

隔震支座对提高建筑结构抗震性能的作用研究

刘峰 石鹏 康全柱 焦靖凯

陕西冶金设计研究院有限公司

DOI:10.12238/btr.v7i4.4493

[摘要] 本文介绍了隔震支座的常见类型及其主要参数,分析了各类型隔震支座的适用范围。接着,探讨了隔震支座的布置方法,包括布置原则、不同建筑中的布置实例及其对建筑设计的影响,对比分析了布置隔震支座的建筑与常规设计建筑的抗震性能,验证了隔震支座在减小水平地震力方面的优越性,并通过实际工程案例进行了验证,分析了隔震支座应用的经济效益,探讨其对建筑造价的影响和成本效益。隔震支座在提高建筑结构抗震性能方面具有显著效果,对未来建筑设计具有重要指导意义。

[关键词] 隔震支座; 抗震性能; 布置方法

中图分类号: TU352.1+1 文献标识码: A

Research on the role of seismic isolation bearings in improving the seismic performance of building structures

Feng Liu Peng Shi Quanzhu kang Jingkai Jiao

Shaanxi Metallurgical Design and Research Institute Co., Ltd

[Abstract] This article introduces the common types and main parameters of seismic isolation bearings, and analyzes the applicable scope of each type of seismic isolation bearing. Next, the layout methods of seismic isolation bearings were discussed, including layout principles, layout examples in different buildings, and their impact on building design. The seismic performance of buildings with seismic isolation bearings was compared and analyzed with conventional design buildings, and the superiority of seismic isolation bearings in reducing horizontal seismic forces was verified. Through actual engineering cases, the economic benefits of seismic isolation bearings were analyzed, and their impact and cost-effectiveness on building costs were explored. Isolation bearings have significant effects on improving the seismic performance of building structures and have important guiding significance for future building design.

[Key words] seismic isolation bearings; Seismic performance; Layout method

引言

随着城市化进程的加快和建筑抗震性能的不断提高。作为抗震新技术,隔震支座通过在建筑物底部安装隔震装置,传统的抗震技术主要特点主要为抗,隔震技术通过隔震层发挥隔的作用,将上部结构与基础隔离,使上行部分结构的地震能量传递明显减少,从而达到减小地震的作用,并节省地上工程造价及梁柱截面。近年来,在高烈度地震区和重要建筑物中,隔震支座的应用随着科技的进步和国家政策的推动逐步增加,在提高建筑物抗震性能方面表现出了优越性。隔震支座在新颁布的《建设工程抗震管理条例》和《建筑隔震设计标准》中得到了进一步明确,并提出了应用的具体要求。这些法规的贯彻实施,夯实了法律保障和技术基础,使隔震支座技术得到了推广应用。研究和应用隔震支座,不仅可以增强房屋的抗震性,而且可以使房屋寿命延长,减少地震灾害对房屋的破坏,是抗震技术的一次重大飞跃。

1 隔震支座的类型与参数

1.1 常见的隔震支座类型

主要有以下几种隔震装置,用于提高建筑物的抗震性能,分别为天然橡胶支座中的高阻尼橡胶支座中以天然橡胶为基础的摩擦摆支座中以高阻尼橡胶为基础的隔震装置等。在这些隔震装置中,天然橡胶支座的变形能力更大一些,在地震中能够有效的减小地震力的传递;以铅芯为基础的隔震橡胶支座,在地震力作用下可以通过塑性变形来消耗地震能量;以摩擦滑动和摆动为特征的摩擦摆支座,在地震力作用下可以通过支座表面的滑动和摆动来吸收和耗散地震能量,适用于大跨度结构等。高阻尼橡胶支座,采用高阻尼的橡胶材质,具有内在的阻尼特性,能够有效的消耗地震能量,提高建筑结构的抗震能力。——高阻尼橡胶支座。

