

短肢剪力墙在民用建筑结构设计中的应用探究

来燕丰

(中国联合工程有限公司, 浙江 杭州 310052)

摘要 随着城市化进程加速, 民用建筑对结构体系的灵活性、经济性及抗震性能提出了更高要求。短肢剪力墙以其适中的刚度与良好的空间适应性, 逐渐成为高层住宅与公共建筑中的重要抗侧力选择。本文从设计原则、受力机理及工程实践三个维度, 深入探讨短肢剪力墙在民用建筑中的创新应用路径, 并结合当前规范局限、计算复杂性及施工难点, 系统分析其优势与挑战, 进一步提出优化构造措施、完善质量控制体系及推动材料工艺升级等综合策略, 以期结构安全、功能适配与建造效率的协同提升提供理论参考。

关键词 短肢剪力墙; 民用建筑结构设计; 受力性能; 抗震性能

中图分类号: TU24

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.36.040

0 引言

短肢剪力墙作为一种高效抗侧力构件, 近年来在民用建筑结构设计中得到广泛应用。其兼具剪力墙刚度大与布置灵活的特点, 尤其适用于高层住宅、公寓等对空间利用率要求较高的建筑类型。相较于传统剪力墙体系, 短肢剪力墙在满足结构安全的同时, 显著提升了建筑平面布局的自由度和使用功能的适应性。随着建筑功能日趋复杂、抗震设防标准不断提高, 如何科学合理地应用短肢剪力墙成为结构设计中的关键课题。本文系统分析短肢剪力墙的受力特性、设计要点及其在实际工程中的应用价值, 旨在为相关设计实践提供参考。

1 短肢剪力墙在民用建筑结构设计中的应用优势

1.1 结构布置灵活性与空间适应性

短肢剪力墙在民用建筑结构设计中展现出显著的空间布局优势。相比传统剪力墙体系, 短肢剪力墙通过合理控制墙肢长度, 既保证了必要的抗侧刚度, 又避免了传统长墙对建筑空间的分割限制。这种结构形式特别适用于住宅类建筑中需要灵活划分室内空间的场景, 能够更好地适应现代建筑对功能多样性的要求。在具体应用中, 设计人员可根据建筑平面功能需求, 将短肢剪力墙布置在分户墙、电梯井等位置, 既满足结构受力需要, 又最大限度释放了室内使用空间。短肢剪力墙的布置方式为建筑立面的开窗设计提供了更多可能性, 有利于改善室内采光条件和空间视觉效果。这种结构体系的空间适应性还体现在其对不规则平面形状的包容性上, 能够通过不同方向的墙肢组合形成有效的抗侧力体系^[1]。

1.2 受力性能与经济性平衡

短肢剪力墙在结构受力性能与经济性之间实现了较好的平衡。从力学性能角度分析, 短肢剪力墙既保留了剪力墙抗侧刚度大的特点, 又通过控制墙肢长度避免了过于刚性的受力特性。这种适中的刚度特性使其在地震作用下能够发挥良好的耗能能力, 同时避免产生过大的地震作用。在正常使用状态下, 短肢剪力墙能够有效控制结构在风荷载和地震作用下的层间位移, 保证建筑使用的舒适性和安全性。从经济性角度考量, 短肢剪力墙的混凝土和钢筋用量相对传统剪力墙更为节约, 同时其施工难度相对较低, 有利于缩短工期和降低工程造价。这种结构形式特别适合于中等高度范围的民用建筑, 在保证结构安全的前提下实现了建造成本的优化。

1.3 抗震性能与延性设计

短肢剪力墙在抗震性能方面具有独特优势。其抗震能力主要体现在墙肢的合理长度设计使得结构在遭遇地震时能够形成较为理想的破坏机制。较短的墙肢长度有利于避免剪力墙出现剪切型脆性破坏, 促使结构形成以弯曲变形为主的延性破坏模式。这种破坏模式能够通过墙肢端部形成塑性铰来耗散地震能量, 为结构提供额外的安全储备。

在延性设计方面, 短肢剪力墙通过合理的构造措施可以实现较好的变形能力。墙肢边缘构件的合理配筋设计能够有效约束混凝土, 提高墙肢的极限变形能力。短肢剪力墙的连接梁设计也会对其整体抗震性能产生重要影响, 合理设计的连接梁可以在墙肢之间传递内力, 促进结构整体协同工作。

1.4 施工便利性与质量控制

短肢剪力墙在施工过程中表现出较好的可操作性。由于墙肢尺寸相对较小,模板支设和混凝土浇筑作业难度显著降低,这有利于提高施工效率并保证施工质量。在钢筋工程方面,短肢剪力墙的钢筋布置相对简单,钢筋间距较为宽松,便于施工人员操作和混凝土的充分振捣。这种结构形式还减少了施工缝的数量,有利于提高结构的整体性。从质量控制角度考虑,短肢剪力墙的施工过程更容易实现标准化作业,各道工序的质量控制点更加明确。混凝土浇筑过程中的密实度更容易保证,避免了因墙体过厚而产生的温度裂缝问题。短肢剪力墙的检测验收工作也相对简便,有利于工程建设各方对施工质量进行有效监控。

