

桥梁施工中的预制工字梁施工技术

王傲

山东省路桥集团有限公司

DOI:10.32629/etd.v7i2.18925

[摘要] 预制工字梁技术凭借标准化程度高、质量易控、施工效率突出等优势,已成为现代桥梁建设的主流选择之一。该技术的核心在于实现工厂预制与现场装配的高效衔接,既能显著提升工程质量稳定性,又能大幅压缩工期,对增强桥梁结构可靠性意义重大。本文重点探讨梁场合理规划、钢筋精准绑扎、预应力孔道定位、模板系统安装、高性能混凝土浇筑养护、预应力张拉及孔道压浆控制等核心环节。

[关键词] 预制工字梁; 预应力施工; 精细化施工

中图分类号: U445.4 **文献标识码:** A

Prefabricated I-beam Construction Technology in Bridge Construction

Jing Wang

SHANDONG LUQIAO GROUP CO., LTD.

[Abstract] Prefabricated I-beam technology, with its advantages of high standardization, easy quality control, and outstanding construction efficiency, has become one of the mainstream options in modern bridge construction. The core of this technology lies in achieving efficient coordination between factory prefabrication and on-site assembly, which not only significantly enhances the stability of engineering quality but also substantially reduces construction timelines, playing a crucial role in improving the reliability of bridge structures. This paper focuses on key aspects such as the rational planning of beam yards, precise reinforcement binding, prestressed duct positioning, formwork system installation, high-performance concrete pouring and curing, prestressed tensioning, and duct grouting control.

[Key words] Prefabricated I-beam; Prestressed construction; Precision construction

引言

工业化建造已成为桥梁工程行业发展的必然趋势,预制装配式结构凭借其独特优势,正逐步替代部分传统现浇施工模式。工字梁作为中小跨径桥梁上部结构的常用形式,其预制施工技术的成熟度,直接关乎工程整体质量、建设周期与投资成本。传统现场浇筑施工受气候、场地等环境因素制约明显,质量控制难度大、波动范围广。基于此,本文结合某工程案例,聚焦预制工字梁施工的核心工艺环节,深入剖析技术本质与现场管理要点,为同类工程施工提供参考。

1 工程概况

某工程项目线路全长55.786km,项目按照双线电气化标轨铁路标准建设,设计时速200km,总投资约2.47亿美元,总工期33个月。工程内容涵盖铁路路基、桥梁、平交道口改造、站房及铺轨等。项目沿线桥梁占比高,工期紧,质量要求严苛。为应对挑战,项目广泛采用预制工字梁技术,在专用场地集中生产标准梁段,后运至桥位进行架设。此模式充分发挥工厂化作业优势,

有效规避野外现场浇筑的不利气候影响,为项目优质高效推进奠定坚实基础。

2 桥梁施工中的预制工字梁施工技术

2.1 预制梁场规划与建设

梁场规划是预制施工的先决条件,其科学性直接决定生产效率及梁体质量。规划需综合考量制梁规模、用地形状、物流路径及环保要求。首先根据总体施工组织设计确定梁场产能与存梁规模,进而进行功能区划。通常划分出制梁区、存梁区、钢筋加工区、混凝土拌和区及办公生活区。各区布置遵循工艺流程顺畅原则,减少物料二次搬运^[1]。制梁台座基础必须经过严谨的地基处理与承载力计算,确保在反复荷载下不发生沉降变形。台座顶面平整度要求极高,常设置反拱以抵消预应力引起的上挠。场内运输通道需硬化处理,满足大型运梁车通行需求。同时,规划需融入绿色施工理念,设置完善的排水系统、废水沉淀池及粉尘控制措施,将生产活动对环境的影响降至最低。

2.2 钢筋工程

钢筋工程是梁体结构的骨架,其加工与安装精度关乎结构安全。所有钢筋进场后须经严格检验,确保力学性能与规格符合设计要求。钢筋加工在专用车间采用数控设备进行,确保下料尺寸精准、弯折角度标准。半成品分类标识存放^[2]。钢筋绑扎通常在专用绑扎胎具上完成,胎具依据设计图纸精准放样定位。工人按序将主筋、分布筋、箍筋等就位,采用扎丝或点焊方式固定(如图1所示)。绑扎过程重点控制钢筋间距、保护层厚度及预埋筋位置。尤其注意预应力锚垫板下螺旋筋等加强钢筋的安装质量,该区域受力复杂,钢筋配置必须准确无误。整体骨架要求稳固、整齐,经监理验收合格后方可吊装入模。



