

Discussion on Construction Technology of Large Span Continuous Bridge in Bridge Engineering

Yao Jiang

China Water Resources and Hydropower Seventh Engineering Bureau Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 611130, China

Abstract

With the rapid development of China's transportation infrastructure, large-span continuous bridges in bridge engineering have attracted significant attention as they play a crucial role in connecting complex river channels and urban clusters. Based on this, this paper, grounded in engineering practice and construction cases, focuses on the structural characteristics of large-span continuous box girders and composite girders, systematically outlining construction organization models, key processes, and on-site control points. It also proposes operational technical points and practices in aspects such as cantilevered hanging baskets, support systems, closure and thermal shrinkage control, material and component assembly, as well as foundation pit and deep-water foundation construction. The research aims to provide replicable and controllable technical pathways for the construction and on-site implementation of other large-span continuous bridge projects.

Keywords

Bridge engineering; Long span continuous bridges; Construction technology; discuss

桥梁工程中大跨径连续桥梁施工技术探讨

江尧

中国水利水电第七工程局有限公司, 中国·四川·成都 611130

摘要

随着中国交通基础设施飞速发展, 桥梁工程中大跨径连续桥梁作为承载着连接复杂河道与城市群的关键作用而备受瞩目。基于此, 本文立足工程实践与施工案例, 围绕大跨径连续箱梁与组合梁的结构特性, 逐条梳理施工组织模式、关键工艺与现场控制要点, 并在挂篮悬臂、支架体系、合拢与温缩控制、材料与构配件装配, 以及基坑与深水基础施工等方面提出面向可操作性的技术要点与做法。通过本文研究旨在为其他大跨径连续桥梁工程的施工与现场实施提供可复制、可控的技术路径。

关键词

桥梁工程; 大跨径连续桥梁; 施工技术; 探讨

1 引言

随着中国社会经济的不断发展, 桥梁工程也在不断地提升自身的建设水平, 其中大跨径连续桥梁施工技术就是一种较为先进的施工技术, 不仅能够有效地提升桥梁工程的质量, 还可以有效地降低施工成本, 提升社会经济效益^[1]。有鉴于此, 下文将结合相关文献资料查阅以及自身工作实践背景下, 围绕于桥梁工程中大跨径连续桥梁施工技术展开探讨, 以供参考。

2 大跨径连续桥梁概述

大跨径连续桥梁是指跨径处于大尺度范围、采用连续梁结构体系以保证整体受力连续性与变形协调的桥梁类型。其典型形态包括现浇连续箱梁、预制拼装连续箱梁以及钢—

混凝土组合连续梁, 工程常见跨径区分标准随结构型式而异, 但在我国工程实践中, 跨径超过主跨 200 米以上的连续梁工程通常被归为大跨径类型。该类桥梁构造特征表现为截面惯性大、纵向刚度与抗弯—抗剪性能需精细化配比以及节点处受力复杂, 且跨中与跨端受力分布对施工阶段构件内力及变形控制提出严格要求。施工时常采用挂篮悬臂现浇、连续支架支撑或拼装吊装相结合的方案, 针对不同河道水文、地质条件与交通要求选择最为经济且安全的施工工序。国内若干典型大跨径工程在深基坑、隧道锚碇与高强钢材应用方面积累了多项可借鉴经验, 这些经验表明施工组织与节点控制在确保工程整体性能上占主导地位。

3 桥梁工程中大跨径连续桥梁施工技术探讨

3.1 挂篮悬臂现浇施工与刚度分配控制

挂篮悬臂现浇施工与刚度分配控制: 在挂篮设计阶段应以工程结构整体三维有限元为基础, 对挂篮自重、混凝土

【作者简介】江尧 (1993—), 男, 中国湖北天门人, 本科, 工程师, 从事建筑工程现场施工管理研究。

浇筑瞬时荷载与施工活载分别进行线性与非线性刚度校核,结合频率敏感性分析给出横向与纵向挠度限值。挂篮主构架与撑杆采用参数化设计,挂篮与梁体连接处布置可调支点及微调缸,支点预加载并设置位移传感器用于在线标定,现场通过静载试验验证刚度并调整挂篮刚度分配。分段浇筑节段长度与配筋率需协同优化,实行不等节段与变截面配筋策略。靠近支座以短节段并增设底板与腹板局部加厚,跨中通过增加纵向预应力束密度或分层布置预应力来提升弯曲刚度,节段拼接处采用阶梯搭接与贯通箍筋保证力传递,混凝土配合比与振捣工艺控制一次成型质量^[2]。测控与在线调整流程构建测量—比对—反馈闭环,测点涵盖挠度、温度、应变及孔道应力,数据实时上传并与有限元预测比对。若监测超限,优先采用吊索预拉或调整挂篮下临时支撑进行位移修正,同时对已浇段实施外贴钢板或局部加劲补偿,并调整后继续浇筑与张拉计划以消减残余应力。校核中应考虑温度与徐变引起的刚度时程变化,并预设临时横向支撑作为刚度恢复措施。配筋上采用分区高强钢筋并在关键节点设置贯通套筒以利于预应力贯通。测控结果纳入施工日志并形成超限处置记录。微调缸行程按 ± 10 毫米设计,采用千分表与光栅位移计复核,安装后开展热—湿—荷载耦合试验以修正模型。在节段划分时依据应力曲线采用优化算法确定位置,支座近区节段长宜为跨径的 $1/30\sim 1/20$,跨中可延长至 $1/10$ 。预应力张拉采用分级程序,先张近支座节段,待相邻节段达到强度后逐步贯通张拉,张拉后压浆并监测残余应力。

