

建筑结构设计中的抗震设计手段及方法探析

李冲

中冶京诚工程技术有限公司, 中国·北京 100176

摘要: 论文探讨了建筑结构设计中的抗震设计手段及方法。首先,介绍了抗震设计的重要性,着重分析了基本原理,包括能量耗散、刚度分布和延性设计。其次,探讨了被动控制技术,如基础隔震系统和消能减震器,以及主动与半主动控制系统,如智能算法和机器学习技术的应用。最后,介绍了材料和构件创新,包括高韧性混凝土、纤维增强复合材料和智能材料在抗震设计中的应用。论文指出,抗震设计的重要性超出了单一建筑范畴,对整个社会的安全、经济稳定和城市可持续发展都有深远影响。未来,应不断更新设计规范,平衡成本和效益,推广成本效益高的抗震技术,增强建筑从业人员的抗震意识和技能水平,以应对自然灾害的挑战。

关键词: 建筑结构设计; 抗震设计; 抗震设计方法

Analysis of Seismic Design Methods and Methods in Building Structure Design

Chong Li

MCC Jingcheng Engineering Technology Co., Ltd., Beijing, 100176, China

Abstract: This paper explores the seismic design methods and means in building structural design. Firstly, the importance of seismic design was introduced, with a focus on analyzing the basic principles, including energy dissipation, stiffness distribution, and ductility design. Secondly, passive control technologies were explored, such as basic isolation systems and energy dissipation shock absorbers, as well as the application of active and semi-active control systems, such as intelligent algorithms and machine learning techniques. Finally, the innovation of materials and components was introduced, including the application of high toughness concrete, fiber-reinforced composite materials, and intelligent materials in seismic design. The paper points out that the importance of seismic design goes beyond the scope of a single building, and has a profound impact on the safety, economic stability, and sustainable development of the entire society. In the future, design specifications should be continuously updated, cost and benefits should be balanced, cost-effective seismic technologies should be promoted, and the seismic awareness and skill level of construction workers should be enhanced to cope with the challenges of natural disasters.

Keywords: architectural structural design; seismic design; seismic design methods

1 引言

随着城市化进程的加速,高密度建筑群日益增多,地震带来的威胁也愈发显著。历史上,如汶川和日本东北大地震等灾难性事件,凸显了抗震设计在建筑工程中的重要性。抗震设计的主要目的是确保建筑结构在地震发生时能够保护人们的生命安全,减少经济损失,并加快灾后恢复与重建过程。在现代建筑设计中,抗震设计不仅需要满足越来越严格的安全标准,还要应对因地理、经济和技术条件不同而带来的挑战。例如,如何在成本控制和设计优化之间找到平衡点,如何运用新材料和技术改进传统抗震措施,都是现代工程师面临的问题。本研究旨在探索和分析当前建筑结构设计中的抗震设计手段及方法,特别是如何通过被动控制、主动控制和新材料技术提升建筑的抗震性能。通过对比国内外的案例分析,论文将揭示不同方法的效果和适用性,以及面对自然灾害时建筑设计的未来方向。我们的目标是为一套更加科学、实用的设计方案,以增强建筑在面对地震时的安全性与可靠性。

2 抗震设计的基本原理

抗震设计是现代建筑工程中一个至关重要的分支,其主要目标是确保建筑在地震作用下能够保护人员安全,减少财产损失,并尽可能快速地恢复功能。理解抗震设计的基本原理,对于推动建筑设计的科学化、规范化发展至关重要。

地震作用对建筑结构的影响主要体现在地震波通过地壳传播时产生的动力作用上。这种动力作用会引发建筑结构的位移、振动甚至倒塌。建筑的响应取决于其自身的动态特性,包括质量、刚度和阻尼等。地震力的大小和方向不断变化,使得建筑结构受到复杂的应力状态,容易造成结构破坏或非结构元件的损伤。

抗震设计的基本理论涵盖多个方面,其中能量耗散、刚度分布和延性设计是核心内容。能量耗散指的是通过特定设计或附加装置使建筑在地震中吸收并消耗入射能量,从而减少结构本身所承受的能量。这可以通过设置阻尼器、隔震层等方式实现。刚度分布则关注结构在高度和平面上的均匀性,合理的刚度分布有助于避免在地震中产生较大的扭转效

应和不均匀沉降,从而保护结构免受破坏。延性设计则是指在设计中预留足够的变形能力,即使在超出弹性极限后,结构也能通过塑性变形耗散更多的能量,避免因脆断而突然倒塌。

不同地区的抗震设计规范和标准因地质和地震活动特性的不同而有所差异。例如,中国的《建筑抗震设计规范》将中国分为几个抗震设防烈度区,并针对不同烈度区提出了不同的设计要求。美国西海岸,如加利福尼亚州,由于靠近圣安德烈亚斯断层,其抗震设计规范尤为严格,要求建筑能承受较高强度的地震。欧洲则通过 Eurocode 8 来统一规范抗震设计,不仅考虑地震的概率,还包括地震对人类活动的潜在危害。

在全球范围内,尽管不同国家和地区抗震设计标准不尽相同,但共同的目标是确保在地震发生时,减少生命和财产的损失。为此,国际上有越来越多的合作和交流,如国际抗震协会等组织定期举办研讨会,分享最新的研究成果和工程实践,不断推动抗震设计理论与实践的发展。

通过对抗震设计的基本原理的深入理解和应用,结合针对性的地区设计规范,可以有效提升建筑结构的安全性,减少地震带来的潜在风险。这不仅是一项技术挑战,也是对工程师和设计师责任的体现,要求他们在保证安全的同时,也需要关注建筑的美观和功能性。

3 抗震设计的方法与手段

3.1 被动控制技术

在现代建筑结构设计,抗震技术的发展日益成为保障建筑安全的重要领域。被动控制是其中的一个关键分支,它通过利用特定的结构和材料技术来吸收或分散地震能量,从而保护建筑结构免受地震破坏。被动控制系统的核心优势在于不需要外部能源输入即可自动激活,它依赖于结构本身的设计以及额外的抗震设备来实现这一目标。

基础隔震系统是被动控制技术中应用最为广泛的方法之一。这种系统通过在建筑物与其基础之间安装隔震装置,如隔震支座,来实现隔离地震的目的。隔震支座能够允许地面在地震中移动,同时限制这种运动传递到建筑结构上,从而减少建筑本身的响应。这些支座通常由橡胶层和钢板层交替组成,能够提供足够的柔性和强度,使建筑物在地震中能相对于地面作较大的水平位移而不致倒塌。例如,在日本和加利福尼亚等地震频发的地区,许多高层建筑和重要设施都采用了基础隔震系统,极大提高了这些结构的安全性和功能性。

消能减震器是另一种广泛使用的被动控制技术。与基础隔震系统主要用于隔离地震能量不同,消能减震器的目的是在结构中直接吸收和消散地震能量。这些减震器通常安装在建筑的关键接合部位,如楼层之间或柱子与梁的连接点。它们通过机械方式将地震产生的动能转化为其他形式的能

量,如通过摩擦、黏滞性或塑性变形来耗散能量。消能减震器的类型有很多,包括摩擦滑移减震器、粘滞阻尼器、金属屈服减震器等。这些设备能有效降低结构的应力水平,延长建筑物的使用寿命,并在地震后更容易进行维修。

被动控制的一个重要优点是其可靠性和维护成本低。由于这些系统设计简洁,不依赖外部电源或复杂的控制系统,它们在地震发生时能够立即且自动地提供保护。这不仅减少了对建筑物结构的即时损害,还有助于确保建筑的长期结构完整性和功能性。

3.2 主动与半主动控制系统

在现代建筑结构设计,抗震技术的发展趋向于更加智能化和自适应,其中主动与半主动控制系统在提高建筑物耐震性能方面发挥着关键作用。这些系统的核心在于通过先进的控制设备主动调整建筑结构的反应,从而有效地应对地震引发的动态负载。

主动控制系统依赖于外部能源来驱动控制器和执行器,它们可以在地震发生时对建筑结构施加反向力,以抵消部分地震力的影响。这些系统通常包括传感器、控制器、执行器和反馈机制。传感器首先检测到建筑物的运动和震动,将数据传递给控制器,后者分析数据并发出命令给执行器。执行器随后产生适当的力或位移,调整结构的动态行为,减少建筑物的振动幅度。例如,当传感器检测到建筑摆动时,控制器可能命令执行器在相反方向施力,从而抵消部分或全部摆动效应。

半主动控制系统则介于主动控制和被动控制之间,它同样包含传感器和控制器,但执行器不依赖外部能源,而是利用建筑本身的能量来调节反应。这种系统的优点在于能效更高,安装和维护成本相对较低。半主动控制设备,如可变阻尼器或可变刚度装置,能够根据控制器的指令调整其特性。例如,在地震震动期间,可变阻尼器可以调整其阻尼系数,增加阻力以抑制结构的响应速度和位移。

主动和半主动系统的效果依赖于控制策略的准确性和快速反应能力。现代算法,如智能算法和机器学习技术,被应用于优化控制策略,使系统能够在极短的时间内做出反应并适应不断变化的动态负载条件。这些算法可以在模拟和实际应用中不断学习和调整,提高其效率和准确性。

主动与半主动控制系统的实际应用表明,它们可以显著提高建筑物的安全性和功能性。例如,在日本和美国,这种技术已被用于多座高层建筑和重要设施,如医院和桥梁,以增加它们的抗震能力。尽管这些系统的初期投资和运营成本较高,但考虑到其在极端事件中保护人命和减少财产损失的潜力,这种投资是划算的。

3.3 材料和构件创新

在现代建筑结构设计,材料和构件的创新是实现更高效、更经济、更安全抗震设计的关键。随着科技的进步,新型高性能材料如高韧性混凝土和纤维增强复合材料,已经

开始在抗震设计中发挥重要作用。这些材料不仅能够提升建筑的抗震性能,还能优化结构设计,减少施工成本和时间,对现代建筑技术产生深远影响。

高韧性混凝土是一种添加了短切纤维的混凝土,它在传统混凝土的基础上显著提高了韧性和抗裂性能。这种材料的出现,极大地改善了结构在遭受地震冲击时的表现。在地震发生时,高韧性混凝土能够通过其优异的延展性和能量吸收能力,有效地减缓结构损伤,从而保护建筑的整体稳定性。此外,由于其高耐久性,高韧性混凝土还能延长建筑的使用寿命,减少维护和修复的需要。

纤维增强复合材料是另一种在抗震设计中日益流行的材料。这类材料以其高强度、轻质、优异的耐腐蚀性能而著称,特别适用于加固既有建筑。FRP 可以用作加固剪力墙、柱子和梁等结构元素,提高它们的抗震性。例如,用 FRP 环绕包裹混凝土柱,可以显著增强其抗弯、抗剪能力,使结构在地震中能够承受更大的力量和变形而不发生破坏。

除了单一材料的应用外,多材料复合系统的创新使用也是一个重要趋势。通过将不同性能的材料如钢材、混凝土和 FRP 结合使用,可以设计出既有高承载力也具备良好延性和耐震性的结构元件。例如,钢筋混凝土结构内部加入 FRP 筋或者使用 FRP 外包层,都能有效地提高结构的抗震性能和延性,减少重大地震时的结构损坏。

科技的发展还促使了智能材料在抗震设计中的应用,如形状记忆合金(Shape Memory Alloys, SMA)和压电材料。这些材料可以在地震加载下自动调整结构的应力状态,帮助结构在震后迅速恢复原状。例如,形状记忆合金具有在一定温度或应力条件下恢复其预设形状的能力,因此可以用来设计自恢复的抗震连接件,使建筑在地震后能够自动“修复”结构上的微小损伤。

通过高性能材料和新型结构元件的应用,现代建筑不仅能更有效地抵抗地震造成的破坏,还能在灾后更快地恢复功能,为城市的可持续发展和居民的安全提供了坚实的保障。随着更多创新材料和技术的开发,未来的抗震设计将更加多样化和高效,为抵御自然灾害提供更强大的技术支持。

4 结论

在探讨建筑结构设计抗震设计的手段和方法的研究中,我们发现抗震设计不仅是建筑安全的关键组成部分,也是确保人民生命财产安全的首要任务。通过分析和实践,我们认识到,有效的抗震设计能显著提高建筑物抵抗地震破坏的能力,减少地震带来的经济损失,并且能够在灾难发生时,

最大限度地保护居民的生命安全。

研究表明,采用现代抗震技术,如基础隔震系统和消能减震器,能有效地分离建筑结构与地面之间的直接接触,从而在地震中为建筑提供一个相对稳定的平台,显著降低建筑主体的应力反应。此外,使用高韧性材料和新型结构元件,如纤维增强复合材料,可以提高建筑结构的延性和耐久性,使其在极端条件下更为坚固。这些技术的实际应用案例,如日本的高层建筑和加州的桥梁工程,已经证明了其高效和可靠性。

研究亦强调了对抗震设计标准和规范的不断更新和完善的重要性。随着科技的进步和对地震活动更深入的了解,更新现有的设计规范,使其更具前瞻性和应对多样化地震活动的的能力,是提升建筑抗震性的关键。例如,结合地理信息系统(GIS)和人工智能(AI)技术进行地震风险评估,可以更准确地预测和应对潜在的地震影响。

本研究也显示,虽然技术和材料的创新为抗震设计提供了许多新的可能性,但在实际操作中,如何平衡成本和效益,特别是在经济较为落后地区,仍是一个挑战。因此,推广简便易行且成本效益高的抗震技术,增强建筑从业人员的抗震意识和技能水平,是非常必要的。

从研究中我们得到一个不容忽视的结论,那就是抗震设计的重要性远远超出了单一建筑的范畴。它对于整个社会的安全、经济的稳定以及城市的可持续发展都有着深远的影响。未来的建筑安全规划和政策制定中,应将抗震设计纳入更加核心的位置,确保在面对自然灾害时,能够最大限度地减少损失和影响。

通过对抗震设计的手段和方法的深入研究,我们不仅增强了对建筑在地震中表现的认识,还为进一步提高建筑的安全性、减少灾害影响提供了切实可行的建议。未来,我们希望能看到这些技术和理念的广泛应用,为创建一个更加安全、稳定的建筑环境做出贡献。

参考文献:

- [1] 马博.建筑结构设计中抗震设计方法研究[J].2021.
- [2] 周偕贤.浅谈建筑结构的抗震设计方法[J].城市建设,2011(10):344-345.
- [3] 姜爱红.浅谈当前建筑结构设计的抗震方法[J].城市建设理论研究:电子版,2015,5(27):238.
- [4] 郭嘉男.关于民用建筑结构设计中抗震设计的探析[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2021(2):2.
- [5] 胡安吉.建筑结构抗震设计理念与方法分析[J].居舍,2020(2):1.