

高层住宅建筑结构的抗震优化设计策略

张 尧

北京中天建中工程设计有限责任公司宁夏分公司 宁夏 银川 750200

摘 要：高层住宅建筑的抗震设计是保障建筑结构在地震发生时能够安全可靠地承受地震力作用的重要措施。抗震优化设计策略旨在通过结构的合理布置、材料的选择和加固措施等手段，提高建筑结构的抗震性能，降低地震灾害对建筑物及其中居民的影响。本文将详细介绍高层住宅建筑结构的抗震优化设计策略。

关键词：高层住宅；建筑结构；抗震优化；设计策略

引言

抗震优化设计是高层住宅建筑结构设计至关重要的一部分，旨在提高建筑的抗震能力，保障居民的生命财产安全。在抗震设计中，优化设计策略的选择和应用对于最终建筑结构的性能至关重要。

1 抗震设计基本原则

抗震设计是指在建筑物的结构设计过程中，通过合理的设计参数和施工措施，使建筑物能够在地震发生时保持稳定，减少破坏程度，确保人员安全。抗震设计的基本原则包括以下几个方面：抗震设计的首要任务是根据所在地区的地震活动情况，合理确定地震烈度和设计基准地震动参数。这些参数包括地震波的频率、加速度、周期等，对于抗震设计具有重要意义。通过深入研究地震数据和历史地震情况，可以更准确地估计地震可能产生的影响，从而为建筑物的抗震设计提供科学依据。在抗震设计中，选择合适的结构形式和材料至关重要。抗震结构应具备良好的韧性和耐久性，能够在地震荷载作用下发挥较好的性能。常见的抗震结构形式包括框架结构、剪力墙结构、核心筒结构等，而抗震材料主要包括钢筋混凝土、钢结构等。通过选择合适的结构形式和材料，可以提高建筑物的整体抗震性能。在抗震设计中，合理的结构布置应考虑到荷载传递路径、刚度分布以及结构的纵横向互制约等方面。通过优化结构布置，可以提高建筑物的整体稳定性，减小地震作用下产生的变形和破坏。结构节点是建筑物中承受地震力的重要部位，其抗震性能直接影响整个结构的安全性。在抗震设计中，需要对结构节点进行加强和优化设计，提高其抗震性能。合理的节点设计能够有效地消散地震荷载，并提供良好的延性和耗能能力，从而保证结构在地震中的稳定性。建筑物的抗震性能不仅与结构本身有关，还与地基基础的抗震性能密切相关。在抗震设计中，需要对地基进行合理的处理和加固，提高其抗震能

力。这可以通过增加地基承载能力、提高土体的抗震性能以及采用适当的地基处理措施来实现^[1]。

2 抗震优化设计策略

2.1 结构形式选择

在高层住宅建筑的抗震设计中，框架结构由柱和梁组成，通过刚性连接来承受和分散地震力。在选择框架结构时，需要考虑荷载传递效果、变形能力以及节点连接的性能。剪力墙结构是一种通过设置垂直于地震方向的墙体来提供抗震支撑的结构形式。这种结构形式可以有效地承受地震力，并具有较好的刚度和稳定性。但是，剪力墙结构可能会对空间布局产生限制，因此在选择时需要综合考虑建筑功能和空间利用的需求。框架-剪力墙混合结构是将框架结构和剪力墙结构相结合的一种抗震设计策略。通过在重要位置设置剪力墙，可以进一步提高结构的抗震性能。这种结构形式既能保证良好的刚度和稳定性，又具有较强的变形能力。在选择适合的结构形式时，需要考虑以下因素：根据地震烈度等级，选择能够满足要求的结构形式。不同的建筑用途对结构形式的需求也不同，例如住宅、商业或办公楼等。不同的结构形式对施工成本也会产生影响，需要综合考虑经济性。

2.2 材料选型

在高层住宅建筑的抗震优化设计中，合理选择抗震性能良好的材料是至关重要的。常用的抗震建筑材料包括高强度混凝土、钢筋混凝土和钢结构等。高强度混凝土具有较高的抗压强度和抗拉强度，能够有效承受地震荷载。其韧性和耐久性较好，能够吸收和分散地震能量，提高结构的抗震性能。此外，高强度混凝土还具有较好的耐久性和防火性能，在高层建筑中得到广泛应用。钢筋混凝土结构由钢筋和混凝土组成，钢筋起到增加结构强度和刚度的作用，混凝土则提供了压力传递和保护钢筋的功能。钢筋混凝土结构具有较好的延性和韧

性,能够在地震时发挥一定的变形能力,从而减小地震对结构的影响。钢结构具有较高的抗震性能和刚度,其轻质特性使得楼层的质量减小,从而减小了地震作用。钢结构具有较好的可塑性和变形能力,在地震荷载下能够发挥出其优势,保证建筑的整体稳定性^[2]。在材料选型过程中,需要综合考虑多个因素,如抗震性能、经济性、施工可行性等。根据具体的工程需求和设计要求,选择适合的材料可以提高高层住宅建筑的抗震能力,确保人员的生命安全和财产安全。

2.3 结构刚度配置

在高层住宅建筑的抗震设计中,合理配置结构的刚度非常重要。通过调整结构刚度的分布,可以使结构在地震作用下发生弯曲变形,从而降低地震力对构件的影响,提高结构的抗震性能。结构刚度配置具体包括以下几个方面:在高层住宅建筑中,通常会采用多层柱和楼板结构。为了增加结构的抗震性能,可以逐层增加柱截面尺寸或者采用加强型柱截面,以提高垂直刚度。这样可以增加结构的整体刚度,减小房屋的侧向位移,从而降低地震力对结构的影响。水平刚度是指结构在水平方向上的刚度。为了提高结构的抗震性能,可以通过设置剪力墙、框架或者筒体等方式来增加结构的水平刚度。这些措施可以有效吸收地震力,并将其传递到地基中,保护主要结构不受严重损伤。在结构刚度配置中,需要考虑整个建筑的平衡性和稳定性。通常会将刚度较高的部位设置在建筑的核心区域或者柱子周围,以增加结构的整体稳定性。同时,对于某些关键构件,如连接节点等,也需要特别加强刚度,以保证其在地震作用下不发生破坏。通过以上的结构刚度配置策略,可以提高高层住宅建筑的抗震性能。然而,在进行结构刚度配置时,需要综合考虑建筑的重量、形态和使用功能等因素,以及地震的特点和设计要求。只有在合理的基础上进行优化设计,才能确保结构具备良好的抗震性能,保障居民的生命财产安全。

2.4 加强结构连接和节点设计

结构连接和节点是整个结构体系中最容易受到地震影响并发生损坏的部位。因此,在高层住宅建筑的抗震设计中,强化结构连接和节点的设计至关重要^[3]。为了提高其抗震性能,可以采取以下适当的加固措施:通过增加连接和节点处的钢筋数量,可以提高其承载能力和延性,从而更好地抵抗地震作用。在连接和节点处设置专门的抗震支撑,如钢筋混凝土剪力墙、钢板剪力墙等,以增加其刚度和耐震能力。将抗震胶材料应用于连接和节点处,可以增加其黏结强度和承载能力,从而提

高整体的抗震性能。此外,还需要注意以下几点:在设计中,要合理布置连接和节点的位置,并避免出现集中在某一区域或者弱化的情况,以确保结构的均衡性和稳定性。在连接和节点的设计中,要充分考虑结构的动力特性,如共振频率、周期等,以确保其与整体结构相协调,并减小地震影响。总之,通过加强结构连接和节点的设计,采用适当的加固措施,可以有效提高高层住宅建筑的抗震性能。这些措施将有助于减少地震造成的破坏风险,保障建筑物及其居民的安全。

2.5 地基基础设计

地基基础是建筑结构的承载层,对于高层住宅建筑的抗震性能至关重要。在进行抗震优化设计时,地基基础的设计策略有着重要的作用。首先,在抗震优化设计中,需要对地基进行充分的勘察和调查。通过对地质条件、土壤类型以及地下水位等方面的详细了解,可以准确评估地基的承载能力,并确定合理的设计参数。这一步骤十分重要,因为只有正确了解地基的实际情况,才能制定出有效的设计方案。其次,为了确保地基的承载能力符合设计要求,可以采取适当的加固措施。其中一种常见的加固方式是采用灌注桩。灌注桩能够增加地基的承载面积,提高地基的稳定性和抗震性能。此外,还可以采用悬挂式基础等加固手段,通过将部分建筑荷载转移到更稳定的土层上,进一步提高地基的抗震性能。总之,通过充分的地基勘察和合理的加固措施,可以确保地基的承载能力符合设计要求,并提高地基基础的抗震性能。

2.6 非结构部分的抗震设计

除了关注结构本身,还需要考虑并优化非结构部分的抗震性能,以减少地震对这些部分造成的破坏和人员伤亡^[4]。以下是一些可以采取的抗震优化设计策略:选择抗震性能好的材料是提高非结构部分抗震能力的重要手段。例如,在天花板、墙面和玻璃幕墙等方面,选用具有良好抗震性能的材料,如钢材或增强型混凝土等。非结构部分的连接点应进行加强,以确保其与主体结构之间的连接牢固可靠。采用高强度连接件和适当的连接方式,例如膨胀螺栓或焊接,可以提高连接的抗震性能,减少连接失效的风险。电梯等设备在地震时可能发生移位或摇晃,导致损坏或人员被困。为了增强非结构部分的抗震能力,设备应该被适当地固定在建筑物中。采用抗震支撑、防震垫等措施,可以有效减少设备的摇晃幅度,确保其正常运行并保障人员安全。通过以上抗震优化设计策略,能够提高非结构部分的抗震能力,减少地震对其造成的破坏和人员伤亡。在实际设计过程中,需

要综合考虑建筑功能需求、材料性能以及抗震要求,并与结构设计相协调,以达到整体抗震效果的最佳平衡。

3 抗震优化设计的技术手段

3.1 结构模型分析与优化

结构模型分析与优化是抗震设计中的重要技术手段。通过使用计算机软件进行有限元分析,可以模拟地震作用下建筑结构的响应情况,并进行优化设计。在这个过程中,可以通过合理调整参数,如材料厚度、梁柱尺寸等,来提高结构的抗震性能。通过对结构模型进行分析和优化,可以减少地震时的位移和变形,增加结构的刚度和稳定性,从而提高建筑物的抗震能力。同时,结构模型分析还可以帮助工程师了解结构在地震荷载下的破坏机制和受力状态,为优化设计提供依据。通过针对不同场景和地震动特性的模拟分析,可以选择更合适的设计方案,使得结构在地震发生时能够更好地吸收和分散地震能量,保证人员和财产安全。因此,结构模型分析与优化能够提供科学的方法和数据支持,为建筑物的抗震性能提升提供有效途径。

3.2 风洞试验和振动台试验

风洞试验和振动台试验是通过在风洞或振动台上模拟地震和风力作用,可以观察和测量建筑结构的响应,并评估其抗震性能,从而进行优化设计。风洞试验主要用于评估建筑结构在不同风速下的响应特性,包括风荷载、风致振动等。在风洞试验中,研究人员会使用模型建造一个小尺度的建筑模型,并利用强风机来模拟真实环境中的风力。通过监测和分析模型的运动响应,可以了解建筑结构在不同风力作用下的变形、位移等情况,以及可能出现的结构破坏形态。这些数据和结果对于建筑结构的抗风设计非常重要,可以指导工程师在设计中采取合适的措施来增加结构的稳定性和耐风性。振动台试验则着重于模拟地震作用对建筑结构的影响。研究人员将建筑模型安装在振动台上,通过控制振动台的振动参数,可以模拟地震时建筑结构所受到的各种力和振动。通过监测模型的响应,可以了解结构在地震激励下的变形、位移、加速度等信息^[5]。这些数据可以用于评估建筑结构的抗震性能,并指导优化设计,例如调整结构

的刚度、增强节点连接等。综合利用风洞试验和振动台试验的结果,可以全面评估建筑结构的抗震性能,并进行优化设计。

3.3 抗震设备和控制系统

在高层住宅建筑中引入这些设备和系统可以有效提高结构的抗震性能。其中常用的抗震设备包括减振器和阻尼器。减振器通过吸收和消耗地震能量来减少结构的震动响应。常见的减振器包括液体摆式、斜拉索、弹簧-质量块等类型。通过合理布置减振器,可以降低结构受到的地震力,减小建筑物的震动幅度。阻尼器通过消耗结构的振动能量来降低地震响应。常见的阻尼器有摩擦型、粘滞型、液体阻尼器等。这些阻尼器能够有效地控制结构的震动,使其更加稳定。通过引入抗震设备和控制系统,可以在地震发生时吸收和消耗地震能量,降低结构的震动响应,从而提高建筑物的抗震性能。这些技术手段的应用有助于增加建筑物的稳定性和安全性,为居民提供更加安全舒适的居住环境。

结语

高层住宅建筑结构的抗震优化设计策略是保障结构安全可靠的重要手段。通过选择合适的结构形式、材料选型、刚度配置以及加强连接和节点设计等措施,可以提高结构的抗震能力。同时,借助结构模型分析与优化、风洞试验和振动台试验以及抗震设备和控制系统等技术手段,可以进一步优化设计,确保高层住宅建筑在地震发生时具备较强的抗震能力,保障居民的生命安全和财产安全。

参考文献

- [1]刘乃安,钟波,冯豪等.高层住宅混凝土剪力墙抗震设计参数对比研究[J].工程力学,2021,38(10):234-242.
- [2]陈亚平,谭娜,崔鸿祥等.高层住宅结构的抗震性能研究与优化设计[J].结构工程师,2020,36(4):70-77.
- [3]吴凯旋,张玉龙,程远志等.高强混凝土剪力墙结构高层住宅抗震设计参数优化[J].混凝土与水泥制品,2022,(1):77-82.
- [4]刘晓东,韩鹏飞,周祥等.高层住宅结构抗震性能综合优化设计方法[J].建筑结构学报,2021,42(9):66-72.