

建筑结构设计中的剪力墙结构设计探析

吴天龙

广西南宁人防可研设计院有限公司 广西 南宁 530000

摘要：在建筑结构领域，剪力墙结构凭借卓越的抗侧力性能，成为高层建筑和抗震设防区的重要选择。其设计的科学性与合理性，直接影响建筑的安全稳定性与综合效益。本文围绕剪力墙结构设计展开系统研究，阐述了其定义、分类及设计原则，包括平面布置均衡性、竖向刚度渐变等核心原则。分析了设计关键要素，涉及平面布置与结构选型、尺寸与配筋设计、连接节点处理、材料与施工适配性等方面。探讨了抗震性能优化，明确位移角、剪压比等指标，提出设置耗能连梁、采用型钢混凝土剪力墙等策略。研究旨在为剪力墙结构设计提供理论与实践参考，提升其安全性与经济性，满足现代建筑对结构性能的多元需求。

关键词：建筑结构设计；剪力墙结构设计；关键要素；抗震性能优化

引言：随着高层建筑与抗震要求的提升，剪力墙结构因优异的抗侧力性能被广泛应用。其设计质量直接关系到建筑安全与功能实现，但实际设计中存在平面布置不合理、抗震性能不足等问题。本文基于现有研究与工程实践，从定义分类、设计原则、关键要素及抗震优化等维度深入探析，旨在明确设计要点，提出科学优化策略，为解决剪力墙结构设计中的实际难题提供指导，推动其设计水平的提升。

1 剪力墙结构的定义与分类

1.1 剪力墙结构的定义

剪力墙结构是一种以抗侧力墙体为核心承重构件的建筑结构体系，其墙体在平面内具有强大的抗剪刚度和承载力，主要用于抵抗水平荷载（如地震作用、风荷载）及竖向荷载（如结构自重、活荷载）。这类墙体多由钢筋混凝土浇筑而成，兼具分隔空间与承重双重功能，广泛应用于高层建筑、抗震设防区建筑中。从力学特性来看，剪力墙在水平荷载作用下以弯曲变形为主，相较于框架结构的剪切变形更能有效控制结构侧移，提高建筑整体稳定性。其设计核心是通过合理布置墙体，使结构在水平力作用下形成多道抗侧力防线，避免因局部破坏引发整体倒塌。同时剪力墙需与楼盖、基础等构件协同工作，形成空间受力体系，确保力的有效传递。

1.2 剪力墙的分类

剪力墙可按以下多种维度分类，常见方式包括：

（1）按材料划分，可分为钢筋混凝土剪力墙（应用最广，强度高、整体性好）、钢-混凝土组合剪力墙（如钢板混凝土墙，兼具钢的延性与混凝土的刚度）、配筋砌体剪力墙（适用于低层建筑，经济性较好）。（2）按受力形态划分，有整体墙（无洞口或洞口较小，整体受

力明显）、小开口整体墙（洞口尺寸较小，墙肢内力差异不大）、联肢墙（洞口较大，由墙肢与连梁组成多肢受力体系）、壁式框架（洞口极大，连梁刚度接近框架梁，受力类似框架）。（3）按布置方式划分，包括横向剪力墙（主要抵抗横向水平力，沿建筑纵向布置）、纵向剪力墙（抵抗纵向水平力，沿横向布置）、双向剪力墙（纵横双向交叉布置，适用于复杂体型建筑）^[1]。

2 建筑结构设计中的剪力墙结构设计原则

2.1 平面布置均衡性原则

剪力墙平面布置要遵循均匀对称原则，确保结构质心与刚心重合或接近，减少扭转效应。墙体应沿建筑主轴方向均匀分布，避免局部密集或稀疏，尤其在建筑平面转折、凹凸部位需加强布置，形成闭合抗侧力体系。对于不规则平面，需通过增设翼墙、转角墙等方式弥补刚度差异，控制最大层间位移角符合规范要求。同时剪力墙间距要与楼盖刚度匹配，避免楼盖因跨度过大产生过大挠度，影响力的传递效率。

2.2 竖向刚度渐变原则

剪力墙的刚度和承载力应沿竖向逐步过渡，避免突然增大或减小。底层墙体截面尺寸可适当加大以抵抗更大剪力，向上逐渐减小，但变化幅度需控制在合理范围内（如相邻楼层刚度比不超过规范限值）。对于体型收进的建筑，收进部位的剪力墙需加强配筋，防止刚度突变引发应力集中。墙体洞口位置需上下对齐，连梁高度与墙肢长度比例应协调，避免因洞口布置混乱导致竖向刚度分布失衡。

2.3 协同工作与构造适配原则

剪力墙需与框架、楼盖等构件形成空间协同受力体系，连梁设计要兼顾刚度与延性，避免过强或过弱；过

强会导致墙肢先破坏,过弱则易使连梁过早屈服。墙体边缘构件(暗柱、端柱等)需按抗震等级配置箍筋,确保塑性较区延性;底部加强部位的剪力墙纵向钢筋锚固长度需满足规范要求,防止锚固失效。剪力墙与基础的连接应可靠,采用筏板基础或桩基时需保证竖向力与水平力有效传递至地基。

