

建筑结构设计中的隔震减震措施研究

曹海通

河北建筑设计研究院有限责任公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]地震是一种突发性的自然灾害, 它的危害是巨大的, 在地震面前, 建筑工程结构的安全也是受到严重的威胁。所以, 在建筑设计的时候正确的采用一些抗震隔震方法可以缓解地震造成房屋毁坏的影响, 保护好人们的生老病死。本文从建筑结构抗设中隔震减震的研究入手, 先说明了隔震减震的重要性和必要性, 然后针对现在的建筑结构设计存在的问题如隔震支座与抗震墙互相影响、建筑朝向不合理、结构体系不合理、墙体与防震缝设置不合理等问题进行了分析, 在此基础上针对隔震层的设计, 建筑朝向的选择、消能减震的应用及试验研究和检测等方面进行了系统的论述, 希望能给提高建筑结构的抗震能力带来帮助。

[关键词]建筑结构; 隔震设计; 减震措施; 抗震性能; 结构优化

DOI: 10.64635/ja.2026.1214

中图分类号: TU352.1

文献标识码: A

Research on Seismic Isolation and Energy Dissipation Measures in Building Structural Design

Cao Haitong

Hebei Architectural Design and Research Institute Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei 050000, China

Abstract: Earthquakes are sudden natural disasters with severe destructive effects, and building structures face serious safety threats under seismic action. Therefore, the proper adoption of seismic resistance, isolation, and energy dissipation measures in architectural design can reduce earthquake-induced damage to buildings and protect people's lives and property. Starting from the study of seismic isolation and energy dissipation in building structural design, this paper first explains the importance and necessity of seismic isolation and energy dissipation measures. It then analyzes existing problems in current building structural design, such as the interaction between isolation bearings and seismic walls, unreasonable building orientation, improper structural systems, and irrational arrangement of walls and seismic joints. On this basis, the paper systematically discusses the design of isolation layers, the selection of building orientation, the application of energy dissipation and vibration reduction technologies, as well as experimental research and testing, with the aim of providing support for improving the seismic performance of building structures.

Keywords: building structure; seismic isolation design; energy dissipation measures; seismic performance; structural optimization

引言

中国幅员辽阔, 地震的发生也很频繁, 并且震源比较浅、影响区域比较大, 在世界上的地震灾害比较多。进入 21 世纪以后, 在国际国内发生的几起较大的地震对建筑造成了严重的破坏作用, 使得建筑抗震和抗灾设计越来越受重视, 成为了土木工程中的热门研究话题, 由于建筑业的发展以及人们对于建筑的安全性要求越来越高, 建筑结构的设计当中加入抗震减震的方法成为了建筑业的研

究重点。建筑隔震减震方法可以提升建筑抵抗地震危害的能力, 为保障人民群众的生命财产提供优良条件。但是, 目前隔震减震设计还存在许多需进一步完善之处, 必须不断革新设计理念及技术手段。

1 建筑结构设计应用隔震减震措施的重要性

在建筑物结构的设计中采用隔震抗震技术, 主要是为了减小地震给建筑物带来的破坏, 保障建筑物的安全, 尽量避免人员的伤亡和财产的损失; 采用隔震系统的延缓了

建筑结构的自振频率,可以大大减弱传递给上部结构的水平地震力,使得上部结构在受到地震的影响下仍然处于一个弹性变形的状态之下,国内外大量的测试与实际工程项目证明,采用隔震技术可以使建筑结构的水平地震加速度响应下降到大约为原来的 60%,有效的减少或者消除了结构以及非结构部分受到的地震破坏的程度,提高了建筑物及其中间设置物件、人的地震安全性,提高了建筑物在遭受地震后的再次使用功能。此点技术优点让隔震建筑可以快速恢复使用,对医院、消防站、数据中心等重要建筑来说是必不可少的。采用消能减震方式,利用耗能装置增大结构阻尼,不仅可以降低结构在风荷载的作用下位移量,而且对降低结构水平与垂直向地震反应也有效果。相对常规抗振措施,隔震减震措施可以使建筑物震后仍可正常使用,减轻震后修复费用,在经济及社会方面都有着重要意义。建筑向着高耸、复杂化方向发展,隔震减震技术也就更加必要了。

