

钢桁架桥施工监控内容及重难点分析

程利婷

浙江致欣检测技术有限公司 浙江 嘉兴 314000

摘要: 钢桁架桥普遍采用工厂预制构件, 现场在临时墩上吊装焊接的方法。施工中不可避免的存在各种误差, 使得桥梁各个构件与设计状态存在偏差, 容易造成结构局部失稳、局部内力超标, 从而影响成桥的内力和线形。本文以某80m钢桁架桥为依托, 研究其施工监控中的控制内容、注意事项及重难点分析。

关键词: 钢桁架桥; 控制要点; 重难点分析

前言

为了确保钢桁架桥在施工过程中的结构受力及变形状态处于安全状态, 且成桥后线形、内力状态达到设计期望, 在施工过程中必须进行施工控制, 通过施工监控, 对桥梁结构进行控制计算(设计符合性计算、施工模拟计算、施工跟踪计算和参数敏感性分析)、施工监测(监测应变应力、变形位移、桥梁结构线形/结构线形与变位、温湿度等指标)和数据分析与反馈控制, 以达到下述目的:(1)通过对桥梁结构的控制计算, 复核理论计算模型及参数的正确性, 模拟计算预定施工顺序和施工荷载, 验证施工工序的合理性, 根据施工过程跟踪计算指导桥梁施工控制, 给出目标控制值并通过监测数据分析修正计算模型。(2)通过几何状态参数和内力状态参数的监测, 控制施工过程的内力及线形, 判别结构是否处于安全状态, 并与控制计算数据对比达到预判、预警的效果。(3)通过对桥梁结构的控制计算、施工监测和数据分析与反馈控制的有机结合, 最终使桥梁结构几何状态和内力状态达到或接近目标控制, 符合设计要求。(4)为公路交工质量评定提供技术依据; 为桥梁健康档案的建立和后期利用(健康监测、养护和运营管理)提供基本信息和参考依据。

1 工程概况

主桥采用三角形钢桁架桥, 均采用Q355qD钢, 主桁中心间距9.5m, 桁高10m, 节间长10m, 上弦7个节间, 下弦各8个节间。主桁杆件内宽均为600mm, 上、下弦杆为箱形截面, 上弦杆件外高760mm, 板厚20~24mm, 下弦杆件外高1000mm, 板厚18~28mm, 下弦腹板中部设宽200mm的纵向加劲肋, 加劲肋厚20mm。腹杆采用箱形和H形两种截面形式, 杆件内宽600mm, 高600~800mm, 板厚16~24mm。桥面由纵、横梁及混凝土桥面板组成, 桥面板与横梁用剪力钉结合。共设置1道小纵梁, 纵梁采用工形截面, 高300mm。混凝土桥面板厚25cm, 全桥连

续。上弦每个节间均设平面纵向联结系, 上弦平面联结系在每个节间设成K形, 两个节间组成米形, 下弦平面不设置平面纵向联结系。

1.1 施工步骤

主桁架分三段现场拼装后(含横梁、纵梁)进行吊装, 拆临时支架后进行桥面施工, 本次监控主要按照主桥施工工序逐渐实现阶段控制, 最终达到设计要求。该桥详细施工工序为:

1.1.1 主桥基础及下部结构施工。

1.1.2 搭设钢桁架拼装支架及水中临时墩, 在拼装支架上拼装钢桁架, 钢桁架分三段进行拼装。

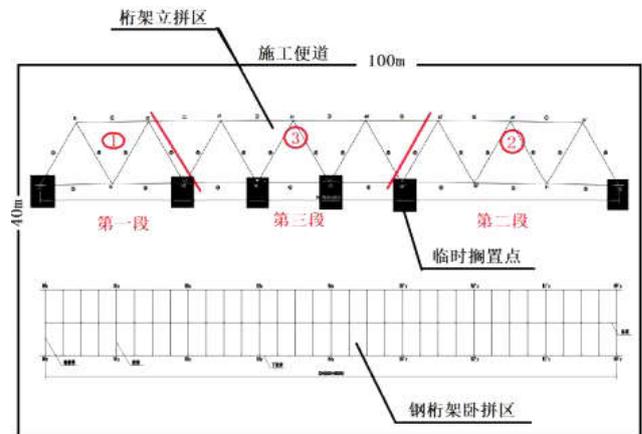


图1 分段吊装示意图

- (1) 将钢桁架分三段分别采用350t浮吊进行吊装。
- (2) 调整钢桁架纵横向位置, 分段落梁就位, 形成整体。
- (3) 拆临时支架。
- (4) 桥面板、护栏及桥面铺装施工。

