

复杂高层建筑设计中隔震减震控制技术运用分析

朱俊铨

(佛山市顺德建筑设计院股份有限公司, 广东 佛山 528300)

摘 要 为进一步提升复杂高层建筑的抗震能力, 本文提出在复杂高层建筑设计中应用隔震减震控制技术, 分析了隔震减震控制技术的分类与工作原理, 阐述了隔震减震控制技术的基本参数与设计要求, 并讨论了复杂高层建筑设计中隔震减震控制技术的应用优势, 以某市 A 建筑工程为例, 对隔震减震控制技术的具体应用进行了分析, 提出隔震层设计与隔震减震综合设计措施, 以期有效吸收并消纳地震能量、避免建筑损伤提供参考。

关键词 复杂高层建筑; 结构设计; 隔震减震控制技术

中图分类号: TU972

文献标志码: A

DOI:10.3969/j.issn.2097-3365.2025.26.021

0 引言

复杂高层建筑规模持续扩大, 传统抗震设计已无法满足高烈度区、复杂地质条件的设计需求, 其抗震安全面临严峻挑战。基于此, 可引进并应用隔震减震控制技术, 创新结构设计, 以此实现削弱地震能量传递的目的, 显著降低建筑动力响应。通过应用隔震减震控制技术可提升复杂高层建筑的防灾能力, 以避免因灾害导致的人员伤亡, 减少经济损失。当前, 隔震减震技术已成为复杂高层建筑实现韧性设计的关键路径, 其深化应用对推动建筑抗震范式转型具有重要意义。

1 隔震减震控制技术概述

城市化进程的不断加速, 推动了建筑行业的进步, 施工技术与施工工艺不断进步, 复杂高层建筑结构逐渐成为重要建设内容, 不仅可满足社会发展以及居民日常生活对于建筑资源的需求, 同时通过有效设计还可提升建筑结构的安全性。在开展复杂高层建筑结构设计的过程中, 可积极应用隔震减震控制技术。

1.1 隔震减震控制技术分类与工作原理

1.1.1 基础隔震技术

对于基础隔震技术的应用来说, 主要是在建筑物结构与地基之间增设并安装隔震装置, 通常情况下, 可增设橡胶隔震支座以及钢球隔震支座、隔震器或者阻尼器等。通过此种方式, 可分散并吸收地震能量, 具体工作原理如下所示:

$$F=C \cdot v \quad (1)$$

在公式 (1) 中, F 表示隔震支座所承受的作用力; C 表示隔震装置刚度; v 表示建筑物的相对速度。

1.1.2 附加质量隔震技术

对于建筑结构来说, 在提升其抗震能力的过程中, 附加质量隔震技术的应用具有较强的优势, 其主要是在建筑物顶部或者底部位置增设附加质量, 如钢球、液体或者钢板, 通过此种方式可改变建筑质量分布情况, 进而实现改变振动特性的目的, 且附加质量对结构质量惯性造成一定的不良影响, 进而降低建筑结构后自振频率, 最终实现削弱地震影响的目的。

1.1.3 减震技术

减震技术在实际应用的过程中, 在设计阶段对建筑结构增设剪切墙、剪力支撑等装置, 可为建筑物提供额外的阻尼以及刚度, 进而提升建筑物结构的抗震能力。在实际应用的过程中, 利用外加装置和金属材料的高阻尼特性, 进而实现控制建筑物结构与阻尼比的目的, 进而减小建筑物结构振动响应。减震技术表达如下所示:

$$F=a \cdot v+b \cdot v \cdot \dot{\quad} \quad (2)$$

在公式 (2) 中, F 表示减震装置所承受的作用力; a 表示减震装置的刚度; v 表示建筑物的相对速度; b 表示减震装置阻尼系数; $v \cdot \dot{\quad}$ 表示建筑物加速度。

