

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2022.06.046

大悬臂盖梁挂锁法施工过程中监测及结构安全性分析

王 兵

[上海城建市政工程(集团)有限公司, 上海市 200333]

摘 要:通过对大悬臂盖梁在挂锁法施工过程中结构应力、变形等的测试,综合分析和评估挂锁法施工过程中锚杆拉力、接缝面应力、拼装精度和刚度等关键参数,可为类似工程提供借鉴。

关键词:大悬臂;挂锁法;应力;精度

中图分类号: U445

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)06-0175-04

0 引 言

全预制拼装桥梁可有效降低施工时对既有交通的影响,缩短工期,提高施工质量、安全及社会效益。为解决大悬臂、大吨位盖梁的运输、安装等问题,分段预制、现场安装则是目前城市预制桥梁施工中最最为高效的手段,其中涉及的无支架空中临时固结技术也是盖梁拼装技术发展的方向。

1 工程概况

S26 公路入城段,主线全长约 7.08 km,采用预制拼装的施工工艺,其中 3# 墩盖梁总长 23.934 m,宽 2.6 m,高 3.5 m,总重量达 370 t,见图 1,分为三个预制节段,中间节段重 173 t,悬臂节段重 98.5 t,截面为实心截面,接缝面上布置五排剪力键,预制盖梁和立柱之间采用灌浆套筒连接。

2 挂锁法施工工艺

挂锁法是通过挂锁系统将悬臂节段和中间节段连接,形成了一个临时的稳固的施工平台,为后续盖梁预应力钢筋穿束、张拉和灌浆工序提供了可行性。挂锁系统由悬挂装置和锁定装置组成,悬挂装置承担并传递悬臂节段的主要竖向力,设计为牛腿式钢结构挂架,通过销棒、前支点和后支点和盖梁节段连接并实现节段间的荷载传递。锁定装置平衡悬臂节段产生的弯矩荷载,并在悬臂节段和中间节段间施加一定的自平衡水平力,设计为盖梁顶面和侧面布置的临时预应力系统,侧面临时预应力钢筋采用

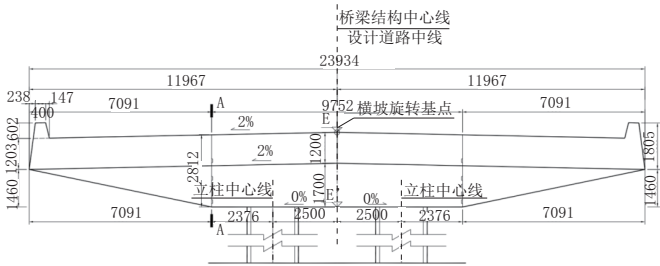


图 1 盖梁立面图(单位:mm)

穿棒法锚固,顶面临时预应力钢筋采用混凝土锚块锚固,见图 2。

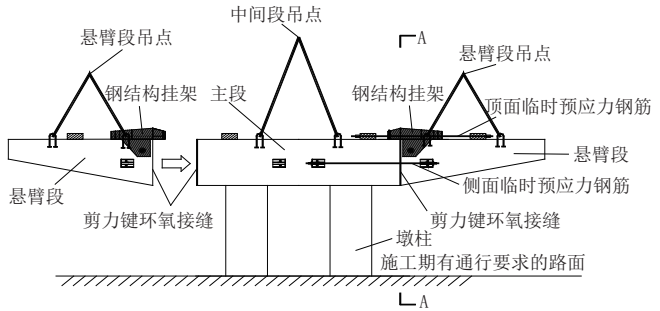


图 2 挂锁法总体示意图

基于挂锁法的盖梁节段拼装施工,通过带悬挂装置的悬臂节段起吊初步就位后,采用临时预应力钢筋逐步锁定,同时履带吊车逐步卸载,来实现盖梁的快速悬臂拼装施工。其主要施工工艺流程如下:

- (1)中间节段现场吊装,与立柱进行套筒连接并灌浆养护;
- (2)涂抹接缝面环氧树脂;
- (3)盖梁悬臂段(一侧)吊起,与盖梁中段进行空中对接;
- (4)空中对接完毕,侧面锚杆张拉锚固;
- (5)吊机卸载与顶面锚杆张拉交错进行;
- (6)顶面锚杆锚固,吊机完全卸载,单侧节段锁定完成;
- (7)重复以上步骤,进行另一侧悬臂段拼装施工;

