

# 建筑结构设计中的隔震减震措施

杨敏<sup>1</sup> 崔欣荣<sup>2</sup>

1. 山东省新宇建筑工程设计有限公司; 2. 铁设院(山东)工程科技有限公司

**摘要:**我国是地震多发的国家,因此,人们对建筑结构的抗震性能提出了更高的要求,需采取合理的隔震减震策略,有效抵御地震带来的威胁,减少地震灾害造成的损失。在进行建筑结构设计时,应积极重视建筑结构的抗震性能设计,保证施工团队能根据设计图纸内容完成后续施工。为此,本文在对隔震减震原理、意义等基本概念进行简单分析后,重点围绕隔震减震设计措施进行探讨,希望可以具有一定的参考作用。

**关键词:** 建筑结构; 结构设计; 隔震减震; 设计原则

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.22.105

## 一、建筑结构设计中的隔震减震策略的意义及原则

### (一) 意义

我国城市地震发生较为频繁,地震会造成严重的经济损失,对人们的生命安全构成巨大威胁。我国许多建筑结构设计缺乏良好的抗震性能,建筑抗震技术落后,对人们的生活造成较大影响。因此,必须采用合理的隔震减震策略,尽可能减少地震带来的危害,使建筑结构设计能够得到满足人们的居住要求。在建筑结构设计中采用隔震减震策略,合理设置隔震层或使用减震装置,可以将地震时所受到的水平位移、加速度和剪力等传递给非结构部件,从而保护建筑主体结构免遭破坏,削弱地震带来的危害效果,保护人们的生命财产安全。

### (二) 原则

建筑结构设计中的隔震减震策略包括以下3项原则:

①整体性原则。建筑结构设计中的隔震减震策略必须从整体角度出发,以建筑整体为设计对象,确保建筑整体的各个部位都具有良好的抗震性能,全面提升建筑物安全性。②简化性原则。为增强建筑的抗震性能,在进行建筑结构设计时,要求在保证居住性能基础上,对建筑结构进行简化,尽可能避免出现过于复杂的结构,使建筑的抗震性能受到影响。③抵抗性原则,建筑的抵抗性是提升建筑抗震性能的关键,要想使建筑结构具有良好的抵抗性效果,就必须采用合理的施工工艺提高施工质量,使建筑结构刚度满足施工力学标准要求,施工完成后,根据相关流程对建筑结构稳定性开展检验,使建筑结受力平衡,减少地震带来的危害<sup>[1]</sup>。

### (三) 减隔震技术原理

减隔震技术的原理是将建筑物与地面之间的接触点换成减震器或其他吸能材料,使建筑物的振动转化成能量损失而非破坏。该技术可以分为两种类型:主动和被动减震。主动减震使用机械装置来消除建筑物的震动,而被动减震则利用材料的特性来分散和吸收地震能量。

这些减震装置包括阻尼器、弹簧、液压缸、摆锤等。在建筑设计时,应考虑减震设备的位置和数量、材料的选择、设计强度等因素。减隔震技术的实现方式有多种,包括弹簧隔震技术、液体隔震技术、摆锤隔震技术、摩擦隔震技术等。这些技术的实现方式不同,但其基本原理都是通过减少建筑物或其他工程结构的震动,来保护其不受地震或其他地面震动的影响。

### (四) 减隔震技术的经济效益分析

1) 降低维修成本:采用减隔震技术可降低建筑物因地震而受损的风险,能显著减少破坏和失效的可能性,从而降低维修成本。

2) 提高建筑物使用寿命:大多数减隔震装置都具有优异的耐久性和防腐性能,可保证其在使用过程中不易损坏或受到腐蚀。此外,减隔震技术还可减少结构疲劳和裂缝的形成,显著延长建筑物的使用寿命。

3) 增加经营收益:采用减隔震技术的建筑物可在地震中保持较好的稳定性,减少损失和业务中断时间。这不仅有利于企业的生产和经营,还能增加企业的声誉和信誉度,为企业带来更多的商业机会。

4) 提高投资回报率:采用减隔震技术虽需要一定的投资成本,但可通过降低维修成本、增加经营收益等方式实现投资回报。

5) 促进产业升级和创新:减隔震技术的应用需要依赖于一系列关键技术和装置,如阻尼器、弹簧隔震系统、液压隔震器等。这些技术和装置的不断创新发展,将有助于推动行业的产业升级和技术进步。

