

高层建筑结构中核心筒与外框架协同工作性能分析

李东华

中铁三局集团有限公司桥隧工程分公司 河北邯郸

【摘要】高层建筑结构中，核心筒与外框架的协同工作性能对建筑的整体稳定性与抗震性能至关重要。本文通过有限元分析方法，研究核心筒与外框架在不同荷载工况下的受力特性与变形协调性，分析两者连接方式、刚度差异对协同工作的影响。结果表明，合理的连接设计与刚度匹配可显著提高结构的整体性能，为高层建筑设计优化提供理论依据，提升建筑的抗灾能力与使用性能。

【关键词】高层建筑；核心筒；外框架；协同工作；有限元分析

【收稿日期】2024 年 12 月 12 日

【出刊日期】2025 年 1 月 29 日

【DOI】10.12208/j.ace.202500032

Collaborative performance analysis of core cylinder and outer frame in high-rise building structure

Donghua Li

China Railway Third Bureau Group Co., Ltd. Bridge and Tunnel Engineering Branch, Handan, Hebei

【Abstract】In the high-rise building structure, the cooperative working performance of the core cylinder and the outer frame is very important to the overall stability and seismic performance of the building. In the paper, we study the core tube and the outer frame under different load conditions, and analyze the influence of the connection mode and stiffness on the cooperative work. The results show that reasonable connection design and stiffness matching can significantly improve the overall performance of the structure, provide theoretical basis for the optimization of high-rise building design, and improve the disaster resistance and performance of the building.

【Keywords】High-rise building; Core tube; Outer frame; Collaborative work; Finite element analysis

引言

随着城市化进程的加快，高层建筑不断涌现。核心筒与外框架作为高层建筑的主要结构体系，其协同工作性能直接影响建筑的安全性与经济性。核心筒通常承担大部分的侧向力，而外框架则提供竖向支撑并协助抵抗侧向力。深入研究核心筒与外框架的协同工作性能，优化其设计，对于提高高层建筑的抗震能力与使用性能具有重要意义。

1 协同工作原理

核心筒与外框架是高层建筑结构中的两个主要受力构件，它们通过楼板连接形成一个整体结构体系，共同承担建筑在使用过程中所面临的各种荷载。在水平荷载作用下，核心筒由于其较大的刚度，通常会承担大部分的侧向力，而外框架则通过与核心筒的相互作用来分担部分荷载。这种协同工作模式使

得高层建筑能够在复杂的受力环境中保持稳定^[1]。核心筒与外框架之间的变形协调性是协同工作的关键。如果两者之间的变形不协调，可能会导致结构内部出现应力集中现象，进而影响整个建筑结构的性能。研究核心筒与外框架的协同工作性能，对于提高高层建筑的抗震能力和使用性能具有重要意义。楼板的刚度、连接方式以及核心筒与外框架的刚度比等因素均会影响协同工作效果。在实际工程中，楼板的刚度不仅影响其自身的承载能力，还对核心筒与外框架之间的力传递和变形协调起着重要作用。连接方式决定了核心筒与外框架之间的相互作用方式，不同的连接方式会导致不同的协同工作效果。而核心筒与外框架的刚度比则直接影响两者在受力过程中的受力分配。

为了更好地理解核心筒与外框架的协同工作性

能,需要通过理论分析来探讨这些因素的影响机制。理论分析可以帮助我们建立核心筒与外框架协同工作的数学模型,从而更准确地描述它们之间的相互作用关系。通过对模型的分析,可以揭示楼板刚度、连接方式和刚度比等因素对协同工作性能的影响规律^[2]。当楼板刚度较大时,核心筒与外框架之间的变形协调性会更好,从而提高协同工作效果;而当连接方式为刚性连接时,核心筒与外框架之间的力传递会更加直接,但可能会导致局部应力集中。