2 短肢剪力墙在民用建筑结构设计应用中面临的挑战

2.1 设计理论与计算方法的复杂性

短肢剪力墙的设计分析面临理论体系尚不完善的挑战。现行规范对短肢剪力墙的具体设计规定相对简略,设计人员在实际应用中往往需要借助工程经验进行判断。这种结构形式的受力机理介于普通剪力墙和框架柱之间,其边界条件的确定存在较大难度。在计算分析时,短肢剪力墙的刚度退化特性、塑性铰形成机制等关键参数难以准确量化,给精确计算带来困难。有限元分析中,墙肢与连梁的协同工作模型建立需要充分考虑材料非线性、几何非线性等多重因素,计算过程复杂且结果可靠性有待验证。设计过程中还需合理确定短肢剪力墙的适用高度范围、轴压比限值等关键指标,这些都需要基于大量试验研究和工程实践数据的支撑^[2]。

2.2 构造措施与连接设计的特殊性

短肢剪力墙的细部构造要求较高,特别是墙肢与楼板、连梁等构件的连接部位需要特殊处理。墙肢边缘构件的配筋构造直接影响结构的抗震性能,过密的钢筋布置可能导致混凝土浇筑困难,而过疏则无法保证约束效果。连接梁的设计需要平衡刚度需求与延性要求,既要保证足够的抗剪能力,又要避免出现脆性破坏。在节点区域,钢筋的锚固长度和弯折要求往往与常规设计有所不同,这给施工图设计和现场施工都带来了挑战。短肢剪力墙的构造措施还需要考虑温度应力、收缩徐变等长期效应的影响,防止使用过程中出现裂缝等质量问题。

2.3 材料性能与施工质量的敏感性

短肢剪力墙对材料性能和施工质量的要求较为严格。混凝土的工作性能直接影响墙肢的浇筑质量,过

高或过低的坍落度都会影响结构的最终性能。钢筋的定位准确性对短肢剪力墙尤为关键,较小的截面尺寸使得钢筋位置偏差可能显著影响受力性能。施工过程中的模板安装精度要求较高,任何偏差都可能改变墙肢的实际受力状态。混凝土的养护质量也直接影响短肢剪力墙的长期性能,早期裂缝的出现可能降低结构的耐久性。短肢剪力墙对预埋件、设备洞口等细节处理也更为敏感,这些部位的应力集中现象需要特别关注。施工单位的专业技术水平和质量管理体系直接影响短肢剪力墙的实际应用效果。

2.4 适用范围与工程经验的局限性

短肢剪力墙的应用范围受到较多限制,其在高烈度地区的适用性仍需进一步验证。不同地区的地质条件和抗震设防要求差异较大,这给短肢剪力墙的推广应用带来了挑战。现有工程实践多集中在特定类型的建筑中,缺乏在复杂建筑形式中的应用经验。设计人员对短肢剪力墙的认识深度不一,这可能导致设计方案的合理性和安全性存在差异。在实际工程中,短肢剪力墙往往需要与其他结构形式配合使用,这种混合结构体系的设计方法尚不成熟^[3]。

3 短肢剪力墙在民用建筑结构设计中的应用优化提升策略

3.1 设计方法创新与理论完善

短肢剪力墙设计理论的系统化研究是提升其应用水平的重要基础。当前需要建立更为精确的计算模型,充分考虑墙肢与连梁在不同受力阶段的协同工作机制。通过开展系统的试验研究和深入的数值模拟分析,可以全面掌握短肢剪力墙在弹性、弹塑性及极限状态下的性能表现规律。这些研究应当重点关注墙肢的刚度退化特性、塑性铰形成机制以及能量耗散能力等关键指标,为设计参数的合理确定提供充分的科学依据。设计方法的创新需要特别注重实用性和可操作性,开发适用于工程实际的设计辅助工具和专业软件,使复杂的设计计算过程变得更加便捷高效。必须加强短肢剪力墙与其他结构构件连接设计的理论研究,明确力的传递路径和可能的破坏机制,为节点设计提供理论指导。设计理论的完善还需要充分考虑不同地区抗震设防要求的差异性,建立分区域、分等级的设计指南和技术标准。这些研究成果的系统整合和推广应用将显著提高短肢剪力墙设计的科学性和可靠性,为工程实践提供有力的技术支撑。

