

抗震设计在房屋建筑设计中的应用分析

邢金泉

中冶京诚工程技术有限公司, 中国·北京 100176

摘要: 论文深入分析了抗震设计在房屋建筑结构中的应用, 探讨了地震对建筑的潜在破坏以及抗震设计的重要性。通过对地震力的基本概念、对建筑影响的分析, 阐释了抗震设计的理论基础及其实际应用。论文细致讨论了抗震设计的原则, 常用的抗震方法, 以及国际上关于抗震建筑的标准和规范。特别强调了结构类型的选择、细节设计以及现代抗震技术的运用, 如隔震技术和粘滞阻尼器等。此外, 论文还探索了抗震设计的计算模型和软件应用, 展示了如何通过现代技术提升建筑的抗震能力。本研究旨在为建筑师和工程师提供指导, 帮助他们设计能够抵御地震影响的安全、经济的建筑结构。

关键词: 抗震设计; 建筑结构; 地震影响; 抗震技术; 建筑安全

Application Analysis of Seismic Design in Building Structural Design

Jinquan Xing

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

Abstract: This paper deeply analyzes the application of seismic design in building structures, explores the potential damage of earthquakes to buildings, and the importance of seismic design. By analyzing the basic concept of seismic force and its impact on buildings, the theoretical basis and practical application of seismic design are explained. The paper discusses in detail the principles of seismic design, commonly used seismic methods, as well as international standards and specifications for seismic resistant buildings. Special emphasis was placed on the selection of structural types, detailed design, and the application of modern seismic technology, such as isolation technology and viscous dampers. In addition, the paper also explores the calculation model and software application of seismic design, demonstrating how to enhance the seismic capacity of buildings through modern technology. This study aims to provide guidance to architects and engineers in designing safe and economical building structures that can withstand the effects of earthquakes.

Keywords: seismic design; building structure; earthquake impact; seismic technology; building safety

1 引言

地震是一种自然现象, 由地球板块的运动引起, 通常导致地面剧烈震动。这些震动可以在短时间内对建筑结构造成严重破坏, 特别是对那些没有采用抗震设计的建筑。地震造成的影响不仅限于直接的物理破坏, 还包括对人类生活的广泛影响, 如居民的安全风险、基础设施的瘫痪和经济活动的中断。因此, 抗震设计的必要性不容忽视, 它是建筑设计中至关重要的一部分, 旨在增强建筑物抵抗地震的能力, 保护人们的生命安全和减少财产损失。

2 抗震设计的理论基础

2.1 地震力的基本概念及其对建筑的影响

抗震设计是建筑工程中的一个至关重要的分支, 其核心目标是确保建筑在地震发生时能够保护人员安全, 限制结构损伤, 从而降低经济损失。这一目标的实现依赖于对地震力及其对建筑影响的深入理解和应用。

地震发生时, 地球的岩石层因地壳的断裂而突然释放出存储的能量, 产生地震波, 这些波在地球表面传播, 对建

筑结构产生动态加载。地震力是指地震波传播到建筑基座时, 由于地面运动引起的建筑结构惯性力。这种力的大小和方向随时间变化, 且在地震过程中极其复杂多变, 这对建筑设计提出了特殊的挑战。

建筑在地震作用下的表现取决于其对地震力的响应, 这包括建筑的振动频率、质量分布、刚度以及整体的动态特性。当地震波的频率与建筑的自然频率相近时, 可能会发生共振, 此时建筑受到的影响最大, 结构可能遭受严重损坏。因此, 抗震设计的一个关键方面就是避免或减少这种共振效应。为了理解建筑在地震中的动态行为, 工程师使用各种数学模型和计算方法来模拟地震力对建筑的作用。这些模型需要准确描述建筑的质量、刚度和阻尼等参数。基于这些模型, 可以计算建筑在不同地震作用下的响应, 如位移、速度、加速度以及内力等。

抗震设计的理论基础还包括了解和应用各种减震技术。这些技术旨在通过各种方式吸收或偏转地震能量, 以减轻地震力对建筑的影响。例如, 隔震技术通过在建筑与地基之间安装隔震支座, 使建筑本体在地震时可以相对于地面自由移

动,从而显著降低地震力传递到建筑上部的效果。另一种常见的技术是使用阻尼器,阻尼器可以吸收建筑结构在振动中产生的能量,减少结构响应。而且抗震设计不仅需要理解地震力的基本概念和建筑对这些力的响应,还必须考虑到地震作用下人员的安全以及功能的继续。这意味着设计不仅要保证结构不会倒塌,还要尽可能保持其原有功能或在灾后快速恢复功能,这对公共安全设施如医院和消防站尤为重要。此外,抗震设计还涉及建筑材料的选择和结构系统的优化。例如,使用高韧性材料和适当的结构构件布局可以增加结构在重复地震加载下的耐久性和韧性。此类设计的最终目标是减轻地震对建筑结构的破坏,确保结构的完整性以及在地震发生后的快速功能恢复。

2.2 抗震设计的原则

抗震设计的原则核心在于确保建筑在地震中的表现能最大限度地保护人员安全、减少建筑损毁,并且保障关键功能的持续运作。安全性原则是抗震设计中最基本也是最重要的考虑,要求建筑在遭遇预计的最大可能地震时仍能保持结构完整,避免造成人员伤亡。这种设计要求建筑在极端情况下依然能够维持基本的结构安全,即使出现局部损伤也不会导致整体结构的崩溃。

在地震后建筑不仅要安全,还应尽可能快地恢复至少部分功能,尤其是对于提供紧急服务的设施如医院和消防站。这意味着抗震设计不仅是结构的问题,还涉及电力、水供应、通信等关键基础设施的韧性,确保在灾后这些功能可以迅速恢复,支持紧急救援和恢复工作。经济性原则强调抗震措施应考虑成本效益,寻求在确保安全的同时,实现成本上的可接受。这要求设计者在采用抗震技术和材料选择上进行综合考量,权衡初期投资和可能的地震损失,选择成本最优的解决方案。通过科学的设计和合理的材料利用,可以在不显著提高项目成本的前提下,达到预定的抗震效果。环境适应性原则强调抗震设计必须考虑到建筑所处的具体地理和环境条件。因为不同地区的地震危险性、土壤类型和气候条件都会对建筑的抗震设计产生重大影响。在地震多发区,建筑的设计和建造需要采用更为严格的抗震措施,而在地震较少的地区,则可以根据实际情况调整标准,以达到经济和安全的平衡。而且灵活性和冗余性原则是通过在设计中引入可以灵活应对地震动力的元素和结构冗余来增强建筑的抵抗力。例如,隔震支座允许建筑在地震中相对于地面有一定的自由移动,减少结构受力,而结构冗余则确保即使部分承载组件失效,也不会导致整体结构的失败。

2.3 常用的抗震设计方法

抗震设计方法的目的是增强建筑结构的能力以承受地震带来的影响,保护生命财产免受损害。为达到这一目标,工程师们采用了多种设计策略和技术。这些方法可以大致分类为基于强度的传统方法和基于变形的现代方法,以及使用特殊设备和技术来增加建筑的耐震性能。传统的抗震设计依

赖于强化建筑结构的承载力,以确保结构在遭受地震力时不会倒塌。这通常涉及计算建筑可能经受的最大地震作用,并确保所有关键的结构元素,如梁、柱、墙和接头,都有足够的强度和韧性来抵抗这些力。传统方法主要关注结构的静力学性能,通过加厚或加固结构元件,使用高强度材料来提升结构的抗震能力。

随着技术的发展,基于变形的设计方法开始被广泛应用。这种方法考虑建筑在地震中的动态响应,允许结构在一定限度内发生变形,以吸收和耗散地震能量,从而减少结构的整体损伤。这包括引入延性设计,即设计建筑的某些部分在必要时可以发生塑性变形。延性是指材料或结构在超过弹性极限后能继续承受荷载而不致失效的能力,这样可以在不牺牲建筑整体安全的前提下,减轻结构的局部损伤。除了上述两种主要方法,还有一些特殊的技术和设备被用于抗震设计中,以增强建筑的整体性能和安全性。隔震技术是其中的典型例子,它通过在建筑和基础之间安装隔震支座来实现。这些支座允许建筑在地震中相对于地面自由移动,从而显著降低地震力的直接影响。隔震器通常由橡胶和钢铁层复合制成,能有效吸收和分散地震能量。另一种常见的技术是使用粘滞阻尼器或金属阻尼器,这些设备安装在建筑的关键位置,如梁与柱的接合处。在地震发生时,阻尼器能够吸收部分结构动能,减少因地震引起的振动。这些阻尼器的工作原理类似于汽车的避震器,通过转化机械能为热能来减少结构的响应。此外,还有一些高新技术正在抗震领域得到探索和应用,如智能材料和自适应系统。这些系统可以根据地震的实时数据动态调整建筑的响应,实现更优化的抗震效果。虽然这些高科技解决方案成本较高,但它们提供了未来抗震设计可能的方向。

3 抗震设计的国际标准与规范

抗震设计的国际标准与规范是确保建筑能够有效抵抗地震影响的关键组成部分。这些标准和规范为工程师提供了具体的指导,确保建筑设计的安全性和可靠性。全球各地由于地震活动的差异,抗震设计的要求和标准在不同国家和地区都有所不同,但基本原则和设计方法在全球范围内具有一定的共通性。

美国是在抗震设计标准制定方面的领导者之一,其发布的《国际建筑代码》(International Building Code, IBC)和《最小设计荷载及相关标准》(Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, ASCE 7)广泛应用于建筑和结构工程领域。IBC和ASCE 7详细规定了建筑在设计 and 施工中必须考虑的地震作用,包括建筑的地理位置、用途、结构类型以及预期的服务寿命等因素。欧洲则有《欧洲建筑抗震规范》(Eurocode 8, Design of Structures for Earthquake Resistance),这是一套包含了从基本设计准则到具体技术要求的综合性规范。Eurocode 8适用于新建建筑和现有建筑

的评估与加固,提供了一系列方法来评估和减轻地震影响,以及对建筑结构的具体抗震要求。在亚洲,日本是抗震设计的先驱之一,因为该国地处多个地壳板块交界处,地震频发。日本的建筑抗震设计规范非常严格,涵盖了从建筑选址、结构设计到施工的各个方面。日本还特别强调建筑的维护和定期检查,确保其长期的抗震性能。新西兰也制定了详细的抗震标准,这些标准在 2011 年克赖斯特彻奇地震之后得到了进一步的强化。新西兰标准 NZS 1170.5 专门针对地震荷载进行设计,强调建筑的延性和冗余性,确保在强烈地震中建筑能够保持结构完整性。中国也有自己的国家标准 GB 50011《建筑抗震设计规范》,这一规范经过多次修订,以适应国内外抗震设计的发展。规范根据中国各地的地震烈度分布,规定了不同抗震设防烈度的具体设计要求,旨在保证关键结构在罕见地震作用下的安全性。

这些国际标准和规范通过设定明确的设计指导和参数要求,不仅帮助设计师进行科学合理的抗震设计,还促进了国际在建筑抗震技术方面的交流和学习。随着技术的发展和国际合作的加深,这些标准和规范在全球范围内越来越趋于统一,共同提升了建筑的安全性和抗震能力。

4 房屋建筑结构的抗震设计方法

房屋建筑结构的抗震设计方法涉及多种技术和策略,旨在确保建筑在地震中的稳定性和安全性。这些方法从结构系统的选择到具体的设计和施工技术都有广泛的应用,以下是几种常用的房屋建筑结构的抗震设计方法。

4.1 结构类型的选择

抗震设计首先从选择适合的结构系统开始。常见的结构类型包括钢结构、混凝土框架、砖混结构、木结构等。每种结构类型都有其特定的抗震性能和应用场景。钢结构因其高强度和良好的延性而被广泛用于抗震设计。钢材可以在不断裂的情况下承受大量的形变,这使得钢结构在面对地震动力时表现出色。混凝土框架结构通常用于重型建筑,其抗震性能主要依靠框架的刚度和强度。混凝土的厚重可以提供良好的抗震质量,但需确保足够的配筋以提供必要的延性。砖混结构在一些地区依然常见,尤其是在非常规或低成本建筑中。对于这种类型的结构,增加环梁、柱和加固砖墙是常见的抗震加固方法。木结构由于其较轻的重量和一定的柔性,具有不错的抗震性能。

4.2 抗震细节设计

抗震设计不仅在于结构系统的选择,还包括如何在建筑细节上应用抗震措施。这包括适当的节点设计、足够的横向支撑以及适当的构造措施。

①节点设计:关键节点(如梁柱连接处)必须设计得足够强壮,以传递和分散地震力。例如,在钢结构中使用高强度螺栓和焊缝来加强节点连接。

②横向支撑:包括剪力墙和斜撑等,用于提供必要的

刚度,防止建筑在地震中的侧向摇摆。

③构造措施:例如,使用足够的箍筋在混凝土柱中,以防止柱子在地震中的脆性破坏。

4.3 现代抗震技术

随着科技的发展,更多先进的抗震技术被引入到房屋建筑设计中,这些技术能够有效地提高建筑的抗震能力。

①隔震技术:在建筑与地基之间安装隔震支座,使得建筑本体在地震中相对于地面可以有更大的自由移动空间,从而显著减轻结构上部的地震反应。

②粘滞阻尼器和金属阻尼器:这些设备被安装在结构的关键位置,如梁与柱之间,能有效吸收地震能量,减少建筑的响应。

③智能材料与自适应系统:如形状记忆合金和自适应控制系统,这些高科技解决方案可以在地震发生时自动调整建筑的状态,以最佳方式响应地震力。

通过这些方法,工程师能够设计出既安全又经济的抗震房屋建筑,不仅保护居民的生命安全,还可以在地震后快速恢复功能。这些设计方法和技术的应用,是现代建筑抗震工程领域的重要进展。

5 抗震设计的计算模型和软件应用

在现代工程实践中,抗震设计的计算模型和软件工具是不可或缺的部分,它们为工程师提供了精确模拟建筑在地震中行为的能力。这些模型和软件能够帮助工程师评估不同设计方案的抗震性能,优化建筑结构,以及验证是否符合相关的抗震设计标准和规范。

5.1 计算模型

抗震设计的计算模型通常基于动力学原理,将建筑视为质量、刚度和阻尼的系统,用以预测和分析结构在地震作用下的响应。这些模型可以是简化的单自由度系统,也可以是复杂的多自由度系统。在更高级的应用中,非线性动力分析允许模拟结构在严重地震中的行为,包括材料的屈服和破坏过程。

线性动力分析:这种分析假设结构的响应与荷载成正比,适用于较小的地震或结构未进入非弹性状态的情况。

非线性动力分析:当考虑结构可能的非弹性行为时,如屈服和后屈服行为,非线性分析提供了更真实的模拟。这对于评估大地震中关键结构组件的真实表现非常关键。

5.2 软件应用

抗震设计领域中使用了多种高级计算软件,这些工具提供了用户友好的界面和强大的分析能力,使得设计和验证过程更为高效和准确。下面是一些广泛使用的抗震设计软件:

① SAP2000:这是一款广泛使用的结构分析和设计软件,适用于各种类型的结构系统。SAP2000 提供了从简单静力分析到复杂的动力和非线性地震分析的功能。

② **ETABS**: 专门为多层建筑设计的软件, 提供了全面的建筑分析和设计解决方案。ETABS 特别强大在处理复杂建筑响应的分析, 如高层建筑的风和地震分析。

③ **ANSYS**: 这是一款强大的通用有限元分析软件, 适用于从小型到大型复杂项目的结构分析。ANSYS 在抗震分析中能模拟材料的非线性行为和结构的详细响应。

④ **Perform-3D**: 这款软件专门用于非线性地震分析和性能评估。它允许用户对结构在极端事件下的表现进行详细评估, 特别是对于性能基设计方法。

使用这些软件, 工程师可以建立精确的数学模型, 进行不同地震情景下的模拟, 分析结构的潜在薄弱点, 评估结构的整体或局部破坏模式。此外, 这些工具还可以帮助设计者实现设计的优化, 确保结构不仅能满足安全要求, 同时也

具备经济性和可行性。

总之, 计算模型和专业软件在现代抗震设计中扮演着至关重要的角色, 它们使得抗震设计更加科学、精确和高效。通过这些工具的应用, 可以大幅提升建筑项目的安全性, 确保在地震发生时能够保护人命和财产。

参考文献:

- [1] 李金果,李伟建.抗震设计在房屋建筑结构设计中的应用研究[J].四川水泥,2015(12):1.
- [2] 张海峰.结构抗震概念设计在房屋建筑中的应用分析[J].建筑工程技术与设计,2014(33):159+234.
- [3] 黄传刚.浅谈房屋建筑中结构抗震概念设计的运用分析[J].科技创业家,2013(14):1.
- [4] 李玉占.抗震设计在房屋建筑结构设计中的应用[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(2):3.