6) 减少社会成本:采用减隔震技术可有效降低建筑物受到地震波的影响,减少人员伤亡和财产损失。这不仅有利于提升整个社会的安全水平和稳定性,也能减轻政府的救灾和重建负担。

## 二、建筑抵抗地震的主要方法

### (一) 抗震

抗震是让建筑物能承受地震产生的能量,为了满足抗震要求,主要采取以下技术措施:一是提高承重构件的强度,包括梁、柱、墙等,达到本地区抗震设防烈度;二是提高构件的韧性,即使变形也不会马上破坏;三是增强建筑主体结构的稳定性,在地震作用下不会散架。

### (二) 减震

减震是在建筑物内部设置可以吸收地震能量的装置,一般称之为阻尼器,地震发生时能吸收、耗散部分摇晃能量,显著减小变形和破坏。相比之下,抗震是依靠建筑自身构件的变形和损伤来吸收地震能量,减震则

是依靠阻尼器。在实际应用中，阻尼器对地震力产生阻尼，建筑物上部结构的变形减小，从而保护结构安全稳定。

### （三）隔震

隔震是隔离地震产生的冲击力，阻止地震力从大地传递到建筑物。一般情况下，是在地基与建筑物之间设置柔软的隔离层，地震发生时隔离层会出现较大变形，阻止高频地震波向上传递。如此一来，建筑上部结构的摇晃周期延长，只会发生缓慢的平动，从而保护主体构件、装修和内部设施。

### 三、建筑结构设计中的隔震减震措施应用常见问题

#### （一）支座受到抗震墙造成的影响

在进行减震和隔震的设计过程中，需要做到尽量分散，一方面，是因为这样能够让建筑结构变得稳固；另一方面，可以降低地震时给建筑带来的倾覆力加成，减弱支座拉力带来的严重影响，要根据要求确保受力较大的一面设置抗震减震支座，并确保各支座间距离不得超过2m，否则会导致抗震减震支座的作用无法体现，进一步影响建筑的减震隔震效果。

#### （二）建筑物的走向设置对抗震性能造成的影响

设计人员不仅要深入现场进行实地考察，还要结合当地的地质状况和地震发生的方向，降低房屋在地震过程中的震向方向的过度震动。为了提高房屋的抗震能力，可以通过合理规划使建筑物的走向和地区震向呈现出相互垂直，有助于提高建筑的抗震能力，减小建筑物在地震中的损毁概率<sup>[2]</sup>。

#### （三）建筑结构的选择

随着建筑隔震减震设计的稳步提升，新型的重叠橡胶支座具有更强的隔震减震作用，大大提升了主框架的避震能力，加强了建筑物在地震中的安全性能，故成为当前框架结构的常规选择。

### 四、建筑结构设计中的隔震减震措施

#### （一）悬挂隔震

顾名思义，悬挂隔震是将建筑结构的全部或大部分悬挂起来，地震发生时主体结构可随着地壳运动而晃动，显著减小地震对建筑结构造成的冲击，从而达到隔震效果。悬挂结构在桥梁、工业设备架体中的应用普遍，由于悬杆受力较大，需要使用高强钢。但是，高强钢的韧性差，受到竖向地震作用可能断裂，为此可在吊点设置减震弹簧，配合使用阻尼器。香港汇丰银行大楼就采用悬挂隔震措施，钢柱由桁架连接在建筑上，楼层悬挂在桁架上，其中底部悬挂8层，顶部悬挂4层，被称为“震不倒的建筑”。

#### （二）层间隔震

层间隔震是在基础隔震上发展而来，将隔震层设置在建筑的主体与楼板之间，对结构的地震反应进行控制。根据隔震层的位置不同，主要分为三种类型：一是在建筑结构的一层设置隔震层，减震机理与基础隔震类似，但要根据外界条件确定是否设置隔震缝；二是在中

间层设置隔震层；三是类似于TMD减隔震系统，不同之处是使用橡胶隔振垫代替阻尼器。

### （三）基础隔震

基础隔震是在建筑基础与上部结构之间，设置高度较小、可靠性强的隔震层，地震时控制地面运动向上部结构传递，地震产生的能量由隔震层吸收或反馈到地面，以减小上部结构的地震反应，避免内部设施发生破坏。隔振器和阻尼器的使用，增加了建筑结构的阻尼，在地震作用下产生加速度的反应时间缩短；而且结构位移多集中在隔震层，上部结构产生的位移量减小，增加了建筑结构整体的弹性。

