

高层建筑混凝土结构施工技术及质量控制分析

张永闯¹, 李永明^{2*}

(1. 荣华建设集团有限公司, 山东 莱西 266600;
2. 吉林市畅泽服务有限公司, 吉林省 吉林市 132000)

摘 要 高层建筑的蓬勃发展对混凝土结构施工技术及质量控制提出了更高要求。当前, 施工中面临着结构复杂、材料性能要求高、工艺集成度强等诸多挑战。本文系统分析了模板工程、高性能混凝土施工及特殊节点处理等关键技术, 并构建了覆盖全过程、聚焦重点环节的质量控制体系, 旨在为提升高层混凝土结构工程的安全性、耐久性及建造效率提供有益参考。

关键词 高层建筑; 混凝土结构; 模板工程设计; 高性能混凝土; 裂缝控制

中图分类号: TU974

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.21.035

0 引言

随着我国城市化进程持续推进, 高层建筑已成为城市建设中最常见的建筑类型。混凝土凭借高承载力、低成本的优势, 在高层建筑工程中得到了广泛的应用。但是, 随着建筑物的高度提升以及功能的增加, 也为施工带来高层泵送、大体积混凝土防裂、复杂节点施工等问题。这些问题都会对工程质量、寿命以及经济效益产生影响, 因此对施工技术进行研究并提出有效的精细化管理方法是非常必要的。

1 高层建筑的发展趋势与特点

目前, 高层建筑的发展日益趋向多样化、智能化与绿色化。一是建筑越来越高, 建筑形式也越来越多, 如“框架—核心筒”, “巨型框架—核心筒”, 以达到更好的抗震、抗风效果; 二是功能越来越多, “垂直城市”的理念也越来越受重视, 在一幢建筑物内可包含办公、居住、酒店、商业等多种用途, 对建筑的灵活性、承重能力提出更高要求。而新工艺的应用使高强混凝土、高性能钢材以及碳纤维等新型材料得到广泛应用, 显著改善了建筑物的经济性和安全性。在建筑业中, 工业化、智能化施工是趋势, 在高层建筑中大量采用液压爬模、预制构件、智能混凝土泵送以及建筑信息模型(BIM)等, 大大提高了施工效率与质量, 在环保、可持续发展上也贯穿整个高层建筑生命周期。例如: 节能玻璃、可再生资源利用以及智能化物业管理系统等都是为了节约能源和降低环境影响。所以可以说, 目前的高层建筑是技术力量的展示, 是高效空

间使用、先进技术和环境保护相结合的城市综合体, 同时也是社会发展、经济繁荣和技术进步的结果^[1]。

2 高层建筑混凝土结构关键施工技术分析

2.1 模板工程设计与施工技术

在高层建筑混凝土结构施工过程中, 模板工程是保证构件尺寸正确的前提, 在施工中起到非常关键的作用, 同时也是影响施工质量与安全的重要方面。由于现代社会对于高层建筑外观越来越重视, 对外墙垂直度和平整度也提出更高标准, 所以选择何种模板体系以及模板设计就成为一大问题。目前传统散拼模板已不再适合高速、高质量施工需求, 而液压爬模以及铝合金模板等新型模板体系已被大量使用。特别是液压爬模, 是以已完成墙体作为支撑点自行向上提升, 大幅度减少对高处塔吊使用次数以及周转材料数量, 加快核心筒等竖向结构施工进度。铝合金模板因其精度高、周转率高、混凝土成型效果好, 在以标准层为主的住宅类高层建筑中被大量采用。但做好模板工程, 需要有好的设计以及过程控制。设计时应考虑混凝土侧压力、施工荷载及风荷载等对模板的要求, 使模板具有足够的强度、刚度、稳定性。施工中从放线、模板安装直至脱模清理等工作都应按要求执行。

2.2 高性能混凝土的配制、输送与浇筑技术

高层建筑混凝土结构对于所用材料要求较高, 这对高性能混凝土的制备、长距离运输以及准确浇筑都是一种挑战。由于泵送高度通常超过百米甚至更高, 因此对混凝土强度、流动性及体积稳定性有较高要求,

作者简介: 张永闯(1991-), 男, 专科, 研究方向: 建筑工程。

*通信作者: 李永明(1989-), 男, 本科, 研究方向: 建筑工程。Email: 312741549@qq.com

所以配合比设计非常重要,在满足较低水胶比的同时又能让混凝土易于泵送并且后期具有较好耐久性的前提下,需要适当增加胶凝材料用量(加入硅灰、粉煤灰等矿物掺合料)、高效减水剂并科学控制骨料级配比例。混凝土运输相当于为这座建筑物进行“输液”,而大体积高强混凝土泵送技术则是重中之重。这需要泵送设备有足够的出口压力以及合理的管道布置,尽量少用弯头降低阻力损失,采用抗磨损性能良好的高压管材。而在浇筑时主要是在保证混凝土均匀、密实、连续成型的基础上避免温差导致的内应力产生裂缝,在施工中一般分区域分层逐次完成,同时注意每层浇筑厚度及上下层之间的时间间隔以免产生冷接头,在核心筒或者巨型柱等部位需用高频振动棒振实以使混凝土密实^[2]。