收稿日期: 2022-03-01

作者简介: 王兵(1981—),男,学士,高级工程师,从事道路桥梁施工工作。

(8)两侧悬臂节段锁定完成,吊机离场。

3 施工阶段监测

3.1 监测点布置

为准确测定盖梁在挂锁法施工过程的各项参数,分别对盖梁的水平倾角、接缝面应力、锚杆拉力、悬挂装置、竖向位移等进行监测,具体测点埋设位置及数量见表1。

表1 监测点布置统计表

序号	类型	测试目的	埋设位置	测点数量	测试装置
1	盖梁水平倾角	盖梁节段的轴向倾角和扭转角度	节段顶面中间	6个	光纤光栅倾角计
2	混凝土应力	节段接缝面上应力分布	接缝两侧截面、盖梁与墩柱连接截面和跨中截面	38个	光纤光栅埋入式应变计
3	锚杆拉力	临时预应力锚杆的有效性	精轧螺纹钢表面	6个	光纤光栅表面安装应变计
4	悬挂装置	悬挂装置在锁定过程中的应力状态	悬挂装置主钢板表面	4个	光纤光栅表面安装应变计
5	竖向位移	盖梁的竖向位移	盖梁顶面中心线	3个	光纤光栅水准仪

3.2 监测流程和内容

监测测点埋设及数据采集分为预制场及施工现场两个环节:

(1)预制场内主要包括节段预制时应变计和倾角仪的预埋及检测、悬挂装置和锚杆上的应变片的安装等。

(2)施工现场主要包括:a.中间节段安装完成后,利用吊机及悬挂装置完成一段悬臂节段的初定位,该阶段采集节段的倾角仪数据;b.初定位完成后,张拉两侧及顶面的预应力锚杆,完成节段锁定,该阶段须采集倾角仪数据、混凝土应力和锚杆应力等数据;c.完成另一悬臂段的安装及数据的采集;d.盖梁预应力张拉完成,该阶段采集倾角仪数据、混凝土应力和锚杆应力等数据;e.预应力管道灌浆,完成盖梁节段的安装。

4 施工阶段监测数据分析和评估

4.1 锚杆拉力评估

挂锁法施工锁定过程中锚杆拉力监测时程曲线见图3,锚杆力设计与实测值对比见表2。

(1)北侧悬臂段锁定结束后,锚杆拉力总设计值为3 316 kN,实测值2 994 kN,误差为-10%;南侧

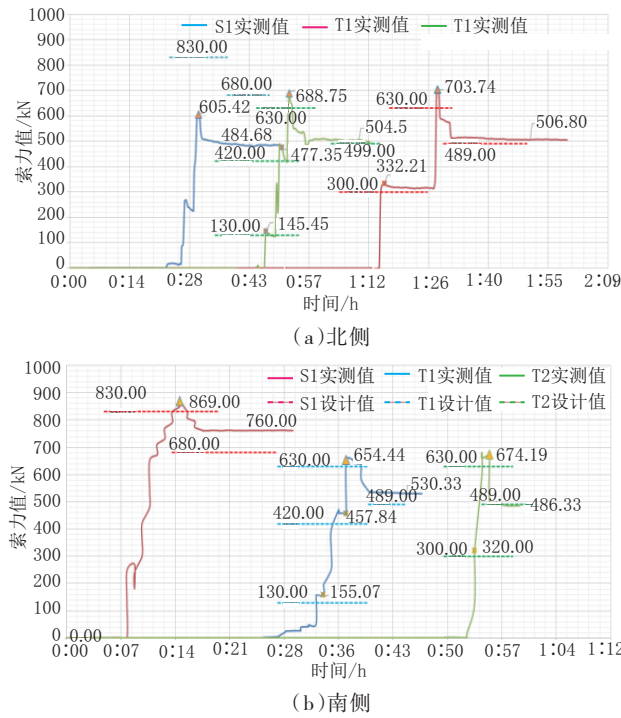


图3 锁定过程中锚杆拉力时程曲线

表2 锁定过程中锚杆力设计值与实测值对比表

工况	设计值/kN	实测值/kN			
		北侧	误差	南侧	误差
侧面锚杆 S1 张拉	830	605	-27%	869	5%
侧面锚杆 S1 锚固	680	485	-27%	760	12%
顶面锚杆 T1 第一级张拉	130	145	12%	157	20%
顶面锚杆 T1 第二级张拉	420	477	14%	457	9%
顶面锚杆 T1 第三级张拉	630	689	9%	654	4%
顶面锚杆 T1 锚固	489	505	3%	530	8%
顶面锚杆 T2 第一级张拉	300	332	11%	321	7%
顶面锚杆 T2 第二级张拉	630	704	12%	674	7%
顶面锚杆 T2 锚固	489	507	4%	486	-1%
总拉力 2 × (T1+T2+T3)	3 316	2 994	-10%	3 552	7%

