

高层建筑剪力墙结构施工关键技术优化研究

崔少杰

江西建工第二建筑有限责任公司 江西 南昌 330013

摘 要: 高层建筑剪力墙结构施工存在精度管控难、节点施工复杂、质量通病频发及施工效率偏低等问题, 制约工程质量与安全。本文立足相关施工规范, 剖析剪力墙结构施工理论、工艺流程及核心难点, 从模板、钢筋、混凝土及关键节点开展施工技术优化。结合实际工程验证优化技术成效, 结果表明优化工艺可提升施工质量与效率、降低成本, 同时改善结构抗震稳定性, 可为同类高层施工项目提供技术参考。

关键词: 高层建筑; 剪力墙结构施工; 关键技术优化

引言: 当前高层建筑建设规模持续扩大, 剪力墙结构凭借优良的抗震与承重性能被广泛应用。高层施工高空作业多、工况复杂, 传统施工工艺存在精度差、耗材高、管控滞后等短板, 易引发墙体裂缝、垂直度偏差超标等质量问题, 影响结构耐久性与安全性。为解决现存施工痛点, 本文系统梳理剪力墙施工重难点, 针对性优化核心施工技术, 依托实体工程验证优化方案可行性, 旨在完善施工工艺体系, 提升高层建筑施工整体质量与管控水平。

1 高层建筑剪力墙结构施工基础理论与施工难点分析

1.1 剪力墙结构核心施工理论

(1) 高层建筑剪力墙结构受力与抗震原理。剪力墙结构通过钢筋混凝土墙体协同抵抗水平与竖向荷载, 其中水平荷载(风荷载、地震作用)由墙体剪力与弯矩分担, 竖向荷载则沿墙体连续传递。抗震设计遵循“多道设防”与“强柱弱梁、强剪弱弯”原则, 利用墙体塑性变形耗散地震能量, 控制结构延性。(2) 剪力墙结构施工规范与技术标准要求。施工须严格执行 GB50204《混凝土结构工程施工质量验收规范》、JGJ3《高层建筑混凝土结构技术规程》等标准, 对墙体垂直度、截面尺寸、钢筋保护层厚度、混凝土强度等级及浇筑密实度提出明确量化指标, 同时要求进行施工阶段承载力和稳定性验算。(3) 结构稳定性与耐久性控制理论。施工期应控制侧向刚度比和层间位移角, 防止临时荷载作用下结构失稳。耐久性方面, 需控制混凝土裂缝宽度(一般不大于 0.3mm)、保护层厚度及原材料氯离子含量, 确保结构在设计使用年限内满足安全与适用要求^[1]。

1.2 剪力墙结构常规施工工艺流程

(1) 施工前期准备与测量放线工序。包括图纸会

审、专项方案编制、原材料检验及设备调试; 测量放线采用全站仪或激光铅垂仪引测轴线与标高, 设置轴线控制网, 逐层复核墙体定位, 确保平面位置准确。(2) 模板、钢筋、混凝土核心施工工序。模板采用大钢模或铝合金模板, 严格控制拼缝与垂直度; 钢筋加工须满足锚固长度、搭接位置及接头百分率要求, 绑扎牢固; 混凝土分层浇筑、分段振捣, 连续作业, 确保墙体密实。(3) 节点处理与后期养护施工流程。边缘构件、连梁节点处钢筋密集, 需细化绑扎顺序并加强振捣; 墙体拆模后立即覆盖保湿养护, 养护时间不少于 7d(抗渗混凝土不少于 14d), 并做好成品保护。

1.3 高层建筑剪力墙施工核心难点

(1) 高空施工精度控制难度大、偏差易超标。高层受风振、温度变形及施工荷载影响, 墙体垂直度和截面尺寸难以持续精准控制, 层间累计偏差易超出规范允许值(一般为 $H/1000$ 且不大于 30mm)。(2) 墙体裂缝、渗漏等质量通病频发。大体积混凝土水化热导致温度裂缝, 收缩变形引起干缩裂缝, 施工缝处理不当或对拉螺栓孔封堵不严则引发渗漏, 影响结构耐久性。(3) 边缘构件、连梁等关键节点施工复杂。节点区域钢筋密集、多向交错, 混凝土下料与振捣困难, 易出现蜂窝、孔洞; 同时节点受力关键, 连接质量直接影响结构整体抗震性能。

1.4 施工技术现存问题总结

(1) 传统施工工艺效率低、耗材量大。木模散拼工艺周转次数少、材料损耗高, 钢筋连接多采用绑扎搭接, 浪费钢材且工效偏低, 难以适应高层快速施工需求。(2) 质量管控体系精细化程度不足。过程检查多依赖人工实测, 数据采集滞后且覆盖面有限, 缺乏数字化

闭环管理,导致问题整改不及时,质量波动较大。(3)高空施工安全隐患防控不到位。外脚手架、临边洞口防护及塔吊吊运作业风险突出,部分项目安全投入不足、监测手段落后,高坠和物体打击事故时有发生。

2 高层建筑剪力墙结构核心施工关键技术优化

2.1 模板工程施工技术优化

(1) 传统模板体系施工弊端分析。传统木模散拼体系弊端显著:木材吸水变形导致拼缝不严、漏浆频发,混凝土表面平整度差;单块面积小、拼装块数多,人工投入大、工效低;周转次数有限,高层施工中木材损耗率达15%~20%,成本居高不下;整体刚度偏低,混凝土浇筑侧压力下易胀模、跑模,影响墙体成型质量。(2) 新型定型模板体系选型与安装工艺优化。针对高层建筑标准层多的特点,优选全钢大模板或铝合金模板体系。全钢大模板刚度大、抗变形,单块面积6~12m²,拼缝少;铝合金模板轻便、拆装快捷。安装采用“首层试拼、编号周转、逐层递进”流程,首层验收后统一编号,上层按号就位,实现3~4天完成一层安拆周转^[2]。(3) 模板支撑体系加固与垂直度精准控制优化。采用可调钢支撑与背楞组合加固,主背楞间距不大于600mm,转角设定型阳角锁具;对拉螺杆采用高强锥形螺杆,端部双螺母防松,间距控制在450~500mm。垂直度运用“全站仪+激光垂准仪”联合监测,模板上、中、下设三道监测点,通过可调斜撑丝杠动态微调,单层垂直度偏差控制在3mm以内,层间累计偏差不大于H/1000且不超过30mm。

2.2 钢筋工程施工技术优化

(1) 剪力墙钢筋排布与绑扎工艺优化。施工前采用BIM技术进行钢筋翻样与三维排布模拟,优化间距及搭接位置,提前规避碰撞。现场推行“竖向梯格筋定位+水平卡具固定”组合方法,底部和中部设定位筋确保间距均匀;水平筋梅花形绑扎,双排筋间设S形拉筋,保证网片整体性和保护层厚度一致。(2) 边缘构件、洞口钢筋精细化施工优化。边缘构件区采用“先定位纵筋、后套箍筋、再逐点绑扎”顺序,箍筋优先选用封闭焊接箍。洞口严格按设计增设加强筋,洞边设暗柱或附加纵筋,角部设45°斜向加强筋防应力集中,绑扎后专项隐蔽验收。(3) 钢筋连接工艺改良与质量控制优化。竖向钢筋直径≥18mm时采用直螺纹套筒连接替代绑扎搭接,接头面积百分率≤50%,丝头数控加工精度控制在0.2mm内;水平筋采用冷挤压套筒连接。现场配力矩扳手和通止规抽检,每500个接头检测一次,确保连接可靠。

2.3 混凝土工程施工技术优化

(1) 高层建筑剪力墙混凝土配合比优化设计。胶凝材料380~450kg/m³,掺粉煤灰15%~25%和矿粉10%~20%替代部分水泥降低水化热;砂率40%~45%,掺高效减水剂,坍落度180~220mm,确保良好流动性、粘聚性和可泵性。(2) 分层浇筑、振捣施工工艺优化。每层浇筑高度≤500mm,采用“分段定点、斜面分层、循序推进”方法,确保下层初凝前完成上层覆盖。高频振捣器振捣间距≤500mm,快插慢拔,每点振捣15~25s,以表面泛浆且无明显气泡为准,节点处加密振捣^[3]。(3) 墙体防裂缝、防渗漏浇筑与养护技术优化。夏季入模温度≤30℃,冬季≥5℃,掺膨胀剂补偿收缩,限制膨胀率0.02%~0.04%。拆模后涂刷养护剂并覆盖保湿膜,墙顶设滴灌管持续养护不少于14d;对拉螺栓孔用微膨胀水泥砂浆分层封堵并涂刷防水涂料,杜绝渗漏。

2.4 关键节点施工技术优化

(1) 剪力墙与连梁交接节点施工优化。节点区采用“先穿梁底筋、再绑箍筋、后穿梁面筋”递进式绑扎,梁端设喇叭口浇筑引导槽确保密实。节点混凝土强度不低于墙、梁中较高等级,核心区必要时加设抗剪钢筋或钢纤维提高延性。(2) 底部加强区、屋面节点施工工艺优化。底部加强区配筋加密、厚度加大,模板双层对拉螺杆加固,间距加密至450mm,浇筑前承载力验算。屋面节点重点处理女儿墙根部、出屋面管道周边,混凝土掺聚丙烯纤维0.9~1.2kg/m³增强抗裂,泛水高度范围内与墙体同步浇筑防冷缝。(3) 施工缝、变形缝精细化处理技术优化。水平施工缝留于楼板面以上50~100mm处,凿毛至露均匀粗骨料,清理浮浆后涂界面剂并铺20~30mm同配比水泥砂浆,再浇上层混凝土。竖向变形缝预埋止水钢板或橡胶止水带,固定牢固、搭接≥100mm,缝内填聚苯乙烯泡沫板,外侧密封胶嵌缝,确保兼具变形适应性和防水密封性^[4]。

3 高层建筑剪力墙结构施工关键优化技术工程应用与效果验证分析

3.1 工程应用概况

(1) 项目基本概况与结构设计参数。某高层住宅项目总建筑面积约8.6万m²,地上33层、地下2层,建筑高度99.6m。采用现浇钢筋混凝土剪力墙结构,抗震设防烈度7度,设计基本加速度0.10g。墙体厚度200~300mm,底部加强区配筋率0.38%,混凝土强度等级C30~C50,标准层层高3.0m。(2) 项目施工重难点与优化技术应用方案。工程主要难点为:高度大,垂直

度总偏差需控制在 30mm 以内；底部加强区钢筋密集、节点复杂；地处寒冷地区，冬期混凝土防裂要求高。确定应用方案包括：采用铝合金模板快拆体系替代木模、大直径竖向钢筋采用直螺纹套筒连接、优化高强混凝土配合比并掺膨胀剂、关键节点编制专项施工细化方案。（3）施工技术优化实施保障措施。成立技术攻关小组，编制专项方案并通过专家论证；推行样板引路与可视化交底；落实“自检、互检、交接检”三检制，配置信息化平台实时记录施工数据。

3.2 优化技术现场施工应用实施

（1）模板、钢筋、混凝土优化工艺现场落地。铝合金模板按编号逐层周转，配置三层模板满足流水施工，每层安装前清理涂刷脱模剂。钢筋采用 BIM 翻样生成配料单，竖向梯格筋焊接后整体定位。混凝土严格检测坍落度和入模温度，墙柱与梁板分两阶段浇筑。（2）关键节点优化施工具体操作流程。连梁节点施工顺序为：墙柱钢筋绑扎 → 连梁底筋穿入 → 箍筋套入绑扎 → 面筋穿入 → 附加筋安装 → 隐蔽验收 → 喇叭口浇筑。底部加强区采用双层对拉螺杆加密至 450mm，分层连续浇筑并加密振捣。施工缝按凿毛 → 清理 → 涂界面剂 → 铺砂浆 → 浇筑上层混凝土流程操作^[5]。（3）施工全过程动态管控实施过程。每层推行 PDCA 动态循环：模板安装后检测垂直度，钢筋绑扎后抽检保护层厚度，混凝土浇筑时旁站监督，拆模后 24h 内完成实体质量实测并录入平台，发现偏差及时分析原因并调整工艺参数。

3.3 施工效果对比与验证分析

（1）施工质量指标对比分析。优化后墙体垂直度合格率由 86% 提升至 97.2%，平整度偏差由 6.5mm 降至 3.1mm；混凝土强度均值达设计值 115%，保护层厚度合格率由 82% 提升至 95.6%；未发现贯穿性温度裂缝，实体密实度检测全部达标。（2）施工效率、材料成本优化效果分析。单层施工周期由 7 天缩短至 5 天，总工期节约 65 天。木材用量减少 72%，钢材损耗率由 5% 降至 2.5%，混凝土超灌率由 8% 降至 3%，单层综合成本降低约 18%。（3）结构抗震与稳定性性能验证分析。实测层间位移角最大值为 1/1200，小于规范限值 1/1000；结构

自振周期实测值与设计值偏差小于 5%，底部加强区应变监测显示受力均匀，抗震性能满足设计要求。

3.4 施工优化技术应用问题与改进建议

（1）现场应用过程中存在的实操问题。铝合金模板初期安装耗时偏长，工人操作熟练度不足；BIM 翻样与现场存在微差，个别钢筋与预埋管线碰撞需调整；高层泵送中偶遇混凝土坍落度损失过快，影响振捣密实性。（2）针对性技术改进与工艺完善建议。加强铝模安装专项培训，制作工序动画指导卡；BIM 阶段集成机电管线信息进行综合碰撞检查；调整外加剂缓凝组分，延长初凝时间至 6~8h，配备可移动布料机提升浇筑灵活性。（3）同类工程施工技术推广应用要点。适用于层高统一、层数较多的高层剪力墙项目，20 层以下经济优势不明显；直螺纹套筒连接须严控丝头加工质量和扭矩检测；应配套建立数字化质量追溯系统，实现每层每面墙体数据的持续积累与分析改进。

结束语

本文针对高层建筑剪力墙结构施工核心问题，完成多维度施工技术优化，通过工程实践证实，优化后的施工工艺有效提升了墙体施工精度与实体质量，缩短施工工期、节约工程成本，强化了结构整体抗震与耐久性能。同时梳理了技术应用中的实操短板并提出改进方案。后续可深化数字化技术与施工工艺的融合应用，持续完善剪力墙施工精细化、智能化管控体系，适配高层建筑高质量建设需求。

参考文献

- [1] 周晋坤. 高层建筑剪力墙结构施工工艺优化与质量控制研究 [J]. 工程建设与设计, 2025, 27(12): 145-147.
- [2] 王浩, 刘建伟. 高层建筑现浇剪力墙结构施工关键技术及质量通病防治 [J]. 建筑经济, 2023, 44(09): 78-82.
- [3] 张建军. 高层建筑剪力墙节点施工技术优化与抗震性能提升 [J]. 施工技术, 2024, 53(10): 96-100.
- [4] 李志强. 铝合金模板在高层建筑剪力墙施工中的技术优化与应用 [J]. 建筑科学, 2022, 38(06): 189-194.
- [5] 赵梦星. 高层建筑剪力墙结构模板施工技术优化 [J]. 工程技术研究, 2025, 10(18): 102-104.