

建筑结构抗震设计优化方法探讨

丁 安

上海智英化工技术有限公司杭州分公司 浙江 杭州 311200

摘 要：随着地震频发，建筑结构抗震设计优化方法成为研究的重点。本文深入探讨了抗震设计的基础理论，分析了轻度、中度及重度地震下建筑结构的设计原则与方法。接着，详细阐述了建筑场地选择、地基处理、结构体系优化、高强度与延性材料应用、抗震构造强化及减震隔震技术等抗震设计优化策略。最后，评估了这些优化方法的有效性，并对现有局限性及未来发展趋势进行了讨论，为提升建筑结构抗震性能提供了有益参考。

关键词：建筑结构；抗震设计；优化方法

引言：建筑结构抗震设计优化是确保建筑物在地震作用下安全稳定的关键所在。随着地震活动的频繁发生和建筑高度的不断增加，对建筑结构抗震性能的要求也日益提高。传统的抗震设计方法已难以满足现代建筑的需求，因此，探索和优化抗震设计策略显得尤为重要。本文旨在综合探讨建筑结构抗震设计的基础理论、优化方法及其实施效果评估，以期为建筑师和工程师提供科学、实用的指导，共同推动建筑结构抗震设计技术的发展和

1 建筑结构抗震设计基础理论

1.1 抗震设计基本原则

抗震设计的核心在于遵循三项基本原则，这些原则为设计提供了明确的目标和导向。（1）轻度地震不能发生损坏：这一原则强调了在地震强度较低时，建筑物应保持其完整性和功能性。这意味着，在遭受轻微地震时，建筑结构不应出现任何可能影响其使用的损坏。为了实现这一目标，设计者需要在结构选型、材料选择和细节设计等方面下足功夫，确保结构具有足够的刚度和强度来抵御地震荷载。（2）中度地震损坏能够修复：当地震强度达到中等水平时，建筑物可能会出现一定程度的损坏。然而，抗震设计的基本原则之一是确保这些损坏是可以修复的，且修复后建筑物能够恢复其原有功能。这要求设计者在结构布局、节点连接和耗能机制等方面进行优化，以便在地震中通过合理的变形和耗能来减少结构损坏，同时便于后续的修复工作。（3）重度地震建筑物不能坍塌：在面临极端地震时，确保建筑物的整体稳定性是至关重要的。抗震设计的最终目标是在遭受强烈地震时，建筑物能够保持其结构完整性，不发生坍塌。这要求设计者必须严格遵守抗震设计规范，采用可靠的抗震措施，如设置多道抗震防线、加强关键部位的连接和配筋等，以确保结构在极端荷载下的安全性。

1.2 抗震设计的基本方法

抗震设计的基本方法包括地震作用计算、抗震措施以及具体的抗震构造措施。（1）地震作用计算：地震作用计算是抗震设计的第一步。它基于地震动特性和建筑物的结构形式，通过精确的数学模型来估算建筑物在地震作用下所受到的动力荷载。这一步骤的准确性对于后续的设计和优化至关重要。（2）抗震措施：抗震措施主要包括内力调整和抗震构造措施。内力调整旨在通过合理的结构设计来优化结构内部力的分布，减少地震作用下的应力集中和破坏风险。而抗震构造措施则注重提高结构的延性和耗能能力，以便在地震中通过变形和耗能来减少结构损坏^[1]。（3）抗震构造措施的具体内容：这包括配筋率、锚固长度、搭接长度、轴压比、梁柱箍筋加密及非结构构件抗震构造措施等。这些措施的实施旨在增强结构的整体稳定性和延性，确保在地震作用下结构能够承受较大的变形而不发生破坏。例如，通过增加配筋率和梁柱箍筋加密，可以提高结构的抗剪承载力和耗能能力；而合理的锚固长度和搭接长度则能够确保钢筋与混凝土的协同工作，提高结构的整体稳定性。

2 建筑结构抗震设计优化方法

2.1 优化选择建筑场地与地基处理

（1）有利地段的选择原则。在建筑结构抗震设计中，选择有利的建筑场地至关重要。根据《建筑抗震设计规范》等国家标准，建设时应避开地震断层、古河道、陡坡等不利地段，选择地质条件稳定、地基承载力高的地段进行建设。具体而言，应选择基岩、坚实的碎石类地基、硬黏土地基等坚硬场地，避免在饱和松散粉细砂、人工填土与极软的黏土地基或不稳定的坡地等不利地区进行建设。这些地段能有效减少地基失效和共振效应，提高建筑物的抗震能力。（2）地基承载力的提高与加固措施。地基承载力是影响建筑物抗震性能的关键