2.3 特殊部位、复杂节点施工与监测控制技术

高层建筑混凝土结构中存在大量受力较为复杂的区域或节点,如核心筒与楼板连接处、巨型转换层、型钢混凝土组合节点及超长体积混凝土后浇带等,其质量优劣将对整个建筑物的安全传力及抗震性能造成重大影响,而且技术难度大,施工困难。例如:在型钢混凝土组合结构中,钢结构与钢筋、模板之间联系极为密切,在深化设计过程中需要进行三维放样,解决钢筋与钢骨之间的矛盾,同时保障有足够的混凝土浇筑空间及振捣空间。对于跨度大、荷载大的转换层,因为模板支撑架需要承受较大施工荷载,所以需要进行专门设计以及专家论证,甚至需要采用分层浇筑或预施反拱等方法以保证安全,同时控制其沉降量。在高层建筑施工期间对施工安全监控及沉降控制也是十分重要的,在施工过程中广泛应用信息化监控技术,在结构关键部位布置应变片、位移计和GPS监测点等仪器仪表来监测混凝土硬化收缩、结构竖向位移和平面位移以及风荷载、温度影响下结构响应。

3 高层建筑混凝土结构施工质量控制策略

3.1 基于全过程精细化的施工前控制策略

高层建筑混凝土结构工程施工质量控制是从工程初期就开始,在这个过程中的质量规划与准备工作为整个工程奠定坚实的基础。施工前的质量控制就是把质量控制放在首位,通过质量的事先策划、准备、检查等方式尽可能减少以后可能出现的问题。首先体现在对设计图纸以及施工方案的理解上。项目部应组织各方对图纸进行会审,主要关注结构受力是否合理、复杂的部位能否施工、各专业管道预埋是否有冲突等问题。对于超高层建筑所面临的特殊问题,如大体积

混凝土底板、巨型转换层或复杂型钢混凝土节点等,需制定专门施工方案并组织专家论证,以保证该施工方案的安全可靠及施工方法科学合理。

材料、设备质量预控也是施工前一项必要的工作。混凝土是最主要的材料,对其质量控制要从源头开始。施工单位应对商品混凝土搅拌站进行仔细审查和评估,对它的资质、质量管理能力和供应能力进行检查,在混凝土配合比选定之后,依据工程实际需求、强度等级、耐久性、泵送高度等因素反复试配并检验,满足工程施工所需工作性能、强度增长以及体积稳定性等方面的要求。对于钢筋、木模板、外加剂等其他材料也要做好进场前验收和报检工作,有合格供应商名单。从设备方面看,大型塔吊、超高压混凝土输送泵、液压爬模系统等所处位置、固定方式等都需经过精确计算、模拟,保证它们能发挥应有的功能而且基础稳定;其次,认真做好技术交底和人员培训也是施工前质量管理必不可少的环节,在各个层面、各专业之间进行技术交底时要把设计理念、技术要求、施工重点等内容准确无误地传达给每一位一线管理人员和作业工人,让所有施工人员对工程质量有一致的认识^[3]。

3.2 以工序管理为核心的施工过程动态控制策略

当工程进入施工阶段,则质量管理的重点转向对每道工序的及时、动态检查与管理,在施工过程中注重“过程精品”,这就要求有一套完善的工序交接验收制度以及全过程的现场监督体系。混凝土工程施工包含模板支设、钢筋绑扎、混凝土浇筑、养护等各个步骤,而其中任何一个环节出现问题都会在未来的工作中被无限放大,进而对整个工程造成不良影响,因此必须实行“三检制”(自检、互检、专检)以确保每一项工作都经过验收后方可进入下一道工序。例如:在钢筋施工过程中要对钢筋规格、数量、间距、锚固长度、保护层厚度以及复杂部位钢筋布置与设计要求的 consistency 进行检查;而在模板施工中则需对模板轴线位置、截面尺寸、垂直度、平整度以及支撑系统稳定性进行检查。

混凝土浇筑与养护是工程施工中一个很重要的实体成型过程,在此期间必须全程旁站监督并及时处理出现的问题。浇筑前需检查浇筑令、核对标号混凝土配合比及运输单、测量混凝土坍落度及入模温度等是否符合要求。浇筑时应注意浇筑顺序及速度,采取分层下料、分层振捣的方法施工以避免出现冷缝或离析等问题。对于大量混凝土还需做好测温工作,根据需要调整保温养护措施,使内外温差不大于规定值以防温度裂缝产生。振捣工作须由有经验的人完成,“快