### （四）减震设计方式

民用建筑中的减震设计一般采用消能减震方式。消能减震设计指在房屋结构中设置消能器，通过消能器的相对变形和相对速度提供附加阻尼比，以消耗输入结构的地震能量，达到预期防震减震要求。减震结构中的消能器分为以下两类：第一类是速度相关型消能器，第二类是位移相关型消能器。由于消能减震的设计方式适用性比较强，因此在很多建筑工程项目中都能有效发挥自身价值，而且在对已建成的建筑工程项目进行加固改造时也可采用，赋予其消能减震的性能。同时消能减震措施不仅可以应用于钢筋混凝土结构，也可以在钢结构中发挥良好的作用，提升钢结构的抗震性能<sup>[4]</sup>。

### （五）无黏结钢结构体系

无黏结钢结构作为一种十分机敏的减震支撑结构，重点运用于建筑中核钢支柱和混凝土中间，形成滑动位移平面。钢结构被普遍应用于高层建筑中，然而纯钢结构材料的抗侧刚度无法满足建筑抗震的需求，钢框架支撑架构可以有效改善传统钢结构遭遇强风或者地震灾害时出现的位移过大的现象，但是它的支撑能力不强，在遭遇地震波强烈冲击时，非常容易产生变形和扭曲的问题，从而使得钢结构支撑系统所担负的力学结构失去效能。所以，通过前面所介绍的几种钢结构，近年来研究人员发现了一种新型防止弯曲变形的支撑架构，经由改良支撑杆零件，进而获得无黏结的支撑系统。这种支撑系统可以在内核设计钢支撑与外包构建之间增添了新型滑动位移层，使得当地震波扩散时，滑动位移层能够最大程度降低地震波对钢结构造成的破坏力，进一步实现优质的抗震效果。

### （六）加固减震

传统的建筑施工中常常会忽视对于抗震结构的设计，所以，现代化建筑设计中必须要对大部分旧房的减震功能进行强化。其中，使用最为广泛的加固措施是在建筑结构中添加阻尼，在建筑结构接合处、钢结构、隔震夹层中添加消震设备，进而促进建筑整体的抗震功效提升。以植筋技术为例，该技术主要通过将混凝土包裹至钢筋外部，使得混凝土钢筋表层融合为一，进而实现更优质的承受力。植筋技术手段具有多样化，并不受限于某一种植筋种类，可以依据建筑物实际情况进行挑

选, 不仅能够在普通钢筋加固工序中添加锚筋, 促进钢筋全面实现防震减灾的目的, 还能够在加固过程中依据建筑物需要挑选植筋胶。相较于传统加固手段而言, 植筋加固技术具有显著的优势, 在地震带得到普遍的运用。当前植筋加固手段多被运用于高层建筑、钢结构建筑、工业厂房建设中, 其不仅不会对原有建筑体系造成影响, 更不会导致建筑结构的变化, 从而具备较强的发展前景。

## 五、建筑防震减灾设计优化措施

### (一) 做好建筑物体型设计工作

建筑物的体型和结构, 对于其抗震性能也会产生严重的影响。如果在建筑设计或者建造过程中, 采取有效措施不断优化其体型设计, 则能够提升防震减灾技术的应用效果, 也能够避免建筑物在遭遇地震灾害时产生过大的损害<sup>[5]</sup>。建筑物的体型设计工作包括平面形状设计和立体形状设计。相关机构对于地震之后建筑物的受损情况的研究表明, 如果建筑物的平面呈现不规则状态, 存在明显的凹陷或者凸起, 在地震之后就会出现严重的损坏现象; 但是如果建筑物平面结构较为单一, 地震之后遭受破坏的可能性相对较小, 在一些地区如果地震等级较低, 甚至不会受到破坏。从这一研究来看, 在对于建筑物进行体型设计过程中, 要尽量确保设计方案的简洁性, 比如可以考虑采用一些常见的长方形、正方形的形状进行设计。此外, 在考虑建筑物艺术性的同时也要兼顾其安全性, 比如在体型设计过程中要避免建筑物的侧翼结构设计的过长。