因素之一。提高地基承载力通常可以通过地基处理措施来实现,如桩基加固、地基压实、注浆加固等。同时,在设计和施工过程中,还应在地基进行详细的勘察和测试,以确保地基承载力满足抗震设计要求。在特殊地质条件下,如软弱地质区域和地质分布不均匀区域,设计人员还需采取额外的地基加固措施,如设置地下连续墙、增加地基深度等,以增强地基的强度和稳定性。

2.2 合理选择建筑结构体系

(1) 框架-剪力墙结构、剪力墙结构等不同结构体系的特点与选择。建筑结构体系的选择对建筑物的抗震性能具有重要影响。常见的结构体系包括框架结构、框架-剪力墙结构、剪力墙结构和筒体结构等。框架结构虽然施工方便、空间灵活,但抗震能力相对较弱;而框架-剪力墙结构和剪力墙结构则具有较好的抗震性能,特别是剪力墙结构和筒体结构,它们具有良好的空间整体性和较大的刚度,能有效抵抗地震作用。因此,在高烈度地震区,建议优先采用框架-剪力墙结构、剪力墙结构或筒体结构^[2]。(2) 多道防线结构体系的设置与应用。多道防线结构体系是指通过增加结构中的支撑和抗水平力体系,形成多个层次的抗震防线。这种体系在地震发生时能够分散地震力,避免结构局部破坏导致整体倒塌。常见的多道防线措施包括在框架结构中采用强弱梁设计、连梁屈服设计,以及设置抗震墙、钢支撑等。通过合理设置多道防线,可以显著提高建筑物的抗震性能和安全性。

2.3 高强度与延性材料的应用

(1) 高强度混凝土、高强度钢材等高强度材料的使用。高强度材料具有更高的承载能力和抗变形能力,是提升建筑物抗震性能的重要手段。在建筑结构设计,可以广泛使用高强度混凝土和高强度钢材。高强度混凝土能够提高结构的整体刚度和承载能力,减少变形;而高强度钢材则具有良好的延性和耗能能力,能够在地震作用下吸收和耗散更多的能量,减少结构的破坏程度。(2) 钢材、钢筋混凝土等延性材料的选择与耗能机制。延性材料在地震作用下能够发生塑性变形,吸收和耗散地震能量,从而减轻结构的破坏程度。钢材和钢筋混凝土是典型的延性材料。在结构设计中,可以合理选择和使用钢材、钢筋混凝土等材料,提高结构的延性。例如,在框架结构中采用钢筋混凝土梁柱节点,通过预应力钢筋和高强混凝土的填充等措施,提高节点的承载能力和抗变形能力。

2.4 抗震构造措施的强化

(1) 墙体设计优化。墙体是建筑结构中的重要组成部分,对墙体的设计优化能够显著提升建筑物的抗震性

能。在墙体设计中,可以采用纵向设计和横向设计相结合的方式,确保墙体在两个方向上都具有足够的抗震性能。横向设计能够降低地震对墙体产生的影响,而纵向设计能够增强墙体的整体稳定性和承载能力。具体措施包括增加墙体的厚度、采用高强度的墙体材料、设置合理的墙体配筋等。此外,对于高层建筑和复杂结构,还需要考虑墙体的连续性和整体性,避免墙体在地震作用下出现断裂或脱落^[3]。(2) 防震缝的设置与宽度预留。防震缝是建筑结构中的重要抗震构造措施之一。通过设置防震缝,可以将大型结构划分为若干个较小的结构单元,从而减少地震波在结构内部的传播和放大效应。防震缝的宽度应根据结构的类型、高度、地震烈度等因素进行合理确定,以确保在地震作用下,防震缝两侧的结构单元能够相对独立地变形,避免相互挤压和破坏。同时,防震缝的设置还应考虑建筑美观和使用功能的要求,采取适当的装饰和遮蔽措施。(3) 构件连接节点的加强处理。构件连接节点是建筑结构中的薄弱环节,容易在地震作用下发生破坏。因此,在抗震设计中,需要对构件连接节点进行加强处理。具体措施包括采用预应力钢筋、高强混凝土填充等构造措施,提高节点的承载能力和变形能力;同时,还应加强节点的连接和锚固,确保节点在地震作用下能够保持稳定和完整。

2.5 采用先进的减震、隔震技术

(1) 减震器、阻尼器等减震装置的应用。减震器和阻尼器等减震装置是近年来发展起来的新型抗震技术。通过在结构的关键部位设置减震装置,可以吸收和耗散地震能量,减少结构的振动和变形。减震装置的类型和数量应根据结构的类型、高度、地震烈度等因素进行合理确定。常见的减震装置包括橡胶隔震支座、铅芯橡胶支座、摩擦摆支座等。这些减震装置具有结构简单、安装方便、效果显著等优点,在高层建筑、桥梁、隧道等大型工程中得到了广泛应用^[4]。(2) 橡胶隔震支座、阻尼装置等隔震系统的设计。隔震系统是一种通过隔离地震波传递来减少结构振动和破坏的抗震技术。橡胶隔震支座是隔震系统中的一种重要构件,它利用橡胶材料的弹性和阻尼性能来吸收和耗散地震能量。橡胶隔震支座通常由橡胶层和钢板层交替叠加而成,具有良好的承载能力和变形能力。在隔震系统的设计中,需要根据结构的类型、高度、地基条件等因素,合理选择橡胶隔震支座的型号和参数,并确定隔震层的位置和高度。此外,还需要考虑隔震系统与其他结构构件的协调性和整体稳定性。

3 建筑结构抗震设计优化方法的效果评估与改进策略

3.1 优化方法的效果评估

建筑结构抗震设计的优化旨在提高建筑物在地震作用下的安全性和稳定性。为了验证这些优化方法的有效性,我们需要进行系统的效果评估。这一过程主要基于数值模拟与实验验证的结合,以及抗震设计优化前后建筑结构抗震能力的对比分析。

3.1.1 基于数值模拟与实验验证的抗震性能评估

数值模拟是现代抗震设计评估的重要工具。通过有限元分析(FEA)、动态时程分析等方法,我们可以模拟地震波对建筑结构的作用,预测结构的位移、加速度响应、应力分布等关键参数。这些模拟结果为设计优化提供了理论依据,帮助设计师识别潜在的薄弱环节,并采取相应的改进措施。然而,数值模拟的准确性取决于多个因素,包括模型建立的精确性、材料属性的准确设定、边界条件的合理选择等。因此,实验验证成为确保数值模拟结果可靠性的关键环节。实验室中的振动台试验、拟静力试验等能够模拟真实的地震环境,直接观察结构的响应,验证数值模拟的准确性,并揭示设计中可能存在的问题。通过数值模拟与实验验证的结合,我们可以形成更加全面、可靠的抗震性能评估体系。

3.1.2 抗震设计优化前后建筑结构抗震能力的对比分析

为了量化优化方法的效果,我们需要对抗震设计优化前后的建筑结构进行抗震能力的对比分析。这通常涉及模拟相同地震波作用下的结构响应,对比优化前后的位移、加速度响应、构件损伤程度等指标。通过对比分析,我们可以直观地看到优化措施如何减少结构的变形、降低加速度响应、减轻构件损伤,从而提高整体抗震性能。这种对比分析不仅有助于验证优化方法的有效性,还能为今后的抗震设计提供有益的参考。

3.2 改进建议与展望

尽管建筑结构抗震设计优化方法已经取得了显著的进展,但仍存在一些局限性,需要不断改进和完善。

3.2.1 现有抗震设计优化方法的局限性分析

现有抗震设计优化方法主要聚焦于结构布置、构件截面尺寸、材料选择等方面的优化。然而,这些方法往往忽略了地基与结构的相互作用、地震波传播过程中复

杂的地质条件对结构响应的影响。此外,现有方法对于极端地震事件下的结构安全性评估仍存在不足。因此,我们需要更加深入地研究地基与结构的相互作用机制,考虑地震波传播过程中的非线性效应,以及极端地震事件下的结构韧性设计。

3.2.2 抗震设计优化方法的未来发展趋势与建议

未来,抗震设计优化方法将更加注重跨学科融合和技术创新。(1)加强地基与结构相互作用的研究:通过考虑地基变形、土-结构相互作用等因素,提高设计优化的准确性和全面性。(2)引入高性能材料和智能结构:利用形状记忆合金、压电材料等高性能材料,以及智能传感器和控制系统,提高结构的自适应性和耗能能力。(3)发展基于大数据和人工智能的优化方法:利用大数据技术和人工智能技术,实现抗震设计的智能化和自动化,提高设计效率和准确性。(4)推动韧性抗震设计:在优化设计中融入韧性设计理念,确保结构在地震作用下能够保持一定的功能性和安全性,减轻震后损失。

结束语

综上所述,建筑结构抗震设计优化是一个复杂而细致的过程,它要求设计者不仅要有深厚的理论知识,还要有丰富的实践经验。通过合理选择建筑场地、地基处理方式、结构体系以及应用高强度和延性材料等措施,可以显著提升建筑物的抗震性能。未来,随着科技的进步和抗震理论的完善,我们有理由相信,建筑结构抗震设计优化将更加科学、高效,为人类社会的安全和可持续发展作出更大贡献。

参考文献

- [1]王俊杰,李志鹏.现代建筑抗震设计方法的研究与应用[J].建筑技术,2023,(05):49-50.
- [2]张晓东,刘海涛.建筑抗震支撑系统的研究与发展[J].结构工程,2022,(08):62-63.
- [3]张朝阳.建筑钢结构抗震设计及优化策略[J].陶瓷,2023,(15):179-180.
- [4]王成磊.高层建筑结构抗震设计方法及结构体系创新研究[J].工程建设与设计,2022,(04):33-34.