

预制装配式桥墩施工技术优化与质量控制研究

杨礼丰

(廊坊市广阳区公路管理站,河北省廊坊市,065000)

摘要 为确保预制装配式桥墩的施工质量,本文结合工程实例,从墩柱预制、盖梁预制、墩柱吊装、墩柱接口浇筑、盖梁吊装和缝隙处理等方面对预制装配式桥墩施工技术要点进行了总结和分析。实践结果表明:科学有效的施工技术有效确保了该桥梁预制装配式桥墩的顺利实施,施工质量验收合格,值得在以后类似项目中推广和应用。

关键词 预制;装配式;桥墩;施工

中图分类号:U445.4 文献标识码:B

文章编号:1008-0899(2025)10-0074-03

随着我国交通基础设施建设的快速发展,装配式施工技术因其高效、环保、质量可控等优势,在桥梁工程中得到了广泛应用^[1]。装配式桥墩作为桥梁下部结构的关键组成部分,其预制及安装质量直接影响整体结构的安全性、耐久性和抗震性能。然而,由于预制构件精度要求高、现场安装工艺复杂,施工过程中易出现节点连接不牢、垂直度偏差、接缝渗漏等问题^[2]。因此,严格控制预制生产流程、优化吊装工艺、规范节点连接技术,是实现装配式桥墩高效施工的核心。

1 工程概况

某高速公路改扩建工程第2合同段起讫桩号为K402+000-K434.41,路段长32.41km,其中,旧路两侧拼宽段和单侧分离加宽段分别长21.364km和11.046km。位于分离式右线新建段的桥梁上部按照装配式预应力混凝土箱梁设计,下部为柱式墩。桥梁设计宽度为20.5m。该桥梁1#~17#墩和19#~26#墩全部为装配式墩柱,其余桥墩为现浇墩柱。其中,17#装配式墩柱主要设置单桩基础,桩径按照1.6m确定;桩基础和承台分别通过C30和C40混凝土浇筑,承台外部裹覆镀锌钢波纹管。

2 预制装配式桥墩施工要点

2.1 墩柱预制

作者简介:杨礼丰(1979~),男,河北廊坊人,本科,工程师,研究方向:道路桥梁施工。

首先,施工前应对模具进行严格校核,确保尺寸精确,表面光滑,拼缝紧密。钢模应具有足够刚度,能够承受混凝土浇筑时的侧压力,避免变形和漏浆现象。钢筋应采用工厂化成型和焊接工艺,尺寸、位置及锚固长度要严格按照设计控制,确保钢筋笼稳定并设有定位垫块,以保障保护层厚度。对于采用灌浆连接的装配式墩柱,应在预制时准确预留波纹管、套筒等连接构造^[3]。混凝土选用强度高、耐久性好的配合比,常用C50或以上等级。浇筑前应对模具和钢筋进行清理、润湿。混凝土浇筑应分层进行,振捣密实,防止蜂窝麻面及夹层。特别注意杯口段、预留孔洞等细节部位的混凝土密实性。养护过程中应保持湿润状态,控制温度和湿度,防止早期裂缝。养护时间不少于7d,或按设计及规范要求执行。脱模时需达到设计规定的混凝土强度,避免构件变形或表面损伤。预制完成后进行外观、尺寸、钢筋保护层、混凝土强度等质量检查。合格构件需进行编号和标识,方便运输和现场安装。同时,构件应堆放于平整坚实的场地,设防滑、防倾覆措施,避免构件损坏或变形。

2.2 盖梁预制

盖梁是连接墩柱与上部结构的主要构件,其预制工艺要求高、构造复杂,需重点控制尺寸精度、内嵌预埋件位置及整体刚度。盖梁预制前需对施工图纸及技术交底进行细化,编制专项施工方案^[4]。应选择平整、坚实、排水良好的预制场地,并配置适当长度和承载能力的钢模,确保盖梁长度和断面几何形状满足设计要求。钢筋绑扎前应进行尺寸复

核,钢筋加工要符合规范。对于承插式墩柱连接结构,盖梁底部需精确预留墩柱插口或灌浆孔,钢筋布置与锚固须满足设计计算。预埋件(如支座垫石锚栓、吊环、孔道管等)位置需准确,并提前固定牢固,避免浇筑中位移。混凝土浇筑前应完成模板清理和润湿,混凝土拌合物需具有良好的工作性与可泵性。常选用C50以上高性能混凝土,分层均匀浇筑并振捣密实。盖梁梁体较长,宜分段同步浇筑以防止温度裂缝。

