

简支梁桥施工关键质量控制点研究

蒋海洋

滨海县公路事业发展中心

DOI:10.32629/etd.v6i5.16858

[摘要] 简支梁桥因结构简洁、成本可控,在交通基础设施中应用广泛,但其施工质量直接决定结构安全与使用寿命。本文围绕简支梁桥施工全流程,结合理论分析与工程实践,系统识别基础、支座、梁体、桥面系四大阶段的核心质量控制点,如桩基沉渣厚度、支座定位精度、预应力张拉控制等。在此基础上,从“事前-事中-事后”三阶段提出针对性控制措施。研究成果可为简支梁桥施工质量管控提供实践参考,助力提升桥梁建设质量的长期稳定性。

[关键词] 简支梁桥; 质量控制; 控制措施

中图分类号: O213.1 文献标识码: A

Research on Key Quality Control Points in the Construction of Simply Supported Beam Bridges

Haiyang Jiang

Binhai County Highway Development Center

[Abstract] Simply supported beam Bridges are widely used in transportation infrastructure due to their simple structure and controllable cost. However, the construction quality of these Bridges directly determines the structural safety and service life. This article focuses on the entire construction process of simply supported beam Bridges. By integrating theoretical analysis with engineering practice, it systematically identifies the core quality control points in the four major stages of foundation, bearing, beam body, and bridge deck system, such as the thickness of pile foundation sediment, bearing positioning accuracy, and prestressed tensioning control. On this basis, targeted control measures are proposed from the three stages of "before - during - after". The research results can provide practical references for the construction quality control of simply supported beam Bridges, and help improve the construction quality and service stability of Bridges.

[Key words] Simply supported beam bridge; Quality control; Control measures

1 绪论

在我国交通基础设施网络中,简支梁桥凭借结构形式简洁、受力明确、施工工艺成熟且造价可控的优势,成为公路、铁路及市政工程中的核心桥型之一。从乡村公路的小型跨径桥梁,到高速公路的多联连续简支梁桥,再到高速铁路中满足高平顺性要求的预制简支箱梁桥,简支梁桥的应用场景覆盖了不同等级、不同跨度的交通建设需求,其建设规模与数量在各类桥梁中均占据重要地位,是保障交通网络连通性与通行效率的关键基础设施。

然而,简支梁桥的结构安全与使用寿命高度依赖施工质量控制水平。在实际施工中,若基础施工存在沉渣过厚、混凝土密实度不足等问题,易导致桥梁后期出现不均匀沉降,影响结构稳定性;支座安装的平面位置或高程偏差,会改变梁体受力状态,引发支座过早损坏或梁体开裂。这些病害不仅需要投入大量资金进行维修加固,还可能在极端天气或重荷载作用下引发安全

事故,同时影响交通线路的正常运营。因此,系统研究简支梁桥施工关键质量控制点,对提升简支梁桥建设质量、保障桥梁长期安全稳定服役、降低全生命周期运维成本具有重要的理论与工程实践意义。

2 简支梁桥施工技术与质量控制理论基础

2.1 简支梁桥结构特点与施工流程

常见简支梁桥主要分为预制装配式与现浇式两类,二者结构特性差异显著。预制装配式简支梁桥的梁体在工厂标准化生产,具有混凝土强度稳定、构件精度高的特点,且现场仅需完成安装,能大幅缩短工期,但对梁体运输、吊装精度要求严苛,需保障构件拼接处的整体性;现浇式简支梁桥则通过现场搭设支架、浇筑混凝土成型,结构整体性更强,适配复杂地形与特殊跨径需求,不过受现场环境影响大,需严格控制支架稳定性与混凝土浇筑质量。其核心施工流程遵循“由下至上”的逻辑:先开展基础施工,完成桩基或扩大基础浇筑以承载上部结构;接着进行支

座安装,为梁体提供稳定支撑点;随后实施梁体施工,预制梁需完成吊装与连接,现浇梁需历经支架搭设、模板安装、钢筋绑扎、混凝土浇筑与养护;最后推进桥面系施工,涵盖铺装层、伸缩缝、护栏等工序,形成完整通行结构。

