

建筑工程现浇混凝土施工技术应用及质量控制研究

李建新

单县村镇建设和房屋征收服务中心 山东 菏泽 274300

摘 要：现浇混凝土是建筑工程中最主要的结构形式，其施工技术与质量控制水平直接关系到建筑结构的安全性、耐久性与使用功能。随着建筑向高层化、大跨度、复杂异形方向发展，现浇混凝土施工面临流动性大、作业环境多变、质量控制环节繁多等突出挑战。本文立足于建筑工程现浇混凝土施工的全流程，系统分析了模板工程、钢筋工程、混凝土制备与运输、浇筑振捣、养护及特殊季节施工等关键环节的技术应用要点；在此基础上，从原材料质量控制、配合比优化、施工过程精细化管理、质量通病防治及检验检测等方面构建了系统化的质量控制体系，并探讨了信息化与智能化技术在质量控制中的应用前景，旨在为提升现浇混凝土结构施工质量提供系统的技术与管理参考。

关键词：建筑工程；现浇混凝土；施工技术；质量控制；质量通病

引言

混凝土结构凭借整体性好、耐久性强及造价经济等优势，成为现代建筑工程的主流形式。现浇混凝土施工通过现场支模、绑筋、浇筑及养护等工序形成构件，相较于预制装配式结构，其整体性强、抗震性能优越且能适应复杂造型，在高层建筑、大型公建及重要基础设施中占据主导地位。然而，现浇施工工序繁多，受材料、环境、工艺及人员等多重因素影响，质量波动较大。常见的蜂窝、麻面、裂缝及强度不足等通病，不仅影响外观，更削弱结构承载力与耐久性，缩短建筑寿命。近年来，随着建筑高度增加、结构复杂化及绿色施工要求趋严，技术挑战加剧。如何在保证效率的同时有效控制混凝土质量，已成为工程界持续关注的核心议题。

1 现浇混凝土主要施工技术应用分析

1.1 模板工程施工技术

模板系统由模板面板、支撑体系和连接配件三部分组成，按材料可分为木模板、钢模板、铝合金模板及复合模板等。当前，铝合金模板因其重量轻、周转次数多、混凝土成型质量好，在高层建筑标准层施工中得到了越来越广泛的应用；大模板和爬模技术则在超高层核心筒施工中发挥着重要作用。模板安装的核心技术要求包括：确保模板具有足够的强度、刚度和稳定性，能可靠承受新浇混凝土的自重和侧压力以及施工荷载；模板的拼接缝应严密，接缝宽度不超过规定限值，防止漏浆；模板安装完成后，应对其位置、标高、垂直度和平整度进行全面复核，偏差应控制在规范允许范围内。对于高大模板支撑体系（高度超过8m或跨度超过18m或施工总荷载大于 15kN/m^2 ），必须编制专项施工方案，并组织专家论证。模板拆除的时间应根据混凝土同条件养

护试件的强度确定，遵循“先支后拆、后支先拆”的原则，确保拆模时混凝土已具备足够的承载能力。

1.2 钢筋工程施工技术

钢筋工程涵盖原材料检验、加工制作、绑扎安装及连接等环节。进场钢筋须进行力学性能及重量偏差检验，合格后方可使用。加工需严格遵循设计图纸与规范，确保弯钩、弯折及箍筋尺寸偏差在允许范围内。钢筋连接主要采用绑扎搭接、焊接和机械连接三种方式^[1]。绑扎搭接适用于直径不大于25mm的钢筋，搭接长度须符合设计要求；焊接包括电弧焊、电渣压力焊和闪光对焊等，焊工须持证上岗且质量满足规程；机械连接（如直螺纹套筒）是大直径钢筋主流方式，具有接头强度高、质量稳定等优点，但需严控丝头加工质量和拧紧力矩。安装过程中，应重点控制钢筋位置、间距、保护层厚度及锚固长度。保护层厚度通过垫块或塑料卡环控制，间距不宜大于1.0m；双层钢筋网片间应设置马凳筋支撑，防止浇筑时位移，确保结构安全。

1.3 混凝土制备与运输技术

目前商品混凝土已在城市建筑工程中全面普及，搅拌站的计量精度、搅拌时间和原材料质量是控制重点。混凝土配合比设计应满足强度等级、耐久性和工作性的要求，水胶比是影响强度和耐久性的关键参数，应严格控制。外加剂（如减水剂、缓凝剂、早强剂等）的使用应经过适配试验，确保与水泥品种相容。混凝土运输过程中应防止离析、泌水和坍落度损失。运输时间不宜超过混凝土初凝时间，一般自搅拌结束至浇筑完毕不宜超过90分钟。在高温季节，应采取措施降低运输罐车筒体温度，减少坍落度损失。运抵现场的混凝土须进行坍落度检测，确认其工作性满足浇筑要求。对于泵送混凝

