

装配式公路桥梁施工技术与结构稳定性提升路径研究

邢惠琴 范甜甜

柯尔克孜自治州克州交通运输局

DOI:10.32629/etd.v7i2.18945

[摘要] 装配式公路桥梁施工的根本特征为构件工厂化预制、现场快速装配,是目前公路桥梁建设实现工业化、标准化与高质量发展的主要技术路径,该施工模式通过减少现场湿作业、缩短整个施工周期、增强构件质量的一致性,在跨线施工、维持交通保通以及复杂环境情况中体现出明显优势。本文以装配式公路桥梁施工的全过程为核心,系统梳理装配式公路桥梁施工技术,深入探讨结构稳定性提升路径,还结合实际工程案例对技术应用的效果加以验证。

[关键词] 装配式; 公路桥梁施工技术; 结构稳定性

中图分类号: TV52 文献标识码: A

Research on Construction Technology of Prefabricated Highway Bridges and Improvement Paths of Structural Stability

Huiqin Xing Tiantian Fan

Transportation Bureau of Kizilsu Kirgiz Autonomous Prefecture

[Abstract] Prefabricated highway bridge construction is characterized by factory production of components and on-site rapid assembly, representing the primary technical approach for industrialized, standardized, and high-quality development in bridge construction. This method demonstrates significant advantages in cross-line construction, traffic maintenance, and complex environmental conditions by reducing on-site wet work, shortening construction cycles, and enhancing component quality consistency. Focusing on the entire construction process, this paper systematically reviews prefabricated bridge construction technologies, explores structural stability enhancement strategies, and validates their effectiveness through real-world engineering case studies.

[Key words] Prefabricated; Highway Bridge Construction Technology; Structural Stability

引言

在交通基础设施向工业化转型的背景下,以构件工厂化预制、现场装配化安装和施工过程高度组织化为核心特征的装配式公路桥梁施工,逐步成为公路桥梁建设的核心技术体系,装配节点连接的性能、吊装及支撑体系的刚度、构件姿态与线形控制的精度和施工顺序造成的内力重构,皆直接关乎结构在施工期和成桥阶段的稳定状态,应当从施工技术与结构力学协同角度系统归纳关键施工技术特征,查明施工阶段稳定性的演变机理,构建有针对性的稳定性增强路径。

1 装配式公路桥梁关键施工技术

1.1 预制梁板与墩柱施工技术

预制梁板施工应采用固定台座集中预制的模式,严格落实钢筋下料、绑扎与定位管控,依靠模板模块化组合让梁板截面尺寸和线形达到一致,混凝土进行浇筑时应配合采用分层振捣与养护的制度,防止早期收缩裂缝影响后续梁板的吊装性能;完成

预制工序后,采用编号管控与成品防护措施,做到构件快速辨别与精准调配。墩柱施工最好先采用整柱或分节段的预制方案,依照运输与吊装条件,科学划分节段长度,通过钢筋笼整体制作、模板系统重复利用和标准化混凝土施工流程,提高墩柱外观质量以及轴线精度,结合图1预制梁板以及墩柱的施工流程,预制阶段要将钢筋加工、模板安装、混凝土施工和养护工序进行流水化统筹,使梁板及墩柱生产节奏与现场安装需求相协调。

1.2 吊装与临时支撑体系施工技术

吊装作业开始前应按照预制梁板与墩柱的重量、重心位置和吊点形式,共同设计专用吊具与连接构造,采取多点起吊和同步控制模式,防止因构件受力不均产生扭转或局部损伤;在吊装过程中应严格约束起升速度与回转幅度,依靠临时导向装置辅助构件平稳安装。临时支撑体系适宜采用装配式钢支架与可调支撑构件组合布置,其构造形式需与构件几何特征以及施工顺

序相匹配,做到支撑点位置精准、受力路径清晰,结合图2中的吊装构造,支撑体系借助螺栓连接、限位构件和调平装置达成快速安装与精准调整,待梁板就位后及时搭建出稳定的临时受力体系^[1]。