2.2 质量控制基本理论

简支梁桥施工质量控制遵循“事前预防、事中控制、事后验收”三大核心原则:事前预防需在施工前优化方案、检验原材料、培训人员,从源头规避风险;事中控制通过实时监测、工序交接检验,动态纠正施工偏差;事后验收则对关键工序质量进行检测,确保符合标准。验收需严格依据国家与行业规范,如《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650-2020)明确混凝土强度、钢筋安装精度等指标,《铁路桥涵工程施工质量验收标准》(TB 10415-2022)规范高铁简支梁的预应力张拉、支座安装要求,这些规范为质量控制提供了统一、权威的技术依据。

3 简支梁桥施工关键质量控制点识别

简支梁桥施工质量控制需贯穿全流程,结合各施工阶段的结构受力特点与工艺要求,精准识别核心控制点,为后续管控措施制定提供靶向依据。

3.1 基础施工阶段关键控制点

基础作为桥梁承载的核心根基,其质量直接决定上部结构的稳定性,关键控制点集中于成孔质量与混凝土浇筑质量两大环节。对于桩基基础,成孔质量需重点管控三项指标:孔径需严格契合设计要求,偏差不得超过规范允许范围,避免因孔径不足导致桩身截面承载力下降;垂直度控制需通过专业设备实时监测,防止桩身倾斜引发上部结构受力不均,通常要求垂直度偏差不大于1%;沉渣厚度是影响桩基承载力的关键因素,钻孔完成后需及时清孔,确保沉渣厚度符合设计标准(端承桩一般不大于50mm,摩擦桩不大于100mm),否则会大幅降低桩基承载效能。扩大基础则需控制基坑开挖尺寸与基底承载力,避免基底扰动或承载力不足。基础混凝土浇筑质量控制需覆盖全流程:配合比需根据现场骨料含水率动态调整,确保混凝土强度、和易性满足施工与设计的要求;浇筑过程中振捣需均匀密实,采用插入式振捣器分层振捣,避免漏振、过振导致蜂窝、麻面、孔洞等缺陷;养护工作需及时跟进,保持混凝土表面湿润,养护期不少于14天,防止因养护不当产生收缩裂缝,影响基础整体性。

3.2 支座安装阶段关键控制点

支座作为连接梁体与基础的核心构件,其安装质量直接影响梁体受力传递与变形协调性,核心控制点为定位精度与贴合度。定位精度方面,需严格控制支座的平面位置与高程偏差:平面位置需通过测量放线精准定位,偏差不得超过 $\pm 5\text{mm}$,避免支座偏移导致梁体受力集中;高程控制需以设计标高为基准,误差控制在 $\pm 2\text{mm}$ 内,确保同一跨径内支座高程一致,防止梁体倾斜或受力不均。贴合度控制同样关键,支座与梁体底部、垫石顶面需紧密贴合,不得出现缝隙,否则会导致局部应力集中,引发支座损坏或梁体开裂。安装前需对垫石顶面进行找平处理,确保表面平整度偏差不大于 $2\text{mm}/\text{m}$,支座安装时可采用砂浆找平层或不

