

高速公路桥梁基础大体积混凝土 施工技术及质量控制措施

付园园

(安徽开源路桥有限责任公司, 安徽 合肥 233000)

摘 要 桥梁基础是高速公路桥梁工程中承接全桥荷载、保障结构整体稳定的核心承重结构, 其施工质量直接决定桥梁整体安全性、稳定性与使用寿命。随着高速公路工程建设规模化发展, 大体积混凝土凭借整体性强、承载力高、耐久性好等优势, 被广泛应用于桥梁基础工程。但大体积混凝土结构断面尺寸大、水泥水化热释放集中, 施工过程中易产生温度应力裂缝, 严重危害桥梁结构质量。基于此, 本文结合具体高速公路工程案例, 系统梳理桥梁基础大体积混凝土施工前期准备工作, 详细阐述基坑开挖、模板安装、混凝土浇筑振捣、温度调控等核心施工技术, 针对性制定全流程质量控制措施, 以期提升高速公路桥梁基础施工质量提供技术参考。

关键词 高速公路; 桥梁基础; 大体积混凝土; 基坑开挖; 模版安装

中图分类号: U445.57

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.25.020

0 引言

在高速公路桥梁工程建设中, 桥梁承台、墩柱等基础结构对工程整体质量起决定性作用。大体积混凝土凭借高强度、高整体性、优异的抗变形能力与耐久性, 成为桥梁基础施工的核心材料。但相较于普通混凝土, 大体积混凝土水化热反应剧烈, 内外温差控制不当极易引发温度应力裂缝, 降低结构承载力与耐久性, 增加工程安全隐患。为有效解决上述施工难题, 本文依托实际高速公路工程项目, 系统化、规范化分析大体积混凝土施工关键技术, 从施工准备、现场施工、后期养护全环节制定质量管控体系。同时强调施工人员专业能力提升、质量管理制度落地的重要性, 通过落实工程质量终身责任制、完善质量保障体系, 全面提升桥梁基础施工标准化水平, 助力高速公路桥梁工程高质量建设发展。

1 工程概况

本文依托某高速公路工程合同段开展研究, 该合同段起点桩号 K17+900, 终点桩号 K31+191.241, 主线总长度 13.3 km。本标段施工内容涵盖路基、路面、桥梁、隧道、交通安全设施、绿化环保及配套附属工程。标段内核心构筑物工程量如下: 桥梁 10 座, 总长度 4 612.8 m; 隧道 6 座, 总长度 7 265.2 m; 路基施工段长度 1 413.2 m。

本标段桥梁基础多采用大体积混凝土结构, 施工区域局部存在软弱土层、地下水富集等问题, 极易引

发基坑坍塌、基底扰动、混凝土温度裂缝等质量隐患, 对施工技术及质量控制标准要求极高, 具备典型的大体积混凝土桥梁基础施工研究价值。

2 施工前期准备工作

2.1 现场施工准备

2.1.1 专项施工方案编制与交底

施工前需组建专项技术小组, 结合工程地质条件、设计图纸及施工规范, 编制大体积混凝土专项施工方案。方案需明确施工程序、施工工艺、现场平面布置、设备机具配置、材料供应、能源保障等核心内容, 确保方案具备科学性、针对性与可操作性。方案完成后需组织专家审核论证, 审核通过后方可落地实施。

2.1.2 全员岗前专业培训

针对所有现场作业人员开展系统化岗前技术与安全培训, 重点讲解大体积混凝土施工工艺、温控标准、裂缝防控要点及安全作业规范, 确保作业人员熟练掌握岗位操作技能, 考核合格后方可上岗作业。同时, 安排专职技术人员, 负责全程监测混凝土结构内外水化热温差、环境大气温度等关键参数, 实时记录监测数据, 为施工温控及质量调整提供数据支撑^[1]。

2.2 施工技术准备

2.2.1 技术复核与分级交底

施工前全面复核施工图纸、地质勘察报告等设计

作者简介: 付园园 (1987-), 女, 本科, 工程师, 研究方向: 道路桥梁。

资料,结合现场实地勘查、测量核验结果,核对设计参数与现场实际工况的匹配性,对存在偏差的内容及时与设计单位沟通优化。待施工条件完全满足规范要求后,组织施工设备、人员进场。严格落实二级、三级技术交底制度:由项目部总工对部门负责人、施工班组长、技术员开展二级安全技术交底;由现场技术员、班组长对一线劳务作业人员开展三级技术交底,所有交底资料需完整签字、归档留存,保障施工技术落地标准化。

2.2.2 施工测量控制

完成与设计单位的测量控制桩点交接工作后,测量班组需对桩点坐标、高程进行全面复核校验。结合工程施工需求,优化布设施工现场平面控制网,制定控制网布设细则与测量作业方案,精准确定控制点位置及高程参数,形成完整的控制测量成果文件。成果经监理工程师审核批复后,方可开展后续施工放样、测量交底工作,全程保障测量数据精准、施工定位准确^[2]。

