型钢混凝土组合结构梁柱节点性能研究

郭东东 樊晶晶 陆 磊 杨 威 张 博
中建国际工程有限公司，浙江 湖州 313000

[摘要]随着建筑行业的快速发展，型钢混凝土组合结构因其出色的力学性能和经济效益得到广泛应用。梁柱节点作为结构的关键部位，直接影响整个结构的安全性和稳定性。因此，深入研究型钢混凝土组合结构梁柱节点的性能，对于提高建筑结构的抗震性能、优化结构设计具有重要意义。通过对梁柱节点性能的深入探究，可以为推动建筑结构工程技术的发展和创新提供有力支持，从而更好地满足社会对建筑安全和可持续发展的需求。

[关键词]型钢混凝土组合结构特点；节点性能研究；研究策略
DOI：10.33142/ec.v7i10.13730 中图分类号：TU398.7 文献标识码：A

Performance Research on Beam Column Joints in Steel Reinforced Concrete Composite Structures

GUO Dongdong, FAN Jingjing, LU Lei, YANG Wei, ZHANG Bo
China State Construction International Engineering Co., Ltd., Huzhou, Zhejiang, 313000, China

Abstract: With the rapid development of the construction industry, steel-concrete composite structures have been widely used due to their excellent mechanical properties and economic benefits. As key components of the structure, beam column nodes directly affect the safety and stability of the entire structure. Therefore, in-depth research on the performance of steel-concrete composite structure beam column joints is of great significance for improving the seismic performance of building structures and optimizing structural design. Through in-depth exploration on the performance of beam column joints, strong support can be provided for promoting the development and innovation of building structural engineering technology, thereby better meeting the needs of society for building safety and sustainable development.

Keywords: characteristics of steel-concrete composite structure; node performance research; research strategy

引言

型钢混凝土组合结构梁柱节点性能研究的主要目的是深入了解节点的受力特性、变形规律以及破坏机理，为结构的抗震设计、施工和维护提供理论依据。同时，通过对节点性能的研究，可以为结构优化设计提供指导，提高结构的安全性和经济效益。

1 型钢混凝土组合结构梁柱节点性能研究内容

本工程由地上办公楼和酒店两部分组成，其中地下建筑的主要功能为战时人防工程、酒店的后勤用房和设备用房。该工程采用型钢混凝土组合结构，具有优越的承载能力和良好的抗震性能。本文重点研究该结构中梁柱节点的性能。

1.1 节点受力特性研究

分析型钢混凝土组合结构梁柱节点是结构工程领域中的重要研究课题。通过理论分析和实验研究，我们可以深入了解这种结构在静力荷载和动力荷载作用下的受力特性。静力荷载下的受力特性包括应力分布、应力集中等现象，在实际工程中起着至关重要的作用。针对这一问题，需要考虑复杂的结构受力状态，从而得出准确的分析结果。而动力荷载下的受力特性同样值得探讨，因为在地震、风载等情况下，结构会受到不同类型的力的作用。对于这些情况，我们需要分析节点区域的变形、位移以及受力情况，以便有效地评估结构的承载能力及安全性[1]。通过深入分析和研究，我们能够揭示梁柱节点在受力过程中的内部机理，理解应力的传递与分布规律。由此得出的结论有助于指导工程实践中的设计和施工工作，提高结构在静力和动力荷载下的稳定性和安全性。这一研究对于推动结构工程领域的发展具有重要意义，也对建筑物的抗震和抗风能力提出了更高的要求。因此，我们需要以理论分析和实验研究为基础，不断探索和改进相关理论，推动该领域的前沿成果，为工程实践提供更为可靠的技术支持。

1.2 节点变形规律研究

研究节点在荷载作用下的变形规律是结构工程领域中至关重要的课题。这一研究旨在深入了解节点在承受荷载时所发生的变形特性，并包括弹性变形与塑性变形。节点的变形特性不仅与结构的整体性能密切相关，同时也直接影响着结构的安全性和可靠性。在荷载作用下，节点的变形表现为刚度、延性和耗能能力等方面的特征，需要通过理论分析和实验研究来加以探讨。弹性变形是指在节点受到轻微荷载时所表现出的可逆性变形，它是结构在正常工作状态下的一种正常响应。弹性变形的特征在于荷载去除后，结构能够完全恢复到原始状态。而塑性变形则是指在节点受到较大荷载作用时所呈现出的非可逆性变形，这种变形会引起结构的永久性变化。通过对节点弹性变形和塑性变形特性的研究，我们可以更好地理解结构在不同荷

