

减震技术在不同结构体系中的应用分析

闫园 侯敬洋*

河北建研建筑设计有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]伴随着城市化快速发展以及大量高层建筑、不规则建筑的涌现,同时为贯彻执行国家和地方的有关法规和技术政策,减震、隔震技术应用越来越广泛。在建筑结构中设置耗能或者隔震装置,能够大幅度减少结构在地震荷载作用下损伤的概率,提升整个建筑物的安全性。文章全面介绍了减震技术的适用范围、基本要求和实施方法等内容,针对框架结构、剪力墙结构、框剪结构、框筒结构以及钢结构的不同特点,分别阐述适合采用的各种减震方式及其可行性。文章最后指出减震技术的发展方向,主要有智能化减震控制理念、绿色环保型减震技术、基于建筑信息模型(BIM)的减震技术、新型材料和新型减震装置的研发。为未来的工程减震设计提供了有价值的参考依据。

[关键词]减震技术;结构体系;框架结构

DOI: 10.33142/aem.v8i2.19048

中图分类号: TU352.1

文献标识码: A

Application Analysis of Shock Absorption Technology in Different Structural Systems

YAN Yuan, HOU Jingyang*

Hebei Jianyan Architectural Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: With the rapid development of urbanization and the emergence of a large number of high-rise and irregular buildings, as well as the implementation of relevant national and local regulations and technical policies, the application of seismic and isolation technology is becoming increasingly widespread. Installing energy dissipation or seismic isolation devices in building structures can significantly reduce the probability of structural damage under seismic loads and improve the safety of the entire building. The article comprehensively introduces the scope of application, basic requirements, and implementation methods of shock absorption technology, and elaborates on various suitable shock absorption methods and their feasibility based on the different characteristics of frame structures, shear wall structures, frame shear structures, frame tube structures, and steel structures. The article concludes by pointing out the development direction of shock absorption technology, mainly including intelligent shock absorption control concept, green and environmentally friendly shock absorption technology, shock absorption technology based on Building Information Modeling (BIM), research and development of new materials and shock absorption devices, which provides valuable reference for future engineering seismic design.

Keywords: shock absorption technology; structural system; frame structure

引言

地震灾害给建筑物安全性及城市发展所带来的潜在影响,使建筑物抗震设计成为了现代化工程建设的一部分,在传统的建筑构造当中,抗震设计主要是增加建筑结构构件的刚度和强度。但是随着建筑物高度的增长以及功能性复杂程度的提高,单纯地采取抗震设计的方式容易造成结构构件截面过大,从而影响建筑功能和造型的实现。减震技术是在结构体系内增设装耗能装置来减小地震作用下结构反应的一种有效的手段,从而改善建筑物的动力特性,是现代高层建筑和大型公共设施设计的关键技术之一。本

文的主要任务就是针对减震技术在不同的结构体系的应用及其设计原则进行了归纳总结,同时对各种结构形式下是否可以运用减震技术及其采用的技术措施等进行了探讨,以期能够为工程设计提供理论指导和技术借鉴。

1 减震技术在建筑结构中的应用价值

减震技术的应用是通过在主体结构中增设耗能装置,在地震时通过减震器耗能达到降低主体结构地震响应的作用,从而增强抗震能力,增加建筑寿命,减轻建筑物地震损伤程度和提高建筑物的舒适度等,降低了结构承受的内力值和变形量,减少了结构被破坏的可能性。相比于传

统只对结构进行加强的方式,减震的技术可以在满足安全要求的基础上,合理利用建筑材料与构件,达到同等抗震性能的条件下节约了工程建设成本。同时由于减震技术减弱了结构的震动幅度和加速度,可以有效的保护室内装饰和各种设备,提高了建筑物的使用舒适度和安全感。尤其是在高层、超高层建筑以及高烈度区的公共场所采用减震技术更是有着重要的经济价值和社会安全方面的保障,提升了人们生存环境的质量。所以全面了解减震技术的应用价值是进行当代建筑设计以及城市发展的重要课题。

2 减震技术的基本应用原则

2.1 安全性优先原则

安全性为首的原则是抗震设计中采用减震技术的第一要义。无论哪种类型的建筑物的设计过程中,整个建筑物稳定性以及结构安全应当是最主要的问题,在进行减震设计时,所选减震装置及其布置位置都要以最大程度上减少地震作用给建筑物本身以及其各个组成部分带来的损害为目的。即在设计之初需经过数值模拟、地震响应计算及部件受力情况的测算使得减震设施能在发生设计地震烈度的情况下发挥最大的阻尼耗能与振动衰减的作用,防止因局部损坏导致整个建筑物结构出现问题。并且减震处理方案要有一定的容错率,即使部分装置不能发挥作用的情况下,整个结构也能够保持一定的抗震能力,来给建筑使用人群提供一个安全保证。