土,还应检测其可泵性,防止堵管事故。

1.4 混凝土浇筑与振捣技术

浇筑和振捣是决定混凝土密实性和均匀性的关键工序。浇筑前应清理模板内的杂物和积水,检查钢筋保护层和预埋件位置。混凝土浇筑宜分层进行,每层厚度一般为300~500mm,应在前一层混凝土初凝前完成上一层浇筑,防止形成冷缝。对于竖向构件(柱、墙),应采用分层浇筑、分层振捣的方法,分层高度一般不超过500mm;梁板结构宜采用连续浇筑,施工缝应留设在剪力较小且便于施工的部位。振捣使混凝土密实成型的主要手段,其作用是排除混凝土中的气泡、填满模板空间并使水泥浆均匀包裹骨料。振捣方式分为插入式振捣和附着式振捣^[2]。插入式振捣器使用时应按“快插慢拔”的原则操作,插点间距不应大于振捣棒有效作用半径的1.5倍,每个插点的振捣时间以混凝土表面不再下沉、不再出现气泡并泛出水泥浆为宜,一般为20~30秒,过振会造成离析,欠振则导致不密实。对于大体积混凝土和结构复杂部位,还应采取二次振捣工艺,即在混凝土初凝前后进行第二次振捣,消除早期沉缩裂缝并提高界面粘结强度。

1.5 混凝土养护与拆模技术

养护是保证水泥水化充分进行、混凝土强度正常发展的必要环节。养护方法应根据结构特点和环境条件选择,包括自然养护、蓄水养护、覆盖养护和养护剂喷涂等。在常温条件下,普通混凝土的养护时间不应少于7天,对于有抗渗、抗冻要求的重要结构,养护时间应延长至14天。养护期间应保持混凝土表面持续湿润,防止因干燥收缩而产生裂缝。在高温或大风天气,应及时覆盖保湿材料或喷洒养护剂,减少水分蒸发。拆模后,应对混凝土表面进行检查,发现的轻微缺陷应及时修补,并继续养护至规定龄期。

1.6 特殊季节施工技术

在高温季节施工时,应控制混凝土入模温度不超过35℃。可采取对原材料进行降温处理(如用冰水拌和、骨料遮阳降温)、选择夜间浇筑、减少运输时间和在输送管上覆盖湿布等降温措施。在冬季施工时,当日平均气温连续5天低于5℃时,应启动冬季施工方案。主要措施包括:采用热水拌和混凝土、在混凝土中掺入早强剂和防冻剂、对模板和钢筋进行预热、浇筑完成后及时覆盖保温材料(如棉毡、草帘)等。冬季施工中,混凝土的出机温度不宜低于10℃,入模温度不宜低于5℃,并应延长养护时间和留置额外的同条件养护试件,以准确判断混凝土的强度发展情况。

2 现浇混凝土施工质量控制体系

2.1 原材料质量控制

原材料的质量是混凝土质量的第一道防线。水泥应选用质量稳定的大厂产品,进场后按批次进行强度、安定性和凝结时间检验。粗骨料的粒径、级配、含泥量和针片状含量应满足规范要求;细骨料应控制细度模数和含泥量,不得使用含泥量超标的海砂或山砂。水应采用饮用水或经检验合格的非饮用水。外加剂和外掺料(粉煤灰、矿渣粉等)的品种和掺量须经过配合比试验验证。原材料进场应建立台账和验收制度,做到“先检后用、不合格不进场”。

2.2 配合比优化与动态调整

混凝土配合比须根据设计强度等级、施工条件和环境温度进行设计、试验和优化。在确定配合比时,应综合考虑强度、耐久性、工作性和经济性。施工现场应根据骨料含水率的变化及时调整施工配合比,确保水胶比的准确性^[3]。对于高层建筑泵送混凝土,还应考虑泵送高度对坍落度损失的影响,适当调整初始坍落度和外加剂掺量。

2.3 施工过程精细化管理

施工过程的质量控制应贯穿于每一道工序。在模板安装后,应进行“三检制”——班组自检、质检员专检和监理工程师验收,合格后方可进入钢筋安装工序。钢筋隐蔽工程验收是强制性程序,必须在混凝土浇筑前完成。混凝土浇筑前应进行技术交底,明确浇筑顺序、振捣要求和应急措施。浇筑过程中,应安排专人全程值班,监控模板变形、钢筋位移和混凝土质量,并按规定制作标准养护和同条件养护试件。每车混凝土的坍落度检测和试件留置应有记录,做到可追溯。

