

大跨径提篮拱桥施工关键技术研究

肖宏笛 史晓贞 张朋 程锦辉

武汉华中科大检测科技有限公司 湖北武汉 430074

摘 要: 本文以某 1-210m 中承式无推力钢箱系杆拱桥为研究对象, 对其关键施工技术进行了分析, 基于有限元模型计算了最不利施工阶段拱肋和主梁的最大应力和剪力, 为现场施工及类似桥型的施工提供参考依据。

关键词: 系杆拱桥; 施工; 关键技术

引言

随着我国经济的发展, 我国对基础建设越来越重视。由于城市桥梁不仅要满足通航净空要求, 同时也要满足市民对桥梁美观的要求, 因此, 拱桥在所有的桥型中脱颖而出, 而系杆拱桥由于结合了梁和拱的受力特点, 有效提升了桥梁结构的整体承载水平, 因此是城市桥梁中最常见的桥型之一。合理的施工是保证结构内力和线形达到合理状态的前提, 因此大跨径系杆拱桥的施工非常关键。本文以广东某 1-210 中承式无推力钢箱系杆拱桥为背景, 研究该类桥型的施工技术要点, 为类似桥型的施工提供参考依据。

1. 工程概述

广东某景观桥主桥为中承式无推力系杆拱桥, 全长 386m, 跨径组合为 (38+50+210+50+38) m。拱桥计算跨径为 210m (含三角钢架前斜腿, 钢拱段跨度 162.6m), 矢高 52.5m, 矢跨比 1/4, 拱轴线设计为悬链线, 拱轴系数 1.25。该桥为钢结构拱桥, 由钢箱拱肋、钢箱风撑、吊杆索、钢箱主梁、系杆索等组成。主拱结构为平行钢箱拱 (拱肋为等高度箱型截面, 尺寸宽度为宽 2.8m×高 3.8m), 拱顶处拱肋间距为 34.1m。拱肋间共设置 5 片横撑, 均为等腰梯形钢箱截面。主梁为单箱三室扁平流线型全焊钢箱梁, 宽 44.9m, 中心高 3.5m, 全长 173.5m, 由 18 个设计节段组成, 标准节段含 2 道普通横隔板和 1 道吊点横隔板 (横隔板间距为 3.4m)。节段间工地连接方式为临时匹配件定位、u 肋高强螺栓连接、其余零件全断面焊接。吊杆设计为双吊索体系, 全桥共布置 16 对 (64 根) 吊杆, 吊杆中心间距 10.2m, 结构形式为预应力钢绞线外包 PE 的成品索。

2. 施工关键技术

2.1 施工介绍

桥梁跨越通航河道, 河道规划为内河Ⅲ级航道, 兼顾通航 1000 吨海轮。为缩短工期和保证质量, 中跨钢结构安装施工按先拱后梁的施工顺序, 采用水上支架结合浮吊船进行各构件安装施工。施工流程如图 1 所示。

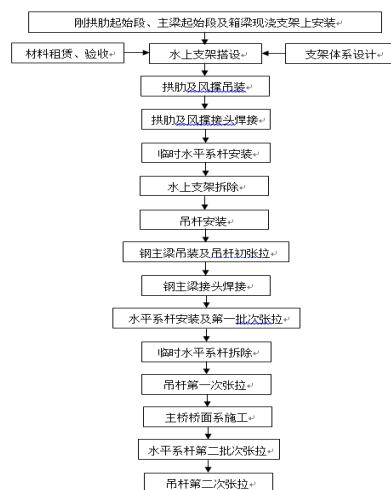


图 1 主桥钢结构吊装施工流程图

2.2 水上支架施工

预制完成的支架单元由陆地水运至作业水域, 待钢管桩基础完成后, 支架采用浮吊在桩顶进行调平安装, 且每个支架顶部均设置 4 台 100t 液压千斤顶用于保证拱肋调节。支架安装按先中间支架后岸边侧支架的顺序进行; 支架拆除与安装相反。

2.3 主拱肋吊装

2.3.1 吊装前的准备

吊装前, 对已进场的构件在船体运输支架上进行构件外形尺寸复检, 对运输中产生的弯、扭变形, 采用火工结合

千斤顶进行矫正, 矫正后构件冷却 4 小时后方可吊装。其次对吊装的索具进行外形复核, 对产生死弯、表面脱毛脱丝及表面变形严重的索具须进行更换。

拱肋吊装前需对其进行试吊工作, 试吊分两阶段进行, 浮吊船在货船上取货时构件脱离运输支架顶面 20~30cm 后, 停止工作 10 分钟, 对设备及索具等进行量测与观察, 无异常情况下方可将构件吊离运输船, 浮船带货行进至吊装施工区域内, 船体就位后, 再次提升 20~30cm 高度后, 停止工作 10 分钟, 进行第二次量测与观察。

起重船只带货行驶至各工况安装设计图位置水域后, 抛首尾锚, 同端两锚采用交错方式抛入水中, 即左舷锚抛右岸, 右舷锚抛左岸, 锚绳水平夹角 45—60 度。船体稳定后通过调节锚绳长度使船体精确定位。

2.3.2 一般节段拱肋吊装

单幅拱肋吊装节段设计为 4+1 (合拢段)。构件试吊完成后, 继续起升至构件初就位。构件初就位后, 在构件上的起重索不脱钩的状况下, 先调节侧向千斤顶进行构件横向定位, 横向定位控制以控制吊点横距并兼顾拱肋外边线直线度为原则进行, 横向定位完成后, 调节竖向千斤顶并结合浮吊的起升完成竖向定位; 其次在箱体外周边安装定位码板, 并对其进行焊接; 接着进行加劲肋连接板安装; 安装完成后, 浮吊船脱钩进行下节段安装。

焊接采用边吊装边焊接的流程施工, 同一接头位置焊缝上下游同步焊接。拱肋与风撑的焊接顺序为: 先拱肋后风撑, 风撑接头焊接采用上下游对称同步焊接。各接头的焊接顺序为: 先腹板、再顶板及底板。内、外侧腹板及顶板与底板均采用对称同步焊接, 腹板焊接方向由下而上, 顶、底板由中间向两边, 且相互错向。

2.3.3 合拢段吊装

合拢段施工应选择适宜的环境进行性, 一般不超过 20℃。待一般拱肋节段的接头全部加劲肋拴接完成后, 在拱肋箱梁腹板、顶部及底板上各安装两条 I16 劲性骨架, 骨架两端深入合拢段两侧节段内, 深入长度大于 500mm, 骨架与合拢段及相邻两节段焊接完毕后, 方可进行接头焊缝焊接。

2.4 吊杆安装

吊杆拉索由安装在拱顶处的卷扬机吊装, 并采用浮吊进行卷扬机拱顶移位, 依次安装各吊杆。吊杆完成后根据设

计要求对吊杆进行张拉。

2.5 钢主梁安装

运输船只以及浮吊船只就位后, 对起吊构件完成复检及矫正。吊装时应同步起吊, 吊点高度差不得大于 10cm。待主梁节段就位后, 首先安装岸边侧匹配件, 安装完成后, 将吊杆下端与主梁吊点固定, 固定后对吊杆上锚杯张拉。通过张拉吊杆对除合拢段的其他主梁节段的线型进行调整。最后吊装合拢段, 合拢段采用嵌补方式沿横向分三块进行安装, 安装顺序为先中间块, 后上、下游块。各合拢块的安装顺序为: 先腹板、后顶板、再底板。

主梁结头焊接顺序按由跨中向两岸对称的顺序进行, 各结头的焊接顺序为: 先腹板再顶板、底板及纵向隔板对称焊接; 腹板焊接方向为由上而下; 顶、底板焊接方向为由中间向两端, 且相互错开。

支架材料采购 (租用) → 支架单元构件工厂制作 → 单元构件由陆地水运至作业水域 → 钢管桩基础振打 → 桩顶分配梁调平安装 → 二阶格构柱吊装 → 转换梁安装 → 一阶格构柱吊装 → 顶部钢平台安装 → 拱肋接头焊接完毕后支架拆除 (拆除流程与之相反)。

