

高层建筑大体积混凝土浇筑施工裂缝控制与管理优化

胡立明¹ 文回²

1 温州华邦工程项目管理有限公司

2 华睿诚项目管理有限公司益阳分公司

DOI:10.12238/etd.v6i10.17222

[摘要] 高层建筑大体积混凝土浇筑施工时,裂缝问题影响结构安全与耐久性。本文聚焦裂缝控制与管理优化,从材料层面选用低热水泥、合理掺加外加剂优化配合比;施工时采用分层分段、跳仓法,布置冷却水管并做好保温保湿养护;管理上构建全流程体系,借助BIM技术协同管理,强化人员资源配置与风险应急处理,多举措降低裂缝产生风险,提升工程质量。

[关键词] 高层建筑; 大体积混凝土; 浇筑施工; 裂缝控制; 管理优化

中图分类号: TU755.7 文献标识码: A

Crack Control and Management Optimization for Mass Concrete Pouring Construction in High-Rise Buildings

Liming Hu¹ Hui Wen²

1 Wenzhou Huabang Engineering Project Management Co., Ltd.

2 Yiyang Branch, Huaricheng Project Management Co., Ltd.

[Abstract] During the pouring of mass concrete in high-rise buildings, cracking issues affect structural safety and durability. This study focuses on crack control and management optimization. At the material level, low-heat cement is selected, and admixtures are rationally incorporated to optimize the mix ratio. During construction, layered and segmented pouring methods, such as the jump-form technique, are adopted, with cooling water pipes installed and adequate thermal and moisture curing implemented. In terms of management, a full-process system is established, leveraging BIM technology for collaborative management, strengthening personnel resource allocation, and enhancing risk emergency response. These multi-faceted measures reduce the risk of crack formation and improve project quality.

[Key words] High-Rise Buildings; Mass Concrete; Pouring Construction; Crack Control; Management Optimization

引言

在城市化进程加速的当下,高层建筑如雨后春笋般涌现,大体积混凝土浇筑施工成为关键环节。然而,由于其体积庞大、水化热高、收缩变形大等特点,裂缝问题频发,严重影响建筑结构的安全性、耐久性与正常使用,给工程带来巨大经济损失与安全隐患。因此,深入探究高层建筑大体积混凝土浇筑施工裂缝控制与管理优化策略,具有极为重要的现实意义,是保障建筑工程质量、推动建筑行业可持续发展的迫切需求。

1 高层建筑大体积混凝土裂缝形成机理与影响因素分析

1.1 裂缝类型与危害

(1) 表面裂缝多因表层水分快速蒸发引发,深度通常小于50mm,对结构整体稳定性影响较小,但会削弱混凝土抗渗性;深

层裂缝深度可达结构截面尺寸的1/3~2/3,易导致钢筋锈蚀,影响结构耐久性;贯穿裂缝贯穿整个混凝土截面,会直接破坏结构整体性,大幅降低承载力。(2)裂缝会使雨水、腐蚀性介质渗入,加速钢筋的锈蚀,缩短结构使用寿命;贯穿裂缝还可能引发结构渗漏、整体变形,严重时甚至威胁建筑安全,增加维修成本与安全隐患。

1.2 裂缝形成机理

(1) 温度应力理论中,大体积混凝土水化过程释放大量热量,内部温度快速升高,而表面散热快,形成显著内外温差,当温差产生的拉应力超过混凝土抗拉强度时,便会引发裂缝。(2)收缩应力理论里,塑性收缩发生在混凝土初凝前,因表面水分蒸发过快,内部水分补给不足导致体积收缩;干燥收缩则在混凝土硬化后,随着水分逐渐散失,体积持续收缩,收缩受到约束时产生拉

应力,引发裂缝^[1]。(3)约束应力理论指出,基础对混凝土底部存在刚性约束,钢筋对混凝土变形也有约束作用,当混凝土因温度或收缩产生变形时,约束作用会产生拉应力,超过混凝土抗拉强度即形成裂缝。

