

# 隔震减震控制技术在建筑结构设计和施工中的应用

黄维义

中南建筑设计院股份有限公司, 湖北 武汉 430070

**摘要** 文章主要探讨了隔震减震控制技术在建筑结构设计和施工中的应用。通过结合案例分析隔震减震技术的原理和优势, 结合现代建筑结构设计的需求, 阐述了隔震减震技术在建筑方面的应用, 讨论了隔震减震控制技术的实施要点和注意事项, 并指出了该技术在提高建筑结构安全性和减轻地震灾害影响方面的重要作用。

**关键词** 建筑结构设计; 隔震技术; 减震技术

## Application of Vibration Isolation and Absorption Control Technology in Building Structure Design and Construction

Huang Weiyi

Central South Architectural Design Institute Co., Ltd, Hubei, Wuhan 430070

**Abstract** : The article mainly discusses the application of seismic isolation and damping control technology in building structure design and construction. It analyzes the principles and advantages of seismic isolation and damping technology by combining with cases, describes the application of seismic isolation and damping technology in construction by combining with the needs of modern building structure design, discusses the implementation points and precautions of seismic isolation and damping control technology, and points out the important roles of this technology in improving the safety of the building structure and mitigating the effects of seismic disasters.

**Key words** : building structure design; seismic isolation technology; seismic damping technology

## 引言

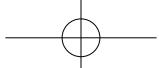
建筑结构设计及施工是确保建筑安全、经济、美观的重要基础, 但地震往往给建筑结构带来严重破坏, 并给人们生命财产带来巨大损失。而在地震灾害中, 建筑物结构是受震害破坏最严重的对象之一。地震造成的建筑物破坏, 对人民生命和财产带来巨大损失, 也给社会造成严重影响<sup>[1]</sup>。所以, 加强结构抗震能力和房屋的抗震能力建设, 对保证人民生命和财产安全, 具有十分重要的意义。建筑物抗震能力主要是指建筑物抵抗地震作用的能力, 建筑物的抗震能力主要受结构的抗震性能、建筑材料和建筑设计等因素影响。传统建筑设计中一般采用抗震设防烈度和场地类别来确定结构设计参数, 通过设计人员对结构的计算分析进行结构设计, 而对隔震和减震控制技术中的隔震、减震性能了解较少<sup>[2]</sup>, 目前, 我国的建筑抗震设计规范是基于《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010) 中规定的“设防烈度”设计方法, 建筑抗震的目的就是为了避免地震给建筑物带来的损害, 减少地震对建筑的破坏, 从而减少生命财产的损失。

## 一、项目概况

### (一) 工程概况

某新建大型综合性建筑, 建筑面积约11万m<sup>2</sup>, 总投资约8亿元, 建筑结构由主体建筑及附属工程组成。主体建筑为地上19层的框架结构, 建筑高度99.3m, 其地下部分主要包括: 1~2层地下室, 主要用于设备用房及人防工程等。地上部分为19层的框架结构。该工程地处某地震活动强烈的地震带, 地震烈度为Ⅵ度(0.1g), 场地土类别为Ⅲ类(中等)。按抗震规范要求: 该工程的抗震设防烈度为7度(0.10g), 设计基本地震加速度值为0.05g, 场地类别为Ⅲ类(中等), 场地土类别较低。根据《建筑

抗震设计规范》的有关规定, 该工程结构采用现浇钢筋混凝土框架-剪力墙结构体系, 采用型钢混凝土柱、型钢混凝土板作为主要受力构件。本工程隔震和减震设计采用隔震支座和减震支座, 抗震设防烈度为7度(0.1g)时, 设防类别为乙类; 罕遇地震作用下不出现破坏的设防类别为丙类; 设计地震分组为第一组; 场地特征周期为0.35s; 结构安全等级为二级。根据《建筑抗震设计规范》要求: “多层和高层建筑以及复杂的不规则建筑结构的抗震设计应符合下列规定: (1) 当底部加强部位不能采用隔震或消能减震措施时, 应采用相应的构造措施。(2) 对于多层和高层建筑以及复杂的不规则结构, 可根据情况采用适当的技术措施”。该工程隔震设计在建筑物底部设置摩擦摆隔震支座(RB)及粘滞阻尼



