

混凝土施工技术与质量控制研究

史如友¹, 张丽^{2*}

(1. 山东绿建新材料有限公司, 山东 德州 253700;

2. 乐陵市综合检验检测中心, 山东 德州 253600)

摘要 混凝土施工质量直接关系到工程结构的安全性和耐久性。本文对混凝土核心施工技术的要点进行系统的阐述, 主要涉及配合比设计和优化、拌和运输和泵送、浇筑振捣、养护温控等施工技术环节。构建以全过程管理为核心的质量控制策略, 包括事前预控、事中过程控制、事后检查及缺陷处理等方面, 强调信息化和标准化建设的重要性, 以期对提高混凝土施工质量系统性和可靠性提供有益参考。

关键词 混凝土施工技术; 全过程管理; 质量控制

中图分类号: TU755

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.10.015

0 引言

在现代工程建设中, 混凝土是主要施工材料, 它的施工质量直接决定了工程结构的安全性、耐久性, 也影响着项目的经济效益。随着工程规模的不断扩大和技术要求的不断提升, 混凝土施工技术难点和管理挑战也越来越突出。本文围绕混凝土施工核心技术要点展开研究, 从配合比设计到养护温控进行系统的分析, 以技术优化和管理创新为目标, 建立全过程质量控制策略体系, 达到全面提高混凝土施工质量的目的, 为相关工程实践提供理论参考。

1 混凝土核心施工技术关键点

1.1 混凝土配合比设计与优化技术

混凝土配合比设计作为确定混凝土工作性、力学性能、耐久性的第一个技术环节, 实质上就是以水、水泥、粗细骨料为主要原料, 以满足混凝土强度、耐久性、工作性、经济性多元目标为约束条件, 矿物掺合料和化学外加剂与其他成分准确量化配比。现代高性能混凝土配合比设计已经超越传统强度单一导向而向以性能为本的设计理念转变^[1]。必须依据工程结构的设计强度等级、所处环境类别(冻融、氯盐侵蚀、硫酸盐侵蚀等)确定耐久性指标, 以此作为设计的根本前提。经过科学试配和优化过程确定关键参数: 水胶比作为影响混凝土强度和耐久性的核心参数需要在满足工作性要求的同时尽量取低; 砂率对拌合物和易性及密实度有直接影响, 需要依据骨料级配对其进行

优化筛选; 矿物掺合料(粉煤灰、矿渣粉、硅灰等)的掺入不仅具有经济效益, 更能显著改善混凝土的微观结构, 降低水化热, 促进了抗渗性和长期强度的提高, 但其掺量及组合方式需通过系统的实验进行验证; 外加剂如高效减水剂的使用使制备低水胶比和高流动性混凝土得以实现, 但它与水泥和掺合料之间的相容性须经过严格测试。配合比优化作为一个动态迭代的过程, 需要综合考虑各地原材料波动特点, 利用统计学方法对其进行多轮试配和性能测试, 并最终确定具体生产和建设情况下最为稳定的方案、最为经济的基准配合比及其容许调整范围的确定, 为大规模建设提供可靠的技术基础^[2]。

1.2 混凝土拌和、运输与泵送技术

混凝土由原材料向均质流态体转变的过程是从拌和开始, 通过输送和泵送到达浇筑面, 这一链条上任何一个环节失去控制都会使混凝土性能发生衰变。拌和工序以达到各种成分绝对均匀地分布为中心目的。这就需要使用性能平稳的强制式搅拌设备和严格控制投料顺序及搅拌时间。一般采取先投加一部分水和外加剂, 然后投加骨料和胶凝材料, 最后补加余量的过程来保证外加剂有效地分散和水泥颗粒完全湿润。搅拌时间的长短需视搅拌机的类型, 混凝土坍落度的要求通过实验来决定, 搅拌不充分可造成匀质性变差, 太长可造成拌合物的温度上升和工作性损失^[3]。运输环节关键是保持混凝土均匀性和工作性, 以防离析及

作者简介: 史如友(1979-), 男, 专科, 研究方向: 建筑材料。

*通信作者: 张丽(1999-), 女, 本科, 研究方向: 产品质量与安全。E-mail: 1033998416@qq.com

坍落度丢失。对商品混凝土来说,搅拌运输车的运输过程中罐体要低速转动;运输的时间和距离要有严格的限制,特别是在高温或者寒冷的天气需要保温或者隔热。泵送技术在混凝土施工中尤其在高层和超长距离浇筑中至关重要。可泵性要求混凝土既要有充分的流动性,又要有较好的内聚性和保水性,来抵御泵管压力过大时离析和泌水现象。这通常通过优化配合比(级配较好的骨料、适量掺粉煤灰、高性能泵送剂等)来实现。泵送之前需使用相同比例的砂浆或者水泥浆对管道进行润滑;泵送时,要保持连续运行,以防堵管和监测泵压的变化。整个拌、运、泵链条需要紧密连接,构成一个高效“物流”体系,以保证混凝土初凝之前浇筑完毕。