1.3 关键影响因素

(1)材料因素中,低热水泥可减少水化热产生;连续级配骨料能降低混凝土收缩率;缓凝型外加剂可延缓水化热释放速度,改善混凝土工作性能,反之则易加剧裂缝风险。(2)施工因素里,分层浇筑可控制水化热积聚;及时养护能保持混凝土湿度,减少收缩;振捣不密实会导致混凝土内部存在空隙,降低抗拉强度,增加裂缝产生概率。(3)环境因素方面,高温、大风天气会加快混凝土表面水分蒸发,增大收缩裂缝风险;低湿度环境会加速混凝土干燥收缩,不利于裂缝控制。(4)管理因素上,不合理的进度计划可能导致施工节奏过快,养护时间不足;资源配置不足会影响浇筑、振捣质量;缺乏应急预案,面对突发天气等情况时无法及时采取措施,易引发裂缝。

2 高层建筑大体积混凝土浇筑施工裂缝控制关键技术

2.1 材料优化技术

(1)低热水泥(如低热矿渣硅酸盐水泥)可从源头减少水化热生成量,搭配粉煤灰、矿渣等矿物掺合料效果更显著。粉煤灰能替代部分水泥,降低水化热峰值,同时改善混凝土和易性与密实度;矿渣粉可细化混凝土内部孔隙结构,增强抗裂性能,一般掺量控制在胶凝材料总量的20%~40%,需根据工程强度要求调整。(2)膨胀剂(如钙矾石型膨胀剂)在混凝土硬化过程中产生适度体积膨胀,抵消干燥收缩产生的拉应力,掺量通常为胶凝材料总量的6%~12%,需与混凝土配合比适配。纤维增强技术(如聚丙烯纤维、钢纤维)可提高混凝土抗拉强度与韧性,聚丙烯纤维掺量0.6~1.0kg/m³,能有效抑制塑性收缩裂缝;钢纤维掺量30~50kg/m³,可增强混凝土抗裂与抗冲击能力。(3)配合比优化需严格控制水胶比,一般不大于0.45,降低混凝土干缩率;砂率控制在35%~40%,选用中砂或粗砂,减少砂的比表面积,降低水泥用量。同时通过试配调整粗细骨料级配,确保混凝土密实度,在满足强度要求的前提下,最大限度减少水化热与收缩风险。

2.2 温度控制技术

(1)冷却水管布置采用多层梅花形排列,管间距1.5~2.0m,管径选用DN40~DN50钢管,管壁间距混凝土表面不小于100mm。通水冷却工艺需在混凝土浇筑完成后12~24h启动,初期通入20~25℃循环水,控制混凝土内部最高温度不超过65℃,内外温差不大于25℃,根据温度监测数据调整通水流量与水温,冷却过程持续7~14d。(2)保温保湿养护优先选用阻燃型土工布+塑料薄膜双层覆盖,覆盖层厚度根据环境温度调整,冬季可增设岩棉被。喷淋系统采用自动定时喷淋,保持混凝土表面湿润,养护时间不少于14d(抗渗混凝土不少于28d),确保混凝土在湿润环境中缓慢硬化,减少温度梯度与干燥收缩^[2]。(3)跳仓法施工将大体积混凝土分块浇筑,块体划分遵循“跳仓间隔不小于7d、块体边长不大

于40m”原则。通过设置施工缝释放早期温度应力与收缩应力,待先浇筑块体完成大部分收缩后,再浇筑相邻块体,有效避免大面积连续浇筑产生的累积应力导致裂缝。

2.3 收缩补偿技术

(1)补偿收缩混凝土配制以膨胀剂为核心,搭配合理的胶凝材料体系,确保混凝土在标准养护条件下14d自由膨胀率达到0.02%~0.04%。配制时需通过试验验证膨胀效能,保证膨胀量与收缩量平衡,同时控制混凝土坍落度、凝结时间等工作性能,满足浇筑施工要求。(2)后浇带设置间距20~30m,宽度800~1000mm,采用企口缝或钢板止水带止水。封闭时机需满足“混凝土浇筑完成后不少于42d、混凝土内部温度降至环境温度±5℃内、收缩基本稳定”三个条件,封闭前清理后浇带内杂物,采用比两侧混凝土强度高一个等级的补偿收缩混凝土浇筑,振捣密实后加强养护。

2.4 施工工艺改进

(1)分层分段浇筑采用“斜面分层、薄层浇筑”方式,分层厚度控制在300~500mm,段间浇筑间隔不超过混凝土初凝时间(一般3~6h)。对于厚度超过2m的构件,采用阶梯式分层浇筑,确保上下层混凝土结合紧密,减少水化热积聚,每层浇筑速度控制在2~3m/h,避免冷缝产生。(2)二次振捣在混凝土初凝前(浇筑完成后1~2h)进行,采用插入式振捣器,振捣时间以混凝土表面不再泛浆、无气泡逸出为宜,可消除混凝土内部空隙,提高密实度,增强抗裂性能。表面处理在二次振捣后进行,先用木抹子压实搓平,初凝后终凝前再用铁抹子收光,减少表面裂缝^[3]。(3)智能化监测技术需在混凝土内部布设温度传感器与应变计,温度传感器间距2~3m,重点监测核心区、表面及环境温度,数据采集频率1~2h/次;应变计布置在受力关键部位,监测混凝土应力变化。通过智能监测平台实时分析数据,当温度或应力超标时自动预警,及时调整养护或冷却措施。

3 高层建筑大体积混凝土浇筑施工管理优化策略

3.1 全流程管理体系构建

(1)前期策划需以“预防为主、精准管控”为核心,方案编制要结合项目地质条件、构件尺寸及气候特征,明确材料选型标准、温度控制指标及施工工艺参数,例如针对超厚基础底板,需专项设计冷却水管布置方案与分层浇筑流程。风险评估需识别水化热积聚、收缩裂缝等关键风险点,采用FMEA(故障模式与影响分析)方法量化风险等级,制定“一风险一应对”的预控措施,同时组织设计、施工、监理三方进行方案评审,确保技术可行性与安全性。(2)过程控制需强化技术交底与实时监测的联动性。技术交底采用“图文+现场演示”模式,向作业班组明确振捣深度、养护频次等关键操作要求,交底覆盖率需达100%,并留存签字记录。实时监测需依托智能化平台,对混凝土温度、应变及养护湿度数据进行动态追踪,当监测值接近预警阈值(如内外温差达22℃)时,自动推送提醒至管理人员,及时启动保温加强或通水流量调整等措施,确保过程偏差可控。(3)后期验收需细化裂缝检测与修复标准。裂缝检测采用“目测+超声波探伤”结合方

式,对表面裂缝记录长度、宽度(精度达0.02mm),对深层裂缝通过超声波确定深度与走向,形成检测报告。修复方案需根据裂缝等级制定,表面裂缝采用环氧树脂砂浆封闭,深层裂缝采用压力注浆(注浆压力0.3~0.5MPa),修复后需进行7d跟踪监测,验证修复效果,确保结构耐久性达标。

3.2 基于BIM的协同管理

(1)三维模型构建需整合混凝土构件、冷却水管、钢筋等多专业信息,精度达LOD400,清晰呈现各构件空间位置与连接关系。施工模拟需重点模拟浇筑流程,通过时间维度动态展示分层浇筑顺序、布料机行走路径及人员配置,提前发现浇筑重叠或作业冲突问题;同时模拟温度场分布,预测不同养护方案下的温度变化曲线,优化保温层铺设时机与范围,减少现场试错成本。(2)碰撞检测需覆盖混凝土构件与机电管线、冷却水管与钢筋等关键部位,利用BIM软件自动识别碰撞点(如冷却水管与预埋套管冲突),生成碰撞报告并标注位置坐标,组织各专业协商调整方案,例如优化水管走向或调整钢筋间距,避免后期凿改混凝土引发裂缝。进度优化需将BIM模型与施工计划关联,通过4D模拟(3D模型+时间维度)对比实际进度与计划进度偏差,当出现材料供应延迟等问题时,自动生成进度调整建议,如优先浇筑关键区域,确保总工期可控^[4]。

3.3 人员与资源配置管理

(1)专业化团队培训需分岗位制定培训计划,技术管理人员重点培训BIM操作、温度监测数据分析等技能,作业人员重点培训振捣操作、养护流程等实操内容,培训后通过理论考试(合格线80分)与现场实操考核(合格率需达95%)方可上岗。定期组织案例教学,分析过往工程裂缝事故原因,强化风险防范意识,同时建立绩效考核机制,将混凝土强度达标率、裂缝控制效果与薪酬挂钩,提升团队执行力。(2)应急物资储备需按“3倍日常用量+专项储备”标准配置,常规物资(如土工布、测温仪)存放于现场仓库,标注清晰库存数量与使用位置;应急物资(如速凝型修补材料、备用冷却水泵)单独存放,制定物资清单并定期盘点(每月1次),确保完好率100%。资源动态调配需建立信息化台账,实时跟踪混凝土供应量、设备运行状态(如振捣器故障情况),当某

区域出现资源短缺时,通过调度平台快速调拨,例如从备用区调配振捣设备,避免因资源不足导致浇筑中断。

3.4 风险管理与应急预案

(1)极端天气应对需提前获取72h天气预报,针对高温($\geq 35^{\circ}\text{C}$)天气,制定“错峰浇筑”方案(选择20:00~次日6:00浇筑),同时准备遮阳棚与降温喷雾设备,降低混凝土入模温度(控制在30°C以内);针对暴雨天气,提前检查排水系统,准备防雨布(覆盖面积需超浇筑区域1.2倍),浇筑过程中遇暴雨时,立即停止作业并覆盖防雨布,雨后检查混凝土表面状况,必要时进行二次振捣。(2)突发裂缝紧急处理需遵循“快速响应、科学处置”原则,当发现裂缝时,首先通过监测系统确认裂缝发展趋势,若裂缝宽度 $\leq 0.2\text{mm}$ 且无扩展迹象,立即组织人员清理裂缝表面,采用水泥基渗透结晶型涂料封闭;若裂缝宽度 $>0.2\text{mm}$ 或持续扩展,立即停止该区域后续施工,设置警示围挡,同时启动注浆修复预案,调配专业队伍采用环氧树脂浆液进行压力注浆,修复过程中每2h监测1次裂缝变化,直至裂缝稳定,避免风险扩大。

4 结束语

高层建筑大体积混凝土浇筑施工中,裂缝控制与管理优化是一项系统且复杂的工程。通过对其形成机理与影响因素的深入剖析,从材料、温度、收缩补偿及施工工艺等多维度采取关键技术措施,同时构建全流程管理体系、运用BIM协同管理、强化人员资源配置与风险管理,可有效减少裂缝产生。未来,应持续探索新技术、新方法,不断提升裂缝控制水平,保障高层建筑的安全与耐久。

参考文献

- [1]刘耀龙.高层建筑工程中大体积混凝土施工裂缝防治技术研究[J].工程机械与维修,2024,(03):26~28.
- [2]钟伯友.城市高层建筑大体积混凝土的裂缝类型分析与防治措施[J].大众科技,2024,26(01):51~54.
- [3]郭炎.高层建筑大体积混凝土施工中裂缝控制技术分析[J].佛山陶瓷,2025,35(03):155~157.
- [4]张倩.高层建筑混凝土结构裂缝控制技术[J].石材,2025,(03):100~102.