### (二) 积极运用能量消耗技术

在提升建筑防震减灾性能的过程中, 一般认为, 地震之所以能够造成巨大的危害, 其主要原因在于一旦发生地震, 各类型建筑物将承受巨大的地震波能量, 地震波能量会摧毁建筑本身的结构, 同时也会造成大量的人员伤亡。因此, 专业人员认为提升建筑防震减灾性能的关键在于, 采取有效措施消耗地震波的冲击能量, 通过能量的消耗, 将地震所产生的危害降至最低。经过相关人员不懈地努力, 研究出一系列能量消耗技术, 这些能量消耗技术的应用将全面提升建筑物的抗震性能。从建筑物本身的角度来看, 其抗震能力是其使用性能的重要体现。因此, 建筑物的设计人员及施工人员, 应重点考虑增强建筑物的耐震性, 能合理运用一系列防震技术进一步提升建筑物的安全性。这些防震技术的基本原理一般是在建筑物中设置相应数量的防震设备, 一旦发生地震, 这些设备将会起到吸收能量的作用, 同时也能够进一步降低地震产生的各种噪音。在建筑物中安置防震设备的方法有很多, 要根据实际情况选择合理的方案进行设计。建筑物的防震效能设备通常设于楼层之间, 以及剪力墙等重要部位。对于这些部位, 设计人员以及施工人员应当经常进行检查, 一旦发现零部件老化现象要立即予以更换。在剪力墙结构设计中, 一般较多使用无挫

曲波纹形钢, 这种材料的应用能够大幅度提升建筑的防震效能效率, 同时, 应用这种材料的剪力墙具有很大的强度, 在遭遇地震、台风等自然灾害过程中, 不会产生过度形变, 有利于保障建筑整体结构的稳定性以及安全性。

### (三) 特殊材料防震

特殊材料防震是一种比较省时环保的防震策略。为了提高建筑结构的耐久性和韧性, 可在建筑物主要承重部位使用黏土、砂砾等特殊材料, 在建筑防震支座中设置一层垫层, 以此降低地震所产生的危害。随着防震技术的不断创新, 许多建筑结构会采用沥青作为特殊材料, 利用沥青材料的可塑性能设置防震层, 使建筑的防震效果更加突出<sup>[6]</sup>。

### (四) 优化防震策略

现代建筑工程设计中的防震策略通常使用建筑外部的结构部件, 消耗地震带来的能量, 从而增加建筑自身阻力, 这些外部的结构部件安置方法很多, 经常配备于层间、构造节点以及剪力墙等重要部位, 无挫曲波纹型钢也能够进一步提高建筑的防震能力应设置在变形较大的楼层位置, 由于防震引起的单侧外力作用增加, 剪力墙只会屈服而未产生挫曲变化, 要有效处理基础位置, 从而使剪力墙在单外力作用下拥有很大的刚性, 以达到防震的目的, 从而一定程度上增加了剪力墙的力量, 通过一定的分析, 研究建筑的受力体系, 从而确定耗能构件的数量与主轴方向分布, 改变建筑的阻尼比, 减小地震影响系数, 有效减少因地震而损伤建筑构件, 对于提高防震措施的建筑尤为重要, 而对于已成型的建筑物进行加固, 也能增加防震效果, 但此种方式使施工变得更加复杂, 还会增加施工成本。

## 结语

本文主要对建筑结构设计防震减灾策略进行分析, 要求建筑设计人员从实际角度出发, 加强对建筑结构设计的重视, 选择更加具有针对性的防震减灾策略, 减少地震带来的损坏, 保障人民的生命财产与安全。

## 参考文献

- [1] 李晓霞. 建筑结构设计中的防震减灾措施浅析[J]. 山西建筑, 2022, 48(05): 41-43.
- [2] 许婷婷. 防震减灾控制在建筑结构设计中的应用[J]. 工程技术研究, 2021, 6(18): 205-206.
- [3] 曹亮. 建筑结构设计中的防震减灾措施浅析[J]. 中国住宅设施, 2021(08): 33-34.
- [4] 刘嘉杰. 刍议建筑结构设计中的防震理念设计[J]. 低碳世界, 2021, 11(05): 122-123.
- [5] 郑维成. 结构防震设计最优化问题研究[J]. 中国建筑装饰装修, 2021(03): 112-113.
- [6] 高卫红. 防震防震技术下高层建筑耗能防震结构概念设计[J]. 华南地震, 2020, 40(04): 140-145.