1.2 隔震减震控制技术基本参数与设计要求

在复杂高层建筑设计过程中, 隔震减震控制技术的应用需根据设计要求确定基本技术设计参数, 尤其是隔震减震装置刚度以及阻尼系数, 其直接影响

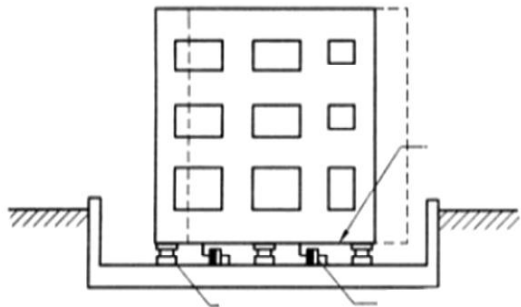
隔震减震控制技术应用效果。对于隔震减震装置刚度来说,其直接影响变形能;而对于阻尼系数来说,其直接影响地震能量的吸收与减少情况。在实际开展设计工作的过程中,需重点关注复杂高层建筑结构的安全性及稳定性,进而保证隔震减震装置应用效果,有效吸收并分散地震能量,通过此种方式可有效避免建筑结构发生破损,进一步提升建筑结构的安全性及稳定性,避免经济损失。在开展设计工作的过程中,需做好隔震减震装置选择,避免投资过度,降低建筑工程项目的经济效益。例如:某复杂高层建筑设计过程中,设计人员通过应用隔震技术,选择并安装隔震支座,同时根据本次工程项目的实际情况,制定了详细的施工安装方案。为进一步提升后期施工质量,设计人员还引进并落实虚拟现实技术,结合建筑信息模型(Building Information Modeling, BIM)技术,生成虚拟数据,确定最终技术参数,尤其是隔震支座刚度,本工程选用橡胶隔震支座,其刚度为 $2\text{e}7\text{N/m}$,其阻尼为 0.05Ns/m 。同时,为进一步提升建筑物结构的抗震性能,设计人员根据施工现场地质环境、地震动参数以及建筑物结构高度等因素,选择更为合适的附加质量^[1]。

2 复杂高层建筑设计中隔震减震控制技术优势

对于复杂高层建筑结构来说,其结构特殊性对于建筑结构的稳定性与安全性提出了更高的要求,尤其是抗震性能,积极应用隔震减震控制技术,具有较强的优势和作用。

2.1 减少结构变形

对于复杂高层建筑结构,隔震减震控制技术是重要的施工技术之一,在此项技术的支持下,可有效避免建筑物结构出现变形情况。通过积极有效地应用隔震减震控制技术,可保证整体建筑结构的稳定性与安全性,使建筑结构可有效应对地震作用,并避免在地震作用下出现变形问题。



2.2 降低经济财产损失

在地震作用的影响下,会导致建筑物结构出现破损情况,严重时会导致倒塌现象,严重影响经济效益,因此可积极应用隔震减震控制技术。在隔震减震控制技术的支持下,可抵御地震作用的影响,以实现整体性维护的目的,避免建筑物主体结构被破坏,降低后期维修方面的成本支出^[2]。同时,通过有效应用隔震减震控制技术也可避免建筑物内电气设备出现损坏,降低维修成本,保证后期正常运行。

3 复杂高层建筑设计中隔震减震控制技术应用分析

某市 A 建筑工程为高层商业综合体,整体结构模型较为复杂,通过对该区域内地震强度以及水文地质等基本信息进行分析,对抗震性能提出了更高的要求,技术人员决定应用隔震减震控制技术,具体应用如下。

3.1 隔震层设计

该工程项目在开展隔震减震设计工作过程中,由于主体建筑结构较为复杂,决定设置隔震层,是整体结构设计中最为重要的一项内容。设计人员将其设置在建筑物地层位置,具体如图 1 所示。在实际开展设计工作的过程中,设计人员需注意以下几个问题:

1. 隔震层刚度:设计人员需进行综合性考量,包括建筑物结构类型、施工现场条件以及地震动参数等,以保证刚度设计合理性,刚度需控制在 $107 \sim 109\text{N/m}$ 的范围内。

2. 隔震层阻尼:阻尼系数直接影响隔震效果,因此需做好隔震阻尼的选择与设计,并严格控制隔震阻尼系数,以此保证整体隔震效果,隔震阻尼系数需控制在 $0.01 \sim 0.1\text{Ns/m}$ 的范围内^[3]。