2 建筑结构设计中间隔震减震存在的问题

2.1 隔震减震支座会受到抗震墙的影响

在基础隔震体系里隔震支座与上部抗震墙之间的相互作用决定了隔震质量的好坏这一问题在实际工程中存在。铅芯橡胶隔震支座有着很好的竖向抗压能力但是它的抗拉能力很差,在拉应变大于 1MPa 时支座就会产生屈服而导致刚度突降支座在受拉情况下的隔震效果就很难达到要求。对于高宽比较大高的基础隔震体系来说就算支座没有产生受拉破坏但支座的竖向拉压变形也会影响上部结构的横向位移模式。研究表明隔震层转动刚度小的情况下由于受到隔震支座的转动影响所以有可能会造成结构的楼层层间转角甚至比抗震结构的响应还要大^[1]。抗侧力墙的存在使结构刚度分布发生变化,如果隔震支座设置不合理,则会出现隔震层不起隔震作用或者隔震失效的现象,导致地震力传递混乱,部分构件受力过大。

2.2 建筑物走向对抗震的影响

建筑物朝向对于地震水平运动方向的关系影响着结构的抗震性,这一点是很容易忽略却又是非常重要的一点。墙体与地震荷载方向平行的时候,墙体相当于一根钢筋混凝土的柱子,可以和柱子一起承担起抗御地震的能力;墙体方向与地震荷载方向成直角的时候,墙体则很脆弱,不能够配合柱子去分担地震荷载的作用,这个差别在强烈地震下的结果就是建筑物倒塌形式的完全不一样。921 集集

地震灾区现场勘查中可以看到,有一条小巷子两边都是差不多的房子,但是北边房子倒塌了而南边的房子没有倒塌,原因是南边这排房子中的楼梯间的隔墙以及房间分隔墙都是垂直方向放置的可以抵消掉东西方向地震力的作用,而北边房子的墙体走向是无法应对这种方向地震的影响的。这个例子很好的反映出了建筑物朝向设计同地震力方向之间有着密切的联系,在实际工作中设计师们更偏向于考虑结构本身的抗震性能,忽略了房屋的朝向与场地地震动特性相适应的问题。

2.3 建筑结构的选种产生的影响

选取什么样的建筑结构对于隔震减震的效果至关重要,不同的结构类型对于隔震减震技术的适用程度不一样。根据规定要求,采用隔震形式的设计的结构的高宽比较为理想的状态应当小于 4,并不能高于《建筑抗震设计规范》等相关规范规程中非隔震结构的规定,同时它的变形性质要尽量接近剪切变形。而对于高宽比较大的结构来说,要对其进行整体倾斜检验,避免产生支座压屈或者拉应力超过 1MPa 的情况,因为在高宽比较大时会使得倾覆力矩大幅度增加,容易造成隔震支座在强烈地震的时候产生拉坏现象从而威胁到整个建筑物的安全性。如果一个结构高宽比很大,隔震支座就很容易出现拉坏的现象,而一旦发生这样的破坏就会使隔震体系失去作用。另外,结构平面不规则以及竖向刚度突变等都会使得隔震减震的效果减弱,使结构产生扭转反应而增加构件受损的风险性。对基本周期大于 1.0s 的高层,隔震效果会有所降低,应该使用更为复杂的方法进行分析。

2.4 墙体与防震缝设计问题

墙体布置和防震缝的设计在隔震减震设计中常出现薄弱环节,这些问题常常在平时设计的时候没有引起足够的关注,墙体布局混乱,防震缝太窄,在地震当中相邻结构之间相互碰撞造成墙体裂缝或者断裂坍塌,造成严重次生灾害;为防止建筑发生震动所设计的防震缝只要留空隙而不加减振装置,在地震震动下会相互碰撞产生冲击力使结构受损严重,甚至造成防震缝两边的建筑相互破坏,过去的老校舍很多有这样的情况:教室与教室之间都是完整的隔断墙体,但是隔断墙体旁边的东西两侧只有很低的窗台,在 921 大地震中很多学校都沿着走廊的方向倒塌。墙体以及防震缝的设计不足一般很少引起重视,但却有可能会在剧烈地震时成为建筑物毁坏的起爆点^[2],合适的墙体布置应当让墙体的方向与主要地震力