2.4 抗震性能优先原则

在抗震设防区,剪力墙设计要以“强墙弱梁、强剪弱弯、强节点强锚固”为核心。强墙弱梁要求连梁先于墙肢屈服,通过连梁耗能保护墙肢;强剪弱弯需保证剪力墙斜截面抗剪承载力高于正截面抗弯承载力,避免剪切破坏;节点部位箍筋加密、钢筋锚固长度加大,确保力的传递路径不中断。对于高宽比较大的剪力墙,需验算其稳定性能,必要时设置扶壁柱或暗梁增强约束^[2]。

3 剪力墙结构设计的关键要素

3.1 平面布置与结构选型

(1)平面布置是剪力墙结构设计的基础,直接影响结构的整体受力性能与经济性。剪力墙的合理间距需结合楼盖结构形式确定,对于现浇钢筋混凝土楼盖,当采用单向板时,剪力墙间距不宜过大,以保证楼盖在水平力作用下能有效传递荷载,避免因跨度过大导致楼盖刚度不足;采用双向板时,间距可适当放宽,但需控制楼盖的挠度与裂缝宽度。同时,间距设置需考虑建筑功能需求,在满足结构安全的前提下,减少对空间布局的限制。(2)对称性要求是平面布置的核心原则之一,剪力墙应沿建筑纵横主轴对称分布,使结构的刚心与质心尽可能重合,降低扭转效应。在不规则平面中,需通过调整墙体位置与数量,弥补刚度分布的不均衡,必要时在平面突出部位增设剪力墙,或在凹角处设置转角墙,增强结构抗扭能力。对于存在较大偏心的建筑,需通过计算验证扭转位移比,确保其符合规范限值。(3)结构体系的选择要依据建筑高度、抗震设防烈度、功能需求等综合确定。框架-剪力墙结构适用于中高层建筑,通过框架与剪力墙的协同工作,既能发挥框架的空间灵活性,又能利用剪力墙提高抗侧刚度,其设计关键是合理分配框架与剪力墙的抗侧力比例,通常剪力墙承担70%以上的水平力。筒体结构则适用于超高层建筑,由核心筒与外围框架组成,核心筒作为主要抗侧力构件,需保证其平面尺寸与刚度,外围框架主要承担竖向荷载,两者通过刚性楼盖连接形成整体受力体系。

3.2 尺寸与配筋设计

(1)剪力墙的尺寸设计要满足刚度、承载力及构造要求。厚度方面,底部加强部位的墙体厚度不应小于

200mm,且不宜小于层高或无支长度的 $1/16$;非加强部位厚度不应小于160mm,同时需根据竖向荷载作用下的轴压比限值调整,轴压比较大时需增加厚度以提高稳定性。高度(墙肢长度)与厚度的比值需控制在合理范围,避免墙肢发生剪切破坏或失稳,通常墙肢长厚比不宜大于30,短肢剪力墙长厚比宜控制在8~15之间。(2)洞口设计遵循“规则、对称”原则,洞口位置应避免开墙肢端部,洞口大小需协调,避免因洞口过大导致墙肢刚度突变。洞口上下边缘的连梁高度不宜小于500mm,宽度与墙厚一致,其跨高比宜控制在1~3之间,以保证连梁既能传递力又具备一定延性。洞口周边需设置加强钢筋,确保洞口边缘的承载力。(3)配筋设计满足承载力与延性要求。分布钢筋分为水平分布筋与竖向分布筋,水平分布筋主要抵抗剪力,其配筋率在一级抗震等级中不应小于0.25%,二、三级不应小于0.20%,且直径不宜小于8mm;竖向分布筋主要协助抵抗弯矩,配筋率不应小于0.20%,间距不宜大于300mm。分布钢筋的锚固长度需符合规范要求,在墙肢端部应弯折锚固,确保力的有效传递。(4)边缘构件是剪力墙的重要受力部位,分为约束边缘构件与构造边缘构件。约束边缘构件适用于抗震等级较高、轴压比较大的墙肢端部,其长度、配箍率需严格按照规范计算确定,箍筋形式宜采用螺旋箍或复合箍,以提高对混凝土的约束作用;构造边缘构件适用于轴压比较小的部位,其尺寸与配筋按构造要求设置,确保在地震作用下不发生脆性破坏。

3.3 连接节点设计

(1)剪力墙与梁的连接节点要保证力的可靠传递。梁纵筋伸入墙肢的锚固长度应满足规范要求,当梁端剪力较大时,需在梁与墙连接处设置暗柱或端柱,增强节点刚度。梁高度范围内的墙体水平分布筋应贯通设置,与梁纵筋形成整体,连梁与墙肢的连接需保证连梁纵筋在墙肢内的锚固长度,连梁箍筋应在全长范围内加密,提高节点延性。(2)剪力墙与柱的连接主要存在于框架-剪力墙结构中,柱需伸入剪力墙一定长度,形成刚接节点,柱纵筋与剪力墙钢筋需可靠连接,节点区箍筋应加密,其间距不宜大于100mm,确保节点在水平力与竖向力共同作用下不发生破坏。(3)施工缝的设置需避开受力较大部位,水平施工缝宜留在楼盖顶面或梁底以下,竖向施工缝宜设置在墙体洞口边缘或纵横墙交接处。施工缝处需清理表面浮浆,设置止水条或止水钢板,并在浇筑新混凝土前铺一层与混凝土同强度等级的水泥砂浆,保证施工缝结合紧密。(4)后浇带用于解决超长结构的温度应力与收缩裂缝问题,其位置应设置在结构受