注:误差=(实测值-设计值)/设计值。

悬臂段锁定结束后,锚杆拉力实测值3 552 kN,误差为7%;南北两侧锚杆总拉力误差较小,在设计控制误差20%范围之内,满足设计误差要求。

(2)北侧悬臂段锁定过程中,对于分级张拉误差,除侧面锚杆张拉有-27%误差,其他相对误差控制在14%以内,符合误差控制要求。

(3)北侧悬臂段侧面锚杆拉力实测值与设计值误差大,原因是预埋锚固件在混凝土浇筑过程中发生了一定偏位,所以侧面锚杆张拉过程中考虑到张拉锚固安全性,在张拉未达到设计值时提前进行了锚固。

(4)南侧悬臂段锁定过程中,对于分级张拉误差,除顶面锚杆第一级张拉误差为偏大外,其他相对误差控制在12%以内,在设计控制范围之内。

4.2 接缝面应力(以北侧接缝面为例)

针对锁定过程接缝面应力水平分析,选取中段近接缝截面和悬臂段近北接缝截面的实测数据进行分析,通过对两截面平均应力水平来看接缝面应力状态,见图4,应力实测结果汇总见表3。实测数据表明,盖梁北侧接缝面全截面全过程受压,表明锁定过程有效。

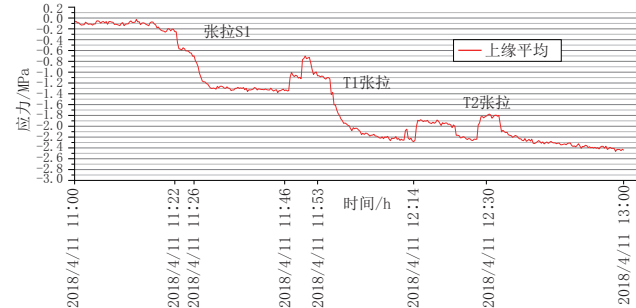


图4 接缝面上缘平均应力时程曲线

表3 北侧接缝面上缘平均应力 单位:MPa

测点 应力	S1 预紧			S1 锚固后		T1 锚固后		T2 锚固后		锁定 过程
	应力	应力	应力 增量	应力	应力 增量	应力	应力 增量	应力	应力 增量	应力 总增量
东上 测点	-0.29	-1.33	-1.04	-2.25	-0.92	-2.47	-0.22	-2.18		
西上 测点	-0.21	-1.35	-1.14	-2.32	-0.97	-2.41	-0.09	-2.20		
上缘 平均	-0.25	-1.34	-1.09	-2.285	-0.945	-2.44	-0.155	-2.19		
上缘 设计值	0	-0.15	-0.15	-0.28	-0.13	-0.62	-0.34	-0.51		

4.3 盖梁拼装精度和刚度分析(以北悬臂段为例)

评估主要参考《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T F50—2011)规程的预应力混凝土梁节段悬臂拼装施工质量规定中表16.6.16的要求进行,以北悬臂段为例。

北悬臂节段倾角时程见图5、图6。北悬臂倾角实测值及位移推定值汇总见表4。

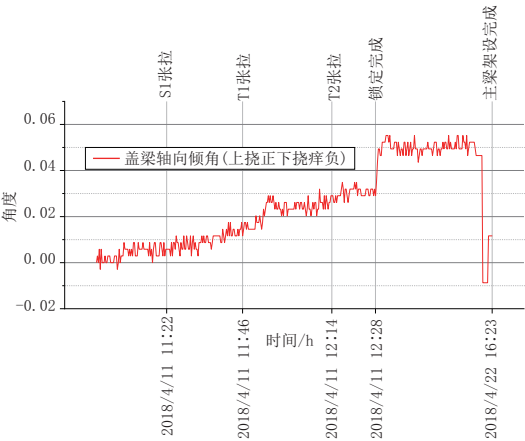


图5 北悬臂盖梁轴向倾角

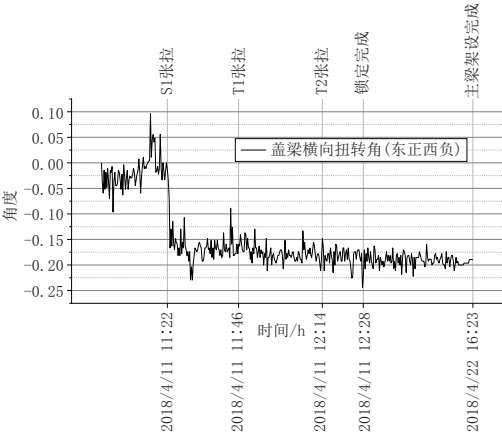


图6 北悬臂盖梁横向扭转角

表4 北悬臂倾角实测值和位移推定值汇总

项目	节段锁定阶段(S1节段锁定张拉到锁定完成)	节段锁定完成	预应力张拉完成	主梁架设完成
轴向倾角/(°)	-0.003~0.049	0.043	0.041	0.006
横向扭转角/(°)	-0.077~0.077	-0.026	-0.033	-0.023
悬臂外点3竖向位移/mm	-0.4~6.1	5.3	5.1	0.7
悬臂外点3竖向位移计算值/mm		8.2		4.2
悬臂节段扭转位移/mm	-1.7~1.7	-0.6	-0.7	-0.5