锈钢板调整,保障全面贴合,同时需避免支座安装过程中出现磕碰、变形,确保其功能完好^[1]。

3.3 梁体施工阶段关键控制点

梁体作为桥梁主要承重结构,施工工艺复杂,需按预制、现浇两种类型分别识别控制点。预制梁体的核心控制点包括:钢筋加工安装精度,钢筋的规格、数量、间距需严格遵循设计要求,焊接或绑扎接头质量需符合规范,保护层厚度偏差控制在 $\pm 5\text{mm}$ 内,防止因钢筋布置不当影响梁体承载能力;预应力张拉控制是关键环节,需严格遵循设计张拉顺序,采用“双控法”(应力控制为主、伸长值校核为辅),确保张拉应力值偏差在 $\pm 5\%$ 内,伸长值偏差不得超过 $\pm 6\%$,避免张拉不足或超张拉导致梁体承载能力不足或开裂;梁体预制尺寸偏差需严格管控,梁长、梁高、截面尺寸等关键指标需符合规范,尤其是梁体端部预埋件位置精度,直接影响后续安装衔接。现浇梁体需重点控制:支架稳定性,支架搭设需进行受力验算,立杆间距、横杆步距符合方案要求,底部设置垫板与扫地杆,顶部设置可调顶托,同时需进行预压消除非弹性变形,防止支架沉降导致梁体变形;模板安装精度,模板的平整度、刚度需满足要求,接缝处严密不漏浆,轴线偏位、截面尺寸偏差控制在规范范围内;混凝土浇筑需遵循“从跨中向两端对称浇筑”的原则,分层厚度不超过 30cm ,养护期不少于14天,确保混凝土强度与整体性。

3.4 桥面系施工阶段关键控制点

桥面系作为直接承受行车荷载的环节,其质量影响通行安全性与舒适性,关键控制点为铺装层质量与伸缩缝安装质量。桥面铺装层需重点控制平整度与厚度:平整度采用 3m 直尺检测,最大间隙不超过 3mm ,避免因平整度不足影响行车平稳性;铺装层厚度需均匀一致,偏差不得超过 $\pm 5\text{mm}$,确保结构承载能力与耐久性,浇筑过程中需采用摊铺机匀速摊铺,配合振捣器密实成型。伸缩缝安装质量直接关系到桥梁防水性能与通行体验:伸缩缝与梁体端部衔接需平顺,缝隙宽度符合设计要求,安装时需预留足够伸缩量,避免温度变化导致伸缩受阻;防水性能是核心,伸缩缝橡胶条需完好无损,接缝处密封严密,防止雨水渗入梁体或支座,引发钢筋锈蚀、混凝土老化等病害,同时需确保伸缩缝锚固牢固,避免车辆碾压导致松动、损坏。

4 关键质量控制点的控制措施与技术优化

4.1 事前控制措施

事前控制是规避质量风险的核心防线,需从方案、材料、人员三个维度构建全流程管控体系。在施工方案优化上,针对高风险工序需开展多轮专项论证:支架搭设方案需结合工程地质条件,通过结构力学计算确定立杆间距(通常 $\leq 1.2\text{m}$)、横杆步距($\leq 1.8\text{m}$)及扫地杆设置高度,复杂跨径或荷载工况下,还需采用Midas、ANSYS等有限元软件模拟支架受力状态,验证其抗倾覆与承载能力;预应力张拉方案需明确设备校准要求(油压表、千斤顶每6个月校准1次,误差 $\leq \pm 2\%$),细化分级张拉流程(如 $0 \rightarrow 10\% \sigma_{\text{con}} \rightarrow 20\% \sigma_{\text{con}} \rightarrow 100\% \sigma_{\text{con}}$,每级持荷 5min),同时制定张拉异常应急预案(如钢绞线滑丝处理方案),避免方案疏漏引发安全事故。

原材料质量管控需执行“进场核验-见证取样-合格入库-动态追踪”全流程标准: 钢筋进场时需核出厂合格证与质量证明书, 逐批抽取试样检测屈服强度 (HRB400E 钢筋需 $\geq 400\text{MPa}$)、抗拉强度 ($\geq 540\text{MPa}$) 及伸长率 ($\geq 16\%$), 不合格钢筋直接清场; 混凝土原材料需控制砂石含泥量 (碎石 $\leq 1\%$ 、砂 $\leq 3\%$), 水泥需检测 3d、28d 抗压强度, 同时通过试配确定最优配合比 (如 C50 梁体混凝土需保证坍落度 $180 \pm 20\text{mm}$); 支座需核出厂承载力试验报告与外观质量 (表面无裂纹、变形), 并按批次抽样进行抗压、抗剪性能检测, 确保核心材料性能达标^[2]。

