

建筑结构设计中的隔震减震措施研究

邵 帅

枣庄市建筑设计研究院, 山东 枣庄 277000

[摘要] 建筑结构设计中的隔震、减震措施不仅起到保障居民安全的作用, 还能够在突发地震灾害的情况下降低经济损失, 对于改善建筑结构的坚固度及安全性具有重要意义。建筑结构设计的具体方案丰富多样, 工程设计人员需结合建筑物的结构特征、使用功能等因素, 经过科学计算确定最佳的隔震减震方案。基于此, 本篇文章主要探讨隔震减震措施在建筑结构设计中的应用要点, 以期改善建筑工程的安全性能。

[关键词] 建筑结构设计; 隔震减震; 应用措施

DOI: 10.33142/aem.v6i11.14603

中图分类号: TU3

文献标识码: A

Research on Seismic Isolation and Reduction Measures in Building Structure Design

SHAO Shuai

Zaozhuang Architectural Design and Research Institute, Zaozhuang, Shandong, 277000, China

Abstract: The seismic isolation and reduction measures in building structure design not only ensure the safety of residents, but also reduce economic losses in the event of sudden earthquake disasters, which is of great significance for improving the robustness and safety of building structures. The specific design schemes for building structures are rich and diverse, and engineering designers need to combine the structural characteristics, usage functions, and other factors of the building to scientifically calculate and determine the optimal seismic isolation and reduction scheme. Based on this, this article mainly explores the application points of seismic isolation and damping measures in building structure design, in order to improve the safety performance of building engineering.

Keywords: building structure design; seismic isolation and shock absorption; application measures

引言

建筑隔震与减震属于建筑结构设计的关键部分, 建筑隔震设计旨在布置隔震层来消除或者减弱地震波的影响, 通常可阻隔 70% 以上的地震冲击; 建筑减震设计是指在建筑设计方案中增加减震器等装置, 以此作为减轻地震作用力的重要保障, 或通过改变建筑结构的屈服强度、初始刚度、最大位移等指标予以实现。由此可见, 建筑隔震减震的技术手段可延长建筑使用期限, 保证建筑工程在全寿命周期内的坚固及安全。

1 建筑结构设计中的隔震减震措施重要性

1.1 保障居民安全

地震属于自然灾害中的重要形式, 地震灾害的发生将会直接威胁到建筑居民的人身安全。国务院于 2021 年正式实施《建设工程抗震管理条例》, 其中明确“位于高烈度设防地区以及地震重点监视防御区的公共建筑, 应当按照行业相关规定采取隔震、减震技术”, 以此减轻地震灾害造成的损失影响, 维护建筑居民的安全与健康。建筑设计部门只有采取了相应等级的隔震减震处理措施, 才能在根源上起到加固建筑结构的作用, 突出建筑工程设计中的以人为本理念^[1]。

1.2 降低灾害损失

我国当前时期的建筑工程规模持续扩大, 高层、大体积的城市综合体建筑分布更加密集。在此情况下一旦发生

地震, 未采取相应保护措施的高层建筑就会出现明显裂缝、基础沉降甚至倒塌后果, 给建筑工程业主带来较为突出的成本损失。位于地震发生区域的建筑结构很难彻底避免遭受自然灾害的影响, 然而采取了隔震减震措施的建筑结构将会更加坚固且完整, 实现“小震无损、中震可修、大震不倒”的降低灾害损失目标^[2]。从以上角度进行分析, 隔震减震技术手段的采用有助于降低经济损失, 符合节约利用建筑工程资源的宗旨。

1.3 延长工程寿命

建筑使用寿命的长短主要取决于建筑结构设计, 采取隔震减震手段作为保护的建筑工程使用期限更长, 并能够更好地满足建筑业主的基本需求。按照建筑行业的管理规定, 位于地震频发区域的高层建筑物应当满足“地震设防烈度”指标, 工程设计人员应采取行之有效的隔震减震实施方案, 减轻地震冲击作用力造成的建筑结构影响, 达到延长建筑工程使用期限的效果。

2 建筑结构设计中的隔震减震技术应用要点

2.1 隔震方式确定

建筑隔震设计的具体方式应当根据实际情况予以确定, 建筑隔震设计旨在建筑基础部位、下部或者底部等部位增加阻尼装置或者橡胶支座, 利用阻尼器或橡胶支座来分散地震波, 有效减轻地震波对于建筑本体结构的冲击强度^[3]。目前在建筑设计领域常用的隔震支座主要为摩擦摆

