

建筑结构隔震技术的研究与应用

温利权

江西昌西建设工程有限公司 江西 南昌 330000

摘要: 建筑结构隔震技术通过特殊装置将建筑结构与地面隔离,减少地震能量传递,提高建筑抗震性能。该技术广泛应用于桥梁、机场等大型建筑,如港珠澳大桥的隔减震设计和北京大兴国际机场的隔震建筑,均展示了其卓越效果。研究与实践表明,隔震技术能显著提升建筑安全性,降低地震损害,是未来建筑抗震设计的重要方向。

关键词: 建筑结构; 隔震技术; 应用

1 隔震技术在建筑结构中的重要性

隔震技术在建筑结构中的重要性不言而喻,它是现代抗震工程领域的一项重大突破,对于提升建筑物的安全性、保护人民生命财产安全以及促进可持续发展具有深远的意义。第一、隔震技术能够显著降低地震对建筑物的破坏作用,通过在建筑物的基础与上部结构之间设置隔震层,如橡胶隔震支座、滑动摩擦支座等,可以有效延长建筑物的自振周期,避开地震波的主要能量频段,从而减少地震波对建筑物的直接冲击。这种“以柔克刚”的方式,使得建筑物在地震中能够像“漂浮的岛屿”一样,减少摇晃和变形,保护结构主体不受严重损伤。第二、隔震技术有助于提高建筑物的居住舒适性和使用功能,在地震频发的地区,传统建筑往往因地震而受损,影响居民的正常生活和工作。而采用隔震技术的建筑物,在地震中能够保持良好的稳定性和安全性,减少因地震引起的次生灾害,如火灾、水灾等,从而保障居民的生活质量和建筑物的持续使用^[1]。第三、隔震技术还具有良好的经济效益和社会效益。虽然隔震技术的初期投资相对较高,但考虑到其能够显著降低地震灾害带来的损失,包括直接的经济损失和间接的社会影响,其长期效益是显著的。隔震技术的推广和应用,还能够促进相关产业的发展,如隔震材料、隔震装置的研发和生产,为经济增长注入新的动力。

2 隔震技术的分类

2.1 地基隔震

地基隔震技术是指通过改变建筑物地基的力学特性来降低地震波对建筑物的影响。这种方法通常涉及在建筑物的基础下方设置隔震层,如使用软土垫层、砂垫层或特殊材料层等,以减缓地震波的传播速度和能量释放。地基隔震技术能够有效地分散地震能量,减少地震波对建筑物的直接冲击,从而保护建筑物的结构安全,由于地基条件的复杂性和多样性,地基隔震技术的实施难度较

大,需要综合考虑地质、环境、成本等多方面因素。

2.2 基础隔震

基础隔震技术是在建筑物的基础与上部结构之间设置隔震装置,以隔离或减少地震波向上部结构的传递。这种技术常用的隔震装置包括橡胶隔震支座、滑动摩擦支座、滚动隔震支座等。这些隔震装置具有良好的柔性和耗能能力,能够在地震发生时吸收和耗散地震能量,减少上部结构的震动响应。基础隔震技术具有实施相对简单、效果显著、成本可控等优点,因此被广泛应用于各类建筑物的抗震设计中。

2.3 复合型隔震技术

复合型隔震技术是指将多种隔震技术或隔震装置组合使用,以实现更好的隔震效果。这种技术结合了不同隔震技术的优点,能够更全面地应对地震灾害的挑战。例如,可以将地基隔震技术与基础隔震技术相结合,在建筑物的基础下方和基础与上部结构之间同时设置隔震层;或者将不同类型的隔震装置(如橡胶隔震支座和滑动摩擦支座)组合使用,以提供更稳定的隔震效果和更强的耗能能力。复合型隔震技术的设计和和实施需要较高的技术水平和丰富的经验积累,但其带来的抗震性能提升和经济效益也是显著的。

3 建筑结构隔震技术的基础研究

3.1 隔震结构的设计原则

隔震结构的设计原则旨在通过合理的布局和参数设定,实现地震能量的有效隔离和耗散,从而保护建筑物的主体结构不受或少受地震破坏。具体而言,设计原则包括几个方面:(1)延长结构自振周期:在不改变结构阻尼的前提下,通过设置隔震支座等装置,增加结构的自振周期,使其远离地震波的主要能量频段,从而减少地震对结构的直接作用。(2)确保隔震层性能:隔震层应具有适当的水平刚度和竖向承载力,以及良好的变形能力和复位功能。在强风作用下,隔震层需保持足够的

初始刚度；而在较大地震作用时，应能产生柔性变形，以吸收和耗散地震能量。（3）平衡质心与刚度中心：为确保结构的稳定性，隔震层的水平刚度中心应与上部结构的质心基本一致，避免在地震中产生过大的扭转效应。（4）综合考量经济性与安全性：隔震设计需在满足抗震要求的同时，考虑经济性和施工可行性。合理选择隔震器件和材料，优化设计方案，以实现最佳的性能价格比。（5）考虑多方向地震作用：地震波的传播方向具有不确定性，因此隔震设计需考虑多方向地震作用的影响，确保结构在各个方向上都能保持良好的抗震性能^[2]。