器 (MR) 组成的复合式减震装置。

## (二) 方案设计

由于本工程为两栋多层建筑, 根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010) 的规定, 将本工程建筑抗震设防烈度提高一度, 为7度地区, 结构的地震作用按9度设计。根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010) 的规定, 隔震减震结构应满足以下要求: (1) 具有合理的抗侧刚度和良好的变形能力, 避免由于刚度突变引起的大位移; (2) 具有足够的抗倾覆能力和位移能力; (3) 具有较大的水平位移; (4) 在多遇地震下, 不出现拉应力或拉应变, 在罕遇地震下, 不出现剪切破坏。隔震减震结构应满足上述要求。在设计中, 隔震减震结构体系由隔震支座、阻尼器、支座与主体结构连接件组成, 隔震支座主要起到传递地震能量的作用, 在地震发生时, 可以将能量传递给隔震层, 以达到隔震效果。本工程设计采用2组橡胶支座并布置在主体结构中上部一层楼板处。该工程采用SAP2000进行结构动力计算分析, 两个计算模型分别为上部结构模型和减震模型, 上部结构模型主要考虑竖向荷载、风荷载、地震作用、温度作用、地基基础等荷载作用; 减震模型考虑附加质量、阻尼系数以及刚度等因素的影响。根据《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010) 中对隔震、减震结构体系的要求, 本工程的隔震设计采用三向隔震垫加消能减震装置的形式。

## 二、建筑结构设计中的隔震减震技术

### (一) 传统抗震结构体系

传统的抗震结构体系是指将基础和上部结构分离开来, 由基础的承载能力和刚度来抵御地震力, 传统抗震结构体系中, 建筑的主要荷载通过重力荷载传递到基础, 当建筑物所处环境发生地震时, 建筑结构的主要荷载由建筑物的自重、自重引起的地震力和风荷载等组成<sup>[3]</sup>。另外, 由于建筑结构自身具有重量轻、刚度小、延性高、造价低等特点, 因此可以采用抗震结构体系。但是, 传统抗震结构体系存在抗震能力差、设计复杂、施工困难等缺点<sup>[4]</sup>。

### (二) 隔震技术

所谓隔震技术, 就是通过在结构上设置隔震层, 来降低地震带来的影响, 达到建筑抗震的目的。隔震减震技术最早在20世纪50年代由日本发明, 主要用于一些高层建筑中。目前, 我国大多数建筑物的设计都是基于“设防烈度”来进行设计的。通常情况下, 为了保证建筑结构不发生破坏, 在设计时主要从以下几个方面入手: (1) 选择合适的材料。为了保证建筑物的稳定性和安全性, 一般使用钢结构作为主体结构材料<sup>[5]</sup>; (2) 对结构进行抗震设计。为了避免地震带来的破坏, 一般使用隔震层来降低地震对建筑物的影响<sup>[6]</sup>; (3) 加强建筑结构的构造设计。隔震技术类型如下:

#### 1. 基础隔震

基础隔震是建筑结构设计中常用的一种隔震控制技术, 其核心思想是在建筑物的基础与上部结构之间设置隔离装置, 以减小地震能量向上部结构的传递<sup>[7]</sup>。常用的基础隔震技术包括橡胶隔震支座、铅芯橡胶支座等, 这些支座具有良好的变形能力和能量吸

收能力, 能够在地震发生时有效地减小上部结构的振动幅度, 从而保护建筑物的结构和内部设施的安全<sup>[8]</sup>。

#### 2. 悬挂隔震

悬挂隔震是将建筑物的主要结构部分通过悬挂的方式与基础隔离, 以减小地震对上部结构的影响。在地震发生时, 悬挂结构能够通过减震装置进行减震, 使建筑物整体振动减小, 从而避免或减少建筑物结构的破坏。悬挂隔震技术主要应用于大型工业厂房、桥梁等大型结构物。

#### 3. 震动隔离

震动隔离是将建筑物划分为多个子结构, 并在子结构之间设置减震装置, 以减小地震对整个建筑物的影响, 这种技术主要应用于高层建筑、大跨度跨的桥梁等大型结构物<sup>[9]</sup>。震动隔离技术的优点在于能够减小整个建筑物的振动幅度, 提高建筑物的抗震性能。

#### 4. 混合隔震

混合隔震是将基础隔震、悬挂隔震和震动隔离等多种隔震技术结合使用的一种综合性隔震技术, 这种技术能够充分发挥各种隔震技术的优点, 提高建筑物的抗震性能<sup>[10]</sup>。在实际应用中, 混合隔震技术可以根据建筑物的具体情况和地震环境的要求进行个性化设计, 以达到最佳的隔震效果。