力较小部位,宽度通常为800~1000mm。后浇带需在主体结构浇筑完成后间隔一定时间(通常不少于42天)再浇筑,混凝土强度等级应比两侧结构提高一级,并掺加微膨胀剂,以补偿收缩。后浇带处的钢筋需贯通设置,不得切断,确保结构整体性。

3.4 材料与施工适配性

(1)材料选择要与剪力墙结构的受力特性及施工条件相适配。混凝土强度等级的确定需兼顾强度与延性,底部加强部位宜采用C30~C50混凝土,非加强部位可适当降低,但不应低于C25,高强度混凝土需配合相应的配筋率,避免因脆性过大影响结构抗震性能。钢筋宜选用HRB400、HRB500级热轧带肋钢筋,其屈服强度与极限强度的比值需符合延性要求,且钢筋的焊接、机械连接性能需与施工工艺匹配,确保接头质量。(2)施工适配性设计需考虑现场施工条件,墙体的截面尺寸、配筋方式应便于模板安装与钢筋绑扎,例如墙肢厚度不宜过小,以保证钢筋保护层厚度及混凝土浇筑密实性;复杂节点的钢筋布置需预留操作空间,避免因钢筋过密导致混凝土振捣困难。对于大体积剪力墙,需通过优化配合比、设置散热孔等措施控制水化热,减少温度裂缝;对于超高剪力墙,需分阶段浇筑,合理设置施工缝,确保墙体垂直度与整体性^[3]。

4 剪力墙结构的抗震性能优化

4.1 抗震性能指标

以下抗震性能指标是衡量剪力墙结构抗震能力的核心参数,直接决定设计的合理性与结构安全性。(1)位移角是反映结构整体变形能力的关键指标,需严格控制在规范限值内,不同抗震等级、不同高度的建筑对应不同的限值要求,例如抗震等级为一级的高层建筑,其层间位移角通常不宜超过1/800。位移角过大表明结构刚度不足,易导致非结构构件破坏;过小则可能因刚度过剩增加地震作用,需通过调整墙体布置与尺寸实现平衡。(2)剪压比是剪力墙截面平均剪应力与混凝土轴心抗压强度设计值的比值,用于控制墙体剪切破坏风险。剪压比过高会使墙体发生脆性剪切破坏,丧失延性,设计中需通过限制剪压比(通常不超过0.25~0.35,依抗震等级调整),确保墙体在

地震作用下以弯曲破坏为主,通过塑性铰发展消耗地震能量。轴压比、延性系数等参数也需协同控制,轴压比需符合边缘构件设计要求,延性系数则需通过配筋构造保证,使结构具备足够的变形能力。

4.2 优化设计策略

(1)设置耗能连梁或弱连梁是提升剪力墙抗震性能的有效手段。耗能连梁通过合理设计使连梁在地震作用下先于墙肢屈服,形成塑性铰并消耗能量,减少墙肢所受剪力。弱连梁则通过降低刚度或承载力,引导地震作用下的损伤集中于连梁,避免墙肢发生严重破坏,其设计需控制跨高比与配筋率,确保连梁屈服后仍能传递一定剪力,维持结构整体性。(2)采用型钢混凝土剪力墙(SRCW)或钢板剪力墙可显著提升抗震性能。SRCW通过在混凝土墙体内植入型钢骨架,增强墙体的承载能力与延性,型钢与混凝土协同工作,既能提高刚度,又能改善结构的塑性变形能力。钢板剪力墙则利用钢板的抗剪刚度与延性抵抗水平力,通过合理设置加劲肋控制钢板屈曲,使其在屈服后仍能保持稳定耗能,适用于高烈度抗震设防区的重要建筑^[4]。

结束语

剪力墙结构设计要统筹考虑多方面因素,从平面布置到材料选择,从构造设计到抗震优化,均需遵循科学原则与规范要求。合理运用设计策略可有效提升结构的安全性、稳定性与抗震性能。未来需结合新材料、新技术进一步探索优化路径,如智能化设计方法的应用,以适应更复杂的建筑需求,为建筑行业的可持续发展提供更可靠的结构支撑。

参考文献

- [1]郭文霞.建筑结构设计剪力墙结构设计探析[J].河南建材,2025(3):110-112.
- [2]王展.剪力墙结构设计在建筑结构中的应用探析[J].甘肃科技,2021,37(24):118-120,144.
- [3]李伟天.探析建筑设计中的剪力墙结构设计应用[J].百科论坛电子杂志,2020(11):1414-1415.
- [4]陈焘.建筑结构设计中的剪力墙结构设计探究[J].大众标准化,2023(3):88-90.