

建筑结构设计中的隔震控制技术应用

张彦朴

河北建筑设计研究院有限责任公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]近年来,建筑行业迎来了飞速发展阶段,建筑物的规模和建设难度也相应增加,这对建筑物的安全性提出了更高要求。同时,各个地区地震灾害频发,传统的低层建筑物隔震技术已不再适用。为此,应积极探索行之有效的隔震控制技术,将其科学合理地应用于各类建筑结构设计中,提高建筑质量,保障使用安全。文中就建筑结构中的隔震减震措施提出一些实践经验供大家参考。

[关键词]建筑结构;结构设计;隔震控制技术;技术应用

DOI: 10.33142/aem.v6i11.14637

中图分类号: TU7

文献标识码: A

Application of Seismic Isolation Control Technology in Building Structure Design

ZHANG Yanpu

Hebei Institute of Architectural Design & Research Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: In recent years, the construction industry has entered a stage of rapid development, and the scale and construction difficulty of buildings have correspondingly increased, which has put forward higher requirements for the safety of buildings. At the same time, earthquake disasters occur frequently in various regions, and traditional low rise building isolation techniques are no longer applicable. Therefore, effective seismic isolation control technologies should be actively explored and scientifically and reasonably applied to various building structure designs to improve building quality and ensure safe use. The article presents some practical experience on seismic isolation and reduction measures in building structures for reference.

Keywords: building structure; structural design; seismic isolation control technology; technical application

引言

随着全球地震灾害的频发,建筑物的抗震安全性日益受到关注。传统的抗震设计方法通常通过加固建筑结构来提升抗震能力,但这种方式在强烈地震中存在一定局限性,特别是在高层建筑或特殊功能建筑中,抗震加固不仅增加了经济负担,还可能引发结构复杂度的提升。为了解决这一问题,隔震控制技术应运而生,成为一种创新的抗震设计理念。通过在建筑物与基础之间设置隔震支座,地震波的传递能够有效降低,从而减轻建筑结构的震动影响,显著增强建筑物的抗震性能。近年来,随着材料科学与计算机技术的飞速发展,隔震技术在建筑结构设计中的应用取得了显著进展。该技术不仅能够有效减少地震带来的破坏,还能增强建筑物的安全性,降低震后维修费用,并提升居住舒适度。在高风险区域或特殊功能建筑中,隔震技术已成为至关重要的抗震措施之一。然而,尽管该技术在全球范围内取得了积极成果,其在实际工程中的推广仍面临不少挑战。例如,隔震材料与装置的选择、经济性与技术可行性的平衡问题,以及与其他建筑系统的协同设计等,均为当前亟须解决的关键问题。因此,深入研究建筑结构设计中的隔震控制技术,具有重要的现实意义。除了提高建筑物抗震能力外,该技术还对保障公众安全、降低地震损失、推动该领域发展具有深远的理论与实践价值。本文将探讨隔震控制在建筑结构设计中的应用现状、面临的问题

及未来发展方向,旨在为该领域的进一步研究提供参考。

1 建筑结构设计隔震模式的应用意义

在建筑结构设计中,隔震模式的应用具有至关重要的意义,尤其是在提升建筑抗震性能与保障居住安全方面。通过引入隔震支座于建筑物与地基之间,地震波的传递得到了有效的减弱,建筑结构受地震影响的程度显著降低,特别是在高烈度地震区或特殊建筑环境中。建筑物在遭遇地震时,能够保持较小的位移与加速度,从而减少结构性损伤及维护成本,延长使用寿命,这一设计带来的好处不容忽视。此外,隔震技术的应用不仅提升了建筑的舒适性,还增强了建筑的安全性。由于地震造成的损毁和人员伤亡得到显著减少,建筑在极端自然灾害中的韧性得到了大幅提高。随着建筑物高度的逐渐增加及结构复杂性的增强,隔震技术的应用变得尤为关键。传统抗震设计中存在的诸多局限,如高层建筑的过大晃动、复杂结构的扭转等问题,都能有效地通过隔震技术克服。隔震技术的推广促进了建筑行业在抗震设计领域的创新。建筑物的抗震能力得到了进一步增强,且为建筑结构设计提供了更加灵活的解决方案,满足了现代建筑对安全、舒适与可持续性的综合需求。