3.2 构造措施优化与标准化

构造细节的合理设计对保证短肢剪力墙的整体性能具有决定性影响。应当系统研究墙肢边缘构件的最

优配筋形式,在确保足够约束效果的同时,充分考虑施工的可行性和便利性。连梁的设计需要寻求刚度与延性的最佳平衡点,通过合理的截面尺寸设计和科学的配筋方式,实现预期的抗震性能目标。节点区域的构造措施应当进行深入的标准化研究,形成可推广应用的典型连接做法和标准图集。针对施工过程中常见的质量问题,需要制定针对性的构造控制措施,特别是在钢筋精确定位、混凝土浇筑密实等关键环节提出明确的操作指南。标准化构造图集的系统编制将有助于统一设计标准,提高工程质量的均好性。另外,还应研究适用于不同施工条件和工程特点的构造变通方案,增强设计方案的适应性和灵活性。构造措施的优化还需要考虑施工工序的合理安排,避免因构造复杂导致的施工困难。此外,还应当建立构造措施的评估机制,通过实际工程验证其有效性,并不断进行优化改进。

3.3 材料性能提升与工艺改进

新型建筑材料的开发应用为短肢剪力墙性能的进一步提升创造了有利条件。高性能混凝土的合理使用可以有效改善墙体的抗裂性能和长期耐久性,各种纤维增强材料的科学掺入有助于显著提高构件的变形能力和延性性能。钢筋材料的优化选择需要综合考虑强度指标、延性特征以及施工工艺性能的多重要求,寻求最佳的材料配比方案。施工工艺的改进重点在于提高混凝土的浇筑质量,研发适用于窄小空间的特种振捣技术和科学养护方法。模板系统的创新设计应当确保墙肢尺寸的精确控制,同时着力提高支模效率和经济性。针对钢筋安装精度要求高的特点,需要研究开发有效的定位措施和检查方法,确保钢筋位置的准确性。预拌混凝土的全程质量控制、运输过程的连续性管理以及浇筑作业的规范性操作都是保证施工质量的关键环节。新工艺的推广应用需要建立完善的技术培训体系,确保施工人员熟练掌握操作要点。应当加强施工过程的监测和记录,为工艺改进积累实践数据^[4]。

3.4 质量控制体系完善

建立全过程、全方位的质量控制体系是确保短肢剪力墙应用效果的重要保障。从设计阶段开始,就需要明确各个关键质量控制点和相应的验收标准,为质量控制提供明确依据。施工过程中应当制定详细的操作规程和作业指导书,特别要对钢筋安装精度、模板支设质量、混凝土浇筑工艺等关键工序实施重点控制。质量检测方法的完善包括开发适用于短肢剪力墙的特种无损检测技术,能够准确评估混凝土的密实度状况和钢筋的实际位置。建立完善的质量记录制度和可追

溯体系,实现质量问题的源头追溯和责任认定。需要加强对施工人员的系统技术培训,提高其对短肢剪力墙施工要点的掌握程度和操作技能水平。监理单位的专业能力提升也是质量控制的重要环节,需要制定专门的监理实施细则和验收标准。

3.5 工程应用拓展与经验总结

短肢剪力墙的应用范围需要通过大量的工程实践来不断拓展和验证。在系统总结现有工程经验的基础上,应当积极探索在不同类型建筑中的应用可能性和适用条件。高层住宅建筑中的成功经验可以逐步推广到其他类型的民用建筑中,如学校、医院等对使用功能有特殊要求的公共建筑。针对不同地区的抗震设防要求,需要积累相应的工程应用数据和实践案例,为技术规范的修订完善提供充分支持。既有建筑改造中短肢剪力墙的应用经验值得深入总结和研究,形成适用于改造工程的特殊设计方法和施工技术。工程经验的交流与共享机制的建立完善,有助于促进设计水平和工程质量的整体提升。应当加强设计、施工、科研等各相关方的协同合作,形成完整的技术创新链条和产业协作体系^[5]。

4 结束语

短肢剪力墙通过优化墙体尺寸与布局,有效平衡了结构刚度与建筑功能需求,在民用建筑中展现出显著优势。未来,随着材料技术与设计理论不断发展,短肢剪力墙有望在抗震性能、节能环保等方面实现进一步突破,为建筑结构设计提供可持续的解决方案。同时,应加强其在高烈度地震区及复杂建筑形态中的适用性研究,推动相关规范标准的细化与完善,并深化产学研协同,促进设计、施工与运维全生命周期的技术集成,从而全面提升短肢剪力墙体系的安全性、经济性与适应性。

参考文献:

- [1] 韩艳.短肢剪力墙在民用建筑结构设计中的运用分析[J].建设科技,2024(18):71-73.
- [2] 申鹏,刘洋.短肢剪力墙在民用建筑结构设计中的运用分析[J].居舍,2024(20):104-107.
- [3] 魏晓军.短肢剪力墙在住宅民用建筑结构设计中的应用[J].居舍,2024(17):57-60.
- [4] 李莉.短肢剪力墙在民用建筑结构设计中的运用与思考[J].居业,2023(10):104-106.
- [5] 王根华.短肢剪力墙在民用建筑结构设计中的应用探究[J].江西建材,2023(03):210-211,214.