施工人员技术培训与交底需分岗位、分工序精准实施: 对预应力张拉工、混凝土振捣工等特殊工种, 需开展持证培训, 考核通过后方可上岗; 技术交底采用“书面文件+现场演示+问答考核”模式, 明确各控制点技术参数 (如钢筋保护层厚度偏差 $\leq 3\text{mm}$ 、支座高程偏差 $\leq 5\text{mm}$), 并结合典型质量事故案例讲解操作误区, 确保施工人员充分掌握关键控制要点, 避免因操作不当引发质量问题。

4.2 事中控制措施

事中控制需依托技术监测与制度管控, 实现施工过程动态纠偏。在实时监测技术应用上, 针对高风险环节部署高精度监测设备: 支架沉降监测需在支架顶部、中部布设监测点, 采用精度 $\pm 0.1\text{mm}$ 的电子水准仪, 每 2h 记录 1 次数据, 当单次沉降量超 3mm 或累计沉降量超 5mm 时, 立即停工排查支架稳定性; 预应力损失监测需在钢绞线端部安装应力传感器, 通过无线传输系统实时采集张拉后应力变化, 若发现 24h 内应力损失超 10%, 及时分析原因 (如孔道摩阻过大、锚具滑移) 并进行补张拉; 梁体混凝土浇筑过程中, 需采用温度传感器监测内部最高温升 (控制 $\leq 65^\circ\text{C}$), 避免温差过大产生温度裂缝。

工序交接检验制度需明确验收主体、标准与流程: 每道工序完成后, 施工单位先自检, 自检合格后报监理单位验收; 监理单位需对照规范与设计要求, 对关键指标进行复核, 如基础施工后需组织检测机构采用超声透射法检测桩基完整性 (I 类桩比例需 $\geq 90\%$), 支座安装后需用全站仪复核平面位置与高程偏差, 桥面铺装层施工后需用 3m 直尺检测平整度 (偏差 $\leq 3\text{mm}$); 只有上

道工序验收合格并签署《工序交接验收单》后, 方可进入下道工序, 坚决杜绝“带病施工”。

4.3 事后验收与改进措施

事后验收通过科学检测与闭环管理巩固质量成果。关键工序质量检测方法按需选用, 桩基采用超声检测排查内部空洞, 混凝土强度用回弹法检测, 梁体孔道注浆质量用雷达探测密实度。质量问题整改与闭环管理建立台账, 对发现的裂缝、支座偏移等缺陷, 由施工单位制定专项整改方案, 监理全程监督, 整改后重新检测, 确保所有问题全闭环^[3]。

5 结论与展望

本研究通过理论分析与工程实践结合, 明确了简支梁桥施工全流程的核心关键质量控制点: 基础施工阶段聚焦桩基成孔 (孔径、垂直度、沉渣厚度) 与混凝土浇筑质量; 支座安装阶段重点控制定位精度与接触面贴合度; 梁体施工阶段需分预制 (钢筋精度、预应力张拉、尺寸偏差) 与现浇 (支架稳定、模板精度、浇筑养护) 两类管控; 桥面系施工则以铺装层平整度、伸缩缝安装质量为核心。

同时, 提炼出有效控制措施的核心要点: 事前需通过方案专项论证、原材料全流程检验、人员精准交底筑牢基础; 事中依托实时监测与工序交接验收动态纠偏; 事后通过科学检测与质量问题闭环管理巩固成果, 形成“事前-事中-事后”全链条管控体系, 可有效降低质量风险, 保障桥梁结构安全与使用寿命。

[参考文献]

- [1] 石龙, 胡所亭, 陈胜利, 等. 近场强震后铁路简支梁桥检测与评估技术[J]. 铁道建筑, 2025, 65(6): 70-74.
- [2] 王荣霞, 董天啸, 万田宝, 等. 钢-混工字组合简支梁桥静载试验及冲击系数研究[J]. 建筑结构, 2025, 55(2): 98-105.
- [3] 唐娟, 李培杰. 纬一路多跨简支梁桥动载试验分析[J]. 黑龙江交通科技, 2025, 48(8): 55-59.

作者简介:

蒋海洋 (1971--), 男, 汉族, 江苏省盐城市人, 大学本科, 高级工程师, 研究方向公路桥梁管理。