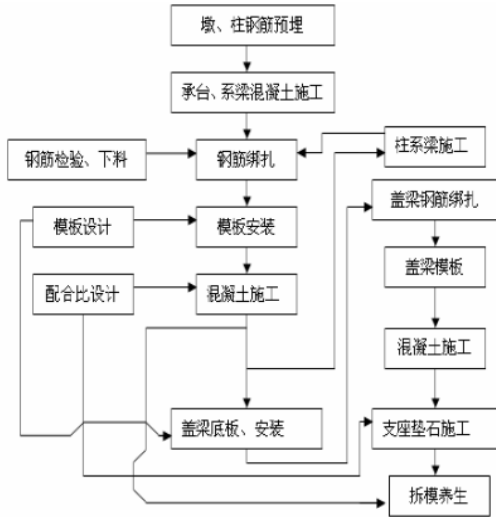


图1 预制梁板与墩柱施工流程

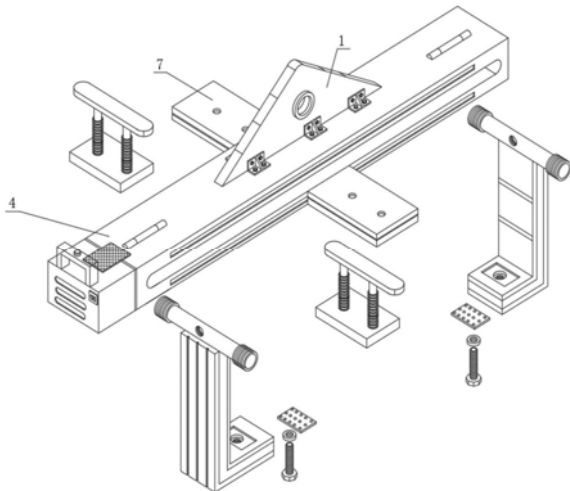


图2 吊装构造

1.3 装配节点连接施工技术

节点施工之前要依据构件类型统一连接形式与构造尺寸,优先采用工厂预制连接构件与现场装配相融合的方式,力求使节点加工精度和互换性达到要求,结合图3 H型钢柱现场对接构造,上下节段钢柱宜采用连接耳板和双夹板进行临时定位,凭借普通螺栓完成初步的固定操作,使构件在未形成最终连接之前就可以具备稳定的空间约束状态。安装阶段应先将构件轴线与标高调整好,接着逐步将螺栓拧紧,要保证节点间隙均匀以及受力对称,应在构件姿态稳定后安排焊接垫板和现场焊接工序实施,采用分道焊接与对称作业的方式,降低焊接变形对节点精度产生的影响,节点连接施工的时候需明确“先定位、后锁定、再强化”的操作顺序,避免构件连接期间出现二次偏移^[2]。

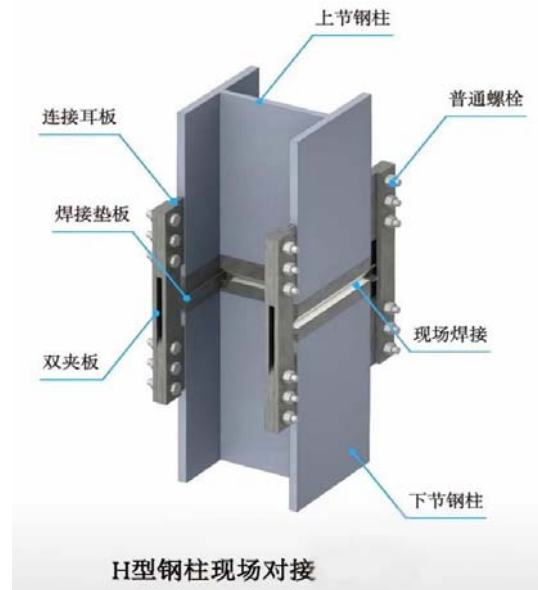


图3 H型钢柱现场对接构造

2 装配式公路桥梁结构稳定性提升路径

2.1 装配节点受力传递连续化提升

施工过程宜优先采用构造形式统一、受力路径明晰的节点处理方案,在构件预制阶段预先将连接构造整合起来,让节点在装配完成后能迅速构建起连续的受力体系,处于现场装配作业阶段时,需严格把控节点拼接的顺序,先做好临时定位,随后建立初始受力,再依次实施最终连接,防止节点在未形成完整约束情形下承受集中内力。就梁段与墩柱的连接之处而言,需采用多点连接与对称布置的方式,保证轴力、弯矩和剪力在节点处平顺地传导,施工的时候应借助分级紧固螺栓和分段焊接工序,引导节点受力稳步过渡,防止一次性锁定所引发的内力集中^[3]。

2.2 施工阶段临时支撑体系刚度强化

临时支撑布置应依照构件重量、跨度和安装顺序开展针对性设置,应优先在关键受力处布置主支撑,并借助横向与纵向的联系构件打造整体工作体系,杜绝单根支撑独立承受外力,支撑构件宜选用装配式钢支架和可调支撑组合起来的方式,凭借调节长度与锁定装置让支撑初始刚度快速形成。施工的时候,构件就位后要尽快完成支撑锁定,保证吊装卸载时结构不会出现明显位移,为增大体系整体刚度,需合理规划支撑间距与连接节点,采用增加斜向支撑的数量或加强连接件的方式,减轻支撑变形对构件姿态的不利影响,临时支撑体系应随施工进度进行动态调整,在梁段依次装配且节点连接结束后,按照受力演变态势逐级加大力度或调整支撑布局,避免在提前拆除或刚度不足的情况下引发受力突变^[4]。

2.3 关键构件姿态偏差实时校正提升

施工前要明确梁板、墩柱等关键构件的姿态控制指标,将轴线偏位、标高差与倾斜角度列为重点校正对象,且预先在安装的位置布设可调校正装置,为实时调整提供操作空间,构件吊装布置就位后,需在临时支撑体系参与承载时即刻开展姿态复核,凭