2.2.3 施工现场勘查清理

依据设计资料及勘察数据,对施工区域开展全方位实地勘查,精准标注施工构筑物、管线、周边建筑的位置及数量。全面排查并清除施工现场影响施工的障碍物,详细记录施工区域周边交通、环境、建筑物分布情况。对破损道路、通行不便区域及时修复整改,优化现场施工条件,保障后续施工工序有序推进。

2.2.4 施工试验准备

工地试验室所有检测仪器、设备均需经资质单位检定,取得合格证书后方可投入使用。试验室建设完成后,需上报监理及主管单位验收备案,验收合格方可开展试验工作。所有进场原材料必须先取样检测,各项指标符合规范标准后方可进场使用。

3 核心施工技术要点

3.1 基坑开挖与支护施工

结合工程地质勘察报告及设计规范要求,编制专项基坑开挖施工方案,明确开挖顺序、分层厚度、边坡坡度及支护形式。本标段施工区域多为软弱土层且地下水丰富,为防范基坑坍塌、涌砂、基底扰动等病害,采用锁扣钢管桩围堰、钢板桩围堰等支护结构,全方位保障基坑施工稳定性^[3]。

在基坑开挖过程中,严格控制开挖深度与边坡坡度,杜绝超挖、欠挖及基底原状土扰动。同步开展基坑周边沉降、位移监测,实时掌握基坑稳定性,发现异常立即停工处置,采取加固、排水等应急措施。开挖作业完成后,及时清理、整平基底,检测基底承载力,核验其是否满足设计标准。

3.2 模板安装与加固施工

模板是保障大体积混凝土结构几何尺寸、外观质量的核心构件,需具备足够的强度、刚度与稳定性,可有效承受混凝土浇筑侧压力及施工荷载^[4]。本工程桥梁基础统一采用钢模板,要求模板表面平整光滑、无变形破损,拼缝严密无缝隙,从源头杜绝漏浆、错台等质量问题。

模板安装前,完成表面清理、除锈作业,均匀涂刷合规脱模剂,便于后期拆模作业。在安装过程中,严格按照设计尺寸精准放样,严控模板垂直度与平整度,确保安装精度符合规范要求。为提升模板整体稳定性,采用双 8 号槽钢作为背楞、钢管作为支撑体系,支撑间距经受力计算确定,严格控制在 1 m 以内。同时,在模板内部布设对拉螺栓,螺栓直径、间距经荷载计算优化,有效抵御混凝土浇筑侧压力,防止模板变形、位移。模板安装完成后,开展全面自检与专项验收,验收合格后方可进入下道工序。

3.3 混凝土浇筑与振捣施工

3.3.1 分层浇筑方式

结合桥梁基础结构尺寸、施工场地条件,合理选用大体积混凝土浇筑方式,主流浇筑工艺分为三类:一是全面分层浇筑,适用于平面尺寸较小的结构,将结构整体分层,逐层连续浇筑;二是分段分层浇筑,适用于平面尺寸较大的结构,分区域、分段落逐层浇筑;三是斜面分层浇筑,适用于长度较大的条形基础结构,从一端向另一端形成斜面连续浇筑^[5]。施工中需保证浇筑连续不间断,严控浇筑速度,避免混凝土堆积、离析。

3.3.2 精细化振捣工艺

振捣是保障混凝土密实度、提升结构质量的关键工序。施工现场采用插入式振捣棒作业,严格遵循“快插慢拔”原则,插点均匀排布、逐点有序移动,杜绝漏振、过振。单点位振捣时间控制在 20 s ~ 30 s,以混凝土表面泛浆、无下沉、无气泡溢出为合格标准。振捣作业时,避免振捣棒碰撞钢筋、模板及预埋件,防止构件移位、混凝土局部松散。

3.3.3 二次振捣与表面抹压

在混凝土初凝前开展二次振捣作业,可有效消除一次振捣产生的分层、气泡、空隙等缺陷,显著提升混凝土密实度与抗渗性能。二次振捣时间控制在初次振捣后 1 h ~ 2 h,结合现场混凝土凝结状态灵活调整。振捣完成后,在混凝土初凝、失塑前后开展至少两次表面抹压作业,反复压实抹平,有效消除混凝土表面塑性收缩裂缝,优化结构外观质量。

3.4 混凝土温度控制技术

3.4.1 内部降温处理

为降低混凝土内部水化热峰值、缩小内外温差,在大体积混凝土结构内部布设冷却水管,采用循环冷水降温工艺^[6]。优先选用导热性能优良的钢管或塑料管作为冷却管材,结合结构尺寸、形态科学规划水管布设间距与路径,保障降温均匀无死角。当混凝土内部温度升至 35℃ 时,立即启动冷水循环系统,持续带走内部热量,有效控制温度应力,从源头抑制温度裂缝产生。