形式、叠层橡胶形式、弹性滑板形式的三种隔震支座，叠层橡胶作为主要材质的建筑隔震支座普遍具有良好的使用性能。例如，包含氯丁二烯橡胶片、天然橡胶材料、高温硫化钢板的隔震支座在受到外界压力的情况下，支座体系中的橡胶垫片就会向外弯曲变形，同时还会受到钢板的支撑作用影响，因此能够确保高层建筑物在强震的冲击下不会发生倒塌。

近些年来，铅芯橡胶作为主要材料的新型隔震支座已经陆续投入使用。相比于天然橡胶作为唯一材料的建筑隔震支座而言，铅芯橡胶的新型隔震支座既能够有效防止建筑发生变形，又能在根本上改善建筑结构的初始刚度指标，对于改善高层建筑物的抗击风荷载能力具有显著意义。在建筑设计方案的优化阶段，工程设计人员需要结合实际情况选择顶板隔震、层间隔震或基础隔震的几种常用形式，确保高层建筑物的设备用房、车库等地下结构的坚固与安全。建筑设计人员需重视有限元软件等人工智能手段的采用，充分利用计算机软件辅助计算各项参数指标，为建筑隔震设计的方案优化提供保障^[4]。

2.2 建筑体型控制

在目前的现状下，某些建筑设计人员仅限于考虑建筑体型的美观性，然而忽视了建筑抗震设计的指标落实，因此不利于建筑抗震性能实现更大程度的提升。为杜绝以上情况的产生，工程设计部门关键就是要合理控制高层建筑物的体型，在保证建筑立面美观度的同时更加需要重视使用功能发挥。建筑设计部门还要重视采用实地勘察的技术手段，经过现场勘测取得第一手数据，结合建筑所在区域的地质特征及气候条件予以综合评估。

例如，城市综合体的建筑平面如果设计为不规则的凹凸形状，则容易导致建筑楼板的洞口开度较大，并有可能造成建筑楼板呈现不连续的特征。为确保建筑结构在强震发生时不会出现倒塌，工程设计部门需要适当控制建筑悬挑结构的宽度及长度，尽可能避免强震作用下的建筑结构发生大面积坍塌。按照建筑设计技术规范的要求，建筑隔震结构的高宽比适宜控制在4左右。对于较大高宽比的特殊建筑结构应当避免出现过大的拉应力，工程设计人员需要利用有限元软件来检测建筑物的倾覆性能，并应当避免建筑隔震支座出现压缩弯曲的情况。

2.3 减震装置选择

建筑减震装置的种类较为丰富，工程设计人员在选取建筑减震装置的过程中，应当充分考虑减震装置与建筑整体结构的相符度。例如“位移型”的建筑减震装置可通过局部结构的形状改变，对于地震造成的建筑倒塌风险予以显著降低。按照“能耗原理”进行设计的位移型建筑减震器主要包括摩擦阻尼器与金属阻尼器，以上两种形式的建筑阻尼器都能消耗地震波的冲击力，达到维护建筑结构稳定的目标。具体在工程设计阶段，建筑设计人员需考虑各种阻尼器的应用形式及其要点，通常可重点考虑选择摩擦

阻尼器。

速度型的减震器可分为黏滞性的阻尼器、黏弹性的阻尼器等，其能够通过改变地震波的反应速度削弱其冲击效果。例如，黏滞性的建筑减震阻尼器具有较好的可靠性与简单的结构形式，非常适合用于高层大体积的建筑结构设计。建筑设计人员还要结合实际情况灵活选择不同形式的阻尼器，以期在更大程度上发挥建筑减震阻尼器的作用力^[5]。通过增加速度型的阻尼器，对于地震情况下的建筑预期变形幅度予以相应减小。工程设计人员需要采用科学计算的形式，确定布置消能器与阻尼器的精确位置。

3 建筑隔震减震设计的工程实例

3.1 工程概况

某城市综合体建筑达到72.4m的总高度，共分为地上15层与地下2层：其中的建筑地上部分包含塔楼及裙房（22.5m），建筑地下结构设计为停车场与地下室。大型综合体建筑的平面呈现Z字形，建筑平面部分的最大宽度达到41.3m，而建筑矩形平面的长度为143m，宽度为79m。建筑工程的设计单位经过现场勘察，判断为建筑所在区域的地质条件较为特殊，客观上增加了建筑隔震与减震设计的难度。具体而言，该建筑所在区域的地质结构主要为粉质黏土、砂土等，建筑地基所在的土层沉降幅度较为明显。在降雨频繁的季节，具有湿陷性的工程地质条件就会不利于保持建筑整体结构的稳固性，还可能会增加地震状态下的建筑倒塌风险。