2.2 结构适配性原则

结构适配性原则是指减震技术必须要与建筑物的结构体系和构件属性相适应,使得整个减震装置能同结构构件之间协调工作。不同的结构形式其受力机理、构件布置以及动力反应都不相同,像框架、剪力墙、框剪以及框筒等对减震器的需要就各有千秋。所以在进行减震处理的时候就需要根据具体结构形式和建筑高度等因素来选取合适的减震装置,而且还要将相应的减震器进行合理布置并确定其数目。结构适应性原则就是要求减震部件可以充分发挥作用,而不影响到结构的整体承载性能和正常使用要求,做到结构安全性与减震的有效结合。

2.3 可行性与经济性原则

可行性和经济性的原则是在满足建筑物抗震需求的基础上兼顾到减震技术的施工可行性以及经济投入和后期维护费用等。减震装置不仅仅要能满足设计要求还要满足施工要求以及工期安排、现场施工条件等。另外减震技术的经济性应该考虑的是整体造价最合理,即通过选择合理的减震器类型、数量、布置形式来使得结构材料费、施工费用、后期维护费等都处于平衡状态。可行性和经

济性的原则是要求技术可行、成本可控,在实际工程建设中既能满足预期抗震效果又能得以实施并且经济上也可以接受。

2.4 维护与可持续性原则

维护与可持续性原则要求减震技术具有在建筑整个使用寿命期间内持续稳定可靠、易于维护的特点。减隔震装置在长期工作过程中有可能会由于环境变化、自身材料老化及结构振动积累等现象而造成损坏。所以在进行设计的过程中要充分考虑到装置自身的耐用度、便于修理和后期更换可能性等问题。可持续发展理念还包括绿色节能的设计思路。应尽可能的选择低功耗、绿色建材或模块化方便替换设备,从而减少建筑物自身的运营投入和对周围环境的影响程度。维护与可持续性的考虑不仅使建筑在较长的时间内都能够保持安全状态,而且还能延长建筑的使用寿命,提升其经济性和生态适应能力。做到结构的安全性、经济性和生态环境保护三者之间的有机结合。

3 减震技术在不同结构体系中的应用

3.1 框架结构

框架结构主要由框架柱、梁组成,空间布置灵活、施工便捷,在地震时易出现较大的水平位移和构件应力集中的现象,所以减震技术应用价值非常高。在框架体系中,通常运用粘滞阻尼器、摩擦阻尼器和支撑式耗能组件等装置吸收地震能量,减少框架节点以及梁柱的应力值^[1]。减震器安装在框架重要节点处、层间或者纵向、横向主要受力方向进行地震耗能,达到吸收地震能量、减小主体结构地震反应的目的,科学合理的设置减震装置能够改善结构整体动力特性使整个框架体在遭受到地震时的晃动幅度控制在一定范围之内,进而增强建筑物的安全系数和使用寿命。结构计算配合地震波下的动力时程分析,使得框架结构的减震设计做到构件安全性、施工简易性以及经济适用性的统一。

3.2 框架-剪力墙结构

框剪结构结合了框架的灵活性及剪力墙刚度大的优点,适用于中高层公共建筑。减震技术应用在此类结构中主要是粘滞阻尼器、金属阻尼器等。阻尼器可以消耗掉振动能量,减少剪力墙及框架所承受的最大应力^[2]。框剪结构的减震设计应做到整体性与局部性的统一,科学地布置耗能装置,加强墙体与框架间的协调作用,使整个结构的动力性能得到改善。通过数值模拟与实验模型测试发现,在采用了减震技术以后水平位移与层间剪力明显下降,并且结构内各部件受力也十分均衡,达到了增强防震效果并增加人居住时的舒适度的效果。

3.3 剪力墙结构

剪力墙结构主要依靠墙体来抵抗水平作用,剪力墙结构整体性强,但是抗震时易出现扭转差和应力集中的现象,所以减震技术的应用可以很好地增强结构韧性并减少损坏程度^[3]。常用的减震方法有粘滞阻尼器、摩擦阻尼器、墙体内置型阻尼器等,利用耗能方式减少墙体内墙梁节点的应力大小,在进行减震设计时候综合分析墙体布置和楼层层数及地震发生的方向,选择合适的耗能装置种类和安装位置使得减震构件能最大程度地发挥出其耗能减振的作用。应用减震技术后,剪力墙结构在发生地震时的层间变形和加速度得到了良好的限制,结构的安全性能也有所提高,而且减少了装修装饰和设备管线的损失,建筑物的耐久年限及舒适程度得到了增强。

3.4 框架-核心筒结构

框架-核心筒结构常用于高层以及超高层建筑,其中核心筒负责承受大部分的水平荷载,外围框架给予一定的附加刚度及平面灵活度。在这类结构类型中所采取的减震方法主要有楼层阻尼器以及核心筒内部设置耗能组件。楼层阻尼器可以吸收掉一部分由内筒和外框架之间产生的相对位移带来的振动能量,减弱了内筒与外环之间的结构局部应力,内部添加耗能组件则是在核心筒的关键部位进行能量消耗以此来增强结构的韧性。在设计中应根据高层建筑风荷载和地震作用的特点,在合适的位置放置减震装置,保证内筒和外框架共同合作使高层建筑抗震安全、稳定舒适。