在实际工程应用中,理论分析的结果还需要通过数值模拟进行验证和进一步的优化。数值模拟可以模拟实际工程中的各种工况,包括不同的荷载组合、结构参数变化等,从而更全面地评估核心筒与外框架的协同工作性能。通过数值模拟,可以对理论分析的结果进行验证,并根据模拟结果对结构设计进行优化。通过调整楼板的厚度和刚度,或者改变核心筒与外框架的连接方式,可以改善协同工作效果,提高结构的整体性能。数值模拟还可以为实际工程中的结构监测和维护提供参考依据,帮助工程师及时发现结构中的潜在问题,并采取相应的措施进行处理。理论分析与数值模拟相结合是研究核心筒与外框架协同工作性能的重要手段,对于提高高层建筑结构的设计水平和安全性具有重要的意义。

2 数值模拟与性能分析

在研究高层建筑结构中核心筒与外框架的协同工作性能时,采用有限元分析软件建立结构模型是一种高效且精确的方法。通过建立核心筒与外框架的详细有限元模型,可以模拟实际结构在不同工况下的受力与变形情况。具体而言,模型中施加了多种荷载工况,包括竖向荷载、水平风荷载以及地震荷载^[3]。竖向荷载主要模拟建筑自重及使用荷载对结构的影响;水平风荷载则考虑了高层建筑在强风作用下的侧向受力情况;而地震荷载则用于评估结构在地震作用下的抗震性能。通过对这些不同工况的模拟分析,能够全面了解核心筒与外框架在实际使用中的受力特性。

在有限元分析过程中,重点关注了核心筒与外框架的内力分布、变形情况以及楼板连接处的应力集中现象。内力分布分析揭示了核心筒与外框架在不同荷载作用下的受力特点,明确了各构件的受力状态。变形情况分析则通过对比不同工况下的结构

变形,评估核心筒与外框架的协同变形能力。楼板连接处的应力集中现象也是分析的重点之一^[4]。由于核心筒与外框架通过楼板连接,连接处的应力集中可能会对结构的整体性能产生不利影响。通过分析应力集中情况,可以优化连接设计,避免应力集中导致的结构破坏。

为了深入研究协同工作性能的变化规律,对比了不同连接方式(如刚性连接、弹性连接)与刚度比(核心筒刚度与外框架刚度之比)下的结构响应。结果表明,在合理的刚度比与连接方式下,核心筒与外框架能够有效地协调变形。这种协调变形能力不仅提高了结构的整体刚度,还增强了结构的承载能力。具体而言,合理的刚度比可以确保核心筒与外框架在受力时能够相互补充,避免某一构件过度受力而产生破坏。而合适的连接方式则能够更好地传递内力,减少应力集中现象。通过这些分析,为高层建筑结构的设计优化提供了重要的理论依据,有助于提高建筑的抗震性能和使用性能。

3 影响因素研究

在高层建筑结构中,核心筒与外框架的协同工作性能受到多种因素的影响,其中楼板的厚度与刚度是关键因素之一。楼板作为连接核心筒与外框架的重要构件,其刚度直接影响两者之间的变形协调性^[5]。当楼板刚度较小时,核心筒与外框架在水平荷载作用下容易出现变形不协调的现象,导致内力重分布,进而影响结构的整体性能。通过有限元分析发现,适当增加楼板厚度可以显著提高楼板的刚度,从而改善核心筒与外框架的协同工作效果。增加楼板厚度不仅可以增强楼板自身的抗弯能力,还能更好地传递核心筒与外框架之间的剪力和弯矩,使两者在受力过程中能够更加协调地变形,减少应力集中现象,提高结构的整体稳定性和抗震性能。

核心筒与外框架自身的结构参数也是影响协同工作性能的重要因素。核心筒的尺寸和形状决定了其刚度特性。较大的核心筒截面尺寸和合理的截面形状能够提高核心筒的抗侧刚度,使其在承受水平荷载时更加稳定。外框架的柱距和截面形式也会影响其刚度。较大的柱距会降低外框架的抗侧刚度,而合理的截面形式则可以提高其承载能力^[6]。核心筒与外框架的刚度比是协同工作性能的关键指标。当刚度比过大或过小时,都会导致协同工作效果不佳。

