

Application of joint pouring construction technology of cast-in-place box girder bridge in expressway project involving railway

Xuwen Zhang

China Railway 24th Bureau Group Nanchang Railway Engineering Co., Ltd., Jiujiang, Jiangxi, 330009, China

Abstract

On the background of an iron-related expressway project, this paper systematically studies the joint pouring construction technology of cast-in-place box girder bridge. According to the special working conditions of the upper span railway operating line, a complete solution including railway protection, skylight construction, temperature control and other key technologies is put forward. Engineering practice shows that the accuracy of the formwork system is controlled within $\pm 2\text{mm}$, the 3d strength of concrete reaches 85% of the design value, the 28d strength exceeds the standard 10%-15%, and the appearance quality of the joint is 98%. By optimizing the construction organization, a single skylight period (120 minutes) can complete the pouring volume of 35m^3 , which is 40% more efficient than the traditional method, and ensures the safety of railway operation. The research results provide a useful technical scheme for similar iron-related bridge projects.

Keywords

cast-in-place box girder; Jointing; Iron-related projects; Pouring technology; Quality control

现浇箱梁桥拼接缝浇注施工技术在涉铁高速公路项目中的应用

张学文

中铁二十四局集团南昌铁路工程有限公司, 中国 · 江西 南昌 330009

摘 要

本文以某涉铁高速公路项目为背景, 系统研究了现浇箱梁桥拼接缝浇注施工技术。针对上跨铁路运营线的特殊工况, 提出了包含铁路防护、天窗期施工、温度控制等关键技术的完整解决方案。工程实践表明, 采用的模板系统精度控制在 $\pm 2\text{mm}$ 以内, 混凝土 3d 强度达到设计值的 85%, 28d 强度超标 10%-15%, 拼接缝外观质量优良率达 98%。通过优化施工组织, 单次天窗期 (120 分钟) 完成浇注量达 35m^3 , 较传统方法效率提升 40%, 且确保了铁路运营安全。研究成果为类似涉铁桥梁工程提供了可借鉴的技术方案。

关键词

现浇箱梁; 拼接缝; 涉铁工程; 浇注技术; 质量控制

1 引言

伴随高速网络逐步地完善, 穿越既有铁路线的桥梁工程数目渐多, 现浇箱梁桥鉴于其整体性佳、刚度大等优点得以大量应用, 但拼接缝施工的质量直接关乎桥梁耐久性和行车的舒适感, 涉铁项目施工碰到三大挑战: 铁路运营安全方面标准甚高, 二是天窗期时间的利用受局限, 三是周遭环境条件繁杂, 传统施工模式存在效率不高、质量不稳定等弊端, 本研究结合具体工程实例, 细致说明现浇箱梁桥拼接缝浇筑施工的关键技艺, 为同类工程给予借鉴。

【作者简介】张学文 (1996-), 男, 中国江西九江人, 本科, 助理工程师, 从事涉铁工程施工研究。

2 工程概况

2.1 项目基本情况

某高速公路主线桥需穿越 6 股电气化铁路上方, 以 78° 的角度交叉, 桥梁全长刚好 286m, 采用 (45 + 70 + 45)m 的预应力混凝土连续箱梁构造形式, 铁路净空要达到 $\geq 8.5\text{m}$ 的规格, 项目身处华北平原范围, 气候情况是年平均气温 12°C , 极端情形里最高温 41°C 。

2.2 桥梁结构特点

箱梁设计采用单箱双室的截面结构, 梁垂直高度 4.2m, 顶板宽度有 16.5m, 拼接缝安设于跨中地点, 宽度采用 1.2m, 采用 HRB400 级钢筋网片进行配置, 设计采用 C50 强度等级混凝土, 主要承受力的钢筋为 $\Phi 28$ 螺纹钢, 按 150mm

间距排列。

2.3 施工环境条件

施工区域存在三大限制因素：①每日实际天窗期仅 120 分钟；②需严格控制振动；铁路接触网呈现 27.5kV 的电压，安全距离要求 3m，现场实测结果显示最大风速 8 级，混凝土入模温度为 32℃。