3.2 隔震减震综合设计

由于此工程较为复杂,且整体规模较大,因此在开展初期设计的过程中,设计人员决定采用隔震减震

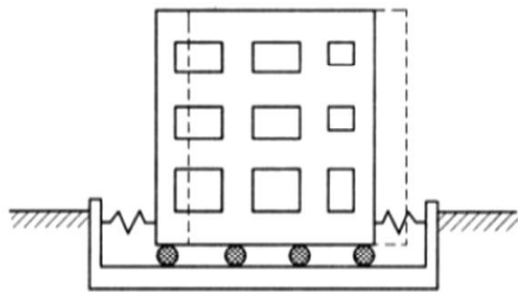


图 1 建筑物结构隔震层设计示意图

综合设计方式。该工程项目整体结构以“框架—剪力墙”结构为主，在开展设计工作的过程中需先进行防风设计，并考虑隔震减震结构情况，保证其运行与应用的舒适性、实用性。设计人员需保证隔震减震结构具有足够的屈服强刚度以及屈服承载力，符合预期设计需求^[4]。因此，在开展设计工作的过程中，设计人员需考虑抗风设施与隔震减震结构之间的关系，并保证满足下述约束条件：

$$y_w U_{wk} \leq U_{rw} \quad (3)$$

在公式（3）中， y_w 表示风荷载分项系数； U_{wk} 表

示在风荷载作用下，此工程项目建筑物结构隔震减震层水平剪力标准值； U_{rw} 表示此工程项目建筑物抗风设置水平方向承载力设计值。在公式（3）的支持下，设计人员确定最终抗风系数，并以此为基础设计建筑物隔震减震系统，确定相关技术参数。在开展主体结构隔震减震系统设计的过程中，采用组合隔震减震设计方式，并根据当前实际情况以及具体需求，确定隔震减震装置支座以及黏滞阻尼器等装置设备，确定具体支座类型、型号以及数量等。在设计过程中参考相关学者和设计人员文献提出的基数参数，具体如表 1 所示^[5]。

表 1 隔震减震支座主要参数与数量

支座类型	支座型号	竖向刚度 / (kN/mm)	屈服力 / (kN/mm)	100% 水平剪切变形等效刚度 / (kN/mm)	使用数量 / 个
铅芯橡胶支座	LRB1100	5 440	195	3. 11	124
	LRB1300	6 500	583	3. 89	42
	LRB1400	6 800	312	4. 53	78
层叠橡胶支座	LRB1100	4 800	/	1. 78	210
	LRB1300	5 600	/	2. 15	28
	LRB1400	6 800	/	2. 53	28
弹性滑板支座	ESB600	6 000	85	1. 22	16

在完成综合设计之后，需利用相关计算机技术对各项参数系数进行验证，以保证技术参数的科学性与实用性。在此阶段，设计人员需先利用相关数学公式计算安装隔震减震装置后建筑竖向地震作用标准值（具体见公式 4），并将其与设计数值进行对比，若不满足要求需及时进行调整与优化，进一步提升整体建筑物结构的抗震性能，保证用户人身财产安全，并避免经济损失^[6]。

$$F_{Evk} = s_{vmax} B_{eq} \quad (4)$$

在公式（4）中， F_{Evk} 表示安装隔震减震装置后建筑竖向地震作用标准值； s_{vmax} 表示竖向地震影响系数的最大值； B_{eq} 表示建筑结构等效总重力荷载。

4 结束语

为满足当前社会发展以及居民日常生活需求，需不断对建筑结构形式进行创新与优化。在此背景下，复杂高层建筑架构成为当前重点研究内容之一，也逐渐成为城市建设中的重要组成部分。由于复杂高层建筑结构自身的特殊性，在开展设计工作的过程中，需做好整体结构设计，尤其是抗震性能设计，可应用隔震减震控制技术，以此为基础开展隔震层设计以及综

合设计，保证建筑物抗震性能，避免结构变形，并降低经济财产损失，提升复杂高层建筑结构整体运行安全性。

参考文献：

- [1] 钟尚新, 缙泽琳. 隔震减震控制技术在建筑结构设计 and 施工中的应用 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2024(04):9-12.
- [2] 黄健. 隔震、减震控制技术在建筑结构设计中的运用 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2024(12): 79-82.
- [3] 杨斯婷. 隔震减震控制技术在建筑结构设计中的应用 [J]. 新材料·新装饰, 2025,07(01):102-105.
- [4] 郑朝曦. 隔震、减震控制技术在建筑结构设计中的运用分析 [J]. 中国科技期刊数据库 工业 A, 2024(02):37-40.
- [5] 王鑫. 隔震减震控制技术在复杂高层建筑设计中的应用 [J]. 四川水泥, 2023(09):128-130.
- [6] 许秀林. 建筑结构设计中的隔震减震控制技术分析与运用 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2025 (03):145-148.