2 建筑结构设计中的隔震存在的问题

2.1 隔震支座会受到抗震墙的影响

在建筑结构设计中,隔震支座的功能可能受到抗震墙布局的显著影响。抗震墙通常设于建筑物的关键位置,以增强

建筑对地震力的抵抗能力。由于抗震墙的刚度较大，地震过程中所承受的侧向力可能会传递至隔震支座，从而影响其正常运作。抗震墙与其他结构部件紧密连接，在地震发生时，抗震墙的变形与隔震支座之间可能会发生相互作用，导致支座受到不均匀的应力分布。对隔震支座性能的影响，由此而产生的应力不均匀分布会使其无法有效应对地震荷载^[1]。抗震墙的布局，还可能改变建筑物整体的刚度分布，进而导致结构变形模式的变化，这种变化也会影响隔震支座的设计效果。

2.2 建筑物走向对抗震的影响

建筑物的走向在抗震性能中起着至关重要的作用。在建筑结构设计时，走向的选择直接影响建筑物在地震作用下的响应特征。不合理的走向可能导致建筑物在地震时发生不均匀振动，进而加重结构损伤。尤其是当建筑物走向与主震向不一致时，可能会遭遇不规则的震动效应，进而造成扭转变形或局部失稳。这种现象在高层建筑或结构复杂的建筑中尤为突出。建筑物走向与地震波传播方向之间的角度关系，直接决定了建筑物在地震中的受力分布及振动模式。若走向选择不当，某些方向的地震波可能会引发较大的位移与应力集中，从而影响建筑物的稳定性与安全性。此外，周围环境的影响亦不可忽视，周边建筑物或地形的作用可能使建筑物在地震中产生复杂的动力响应，进一步加剧地震对结构的影响。

2.3 建筑结构的选择产生的影响

建筑结构的选择对隔震设计具有深远的影响，不同类型的结构在面对地震时，其响应特性存在显著差异。结构的刚度、质量分布与形状等因素，直接决定了地震波如何传递到建筑物以及其振动反应。例如，刚性较强的建筑结构，在地震波传播过程中可能产生更大的震动幅度，进而增加结构的受力；相反，较为柔性的建筑则可能经历较大的位移，这对隔震系统的设计提出了更高的要求。建筑物结构形式的复杂性也影响着隔震支座的布置与功能。对于多层、多功能或形态不规则的建筑，其结构系统的非对称性和不均匀性，可能导致隔震支座在不同部位的受力分布不均，进而影响整体抗震性能。尤其是在多层建筑中，高层部分的震动，往往通过层间传递，这对隔震设计构成了更大的挑战。

2.4 墙体与防震缝设计问题

在建筑结构设计中，墙体与防震缝的设计对隔震效果至关重要。作为建筑物的主要承载构件，墙体的刚度与强度直接影响整体抗震性能。然而，若墙体过于刚性，可能导致地震发生时震动加剧，从而加大对结构的破坏。防震缝的设计同样至关重要，若防震缝的位置或宽度设置不合理，可能无法有效隔离建筑的各个部分，导致地震力在建筑内部不均匀传递，从而影响隔震系统的效果。尤其在大型建筑中，防震缝的设计不仅需要充分考虑隔震性能，还应综合考虑建筑的功能分区、使用需求及施工工艺等因素。不当的防震缝设计可能使建筑物在地震中出现不必要的裂缝或局部损坏，甚至威胁整体结构的稳定性。此外，墙

体与防震缝连接部位，通常是建筑物易出现问题的关键区域^[2]。若未考虑震后修复的可能性，建筑物地震后的修复难度可能会加大，从而影响其后续使用与安全性。

3 建筑结构设计中的隔震措施

3.1 隔震支座

隔震支座在建筑结构设计起着至关重要的作用，是基底隔震系统的关键组成部分。其核心功能在于有效隔离地震波与建筑物上部结构，从而显著减轻地震波的传递。常见的隔震支座材料，如高弹性橡胶、铅芯橡胶以及钢制支座等，具有良好的柔性与耗能特性。这些材料能够在地震作用下发生位移或变形，进而吸收部分地震能量，从而减少上部结构的震动。隔震支座的设计要求在多个方面满足性能需求。支座不仅必须具备足够的承载能力，以支撑建筑物的垂直荷载，还应在地震过程中提供必要的水平位移，防止地震力过度传递至上部结构。支座的刚度也需适度，在确保在正常状态下稳固支撑建筑物的同时，在地震时能够具备适当的柔性，从而有效吸收地震能量。支座的选型与布局，需根据建筑物的高度、功能、地震烈度及当地的地质条件等多方面因素进行综合考虑。在高层建筑或地震频发区域，支座的选型尤为复杂，性能与建筑结构之间的协调性需特别关注，以确保在地震发生时能最大限度地发挥隔震效果。此外，隔震支座的长期使用可能会受到温度、湿度等环境因素的影响，故设计过程中必须考虑到材料的耐久性与抗老化特性，以确保其长期能够保持可靠性能。

3.2 隔震垫层

隔震垫层在建筑结构设计中的作用极为重要，作为基底隔震系统的核心组成部分，其功能不容忽视。通常由弹性材料（如橡胶、聚氨酯、聚四氟乙烯等）构成，隔震垫层位于建筑物基础与上部结构之间。主要功能是通过弹性变形吸收地震波的能量，从而减少地震作用对上部结构的传递，减缓震动幅度。通过控制地震力的传播路径，隔震垫层有效降低了地震引发的震动，确保建筑物在强震作用下保持稳定，增强抗震性能。在隔震垫层的设计中，与建筑结构的协调性是必须考虑的重点。其刚度、阻尼特性及承载能力等因素，直接决定了其隔震效果。设计时，必须根据建筑物的高度、荷载、使用功能及地震烈度等条件，进行综合考量。若垫层刚度过高，地震波可能无法有效隔离，从而减弱隔震效果；而刚度过低，则可能影响建筑物的稳定性。因此，隔震垫层的刚度必须依据建筑物的特性精确设计，以确保地震作用下能有效限制上部结构的震动。材料的选择在隔震垫层的性能中占据至关重要的地位。不同材料的能量吸收能力及耐久性各有差异。橡胶垫层，因其良好的弹性与抗压性，常用于一般的隔震工程，但长期使用过程中可能面临老化问题^[3]。因此，在设计过程中，必须充分考虑材料的长期性能，确保其耐用性。现代隔震垫层的设计不仅要求具备强大的能量吸收能力，还需适应环境变化（如温度、湿度波动等），以保证长期有效性。随

着技术进步, 隔震垫层的设计逐渐多样化, 材料选择日益创新, 设计形式也在不断优化。在某些特殊情况下, 隔震垫层的设计还可能结合其他结构措施(如刚性支撑、增强型垫层等), 进行复合设计, 从而应对复杂的地震荷载条件。

3.3 基底隔震系统

基底隔震系统在建筑结构设计作为一种有效的抗震措施, 扮演着至关重要的角色。通过在建筑物与地面之间设置隔震装置, 地震波的传递能够显著减缓, 从而降低地震力对建筑物的直接作用。该系统主要由隔震支座、隔震垫层及基础结构等关键组成部分构成。作为基底隔震系统的核心, 隔震支座在地震发生时通过吸收和消散地震能量, 防止震动直接传递至上部结构。隔震支座利用橡胶、钢筋或复合材料等柔性材料, 可以提供水平位移, 有效减少建筑物的震动幅度, 从而显著提升抗震性能。在设计基底隔震系统时, 建筑结构类型、地质条件及地震烈度等因素必须综合考虑。尤其在地震活动频繁或高层建筑物所在的地区, 基底隔震系统的应用显得尤为重要。与传统抗震设计方式相比, 基底隔震系统不仅在保护建筑结构安全方面具有明显优势, 还能够有效保持建筑的使用功能, 减少地震造成的损害。此外, 该系统还能够显著减少震后建筑物的维修及恢复成本。对建筑物而言, 基底隔震系统提供了更好的舒适性, 减少了地震波对室内人员产生的震动影响。

3.4 建筑走向设计

建筑走向设计在隔震措施中的作用至关重要, 它直接决定了建筑物在地震中的稳定性与抗震能力。在设计过程中, 地震波的传播方向及建筑物相对于地震波的定位必须充分考虑。合理的建筑走向设计, 能够显著减少地震波对结构的冲击。通常, 建筑物应尽量与当地地震波的主要传播方向垂直布局, 以降低地震力的集中作用, 从而避免结构沿地震波传播方向产生过大变形或损害。除了地震波的方向外, 周边环境的影响因素亦需要综合考虑, 诸如邻近建筑物的布局、道路的走向以及地形变化等。对地震波的传播路径, 这些因素都会产生一定的影响, 进而影响建筑物的抗震效果。因此, 建筑走向的合理性, 对于提高建筑物抗震性能, 具有不可忽视的关键作用。