3 拼接缝浇注施工关键技术

3.1 施工工艺流程

案例项目采用“五阶段八工序”的工程施工流程，开始施工前准备阶段，在进行现浇箱梁桥拼接缝浇灌施工前，务必对施工方案开展详细评审，评审内容有施工工艺的可行与否、施工流程的合理与否、施工资源的配备，以及安全风险的识别与预防手段等。保障施工方案合乎工程要求，维持施工质量与进度正常，鉴于施工区域牵扯铁路线，由此在施工阶段必须把铁路线路封闭起来，保障施工区域与铁路线路相隔离；竖置安全警示牌子，警示铁路工作人员留意施工范围；为施工人员开展铁路安全教育培训工作，提升安全觉悟；制定应急突发预案，以应对突发变故，守护铁路运输的安全秩序^[1]。

模板安设阶段，首先需对定制钢模加以组装，组装过程得严格按照设计图纸与施工规范实施，使模板尺寸及形状合乎要求，增进模板间的连接紧密性，做到拼接缝处间隙为零，以利后续实施混凝土浇注，待模板组装完成后，实施模板的精度调校，检视模板平面的平整性，保证模板表面平整不弯曲；调整模板的垂直姿态，保障模板与梁体相互垂直；检测模板的间隙大小，保证拼接缝处无浆液渗漏现象；对模板做稳固处理，防止施工阶段出现模板位移。

钢筋绑扎工序阶段，在开始预制网片吊装前，需保证现场环境干净无杂物，吊装设备完好无损，于吊装操作期间，要严格依照设计标准实施，保证网片位置精准，预制网片成功吊装到位后，要对衔接部位采取加固手段，清理掉接茬处的杂物，接着采用焊接与绑扎的办法，把两片网片连接成牢固整体，实施焊接要保障焊缝饱满度，不存在虚焊问题。

开展混凝土浇注阶段，把第一层混凝土均匀铺设到模板上，维持厚度处于 30cm 以内，把振捣棒插入后开始振捣，直至混凝土变得密实，把第二层混凝土铺到第一层的上方，再度重复上述做法，直到把混凝土浇注工作做完，处于振捣施工过程，必须时刻关注振捣棒的运动走向，让混凝土实现密实效果，振捣时间设定为 30 - 40 秒，具体时长依据混凝土性能与现场具体情形做调整。

养护手段施行阶段，为保障拼接缝混凝土养护质量达标，添置了自动喷淋养护系统，该系统凭借自动管理，定时朝拼接缝区域喷洒细水雾，保证混凝土在硬化进程里一直是湿润的，这不仅对混凝土强度增长有利，也能有效杜绝裂缝的形成，喷淋系统会按环境温度和湿度自动对喷淋时间与水量做调整，保证养护效果实现最佳水平。为实时把握拼接缝混凝土温度的实时变动，配备了温度监测体系，该系统借助在拼接缝处安装温度传感器，实时掌握混凝土内部的温度，

依靠温度数据剖析，可迅速更改养护措施，杜绝因温度过高或过低造成的混凝土质量瑕疵，尤其是在温差悬殊的地区或时节，温度监测系统对保障混凝土质量意义重大，温度监测数据也可为后续桥梁维护作为参考凭借。

3.2 关键技术要点

3.2.1 铁路防护措施

设置三重防护体系：①可承受 35kV 电压的绝缘防护棚；②防坠物拦截网；③可实时报警的轨道监测系统，防护棚跟接触网安全距离为 3.5m，抗风级别为 10 级。

3.2.2 模板系统设计

开展可迅速装拆的桁架式钢模系统研制工作，由 32 个标准模块组合，把拼装误差限制到 $\pm 2\text{mm}$ ，采用 3‰预拱度设置，模板刚度足以应对 35kN/m^2 的最大浇筑荷载。

3.2.3 混凝土配合比

采用“双掺手段”，水与胶凝材料比值为 0.32，把初凝时间控制为 240min，经试验甄选最佳配比：水泥按 380kg/m^3 的量添加，砂的占比数值为 38%，减水剂掺入占比达 1.2%。

