

剪力墙结构设计在建筑结构设计中的应用

周玉龙

九易庄宸科技(集团)股份有限公司 河北 石家庄 050000

摘要:随着城市现代化进程的飞速推进,城市人口高度聚集,土地资源愈发紧张,促使建筑不断向高空发展,高层及超高层建筑日益增多。本文聚焦剪力墙结构设计在建筑结构设计中的应用。首先介绍了剪力墙结构的整体墙、小开口整体墙等类型,阐述其抵抗水平荷载与承担竖向荷载的作用。接着说明设计需遵循均匀对称、刚柔并济等原则。随后从合理布置、确定厚度、优化配筋、处理连接等方面阐述应用要点。最后探讨其未来向智能化设计、新型材料应用及可持续发展方向演进的趋势,旨在为建筑结构设计剪力墙结构的合理设计与应用提供参考。

关键词:剪力墙;结构设计;建筑结构;设计应用

引言:在建筑领域,建筑结构设计关乎建筑物的安全性、稳定性与适用性。随着建筑高度与复杂程度不断增加,对结构设计的科学性要求愈发严格。剪力墙结构凭借其出色的抗侧力性能,在现代建筑结构设计中得到广泛应用。它不仅能有效抵抗地震、风等水平荷载,还能承担竖向荷载,保障建筑结构安全。深入探究剪力墙结构设计在建筑结构设计中的应用,对于提升建筑质量、推动建筑行业发展具有重要意义,本文将就此展开详细探讨。

1 剪力墙结构的类型与作用

1.1 类型

1.1.1 整体墙

整体墙是指门窗洞口面积占整个墙面面积的比例极小(一般小于15%)的剪力墙。这类墙在水平荷载作用下,其截面变形后仍基本保持平面,法向应力沿墙体高度方向大致呈线性分布。整体墙的刚度很大,能承受较大的水平力和竖向力,在高层建筑中常作为主要的抗侧力构件,为建筑提供稳定的结构支撑,有效抵抗风荷载和地震作用,保证建筑的整体性与安全性。

1.1.2 小开口整体墙

小开口整体墙的门窗洞口稍大,洞口面积占墙面面积的比例在15%-50%之间。在水平荷载作用下,其截面虽因洞口存在而不再完全保持平面,但整体弯曲变形仍占主导地位。小开口整体墙的受力性能接近整体墙,不过由于洞口削弱,刚度有所降低。在设计时,需考虑洞口对墙体应力和变形的影响,合理布置洞口位置和大小,以满足结构安全和正常使用要求。

1.1.3 联肢墙

联肢墙是由一系列连梁将两片或多片剪力墙连接在一起形成的结构形式。连梁的存在使得各片剪力墙能够

协同工作,共同抵抗水平荷载。在水平力作用下,联肢墙的变形以剪切型为主,连梁起到传递剪力和协调各墙肢变形的作用。联肢墙可根据建筑功能和结构布置需求灵活设计,通过调整连梁的刚度和墙肢的尺寸,优化结构的受力性能,提高建筑的抗震能力和空间使用效率。

1.1.4 框支剪力墙

框支剪力墙是一种将上部部分剪力墙通过框架(框支柱和框支梁)支承在下部结构上的结构体系。通常用于建筑功能转换的楼层,如底部为商场、上部为住宅的高层建筑。框支剪力墙结构受力复杂,在水平荷载作用下,框支层会产生较大的内力和变形。设计时需确保框支框架具有足够的强度和刚度,保证结构在竖向和水平荷载作用下的安全性与可靠性,同时要采取有效措施减少框支层上下的侧移刚度比。

1.2 作用

1.2.1 抵抗水平荷载

剪力墙结构在抵抗水平荷载方面发挥着关键作用。在风荷载或地震作用等水平力影响下,剪力墙凭借自身较大的抗侧刚度,能有效约束结构的侧向变形。它通过自身弯曲和剪切变形来消耗水平力产生的能量,将水平力传递至基础,防止建筑物发生过大的侧移和扭转,保证建筑在水平力作用下的稳定性与安全性,避免因侧移过大导致内部结构损坏、非结构构件破坏等情况发生^[1]。

1.2.2 承担竖向荷载

剪力墙结构同样承担着重要的竖向荷载。建筑物的自重、使用荷载等竖向力通过楼板传递至剪力墙,剪力墙凭借其较高的抗压强度和稳定性,将这些竖向荷载可靠地传递至基础。与框架结构相比,剪力墙结构在承担竖向荷载时,能更好地控制结构的竖向变形,减少因竖向荷载引起的墙体开裂等问题,为建筑物提供稳定可靠

的竖向支撑,确保建筑在长期使用过程中的安全性与耐久性。

2 剪力墙结构设计原则

2.1 均匀对称原则

在剪力墙结构设计中,均匀对称原则至关重要。均匀布置剪力墙能使结构的刚度中心与质量中心尽可能重合,减少在水平荷载(如风荷载、地震作用)下因偏心而产生的扭转效应,降低结构扭转破坏的风险。对称布置则可保证结构在各个方向的受力性能较为一致,增强结构的整体稳定性。例如,在平面布局上,将剪力墙对称分布于建筑物两侧或四周;在竖向布置上,使各层剪力墙的分布和数量相对均匀,避免出现刚度突变,从而确保结构在各种荷载作用下都能安全、稳定地工作。

2.2 刚柔并济原则

刚柔并济原则要求剪力墙结构设计既要有足够的刚度来抵抗水平荷载,防止结构产生过大侧移,又要具备一定的柔性,以消耗地震能量,避免结构因刚度过大而发生脆性破坏。合理确定剪力墙的数量和尺寸是关键,若剪力墙过多、刚度过大,地震时结构会吸收过多能量,导致破坏严重;若剪力墙过少、刚度不足,结构侧移会过大,影响正常使用和安全。因此,需通过精确计算和分析,找到刚度与柔性的平衡点,使结构具有良好的抗震性能。

2.3 强剪弱弯原则

强剪弱弯原则是剪力墙结构设计的重要准则。它强调剪力墙的抗剪承载力要高于其抗弯承载力,目的是确保在地震等水平荷载作用下,剪力墙首先在受弯部位出现塑性铰,产生较大变形以消耗能量,而受剪破坏相对滞后。因为受弯破坏是延性破坏,有明显的预兆;受剪破坏则是脆性破坏,突然发生且破坏严重。通过合理配置剪力墙的纵向钢筋和横向钢筋,提高其抗剪能力,使结构在遭遇地震时能通过延性变形来耗散能量,保障生命安全,减少经济损失。

3 剪力墙结构设计在建筑结构设计中的应用要点

3.1 合理布置剪力墙

3.1.1 平面布置

剪力墙平面布置需综合考虑建筑功能与结构受力。应尽量将剪力墙均匀对称分布在建筑物平面内,使结构刚度中心与质量中心接近,减少扭转效应。比如在矩形平面建筑中,可沿周边均匀布置剪力墙;对于不规则平面,要在突出部位和刚度薄弱区域增设剪力墙。同时,要避免剪力墙局部集中,防止因刚度突变产生应力集中。此外,还应结合建筑门窗洞口位置合理布置,尽量

使剪力墙连续、完整,以提高其抗侧力性能,保证结构在水平荷载作用下能安全稳定地工作。

3.1.2 竖向布置

剪力墙竖向布置要保证结构刚度均匀变化。从基础到顶部,剪力墙应连续布置,避免出现薄弱层。在建筑高度方向上,剪力墙的厚度、混凝土强度等级等可根据楼层高度和受力情况适当变化,但变化要平缓,防止刚度突变。例如,随着楼层升高,可逐步减小剪力墙厚度,但要满足承载力和稳定性要求。对于有转换层的结构,要特别注意转换层上下剪力墙的布置和连接,确保力的传递顺畅,保证结构在竖向荷载和水平荷载共同作用下的整体性和安全性^[2]。

3.2 确定合适的剪力墙厚度

3.2.1 满足承载能力要求

确定剪力墙厚度时,满足承载能力要求是首要考量。剪力墙需承受水平荷载(如风荷载、地震作用)和竖向荷载(如结构自重、使用荷载等)。若厚度不足,在荷载作用下,墙体可能因应力过大而出现裂缝甚至破坏。通过结构计算,依据不同工况下的荷载组合,分析剪力墙的内力(弯矩、剪力等),结合材料的力学性能,确定能保证墙体在各种荷载作用下不发生强度破坏的最小厚度。例如,在高层建筑中,随着高度增加,水平荷载增大,往往需要适当增加剪力墙厚度以满足承载需求。

3.2.2 考虑稳定性要求

剪力墙的稳定性同样影响其厚度确定。当剪力墙高宽比较大时,墙体易发生失稳破坏,如弯曲失稳或剪切失稳。为保证稳定性,需根据墙体的约束条件、高宽比等因素,按照相关规范要求确定最小厚度。对于无端柱或翼墙的剪力墙,其厚度要求更为严格。同时,施工过程中,墙体的混凝土浇筑质量、配筋情况等也会影响稳定性,设计时需综合考虑这些因素,确保剪力墙在正常使用和极限状态下都能保持稳定,避免因失稳导致结构整体安全性受损。

3.3 优化剪力墙配筋

3.3.1 计算配筋量

计算剪力墙配筋量是优化配筋的关键环节。需依据结构所承受的内力,如弯矩、剪力等,结合材料力学性能和设计规范进行精确计算。在水平荷载与竖向荷载共同作用下,通过力学模型分析,确定剪力墙在不同部位所需的钢筋面积。对于受弯构件,按正截面受弯承载力计算纵向钢筋;对于受剪构件,依据斜截面受剪承载力确定横向钢筋。同时,要考虑地震等偶然作用的影响,

进行多遇地震和罕遇地震下的内力分析,合理调整配筋量,确保剪力墙在各种工况下都能满足承载要求,保障结构安全。

3.3.2 构造配筋要求

除计算配筋外,构造配筋要求也不容忽视。剪力墙应设置分布钢筋,其作用是固定受力钢筋位置、分散裂缝、增强墙体整体性。分布钢筋的直径、间距需符合规范规定,一般直径不宜小于6mm,间距不宜大于300mm。在剪力墙边缘构件,如暗柱、端柱等部位,要按构造要求配置箍筋和纵筋,以增强边缘构件的约束作用,提高剪力墙的延性和抗震性能。此外,还应注重钢筋的锚固、连接构造,确保钢筋能有效传递应力,保证剪力墙的可靠工作。

3.4 处理剪力墙与其他构件的连接

3.4.1 与楼板的连接

剪力墙与楼板的可靠连接对结构整体性至关重要。在连接处,楼板钢筋应伸入剪力墙内一定长度并可靠锚固,通常需满足锚固长度要求,以保证力的有效传递。对于现浇楼板,可通过在剪力墙内预留插筋或直接将楼板钢筋与剪力墙钢筋绑扎、焊接等方式实现连接。同时,要保证连接部位的混凝土浇筑质量,使剪力墙与楼板形成整体共同工作。在边缘部位,可适当增加连接钢筋数量,增强连接强度,避免在水平荷载作用下,楼板与剪力墙之间出现相对滑移或分离,影响结构的安全性和稳定性。

3.4.2 与框架的连接

剪力墙与框架连接时,要确保力的传递顺畅。在框支剪力墙结构中,框支柱与剪力墙的连接是关键。框支柱的钢筋应伸入剪力墙内足够长度并可靠锚固,同时,剪力墙内的竖向和水平分布钢筋也要与框支柱钢筋有效连接。在连接部位,可采用加密箍筋、设置拉结钢筋等构造措施,增强连接区域的约束作用,提高结构的抗震性能。此外,连接处混凝土的浇筑要密实,避免出现蜂窝、孔洞等缺陷,保证剪力墙与框架能够协同工作,共同抵抗竖向和水平荷载。

4 剪力墙结构设计的未来发展趋势

4.1 智能化设计

随着人工智能和计算机技术的进步,剪力墙结构设计正逐步向智能化方向发展。基于生成对抗网络(GAN)的智能设计系统已展现出强大的潜力,通过深度学习算法,系统能够从建筑CAD图纸中自动提取关键构件信息,生成结构像素图,并进一步转化为结构分析模型。这一过程不仅显著缩短了设计周期,还降低了

对工程师计算机软硬件环境的要求,提高了设计效率。未来,智能化设计将更加注重数据驱动与物理增强相结合,通过引入力学原理和规范约束,确保设计方案的合理性和可靠性。

4.2 新型材料应用

新型材料的应用为剪力墙结构设计带来了更多可能性。高强度钢材、高性能混凝土和纤维增强复合材料等高性能材料的出现,显著提高了剪力墙的承载能力和抗震性能。例如,采用高强度钢材制作的剪力墙能够在减小构件尺寸的同时提高结构的强度和稳定性;高性能混凝土则具有更高的抗压强度和耐久性,能够延长剪力墙的使用寿命。此外,组合式钢板剪力墙、钢箱型钢板剪力墙等新结构的不断涌现,进一步满足了高层和超高层建筑对抗震、抗风荷载的高要求。

4.3 可持续发展

在全球倡导可持续发展的背景下,剪力墙结构设计也更加注重资源的节约和环境的保护。通过优化剪力墙的结构设计,降低材料的消耗;采用可回收材料制作剪力墙构件,减少建筑垃圾的产生;利用自然通风和采光,减少能源的消耗等措施,实现绿色建筑的目标。同时,新型绿色建材如具有保温隔热性能的墙体材料在剪力墙结构中的应用,进一步提高了建筑的节能效果。未来,可持续发展理念将贯穿于剪力墙结构设计的全过程,推动建筑行业向更加环保、节能的方向发展^[1]。

结束语

剪力墙结构设计作为建筑结构设计的关键环节,在保障建筑安全稳定、提升空间使用效能等方面发挥着不可替代的作用。通过合理布置、精准确定厚度、优化配筋以及妥善处理与其他构件的连接,可打造出性能卓越的剪力墙结构体系。而展望未来,智能化设计将提升效率与精准度,新型材料应用赋予其更强性能,可持续发展理念推动绿色转型。相信在科技不断进步与理念持续创新的驱动下,剪力墙结构设计将不断突破,为建筑行业带来更多优质、安全且环保的建筑作品,满足人们日益多样化的需求。

参考文献

- [1]刘英勇.建筑结构中剪力墙结构的运用[J].中国科技投资,2021,(3):155,159.
- [2]路民军.建筑结构中剪力墙结构设计的应用策略[J].电子乐园,2021(3):123-124
- [3]欧艳.剪力墙结构设计在建筑设计中的应用分析[J].市场调查信息:综合版,2022(3):191-193.