

简析大质量盖梁分节段预制安装施工与安全验算

吴连盛

(上海公路投资建设发展有限公司,上海市 200335)

摘要: 基于缩短工期、便于施工、降低交通影响、保护环境等目的,越来越多的城市高速公路或市政高架桥梁工程采用分节段安装大尺寸、大质量预制盖梁。当采用钢扁担联合螺纹钢筋固定工艺安装“浦星公路跨芦恒路节点改造工程”580 t 盖梁 P1 时,不仅各项安全指标验算结果表明该工艺可靠,而且实施效果较佳,较计划工期提前。该工艺可行性较强,既是对目前湿接法工艺的补充和完善,也为同行从业者提供一定的参考与借鉴。

关键词: 大尺寸;大质量;盖梁;芦恒路;扁担;安全验算;湿接

中图分类号: U445

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)06-0159-04

0 引言

随着城市人口、建筑和交通工具日益高度密集化、外延伸,城际高速公路、城市高架道路、绕城高速公路等工程项目的建设空间不断被压缩,同步放大了传统现浇混凝土施工桥梁搭设支架模板占用空间大、施工周期长等不足。因此,为了克服传统现浇技术的不足,近年来具有大体积、大尺寸、大质量特点的预制装配技术成为城市公路或市政高架道路桥梁领域发展的主要方向之一。以盖梁为例,近几年来采用分节段预制和拼装施工大尺寸、大质量预制盖梁,不仅施工速度快,而且也降低了施工成本^[1]。无锡凤翔路快速化改造工程采用湿接法施工,即“两端预制结合中间现浇湿接段”的形式^[2],完成了2 480 cm 大挑臂倒T型盖梁施工。上海S7公路在国内首次采用“牛腿式垂直拼缝”工艺完成了单件重量超过200 t 悬臂盖梁的节段拼装^[3]。

虽然国内少数工程已实现了大尺寸、大质量预制盖梁阶段安装,但因受施工场地空间、运输线路限载、现场机械设备性能、盖梁实际尺寸质量参数等因素的差异和限制,该技术实施起来仍有较大的难度。本文以上海市浦星公路跨芦恒路节点改造新建工程为载体,在采用钢扁担工艺条件下,通过进行吊装机械工况、钢扁担、精轧螺纹钢和预埋件安全验算与分析,阐述分节段安装预制大质量盖梁施工工艺。

收稿日期:2022-02-15

作者简介:吴连盛(1973—),男,学士,高级工程师,从事施工技术管理工作。

1 项目概况

1.1 工程概况

浦星公路跨芦恒路节点改造新建工程北起上海市浦东新区与闵行区界,与济阳路以高架形式对接,并在芦恒路北侧设置一对上下匝道,跨过芦恒路后落地,落地与地面道路合流,至江桦路结束。主线高架道路全长0.941 km(其中高架桥梁结构全长0.821 km),地面道路全长1.709 km。图1为浦星公路芦恒路节点改造工程位置图。



图1 浦星公路芦恒路节点改造工程位置图

1.2 大质量盖梁概况

从北往南的第2排桩号对应编号为P1的盖梁(见图2),不仅是该项目中质量和尺寸最大的三柱盖梁,而且发挥着承前启后的作用,安装效果与耗时直接影响着整个工程主线高架的施工部署和进度。此外,施工期间现状浦星公路不能中断交通。因此,P1盖梁是整个工程的关键点和难点之一。

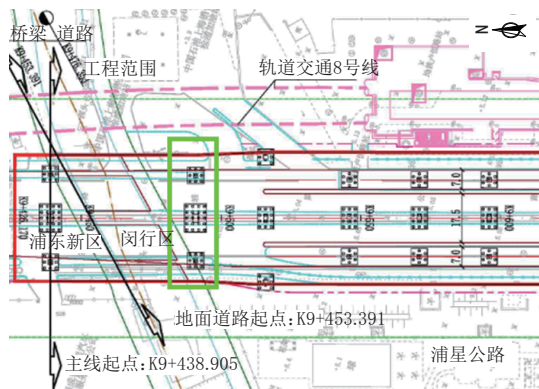


图2 P1盖梁位置图

P1平面长度34 300 mm,宽度2 500 mm,总质量580 t(由东段、中段和西段组成,质量分别为180 t、220 t和180 t),具体参数见表1和图3。

表1 P1盖梁技术参数

项目	具体参数
盖梁长度/mm	34 300
混凝土强度等级	C60(高性能混凝土)
保护层厚度/mm	盖梁主筋净保护层厚不小于40,其余钢筋净保护层不小于25
预制部分质量/t	580(三段分别为180 t、220 t、180 t)

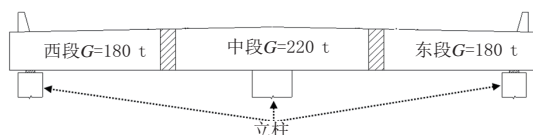


图3 三柱盖梁P1分节段示意图(单位:t)

2 安装施工流程与关键工序要点

2.1 安装施工流程

根据施工部署和现场交通组织情况,制定了在中节段吊装完成后,先吊装西节段,再吊装东节段的安装施工顺序。关键施工工序流程见图4。

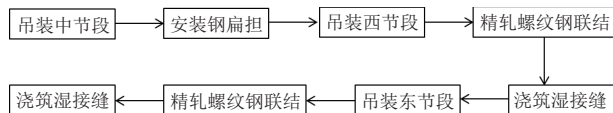


图4 P1盖梁安装施工流程图

2.2 关键工序要点

(1) 吊装中节段

采用SCC3200-320 t履带吊单机抬吊预制盖梁P1中节段,完成与P1中立柱的坐浆和灌浆施工作业(见图5(a))。

(2) 安装定制钢扁担与支撑

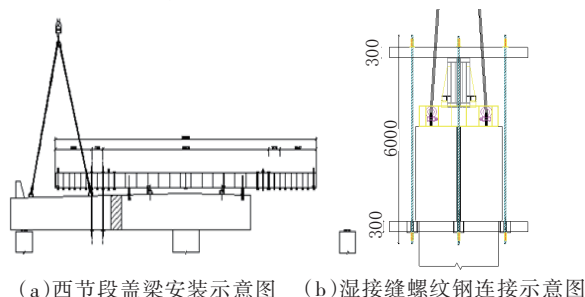
待盖梁中间节段安装完成后,安装钢扁担(见图5(b)),在中间盖梁节段上设置预埋钢板焊接工字钢支撑,并设置临时防倾覆措施。



(a)单机抬吊预制盖梁 (b)中节段盖梁安装钢扁担
图5 中节段盖梁与钢扁担安装示意图

(3) 吊装西节段盖梁

将盖梁节段吊至扁担外侧,调整盖梁西侧节段姿态,盖梁外侧边线与钢扁担平行;盖梁节段就位后吊车缓缓向东行驶,吊至设计位置,随后保持姿态穿入精轧螺纹钢固定(精轧螺纹钢与钢扁担联结),然后进行湿接缝施工,为减轻湿接缝重量,湿接缝宽度缩小至1 m,湿接缝中心线与原设计位置相同。图6为西节段盖梁安装示意图。



(a)西节段盖梁安装示意图 (b)湿接缝螺纹钢连接示意图
图6 西节段盖梁安装示意图

为了不影响浦星公路现状交通,盖梁节段间湿接缝采用定型制作钢结构挂篮(如图7所示)进行浇筑,该挂篮既可作为湿接缝混凝土浇筑用模板,亦可作为工人的操作平台,顶部设置2道对拉螺杆对侧模进行固定,挂篮上设置可调节支座,搁置于盖梁顶部,通过支座上的螺栓和设置于盖梁顶部的30 mm厚钢板进行标高控制和调平。

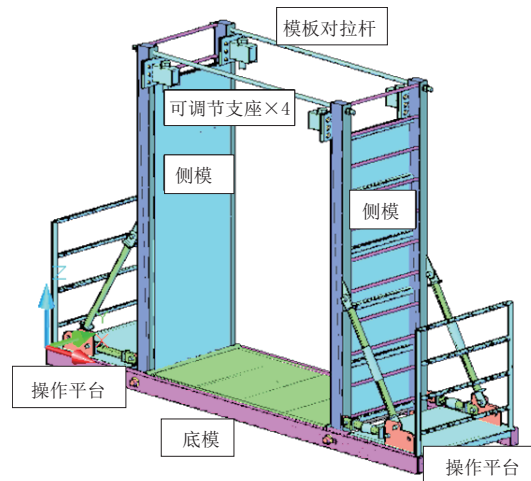


图7 定制钢结构挂篮操作示意图

(4) 吊装东节段盖梁

在西节段盖梁安装完成后,采用与其相同的操

作步骤安装东节段盖梁。

3 安全计算分析

3.1 吊装机械工况分析

对于 SCC3200-320 t 起重机械,无论吊装哪一节段盖梁时,其 80% 额定荷载均大于各节段重量:

(1)P1 盖梁中节段重 210 t,在主臂 18 m 回转半径 8 m 的情况下,额定荷载为 274 t,210 t<274 × 80%=219.2 t。

(2)P1 盖梁两侧节段重 180 t,在主臂 18 m 回转半径 8 m 的情况下,额定荷载为 230 t,180 t<230 t × 80%=184 t。

3.2 定制钢扁担安全验算

钢扁担材质为 Q345B。吊点精轧螺纹钢直径为 50 mm,材料等级为 PSB830,屈服强度 830 MPa,抗拉强度 1030 MPa,断后伸长率 7%。边分段盖梁自重为 180 t,精轧螺纹钢处总拉力为 90 t,由 3 根精轧螺纹钢承担,则单根螺纹钢最大拉力为 300 kN。

(1)西节段盖梁安装后扁担受力验算

据表 2 所列各项验算结果,可知钢扁担满足现场吊装和安全使用要求。

表 2 西节段盖梁安装后扁担受力验算结果

验算指标	组合工况	荷载效应	验算结果最大值
弯矩 $M/(kN \cdot m)$	1.3D+1.5L	平面内弯矩	3 076.36
变形 V/mm	D+L	平面内位移	30.26
剪力 F/kN	1.3D+1.5L	平面内剪力	1 285.96
设计截面挠度	D+L	2 轴挠度	30.262 7(限值 74)

(2)东节段盖梁安装后扁担受力验算

据表 3 所列各项验算结果,可知钢扁担满足现场吊装和安全使用要求。

表 3 东节段盖梁安装后扁担受力验算结果

验算指标	组合工况	荷载效应	验算结果最大值
弯矩 $M/(kN \cdot m)$	1.3D+1.5L	平面内弯矩	3 332.72
变形 V/mm	D+L	平面内位移	39.78
剪力 F/kN	1.3D+1.5L	平面内剪力	1 285.96
设计截面挠度	D+L	2 轴挠度	39.777 3(限值 74)

3.3 精轧螺纹钢受力验算

精轧螺纹钢采用直径 50 mm 的 PSB830 型,最大拉力为 558.8 kN。螺纹钢为轴心受拉杆件,拉应力计算结果如式(1)所示:

$$\sigma = \frac{1.5 \times 300 \times 1000}{1963.5} = 229.1 \text{ N/mm}^2 < 830 \text{ N/mm}^2 \quad (1)$$

因此,螺纹钢满足安全使用要求。

3.4 预埋件验算

(1)预埋件参数与布置

预埋件采用焊接直锚筋库 -HRB335-Φ20 锚筋,环形布置排列为 6 行 2 列,行间距 120 mm,列间距 150 mm;锚板选用 SB20-Q345,锚板尺寸为 $L \times B=250 \text{ mm} \times 690 \text{ mm}$, $T=20 \text{ mm}$;基材混凝土选择 C30,厚度 2 000 mm。

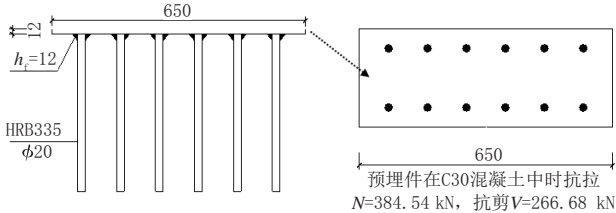


图 8 锚筋布置平面图

(2)预埋件验算

当扁担吊挂单侧分段盖梁时,预埋件会出现受拉情况,据图 9 可知,在临界状态下,预埋件所受反力矩平衡见式(2):

$$N' \times L_2 + \frac{G \times L_2}{2} = F_1 \times L_1 \quad (2)$$

式中: G 为钢扁担自重,共 153 kN(单根扁担 25.5 kN,共 6 根); F_1 为拉应力,950 kN; N' 为上拔力反力,kN; L_1 、 L_2 为梁端距锚固点距离,分别为 2 550 mm 和 11 100 mm。

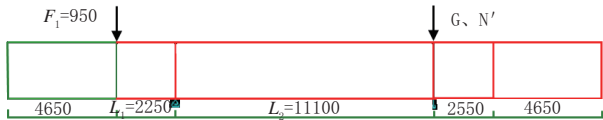


图 9 预埋件受力的力矩平衡示意图

由式(2),算出预埋件最不利上拔力 N 为 141.74 kN(标准值),按照 1.3 安全系数,因而上拔力的设计值为 184.3 kN。

a. 预埋件承载力验算

根据表 4 参数,计算出:

$$A_{1\min} = A_{2\min} = \frac{N}{0.8 \times \alpha b \times f_y} = \frac{184.3}{0.8 \times 0.85 \times 300} \times 10 = 9.03 \text{ cm}^2 \quad (3)$$

故取锚筋截面面积为: $A_{\max} = \max(A_{1\min}, A_{2\min}) = 9.03 \text{ cm}^2$;

则截面实际产生承载力为: $F=9.03 \times 102 \times 300 = 270 900 \text{ N} = 270.9 \text{ kN}$;

实际允许承载力为: $F_u=A \times f_y=37.699 \times 102 \times 300=1 130.97 \times 103 \text{ N}=1 130.973 \text{ kN}$;

所以 $F < F_u$,预埋件承载力满足要求。

b. 预埋件构造验算

基于《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010),

表4 预埋件相关参数

参数	轴力 (上拔力) /kN	锚板上 锚筋数 量/个	锚筋 总面积 /cm ²	抗拉 强度 f_t^* /(N·mm ⁻²)	锚板弯曲 变形折减 系数 α_b	锚筋受 剪承载 力系数
数值	184.3	12	37.699	300	0.85	0.85

注:*根据《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010),锚筋抗拉强度设计值 f_t 不应大于300 N/mm²。

采用TS-MTSTool软件计算出预埋件构造各项参数指标的实际值均满足最小限值要求,参见表5。

表5 预埋件构造验算结果

数值	参数					
	锚固长度 l	锚板厚度 T	行间距	列边距	行边距	列边距
最小限值/mm	587.4	18.75	120	60	40	40
实际值/mm	600	20	120	150	45	50

4 实施效果

基于精确计算、验算结果,通过采用上述施工工艺流程与做好关键工序点控制,历时1周左右时间

便完成了P1盖梁三个预制节段的安装,不仅较计划进度提前,而且为高架于2021年2月上旬提前通车提供了有力条件。图10为浦星公路跨芦恒路节点改造新建工程高架贯通效果图。



图10 浦星公路跨芦恒路节点改造新建工程高架贯通效果图

参考文献:

[1] 王新辉. 高架桥梁超大质量盖梁的分段预制拼装施工技术[J]. 建筑施工, 2020(4):581-582.
[2] 石剑. 装配式大悬臂盖梁分段预制安装施工技术[J]. 城市道桥与防洪, 2020(9):135-138.
[3] 孙建树, 邵嘉骅. S7公路超大型立柱盖梁分段预制拼装施工[J]. 港口技术与管理, 2018(5):18-23.

(上接第92页)

5 结 语

- (1)采用体外预应力加固对桥梁承载能力影响不大,但加固后对桥梁的正截面抗裂及斜截面抗剪改善明显。
- (2)通过荷载试验,证明了采用体外预应力对连续箱梁的加固效果明显,试验桥跨结构刚度较加固前有明显提高。
- (3)连续箱梁的顶板纵向裂缝可通过粘贴钢板加固进行处理。

参考文献:

[1] 谭栋, 易敬. 连续箱梁桥底板加固设计方案比选[J]. 公路, 2017(10):141-143.
[2] 李恒兴, 杨春雷, 谭晓琦, 等. 云南省六库怒江大桥加固设计方案研究[J]. 公路工程, 2013, 38(2):129-132.
[3] JTJ 023—85, 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
[4] 上海同济建设工程质量检测站. 2015 利津黄河公路大桥主桥技术状况检测及引桥荷载试验报告[R]. 上海: 上海同济建设工程质量检测站, 2015.
[5] 上海同济建设工程质量检测站. 2016 利津黄河公路大桥主桥技术状况检测及引桥荷载试验报告[R]. 上海: 上海同济建设工程质量检测站, 2016.
[6] JTG/T J22—2008, 公路桥梁加固设计规范[S].