1.3 混凝土浇筑与振捣技术

浇筑和振捣作为流态混凝土向密实固态结构转变的关键成型工序,直接决定着其整体性、密实度、外观质量。在浇筑之前需要对模板内部杂物进行全面清理,对钢筋的位置、保护层的厚度、模板严密性和稳定性进行检查,对模板和基层进行全面润湿^[4]。浇筑时应按分层、分段、连续等原则进行。分层厚度需视振捣器性能和钢筋密度而定,一般不宜大于振捣棒的1.25倍作用长,以防下层混凝土在初凝之前不能完全振捣。浇筑顺序要从远的地方开始并逐步向后进行,以免产生冷缝;在竖向结构(墙、柱等)与水平结构(梁、板)交接处,应在下部结构浇筑后停歇1~2小时,待其初步沉实后再浇筑上部,以减少沉降裂缝。对体积较大的混凝土则需要采取分块、分层、推移式的连续浇筑,这样有利于散热。振捣是排除混凝土内部气泡,将钢筋完全致密地包裹在其中的一种核心方法。应选用合适的插入式或附着式振捣器,遵循“快插慢拔,垂直插入,插点匀速,逐点运动”的原则。振捣时间主要是根据混凝土表面出现浮浆,不再明显沉陷,没有大气泡冒出为标准,欠振造成不致密、过振造成粗骨料沉陷、浆体上浮等离析。对于钢筋密集的地区或者模板的一角,需要辅之以人工插捣的方式,以保证不出现死角。浇筑振捣的全过程都需要专人进行指挥和监视,以保证施工严格按照计划进行。

1.4 混凝土养护与温控技术

养护就是为水泥水化反应的进行提供合适的温度和湿度,从而保证混凝土强度的正常进行和预防有害裂缝出现的一项重要后期技术。养护其实质就是对混凝土温度和湿度历程进行调控。保湿养护的目的是防

止表面水分的过早挥发,以免干缩应力引起塑性收缩裂缝和早期收缩裂缝的出现^[5]。在混凝土终凝后(通常在完成浇筑后的12小时之内)应立即开始养护,方法包括覆盖湿麻袋、草帘并定期洒水,或喷涂养护剂形成保水膜,或采用蓄水养护。养护时间要满足规范要求,通常对使用硅酸盐水泥混凝土养护时间不少于七天;对于含有矿物掺合料或具有抗渗性要求的混凝土,其使用期限不应少于14天。温度控制特别对于大体积混凝土来说非常关键。水泥水化放热可使混凝土内温度剧烈上升,并在其表面上形成巨大温差而产生温度应力,该应力大于混凝土前期抗拉强度后,将诱发深层温度裂缝。温控策略包括“内降外保”:在内部,通过优化配合比(采用低热水泥、粉煤灰/矿渣掺加大)、预埋冷却水管通水循环、缓凝剂的掺加推迟温峰的出现等,使温升速率和峰值减小;在外部,通过覆盖保温材料(棉被、泡沫板等)减缓表面散热速率,降低内外温差,尤其在降温阶段需严格控制降温速率。现代施工中常采用预埋温度传感器的方式来实时监控混凝土内部温度,以达到信息化温控保证温差和降温速率一直处于安全阈值之内。

2 基于全过程管理的混凝土质量控制策略体系

2.1 事前预控策略

事前预控作为质量管理基石,核心就是要把质量隐患消灭在建设前,并通过有计划、有步骤地规划和准备,为优质建设创造条件。第一,要建立健全质量管理的组织架构,确定建设单位、监理单位、施工单位、检测单位等各方面的责任,实行质量责任制。第二,以技术预控为重点:需要组织细致的图纸会审和技术交底工作,让参与各方都能确切地了解设计意图和质量要求;编制有针对性和可操作性的具体施工方案,特别是对大体积混凝土、超高泵送、特殊气候条件下的施工困难,需要通过专家论证;对进场的所有原材料(水泥、骨料、外加剂、掺合料等)执行严格的“准入制”,核出厂合格证与检验报告,并按规定进行见证取样复试,确保材料质量源头可控。第三,对搅拌站、泵送设备、振捣工具、测温仪器及其他施工机具等进行全面检验、校准、维修,确保其各项性能保持良好。第四,针对作业人员尤其是关键岗位操作工和质检员开展专项培训和技术考核以加强他们质量意识和技能水平。通过该系列系统化预控措施为混凝土施工建立稳固的工艺、管理、资源基础。

