

高层建筑结构抗震设计与优化研究

付晨涛

(启迪设计集团股份有限公司, 陕西 西安 710000)

摘要 本文回顾了高层建筑结构抗震设计的发展历程, 从早期的经验主导到现代的理论与技术创新, 强调了抗震设计在保障建筑安全中的重要性, 分析了当前抗震设计中的主要问题, 包括结构设计缺陷、选址不当和材料质量问题, 提出了强化地质勘察、合理选址、应用新型结构体系、优化材料选择、基于性能的抗震设计以及智能化监测与控制系统的應用等优化策略, 旨在对提高高层建筑结构的抗震性能有所裨益, 进而确保人民的生命财产安全, 推动建筑行业的持续发展。

关键词 高层建筑结构; 抗震设计; 选址; 建筑材料; 地质勘察

中图分类号: TU972

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.011.035

0 引言

随着城市化进程的加快, 高层建筑成为现代城市的重要标志。然而, 地震等自然灾害对高层建筑的威胁日益凸显, 使得抗震设计成为高层建筑设计中的关键环节。本文旨在探讨高层建筑结构抗震设计的发展历程、当前存在的问题以及优化策略, 以期对相关领域的研究和实践提供参考。

1 高层建筑结构抗震设计的发展历程

抗震设计在高层建筑设计中的历史发展, 经历从初步探索到理论主导, 再到综合研究的不断深化过程。早期, 抗震设计主要依赖个别成功的经验和传统的技术, 对地震工程知识的认知有限, 设计多基于试错原则, 通过观察和改进, 探索出最有效的抗震方法^[1]。20 世纪初, 随着地震工程学的发展, 开始从理论层面解释地震的机理和建筑物对地震的响应, 抗震设计开始与理论相结合, 建立了增加结构刚度、提高构件强度、应用减震隔震技术等基本概念和原则。20 世纪中叶, 地震工程学逐渐形成独立的学科, 抗震设计在理论的指导下, 通过数学模型和计算机模拟等手段, 建立更为系统和科学的抗震设计准则和规范, 实现从经验主导到理论主导的转变。进入 21 世纪, 抗震设计在高层建筑设计中的现状呈现出多元化和综合化的特点。一方面, 结构动力学和地震工程学的发展为抗震设计提供了更多新思路, 如使用地震波传播理论、结构响应谱分析方法、时程分析方法等, 以预测和评估建筑结构的地震响应。

2 高层建筑结构抗震的优化设计的重要性

在进行高层建筑设计的工作过程中, 人们会将关注点落在高层建筑设计上, 这是因为高层建筑设计

计不合格会对人们的生命财产产生威胁甚至造成直接损失。高层建筑处于比较高的位置, 一旦发生地震, 建筑物出现晃动, 不仅对建筑物内部造成极大的损失, 而且对于建筑物外部的人员也会构成非常大的威胁。所以在高层建筑设计的工作过程中, 将关注点放在抗震设计上, 才能够最大限度地保障建筑物的稳定性、可靠性、安全性, 从而保障人民的生命财产不受到影响。因此, 在进行高层建筑设计的工作过程中, 要保证其工作的严谨性和严密性, 丝毫不能够忽视问题, 设计人员在开展工作过程中, 既要保证结构的平整性, 也要使得高层建筑的结构更加的简单和规整, 并依据我国相关法律法规的明确规定, 进行高层建筑的设计工作。但是在现实开展工作过程中, 一些设计人员忽略建筑的规整性, 追求建筑的独特性, 但是这样的设计结构在物理上是得不到支撑的, 其建筑的抗震效果极差, 因此在高层建筑物的设计过程中, 一定要保证建筑物体型结构的合理性, 而且, 还需要借鉴国外先进的建筑经验, 进一步发展我国建筑事业。

3 高层建筑结构抗震设计的基本原则

3.1 延伸性设计原则

延伸性设计原则要求结构构件在吸收耗散地震能量、保护主体结构不受严重破坏的情况下, 能发生不被破坏的弹塑性变形。要达到这一目的, 就需在设计时对构件的截面尺寸、钢筋等参数进行合理的控制, 以保证在地震作用下构件的延伸性满足要求^[2]。

3.2 整体设计原则

在结构设计时要将建筑作为一个整体进行考虑, 以增强结构的整体性和稳定性。在进行结构设计时,

必须对各结构构件进行合理的布置,使各构件之间能够相互协调地发挥作用。另外,还要特别注意结构的刚度与强度的分布情况,避免因局部刚度或强度过大而导致结构在地震中受到破坏。在总体设计的基础上,还必须对地震作用的方向与大小进行充分的考虑,使结构在地震中能够保持稳定。

3.3 以性能为基础设计原则

以性能为基础的高层建筑结构抗震设计已成为新的趋势,通过充分考虑结构的非线性性能、材料性能、地震作用的不确定性等因素,从而保证结构在地震中具有良好的安全性和可靠性。同时,还需要注意结构的可维修性,以在地震后尽快恢复建筑的使用功能,通过合理的结构布局和构件设计,使结构在地震中能满足预定的抗震性能要求。

