

高层建筑剪力墙结构设计优化措施

金士海 李建均

中汽智造科技(天津)有限公司 天津 300300

【摘要】: 当前剪力墙结构凭借抗侧刚度大、整体稳定性好的优势,在高层建筑设计领域应用范围持续拓宽,但实践中仍存在较多共性问题。部分设计人员随意增加剪力墙布设数量导致刚度分布失衡,盲目放大截面及配筋量造成建材浪费,剪力墙布设与建筑功能需求契合度不足影响空间使用灵活性。本文分析高层建筑剪力墙结构设计优化工作需围绕力学性能提升、安全与经济平衡、功能适配三个核心方向推进,可通过精细化调整布置方案、参数化优化截面配筋、运用 BIM 技术协同设计等优化措施实施落地。

【关键词】: 高层建筑; 剪力墙结构设计; 结构优化; BIM 技术

DOI:10.12417/2811-0536.26.07.056

引言

高层建筑是当前城市建筑开发领域的核心产品类型,其结构安全、建造成本与使用功能直接关系到项目的综合效益。剪力墙结构凭借抗侧刚度大、整体稳定性好的优势,在高层建筑中的应用范围持续拓展,但传统设计模式下普遍存在刚度分布失衡、过度设计与功能需求不匹配等问题,不仅易埋下结构安全隐患,也会造成不必要的资源浪费,影响建筑使用体验。针对此类共性问题开展剪力墙结构设计优化研究,能够为相关设计工作提供可参照的优化路径,在保障结构安全的前提下降低建设成本,提升建筑空间使用的灵活性,推动高层建筑结构设计水平的整体提升。

1 高层建筑剪力墙结构设计的现状与现存问题分析

当前高层建筑设计领域中,剪力墙结构凭借抗侧刚度大、整体稳定性好的特性,运用范围持续拓宽,这得益于其在高风压和地震频发区域的卓越适应能力。多数设计单位开展剪力墙结构设计工作时,会把现行结构设计规范当作核心参照来开展相关作业,但实践层面依旧存在较多共性问题,主要源于规范难以充分解释复杂地形的具体影响。部分设计人员为快速满足刚度要求,随意增加剪力墙布设数量,没有结合建筑平面布局开展精细化调整,导致不同区域的刚度差值过大,容易导致整体结构刚度分布失衡,在外部荷载作用下出现应力集中的隐患。同时不少设计人员为降低安全风险,盲目放大剪力墙截面尺寸以及配筋量,出于过度冗余的心理预期,造成建材的不必要浪费,如混凝土和钢筋的大量囤积,也拉高了项目的整体建造成本。此外部分项目的结构与建筑功能需求契合度不足,剪力墙的布设位置没有考虑后续空间使用的诉求,在需要灵活划分的公共区域形成障碍隔断,会影响建筑内部空间的使用灵活性,这些问题都说明开展剪力墙结构设计优化工作具备较强的必要性

以及现实迫切性。

2 高层建筑剪力墙结构设计优化的核心方向与关键原则

2.1 基于结构力学性能提升的优化方向

开展剪力墙结构优化工作的过程中,要把抗侧刚度、延性以及承载力当作核心考量要素,在具体应用中,抗侧刚度的提升需要考虑墙体的布设对称性和连梁的有效强化,以增强整体抗外力作用的能力;调整剪力墙的布设数量以及空间位置时,还要兼顾不同墙肢之间的连接构造,这包括优化墙肢间的锚固方式和连接节点设计,确保各组件协同工作在应力下能分散荷载;保证水平荷载作用下,结构的刚度分布更加均匀,通过细致的三维模型分析避免局部薄弱区造成应力集中的问题出现。基于结构动力响应的分析结果来开展方案调整,这种方法能够准确模拟地震波和风振效应下的结构行为,显著减少地震作用下结构的扭转效应以及局部损伤的可能性,尤其要保证底部加强区的剪力墙力学性能契合设计要求,强化该区的墙厚和配筋布置以适应地面冲击,确保结构在风荷载以及地震等极端荷载作用下,不会发生超出设计预期的局部失稳或整体变形,切实提升结构整体的抗震性能以及长期使用的稳定性,具体体现在通过多轮计算迭代优化使整个建筑系统更可靠。

2.2 兼顾经济性与安全性的优化原则

开展剪力墙结构设计优化的过程中,要始终把结构安全作为不可突破的底线,在保证各项力学性能指标满足现行规范要求的前提下,如严格遵守国家防火抗风标准以避免任何潜在风险;对剪力墙的截面尺寸、配筋率等参数进行合理调整,优化时需审慎评估材料的力学参数和极限强度,避免盲目增大墙肢截面或者提高配筋量的过度设计问题,这需要权衡不同尺寸方

案下的抗剪效率与成本因素，以减少钢材以及混凝土等建材的不必要消耗，从而显著降低项目的施工阶段成本和时间延误。同时还要兼顾结构全生命周期的运维需求，涉及设备安装和后期维护通道的设计优化，平衡安全冗余与成本投入之间的关系，通过科学的数值模拟识别关键控制点，既不能为了压缩成本出现设计不足的安全隐患，比如忽略薄弱节点的加固，也不要为了追求过高的安全冗余造成资源浪费，使用经济分析方法确保投资回报率最高，最终实现项目安全性以及经济性的双赢目标，在方案阶段就能预测长期运行费用。

2.3 适应建筑功能需求的优化导

剪力墙结构的设计优化要充分契合项目的实际使用功能，这要求设计团队深入了解用户的动态空间使用习惯；开展设计工作的过程中，要和建筑专业的设计方案进行充分对接，利用 BIM 等工具进行实时协同优化；结合不同建筑类型的空间使用需求调整剪力墙的布置位置，住宅类建筑要尽量减少剪力墙对户内空间的分割，优先将墙体布局在建筑核心区以减少视觉障碍；商业类建筑要保证公共区域的空间开阔性，适当减少走道部位的墙体或采用轻型分区设计；同时还要兼顾建筑的采光、通风等使用需求，布置前分析建筑物的朝向和窗口位置，避免剪力墙的布置遮挡采光面或者阻碍通风路径，这可以提升室内环境质量。还要通过灵活的墙肢布置减少对内部空间改造的限制，如设置可拆卸墙段或预留扩展接口，提升建筑使用过程中的灵活性与舒适度，最终实现结构设计与建筑功能需求的有机统一，以模块化方案支持空间变换需求。

3 高层建筑剪力墙结构设计的具体优化措施

3.1 剪力墙布置方案的精细化优化

开展剪力墙布置方案的精细化优化工作时，要把刚度均匀分布当作核心布置原则，以预防结构在水平荷载下的局部变形不均风险，确保整体抗侧性能协调提升。运用周边剪力墙与核心筒结合的布置方式，这种结合需根据建筑平面布局进行合理配置，增强结构整体稳定性，对剪力墙的间距以及长度比例进行针对性调整，优化间距比例可平衡负载分布，保证水平荷载作用下各位置的抗侧刚度差值控制在合理区间内。梳理不同高度建筑的结构受力特性，针对超高层建筑的结构特性需考虑风振效应，明确差异化的剪力墙竖向布置要求，高度较低的高层建筑要适当减少内部剪力墙的布置数量，以避免多余刚度带来的成本问题，超高层建筑则需通过强化核心筒周边剪力墙的连接

性，确保剪力墙的连接部位采用合理的构造措施，避免出现竖向刚度突变的问题。借助结构计算软件开展多工况的模拟分析，这些模拟包括风载和地震力的迭代测试，对不同布置方案下的刚度分布情况以及应力传递路径进行比对，分析不同工况下的应力传导效率，根据模拟结果对剪力墙的布置位置以及布置数量进行动态调整，动态调整时优先处理高应力区域，确保水平以及竖向维度的刚度分布都契合结构受力需求，从根源上减少局部应力集中的问题，同时避免不必要的剪力墙布置带来的成本增加以及空间占用问题，优化空间布局可提升建筑功能性。还要兼顾结构整体的延性要求，强调墙肢间协同工作的必要性，对墙肢的布置方位进行调整，优化方位时应考虑地震力方向以最大化效能，保证地震作用下各墙肢能够协同承受外力，协同方式包括设置适当的约束构件，提升结构整体的抗侧性能以及长期使用的稳定性。

3.2 剪力墙截面与配筋的参数化优化

开展剪力墙截面与配筋的参数化优化工作时，要把满足规范的力学性能要求当作基础前提，这些性能要求通常包括承载力和抗裂指标，作为设计调整的基础标准。运用参数化设计方法对墙厚、混凝土强度等级、钢筋配置等核心参数进行组合调整，组合优化过程通过软件脚本实现参数联动变更，针对不同受力区域的剪力墙制定差异化的参数调整方案，底部加强区的剪力墙要优先保障承载力以及延性要求，通过增加构造配筋提升延性表现，上部区域的剪力墙可根据实际受力情况适当调整参数指标，上部调整时避免过度设计以节省资源。借助有限元分析工具对不同参数组合的受力表现进行模拟验证，模拟分析涵盖极限状态下的变形特征，对各参数调整给整体力学性能以及材料消耗带来的影响进行量化梳理，量化过程采用灵敏度分析以识别关键参数，在保证各项性能指标达标且具备合理安全冗余的前提下，确定最优的截面尺寸以及配筋方案，优化方案需兼顾施工可操作性。对墙肢的截面形式进行优化，优先选用受力性能更优的常规截面形式如矩形或梯形截面，这类形式易于标准化设计，减少异形截面的使用频率，以简化节点连接设计流程，降低施工难度的同时减少建材的不必要消耗，减少消耗可控制材料用量。还要对配筋的排布方式进行优化，排布方式包括箍筋间距和主筋分布策略，保证钢筋能够充分发挥其力学性能，避免出现配筋率过高或者排布不合理带来的材料浪费问题，例如避免冗余钢筋影响混凝土浇筑质量，平衡结构安全以及成本投入之间的关系，设计考量时应进行多轮校核比较，

实现项目安全性与经济性的协同提升。

3.3 基于建筑信息模型技术的协同优化方法

开展基于建筑信息模型技术的协同优化工作时，要把多专业信息的整合共享当作核心基础，整合过程需统一数据格式与平台标准。运用建筑信息模型搭建三维结构设计模型，三维建模实现剪力墙几何属性的精确可视化，对剪力墙的布设位置以及尺寸参数进行可视化呈现，呈现方式支持实时缩放和剖面视图，借助模型开展碰撞检测以及结构性能模拟分析，检测过程自动识别潜在冲突点，提前排查剪力墙布设与其他专业管线或者构件存在的冲突问题，冲突排查包括管线的路由校验。依托建筑信息模型平台搭建多专业协同的设计通道，协同通道支持云平台共享设计文件，整合建筑、结构以及机电等专业的设计信息，信息整合覆盖所有构件属性数据，各专业设计人员可借助平台实时查看其他专业的设计调整内容，实时查看功能包括变更日志跟踪，针对剪力墙设计与其他专业需求存在冲突的部分及时开展对接调整，对接调整通过在线会议与标记注释实现，保证剪力墙的设计既满足结构受力要求，也契合建筑功能以及管线布设的需求，

参考文献:

- [1] 麦王傲.高层混凝土核心筒结构性能化抗震设计方法研究[J].中国建筑金属结构,2025,24(22):115-117.
- [2] 俞昊天.低能耗装配式钢框架剪力墙结构抗震性能研究[J].中国建筑金属结构,2025,24(22):1-3.
- [3] 赵鹤,何杰锋,陶慕轩.双钢板-混凝土组合剪力墙结构压弯损伤评估方法[J].建筑结构学报,2025,46(07):257-264.
- [4] 乔文涛,张翔,牛泽蕊,黄磊,闫冰.装配式混凝土约束波纹钢板剪力墙抗震性能研究[J].建筑结构学报,2025,46(07):142-155.
- [5] 洪安顺.某山地建筑案例结构要点解析[J].中国建筑金属结构,2025,24(22):64-66.
- [6] 吴华,张啸辰,季永新.竖缝密拼剪力墙体系的设计方法与工程应用[J].科学技术与工程,2025,25(17):7318-7327.
- [7] 夏初举,王福明.板间内置钢板加强的叠合剪力墙抗震性能数值分析[J].地震工程学报,2026,(01):137-144+156.
- [8] 张晓龙,徐华生.钢框架-中心支撑结构设计优化[J].电力勘测设计,2025,(11):86-90+95.
- [9] 于金光,赵楚,钟炜辉,于海升,张培洲.附加斜密肋等效修复震损非加劲钢板剪力墙抗震性能研究[J].建筑结构学报,2025,46(07):156-165.

功能契合需考虑墙体开洞等细节。借助平台对设计方案的调整内容进行同步更新，同步更新机制确保数据一致性，避免各专业使用不同版本的设计文件带来的错漏问题，减少错漏可防止返工失误，减少后期施工阶段的设计变更以及返工问题，有效提升整体的设计效率以及设计质量，设计质量通过自动化校验提升，保障项目的建设进度以及建设成本处于可控区间，可控区间需设置预警阈值进行监控。

4 结语

剪力墙结构设计优化是覆盖力学性能管控、成本平衡、功能适配多维度的系统性工作，设计过程中需要严格坚守安全底线原则，结合项目的实际建设需求与使用需求确定针对性的优化方案。借助精细化设计、参数化调整以及数字化协同工具的应用，能够有效解决传统设计模式下的各类共性问题，平衡结构安全冗余、建设成本投入与建筑使用体验三者的关系，为高层建筑项目综合效益的提升提供可靠的结构层面支撑，也能为同类型结构设计工作的优化提供通用参考方向。