

复杂高层与超高层建筑结构设计要点探析

程海洋

河北建筑设计研究院有限责任公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]随着城市化进程的不断推进和人口的持续增长,高层建筑作为现代城市的标志性存在,扮演着重要的城市发展和空间利用角色。高层建筑的崛起不仅改变了城市天际线,更是对土地资源的有效利用,提高了城市的居住密度。然而,与日益增加的建筑高度和复杂性相伴而来的是结构设计面临的巨大挑战。在高层建筑中,如何确保结构的安全性、稳定性和舒适性成为工程设计的核心问题。

[关键词]高层;超高层;建筑设计

DOI: 10.33142/sca.v7i3.11533

中图分类号: TU311.3

文献标识码: A

Analysis of Key Points in Structural Design of Complex Tall and Super Tall Buildings

CHENG Haiyang

Hebei Institute of Architectural Design & Research Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the continuous advancement of urbanization and the continuous growth of population, high-rise buildings, as a symbol of modern cities, play an important role in urban development and spatial utilization. The rise of high-rise buildings not only changes the urban skyline, but also effectively utilizes land resources and improves the residential density of cities. However, accompanied by the increasing height and complexity of buildings, structural design faces enormous challenges. How to ensure the safety, stability, and comfort of the structure in high-rise buildings has become a core issue in engineering design.

Keywords: senior management; super high-rise buildings; architectural structural design

引言

随着建筑高度的不断增加,结构设计所面临的挑战也越发显著。复杂高层和超高层建筑的结构设计需要在满足建筑形式美学、功能需求的同时,确保结构的抗震、抗风、抗火等方面的性能。同时,高层建筑的稳定性和人体舒适度成为评价一个设计方案优劣的关键标准。基于此,研究高层建筑结构设计的要点,以满足现代城市的发展需求,提升建筑的整体性能。

1 复杂高层与超高层建筑结构设计存在的问题

随着建筑高度的增加,结构受力变得极为复杂,荷载分布不均匀,对结构的整体稳定性提出了更高的要求。建筑的垂直尺度增大,地震作用对结构的影响变得更为显著,对结构设计提出了更高难度。超高层建筑由于高度的增加,容易受到风振效应的显著影响,需要在设计中有效控制风振引起的结构振动,以确保建筑整体的稳定性和居住者的舒适度。防火防灾措施也成为设计中的重要问题,需要在高层建筑设计中兼顾结构安全性和应对紧急状况的能力。因此,复杂高层与超高层建筑结构设计的问题不仅表现在结构的复杂性和抗震性能上,还包括对风振、火灾等外部因素的全面考虑。

2 复杂高层与超高层建筑结构设计要点

2.1 复杂高层结构设计要点

2.1.1 框架结构

框架结构在复杂高层建筑的设计中扮演着至关重要

的角色。对于框架结构而言,合适的材料选择至关重要。工程师应根据建筑的高度、荷载特性以及环境要求,选择适当的结构材料,确保其具备足够的强度和刚度,以应对复杂多变的受力环境。此外,截面设计的优化也是关键之一,需要合理的形状和尺寸设计,以确保构件在承受荷载时能够实现最佳的性能^[1]。节点的刚性、可靠性以及施工的可行性,能够实现构件之间的良好协同作用,形成一个有机的整体结构。工程师需要综合考虑建筑的各个部分,精心的设计和细致的计算,框架结构能够为复杂高层建筑提供可靠的支撑,保障其在面对各种挑战时能够稳健而安全地运行。

2.1.2 剪力墙结构

剪力墙结构在复杂高层建筑设计中占有重要地位,直接关系到建筑的整体抗侧能力。合理布置剪力墙,可以有效地分担和传递水平荷载,提高建筑在风或地震作用下的稳定性。在剪力墙的设计中,要综合考虑建筑的高度、形状以及受力特点,以确保剪力墙能够有效地抵抗横向力,并在紧急情况下保持建筑的垂直性。合理的剪力墙厚度能够确保其具备足够的强度和刚度,以满足抗侧能力的要求^[2]。工程师需要结合具体的建筑要求和地质条件,精确计算和确定剪力墙的位置,以最大限度地发挥其作用。优化剪力墙的布置和尺寸,可以提高整个结构的抗侧性能,增强建筑在不同外部力作用下的稳定性。总之,剪力墙结构的设计要点包括布置的合理性、厚度的适度和位置的准