3.4.2 外部保温防护

混凝土浇筑完成后,及时开展外部保温覆盖作业,减少表面热量散失,平衡结构内外温差。施工现场常用保温材料为塑料薄膜、保温棉被,结合当地气候条件、混凝土内部温度数据,合理确定保温层厚度,避免因温差过大引发结构性裂缝,保障混凝土强度稳步增长。

4 全流程质量控制措施

4.1 施工过程质量控制

4.1.1 原材料质量管控

建立严格的原材料进场检验制度,构建“进场核查、抽样检测、合格使用”的管控体系。所有水泥、骨料、外加剂、掺合料等原材料进场时,必须核查质量合格证明、检测报告等资料,并按规范要求抽样复检,各项性能指标达标后方可进场使用。严禁不合格原材料投入施工,从源头把控混凝土基础质量。

4.1.2 搅拌过程质量管控

强化混凝土搅拌全过程监督,重点保障原材料计量精准度^[7]。定期校准搅拌设备计量系统,严格控制计量误差:水泥、外加剂计量偏差 $\leq \pm 1\%$,骨料、拌合水计量偏差 $\leq \pm 2\%$ 。搅拌作业人员严格按照批复配合比施工,严禁随意更改原材料用量。搅拌过程中实时观察混凝土拌合物和易性、均匀性,发现离析、干稀异常等问题立即停机排查,及时调整施工参数,保障拌合质量稳定。

4.1.3 浇筑过程质量管控

混凝土浇筑前,全面检查模板垂直度、平整度、密封性,核查钢筋规格、间距、保护层厚度及预埋件安装位置,确认全部符合设计及规范要求后方可开工。浇筑作业安排专人统一指挥,合理控制浇筑速度与分层厚度,避免混凝土集中堆积、初凝搭接不良等问题,保障浇筑施工连续、规范。

4.2 养护阶段质量控制

养护是大体积混凝土施工的核心收尾工序,直接影响混凝土强度增长速率、结构密实度与长期耐久性。

混凝土终凝后需立即启动养护作业,养护周期根据水泥品种、外加剂类型、施工环境确定。其中,硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥拌制的混凝土,养护周期不少于 7 d;掺加缓凝型外加剂、有抗渗等级要求的混凝土,养护周期不少于 14 d。

养护期间持续保持混凝土表面湿润,高温季节增加洒水频次,每日洒水不少于 2 次,避免表面水分快速蒸发产生干缩裂缝;低温季节增设保温防护层,防范混凝土受冻损伤。严格把控拆模时间,需结合混凝土实测强度、环境温度综合确定,严禁过早拆模导致表面破损、结构受力变形。拆模后持续开展养护作业,可涂刷专用养护剂,长效保持表面湿度,保障混凝土结构成型质量。

5 结束语

高速公路桥梁基础大体积混凝土施工工序繁杂、技术要求高、质量管控难度大,温度裂缝、结构变形是主要施工病害。本文结合实际工程案例,系统完善了施工准备、基坑支护、模板安装、浇筑振捣、温度调控等核心施工工艺,构建了原材料、施工过程、后期养护全链条质量控制体系。工程实践表明,通过标准化落实施工技术、精细化管控施工全流程,可有效规避大体积混凝土施工质量隐患,保障桥梁基础结构的稳定性与耐久性。在施工过程中严格遵循设计规范与专项施工方案、强化全过程监督管控,能够显著提升桥梁基础施工质量,为高速公路桥梁工程安全、长效运营提供坚实的保障,也可同类市政、交通桥梁大体积混凝土施工提供参考。

参考文献:

- [1] 罗璨.桥梁承台大体积混凝土温度控制研究[J].江西建材,2025(08):304-306,314.
- [2] 邱虎.水化热对大体积混凝土结构的影响[J].交通世界,2025(21):161-163.
- [3] 方亮,陈建群.公路桥梁施工中的大体积混凝土温度控制与裂缝防治技术[J].城市建设理论研究(电子版),2025(20):134-136.
- [4] 王茜,黄荣宾,李晶晶.公路桥梁大体积混凝土承台一次性浇筑施工技术探析[J].江西建材,2025(05):285-287.
- [5] 施跃毅,左勤.公路桥梁承台大体积混凝土施工温度控制[J].江西建材,2025(04):123-125.
- [6] 张志涛.公路桥梁承台大体积混凝土施工关键技术[J].石河子科技,2025(01):44-45.
- [7] 余若松.公路桥梁大体积混凝土浇筑施工技术研究[J].运输经理世界,2025(01):99-101.