3.2.4 浇注过程控制

浇注前检测拼接缝的清洁水平，保证无杂物、油污之类的东西，免得破坏混凝土的粘结性能，测定模板的稳定水平，确认模板不存在变形与破损，为保证混凝土的浇筑质量过关，降低浇筑时温度变化所引起的收缩应力，浇注之际需严格控制混凝土的浇筑速度及厚度，防止浇筑速度及厚度过快过厚，防止出现裂缝。采用分层式浇筑办法，选恰当时间开展振捣，加大混凝土的密实度与强度数值，在实施混凝土浇注期间，留意查看混凝土的流动性与坍落度，保证混凝土质量稳定可靠，完成混凝土浇注后，即时开展养护事宜，保证混凝土湿度温度恰当，预防裂缝萌生^[2]。

3.2.5 温度应力控制

在浇筑作业期间，实施对混凝土温度的监测，使混凝土浇筑温度合乎设计的要求，完成混凝土浇筑后，给混凝土实施保温操作，防止温度过高或过低情形，采用预应力手段，采用施加预应力抵消部分温度应力，提升结构抵御开裂的性能。

3.3 特殊处理措施

3.3.1 涉铁施工安全防护

为实现涉铁施工过程的安全保障，应就涉铁区域进行周全详细勘察，知悉地下管线、铁路设施等周边情形，编制针对性强的安全防护预案，对施工人员实施安全教育培训，提升安全警觉性，保证施工期间切实遵照操作规程，对施工的机械与设备进行定期检修，保障其安全无虞运行，构建应急处置预案，要是碰上安全事故，可迅速采用有效手段予以处置^[3]。

3.3.2 天窗期施工组织

所谓天窗期施工，即铁路运输繁忙时段，为保障铁路运输无虞，应在规定的时间框架内完成现浇箱梁桥拼接缝的灌注操作，恰当安排施工方案，保障在天窗期完成既定施工

任务,加强跟铁路部门的沟通对接,保障施工之际铁路运输不受妨害,对施工区域实施临时封闭,预防施工阶段出现意外事故,施工工作结束后,及时清扫施工区域,让铁路运输秩序重归正轨。

3.3.3 应急处理预案

针对也许会出现的突发危机,组建应急指挥中心,担负起应急处置工作组织、协调与指挥工作,规划详实的应急响应环节,保证在紧急状况出现时刻,可马上启动应急预案,施工人员搞应急演练,强化应急处置水平,储备必备的应急物资,保证在突发情况出现之际,可迅速开展救援。

4 质量控制措施

4.1 质量保证体系

建立“四级管控”机制:①班组自我查验;技术二次核实;监理审查验收;铁路主管方签字确认,关键工序采用“一工序一验收”的制度。

4.2 关键工序控制

4.2.1 模板安装精度控制

用全站仪对模板安装实施校核,定位误差不超出3mm,对全站仪实施校准操作,保障精度契合施工要求,在模板安装事宜进行阶段,借助全站仪对模板定位进行实时核查,保证模板位置精准无差,就模板的调整而言,借助微调螺栓这类工具,使模板达到设计期望的精度范围,安装工作结束后,对模板做再次丈量,保证模板安装精度达成设计要求,处于施工进行阶段,加大过程把控,发现问题后迅速处理,保障模板安装精度始终维持在规定范围^[4]。

4.2.2 混凝土质量控制

选采恰当的混凝土原料,保证混凝土强度、耐久性等性能契合设计规定,严密把控混凝土搅拌流程,保证混凝土均匀拌合,杜绝出现温度不一致现象,在运输操作中,采取遮阳及隔热等举措,阻止混凝土温度过度上扬,实时监测混凝土入模温度,保证温度维持在 $28 \pm 2^\circ\text{C}$ 区间内。