图1 钢筋绑扎胎具施工示意

2.3 预应力孔道与预埋件安装定位

预应力孔道与各类预埋件的精准定位是保证预应力体系有效传力和桥梁使用功能的关键。预应力孔道多采用金属波纹管或塑料波纹管成孔。安装时,依据设计坐标在钢筋骨架上焊接定位钢筋网,间距通常不大于0.5m,曲线段适当加密。波纹管穿入定位网并固定,确保管道线形圆顺、位置准确,特别是锚垫板处必须与孔道中心线垂直。所有接头用专用接头管密封缠紧,防止漏浆^[3]。同时,需同步安装泄水管、支座预埋钢板、防撞护栏预埋筋、通信电缆槽预埋件等。每项预埋件均需核对型号、数量与位置,采用可靠措施与主筋焊接或与模板连接固定,防止在混凝土浇筑过程中发生移位或上浮。

2.4 模板工程

模板是赋予梁体外形尺寸的模具,其质量决定梁体外观与几何精度。预制工字梁模板通常采用大型整体钢模,具有强度高、刚度大、不易变形、周转次数多等特点。模板设计需考虑混凝土侧压力、浇筑冲击力及脱模便利性。面板平整度、拼缝严密性是控制重点。安装前彻底清理并涂刷优质脱模剂^[4]。模板吊装就位后,通过底部对拉螺杆与顶部拉杆与台座紧固连接,确保接缝严密不漏浆。利用全站仪校核模板轴线、高程及断面尺寸,调整模板上的微调装置直至完全符合设计要求。其关键工序与质量控制要点如表1所示。浇筑过程中安排专人巡查,防止模板变形或漏浆。脱模时间依据混凝土强度发展确定,拆除时遵循先支后拆、后支先拆顺序,避免损伤梁体棱角。

表1 模板安装与校核关键工序

阶段	主要操作内容	控制要点
安装紧固	吊装就位,使用底部对拉螺杆与顶部拉杆与台座紧固	确保接缝严密,无松动,防止漏浆
测量校核	利用全站仪对模板轴线、高程、断面尺寸进行测量	数据需完全符合设计要求
精度调整	通过模板上的微调装置进行精细调整	直至各项偏差控制在允许范围内
过程监控	浇筑过程中安排专人持续巡查	实时监测模板稳定性,防止变形或漏浆

2.5 混凝土工程

混凝土工程是形成梁体实体的核心环节,其性能直接影响结构强度与耐久性。配合比设计需满足设计强度、弹性模量、工作性及耐久性要求,常采用低水胶比、高流动性混凝土。搅拌采用强制式拌和站集中生产,确保计量准确、拌和均匀。运输过程中防止离析与坍落度损失。浇筑采用泵送或吊罐入模,按“纵向分段、水平分层、斜向推进”顺序进行,从梁体一端向另一端连续浇筑。振捣以插入式振捣器为主,附着式振捣器为辅,重点加强锚垫板后、预应力齿板等钢筋密集区域的振捣,确保密实无空洞。浇筑完毕及时整平收面。养护采用自动喷淋系统与土工布覆盖相结合的方式,保证混凝土表面持续处于湿润状态,养护时间不少于14天,以充分发展强度并防止早期开裂。

2.6 预应力施工

预应力施工是赋予梁体承载能力与抗裂性能的核心工序。待梁体混凝土强度达到设计规定值且弹性模量满足要求后,方可进行张拉。张拉设备须配套标定,并定期校验。张拉前清除孔道内杂物,安装工作锚具及夹片^[5]。张拉程序严格按照设计要求的顺序进行,采用张拉力与伸长值双控,以张拉力为主,实测伸长值与理论伸长值偏差控制在±6%以内。张拉过程保持两端同步、缓慢平稳,记录每级油压对应的伸长值。对于曲线束或长束,需关注孔道摩擦损失,必要时进行测试。张拉完成后,检查有无滑丝、断丝现象,确认合格后方可进行下一工序。