3.2 隔震器件与材料的选择和特性

隔震器件与材料是隔震技术的核心组成部分，其选择和特性直接影响隔震效果。橡胶隔震支座以其良好的弹性、阻尼性能和造价优势被广泛应用。它主要由橡胶层和钢板层交替叠合而成，通过橡胶的剪切变形来吸收和耗散地震能量。橡胶隔震支座具有承载力大、耐久性好、易于安装和维护等优点。滑动摩擦支座利用滑动面的摩擦阻力来隔离地震波的传播。它通常由滑动面、限位装置和阻尼装置组成，能够在地震发生时使结构产生滑动位移，从而减小地震对结构的冲击。滑动摩擦支座具有构造简单、造价低廉等优点，但需注意滑动面的润滑和防锈问题。金属弹簧隔震器利用金属弹簧的弹性变形来吸收和耗散地震能量。它具有承载力大、刚度可调、耐久性好等优点，但相对造价较高且需考虑金属材料的疲劳和腐蚀问题。在隔震材料的选择上，需综合考虑材料的弹性、阻尼性能、耐久性、造价以及施工难度等因素。例如，橡胶材料具有良好的弹性和阻尼性能，但易老化；金属材料承载力大且耐久性好，但成本较高且需考虑腐蚀问题，在实际应用中需根据具体情况进行权衡和选择。

3.3 隔震设计流程与方法

隔震设计流程与方法是确保隔震技术有效实施的关键。根据建筑物的使用功能、抗震设防烈度等要求，确定隔震设计的具体目标，如降低地震作用下的结构响应、保护非结构构件等。根据设计目标和实际情况，选择合适的隔震器件与材料。需考虑器件的承载力、刚度、变形能力、耐久性以及材料的弹性、阻尼性能等因素。在选定隔震器件与材料后，进行初步设计，包括确定隔震层的布置方案、计算隔震支座的数量和规格等。需考虑结构的整体稳定性和抗震性能要求。在初步设计的基础上进行详细设计，包括计算结构的动力特性、分析地震作用下的结构响应、验算隔震支座的性能等。此时需采用专业的计算软件和分析方法进行精确计算和分

析。根据详细设计结果制定施工方案，包括隔震器件的安装方法、施工顺序、质量控制措施等。需确保施工过程中的安全性和可靠性。按照施工方案进行施工，并在施工完成后进行验收。验收内容包括隔震器件的安装质量、结构的动力特性测试以及抗震性能验证等。

4 建筑结构隔震技术的设计步骤与实施要点

4.1 隔震技术的设计步骤

隔震技术的设计步骤是确保隔震系统有效性和可靠性的关键环节。这些步骤从概念设计到详细设计，再到最终的实施方案，每一步都至关重要。第一步：需求分析，设计之初，需明确建筑物的使用功能、重要性等级、地理位置及抗震设防要求等。这些信息将直接影响隔震设计的目标和策略选择。第二步：概念设计，基于需求分析，进行隔震技术的概念设计。这包括确定隔震层的位置、选择隔震器件的类型、初步估算隔震效果等。概念设计旨在为后续详细设计提供方向性指导。第三步：详细设计，详细设计阶段涉及对隔震系统的精确计算和分析。包括建立结构模型，进行动力特性分析，评估地震作用下的结构响应，以及验算隔震支座的性能等。还需考虑隔震层与上下部结构的连接方式和细节设计，确保整个隔震系统的稳定性和可靠性。第四步：施工图设计，根据详细设计结果，绘制施工图。施工图应详细标注隔震器件的规格、数量、安装位置及安装要求等，为施工提供具体指导。第五步：审查与批准，施工图完成后，需提交给相关部门进行审查。审查内容主要包括设计是否符合规范、隔震效果是否满足要求等。审查通过后，方可进行施工。第六步：施工指导与监督，在施工过程中，设计师需提供现场指导，确保施工按照设计要求进行。还需对施工过程进行监督，及时发现并纠正问题，确保隔震系统的施工质量。

4.2 确保隔震层位置的合理性

隔震层位置的合理性对隔震效果具有重要影响。在选择隔震层位置时，要了解建筑物所在区域的地质情况，避免在不良地质条件下设置隔震层。根据建筑物的结构形式（如框架结构、剪力墙结构等），选择最有利于隔震效果的位置设置隔震层^[3]。考虑施工过程中的可行性和难度，选择便于施工且对结构影响较小的位置设置隔震层。综合考量设置隔震层所带来的经济效益和抗震效益，选择最优的隔震层位置。还需确保隔震层与上下部结构的连接牢固可靠，以传递必要的竖向荷载和水平力。