确性,完善的设计能够使剪力墙在建筑结构中充分发挥作用,为复杂高层建筑提供强有力的抗侧支持,确保其在风、地震等极端条件下的结构稳定性和安全性。

2.2 框剪结构

框剪结构作为一种高效的复杂高层建筑结构形式,在结构设计中充分发挥了框架结构和剪力墙结构的优点,以实现建筑的稳定性和抗侧性能的有效提升。框剪结构的设计需要注意框架和剪力墙比例的合理配置。框架结构在承受垂直荷载时具有良好的承载能力,而剪力墙结构则在抗侧方面表现出色。在设计中巧妙配置框架和剪力墙的比例,可以使两者协同作用,发挥各自的优势。在布局中,综合考虑框架和剪力墙的位置、尺寸和布置,确保它们在结构中形成有机的整体。合理的布局,框架能够提供建筑的整体稳定性,而剪力墙则能够强化建筑的抗侧性能,使得整个结构在不同荷载作用下能够保持协调的运行状态。兼具框架和剪力墙的特点,框剪结构在地震荷载作用下能够有效分担结构内力,提高整体结构的抗震性能^[3]。工程师需要深入的结构力学分析、合理的设计参数选择以及先进的计算工具,精心调整框架和剪力墙的配置比例,确保其协同作用,最终达到优化整体结构性能的目的。框剪结构不仅在高层建筑中得到广泛应用,而且在提高建筑整体安全性和抗侧性能方面具有显著优势,为复杂高层建筑的结构设计提供了一种可靠而高效的选择。

2.3 包含转换层的复杂高层建筑结构

包含转换层的复杂高层建筑结构设计是为了应对建筑在高度或形状上的变化,以及满足不同功能区域的需求。由于高层建筑的形状和高度通常不是均匀的,为了适应这种变化,转换层的设计需要考虑从底部到顶部的过渡,涉及到结构形式的调整,例如从框架结构到剪力墙结构的转变,以确保在不同部分具有合适的结构形式。商业区、办公区和住宅区在使用功能上存在明显的差异,因此需要在设计中考虑到这些差异性,以满足不同区域的使用需求,包括在转换层设置灵活的空间,以容纳各种功能和布局的需求。在结构设计方面,转换层的存在通常需要特殊的结构工程考虑。例如,为了适应建筑的高度变化,可能需要在转换层设置高强度的水平和垂直构件,以确保整个结构的稳定性。在高层建筑中,由于高度差异和气候变化,温度、湿度和风速等因素可能发生显著变化。因此,转换层的设计需要考虑采用合适的建筑材料和技术,以提供良好的室内环境,并确保居民或办公人员在不同区域都能够享受到舒适的使用体验。转换层不仅是结构和功能的过渡,同时也是建筑形象的过渡,需要在设计中注重形式美学和城市景观的整体协调。总之,包含转换层的复杂高层建筑结构设计是一项综合性的工程,涉及到结构、功能、人体舒适度和美学等多个方面。科学合理的设计和综合考虑各种因素,可以在高层建筑中实现不同功能区域的平稳

过渡,为建筑的可持续发展提供坚实基础。

2.4 超高层结构设计要点

2.4.1 整体重力荷载变化

在设计复杂高层和超高层建筑的结构时,整体重力荷载的变化是一个不可忽视的重要考虑因素。这一变化随着建筑高度的增加而显著,对结构设计和基础工程提出了挑战。整体重力荷载的计算可以以下公式表达:

$$P = \rho \cdot g \cdot A \cdot h$$

其中,P为整体重力荷载, ρ 为建筑物材料的密度,g为地球表面加速度,A为建筑的截面面积,h为建筑的高度。

随着建筑高度的增加,整体重力荷载逐层增加,意味着在高层建筑中,底层所承受的荷载效应相对较大。因此,工程师在设计中需考虑到这一非线性变化,以确保结构在不同高度处能够有效承受相应的荷载效应。合理分配整体重力荷载,使得结构在垂直方向上能够保持平衡,包括对结构截面的优化设计,以确保各层次的构件能够承受其相应的荷载效应,而不产生过大的应力集中。此外,还需要在建筑的基础设计中考虑整体荷载分布的影响,以保障基础的稳定性。在设计过程中,需要仔细权衡材料的强度和刚度,以及构件的截面形状和尺寸,以满足整体荷载变化的要求。总之,整体重力荷载效应的非线性变化在复杂高层和超高层建筑的结构设计中非常重要,工程师需要精确的计算和合理的分配,确保结构在整体重力荷载变化的情况下能够保持均衡和安全,为高层建筑的可靠性奠定基础。

2.4.2 倾覆力矩增大

在复杂高层和超高层建筑结构设计中,倾覆力矩的增大是一项重要而具有挑战性的问题。该现象主要源于建筑高度的增加,使得建筑底部所受的倾覆力矩随之显著上升。倾覆力矩(M_f)的计算关系为 $M_f = P \cdot e$,P为整体重力荷载,e为建筑底部到倾覆轴的水平距离。

增大的倾覆力矩在建筑面临外部横向荷载(如风载或地震力)时,需要结构具备更强大的抵抗能力,以防止倾覆的风险。为解决此问题,设计中需要采取相应的措施:首先,为了增加基础的承载能力,工程师可以合理设计和强化基础结构,以确保其能够有效地抵抗底部的倾覆力矩。其次,引入倾覆抵抗结构是一个有效的手段。在建筑结构中引入专门抵抗倾覆的构件或系统,例如加强的剪力墙或特殊形状的构件,可以提高整体结构的稳定性。最后,考虑建筑周围的环境因素是至关重要的。对地形、土壤特性以及邻近建筑物的影响进行全面考虑,有助于更准确地评估倾覆力矩的实际影响,从而在设计中做出更为科学和合理的决策。总之,面对倾覆力矩的增大,工程师需要合理设计和科学施策,确保建筑在外部荷载作用下仍能保持稳定。

2.4.3 竖向构件对结构内力分布的变化影响

在复杂高层和超高层建筑结构设计中,竖向构件的设置对结构内力分布产生显著影响。竖向构件,如柱子或核

心筒,是建筑的主要承重构件,其布局和尺寸直接影响整体结构的力学性能。竖向构件的设置对结构内力分布产生的第一个显著影响是在竖向方向上的荷载分配。由于竖向构件的存在,建筑的重力荷载会由竖向构件传递到地基。而竖向构件的数量、位置和截面积都会影响整体结构内力分布,尤其是在水平构件上。竖向构件的刚度和位置会影响水平构件的荷载传递路径,进而改变水平构件上的内力分布。合理设置竖向构件,可以优化结构的整体刚度分布,提高结构的抗侧性能。竖向构件的设置还对建筑的整体稳定性产生重要影响。在设计中,需要综合考虑竖向构件的数量、位置、截面积以及与水平构件的连接方式,以确保结构在承受外部荷载时能够保持平衡且稳定。在竖向构件对结构内力分布的影响方面,工程师需要合理设计和精确计算,确保竖向构件的设置满足结构安全性、稳定性和整体性能的要求。

2.4.4 防火防灾的控制措施

在复杂高层和超高层建筑结构设计中,防火防灾的控制措施是确保建筑安全性和可持续性的关键方面,旨在降低火灾风险、减缓火势蔓延速度、提高疏散效率以及保障建筑结构在灾害发生时的抗损性。采用具有良好防火性能的建筑材料,如阻燃材料和防火涂料,以减缓火灾蔓延速度,提高建筑抗火能力。此外,结构设计中的防火分区和防火墙的设置是关键步骤,能够有效隔离火源,减少火势对整体结构的影响。建筑中应当设置完善的消防系统,包括火灾报警系统、自动喷水灭火系统等。这些系统能够在火灾初期及时发现并控制火灾,降低火灾造成的损失。自动喷水灭火系统的设计需考虑水源充足、管道布局合理,以确保在紧急情况下能够迅速响应。设置宽敞且合理的疏散楼梯、避难层和安全疏散出口,以确保在火灾发生时居民或办公人员能够快速、有序地疏散到安全区域。紧急疏散系统的设计也要考虑特殊人群,如老年人或残疾人的疏散需求。建筑中应当设置灭火器、灭火器箱等设备,并定期进行检查和维护,确保其在火灾爆发时能够迅速投入使用,有效地抑制火势扩大。防火防灾设计应当与抗震设计相结合,以提高建筑在地震等自然灾害中的稳定性。采用抗震设计的结构构件和材料,能够有效减少灾害发生时的结构破坏。总而言之,复杂高层和超高层建筑的防火防灾设计需要综合考虑材料、结构、系统和疏散通道等多个方面。科学合理的设计和细致入微的控制措施,可以最大程度地减小火灾和其他灾害对建筑和人员的危害,确保建筑

在紧急情况下能够提供安全的避难环境。

2.4.5 控制风振加速度,满足人体舒适度要求

在设计复杂高层和超高层建筑结构时,控制风振加速度以满足人体舒适度要求是一项至关重要的任务。风振是指建筑在风力作用下发生的结构振动,其加速度直接关系到建筑的稳定性和居住者的舒适度。采用抗风设计,包括合理的建筑外形、结构布局和剪力墙的设置,可以有效降低风振的发生和加剧程度。在建筑中引入适量的结构和材料的阻尼,可以有效地抑制结构的振动幅度,从而减小风振加速度,包括使用阻尼器、阻尼墙等专门的结构元件,以提高结构的阻尼比,减缓结构的振动。主动风振控制系统感知结构的振动状态,外部力或设备来抵消这些振动,从而减小风振加速度。这可以采用调谐质量阻尼器、主动质量阻尼器等技术来实现。风洞试验是一种常用的手段,在模拟真实风场条件下对建筑模型进行试验,获取真实数据,帮助工程师更准确地预测和控制风振加速度,有助于调整结构参数和采取相应的控制措施,以满足人体舒适度要求。总之,控制风振加速度是复杂高层和超高层建筑结构设计中的一项复杂任务,需要多方面的考虑和综合措施。合理的结构设计、阻尼措施、主动控制系统以及风洞试验,可以有效降低风振的影响,提高建筑的稳定性和人体舒适度。

3 结束语

在高层建筑结构设计的探讨中,研究复杂高层和超高层建筑所面临的挑战与解决方案。框架结构、剪力墙结构、框剪结构等不同形式的设计要点得以详尽呈现,强调了结构配置的合理性对整体性能的影响。在未来,我们期待着科技的进步和实践经验的积累,为这一领域带来更多令人期待的发展。高层建筑的将来将更加安全、智能、舒适,为城市发展和人们生活质量提供更好的支持。

[参考文献]

- [1]王森,刘冠伟,许璇,等.某复杂体型超高层建筑结构设计要点与分析[J].建筑结构,2023,53(22):26-31.
- [2]唐馨庭,唐靖松,李雅楠.一类超高层综合建筑复杂工况消防联动试验探讨[J].建筑电气,2023,42(10):15-20.
- [3]李明,季泽华,周磊等.非完整框架下复杂超高层钢结构施工技术研究与应 用[J].工业建筑,2023,53(2):788-789.

作者简介:程海洋(1966.10—),男,汉族,毕业学校:东南大学,现工作单位:河北建筑设计研究院有限责任公司。