通过参数化分析,可以明确不同结构参数对协同工作性能的影响规律。适当减小核心筒的刚度或增加外框架的刚度,可以使两者刚度比更加合理,从而提高协同工作性能。

基于上述分析,本文提出了针对核心筒与外框架协同设计的优化建议。在设计过程中,应综合考虑楼板厚度、核心筒尺寸与形状、外框架柱距与截面形式等因素,通过合理调整这些参数,使核心筒与外框架的刚度比达到最佳匹配。在设计高层建筑时,可以根据建筑高度和使用功能,选择合适的核心筒尺寸和形状,并结合楼板厚度的优化设计,提高结构的整体性能。合理布置外框架柱距和选择截面形式,不仅可以提高外框架的抗侧刚度,还能改善其与核心筒的协同工作效果。这些优化设计建议为实际工程中核心筒与外框架的协同设计提供了重要的参考依据,有助于提高高层建筑结构的安全性、经济性和适用性。

4 结论与展望

在高层建筑设计中,核心筒与外框架的协同工作性能研究具有极其重要的意义。随着城市土地资源的日益紧张,高层建筑的高度不断增加,其结构体系也变得更加复杂。核心筒与外框架作为高层建筑的主要承重结构,二者之间的协同工作直接关系到建筑的整体稳定性、抗震性能以及使用功能的实现^[7]。通过有限元分析方法,可以深入研究核心筒与外框架在不同荷载工况下的受力特性、变形协调性以及内力分布规律。研究表明,连接方式、刚度比、楼板刚度等因素对协同工作性能有着显著的影响。合理的连接设计能够有效提高核心筒与外框架之间的力的传递效率,减少应力集中现象,从而提升结构的整体性能。通过优化核心筒与外框架的刚度比,可以更好地协调二者之间的变形差异,使结构在水平荷载作用下具有更好的抗侧刚度和整体稳定性。

未来的研究方向可以进一步结合实际工程监测数据,验证理论分析与数值模拟的准确性。通过在实际高层建筑中安装传感器,实时监测核心筒与外框架的受力、变形等参数,将监测数据与理论分析和数值模拟结果进行对比,可以更准确地评估协同工作性能的实际表现。这不仅可以为理论研究提供更可靠的依据,还可以为工程设计提供更准确的指导^[8]。随着新材料和新技术的不断发展,探索新型材料与

连接技术在核心筒与外框架协同工作中的应用潜力也具有重要意义。高性能混凝土、纤维增强复合材料等新型材料的应用,可以提高核心筒与外框架的刚度和强度,改善协同工作性能。而新型的连接技术,如自适应连接件、智能连接系统等,可以根据结构的受力状态自动调整连接刚度,实现更高效的协同工作。这些新材料和新技术的应用将为高层建筑设计带来更多的创新和发展机遇,推动高层建筑设计向更高性能、更安全可靠的方向发展。

5 结语

高层建筑中核心筒与外框架的协同工作性能研究为结构设计优化提供了重要理论支持。通过深入分析影响协同工作的关键因素,如连接方式、刚度比和楼板刚度等,明确了其对结构整体性能的显著影响。未来,结合实际工程监测数据验证理论分析的准确性,并探索新材料与新技术的应用,将进一步推动高层建筑设计创新发展,为建筑行业的可持续发展提供有力保障。

参考文献

- [1] 孙文玉.高层建筑深基坑支护结构设计及内力分析[J].建材发展导向,2025,23(06):16-18.
- [2] 于颖颖.BIM 可视化技术在高层住宅建筑设计中的应用[J].居舍,2025,(08):125-128+156.
- [3] 高扬.高层建筑工程中的钢筋混凝土剪力墙结构设计分析[J].中国水泥,2025,(03):76-79.
- [4] 程星.高层建筑预应力混凝土桁架转换层结构设计及施工[J].砖瓦,2025,(03):131-134.
- [5] 陆琪芳,唐俊.探究民用高层钢筋混凝土建筑设计[J].建材发展导向,2025,23(05):7-9.
- [6] 林晓宇,陈锴,陈华.70m 弧形大跨度连体高层建筑设计[J].建筑结构,2025,55(05):
- [7] 胡昌德.高层建筑设计中抗震性能优化的关键技术研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(07):86-88.
- [8] 潘迪涛.高层住宅建筑工程地下室防水结构设计与施工技术探讨[J].居舍,2025,(07):103-106.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS