

探讨建筑工程结构设计中的抗震研究

彭观寿

天津水务集团华森规划勘测设计研究院有限公司，天津市，300220；

摘要：随着城市化进程的加快，建筑物密集度逐渐增高，抗震问题显得尤为重要。在当前的建筑设计中，抗震性能的研究已成为保障建筑安全的核心要素之一。本文探讨了建筑结构设计的基本原则，分析了抗震设计的基本概念与目标，详细阐述了抗震材料的选择与应用，以及在框架结构、剪力墙结构和叠层橡胶垫基础隔震体系中的具体设计方法和构造措施，以期为建筑设计提供有价值的参考。

关键词：建筑工程；结构设计；抗震

DOI：10.69979/3029-2727.25.01.019

1 建筑结构设计的基本原则

1.1 安全性原则

设计师必须保证建筑在使用过程中具有足够的承载能力，能够抵御各种外部荷载，包括自重、风荷载、雪荷载以及地震等自然灾害。以抗震设计为例，建筑结构需要通过合理的材料选择和构造形式，提升其抗震能力。例如，采用钢筋混凝土结构可以有效增强建筑的抗压和抗拉能力，提高其整体稳定性。

1.2 适用性原则

设计师需要根据建筑的用途，如住宅、商业办公楼等，合理配置空间布局，确保建筑内部空间的合理性和灵活性。适用性还包括对建筑使用寿命的考虑，设计时需关注材料的耐久性和维护保养的便利性。

1.3 经济性原则

要求在满足安全性和适用性的前提下，尽量减少建筑成本。设计师需要在选择材料、工艺和施工方法时进行综合评估，以实现资源的最优配置。例如，选择当地可获取的建筑材料，减少运输成本，同时控制施工过程中的浪费。

1.4 美观性原则

建筑不仅是功能的载体，也是文化和艺术的表现。设计师需要在结构形式、外立面处理以及与周围环境的协调性上进行深思熟虑，创造出视觉上令人愉悦的建筑作品。例如，现代建筑常常结合简约的线条与大面积的玻璃幕墙，展现出清新的气质，同时也要考虑其在不同光照条件下的视觉效果。

2 抗震设计的基本概念与目标

地震是自然界中一种突发的能量释放现象，主要由地壳的运动及其变形引起。地震波是地震释放能量的主要形式，分为纵波和横波两种。纵波是地震波中传播速度最快的波，能穿透固体、液体和气体；横波则只能在固体中传播，速度相对较慢。地震波的传播特性和速度受地质结构、地壳材料的密度和弹性模量等因素影响，导致地震波在不同介质中表现出不同的传播特征。地震的频率特征也值得重视。高频地震波通常导致较为剧烈的瞬时震动，容易引发建筑物的破坏；低频地震波则可以在较长时间内对建筑物施加持续的力量，使建筑物产生较大位移。因此，在抗震设计中，需要综合考虑不同频率地震波的影响，以确保结构的整体安全性。

抗震设计的基本概念围绕着建筑物在地震作用下的安全性与稳定性展开。其核心目的是确保建筑结构在地震发生时能够承受地震引起的各种力，从而保护使用者的生命安全和减少财产损失。抗震设计不仅仅是对建筑物进行简单加固，而是需要综合考虑地震的作用机制、建筑材料的性能以及结构体系的合理性。

抗震设计的目标主要体现在以下几个方面：（1）确保建筑物在地震作用下不发生倒塌，保持结构的整体性与稳定性。通过合理的设计，可以有效地控制地震引起的变形，使建筑在地震发生后能够保持可用。（2）减少地震对建筑物的损害程度，包括裂缝、变形等，确保建筑在地震后的修复费用和时间处于可接受范围。（3）保证建筑物的功能在地震后不受到严重影响。例如，医院、学校等重要公共建筑需要保证在地震发生后仍能继续提供服务。

3 建筑工程结构设计中的抗震设计

3.1 抗震材料的选择与应用

抗震材料的选择与应用是建筑工程抗震设计中的重要环节。材料的性能直接影响到结构的抗震能力和整体安全性。合适的抗震材料能够有效吸收和分散地震能量，减少结构在地震作用下的损伤。

在抗震材料的选择上，主要考虑材料的弹性模量、延展性、抗压强度和抗拉强度等性能指标。例如，钢材因其优良的强度和延展性，成为抗震设计中常用的材料。高强度钢的应用，可以显著提高结构的承载能力和抗震性能。此外，混凝土作为另一种常用的建筑材料，其抗压强度高、耐久性好，也在抗震设计中占据重要地位。特别是高性能混凝土，因其较低的渗透性和良好的耐久性，被广泛应用于高层建筑和重要设施的抗震构造中。

在抗震材料的应用方面，常见的技术手段包括使用阻尼器、隔震装置和抗震增强材料等。阻尼器能有效吸收地震能量，减小结构响应。例如，粘滞阻尼器和摩擦阻尼器在现代建筑中得到了广泛应用。隔震技术则通过设置隔震层，将建筑物与地震波隔离，减少地震对结构的影响。高性能橡胶支座和滑动支座是常用的隔震材料，能够在地震作用下保持结构稳定。

3.2 结构体系与抗震构造措施

在抗震设计中，结构体系的选择与抗震构造措施的合理应用至关重要。不同的建筑类型和使用功能要求设计人员灵活运用多种结构体系，以提高抗震能力，确保结构在地震作用下的安全性和稳定性。

3.2.1 框架结构

框架结构作为一种常见的建筑结构形式，在抗震设计中具有显著的优势。其主要由梁和柱组成，形成了一个稳定的承重体系。梁和柱的连接方式对结构的抗震性能有着直接影响，通常采用刚性连接或铰接连接。刚性连接能够有效传递和分散地震力，提高结构的整体刚度；而铰接连接则允许结构在地震作用下产生一定的变形，从而吸收和耗散地震能量。

在框架结构的设计中，还需考虑梁柱比、截面尺寸和配筋率等因素。合理的梁柱比能够确保结构在地震作用下的稳定性，避免因局部受力过大而导致的破坏。截面尺寸的优化设计可以提高结构的承载能力，而适当的配筋率则能增强结构的延性和韧性，使其在地震作用下不易发生脆性破坏。

此外，框架结构的抗震构造措施还包括设置抗震缝、采用抗震支座和加强节点连接等。抗震缝的设置可以减少地震波在结构中的传播，降低结构的震动幅度。抗震支座则能够在地震作用下提供额外的支撑和缓冲，保护

结构不受过大冲击。节点连接的加强则是通过增加钢筋锚固长度、使用高强度螺栓等措施，确保节点在地震作用下的可靠性。

3.2.2 剪力墙结构

剪力墙结构在抗震设计中同样扮演着重要角色。剪力墙主要由钢筋混凝土构成，具有较大的抗侧移刚度，能够有效抵抗地震水平力的作用。其工作原理是通过墙体自身的剪切变形和弯曲变形来吸收和耗散地震能量，从而保护建筑的整体稳定性。

在设计剪力墙结构时，墙体厚度、配筋率和墙体布置方式是关键因素。合理的墙体厚度能够确保其在地震作用下的承载能力，而适当的配筋率则能提高墙体的延性和韧性，防止其在地震中发生脆性破坏。墙体布置方式则需要根据建筑物的平面布局和受力特点进行优化，以确保结构在各方向的抗震性能均衡。

此外，剪力墙结构的抗震构造措施还包括设置构造柱和圈梁、采用边缘构件加强以及设置抗震缝等。构造柱和圈梁的设置能够增强墙体的整体性和稳定性，边缘构件的加强则能提高墙体的抗弯和抗剪能力。抗震缝的合理布置可以有效减少地震波在结构中的传播，降低结构的震动幅度。

在实际应用中，剪力墙结构常与框架结构结合，形成框架-剪力墙结构体系，充分发挥两种结构形式的优势，进一步提升建筑的抗震性能。通过合理的结构设计和构造措施，剪力墙结构在保障建筑安全性和稳定性方面发挥着不可替代的作用。

3.2.3 叠层橡胶垫基础隔震体系

叠层橡胶垫基础隔震体系是一种高效的抗震技术，其核心在于通过在建筑物基础与上部结构之间设置多层橡胶垫，以隔离和吸收地震能量。这种体系的主要优点在于其良好的弹性和阻尼特性，能够在地震发生时显著减少传递到上部结构的地震力，从而保护建筑的整体安全。

在实际应用中，叠层橡胶垫通常由多层天然橡胶或合成橡胶与钢板交替叠加而成，形成一种复合结构。这种结构不仅具有较高的承载能力，还能在水平方向上提供足够的柔韧性，允许建筑物在地震作用下产生一定的位移，从而耗散地震能量。此外，叠层橡胶垫基础隔震体系的设计和施工需要考虑多种因素，包括地质条件、建筑物重量、地震烈度等。合理的设计能够确保隔震层在不同地震工况下均能发挥有效作用，提高建筑的抗震性能。

在实际工程中，叠层橡胶垫基础隔震体系已被广泛

应用于高层建筑、桥梁、医院等重要设施中，取得了显著的抗震效果。通过不断的技术创新和工程实践，这一体系在提升建筑抗震能力方面展现出广阔的应用前景。

3.3 抗震设计中的数值模拟与分析

在抗震设计过程中，数值模拟与分析是一项重要的技术手段，通过计算机模拟地震作用下结构的响应，帮助工程师优化设计方案，提高建筑物的抗震性能。数值模拟的核心在于利用数学模型和计算方法，准确再现结构在地震作用下的行为。有限元分析（FEA）是抗震设计中常用的数值模拟方法之一。通过将结构分解为有限个小单元，能够详细分析每个单元在地震荷载下的应力和变形情况。时程分析方法也被广泛应用于抗震设计。这种方法通过模拟实际地震波的时间历史，计算结构在实际地震作用下的响应。通过对比不同地震波对同一结构的影响，可以深入了解建筑物在真实地震情境下的表现。

4 实例分析

在某建筑工程中，地面上建造了16层建筑，总高度达到48米，每层高度为2.9米。在设计过程中，采用了矩形钢管混凝土柱作为框架的支撑结构，柱子之间的间距为6.6米，符合6米的标准设计模数。至于横向结构，选择了H型钢作为框架梁。为了增强建筑的抗侧刚度，特别在电梯井区域设置了钢板混凝土组合剪力墙，该剪力墙的结构是在双侧钢板之间填充混凝土，如图1所示。

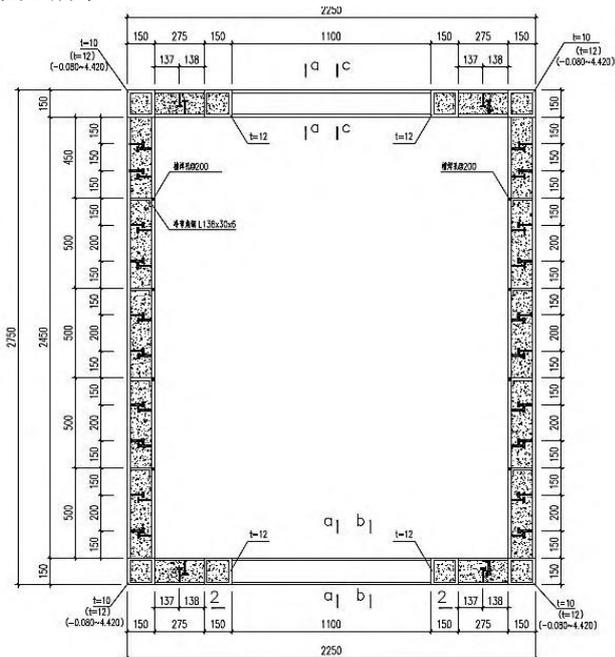


图1 剪力墙截面形式

钢梁与组合钢板剪力墙之间的联接细节：方形钢管柱的末端与端板焊接，而端板本身则是通过高强度螺栓与连接板结合起来，以便于与钢梁牢固相连。为了分析该结构的抗震性能，采用仿真软件，仿真模拟时设定地震强度为8级，得到如图2所示的三维仿真结构图，模拟了其在设防地震作用下的动态响应，包括反应谱分析和动力弹性时程分析。

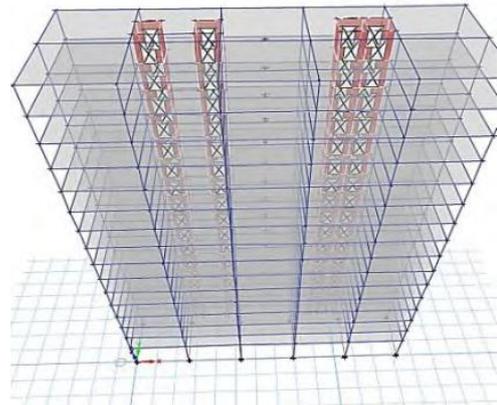


图2 三维模型

在这之后，利用Etabs软件完成的振型反应谱分析，在多遇地震条件下展示了结构的响应。本文结构阻尼比为0.04。钢框架与钢板剪力墙组合体系的关键性能指标——层剪力、顶层位移以及各层之间的位移角度——的分析成果可见于图3。

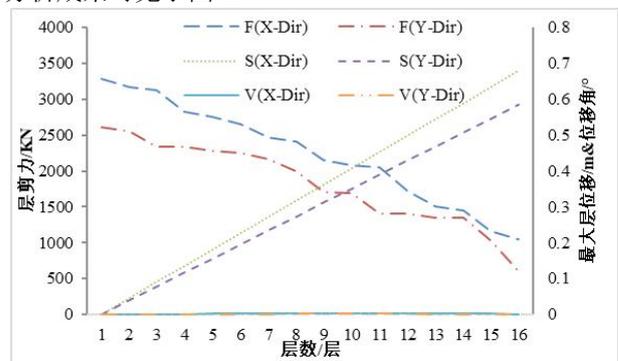


图3 反应谱分析结果

结果显示，钢框架-钢板组合剪力墙的优化设计强化了结构的抗侧刚度，并在层剪力和层间位移角方面展现出优越的抗震性能，特别是最大层间位移角在第10层仅为1/576，远优于规范限值1/250。这说明该结构在地震作用下具有良好的整体稳定性和抗震能力。此外，对结构进行了动力弹性时程分析，以进一步验证其在地震作用下的动态响应。动力弹性时程分析考虑了地震波的时间历程，能够更真实地模拟地震对结构的影响。分析结果显示，结构在地震作用下能够保持良好的弹性和恢复能力，未出现明显的塑性变形或破坏。

在抗震设计中，还特别注意了节点连接的设计。节点作为结构中的关键部位，其连接性能直接影响到结构的整体抗震能力。因此，在设计中采用了高强度螺栓和焊接等可靠的连接方式，以确保节点在地震作用下能够保持稳定和牢固。

5 结语

综上所述，本文系统地探讨了建筑结构设计的基本原则和抗震设计的关键技术。通过对安全性、适用性、经济性和美观性原则的综合考虑，提出了科学的建筑设计思路。进一步加强对建筑结构抗震性能的研究，特别是在新型抗震材料和抗震构造措施方面。通过不断的探

索和实践，可以为建筑工程提供更加安全、可靠和经济的抗震设计方案，以保障人民生命财产安全，推动建筑行业的可持续发展。

参考文献

- [1] 李一民. 建筑结构设计中的抗震设计手段及方法探析[J]. 中国建筑金属结构, 2024 (1): 167-169.
- [2] 鲁滨. 浅谈建筑结构工程抗震设计的作用及措施[J]. 建筑与装饰, 2024 (5): 19-21.
- [3] 张豪杰, 牛辰宇. 建筑结构设计中的抗震设计探析[J]. 建筑与装饰, 2024 (22): 55-57.