的作用方向一致，在此基础之上防震缝宽度也应满足相应的规定。

表 1 建筑结构隔震减震设计的主要问题

问题类别	具体表现	产生的影响	设计关键点
隔震支座受抗震墙影响	支座与抗震墙布置不协调，刚度耦合	隔震层无法有效发挥隔震效果，地震力传递路径紊乱	优化支座布置，合理设置阻尼器，控制支座拉应力不超过 1MPa
建筑物走向对抗震影响	建筑主轴方向与地震动主要方向不一致	结构扭转效应显著，局部构件受力超限	通过场地地震危险性分析确定朝向，使墙体走向符合主要地震作用的方向
建筑结构选择不当	高宽比过大、结构体系不规则	倾覆力矩增大，隔震支座受拉风险高	控制高宽比小于 4，优先选用规则结构，进行整体倾覆验算
墙体与防震缝设计缺陷	防震缝宽度不足、墙体布置不对称	地震时相邻结构碰撞，墙体开裂或倒塌	按规范计算防震缝宽度，墙体布置宜对称均匀

3 建筑结构设计中的隔震减震措施

3.1 隔震措施

隔震设计的关键是在房屋的基础、底部或者下部构件同上部构件之间设置一个可以作为整体恢复机构的隔震层，通过橡胶隔震垫块和阻尼元件组成的隔震系统来增加整个结构体系的固有自振周期，从而降低传递给上层结构的水平地震力。隔震方式的选择要结合场地情况、结构类型以及抗震设计要求等因素综合考虑，在 I、II、III 类场地上一般采用基础隔震比较适合，在 IV 类场地上，因为软弱场地过滤掉了地震波中的高频成分，所以延长结构的周期可能会增大地震的影响，需要进一步的研究论证和审批。在实际的设计过程中要合理的选取铅芯橡胶支座、摩擦摆支座等隔震装置，并且控制好建筑结构的长宽比；保证隔震层有足够的竖向抗压强度以及横向刚度、阻尼；并且穿过隔震层的设备管道、线路也要进行柔性连接或者其他的方式来进行协调，使其可以随着隔震层发生的罕遇地震的水平位移，保障设备管线不因为隔震层的位移而产生损坏。近些年新型惯容协同隔震体系利用惯容器件特有的显性质量效益与动态负刚度性能，能够使建筑结构层间位移角与楼层绝对加速度均得到优化。

3.2 建筑走向设计

建筑设计的走向应基于抗震考虑，在建筑物主轴线方向选择合理的布置方式与场地的地震动主要方向相匹配，是增强建筑抗震性能的有效措施。设计之前进行场地地震危险性评估，了解该场地的地震动特性情况，结合评估结果对建筑的朝向进行适当的选择来使主体结构的主要抗侧力构件能够有效的应对主导方向上的地震影响。在建筑平面中应该保证结构的主要抗侧力构件的方向与地震动

的主要方向一致，尽量减少扭转不规则的情况发生以使建筑物受力清楚、传力明确。结构中含有质量分布、刚度分布及几何突变等不均匀性将会引起结构中心和刚心发生偏差，造成平扭耦合效应的发生从而破坏了结构的安全程度，在此影响下会带来较大的结构破坏风险。调整建筑物朝向以及墙身的布置可以有效地降低结构刚度偏心距，从而改善结构受扭状态进而提高整体抗御地震的能力^[3]。对已经竣工的建筑物可以通过加设耗能器，改变填充块的位置来进行优化处理，在建筑物设计初期的时候就需要由结构工程师与建筑师紧密联系在一起，把抗震的思想贯穿到建筑设计当中去。