#### 5. 智能隔震

智能隔震是一种新型的隔震技术, 它利用智能材料和传感器等设备, 实时监测建筑物的振动情况, 并通过控制系统对建筑物进行主动控制, 以达到减小地震对建筑物影响的目的。智能隔震技术的优点在于能够实时监测和控制建筑物的振动, 提高建筑物的安全性和稳定性。在实际应用中, 智能隔震技术还需要进一步研究和开发, 以实现其在建筑结构设计中的广泛应用。

### (三) 减震技术

减震控制技术是在建筑物结构中设置各种减振装置和隔震器以降低地震作用, 使建筑物具有良好的抗震性能和被动减震能力。目前减震控制技术主要包括消能减震技术和耗能减震技术两种。

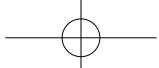
#### 1. 消能减震技术

消能减震技术是指在建筑物结构中设置阻尼器, 使其吸收地震能量而减小地震作用。在建筑物与隔震层之间设置消能器将部分地震能量吸收到阻尼器中, 使隔震层中产生较大变形和变形位移以消耗地震能量, 这种方法可以减少建筑物在地震作用下产生的结构振动, 同时还能控制建筑物的振动反应, 在建筑物与隔震层之间设置消能器时可以采用粘滞阻尼器消能。

#### 2. 耗能减震技术

(1) 结构选型是建筑结构设计中的基础环节, 也是耗能减震设计的关键。通过合理的结构选型, 可以有效地提高建筑的抗震性能。例如选择具有优良抗震性能的框架结构、剪力墙结构等, 以及进行结构的优化设计, 如采用结构减震控制技术, 调整结构的刚度和质量分布, 提高建筑的抗震能力<sup>[11]</sup>。

(2) 隔震支座是耗能减震技术中的一种重要手段, 其基本原理是通过设置隔震支座, 将建筑物与地震动隔离开来, 减小地震对建筑物的影响。常见的隔震支座有橡胶支座、滑动支座等。在设计中, 需要根据具体的工程条件和要求, 选择合适的隔震支座。



类型和参数，并进行详细的计算和分析。

(3) 阻尼器和耗能器也是耗能减震技术中的重要组成部分。阻尼器的作用是通过吸收地震能量，减小结构的振动；而耗能器则可以将地震能量转化为热能等其他形式的能量，从而减小对结构的破坏。在设计时，需要根据建筑的具体情况和要求，选择合适的阻尼器和耗能器类型和参数，并进行详细的分析和计算。

(4) 减震材料是实现耗能减震的关键材料之一。通过选用具有优良减震性能的材料，可以有效减小地震对建筑物的影响。常见的减震材料有橡胶、塑胶等高分子材料，以及一些复合材料等。在选择减震材料时，需要考虑其性能参数、耐久性以及与建筑结构的匹配性等因素。

(5) 最后，为了确保建筑结构设计中的耗能减震技术的有效实施和效果发挥，需要实现设计与施工的一体化，这要求设计人员在方案设计阶段就充分考虑施工的可操作性和后期维护的需求，确保设计的方案能够在实际施工中得到有效执行。同时，施工方也应该充分理解设计的意图和要求，严格遵守施工规范和工艺流程，确保施工质量和安全。此外，后期的维护和监测工作也十分重要，需要定期进行检查和评估，确保耗能减震装置的正常工作状态。

#### (四) 隔震设计中应注意的问题

在隔震设计中，需要考虑的问题较多，主要有以下几个方面：

(1) 隔震设计中，结构的刚度应该进行适当的调整。目前我国在进行隔震设计时，多采用弹性支座和粘滞阻尼器相结合的方法，其主要是根据建筑的实际情况来调整隔震支座和阻尼器的刚度，使其与建筑结构质量和刚度相适应。例如对新建高校学生宿舍建筑要按照不低于重点设防类的要求采取抗震设防措施，严格加强工程质量安全监管，确保符合抗震设防强制性标准。位于高烈度设防地区、地震重点监视防御区的新建高校学生宿舍建筑要采用隔震减震等技术，保证发生本区域设防烈度的地震时能够满足正常使用要求，对拟改造利用作为高校学生宿舍建筑的存量用房，要首先进行抗震等安全性鉴定，严格按照相关标准规范进行设计改造和施工，确保结构安全。