3.2 模板与支架体系的模块化设置与施工质量校核

在模板与支架体系模块化设置方面,施工单位应建立参数化族件库并按箱梁截面参数化切割为系列化拼装模块,在模块工厂化预制时进行尺寸公差控制与装配就位试验,模块上应布置二维坐标网格与可调节螺栓孔群以便现场以全站仪与激光扫描快速定位,定位后采用定位销、楔形垫块和力矩控制螺栓完成初固定并记录调整量和紧固力矩,模块接缝处宜采用舌槽配合或高强度对拉螺栓以保证接缝密合与截面连续性,并对提升点与吊装链路进行力学校核与疲劳验算。在支架刚度分层与承载校核方面,应按照跨中—跨端—靠近支座三段划分刚度梯度并基于有限元非线性分析进行工况叠加验算,跨中采用箱形承载单元和横向剪力环件以提升抗弯抗扭性能,靠近支座处采用沉降兼容的柔性联结并布置刚度补偿构件如可调撑杆或刚度插板,关键节点安装应预埋监测孔并装设应变计和位移计以开展预压与分段静载试验,试验数据用于修正支架单元配置,验收判定依据应为变形控制值与承载余量阈值并记录频域响应以便评估施工期动力作用影响。在施工质量校核与档案管理方面,实行模板—支架—浇筑三段协同验收制度并形成电子化竣工档案,模板安装后按横向平面度、纵向线形与翼缘厚度偏差开展分项检验并记录偏差项与修正措施,支架搭设完成后按设计荷载进行分段静载试验与连续变形监测并出具承载复核报告,

浇筑前进行整体几何复测、接缝间隙检查与脱模间隙确认并对不合格项实施加固或更换,所有构件编号、制造检验单、现场调整量、试验原始曲线与复核结论应存入施工质量台账并按工程档案规定归档保存,测量仪器校准应有资质证书并在档案中注明校准周期与责任单位^[3]。

3.3 合拢段施工组织与合龙控制

合拢段是连续梁施工的关键节点,控制合拢过程的残余应力与缝隙密封性直接关系长期服役性能。首先,实施倒计时式预判与预调制度。在合拢前以工程测量与结构分析为基础建立温度—挠度耦合推演模型,并用现场日尺度温度、混凝土龄期与徐变预测结果反推合拢日支座位移与截面曲率。编制分项容差表与预调方案,明确各支座允许位移、预应力张拉量与临时千斤顶调节量。合拢当天依据实时气象与测量数据复核推演结果,按优先级顺序实施支座位移调整、局部张拉或卸载配重以消除迎合误差,并对关键参数实施逐小时记录与联合签证。其次,采用同步闭环张拉与微位移闭合控制。在合缝处布设光纤应变计、片式应变计与缝隙位移计,并对测点实施并联读数与人工复核以实现闭环反馈。合拢以分阶段张拉为主,每阶段按预设力—位移曲线以恒速或恒力模式施加,实时比对应变与裂缝开口值并按阈值触发微调千斤顶动作。张拉过程配置冗余测点以用于误差判别,采用逐级增力与保持时效策略以控制残余应力。全过程由测量、结构与施工三方实施逐段签认并形成可追溯记录。再次,合缝处理与二次灌注工艺细化。选用经性能试验的低收缩、超早强水泥基灌浆料并按施工温度修正水胶比与缓凝剂用量,采用多点挤压注浆法,注浆压力与注入速率按缝隙宽度与渗透系数分级设定。灌浆后对合缝区域实施表面覆膜与保温覆盖,并配置电加热或蒸汽恒温装置以抑制早期温差。对已灌浆的接缝实施定期回读应变与超声回弹检测,按开展补浆或植筋加固,并以试块与现场检测结果作为合格判据。测点校准与互校在合拢前 24 小时内完成,采样频率不低于 1Hz,关键工序设定三层核验机制。合拢精度验收以缝隙残余值、相对位移与试块强度为判据,其阈值在施工控制书中予以明确。