3.5 建筑场地的合理选择

建筑场地的选择在建筑结构设计中的隔震措施中具有至关重要的影响。场地的地质条件在很大程度上决定了建筑物的抗震性能, 因此, 在设计初期, 地质勘查与分析必须详细进行。地基土壤的类型、承载力以及当地的地震烈度等因素, 都会直接影响隔震措施的效果^[4]。例如, 松软或粘性土壤上, 地震波可能会发生放大效应, 合理的隔震设计在此类情况下显得尤为重要, 以确保建筑物能够有效减缓地震力的传递。而在坚硬岩层上建设时, 尽管地震波传播速度较快, 但对隔震设计的要求则相对较低。场地的地理位置、地下水位以及周围建筑物的密度与高度等因素, 同样不能忽视。建筑物在地震中的反应, 直接受到这

些因素的影响, 进而影响隔震效果。全面考虑场地条件, 在建筑设计阶段, 成为确保隔震系统有效性的关键。

4 隔震技术的未来发展方向

隔震技术的未来发展将集中在提高系统的智能化、适应性与可持续性三个方面。随着科技的不断进步, 智能化隔震技术逐步成为建筑结构设计中的主流趋势。通过集成先进的传感器、智能控制系统与大数据分析, 未来的隔震系统能够实时监测建筑的动态响应, 并根据不同的地震波形自动调整性能, 从而实现更高效、精准的抗震效果。随着人工智能技术的发展, 隔震系统将具备自学习与优化算法的能力, 在复杂多变的地震环境中不断提升性能。适应性方面, 未来的隔震技术将更加注重建筑类型与地震环境的适应性设计。随着建筑形式的多样化, 隔震系统的应用不再局限于传统的装置或材料, 更多创新型的隔震结构与材料将被研发, 以应对不同极端气候或地质条件下的地震威胁。个性化的隔震设计将成为未来的趋势, 依据建筑的功能、地理位置与历史地震数据量身定制隔震方案, 从而确保每一座建筑能在最大程度上抵御地震灾害^[4]。可持续性与环保将成为隔震技术发展的另一个重要方向。随着全球对绿色建筑与节能环保的关注日益增加, 隔震系统逐步采用更加环保的材料与工艺, 减少资源消耗与环境污染。新型高性能材料, 如自愈合材料与纳米材料, 预计将在未来的隔震技术中占据重要地位。这些材料不仅能显著提升隔震效果, 还能延长系统使用寿命, 减少维护需求。

5 结语

隔震控制技术在建筑结构设计发挥着至关重要的作用, 建筑物的抗震能力得以显著提高, 地震对建筑及其人员造成的损害被有效减少。随着科技的进步, 隔震技术的应用领域日益广泛, 涵盖了高层建筑、桥梁建设, 甚至历史遗址的保护等多个领域, 其独特的优势得到了充分展示。然而, 隔震技术的普及仍面临一些挑战, 成本控制、材料选择及适用性研究等方面的困难亟须进一步优化。因此, 未来的隔震技术研究与实践应加强多学科融合, 推动新型隔震材料与设备的研发, 经济性与可靠性将不断提升, 从而为建筑行业的可持续发展提供有力的技术保障。

[参考文献]

- [1] 彭尔建. 建筑结构设计中的隔震控制技术应用[J]. 科学技术创新, 2024(10): 195-198.
- [2] 张楠. 隔震控制技术在建筑结构设计中的应用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024(10): 89-91.
- [3] 岳啸. 建筑结构设计中的隔震减震控制技术的应用[J]. 四川建材, 2020, 46(12): 35-36.
- [4] 陆好雨. 隔震控制技术在建筑结构设计中的应用[J]. 中国建筑金属结构, 2023, 22(8): 92-94.

作者简介: 张彦朴(1985.11—), 毕业院校: 河北联合大学, 所学专业: 结构工程, 当前就职单位: 河北建筑设计研究院有限责任公司, 职称级别: 副高。