1.2 隔震支座的主要参数

隔震支座的性能主要通过其参数来体现, 这些参数包括竖向承载力、水平刚度、等效阻尼比、最大水平位移和复位能力等。竖向承载力指隔震支座在承受建筑物自重和使用荷载时的能力, 直接关系到建筑物的安全性。水平刚度是支座在地震作用下提供水平支撑的能力, 影响支座的变形和能量吸收能力。等效阻尼比是衡量隔震支座耗能能力的重要指标, 阻尼比越高, 支座的耗能能力越强, 减震效果越好。最大水平位移是支座在地震作用下能够承受的最大水平变形量, 直接关系到支座的抗震性能和建筑物的安全性。复位能力是支座在地震后恢复到初始位置的能力, 保证建筑物在地震后能够正常使用。

1.3 各类型隔震支座的适用范围

天然橡胶支座因其简单的构造和较好的性能, 广泛应用于中小型建筑和桥梁工程。铅芯橡胶支座由于其优异的耗能能力, 适用于高烈度地震区的重要建筑, 如医院、学校和政府办公楼等。摩擦摆支座因其独特的滑动和摆动特性, 适用于大跨度结构和高层建筑, 特别是在桥梁工程中应用广泛, 能够有效减小地震力对桥梁的破坏。高阻尼橡胶支座由于其高阻尼特性, 适用于各种类型的建筑结构, 特别是在需要较高阻尼比和较大变形能力的建筑中表现出色。在实际工程中, 选择合适的隔震支座类型, 需要综合考虑建筑物的功能要求、地震烈度、场地条件和经济因素, 以确保隔震设计的有效性和经济性。

1.4 甘肃省某养老服务中心项目的隔震应用

在建甘肃省某养老服务中心建设项目1#, 3#, 4#楼中, 隔震支座的应用展示了其在提高建筑抗震性能方面的显著作用。该项目1#, 3#地上7层建筑高度23.55米, 4#楼地上5层, 建筑高度22.2米, 抗震设防烈度为8度。通过在隔震层下柱墩布置隔震支座与上柱墩连接, 有效地减少了地震能量向上部结构的传递。根据检测结果, 所检框架柱和框架梁的现龄期混凝土抗压强度均达到了设计强度等级, 证明了隔震支座在实际工程中的抗震效果。此外, 隔震设计使得建筑的最大水平位移和加速度响应显著降低, 进一步提高了建筑的安全性和抗震性能。这一成功案例验证了隔震支座在提高建筑物抗震能力和延长建筑使用寿命方面的重要性。

2 隔震支座的布置方法

2.1 隔震支座的布置原则

隔震支座一般通过隔离地震波的传递, 将地震力对上部结构的影响减小, 布置在建筑物的基座或下部结构与上部结构之间。建筑的功能要求, 抗震强度, 场地条件, 经济因素等都需要在布置时综合考虑。支座布置时, 为了保证整体结构的稳定和均匀, 应合理分配支座的位置和数量。隔震支座的布置要在纵向有足够的承受力的同时, 保证上部结构在水平方向上可以自由滑动。支座间距应根据建筑物的大小、结构形式等进行优化, 避免因支座间距过大或过小而影响到隔震作用。对于不规则建筑来说, 通过精确的计算和模拟分析来确定最佳的支座布局方案, 隔震支座的布置更需要慎重。此外, 还要考虑支座的安装和维修便捷性, 确保建筑物在地震发生后能够保持长期的安全和使用性能,

对损坏的支座进行及时的检查和更换。

2.2 隔震支座在不同建筑中的布置实例

在重要建筑中, 为保证地震时上部结构能相对地基自由滑动, 减少地震力的传递, 通常在地下室顶部或第一层柱墩之间安排隔震支座。如某大型医院项目, 通过合理布局和优化设计, 在地下室顶板与上部结构之间布置了铅芯橡胶支座, 保证了建筑在地震发生时的坚固耐用。这些实例通过科学合理的布局, 展示了不同类型建筑物中隔震支座的灵活应用, 使建筑物在抗震性能和安全性方面得到显著增强。