3.4 预应力体系施工与温度—收缩协调控制

在大跨径连续梁施工中,针对预应力体系施工与温度—收缩协调控制,应在张拉序列、时效控制与施工可调补偿三方面贯彻细化工艺。其一,张拉序列应遵循端部先行、跨中后行的分段耦合原则,施工中将纵向通长预应力束按功能与长度划分为若干张拉单元,先张拉外侧长束以抑制横向及纵向曲率,再按对称由外向内推进。每级张拉应实施渐进加载、持荷与松余恢复程序,锚区与跨中布设应力与位移观测点,张拉后立即实施孔道压浆与固化养护以稳固索力传递路径。其二,张拉力值与张拉时机须与混凝土龄期和现场温度场耦合,施工前通过原位回弹与立方试块试验获取强度发展曲线并布设温度剖面测点以获得温度—时效场数据。当昼夜或短

期温差超限时,现场优先采用被覆保温或遮阳降温措施,必要时顺延张拉,张拉过程采用数控张拉设备实时采集张力一位移响应以便在线校正残余索力偏差,张拉等级与持荷时限按设计与规范逐级校核^[4]。其三,为控制长期温缩与徐变引起的力学重分布,施工阶段应预留可调粘结段并在端锚处设置机械调整器或标准化千斤顶接口,粘结段采用短节套管或滑移接头以利后期补张或松调,首年经历冷热循环后,应依据索力、跨间挠度与温度监测曲线实施必要的补偿性张拉或松调,且所有张拉记录、压浆化验、温度曲线与强度试验结果应以标准化预应力施工日志格式归档,作为运行期健康监测与溯源校核依据。监测初期按周频率开展并随季节调整为月度或季度频次,监测仪器须经校准并保留溯源证书,压浆留样至少采集三组送检并记录凝结时间与含水率以判定固结质量。施工日志由专职工程师签字并纳入工程档案管理系统以便长期数据比对。

3.5 深基坑、锚碇及水下基础施工配套

大跨连续桥梁在河道或断崖地段常伴随复杂基坑与锚碇工程,施工技术应综合考虑地质、水文与生态限制以实现基底可靠性。首先,基坑与锚碇开挖前,应实施高密度钻探与连通孔水文测试,并以详化地质参数建立三维有限元-有限体联立模型以模拟深基坑—锚碇相互作用,模型需包含分层孔隙水压、非线性应力应变关系与施工荷载时程,以此制定分步开挖与逐段卸载的支护序列,支护序列应明确护壁桩施工深度、临时内支撑布置与降水方案,并在模型校核下确定允许位移限值与观测点布设。其次,在软弱土或溶洞发育区采用组合围护并行注浆加固技术,先施行定向高压喷射注浆或冻结成墙以形成临时承载体,再采用预制管桩或反循环钻孔灌注桩与土钉喷锚组合控制侧向位移,注浆材料按岩土渗透性与抗溶蚀要求选用水泥—微细粉体复合浆或化学浆,并规定注浆时序、充盈率与回灌检测方法,内支撑施工遵循

先撑后挖、先托后拆原则,施工监测采用自动倾斜仪与孔隙水压计同步记录以便即时调整注浆量与支撑刚度^[5]。最后,水下基础施工根据工程尺度与流体动力条件选用分舱沉箱或大直径钻孔灌注桩体系,沉箱施工需控制逐舱下沉速率并实施周边反冲刷围堰或碎石护坡;钻孔灌注桩水下混凝土浇筑采用下导管导流或震动导管法并配套防离析混凝土配合比与二次清孔工序,现场布置超声波导管和泥浆净化装置以确保成桩质量,基底回填与防冲刷措施应同步进行并在施工期间实施流速与浊度监测以满足环保限值。

4 结语

综上所述,基于中国大跨径连续桥梁工程实践的回顾与技术沉淀,本文提出的五项施工要点覆盖挂篮悬臂、模板支架、合拢控制、预应力与深基坑配套五大领域的可落地做法。上述要点强调以测控为核心、以参数化与模块化为手段、以闭环质量管理为保障,从而实现施工阶段对变形与内力的动态控制。期待这些技术路径在后续工程实践中通过持续校核与资料化沉淀,进一步完善并形成可传承的施工标准化流程。

参考文献

- [1] 李强.桥梁工程中大跨径连续桥梁施工技术探讨[J].建材发展导向, 2025, 23(5):118-120.
- [2] 刘凯.桥梁工程中大跨径连续桥梁施工技术[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2024(003):000.
- [3] 贺光荣.桥梁施工中大跨径连续桥梁施工技术的应用研究[J].汽车周刊, 2023(11):0106-0108.
- [4] 杨飞.桥梁工程中大跨径连续桥梁施工技术[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2024(001):000.
- [5] 李娜.桥梁工程中大跨径连续桥梁施工技术[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2023.