2.7 孔道压浆与封锚

孔道压浆旨在保护预应力筋免受腐蚀,并确保预应力有效传递至混凝土结构。张拉完成后尽早进行,一般不超过48小时。压浆采用专用真空压浆机及高性能灌浆材料。浆体流动性、泌水率、膨胀率等指标须经试验验证。压浆前先用高压水清洗孔道,并用压缩空气吹除积水。采用真空辅助工艺,先在孔道一端用真空泵抽吸至规定负压,另一端泵入浆体,待出口流出稠度一致的原浆后封闭出浆口,保持不小于0.5MPa的压力持压3~5min,确保孔道完全填充密实。压浆后立即清洗锚具及梁端混凝土,并浇筑封锚混凝土。封锚混凝土强度等级不低于梁体,浇筑前对锚具做防锈处理,浇筑时仔细振捣,保证与梁端结合紧密,完成后按要求进行养护。

3 预制工字梁施工注意事项

3.1 控制预应力张拉时间

预应力张拉时机选择至关重要,必须严格遵守设计规定。张拉过早,混凝土强度与弹性模量不足,在高应力作用下可能产生

压缩裂缝,甚至造成结构损伤,同时导致过大的预应力损失。张拉过晚,则可能因混凝土收缩徐变已部分发展,而无法有效建立设计要求的预应力值,影响梁体抗裂性与反拱度。因此,施工现场需建立完善的同条件养护试块强度与弹性模量跟踪测试制度。张拉决策不应仅凭经验或固定天数,而必须依据实测数据。当试块强度与弹性模量双双达到设计要求时,方可进行张拉作业。对于大跨度或特殊配筋梁,还需考虑梁体上下缘温差、整体温度变形的影响,宜选择在一天中温度较低且稳定的时段进行,以减少温度应力干扰。张拉完成后,需及时核查梁体起拱值,与理论计算值对比分析,验证预应力施加效果,并为后续施工提供反馈。

3.2 重视后张梁孔道压浆

孔道压浆质量是保证预应力体系耐久性的生命线。浆体不密实、存在空洞或泌水,会导致预应力筋直接暴露在空气中,发生电化学腐蚀,严重威胁结构安全,此类隐患往往具有隐蔽性与滞后性。必须彻底摒弃“重张拉、轻压浆”的观念。施工中,首先确保浆体材料性能优异,推荐采用低水胶比、微膨胀、高流动性的专用压浆料或灌浆剂。其次,优先采用真空辅助压浆工艺,该工艺能有效排除孔道内空气与多余水分,形成连续致密的浆体保护层。压浆过程需详细记录压浆压力、稳压时间、进出浆稠度等参数。对于曲线孔道的最高点或长束的中部,可考虑设置排气孔或观察孔。压浆饱满度的无损检测技术,如冲击回波法、雷达波法等,可作为重要的辅助验证手段。此外,锚具区域的封锚必须严密,防止水分从端部侵入。将孔道压浆作为一道关键工序进行独立验收,并探索引入压浆质量终身可追溯的记录系统,

从根本上杜绝质量隐患。

4 结束语

预制工字梁施工技术是桥梁工业化建造的重要支撑,其施工质量的控制依赖于从梁场规划、钢筋模板安装、混凝土浇筑养护到预应力体系施工的全链条精细化、标准化管理。此工程项目的实践经验表明,只有将严谨的工艺控制、先进的施工设备与科学的组织管理有机融合,才能充分发挥预制技术的优势,打造出内实外美、尺寸精准、受力可靠的梁体结构。未来,随着智能传感、BIM技术与自动化装备的深度融合,预制工字梁施工技术将朝着更智能、高效、绿色的方向发展。

[参考文献]

- [1]董晓.桥梁工程施工中预制T形梁施工技术研究[J].交通世界,2024(14):137-139.
- [2]柴军锋.桥梁工程施工中预制T形梁施工技术分析[J].四川建材,2023,49(09):191-193.
- [3]周志富.预制T梁施工技术在桥梁施工中的应用[J].运输经理世界,2023(11):83-85.
- [4]倪宏涛,周远海,黄文龙,等.大跨度预制工字梁吊装施工技术[J].中国电力企业管理,2022(33):92-93.
- [5]赵健生.桥梁工程施工中预制T形梁施工技术[J].交通世界,2022(21):39-41.

作者简介:

王傲(1999—),男,汉族,云南省红河州人,本科,助理工程师,研究方向: 土建施工。