2.2 事中过程控制策略

在整个混凝土施工过程中,可动态、实时地监测和控制预控过程,这是保证预控方案准确实施的关键环节。它的控制渗透在配合比的实施、拌和、运输、浇注、振捣、养护的各个子工序中。搅拌站内,要落实开盘鉴定制度、检查配合比的投入情况,对拌合物的坍落度和扩展度进行监测,按指定的频率保留样品。运输和浇筑现场要对现场混凝土坍落度、温度、均匀性等进行抽查,不合格混凝土禁止使用。浇筑时需要旁站监理和施工质检员进行全程监管,保证浇筑顺序、分层厚度、振捣操作严格按照计划进行,同时对试件制作是否真实和具有代表性进行监管。对大体积混凝土或者重要结构部位进行温度监测是过程控制中的关键,保温保湿措施需要根据监测到的数据进行动态调整。在过程控制中也突出工序交接检查的重要性,前道工序不过关,坚决不进后面的工序。此外,还运用现代信息技术(GPS)实时追踪搅拌车位置和运输时间,并通过视频监控关键作业点。结合物联网传感器,将温湿度、坍落度等数据实时上传至管理平台,实现施工过程可视化、数据化管理,大幅提升监控效率和精准度。

2.3 事后检验与缺陷处理策略

事后检查是对完成混凝土工程的实体质量进行最后的核实和评定,为质量责任判定奠定基础。检验内容包括实体强度检验(回弹法、超声回弹综合法和钻芯法等方法都是无损或者微损伤的)、外观质量检查(尺寸偏差、平整度、蜂窝、麻面、裂缝)、根据设计要求的专项检测(钢筋保护层的厚度、结构的位置和大小、抗渗性能的好坏)。各项检测都需要依据国家标准中确定的抽样方法,频次及评定标准,检测报告要做到客观、公正、可追溯。对检测出的质量缺陷一定要制定科学的缺陷处理流程。需由技术、质检人员会同监理、设计单位(必要时)对缺陷的性质、范围、成因及对结构安全和使用功能的影响进行评估与鉴定。依据鉴定结果制定了有针对性技术处理方案。对于一般表面缺陷(较小的蜂窝、麻面),可采用高标准砂浆修补;对于影响结构性能的缺陷(深度蜂窝、孔洞、裂缝等超标),则可能需采用高压注浆、置换混凝土(凿去、再灌注高强灌浆料或者细石混凝土)等加固补强措施。一切修补处理都要有记录和再检查后才能接受。

2.4 质量控制的信息化与标准化建设

数字化时代下,信息化和标准化是推动混凝土施工质量管理水平不断提高的两个支柱。信息化建设的

目标是建设集数据采集、传输、存储、分析、决策支持为一体的智慧管理平台。平台能够整合搅拌站的生产数据、实验室测试数据、交通 GPS 数据、现场浇筑监控视频、温湿度传感器数据和实体测试数据,将原材料至工程实体全程数据打通。通过大数据分析,追溯质量问题根源,预测质量风险(基于配合比和温度数据对开裂风险进行预测),优化施工参数,实现质量控制的智能化预警与前瞻性决策。技术标准和管理流程的标准化是标准化建设的一部分。一方面,企业要以国标、行标为依据,根据自身工程实际,制定出更加具体、严谨的内部施工工艺标准、操作规程、质量验收企业标准。另一方面,将成功的质量管理流程,如材料验收流程、开盘鉴定流程、旁站监理流程、缺陷处理流程等,固化为标准作业程序(SOP),并且通过信息化平台进行强制实施,降低人为因素干扰及随意性。信息化给标准化带来高效实施手段,标准化给信息化带来科学管理内涵,两者深度结合共同促进混凝土施工质量管理由“经验驱动”到“数据驱动”“流程驱动”现代化模式的转变。

3 结束语

混凝土施工技术和质量控制属于系统性项目,需要考虑技术细节和全过程管理。本文通过剖析混凝土关键施工技术,提出事前、事中、事后全链条控制策略,强调标准化和信息化对质量保障的重要性,突出标准化施工流程与信息化管理手段对质量保障的核心作用。未来,在材料科学和智能技术不断发展的背景下,混凝土施工质量管控会越来越精细化和智能化,进而促进工程建设质量不断向着更高的方向发展。

参考文献:

- [1] 陈乾年. 预应力混凝土地坪的应用及施工技术分析[J]. 中国建筑金属结构, 2025, 24(24): 37-39.
- [2] 于凯. 建筑混凝土框架结构施工缝留设及施工关键技术[J]. 中国建筑装饰装修, 2025(24): 177-179.
- [3] 金超, 孙志英, 莫任正, 等. 钢筋混凝土倾斜框架结构施工技术与质量控制: 以倾斜训练楼工程为例[J]. 中国建筑装饰装修, 2025(24): 189-191.
- [4] 陈云. 大体积混凝土浇筑施工技术全流程优化与质量控制研究[J]. 中国建筑装饰装修, 2025(24): 156-158.
- [5] 李小民, 洪张春. 重力式码头大体积胸墙混凝土施工质量控制技术研究[J]. 港口航道与近海工程, 2025, 62(06): 119-123.