4.2.3 浇注过程监控

为实现施工质量目标,应严格把浇筑落差限定在1米以内,此限制能有效阻止因落差过大引发的混凝土分层、离析等毛病,保障混凝土浇筑均匀性,振捣作业采用“一人一岗”制度,保证每个振捣点位均由专人承担责任,此制度可提升振捣作业的规范性与质量状况,设定各点位振捣时间为 30 ± 5 秒。

4.3 质量检测方法

4.3.1 无损检测技术应用

无损检测技术是一种不对被检测对象造成损害的时候,进行材料、结构检测的途径,在现浇箱梁桥拼接缝灌注施工之际,无损检测技术主要有下面几种:(1)超声波检测凭借超声波在材料内的传播速度、衰减、反射等特性,检测材料内部存在的缺陷。(2)射线检测借助X射线、 γ 射线等对材料内部的缺陷开展检测,(3)磁粉检测凭借磁粉在磁场内的分布情形,对材料表面及邻近表面的缺陷进行检测,

(4)渗透检测凭借渗透液在材料表面缺陷处形成吸附现象,借助观察渗透液颜色变化以检测缺陷。

4.3.2 强度发展监测

强度发展监测主要是针对现浇箱梁桥拼接缝浇注完毕后的混凝土强度实施监测,以让其达成设计要求,在混凝土的浇注期间内,按规范要求制作若干数量的混凝土试块,做强度方面试验,采用回弹仪、超声波仪等现场检测仪器,检测现浇箱梁桥拼接缝周边混凝土的强度^[5]。

4.3.3 外观质量检查

外观质量检视主要针对现浇箱梁桥拼接缝浇筑后的混凝土表面进行,保证它无裂缝等缺陷,表面达到平整光滑要求,借助肉眼查看混凝土表面,核查是否存在裂缝、蜂窝、麻面等瑕疵,凭借钢尺等工具实施,对混凝土表面实施尺量,查看是否有不平整、倾斜之类的缺陷。

5 工程应用效果

5.1 施工效率分析

由实际施工数据可见,平均一个天窗期可完成 38m^3 混凝土浇筑,比预定计划提升8.6%;模板安装时间压缩为45分钟,效率上扬40%。

5.2 质量效果评估

检测结果说明,28d抗压强度实现56.3MPa,经检测弹性模量为 $3.55 \times 10^4\text{MPa}$,其氯离子扩散系数为 $1.8 \times 10^{-12}\text{m}^2/\text{s}$,每米拼接缝平整度偏差达0.8mm,胜于规范规定。

5.3 经济效益分析

在涉及铁路的高速路项目范畴内,采用现浇箱梁桥拼接缝浇注施工技术,不仅改善了桥梁施工的效率及质量,也明显增进了项目的经济利润,采用现浇箱梁桥拼接缝浇注手段,可实现高效快速拼接,减少施工开展时的等待间歇,以此缩短了桥梁的建设周期(提前22天完工),这直接让项目施工期间资金占用成本得以降低。

6 结论

本文提出的可拆卸模板系统实现了 $\pm 2\text{mm}$ 的安装精度,拼装效率提升40%。优化的混凝土配合比使3d强度达到设计值85%,满足快速施工需求。建立的“四级管控”体系确保了涉铁施工零事故,质量优良率98%。该技术方案具有显著的经济效益,单跨节约成本15万元,工期缩短7天。

参考文献

- [1] 王惊晏,王珍宏,陈小虎.桥梁拓宽改造工程中现浇箱梁桥拼接缝浇筑技术研究[J].大众标准化,2024,(12):58-60.
- [2] 付荣锋.桥梁工程现浇箱梁施工技术探讨[J].中国住宅设施,2024,(04):178-180.
- [3] 赖家好.桥梁拓宽改造工程中的现浇箱梁桥拼接缝浇筑技术[J].工程技术研究,2023,8(14):76-78.
- [4] 王佳宾.基于多环境因素的混凝土连续箱梁桥支架现浇施工技术[J].九江学院学报(自然科学版),2021,36(04):51-54.
- [5] 姜玉山.公路桥梁施工中现浇箱梁施工技术探讨[J].绿色环保建材,2021,(04):87-88.