浇筑后立即进行覆盖养护,控制环境温差,防止温差应力导致早期开裂。必要时采取保温或洒水保湿措施,确保强度均匀增长。养护期限严格执行设计或规范要求,通常不少于7天。盖梁脱模后,应检查外观质量、几何尺寸、预埋件位置和混凝土强度等指标。检查合格的构件应按编号分类堆放,堆放地面需平整坚固,设置软垫及防倾覆措施。同时,应安排起吊预演,确保后续吊装顺利进行。

2.3 墩柱吊装

吊装准备阶段,应根据墩柱尺寸与重量,选配适当的起重设备和吊具,通常使用履带吊或汽车吊等大吨位吊装设备。吊点位置需提前计算,设在墩柱重心上下对称处,避免偏心起吊导致构件变形或倾斜。吊具应设软带保护,防止破坏混凝土边角。起吊前对承台进行复核,确保其位置、标高和轴线与设计一致。安装辅助设备,如导向钢筋、定位销或临时支撑架,以提高墩柱就位精度。风速超过6级时应暂停吊装作业,确保施工安全。起吊过程中应保持匀速平稳,严禁急升急降。墩柱就位后通过临时支撑或连接构件进行初步固定,再微调轴线位置与垂直度。完成对接前,应清理接缝部位,并涂刷界面剂或灌注灌浆料。

对于采用承插式连接的结构,需对波纹管与孔壁之间空间进行灌浆作业。灌浆材料应具有高强度、良好流动性和微膨胀性能,灌浆过程中需观察浆液饱满度,避免空鼓或未灌满现象。墩柱就位完成后进行检测,包括垂直度、轴线偏差、接缝密实度等指标,并记录吊装时间和环境条件。对误差超限的构件应及时调整或报验处理,确保结构精度和施工质量。

2.4 墩柱接口浇筑

浇筑前应做好详细施工准备工作。首先,对墩

柱底部与承台杯口内壁进行清理,去除浮浆、灰尘与杂质,保证界面洁净;必要时采用高压水枪冲洗或机械打毛,增强新旧混凝土之间的黏结力。对于需要界面剂处理的结构面,应提前均匀涂刷界面剂,并在规定时间内完成浇筑作业。钢筋对接形式应按设计要求精确就位,包括插筋长度、钢筋直径及锚固方式。连接部位应设定位筋或支架,防止钢筋移位。若采用灌浆套筒连接,须检查套筒内是否畅通,并采用专用设备完成钢筋插入与固定。接口混凝土或灌浆料的选用应满足高强度、早强、微膨胀和高流动性要求。常用的材料包括无收缩高强灌浆料或C50以上等级的高性能混凝土。施工前需进行试拌试验,确保材料满足设计与施工要求。

浇注过程中应控制流速与灌注顺序,避免气泡和空洞。浇筑完成后,应用橡胶锤轻击外壁,促进浆体流动与密实。对于垂直式承插接头,应采用自下而上灌注方式,设置排气孔,确保灌浆饱满无空腔。接口浇筑完成后应及时覆盖保湿,防止早期失水开裂。常规湿养不少于7天,高温或干燥环境下应延长养护时间或使用保湿材料如养生膜、草垫等覆盖。灌浆料的强度应达到设计值后方可进入下一道工序。最后,浇筑完成的接口部位需进行质量检查,包括外观、灌浆密实度、强度评定等。必要时进行超声波、雷达等无损检测,确保连接部位无空鼓、脱粘等质量缺陷,保障装配式墩柱结构的整体受力性能。

2.5 盖梁吊装

吊装前应完成详尽的技术准备与现场布置。施工单位应编制专项吊装方案,包括吊装方法、吊点布置、起重设备选型、施工人员分工、气象条件限制、安全措施等。现场应具备满足吊装条件的作业面,如临时支撑、导向装置、起重通道等。起重设备一般选用履带吊、汽车吊或门式起重机,依据盖梁自重、吊装半径与吊高进行合理配置。盖梁吊点位置需严格按照设计标明,通常设在受力对称位置,吊带需采用柔性保护措施以防损伤混凝土表面^[5]。