2.3 隔震支座布置对建筑设计的影响

隔震设计对建筑的平面布局和竖向结构的要求更高, 需要在整体结构上有很好的刚度和稳定性。采用基础或下部结构布置隔震支座, 使上部结构在地震发生时相对于地基可以自由滑动, 这一设计思路一改以往抗震设计的传统思路, 在计算和分析结构方面提出了新的挑战。隔震支座的布置, 要保证支座的数量和位置能够满足建筑物的抗震需求, 需要精确的机械计算和模拟分析。在建筑功能布置上, 需考虑隔震支座对使用空间的影响, 尤其是在地下室或首层布置支座时, 要合理安排管线、设备的安装位置, 避免因支座布置而影响建筑物的使用功能, 因此, 在设计时, 应注意隔震支座的应用还对施工中需要保证支座的安装精度和质量, 避免由于安装问题而影响隔震效果的建筑施工提出了新的要求。整体而言, 隔震支座布局对建筑设计提出了更高的要求, 但能够有效增强建筑的抗震性能和使用寿命, 满足现代建筑的安全性和功能需求, 通过科学合理的设计和精细化的施工管理。

3 隔震支座对建筑结构抗震性能的影响

3.1 隔震支座对水平地震力的削减效果

隔震支座明显地减少了水平地震力的传递, 通过在建筑物基础与上部结构之间形成隔离层。传统结构在地震的作用下, 由于刚性连接, 上部结构直接承受地震波的冲击, 产生较大的横向位移, 产生内力作用。但隔震支座使上部结构与地基之间的相对运动得以实现, 通过其独特的变形和能量消耗机制, 使地震力的传递大大降低。水平刚度相对较低的隔震支座, 在吸收和耗散地震能量、减小地震力传递到上部结构的作用下, 能在地震作用下产生较大的水平变形。等效阻尼比的提高, 也让支座在减少结构震动反应的同时, 也能更有效地在地震过程中消耗能量。有研究显示, 采用隔震支座的房屋, 其水平地震力在地震作用下可降低50%以上, 使房屋的安全性、耐久性等方面都有明显的提高。隔震支座对水平地震力的消减作用, 在降低地震对建筑物内部设备和人员的影响, 增强地震灾害后的复原能力的同时, 也提高了建筑物的抗震性能。

3.2 布置隔震支座的建筑与常规设计建筑的性能对比

常规设计的建筑在地震作用下, 由于基础和上部结构的刚性连接, 地震能量直接传递至上部结构, 导致较大的水平位移和内力, 容易产生结构破坏。布置隔震支座的建筑通过在基础和上部结构之间形成隔离层, 使得上部结构与地基相对运动, 减少了

地震能量的传递,从而降低了地震力对上部结构的影响。实际工程和实验研究表明,采用隔震支座的建筑在地震作用下,其最大水平位移、加速度响应和内力反应均显著低于常规设计的建筑。隔震支座能够有效降低建筑物的振动频率,使得建筑物在地震中的振动更加柔和,减少了结构的破坏风险。此外,隔震支座还能够保护建筑物内部的非结构构件和设备,减少地震对建筑物功能和使用的影 响。通过对比分析,采用隔震支座的建筑在地震作用下表现出更好的安全性和抗震性能,具有显著的减震效果。

3.3 实际工程案例

案例: 甘肃省某养老服务中心项目

本工程养老服务中心建设项目3#楼为钢筋混凝土框架结构,地上7层,局部5层,地下为隔震层,建筑物结构长44.70m,宽10.6m,高23.40m,高宽比2.21。结构地震作用降低1度,其与竖向相关的抗震措施不降低。