4 高层建筑结构抗震设计中存在的问题

4.1 高层建筑结构问题

首先,许多高层建筑的高度已经远超界定值,影响了建筑结构的安全。在高层建筑结构抗震设计中,仍在沿用传统设计方法,缺乏创新性,未能充分考虑地质条件、建筑形态、材料性能等多种因素,导致设计方案存在缺陷,影响了抗震性能,无法确保高层建筑在灾害中的稳定性。其次,在建筑结构设计的过程中,为了有效调节和控制柱体断面的尺寸,必须改善混凝土材料,以及选择优质的钢筋材料。然而,在实际操作中,即便选用了高强度混凝土作为建筑材料,柱体的断面尺寸却并未显现出显著变化。此外,对柱体所承受的轴向压力进行限制时,可能会使柱体陷入大偏压的受力状态,柱体处于该状态下,会影响和限制其塑形变形能力,最终导致结构整体延性不佳的问题显现。最后,在高层建筑的设计的过程中,底部柱体的设置至关重要^[3]。然而,在实际设计时,一些柱子的细长比例并未达到预定值,可能会影响建筑结构的承载能力和稳固性。且在设计过程中,未对柱体参数进行调整,这种不严谨的设计,会导致柱体抗震能力降低,无法满足既定的抗震需求,从而威胁到高层建筑的整体安全。

4.2 选址问题

高层建筑工程选址时,未能加大对地质勘察、地形勘探做工作的重视度。或者使用的勘察方法较为落后,无法全面了解区域地质、地形情况。比如,是否处于地震带、是否有不良地质,地下水位与岩土条件、地形是否开阔平坦等。出现该问题的原因可能是由于一些勘察工作者过于依赖之前的数据,而未能充分分析当前的地质条件,导致勘察报告中的参数不准确。还可能是由于

勘察难度大、勘察成本高,导致在选址阶段对地形地质的勘察投入不足。在进行选址过程中,由于没有将高层建筑工程项目的具体情况纳入考量之中,同时也没有紧密结合当地对于抗震性能的要求,因此导致所采集到的数据不全,且在真实性、准确性方面也存在不足。

4.3 建筑材料问题

在高层建筑结构的施工建设中,确保建筑安全、工程质量以及抗震性能是核心要求。为了满足上述要求,必须选择良好的建筑材料,在此基础上,对使用的建筑材料进行改良,并合理调整其性能参数,以达到最佳效果。当前,市面上的建筑材料种类繁多,且由于市场监管力度不足,市面上充斥着大量质量不一的建材产品。该情况的发生,给施工建设带来了严峻考验与挑战,尤其是在建筑材料选择和产品质量控制方面。更为严重的是,某些厂商为追求利润最大化,会采取偷工减料等不正当手段,导致建筑材料质量无法达到抗震设计的相关要求,不仅损害了消费者的权益,更对高层建筑的整体安全性和稳定性构成了严重威胁。

5 高层建筑结构抗震设计的优化策略

5.1 强化地质勘察工作

在高层建筑工程选址的初步阶段,不仅要高度重视地震烈度这一关注因素,还应当将地质勘察工作视为不可缺少的环节。深入开展地质勘察工作,全面而详尽地揭示那些对场地抗震效果产生影响的多种要素,主要包括岩体的具体结构形态、其力学特性的深入剖析、工程地质性质的综合评估,以及地下水的类型辨识与分布规律的探索。地质勘察工作并非“一蹴而就”,而是需要分阶段有序推进,每个勘察阶段都有其特定的目标和需求,必须严格遵循相关标准,对勘察工作的质量进行严密的把控,从而确保勘察过程中,采集到数据信息准确无误且全面以及最终的勘察报告准确完整^[4]。

5.2 场地选择

第一,选址的基础是地质条件。对于地震作用下不易发生地基失效或地面变形,能保证高层建筑地基稳定的地质构造,稳定、无断层穿越、无软弱土层或液化土层的场地,要优先考虑。同时,应避让或采取特殊工程措施加固存在地质灾害隐患的地区(如山体滑坡、泥石流等)。第二,高层建筑的抗震性能还受到地形地貌的影响,避开易受地震影响的山坡、河岸等易滑坡或垮塌的地段以及容易积水造成地基软化的低洼地段。地势平坦、地势较高是较理想的场地选择,能减小地震波的传播作用,减小地震对建筑物的冲击。同时,选址时一定要考虑地震活动,充分掌握建筑物

所在地区的地震历史、地震强度和地震潜在危险性，选择地震活动相对较弱、地震烈度较低的场地进行建设。第三，地下水位也是场地选择中不可忽视的一环，过高的地下水位可能导致地基土软化、承载力下降，增加建筑在地震中的倾覆风险。

