶推施工法和缆索吊装法三种施工方案在技术上虽有难易,但均具有可实施性。本节结合奚家港大桥的结构特点和施工条件,在施工工期、施工经济性、施工安全性和外部协调难易程度等方面对拟定的三种施工方案进行比选分析(见表1)。

表1 主跨安装方案比选

方案名称	技术难度	工期/d	施工安全风险	施工质量风险	措施费用/元				主要施工设备	外部协调难度
					材料费	设备费	协调费	总费用		
浮吊安装法	低	65	高	中	85	480	150	715	350 t 汽车吊、350 t 汽车吊运输船	难
顶推施工法	高	140	中	高	360	760	35	1 155	350 t 汽车吊、400 t 履带吊同步顶推系统	难
缆索吊装法	中	175	低	低	95	1 470	120	1 685	350 t 汽车吊、150 t 缆索吊	易

浮吊安装法是最为常规的桥梁施工方法,安装速度快,技术难度较小,桥梁结构在各施工阶段受力明确。施工中,所需投入的支架等临时结构材料用量小。对两侧引桥的施工影响较小。但为保证浮吊和平板驳船进出,采用浮吊安装法,需清理港内停靠的大量渔船,协调难度大。为满足浮吊作业要求,需对河道进行清淤。同时吊装需候潮进行,每次吊装时需在4 h内完成起吊、就位、精调、临时焊接固定、脱钩,对施工组织要求高。

顶推施工法在外倾式飞燕拱桥中暂无应用案例,施工方法较为新颖。顶推施工的关键在于将梁与外倾式拱肋连接形成临时固结体系,梁、拱同步顶推就位。顶推施工基本为岸上作业,不使用航道,极大地减少了外部协调工作。在陆上吊装作业,无有效作业时间限制,施工安全风险低。西岸边跨和主跨桥梁同步进行拼装,加快了主桥施工进度。但采用顶推施工法,需设置顶推支架、落梁支架、拼装支架、顶推系统、梁拱临时固结系统等,临时结构用量大,同时梁、拱临时固结体系设计存在一定技术难度。施工支架需设在海塘大堤外侧坡面上,在海塘大堤坡面上进行钻孔桩施工,审批难度较大。

缆索吊装法在大跨径拱桥中应用案例较多,施工工艺也较为成熟。所有的吊装作业均由缆索吊完成,无吊装作业时间限制,吊装、定位、焊接、脱钩时间充足,施工安全风险低,施工质量易管控。另外,无须进行渔船清理协调和河道清淤,受外部环境的影响相对较小。但采用缆索吊装法,搭设缆索吊周期较长,对两侧引桥施工有一定影响,工期压力较大。奚家港主桥钢结构约5 000 t,总造价约9 000万元,体量较小。若采用缆索吊装法,增加的措施费约1 500万元,经济性较差。

4 结 论

通过对拟定的三种施工方案的优劣进行综合比较分析,实际施工中选用了技术难度最低、最为经济的浮吊安装法。经过地方相关单位的协助,协调了部分渔船临时转港,保证了浮吊和运输船的顺利进出场。施工中,通过有序的施工组织、精细的过程的管控,确保了施工安全和质量,在要求工期内顺利完成了奚家港大桥的施工任务。

参考文献:

- [1] 王德洪.大跨度钢桁架拱桥施工技术研究[D].四川:西南交通大学,2012.