此外，城市综合体建筑的性质为“商住两用”，属于重点的抗震设防范围。建筑所在区域与地震活跃带的间隔距离不超出5m。建筑工程所在区域的地质环境呈现复杂性以及特殊性，单层塔式结构的建筑平面几何形状呈现不规则的特征，导致增加了建筑抗震设计的实施难度^[6]。工程设计部门的具体负责人员经过协商，拟采用建筑隔震与建筑减震相结合的形式，从根源上改善建筑工程的抗震性能指标。

表1为建筑隔震减震设计中的“偏心值”指标。

表1 建筑结构隔震减震设计中的“偏心值”指标

地震等级	建筑物的总长	偏心值指标
三级	99.2m	5.83
四级	119.7m	6.21
五级	108.4m	5.98

3.2 建筑隔震设计方案

建筑设计部门重点采用隔震设计的技术手段，针对高层建筑结构中的关键部位予以隔震、加固处理。工程设计人员考虑到高层建筑容易受外界风力作用的影响，导致整个楼体发生不同程度的震动，因此将转换梁布置在建筑隔震层的适当位置，借助隔震支座、建筑剪力墙对其进行加固。在此基础上，建筑设计人员采用叠层橡胶的建筑基底

隔震支座, 并配合采用高阻尼橡胶为主要材料的隔震支座, 两种隔震支座密切配合发挥建筑隔震作用, 有效阻隔地震波的冲击影响。

工程设计人员除了采用隔震支座的形式, 还按照“建筑隔震设计标准”的基本要求, 将高层建筑电梯核心筒的隔震方式设计为“错层隔震”。对于隔震层安排在建筑地上结构的相邻层之间, 重点考虑在建筑裙房的上层布置隔震层, 或者同时将其作为建筑设备的检修层。建筑设计人员采用 BIM 的建模技术手段, 充分利用 BIM 模型观察并掌握建筑各部分的隔震设计要求, 对于建筑各层次的最大荷载指标予以适度提升。

图 1 为建筑隔震减震设计中的 BIM 结构图。

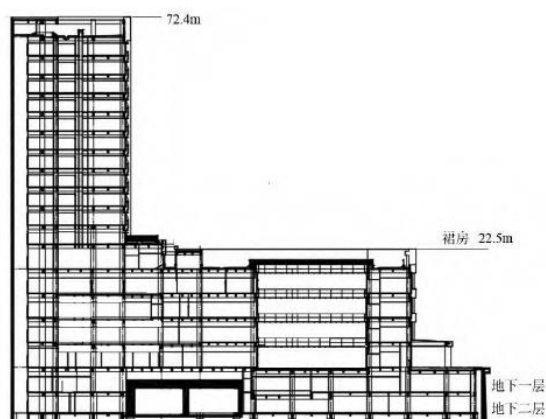


图 1 建筑隔震减震设计的 BIM 模型图

3.3 建筑减震设计方案

城市综合体建筑不能缺少减震设计的重要保障, 建筑设计人员拟采用消能器达到建筑减震目标。在消能减震的技术原理指导下, 工程设计部门将消能器布置在建筑结构的指定区域, 充分利用消能器的相对速度以及变形作用力, 在最大限度内消耗地震波传输的能量, 以实现维护建筑结构安全、坚固的目的。具体而言, 建筑设计人员通过实施科学计算, 准确判断消能减震措施针对的建筑重点区域; 在此基础上采取摩擦消能器、金属材质的屈服消能器等装置, 对于地震情况下的建筑相对位移予以控制。

建筑设计人员在充分利用消能器改善建筑减震效果的同时, 还采用阻尼器来分散地震波的作用力。具体在高层建筑的各楼层布置阻尼器, 严格按照分散、均匀、对称的基本思路进行设计。对于竖向布置的建筑楼层阻尼器应当准确计算其最大位移幅度, 技术人员需通过科学计算来确定高层建筑物的层间最大位移角度, 以此作为依据调整阻尼器的安装角度及位置, 并采用灵活的方法改变阻尼器的安装数量。