大震位移不大于0.55倍支座直径和橡胶厚度3倍较小值,支座拉应力不超过1Mpa,罕遇地震下支座面压不大于25Mpa,长期荷载下的面压不大于12Mpa。

根据《建筑隔震设计标准》(GB/T51408-2021)第4.1.1-4条,抗震设防烈度7度(0.15g)、8度和9度时的长悬臂或大跨结构,以及9度时的高层建筑结构,应计算竖向地震作用;第4.3.7-1条,采用振型分解反应谱法计算竖向地震作用时,其竖向地震影响系数最大值 α_{max} 可采用本标准第4.2.1条规定的水平地震影响系数最大值的65%,但特征周期均可按设计第一组采用。

隔震层偏心率是隔震结构计算的重要指标。本项目在隔震分析时,计算了隔震层的偏心率,计算步骤如下。

$$\text{重心 } X_g = \frac{\sum N_{li} \cdot X_i}{\sum N_{li}}, Y_g = \frac{\sum N_{li} \cdot Y_i}{\sum N_{li}}$$

$$\text{刚度 } X_k = \frac{\sum K_{ey,i} \cdot X_i}{\sum K_{ey,i}}, Y_k = \frac{\sum K_{ex,i} \cdot Y_i}{\sum K_{ex,i}}$$

$$\text{偏心距 } e_x = |Y_g - Y_k|, e_y = |X_g - X_k|$$

$$\text{扭转刚度 } K_t = \sum [K_{ex,i}(Y_i - Y_k)^2 + K_{ey,i}(X_i - X_k)^2]$$

$$\text{弹力半径 } R_x = \sqrt{\frac{K_t}{\sum K_{ex,i}}}, R_y = \sqrt{\frac{K_t}{\sum K_{ey,i}}}$$

$$\text{偏心率 } \rho_x = \frac{e_y}{R_x}, \rho_y = \frac{e_x}{R_y}$$

4 结论

隔震支座是一种先进的抗震技术,其在提高建筑物抗震性能的同时,明显削减地震力对建筑物的冲击。合理布置隔震支座能够在不同类型的建筑物上有效降低水平位移和加速度响应,使建筑结构的安全性和功能的持续性得到保证。目前已有多个工程案例证明了隔震支座在实际应用中的优越性。详细数据分析也显示出了隔震支座在减震效果上的明显优势,随着技术的不断进步和应用的日益推广,隔震支座将在更多类型的建筑中发挥重要作用,使建筑物的抗震能力得到进一步提高,为减轻地震灾害带来的损失做出重要贡献。期待着未来能够在更多需要抗震保护的工程中看到隔震支座的身影。本文从总体上论述了隔震支座在建筑结构抗震设计中的应用及其重要理论和实际意义,为有效地开展抗震减灾工作提供了一定的技术依据。

[参考文献]

[1]李补栓,张坤.冷弯薄壁型钢部分包覆轻质混凝土十形柱抗震性能研究[J].西南交通大学学报,1-10[2024-07-08].

[2]程荣波,张晓玲,唐荣芳,等.建筑SMA/橡胶复合型隔震支座老化性能的研究[J].橡胶工业,2024,71(06):415-420.

[3]杨仁义.浅谈绿色建筑中建筑隔震支座的应用[J].智能建筑与智慧城市,2024,(06):110-112.

[4]李俊龙.隔震支座对某高层建筑结构抗震性能影响分析[J].智能城市,2019,5(05):52-53.

作者简介:

刘峰(1979--),男,汉族,陕西省西安市人,本科,职称:高级工程师,研究方向:工程技术。

石鹏(1977--),男,汉族,本科,高级工程师,研究方向:工业结构设计与研发。

康全柱(1982--),男,汉族,陕西省永寿县,本科,职称:高级工程师,研究方向:工程技术、工程管理、施工质量。

焦靖凯(1989--),男,汉族,陕西省延安市人,硕士,工程师,防 灾减灾工程及防护工程。