桥梁跨越通航河道, 河道规划为内河Ⅲ级航道, 兼顾通航 1000 吨海轮。为缩短工期和保证质量, 中跨钢结构安装施工按先拱后梁, 分段吊装焊接的施工技术。施工流程如图 1 所示。

3. 施工模拟分析

3.1 有限元模型

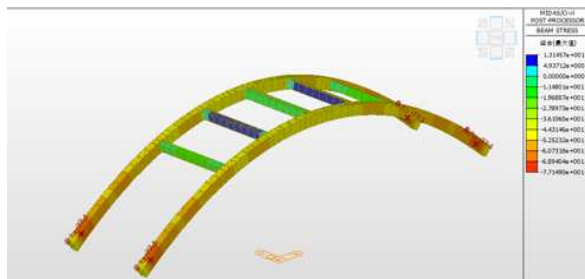
根据主桥吊装施工流程, 查找最不利工况进行分析, 验算钢梁和各结构的强度、刚度, 保证施工方法的正确性和合理性, 为现场准确施工的指导提供依据。本桥采用有限元分析软件 MIDAS/Civil 建立全桥模型, 对桥梁施工过程进行仿真模拟。主桥有限元分析模型如图 2 所示, 并根据图 1 施工流程设置施工工况



图 2 主桥有限元模型

3.2 计算结果

全桥施工过程中最不利情况下主梁和拱肋的计算结果



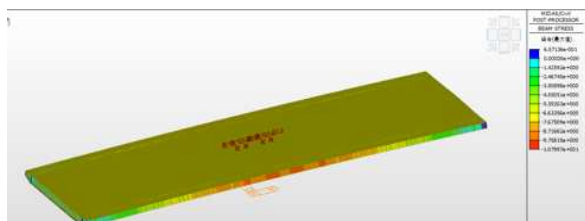
应力 (N/mm²)

如图 3, 图 4 所示, 该桥在吊装施工过程中, 最不利工况下的钢梁和拱肋最大应力、剪力均符合规范限值要求。

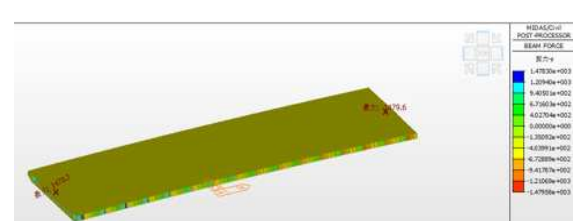


剪力 (kN)

图 3 拱肋的应力和剪力包络图



应力 (N/mm²)



剪力 (kN)

图 4 主梁的应力和剪力包络图

4. 结语

本文针对中承式无推力钢箱系杆拱桥, 分析了其施工流程设计以及施工过程中拱肋、吊杆以及主梁吊装等关键技术, 通过上述关键施工技术, 能够有效的保证施工安全和高质量的控制, 从而实现了主跨拱肋以及主梁的高精度拼装, 进而使该桥在合拢后的线形良好。

此外, 本文根据有限元分析计算了最不利工况下的拱肋和主梁的应力和剪力, 为现场准确施工安全的指导提供依据, 同时也为类似桥梁的施工提供参考。

参考文献:

- [1] 聂建国, 陶慕轩, 吴丽丽, 等. 钢-混凝土组合结构桥梁研究新进展 [J]. 土木工程学报: 2012, 45(06):110~122.
- [2] 李晓尧. 多跨连续非对称中承式钢箱拱肋系杆拱桥设计关键问题研究 [D]. 东南大学, 2017.
- [3] 邵志国. 钢箱系杆拱桥无应力状态法施工控制研究 [D]. 长安大学, 2018.

作者简介: 肖宏笛 (1993.04-), 男, 汉族, 河南信阳人, 硕士研究生, 高级工程师, 研究方向: 结构检测、评估与监测。