1.2 有限元模拟计算

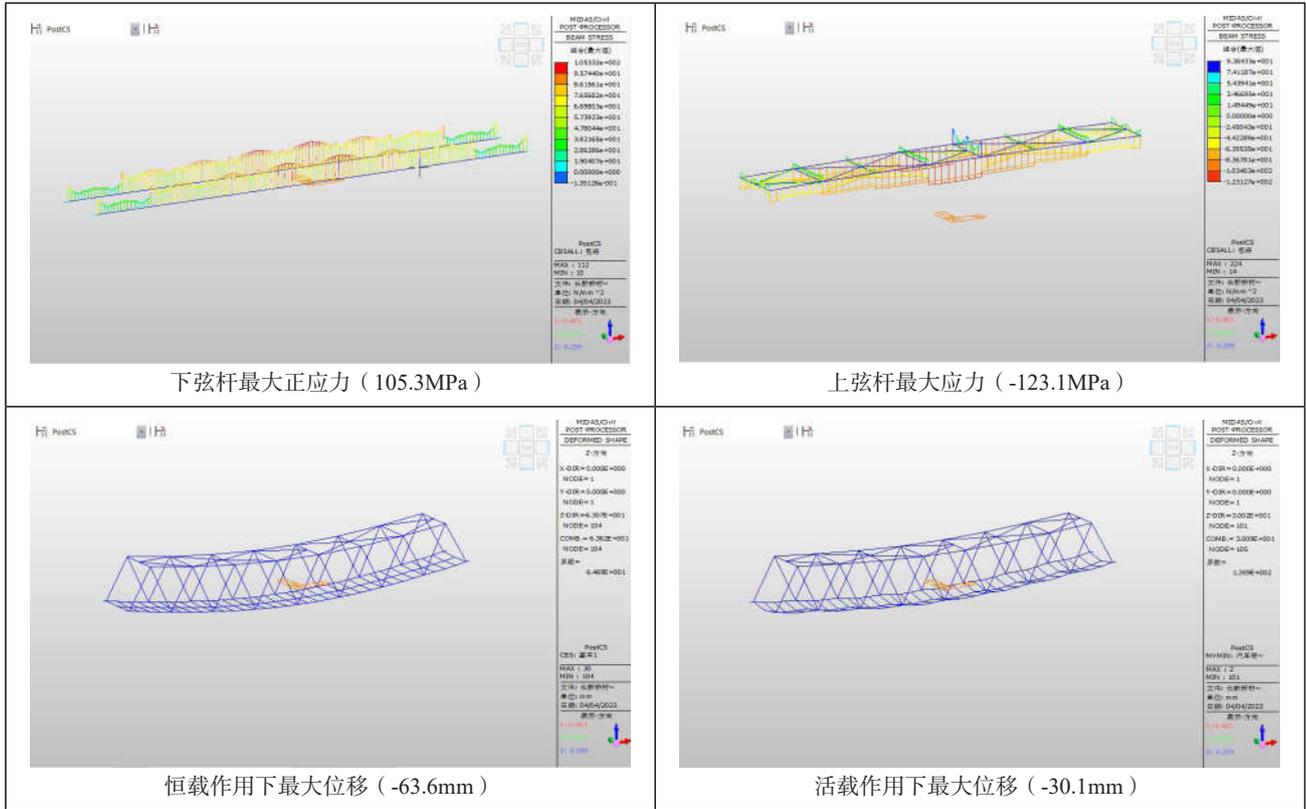
计算软件采用MIDAS/CIVIL建立平面杆系模型进行计算。建模采用梁单元模拟上弦杆、下弦杆、腹杆、横梁、纵梁、平联, 计算时考虑几何非线性的影响, 计算所采用

单元共2125个,节点数量共1449个,上弦杆、下弦杆、斜杆、平联、横梁、纵梁自重由程序自行计算,桥面板及二期铺装、护栏以均布荷载的形式施加在横梁上,结构采用

Q355qD钢,临时墩支承按节点弹性支撑仅受压考虑。

根据施工过程进行模拟,沥青铺装后主桁应力及变形计算结果见下表1所示:

表1 上下弦杆、横梁及斜杆应力及变形



1.3 施工监控的主要内容

(1) 控制计算

钢桁架几何状态控制计算:钢桁架吊装阶段变形及轴线控制,成桥后钢桁架线形和桥面线形,施工各阶段钢桁架段变形;施工各阶段腹杆中压杆稳定计算。

钢桁架内力状态控制计算:施工各阶段钢桁架及临时墩应力。

预拱度计算:通过有限元模拟各施工步骤得到钢桁架施工预拱度进行指导施工

(2) 施工监测

钢桁架监测参数:钢桁架线形及内力、轴线,拼装线形及胎架沉降,临时支架位移监测(竖向及横桥向变形)及应力监测,成桥桥面线形。

(3) 数据分析与反馈控制^[2]

识别本次监控桥梁结构几何状态和内力状态,判别是否处于预测状态;预测桥梁施工误差对后续施工过程结构几何状态和内力状态的影响;确定是否对施工过程预测数据、施工方案实施调整。

2 监控阶段的划分、内容及关键要点

2.1 施工监测阶段的划分

施工监控测试工况及测试内容见表2所示:

3 施工监控中的重难点分析

(1) 吊装过程中线形控制

由于钢箱梁的抗扭及横向抗弯刚度相比混凝土低,在吊装施工中可能会出现顶底板相对扭曲,或者结构出现位移的现象,另外钢箱梁的钢腹板较柔,抗扭刚度相对较小,结构的空间效应显著,容易发生扭转及畸变,在吊装过程中容易产生水平力,所以在吊装阶段必须控制扭转和畸变变形量。所以为了箱梁达到设计线形,需要进行钢箱梁端部转角控制、控制箱梁线形制作误差、考虑温度、湿度和风力对箱梁吊装的影响、合理控制制作的偏移值以及控制钢箱梁安装后的变形误差。

(2) 桥面板浇筑阶段线形控制^[1]

在钢箱梁吊装就位形成整体后进行桥面板混凝土浇筑,新浇混凝土会给匹配箱梁顶板一个竖向压力,从而导致箱梁产生相应变形,在施工分析中需要进行有限元

模拟计算出该变形量以指导施工。

另外，为了控制桥梁线形采用根据现场条件，建立监控桥梁段小区域的施工控制网，并保证必要的精度及密度，以控制主桥各位置的施工放样精度，防止误差累积引起更大的损失，且监测控制网要定期复测。另一方面在施工过程中通过结构计算给每个施工阶段设计一个预抬值，在通过现场监控量测数据对这个预抬值进行适当修正。从而保证成桥后的结构线形与设计基本一致。

(3) 临时墩承载能力及稳定性控制

在钢桁架及纵横系安装施工过程中，支架体系起着支撑作用，施工中需考虑临时支架在加载后会有变形和挠度出现，为此对临时支架的强度、刚度、整体稳定性和沉降均有很高的要求。在嘉兴地区以往的工程项目中，出现过支架体系失稳引起的工程事故。因此，支架承载力及稳定性控制是本项目重点工作。在各施工阶段需要测量支架进行竖向、横向变形量及控制截面的应变。

(4) 钢桁架应力控制

钢桁架吊装过程中以及拆支架后结构体系的转换，钢箱梁的应力在施工中不断的变化，应力的变化和状态都有可能随时变化，应力变化的复杂性要求需要实时进行

应力监测，如果发生了应力变化的异常情况，就要立即预警，暂停施工，及时寻找原因并解决问题，防止钢桁架在施工过程中发生屈服和失稳现象。在本次监控中在钢桁架关键控制截面布置无线振弦应变计，在4G云平台中可以实时监测钢箱梁应力状况，保证了应力监测的时效性及安全性

(5) 温度作用对钢梁影响的控制

由于结构采用钢材，材料本身对温度的变化十分敏感，且在结构安装过程中的安装坐标受温度作用影响较大，其中体系温差对里程影响较大，且影响值随着钢桁架长度的增加而增大。腹板日照温差对节段横向坐标影响较大，顶底板的日照温差对标高的影响较大，在实际的施工过程中，结合现场的测量数据，通过结构有限元计算软件进行相应的误差修正，提高安装精度。

(6) 拆支架阶段对主梁结构安全控制

当拆除临时支架后，主梁结构落在支座上，这个过程是一个体系转换的过程，由多支点的连续梁体系转换到简支梁体系，使全桥的重量全部落在支座上，落架过程中主梁应力应变变化剧烈，这个阶段主要对主梁线形控制和落架前后的应力进行加强监测。

表2 施工监测工况及测试项目

施工监控阶段	监控工况	主要测试内容								
		临时墩位移/应力监测	主墩基础沉降	拼装线形	拼装沉降及位移	桁架标高	桁架应力	桁架轴线	温度	桥面线形
一、预拼装阶段	预拼装			√						
二、主墩施工、临时支架搭设及钢桁架拼装阶段	主墩施工		√							
	临时钢管支架搭设	√								
三、钢桁架分段吊装及拆临时支架阶段	钢桁架分段拼装			√	√					
	西侧钢桁架吊装	√	√			√	√	√	√	
	东侧钢桁架吊装	√	√			√	√	√	√	
	通航孔处钢桁架吊装	√	√			√	√		√	
四、桥面板，二期施工	拆临时支架后		√			√	√		√	
	施工桥面板		√			√	√		√	
	二期施工		√			√	√		√	√

4 结语

钢桁架桥施工监控的关键是监测系统与控制系统的有机结合，通过现场不断的监测有效数据，对理论有限元模型进行不断的识别修正，考虑各种外在因素的影响，最终建立与实际施工状态相吻合的计算模型，再控制及指导下一个阶段的施工，最终达到期望要求。另外，现场监测点布置位置及对测点的保护是开展监控的保障，

根据相关规范、资料及现场情况，背景桥梁在整个施工过程中对钢桁架应力、温度、标高（变形）、临时墩变形及应力进行严格的监测，得到以下结论，在整个

施工过程中落架阶段钢桁架变形及内力较大，但远小于钢材的容许应力应变值，与理论计算模型较为接近，桥梁在整个施工阶段均处于可控状态，成桥后钢桁架线形及桥面线形平顺，应力符合设计要求，实现了施工监控的效果。

参考文献

[1]庄如,李浩.浅谈下承式钢桁架拱桥施工[J].公路交通科技(应用技术版),2016,12(09):168-170.
 [2]《公路桥梁施工监控技术规程》(JTG/T 3650-01-2022).