3.3 建筑结构设计中的减震措施

隔震设计就是在建筑物中安装隔震器，在隔震器之间发生相对位移和相对速度下产生额外的耗能，从而吸收掉传给建筑物中的地震能量，使结构满足所需的抗震性能指标，隔震设计与消能减震设计相辅相成。消能减震设计适用性强，不受制于结构种类、建筑高度等等因素的影响，特别适合于高层建筑以及旧建筑的加建与改建，有很强的适应性和可控性，因此消能减震建筑设计的应用较为容易。常用的减震构件有屈曲约束支座、粘弹性阻尼器以及金属屈服型阻尼器等。屈曲约束支座既产生刚度又吸收能量适合用于框架建筑；粘弹阻尼器具有速度相关的特性所以在任一种地震荷载作用下都可以起到耗能的作用；金属阻尼器通过材料的屈服来消耗能量，性能可靠并且维修简单。而对于那些对振动敏感的建筑物以及处于强震带或者软弱基础上的特殊条件对隔震系统安全可靠的性能有了更高的要求，合理的选取相应的减震构造就变得非常关键。

表 2 隔震措施与减震措施对比

对比维度	隔震措施	减震措施
基本原理	在基础和上部结构间加设弹性层，使整个结构的动力周期增长，从而达到抑制由下往上传递地震能量的作用。	在结构中增设耗能构件，通过变形消耗地震能量，减少主体结构损伤
核心元件	橡胶隔震支座、铅芯橡胶支座、摩擦摆支座	屈曲约束支撑、粘滞阻尼器、金属屈服型阻尼器
适用场景	低多层建筑、重要公共建筑、高烈度区、高宽比小于4的结构	高层建筑、既有建筑加固、高宽比较大的结构、各类结构类型
优点	大大地减少了上部结构的地震响应，震后恢复快，水平加速度可以减少 60%	布置灵活，不改变结构体系，同时减少水平和竖向地震作用
局限性	对场地条件要求高（Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类场地），抗拔能力有限	耗能元件需定期检修，对超烈度地震可能存在失效风险

3.4 强化实验研究力度，完善检测

隔震及隔震效果是否安全可靠有效必须要经过大量的试验研究才能得出结论，还要有严格的检测手段保证工程质量，这是一切顺利实施的前提条件。隔震装置以及耗能元件的力学性能指标要经过试验确定，在工程图纸上应当标明对隔震装置以及耗能元件的性能的要求；在安装之前应按规程规定进行检验以保证其性能合格，这也是保证整个隔震减震工程质量的重要前提条件。对于橡胶支座产品而言，在安装之前应该在工程现场对所使用的不同种类、型号的产品抽取试样进行检验，采取随机抽样的方法选取检测样品，如果其中有任一抽取的产品有一个指标不符合标准规定，则认为此批产品不合格。针对金属屈服型阻尼器等等不可循环使用型耗能装置的抽样，样本量至少 2 组，抽样合格率必须达到 100%^[4]。伴随着隔震减震技术的进步和发展，振动台试验已经成为检验新式隔震减震结构是否有效的检验措施之一，通过仿真模拟地震的振动台试验来检验隔震减震结构的安全性，得到结构的运动微分方程，提出多目标的设计方案，为以后的设计、研究打下坚实的基础。在建设的过程当中，要严格把关隔震层的安装质量，在建筑投入使用后，隔震层与耗能部件应及时进行检查保养，保证隔震减震结构能够长久地发挥效能。

4 结语

建筑物抗震设计中对隔震减震技术的研究对提高建筑抗震性能、保护人们的生命财产安全意义重大。目前，隔震减震技术应用于工程建设中还存在隔震支座配合抗震墙工作的协调性差、建筑设计方向不合理、结构形式选择不当、墙体及防震缝细部处理不到位等问题，在具体的设计过程中有待进一步完善。为了解决这些问题，设计师应在隔震层布置、建筑设计方向、设置耗能减震装置、进行试验分析检验方面予以关注，从而逐步增强隔震减震设计的有效程度和准确性。今后，在新型减隔震构件的研究及设计办法成熟的情况下，建筑设计中隔震减震体系将会向着更加优良，更加耐用的方向去进步，来保证建筑物的抗震安全性。

【参考文献】

[1] 任 迁. 建筑结构设计中的隔震减震措施 [J]. 居业,2025(11):130-132.

[2] 李 敏. 建筑结构设计中的隔震减震措施 [J]. 砖瓦,2023(11):91-93.

[3] 范惠英. 建筑结构设计中的隔震减震措施分析 [J]. 中国建筑装饰装修,2025(08):91-93.

[4] 马良策. 建筑结构设计中的隔震减震措施浅析 [J]. 城市建设理论研究(电子版),2023(04):131-133.