3.5 钢结构

钢结构常选用金属阻尼器、防屈曲约束支撑等,通过减震器消耗能量来减少钢构件的应力和节点处的位移,混合结构则可以利用钢结构框架和混凝土剪力墙的优势加以组合进行减震处理,获得整体性能的改善。屈曲约束支撑解决了普通钢支撑易失稳的问题,使钢结构支撑在受拉和受压时性能一致,提高钢材利用率,且施工速度快,质量可靠。在钢结构、既有建筑改造项目中应用广泛。

减震设计要综合考虑材料特性和结构体系的刚度和分布情况,以及施工方法等因素,保证减震装置在振动过程中的高效率的能量吸收,并且方便其安装和检修。合理的减震设计使结构在地震中产生的变形量、加速度和内力有了很好的限制,大大提高了建筑物的安全性和抗震恢复能力与使用寿命。

4 减震技术的应用趋势与发展

4.1 智能减震技术

智能减震技术是减震技术未来发展的主要趋势之一,在结构体上安装传感器、驱动器与计算程序等,使得建筑

物可以感知地震发生并在地震过程中调节自身的控制装置,实现自动地调整结构体的振动反应。智能减震系统可以根据不同的地震波特性及及时地改变阻尼器的刚度、摩擦系数或减震装置的工作性能来加强吸能的效果,减小结构体位移与应力集中。其与传统的被动式减震装置相比可以明显提升结构安全性与延展性,且不会对建筑功能及室内舒适度等造成较大影响,对于高层楼宇、桥梁以及重要的基础设施具有很大的应用价值,尤其是在场地地震烈度高,结构复杂的项目上有极大的推广意义。

4.2 绿色可持续减震方案

绿色可持续减震技术旨在满足抗震需求的基础上达到绿色环保、节能减排的目的,并可持续发展。其一般选用低耗能高效果的减震器件以及使用可循环利用材料或环保型耗能材料,减少施工及保养阶段造成的环境污染程度。绿色减震技术除了考虑建筑物自身的抗震性以外,更注重资源的有效利用、设备耐久年限的提升和维护费用的节约。如运用低耗能阻尼器、模块化可替换部件等,在保证有效控制地震反应的前提下,也方便日后的回收利用和替换部件,进而可以延长建筑物的使用寿命,减小工程的环境压力。绿色可持续抗震体系的进步使得减震技术同节能环保、绿色减排的理念有机结合,为当前建筑工程可持续发展提供理论基础。

4.3 与建筑信息模型(BIM)的结合

BIM技术和减震技术相结合,给建筑设计抗震带来了一种数字化、可视化、仿真化的解决方法。BIM能够把整个结构模型、建筑材料性能以及减震设备参数进行集成化处理,在设计过程中可以调整设备布置方案以及进行仿真分析,在施工环节合理组织施工工艺流程并且保障设备安装到位,在运营维护期间及时监测状态信息。BIM使传统的抗震设计由基于经验走向了数字科学化的过程,提高精准度和可实施程度。

4.4 新材料与新型减震装置的应用前景

新材料和新式减震装置的研发给减震技术的发展带来了巨大的机遇。高阻尼材料、智能可调耗能器、形状记忆合金以及新型料设备可以增加超高层、复杂结构建筑能量耗散能力,耐用程度及适用范围,还具有标准化生产、安装及维护方便的特点。新技术扩大了减震的应用领域,提升了建筑物的安全性能、韧性和舒适度,促进减震设计朝着高效益、智能化、环保的方向迈进。

5 结语

减震技术是当前建筑结构抗震设计最有效的措施之一,已经被大量的应用到各种类型的结构体系,比如框架

结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构、框架-核心筒结构以及钢结构、混合结构中。通过对建筑结构中的减震原理及其方法的详细剖析,可以发现减震技术的应用在很大程度上提高了建筑物的抗震能力,延长了使用年限,减少了损失,同时提高了居住舒适度。今后随着智能、绿色以及新材料的发展,减震技术也会不断的更新和完善,在建筑结构的设计和应用中,将会发挥出更大的作用,为高层建筑、特种建筑的安全性和耐久性以及可持续发展提供更有力的技术支持。减震技术的研究不但有工程意义,还为城市的基础设施建设和经济社会的发展奠定良好的基础。

[参考文献]

[1]李龙,刘光菊,赵培川,等.大型公共建筑中减震技术的应

用研究[J].重庆建筑,2025,24(12):63-67.

[2]冀涛.新型消能减震技术在高层建筑结构抗震设计中的应用[J].建材发展导向,2025,23(22):40-42.

[3]汤红永.减震技术在城市更新类项目中的设计应用研究[J].建筑科技,2025,9(9):45-49.

作者简介:闫园(1987.9—),毕业院校:太原理工大学,所学专业:结构工程,当前就职单位:河北建研建筑设计有限公司,职务:结构设计师,职称级别:高级工程师;

*通讯作者:侯敬洋(1988.10—),毕业院校:重庆大学,所学专业:土木工程(工业与民用建筑方向),当前就职单位:河北建研建筑设计有限公司,职务:结构设计师,职称级别:高级工程师。