2.4 常见质量通病防治

混凝土结构常见质量通病包括蜂窝、麻面、孔洞、露筋、裂缝和外形缺陷等。蜂窝和孔洞主要由振捣不密实或漏振引起,防治措施是加强振捣作业管理,确保振捣覆盖无死角,特别是在钢筋密集区和预埋件周边应适当减小插点间距。麻面多由模板表面不光滑、脱模剂涂刷不均匀或模板湿润不足造成,应确保模板清洁、脱模剂涂刷到位。露筋通常因保护层垫块设置不足或浇筑过程中钢筋位移所致,应在浇筑前仔细检查保护层厚度,并在浇筑中安排专人看护钢筋位置。裂缝是现浇混凝土最常见的质量通病之一,其成因复杂,包括塑性收缩裂缝、干缩裂缝、温度裂缝和沉降裂缝等。塑性收缩裂缝发生在混凝土凝固前,由表面水分蒸发过快引起,防治措施是在高温大风天气及时覆盖塑料薄膜或喷洒养护

剂。干缩裂缝由养护不当引起,应保证足够的养护时间和湿度^[4]。大体积混凝土的温度裂缝需要通过控制入模温度、分层浇筑、设置冷却水管等措施来控制。对于已出现的非结构性裂缝,可采用环氧树脂灌缝或表面封闭处理。

2.5 质量检验与验收体系

质量检验是验证混凝土施工质量的最终手段。混凝土强度检验以28d标准养护试件的抗压强度为依据,试件应在浇筑地点随机取样制作,取样频率应符合规范要求。结构实体检验可采用回弹法、钻芯法或超声回弹综合法等无损或微破损检测方法。外观质量验收应按“一般缺陷”和“严重缺陷”分类处理,严重缺陷须经设计单位确认处理方案后方可修补。结构尺寸偏差应在允许范围内,超差点应及时整改。所有质量检验资料和隐蔽工程验收记录应完整归档,作为工程验收和质量追溯的依据。

3 信息化技术在现浇混凝土质量控制中的应用

3.1 混凝土生产与运输的实时监控

基于物联网的商品混凝土信息管理系统,可在搅拌站实时采集每盘混凝土的配合比、计量数据和搅拌时间,通过GPS定位跟踪每辆运输车的轨迹和运行状态,确保混凝土按时、按量、按质送达施工现场。现场人员可通过移动终端核对混凝土标号和坍落度信息,有效防止错用和混用。

3.2 大体积混凝土温度自动监测

在大体积混凝土基础或厚板施工中,温度控制是防止温度裂缝的关键。通过预埋温度传感器,结合自动采集系统,对混凝土内部不同深度和表面温度进行连续监测,实时计算内外温差和降温速率,当接近预警值时自动报警,指导养护措施的调整。

3.3 基于BIM的施工质量可视化管控

建筑信息模型(BIM)技术在混凝土施工中的应用包括模板和钢筋的碰撞检查——通过BIM模型预先发现钢筋

与预埋件、钢筋与模板之间的空间冲突,在施工前完成设计修正,避免现场返工。同时,BIM模型可与施工进度计划关联,实现基于流水段的材料用量统计和质量验收信息挂接,使施工过程管理更为直观和高效。

3.4 智能养护系统

智能养护系统通过环境传感器监测养护区域的温湿度变化,根据预设的养护制度自动启闭喷淋或喷雾设备,确保护养条件始终处于最优区间。该系统可在节约人力的同时提高养护质量的一致性,尤其适用于大平面楼板和混凝土的养护作业,避免了因人为疏忽导致的养护中断或不足。

4 结语

现浇混凝土施工关乎建筑安全与耐久性。本文围绕模板、钢筋、混凝土制备运输、浇筑振捣、养护及特殊季节施工等全流程,分析技术要点;从原材料管控、配合比优化、过程精细化、通病防治及检验验收构建系统化质量控制框架。核心认识为:质控是系统工程,需坚持“材料基础、配合比核心、施工关键、养护保障、检验验证”的全链条理念;应将传统工艺精细化与信息智能化结合,实现精准感知、动态调控与闭环管理。随着建筑工业化与数字化发展,预制与现浇结合的装配式建造及智能施工手段,将进一步推动施工质量提升,为建筑安全耐久提供坚实保障。

参考文献

- [1]叶列平,冯鹏,刘明辉.现代混凝土结构施工技术进展与质量控制[J].建筑结构学报,2023,44(6):1-12.
- [2]王铁梦,周士琼,韩素芳.现浇混凝土裂缝控制理论与工程实践[J].工业建筑,2022,52(9):89-96.
- [3]刘加平,冉千平,刘建忠.外加剂在现浇混凝土工程中的应用现状与发展[J].建筑材料学报,2023,26(4):381-390.
- [4]阎培渝,张林,王强.现代混凝土养护技术及质量控制要点[J].施工技术,2022,51(15):56-63.