(2) 为了保证隔震效果和建筑结构的安全性，在对建筑物进行隔震设计时，隔震层应尽量布置在建筑上部结构的底部，这是因为一般建筑物都具有较大的质量和较大的阻尼比，并且其水平地震作用较大。为了避免水平地震作用对建筑物造成破坏，建筑物底部必须设置一定数量的隔震层。

(3) 在对建筑进行隔震设计时，必须确保隔震后建筑结构能够承受上部结构传来的加速度和位移。此外，对于一些特殊建筑、高层建筑等，其设计规范也有明确规定。例如高层建筑不应采用底部无阻尼或低阻尼结构。

(4) 在对建筑物进行隔震设计时，需要保证建筑结构上的各个构件之间能够有效地连接起来。具体来说就是指各结构构件之间应该具有足够的强度和刚度、能够将建筑物可靠地连接起来、能够抵抗水平方向上发生的水平力。

(5) 在对建筑物进行隔震设计时，不能将隔震层布置在基础下面，必须保证隔震层是一个可靠且牢固的结构体系。此外，建筑物中应该有足够数量和质量良好的材料作为隔震后建筑物和基

础之间的支撑和连接构件。

### 三、施工要点

隔震、减震结构施工分为基础施工和主体结构施工。基础施工主要包括：土方开挖、基础放线、垫层浇筑、钢筋绑扎、模板安装和混凝土浇筑等。主体结构施工包括：钢筋制作与安装、混凝土浇筑和养护等。隔震、减震结构的施工技术要求主要有：

(1) 根据建筑结构特点，选用适当的隔震、减震装置；(2) 隔震、减震装置安装时要注意安全，尤其是要注意吊装过程中的安全，防止意外发生；(3) 隔震、减震结构在吊装时，应保证隔震层与主体结构之间有足够的连接；(4) 隔震、减震装置安装后要进行荷载试验，确保装置安全可靠；(5) 隔震、减震结构在施工中应注意防潮，防止雨水或污水进入隔震层；(6) 隔震、减震结构在使用过程中应加强维护管理，避免变形和位移；(7) 隔震、减震结构安装时应注意保持设备和管线的正常使用。

### 四、总结

随着科技的进步和社会对建筑安全性的日益关注，隔震减震控制技术已成为现代建筑设计中的重要组成部分。通过在建筑基础、墙体、楼板和支撑等关键部位应用隔震减震技术，可以有效提高建筑结构的抗震性能，降低地震灾害对建筑的破坏程度。因此，未来建筑设计和施工中，应充分重视隔震减震技术的应用，不断完善相关技术和规范，为保障人民生命财产安全作出更大的贡献。

### 参考文献

- [1] 吴彬, 胡伟华, 阎武正. 隔震减震控制技术在建筑结构设计和施工中的应用 [J]. 四川水泥, 2023, (12):70-72.
- [2] 张鸿雅. 关于建筑隔震设计中具体实践的思考 [J]. 居舍, 2023, (33):103-106.
- [3] 吕美祥, 华稳乐, 崔广帅, 等. 谈建筑隔震支座(粘滞阻尼器)在公共建筑中的应用 [J]. 四川建材, 2023, 49(10):51-53.
- [4] 王鑫. 隔震减震控制技术在复杂高层建筑结构设计中的应用 [J]. 四川水泥, 2023, (09):128-130.
- [5] 徐开进. 简析建筑结构设计中隔震减震控制技术的应用 [J]. 大众标准化, 2023, (07):43-45.
- [6] 王钰. 隔震、减震控制技术在建筑结构设计中的运用分析 [J]. 低碳世界, 2023, 13(01):75-77.
- [7] 魏伟, 章军福, 王晖. 甲类房屋建筑隔震与消能减震施工新技术 [J]. 建筑施工, 2022, 44(11):2682-2684.
- [8] 周高照, 王洪欣, 李晓丽, 等. 工业化建筑隔震及消能减震关键技术应用简述 [J]. 住宅与房地产, 2022, (17):18-25.
- [9] 许婷婷. 隔震减震控制技术在建筑结构设计中的应用 [J]. 工程技术研究, 2021, 6(18):205-206.
- [10] 岳峭. 建筑结构设计中隔震减震控制技术的应用 [J]. 四川建材, 2020, 46(12):35-36.
- [11] 赵雪飞, 卢小玉. 浅谈建筑结构设计中“隔震减震控制技术”的应用和发展趋势 [J]. 建材与装饰, 2019, (02):127-128.