

# 装配式预应力混凝土梁桥预制节段拼接技术探讨

和永平

云南交通建设工程监理有限公司 云南昆明 650021

DOI:10.32629/ems.v8i6.20523

**[摘要]** 装配式预应力混凝土梁桥具有施工简便、结构稳定、使用寿命长等特点,在桥梁工程中得到广泛的应用,预制节段拼接技术是装配式预应力混凝土梁桥施工的核心技术,对工程质量、施工效率和结构耐久性起着决定性的作用。本文从装配式预应力混凝土梁桥工程应用的实际出发,确定装配式预应力混凝土的基本含义,论述预制节段拼接技术的主要意义,主要对节段预制过程中模板体系、混凝土浇筑、预应力孔道定位和养护等关键技术进行详细分析,为装配式预应力混凝土梁桥预制节段拼接施工提供技术支持,促进装配式预应力混凝土梁桥预制节段拼接施工规范化、合理化的发展。

**[关键词]** 装配式预应力混凝土; 梁桥; 预制节段; 拼接技术

桥梁工程高效化、标准化发展促使装配式施工在预应力混凝土梁桥上得到广泛的应用。预制节段拼接技术属于装配式预应力混凝土梁桥的主要支持方式,依靠工厂统一预制和现场精确连接的方式,达到施工流程集约化、构件质量精准控制的效果。该技术既考虑结构可靠度又考虑施工方便,可适配各种桥梁施工,依靠规范施工程序和技术控制来保证桥梁结构的长期稳定性和耐久性,促进装配式桥梁建设更高效、更优质。

## 一、装配式预应力混凝土的概述

装配式预应力混凝土是以预应力技术为基础,并且将装配式施工理念融入其中的一种新型混凝土结构形式,其本质就是将工厂预制的混凝土构件运到施工现场后再进行拼装,然后施加预应力,从而形成一个整体受力的结构<sup>[1]</sup>。它具有预应力混凝土高强、抗裂和装配式施工高效、标准化的特点,可以减少现场的作业量,达到构件生产精准化的程度。该结构体系重视构件的总体性以及协同受力,在布置预应力筋的同时改善结构的内力分布,加强结构的刚度和耐久性,适应桥梁工程对于结构性能和施工效率的双重要求,是装配式预应力混凝土梁桥建设的基础和主要依托。

## 二、节段拼接技术作为装配式桥梁核心工艺的价值

### (一) 提升预制节段生产质量与精度控制水平

提高预制节段的生产质量以及精度控制水平,这是节段拼接技术作为装配式桥梁主要工艺的前提条件<sup>[2]</sup>。该技术依靠工厂化标准化生产的模式,把预制节段的生产过程从繁杂的现场移入可控的厂房当中,很好地克服了现场环境、天气状况等影响构件质量的因素。厂房内可以搭建高精度模板体系,用专业的测量控制设备来控制节段尺寸、外观、预留孔道的位置等各方面的参数,保证每一段预制构件的规格统一、质量均匀。同时工厂化生产可以建立起完善的质量检验程序,对混凝土浇筑、预应力预埋等各个环节实施全方位把控,从源头上削减质量隐患,给之后的现场拼接营造良好的作业环境,从而改善整座桥梁工程的质量稳定情况。

### (二) 缩短现场施工周期,降低现场作业风险

缩短施工现场的施工时间、减少现场施工中安全事故发生的概率,就是节段拼接技术的明显优势。相比传统的现场浇筑施工来说,本技术把大部分繁琐的构件生产任务放在工厂里同时开展,现场只负责节段运输、拼装和预应力施加这些主要工序,从而大大削减了现场作业的工作量以及作业时间,进而明显缩减了整个施工周期。对于跨线、跨河桥梁来说,大大缩减了在既有交通、水利设施上进行施工的时长,并且削减了施工造成的干扰。现场作业环节简化后,高空作业、露天作业次数减少,施工人员安全风险降低;工厂化生