4.3 隔震支座的性能与耐久性要求

隔震支座作为隔震系统的核心部件，其性能和耐久性直接关系到隔震效果和使用寿命。隔震支座需具有足

够的承载能力,以承受建筑物在正常使用和地震作用下的荷载。在地震作用下,隔震支座应能产生足够的水平变形,以吸收和耗散地震能量。地震后,隔震支座应能自动复位或通过简单操作复位,以确保建筑物的正常使用。隔震支座需具有良好的耐久性,能在长期使用过程中保持稳定的性能。这包括抗老化、抗腐蚀、抗疲劳等能力。适当的阻尼性能有助于减少隔震支座在地震作用下的振动幅度和持续时间,提高隔震效果。

5 建筑结构隔震技术的应用案例

5.1 港珠澳大桥的抗震设计

港珠澳大桥作为连接香港、珠海和澳门的超大型跨海桥梁工程,其抗震设计尤为重要。这座全长55公里的桥梁工程,在设计时充分考虑了地震对桥梁结构的影响,采用了先进的隔震技术,以确保桥梁在地震中的安全性和稳定性。港珠澳大桥首次在大型跨海工程中应用了隔减震技术,通过在桥墩上布置隔震装置,延长结构周期,减小桥梁主梁的惯性力,从而显著降低了桥墩的地震响应。这一技术使桥梁的抗震能力从能够抵抗7度地震提高到抵抗9度地震,成为目前世界最长的隔震跨海大桥。隔震装置的设计原理在于通过其独特的柔性材质(如橡胶与钢板组合)来消减地震波的能量。这些装置被巧妙地布置在桥墩上,能够有效地阻止地震作用向上传递,进而减弱桥梁结构的震动响应。港珠澳大桥的隔减震技术还考虑海洋环境和气候条件的复杂性,研发了120年寿命的海上隔减震系统,确保桥梁在长期使用过程中的安全性和可靠性。为验证隔减震技术的有效性,广州大学工程抗震研究中心等科研团队开展了多项试验,包括单墩拟静力试验、振动台试验等。这些试验不仅验证隔减震技术的减隔震效果,还揭示桥墩高差、行波效应、相邻桥跨相互作用等因素对减隔震效果的影响。试验结果表明,港珠澳大桥的隔减震技术能够显著减少桥梁的地震响应,提高桥梁的整体安全性。

5.2 北京大兴国际机场的隔震建筑

北京大兴国际机场作为世界最大的单体航站楼建筑之一,其隔震设计同样引人注目。北京大兴国际机场的

航站楼采用了先进的隔震技术,成为目前世界上最大的单体隔震建筑。这一技术的应用不仅提高航站楼的抗震能力,还降低建筑结构的整体震动响应^[4]。航站楼的隔震层被巧妙地设置在地面层与上部结构之间,通过安装大量的隔震支座来实现隔震效果,这些隔震支座主要由橡胶层和钢板层交替叠合而成,具有良好的弹性和阻尼性能。在地震发生时,隔震支座能够发生横向位移以吸收和耗散地震能量,从而保护上部结构免受破坏。由于大兴国际机场的航站楼楼层较多且地下有高铁、地铁等交通设施通行,因此隔震装置的设计需要考虑多种复杂因素。采用隔震技术后,大兴国际机场的抗震性能得到了显著提升。由于隔震层能够降低结构的地震响应和动力放大效应,因此可以减小梁柱等结构构件的截面尺寸和配筋量,从而降低建筑成本并提高经济效益。隔震技术还有助于减少地震对建筑内部设备和装修的损害程度,提高建筑的整体使用寿命和安全性。

结束语

建筑结构隔震技术的研究与应用,为建筑安全提供了坚实保障。随着科技的不断进步,隔震技术将更加成熟和完善,为各类建筑提供高效、可靠的抗震解决方案。期待未来更多创新成果的出现,共同推动建筑抗震技术的发展,为人类创造更加安全、美好的生活环境。

参考文献

- [1]赵永胜. 建筑结构隔震技术的研究和应用[J]. 中国建筑金属结构,2023,22(6):105-107. DOI:10.20080/j.cnki.ISSN1671-3362.2023.06.035.
- [2]王恒,刘京城,钟鑫,等.隔震工程施工技术[J].建筑技术.2022,53(7).DOI:10.3969/j.issn.1000-4726.2022.07.008
- [3]王钢,赵才其,李飞,等.基于性能的隔震直接设计法改进及工程应用[J].建筑结构.2022,(0S1).1028-1032. DOI:10.19701/j.jzjg.22S1450.
- [4]殷朋,梁汝鸣,葛序尧,等.隔震支座在高层连体结构中的应用[J].建筑结构.2022,(0S1).961-965.Doi:10.19701/j.jzjg.22S1434.