5.3 新型结构体系的应用

近年来，高层建筑结构抗震设计的一大创新是以耗能减震结构体系为基础进行抗震设计。该体系是在建筑物的关键部位设置阻尼器和耗能支撑装置，以有效地吸收和分散地震能量，使结构在地震作用下的抗震能力得到增强，并对建筑主体起到保护作用，是一项具有重大实用价值的创新设计。另外，目前高层建筑结构抗震设计重点之一也是能够变形的结构体系。该体系在设计能变形的结构部件时，采用柔性连接的方式使建筑物在地震作用下能够有限度地发生形变。其是与先进的建筑技术、材料科学及信息技术等紧密结合在一起的，并不是孤立地新结构体系的应用。例如，建筑结构在地震作用下的动态响应，可以通过采用智能化的建筑监控系统和远程监控技术进行实时监控，为抗震设计和建筑施工提供数据保障^[5]。

5.4 抗震材料的优化选择

在高层建筑结构抗震设计的创新和实践中，高性能钢材成为首选材料，其具有强度高、韧性好、焊接性能好的特点。同时，高性能混凝土、自密实混凝土等新型混凝土材料也大量应用于高层建筑抗震设计，具备强度高、耐久性高、工作性能好的特点，能有效提高结构抗震性能。此外，为高层建筑结构抗震设计带来新的发展可能，还包括纤维增强复合材料、形状记忆合金等新型材料的问世。虽然高性能材料具有出色的抗震性能，但价格相对较高，因此对材料进行抗震设计时，必须兼顾材料的经济性、环保性和持续性等方面的因素。

5.5 基于性能的抗震设计

以性能为基础的抗震设计要求对建筑功能性需求的重要性等级及潜在的地震风险进行细致的考核，然后确定具体的抗震性能目标，其覆盖从结构的完整性、非结构构件的安全到人员舒适度的多个方面，保证建筑在地震作用下能够达到预先设定的性能要求，从而确保建筑在地震等灾害发生时，能够有效地抵御地震带来的破坏。以性能为基础的抗震设计为设计人员提供了发挥创造性、灵活性的空间，允许其根据建筑物的具体情况和性能目标对结构体系材料技术等进行自由选择，以达到最优的抗震性能。例如，关键结构部位可采用耗能减震装置或可变形结构体系，提高结构

的耗能能力和应变能力；非结构构件（如幕墙装饰等），在考虑其地震作用下的安全性和易修复性的同时采用可靠的连接方式和防护措施，确保其安全可靠。

5.6 智能化监测与控制系统的應用

在高层建筑结构抗震设计的创新与实践中，应用智能化监测与控制系统已成为重要亮点之一，是提高建筑抗震性和安全性的有效途径。通过集成传感器网络数据分析算法和智能控制策略等手段对建筑结构在地震作用下进行实时的监控预警和主动控制，以提供强有力的技术保障，对高层建筑的安全运行起到重要的促进作用。该系统在建筑的各个重点部位都安装了高精度的感应器如加速度计、位移计、应变计，能实时捕捉建筑结构在地震作用下的动态反应，包括结构的位移加速度、应变能力等关键参数，通过无线网络传输到中央控制室并经过先进的数据处理和分析算法对结构的抗震能力、潜在风险进行快速评估，为后续的抗震决策提供比较科学的依据。利用智能控制技术，该系统可以对建筑结构的抗震设计进行自动调整，对耗能减震装置有相应的作用并对结构的刚度分布进行相应调整，最大限度地减少由地震造成的影响。应用智能监测与控制系统，不仅能使高层建筑的抗震性能得到提高，而且还能增强其适应性与灵活性^[6]。

6 结束语

高层建筑结构抗震设计是一个复杂而系统的工程，需要综合考虑多种因素。通过回顾历史、分析现状和提出优化策略，本文强调了抗震设计在保障高层建筑安全中的重要作用。未来，随着科技的发展和理念的更新，高层建筑结构抗震设计将更加注重创新性和实用性，为建设更加安全、宜居的城市环境贡献力量。

参考文献：

- [1] 尚尉. 高层建筑设计中的抗震性能分析与优化研究[J]. 工程建设与发展, 2024, 03(05): 56-58.
- [2] 徐艳宏. 高层建筑抗震设计与结构优化研究[J]. 建筑工程技术与设计, 2023, 11(31): 43-45.
- [3] 闫景文, 闫文海. 高层建筑设计中抗震性能的优化与控制策略研究[J]. 中国房地产业, 2024(05): 182-185.
- [4] 范乔. 基于高层建筑设计中的抗震性能分析与优化研究[J]. 电脑爱好者: 电子刊, 2020(05): 307-308.
- [5] 孙杰, 王飞. 建筑工程中钢结构的抗震设计要点研究[J]. 房地产世界, 2022(22): 70-72.
- [6] 陈常清. 建筑结构抗震设计“三度八结合”教学模式研究[J]. 教育教学论坛, 2022(36): 139-143.