借调平垫块、可调支撑或者顶推装置开展细微调节,让构件在初始受力阶段就处于恰当位置。施工过程中应将姿态校正与节点连接工序紧密联系起来,一次校正结束后马上实施临时锁定,防止后续操作引起二次偏移,若构件跨度大或者受力敏感,应在相邻构件安装阶段一直进行复测,依照偏差变化及时对支撑参数进行调整,实现姿态的动态管理。

2.4 施工顺序受力重构稳定性提升

施工组织当中要按照“先形成稳定体系、再完善整体结构”的原则去安排装配顺序,优先对整体稳定性起控制作用的构件安装好,让结构在早期就能形成基本的受力骨架,梁段安装宜采用对称、分步推进的手段,通过均衡排布荷载和约束条件,减少施工实施期间产生的偏心受力。节点连接施工应与构件安装顺序相契合,关键节点完成临时锁定后,再推进相邻构件的装配事宜,防止受力体系反复切换,在施工开展期间,应结合临时支撑的参与情形,合理安排支撑卸载顺序,使荷载逐渐过渡到永久结构,防止一次性卸载导致结构变形急剧上升^[5]。

3 案例分析

某省干线公路改扩建项目中建设一座装配式连续梁公路桥,这座桥全长186米,上部结构采用的是预制装配式箱梁,下部结构采用预制墩柱与现浇承台的组合体系,单跨可实现的最大跨径为42m,工程建在既有交通繁忙路段的上方位置,施工的时间窗口窄,对结构施工阶段的稳定性控制和线形把控要求较高。项目起步阶段采用常规装配施工组织手段,存在装配节点受力转变突兀、临时支撑刚度欠佳、梁段安装偏差累积起来等问题,施工安全隐患大,质量控制压力大,项目于中后期引入一套系统性的装配式公路桥梁施工技术优化方案,对施工流程与稳定性控制途径进行有针对性的优化。

在施工实际推进阶段,项目以实现“施工阶段结构稳定可控”为目标,对关键工序实施系统优化。在预制梁板与墩柱施工这一阶段,使构件尺寸模数与连接构造形式达成一致,将工厂预制精度控制往前移,降低现场装配调整工作的量;在吊装与临时支撑体系施工的阶段,对原有的单排支撑方式做优化处理,选用装配式钢支架同横向、斜向联系构件组成空间支撑体系,极大提升施工阶段的总体刚度。

在装配节点连接施工阶段,改变节点施工的先后顺序,先完成构件定位及临时锁定事宜,再开展分级螺栓紧固以及分段焊接,让节点受力逐步形成,防止内力聚集,基于线形控制与安装精度考量,在梁段与墩柱的关键位置布置实时测量点,与可调支撑装置结合进行动态调校,杜绝偏差日益累积。

实施上述施工技术与稳定性提升策略,项目在施工安全性、结构稳定性和施工效率等方面均取得改善,表1为技术应用前后成效对比。

表1 技术应用前后成效对比

指标类别	技术应用前	技术应用后
梁段安装最大线形偏差/mm	18.6	6.2
墩柱垂直度偏差/%	3.5	1.1
施工阶段临时支撑最大变形/mm	14.8	5.3
装配节点一次成型合格率/%	82	97
吊装作业平均耗时/min·件	48	32
施工阶段结构稳定性风险事件/次	3	0
单跨施工工期缩短比例/%	—	21

4 结束语

综上所述,在公路桥梁建设向装配化发展的背景下,装配式公路桥梁施工阶段受力体系复杂、结构稳定性控制难度大的问题日益凸显,对施工技术与稳定性协同提升提出更高要求。围绕预制梁板与墩柱施工、吊装与临时支撑体系、装配节点连接、线形与精度控制等关键环节,优化施工组织,强化临时支撑刚度,引导装配节点受力连续化,实施构件姿态动态校正,合理安排施工顺序,能够实现施工阶段受力的有序重构。工程案例验证表明,上述技术路径能够有效改善施工阶段结构受力状态,提升装配精度,为装配式公路桥梁安全高效建造提供可推广的技术参考。

[参考文献]

- [1]钟荣花.装配式混凝土梁桥横向加固改造要点探析[J].交通世界,2025,(Z2):193-195.
- [2]李顺兵.一体化架桥机在山区高速公路装配式桥梁中的应用[J].运输经理世界,2025,(04):109-111.
- [3]《中国公路学报》编辑部.中国桥梁工程学术研究综述·2024[J].中国公路学报,2024,37(12):1-160.
- [4]罗小雄.装配式混凝土防撞护栏在公路工程中的应用[J].交通世界,2024,(36):81-83.
- [5]李金龙,王欣南,刘东升,等.BIM技术在公路装配式桥梁方案中的应用研究[J].中外公路,2025,45(01):212-218.

作者简介:

邢惠琴(1984--),女,汉族,河南鄢陵人,大学本科,工程师,主要研究方向:公路工程质量监督。

范甜甜(1989--),女,汉族,江苏沭阳人,大学本科,工程师,主要研究方向:公路工程质量监督。