

Analysis on the Application of Concrete Construction Technology in Road and Bridge Engineering Construction

Xiaosi Dong

Henan Xinnian Heng Construction Engineering Co., Ltd., Kaifeng, Henan, 475000, China

Abstract

In the context of accelerating urbanization, the scale of road and bridge projects continues to expand, placing higher performance demands on concrete, which is a core building material. During construction, the stability of material properties and the durability of structures have become key factors affecting project quality. Complex geological conditions, dynamic loads, and environmental erosion present multi-dimensional challenges to construction techniques. In current engineering practices, the compatibility issues between traditional construction methods and new materials are becoming increasingly prominent. How to balance structural strength and crack resistance through technological innovation, control hydration heat effects and shrinkage deformation, has become the core issue for enhancing the reliability of concrete structures.

Keywords

concrete construction technology; road and bridge; engineering application

混凝土施工技术在道路桥梁工程施工中的应用分析

董孝思

河南鑫念恒建筑工程有限公司, 中国 · 河南 开封 475000

摘 要

城市化进程加快的形势下, 道路桥梁工程规模在持续不断地扩大, 混凝土作为核心建筑材料面临着更高性能要求。在施工过程中, 材料性能的稳定性以及结构的耐久性已然成为了对工程质量产生影响的关键因素, 复杂地质条件、动态荷载作用以及环境侵蚀等现象给施工技术带来了多维度的挑战。在当前的工程实际开展实践之中, 传统施工工艺和新材料之间适应性方面的矛盾逐渐凸显了出来, 怎样借助技术创新的方式来对结构强度与抗裂性能加以平衡, 对水化热效应以及收缩变形予以控制, 成为了提升混凝土结构可靠性的核心课题。

关键词

混凝土施工技术; 道路桥梁; 工程应用

1 引言

由于现场灌注混凝土常受风雨、温度及湿度等气候因素、场地条件、运输距离、结构形状和结构位置的影响, 因此, 在原材料的配制、搅拌工艺、运输方法、灌注方式、养护方法等方面, 都要根据实际情况和可能条件, 分别采取相应的措施, 使混凝土从制备、成型到硬化的过程中避免或减少各种不利条件的干扰和破坏。本文立足于材料科学和施工工艺相互交叉的领域, 针对混凝土工作性能与结构成型之间的内在关联展开系统解析, 对从原材料筛选到养护监测的全周期质量控制策略加以探讨, 目的在于构建起能够适应复杂工况的施工技术体系, 为工程实践给予理论支撑和技术参照。

【作者简介】董孝思(1986-), 男, 中国河南开封人, 本科, 工程师, 从事道路与桥梁工程研究。

2 混凝土施工技术在道路桥梁工程中的应用挑战

2.1 混凝土质量控制难度大

原材料特性差异影响混凝土性能的稳定性的稳定性, 不同批次水泥的矿物组成波动与骨料级配离散性易引发拌合物和易性偏离设计标准。环境温湿度差异导致浇筑过程中水分蒸发速率变化, 若未能及时调整养护方案, 表层与内部硬化速率不一致可能引发微裂纹扩展风险。振捣工艺参数与模板安装精度的匹配度不足时, 粗骨料下沉形成的蜂窝状孔隙会削弱结构承载能力, 模板接缝处漏浆形成的麻面缺陷则影响结构耐久性。操作人员对坍落度损失控制的经验差异可能造成泵送施工中断或振捣不密实, 新拌混凝土流动性随时间衰减的特性要求运输距离与浇筑节奏必须精确衔接。大体积混凝土内部水化热积聚形成的温度梯度容易产生温度应力裂缝, 监测点布置密度与测温频率不足将难以准确捕捉温度场变化趋势。外加剂掺量偏差对凝结时间的非线性影响增加了施

工窗口期控制的难度，阴雨天气导致骨料含水率突变时若未动态修正配合比，硬化后的强度离散系数可能超出规范允许范围。

2.2 施工工艺要求高

施工工艺的复杂性源于不同结构部位对材料成型状态的差异化需求，桥墩承重区域需要高坍落度混凝土以保证填充充实，桥面铺装层则需控制塑性收缩以维持表面平整度，矛盾性需求对施工参数调整提出精确要求。环境温度与湿度变化直接影响混凝土流动性，过高温度加速水化反应导致工作性能下降，过低湿度引发表层失水过快加剧微裂缝生成，施工过程中需动态监测气候条件并调整工艺步骤。振捣环节的强度与持续时间必须与混凝土初凝特性匹配，过度振捣易引发骨料离析破坏均质性，振捣不足则导致内部孔隙率升高影响抗压强度，操作精度直接影响结构整体性。浇筑阶段分层厚度与间隔时间的控制需平衡施工效率与层间结合力，过厚浇筑层易因自重产生沉降裂缝，间隔时间过长则形成冷缝削弱结构连续性，人为操作误差可能放大工艺偏差风险。