盖梁吊装前,应对墩柱顶面进行全面检查,包括轴线位置、顶部标高、接触面平整度等。若需采用临时砂浆垫层或调平板进行找平,应提前施工完成并满足强度要求。对于预留钢筋或连接件,也需逐一核对位置、数量和锚固状态。正式吊装过程中

应保持起吊同步、动作平稳、吊具受力均匀。在起吊过程中,避免偏载、晃动、碰撞。盖梁缓慢移动至墩柱上方后,应逐步下放并通过导向杆或定位装置进行微调,使其轴线、角度与设计位置相符。就位后应立即检查支座安装位置是否准确,必要时通过楔形垫片或临时支撑进行微调。对于采用预埋钢筋锚固的连接方式,应及时进行焊接或钢筋绑扎,确保结构安全。盖梁就位后需临时固定稳固,防止风载或施工荷载引起位移或倾覆。在完成后续连接工序前,不得随意拆除支撑体系。吊装完毕后,应组织质量验收,检查盖梁安装精度是否在设计允许范围内,发现问题应立即纠正。整个吊装过程应有完整施工记录和安全监测数据,确保质量与施工安全。

2.6 缝隙处理

缝隙处理是装配式桥墩安装后保证整体结构完整性、耐久性与密封性的关键步骤,主要涉及承插连接缝、拼装缝、灌浆缝及盖梁与墩柱之间接缝等部位。施工前,应全面清理缝隙部位的浮灰、杂质、模板残留物等,对接缝表面进行适当处理,如人工凿毛或机械打毛,增强后浇混凝土与原构件的黏结性。对于光滑界面,应使用界面剂或高性能粘结材料进行涂覆,提升界面结合强度。灌浆缝或拼装缝的处理多采用无收缩灌浆料或补强砂浆,其性能应满足高强、微膨胀、抗裂要求,并具备良好的流动性,确保缝隙填充密实无空洞。灌浆前应进行预湿处理,保持缝隙表面潮湿但不积水,避免吸水过快导致界面开裂。对于盖梁与墩柱间的大型缝隙,可采用分段注浆或分层浇筑方式处理,并配合使用排气孔和观察管,确保浆体充盈。缝隙两侧应设置挡浆板或密封胶带,防止浆液外漏。灌浆施工应连续

进行,避免中断;使用机械泵送或重力自流均可,但需严格控制流速和压力,避免冲击构件或造成空鼓。灌浆完成后应进行振实处理,确保密实性和饱满度。施工完成后立即进行湿养护,防止早期开裂。养护时间根据材料种类和环境条件确定,一般不少于7d。若遇高温、风干天气,应加强保湿措施,必要时喷洒养护剂或采用塑料膜覆盖。最后,应对处理后的缝隙进行外观检查、强度检测和必要的无损检测。对存在裂缝、蜂窝、空鼓等问题的部位应立即返工修复,确保处理后的缝隙具有良好的密封性、力学性能及耐久性。

3 结语

装配式桥墩的施工技术代表了现代桥梁工程向工业化、智能化、绿色化方向的发展趋势。通过精细化预制、精准化安装、标准化管理,可有效提升施工效率,减少现场作业风险,并确保结构长期性能稳定。然而,该技术对构件加工精度、施工组织协调、节点连接可靠性等方面提出了更高要求。未来,随着BIM技术、智能监测、高性能材料的进一步应用,装配式桥墩的施工工艺将更加成熟,推动桥梁建设向更高质量、更高效率的方向发展。

参考文献

- [1] 刘立斌.山区装配式桥梁墩柱施工技术研究[J].石家庄铁路职业技术学院学报,2025,24(01):14-17+28.
- [2] 米家禾.UHPC在装配式桥墩节点连接中的应用综述[J].工程建设,2024,56(12):8-15.
- [3] 崔永曙.基于三维点云重构的装配式桥墩线形评定及性能评估研究[D].山东交通学院,2023.
- [4] 宫子怀.高铁桥梁快速修复的新型装配式桥墩抗震性能研究[D].石家庄铁道大学,2022.
- [5] 王志刚,孙贵清,余顺新,等.公路桥梁装配式桥墩工业化快速建造技术[J].公路,2021,66(06):145-150.