4 建筑结构设计中的隔震减震措施完善

4.1 优化结构方案

高层、大体积建筑的结构方案是否科学合理, 在根本

上关系到建筑使用目标的实现, 同时对于地震灾害情况下的建筑结构损伤程度也会产生直接的影响。因此, 建筑设计人员需重视现场勘测技术手段的采用, 充分利用现场勘测方法收集关键数据, 将其作为改进建筑结构设计的科学支撑。优化建筑设计方案还要体现在节约工程资源, 建筑工程的设计单位应坚持集约利用的指导思想, 在控制建筑设计成本的过程中改善建筑抗震性能。

4.2 引进智能技术

现阶段的人工智能技术已经普遍应用于建筑设计领域, 人工智能技术融入建筑隔震减震设计将会产生深远的影响。在人工智能建筑模型的辅助下, 工程设计人员可以准确判断建筑结构的缺陷, 以期达到改进建筑设计方案的目标。相比于传统的建筑结构设计方法而言, 采用智能模型(主要为 BIM 建模技术)的建筑抗震布局形式更加科学、合理, 并且更加吻合建筑工程的使用功能。在此前提下, 建筑设计人员应充分重视 BIM 等人工智能技术的引进推广, 充分依靠人工智能技术实现建筑抗震设计的最大化效益。

4.3 控制基底剪力

统计数据表明, 采取隔震与减震措施前后的建筑基底剪力将会发生显著的变化。因此如果要想实现控制建筑基底剪力的目标, 关键就是要正确采用隔震减震方法。具体有必要在建筑基底部位增加隔震垫等设施, 充分利用弹簧垫等专用隔震设备, 起到分散地震冲击作用力的功能。工程设计人员还要结合建筑抗震模型, 通过实施科学计算确定建筑基底剪力的变化规律, 为改进建筑隔震与减震设计措施打下坚实基础。

图 2 为采取隔震减震措施前后的建筑基底剪力对比。

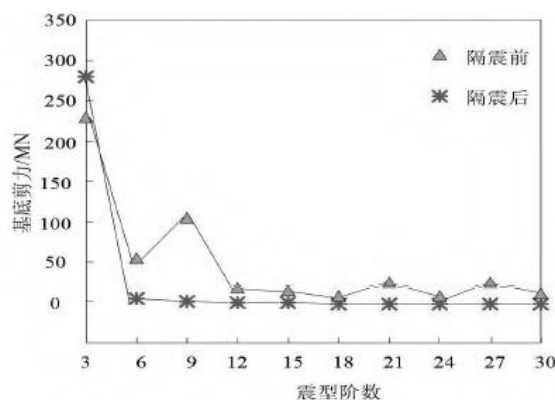


图 2 采取隔震减震措施前后的建筑基底剪力变化曲线

5 结束语

综上所述, 建筑结构设计中的隔震减震措施应当得到重视, 确保建筑设计方案能够充分体现隔震减震的基本原理。近些年以来, 建筑隔震与减震设计的技术方法更加灵活多样, 建筑设计人员应当考虑工程业主的使用需求, 经过改进、优化的建筑隔震减震方案应符合相关的行业标准。具体在完善建筑隔震减震设计的实践中, 关键就是合理利

用现有的建筑设计资源,突破传统的建筑结构设计思路,采取科学方案促使建筑隔震减震措施的最大化效益实现。

[参考文献]

- [1]张锋,于鑫,高荣.某医院钢结构建筑隔震设计与性能分析[J].四川建材,2024,50(10):74-76.
- [2]张龙飞,刘翔宇,董一桥,等.昆明市某特殊设防类建筑隔震结构一体化设计与性能分析[J].地震工程学报,2024(12):4.
- [3]孙玲飞.设有抗倾覆装置的超高层隔震建筑在地震作用下的减震效果分析——以远场长周期地震动为例[J].

中国建筑装饰装修,2024(15):155-157.

- [4]李泽鑫,刘传浩.建筑结构设计中的隔震减震措施研究[J].工程建设与设计,2023(24):10-12.
- [5]王丁丁.建筑结构设计中间隔震减震措施的实现及应用[J].城市建设理论研究(电子版),2023(23):190-192.
- [6]杨茜.建筑结构隔震与减震设计问题分析与措施探讨[J].大众标准化,2023(11):85-87.

作者简介:邵帅(1985.8—),男,毕业院校:山东建筑大学,土木工程专业,就职单位:枣庄市建筑设计研究院,中级职称。