产方式也消除现场材料堆放、搅拌环节存在的安全隐患,依靠规范的作业流程、管控手段,保证现场施工安全,推进工程施工进度。

### (三) 优化结构受力性能,增强桥梁耐久性

提高结构受力性能、增加桥梁耐久性,这是采用节段拼接技术保证桥梁长期稳定的最主要目的<sup>[3]</sup>。采用节段拼接技术将预制好的节段准确对接,后加预应力的方式,使各个节段形成一个紧密接续、共同受力的整体结构,改善桥梁结构内力分布状况,减小局部应力集中现象的发生几率,提高桥梁整体刚度和抗裂性。拼接时所用到的密封、连接工艺,可以防止水分、杂质等有害物质进入构件之间缝隙。优质的密封材料可以很好地隔绝腐蚀介质,防止预应力钢束生锈,从而提高结构的安全性。同时工厂预制的构件质量更好,抗渗性、抗冻性更好,配合合理设置预应力,使桥梁使用寿命大大延长,对复杂环境的耐久性、可靠性更高。

### (四) 适配规模化建造,提升工程综合效益

契合规模化建造,加强工程综合效益,这是节段拼接技术契合行业发展趋势的重要之处。随着桥梁工程建设规模的不断扩大,规模化、集约化建造成为行业发展的必然要求,节段拼接技术依靠工厂标准化生产的优势,可以实现预制节段的批量生产,大幅度提高构件生产效率,满足大规模桥梁工程的建设需求。该技术减少现场施工人力、物力投入,降低施工现场使用材料、能源等的消耗,可以对工程建设项目成本起到较好的控制作用。批量生产能削减构件的生产成本,产生规模效益,从而改善工程经济效果。另外施工周期的缩短可以减少周边交通、环境的影响,实现工程建设与环境、交通协调发展,提高工程经济效益、社会效益、环境效益。

## 三、装配式预应力混凝土梁桥节段预制技术分析探讨

### (一) 节段预制模板体系与精度控制要点

装配式预应力混凝土梁桥节段预制施工中,模板体系的可靠性、精度控制属于保障施工质量的第一道工序,直接影响到节段预制是否达标,后续拼接施工能否顺利进行<sup>[4]</sup>。考

虑到节段预制的高精度要求,模板体系应该优先选用定制化钢模板,定制化钢模板强度大、刚度好、能抵抗混凝土浇筑时的侧压力,而且表面平整度好、周转次数多、拆卸方便,可以大幅度减少节段表面的蜂窝、麻面、错台等外观缺陷。模板拼接处用高强度密封胶嵌缝,接缝严密不漏浆,并配置满堂支撑和对拉螺杆来保证模板整体稳定,防止浇筑过程中模板变形、移位。精度控制要贯穿模板设计、加工、安装全过程,设计阶段根据梁体曲率、节段尺寸参数精确计算模板弧度和预留变形量;加工阶段严格控制模板拼接缝平整度、垂直度,偏差不大于2mm;安装阶段用全站仪精确定位、水平仪找平,重点控制节段轴线偏差、断面尺寸和预埋件位置,每完成一块模板安装都要进行复核验收,合格后才能进入下一工序,定期对模板进行检修校正,保证长期使用的精度稳定,为节段精准拼接打下基础。

### (二) 节段混凝土配合比设计与浇筑工艺控制

节段混凝土是梁桥结构主要受力材料,节段混凝土强度、耐久性和工作性能影响梁桥承载能力和使用寿命,因此要根据工程实际工况来优化混凝土配合比设计和控制浇筑工艺。配合比设计既要考虑强度的要求,也要考虑施工的可行性,选择高强度等级的水泥、级配良好的优质骨料和高效减水剂,减少水泥用量来降低水化热的产生,防止混凝土出现收缩裂缝,掺入粉煤灰、矿渣粉等矿物掺合料来改善混凝土的和易性和密实度,保证混凝土的设计强度等级不低于C50,弹性模量符合设计要求。浇筑工艺应按分层浇筑、连续作业、振捣密实的原则进行,浇筑前对模板、钢筋、预应力孔道进行全面检查,清除杂物,洒水湿润模板内壁。浇筑采用分层布料方式,每层厚度不大于30cm,用插入式振捣器振捣,振捣到混凝土表面泛浆、无气泡溢出为止,不得漏振、过振。在浇筑过程中对混凝土的坍落度进行实时监测,并根据现场情况进行调整施工参数,浇筑完成后立即进行表面抹平、压光处理,减少表面收缩裂缝,保证混凝土强度均匀、外观平整,满足节段预制的各项质量要求。