2.3 气候与季节因素影响大

气候与季节波动对道路桥梁混凝土施工的稳定性和耐久性构成显著干扰，高温环境下新拌混凝土水分蒸发速率加快可能诱发表面塑性收缩裂缝，低温条件则抑制胶凝材料水化反应速率导致早期强度增长滞后于预期进度。雨季频繁降水使得骨料含水率反复波动，若未实时修正投料配比易引发水胶比失控进而降低硬化体密实度，空气湿度过高时模板与钢筋表面冷凝水滞留会削弱界面粘结力。冬季负温环境混凝土内部自由水相变体积膨胀产生的冻胀应力可能破坏未充分硬化的微观结构，大风天气加速裸露面失水形成干缩裂缝网络。昼夜温差剧烈地区浇筑后的温度应力反复作用促使微裂纹沿骨料界面延伸，沿海高盐雾环境加速氯离子渗透腐蚀钢筋与毛细孔道协同作用加剧碳化深度。

2.4 长期性能与维护问题

混凝土结构的长期性能受环境侵蚀与荷载疲劳双重作用影响，碳化作用持续消耗碱性物质降低钢筋钝化膜保护能力，冻融循环引发内部孔隙水相变膨胀加剧微裂纹扩展，氯离子渗透在潮湿环境下形成电化学腐蚀加速截面损伤。重载交通的反复应力导致材料累积损伤超出弹性恢复阈值，结构刚度退化引发局部应力集中形成隐性缺陷，表面磨损使保护层厚度缩减削弱整体防护效能。维护过程中早期损伤识别受检测手段分辨率限制难以捕捉亚毫米级裂缝，修补材料与原结构界面粘结强度受施工条件制约易产生二次剥离，温湿度交变环境下新旧混凝土收缩差异诱发界面应力集中，耐久性提升面临材料适配性与工艺协同性的双重考验。

3 混凝土施工技术在道路桥梁工程中的应用方法

3.1 混凝土配合比设计与优化

混凝土配合比设计需综合考虑材料特性与施工条件的

动态平衡，骨料级配离散性要求设计阶段预先测算不同粒径颗粒的堆积密实度，胶凝材料活性差异促使实验室反复验证水胶比阈值以匹配现场振捣工艺。砂率调整需关联拌合物坍落度保持能力与泵送阻力间的制约关系，矿物掺合料品种选择应兼顾早期强度发展规律与长期耐久性需求。施工现场温湿度波动迫使配合比预留可调节区间，运输时间与浇筑效率的匹配程度直接影响减水剂掺量的精准控制，骨料含水率实时监测数据必须同步反馈至搅拌站动态修正用水量。结构部位差异导致配合比分级细化，墩柱等大体积构件需侧重降低水化热峰值，桥面铺装层则优先保障耐磨性与抗渗指标。外加剂复配方案应建立在对水泥适应性系统评价基础上，缓凝组分与早强组分的协同作用需平衡不同季节施工的凝结时间窗口^[1]。

3.2 混凝土原材料的选择与质量控制

原材料筛选基于工程承载力与环境适应性双重考量，水泥标号的选择必须与结构设计强度等级形成梯度匹配，在确定水泥标号时需结合结构承载力需求与后期碳化速率进行逆向推演，避免早期强度过高引发水化热集中。粗骨料最大粒径需根据钢筋净距调整以规避蜂窝麻面缺陷，细骨料含泥量控制需采用多级水洗工艺降低黏土矿物对界面过渡区的弱化效应，含粉量超限会干扰减水剂分散效能导致坍落度异常损失。掺合料活性指数的验证是保障混凝土耐久性的前置条件，矿粉细度与烧失量指标需通过 X 射线衍射分析确认晶体结构稳定性，粉煤灰需进行火山灰活性试验判定其对氯离子固化能力，活性不足的掺合料将削弱混凝土抗渗性与抗硫酸盐侵蚀能力。外加剂与胶凝材料的相容性测试应贯穿于施工全过程，聚羧酸减水剂的分子结构差异可能导致水泥颗粒表面吸附不均衡，引发流动度经时损失突变，引气剂气泡稳定性需结合搅拌时间与转速进行动态适配，气泡间距系数超标会降低混凝土抗冻融循环能力。

3.3 混凝土搅拌与运输技术

混凝土搅拌时间不足易导致粉煤灰颗粒团聚形成强度薄弱区，转速过高可能破坏骨料原生粒径分布进而影响堆积密实度。运输罐车调度策略应结合路况预判与浇筑工段需求动态调整，山区道路弯道离心力作用引发的浆体偏析要求罐体反转速度与道路曲率建立联动控制机制。操作人员对投料顺序的严格执行保障了外加剂在胶凝体系中的有效分散，砂石含水率骤变时的应急调整能力依赖于实时监测数据与搅拌站控制系统的无缝对接。运输途中拌合物坍落度损失补偿方案必须考虑气温突变对缓凝剂作用效率的非线性影响，长距离运输时分层浇筑间隔超限风险要求罐体保塑性能与工地调度指令形成闭环反馈。搅拌站除尘系统运行状态直接影响微细粉掺量的计量精度，骨料预冷或预热工艺的启停阈值需根据当日温差曲线与运距综合判定。

3.4 混凝土浇筑与振捣技术

混凝土浇筑过程依据结构形态与钢筋密度确定分层厚

度与布料顺序(如图1所示),大体积桥墩采用斜面分层推进法维持混凝土流动性避免冷缝形成,薄壁箱梁则需控制单层浇筑高度预防模板侧压力超限引发变形风险。振捣操作应根据构件截面尺寸选择适宜频率的插入式振捣器,钢筋密集区域采用直径较小的振捣棒以规避碰撞位移,振捣棒插入深度需穿透下层已浇筑混凝土五厘米以上保障层间结合力,相邻振捣点间距控制在振捣作用半径1.5倍范围内消除漏振空隙。温度监测系统需实时追踪混凝土内部水化热演变规律,在承台等大体积构件中布置分布式光纤传感器捕捉温度梯度变化,当芯部与表层温差超过临界值时启动循环水冷系统抑制温度应力裂缝发展。振捣时间控制需结合混凝土坍落度与气温动态调整,流动性较差时延长振捣时间促进气泡排出,高温环境下缩短单点振捣时长防止水分过度蒸发引发塑性收缩,振捣棒拔出速度保持每秒三至五厘米维持孔道回填密实度^[2]。



图1 混凝土浇筑示意图

3.5 混凝土养护与质量检测

混凝土养护过程需根据环境条件动态调整湿度保持方

案,高风速干燥地区采用双层土工布覆盖并辅以自动喷淋装置维持表面湿润状态,雨季施工时启用透气性薄膜防止雨水冲刷导致胶凝材料流失。温度调控系统需平衡水化热释放速率与散热需求,大体积承台内部预埋冷却水管与外部蓄水养护协同作用,通过调节水流速度将芯部温度梯度控制在允许范围内,避免内外温差过大引发温度裂缝。养护周期设定需结合水泥品种与掺合料特性灵活调整,早强型水泥缩短带模养护时间但需延长保湿养护期补偿后期水化用水,矿物掺合料占比高的混凝土延长湿养护时间激发火山灰效应提升密实度。表面硬度监测指导养护终止时机,回弹仪测试值达到设计强度70%后逐步减少保湿频次,过渡期保持间断性养护防止水分骤减引发收缩应力,桥面铺装层终凝后采用养护剂成膜技术替代传统洒水减少交通封闭时间^[3]。

4 结语

在混凝土施工技术革新方面需对材料性能提升与工艺参数优化予以兼顾,通过精确控制水灰比、引入矿物掺合料这类举措,能够使结构密实度得到有效改善。在施工过程中,对浇筑速度与分层厚度进行动态调整有利于规避冷缝缺陷;而智能温控养护技术在抑制温度裂缝发展有着重要作用。建议行业去建立基于全生命周期的质量评估模型,融合无损检测技术实时监控结构健康状态。未来研究可聚焦于纳米改性混凝土的工程适配性,对自修复材料在裂缝控制中的应用潜力加以探索;同时需加强针对极端气候条件下的施工预案的研究工作,推动道路桥梁工程朝着高耐久、低维护的方向发展。

参考文献

- [1] 龚雪灵. 混凝土施工技术在道路桥梁工程施工中的应用探究[J]. 工程与建设, 2025, 39 (02): 384-386.
- [2] 周建国. 碳纤维混凝土技术在道路桥梁施工中的应用分析[J]. 运输经理世界, 2023, (33): 107-109.
- [3] 侣海波. 混凝土施工技术在道路桥梁工程施工中的应用分析[J]. 运输经理世界, 2023, (25): 82-84.