插慢拔、均匀分布”，使混凝土密实。

3.3 针对关键技术要点的专项质量控制策略

高层建筑混凝土结构施工存在很多技术难度大、风险高的环节，在此对相应部位采取有效的质量控制手段是解决问题、保障结构安全的重要保证。而这种质量控制应高于一般的工序检查，是对某一技术问题制定一套包括方案、执行以及检查的质量控制方式。首先要重视的是大体积混凝土工程质量。由于水泥水化放热导致温差引起应力容易造成有害裂缝，因此对其质量控制就是一种“监测—预警—调控”的过程。在施工之前进行热工计算得出温度场及应力场进而得到最优配合比（采用低热水泥，加一定量的粉煤灰、矿粉等）、合理的分层分块方法以及布置冷却水管的位置等。施工时，在混凝土中预埋温度计进行实时监测并且根据实际情况调整保温层厚度或水量以使混凝土内部温度与外部温度之差、降温速率符合规定的要求，在养护期间也应适当延长养护期并且保持混凝土湿润^[4]。

对超高泵送混凝土施工而言，专项控制主要是针对混凝土可泵性和管道安全性的问题，在配合比的基础上进行专门泵送适应性试验以使混凝土具有良好的粘聚性和流动性，避免堵塞；而对于超高压输送管道必须做严格的耐压试验并且合理设置，尽量减少弯头并加以固定。在泵送过程中应注意观察泵压的变化及连续均匀供料。而在型钢混凝土或预应力构件等复杂结构中，专项控制的重点是如何解决钢筋与钢骨、预应力筋与普通钢筋的位置关系以达到混凝土的充实程度。这需要在较好的 BIM 技术水平基础上，进行三维碰撞检查、施工模拟，对节点进行优化设计并绘制钢筋下料及绑扎顺序图。浇筑时，应采用自密实混凝土或在钢骨上开设浇筑孔，用小振捣棒仔细振捣^[5]。

3.4 依托信息化与标准化的集成管理控制策略

在当前工程项目建设过程中，仅靠人员经验进行质量管理已不能适应时代要求，必须运用信息技术与标准化相结合手段，形成一套科学合理、公开透明、可追溯的质量综合管理系统，以此为基础对工作流程固定化、以数据为依据、信息交流互通，提高工作效率和管理水平。信息化即建设覆盖从设计到施工再到验收全过程一体化数字化质量管理系统。使用 BIM 技术可在施工前进行可视化交底以及仿真施工以预防可能出现的质量问题。把施工方案、技术要求、验收标准等都加入模型中就可以指导施工人员正确施工，在施工过程中利用物联网技术，对重要部位的构件进行

RFID 标识，则可以对其生产与运输、安装及检测等情况进行监测，在手机上安装 APP，质量检查人员可随时随地将现场检查情况、照片等资料上传至互联网便于及时发现问题并下达任务进行处理，从而提高工作效率及响应速度^[6]。

标准化起到的作用就是把好的施工方法、管理方法固化成一个标准、可复制的操作模式。例如：从原材料堆放、钢筋加工到混凝土养护等一系列标准化工作流程，制定重要的分部分项工程标准化工艺卡及图文并茂的操作说明，使得工人们每一项工作都有据可依。根据不同的季节、不同的构件部位分别有不同的标准化养护方案并且明确养护的时间、方式、要求以及责任人，就可以有效避免养护不到位的情况出现。而更进一步的集成管理则是将质量控制与进度、成本等方面结合起来考虑。通过大数据平台能够分析混凝土强度离散性、钢筋安装合格率等质量指标与施工班组、时间段、材料批次之间的关系，找出问题所在，从而改进作业方式、合理安排人力物力；所有施工过程、试验报告、验收资料均录入计算机中保存为一套完整的电子档，便于日后查询以及后期维护等工作。

4 结束语

高层建筑混凝土结构施工是一项涉及材料学、结构力学及精细化管理等多方面的综合性工程，在对关键技术进行分析的基础上提出相应对策可有效解决施工中所面临的问题，同时提高管理水平。未来，随着智能施工技术以及绿色建材应用日趋普及，施工质量管理将更趋智能化、精细化，从而推动我国高层建筑向着更高安全性能、更优品质以及更可持续发展的方向发展。

参考文献：

- [1] 任亚莉, 张文丽, 陕艳娟. 某高层建筑楼板裂缝成因及质量控制措施分析 [J]. 砖瓦, 2024(02):117-119.
- [2] 张豪. 高层建筑钢结构施工技术及其质量控制研究 [J]. 陕西建筑, 2024(03):25-30.
- [3] 冯宗焱. 高层住宅建筑施工中的关键技术与质量控制研究 [J]. 住宅与房地产, 2025(05):117-119.
- [4] 王永堂. 高层建筑现浇混凝土框架结构高大模板支撑体系施工技术 [J]. 四川水泥, 2026(06):158-159, 162.
- [5] 冯宗焱. 高层住宅建筑施工中的关键技术与质量控制研究 [J]. 住宅与房地产, 2025(05):117-119.
- [6] 鱼亚洲. 高层建筑钢筋混凝土结构耐久性设计优化 [J]. 中国建筑装饰装修, 2026(11):183-185.