注:1.倾角单位为度(°)。2.轴向倾角以上挠为正,下挠为负。

(1)悬臂节段在锁定过程中轴向倾角在-0.003°~0.049°以内波动,相应的悬臂节段最外点的位移推定值变化范围为-0.4~6.1 mm,变化幅度为6.5 mm。满足规范顶面高程±20 mm的要求,也说明锁定过程中节段位移变化小,且变化稳定。

(2)锁定完成后,悬臂节段最外点的位移推定值为5.3 mm,表明节段锁定后最大上挠了5.3 mm,满足规范顶面高程±20 mm的要求,说明临时锁定系统有效,拼装精度高。

(3)临时锁定拆除后,悬臂最外点的位移推定值为5.1 mm,与临时锁定完成后的位移推定值5.3 mm非常接近,满足顶面规范高程±20 mm的要求,也表明施工过程中的体系转换对位移影响小,拼接精度高。

(4)张拉完成后,有限元计算所得悬臂最外点的位移理论值为8.2 mm,悬臂最外点的位移推定值为5.1 mm,拼装施工过程中位移理论值和实测值误差仅为3.1 mm。

(5)主梁架设前后,悬臂最外点的位移推定值分别为5.1 mm和0.7 mm,也就是说上部结构产生的盖梁下挠值为4.3 mm,与理论值4.0 mm仅为0.3 mm,

可以认为预制拼装的盖梁北悬臂侧实测刚度和计算刚度吻合程度非常高。

(6)盖梁北悬臂节段横向扭转角幅值在 $\pm 0.077^\circ$ 以内,相应的悬臂节段扭转相对位移为 $\pm 1.7\text{ mm}$ 。架设完成后,盖梁北悬臂节段扭转相对位移为 -0.5 mm ,表明节段拼装施工过程中,节段没有因为不对称施工发生过大的扭转变形。满足规范轴线偏位 10 mm 的要求,表明盖梁轴线拼装施工质量良好。

4 结 语

挂锁法工艺不仅适用于陆地上施工高度不太高,梁段一侧只有一个悬臂节段的带竖直分缝的盖梁进行节段拼装施工,也适用于其他大悬臂实心截面预应力混凝土结构的节段拼装施工。本文以 S26

入城段大悬臂盖梁挂锁法施工为例,结合过程中对结构应力、变形等的测试,对挂锁法施工过程锚杆拉力、接缝面应力、拼装精度和刚度等关键参数进行分析和评估,可以看出,施工过程中的拼装精度、应力等均能满足要求,拼装质量施工良好。其过程监测及结构安全性评估的方法,可为类似工程提供借鉴。

参考文献:

- [1] 沈殷,蔡鹏,陈立生,等.节段预制拼装混凝土桥梁剪力键接缝的抗剪强度[J].同济大学学报,2019,47(10):1414-1420.
- [2] 上海城建市政工程(集团)有限公司.一种节段预制盖梁悬臂拼装施工方法:上海市,CN110409304A[P].2019-11-05.
- [3] 魏明.节段预制拼装桥梁适用条件及若干关键技术研究[D].南京:东南大学,2016.
- [4] JTG/T F50—2011,公路桥涵施工技术规范[S].

~~~~~  
(上接第 118 页)

### 参考文献:

- [1] 章林伟.海绵城市建设是中国城镇化转型发展的助推器[J].水务世界,2016(1):57-60.
- [2] 章林伟.中国海绵城市建设与实践[J].给水排水,2018,44(11):5.
- [3] GB/T 51345—2018,海绵城市建设评价标准[S].
- [4] GB/T 39599—2020,低影响开发雨水控制利用基础术语[S].
- [5] 章林伟,牛璋彬,张全,等.浅析海绵城市建设的顶层设计[J].给水排水,2017(9):2-6.
- [6] 赵亮,张沛,冯步广,等.南宁石门森林公园海绵化改造与海绵城市连片建设模式思考[J].中国给水排水,2017,33(2):7.
- [7] 王文亮,李俊奇,车伍,等.城市低影响开发雨水控制利用系统设计方法研究[J].中国给水排水,2014,30(24):6.
- [8] 曹宇.珠海市因地制宜探索可复制海绵城市建设模式[J].城乡建设,2019(22):5.