### (三) 预应力孔道定位与预埋构件布设要求

预应力孔道的准确位置、预埋构件的规范布置,是保证预应力施工质量、保证梁桥结构受力合理的重要技术环节,必须严格依照设计图纸和规范要求实施各项管控措施。预应力孔道采用抗腐蚀性强、刚度大的金属波纹管,布设时根据梁体受力情况精确控制孔道的平面位置、竖向高程和孔道间距,用间距不大于1m的定位钢筋架固定波纹管,防止混凝土浇筑时孔道移位、变形,保证孔道轴线偏差在5mm之内。孔道接口处用专用套管连接,接口处缠绕密封胶带密封严密,防止混凝土浆液渗入堵塞孔道,在孔道两端设密封堵头,保证孔道内部清洁。预埋构件有预应力锚垫板、支座预埋钢板、剪力键等,布置前需要逐个核对构件型号、尺寸和安装位置,锚垫板要垂直于孔道轴线,倾斜偏差不大于 $2^{\circ}$ ,固定牢固;支座预埋钢板要水平放置,表面平整度、高程偏差控制在3mm以内;剪力键按设计间距均匀设置,保证与混凝土紧密结合,提高节段拼接抗剪能力。预埋件布置完毕之后,应进行全部的复核工作,只有验收合格才能继续进行混凝土浇筑工作,防止预埋件的偏差对后续施工造成影响。

### (四) 节段养护制度与强度质量控制措施

混凝土节段浇筑完毕之后,合理采取养护措施,并且严格控制强度和品质,这是防止混凝土出现裂缝现象,保证其能达到设计强度和耐久性的关键保障,要根据现场环境温度和湿度状况来制订相应的养护以及质量控制计划。养护工作遵照“保湿、恒温、长效”准则,混凝土浇筑完毕12小时以内,用土工布或者塑料薄膜覆盖节段表面,阻止表面水分迅速消失形成收缩裂缝。高温天气要增大洒水频次,保证混凝土表面始终保持湿润状态,低温天气应设法保暖覆盖,防止混凝土冻坏而受损,养护期限不得少于14天。养护期间对混凝土表面及内部温度进行定时观测,保证温差小于 $25^{\circ}\text{C}$ ,防止温差太大造成温度裂缝。强度质量控制分阶段实施,浇筑过程中按规范要求制作混凝土试块,同节段同条件养护,分别在7天和28天做强度检测,保证7天强度达到设计强度的

75%以上,28天强度达到设计强度的100%。对节段混凝土外观进行全面检查,主要查找表面裂缝、蜂窝、麻面等缺陷,对查出的缺陷及时用专用材料修补,保证每一段质量满足设计和规范要求,为后续节段拼接和梁桥整体受力提供可靠的保障。

### 结束语:

装配式预应力混凝土梁桥预制节段拼接技术是提高桥梁工程高效优质建造的重要保证,它包含的节段预制、精准拼接等重要部分要依靠规范的技术控制和科学的施工流程来发挥出它的优势。本文就该技术的主要价值及节段预制的关键点做了全面的分析,整理出施工过程中的重点控制要点,能够给现场施工提供可行的技术支持。随着桥梁工程技术的不断进步,预制节段拼接技术会越来越完善,未来应该结合智能化、绿色化的发展理念,使预制节段拼接技术朝着更高效、更精准、更环保的方向发展,给桥梁工程高质量建设提供新的动力。

### [参考文献]

- [1]刘川.装配式后张法预应力混凝土组合梁桥施工技术研究[J].交通世界,2024,(27):160-162. DOI:10.16248/j.cnki.11-3723/u.2024.27.002.
- [2]付艳艳,徐颜卓.预制装配式预应力混凝土简支T梁桥截面设计[C]//北京力学会.北京力学会第二十八届学术年会论文集(下).中国矿业大学(北京);2022:307-311. DOI:10.26914/c.cnkihy.2022.001628.
- [3]党朝辉.部分预制装配式预应力型钢混凝土梁受弯性能试验研究[D].西安建筑科技大学,2020. DOI:10.27393/d.cnki.gxazu.2020.002010.
- [4]罗小勇,周凌宇,余志武.预制装配式预应力钢桁-混凝土组合梁桥的应用研究[J].公路,2002,(07):75-78.

作者简介:和永平(1989年11月20日),男,纳西族,云南丽江人,本科,工程师,主要从事道路、桥梁、隧道等工作。