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

载下的变形规律，从而为结构设计和改进提供科学依据。节点的刚度、延性和耗能能力是衡量其变形性能的重要指标。刚度表征了节点在承受荷载时的刚性程度，是指结构在弹性阶段内的变形能力。而延性则反映了节点在承受极限荷载时继续发挥变形能力的能力，是结构抵抗破坏的重要性能指标。耗能能力则是指节点在荷载作用下吸收能量的能力，它直接关系到结构的抗震性能。因此，对节点的刚度、延性和耗能能力进行全面研究，有助于揭示结构在荷载作用下的变形规律，为结构安全性能提升提供重要参考[2]。

1.3 节点破坏机理研究

进行实验研究以探究节点的破坏过程是为了深入了解结构在极限荷载下的响应情况以及破坏形态和破坏机制。这一研究旨在为结构的抗震设计和防灾减灾提供理论依据，从而提高结构的安全性能和可靠性。在实验研究中，通过模拟真实工程中可能面对的极端荷载情况，可以观察节点在受到严重荷载作用时的变形、破坏形态及破坏过程，从而全面掌握其破坏机制。通过对节点破坏形态的详细分析，可以了解其在不同荷载作用下的表现特点，为后续的结构设计提供重要参考[3]。

节点的破坏机制是指在承受极限荷载时结构所呈现的破坏方式和过程。通过实验观测和数据分析，可以深入了解节点在破坏过程中所表现出的变形形态、损伤范围、裂缝扩展路径等关键信息，有助于揭示其破坏机制。这一研究成果对于改进结构设计和加强防灾能力具有积极意义。基于对节点破坏过程的深入研究分析，可以为结构的抗震设计提供更为科学的理论依据。通过了解结构在极限状况下的响应特点，可以采取相应的措施来提高结构的抗震性能，从而减少地震灾害对结构的影响，为防灾减灾工作提供有力支持。

1.4 节点优化设计研究

根据对节点性能的深入研究，为了实现节点优化设计，我们可以考虑从多个方面入手。首先，在节点构造方面，可以通过采用更加精密的连接方式来提高节点的稳定性和承载能力。其次，在材料选用方面，可以选择高强度、耐腐蚀和耐磨损的先进材料，以确保节点在各种环境和负载条件下都能表现出色。此外，在施工工艺方面，采用先进的焊接技术和工艺流程，将有助于确保节点的质量和可靠性。除此之外，还可以考虑引入智能监测和控制系统，通过实时监测节点的工作状态和负荷情况，及时调整节点的工作参数，从而最大程度地发挥节点的性能和效益。另外，注重节点设计的细节和精确度也是非常重要的，比如减少节点的应力集中区域，提高节点的使用寿命和安全系数[4]。

2 型钢混凝土组合结构梁柱节点性能研究方法

2.1 文献综述

针对型钢混凝土组合结构梁柱节点性能研究的最新进展及存在的问题，我们需要通过查阅相关文献，特别关注国内外近期发表的研究成果。目前，国际上在型钢混凝土组合结构梁柱节点性能方面，已经开展了诸多深入而系统的研究，这些研究着眼于节点的受力机理、承载性能、变形性能等方面，为该领域的发展做出了重要贡献。然而，在探索梁柱节点性能时，一些问题仍然值得重视。比如，在实际工程中，节点的受力作用受到多种因素的影响，因此需要进一步研究节点的受力模式及受力性能。此外，对于节点连接的可靠性以及节点在地震等极端情况下的承载能力也需要更加深入地探讨和研究。同时，国内在这一领域的研究相对滞后，需要更多的国内研究者参与进来，充分借鉴国际先进经验，结合中国实际情况，加强该领域的研究与探索。因此，在综合了解当前国内外研究现状和发展趋势的基础上，我们可以着手深入分析，发现并解决存在的问题，为型钢混凝土组合结构梁柱节点性能研究提供更为全面和深入的指导和支持。

2.2 理论研究

对于建立节点的力学模型并进行理论分析，以推导节点的受力特性和变形规律而言，我们需要深入探究型钢混凝土组合结构节点的受力机理及其受力特性。在这一过程中，我们首先可以考虑节点内部各构件的受力情况，如型钢、混凝土等材料在节点受力作用下的应力分布以及相互作用。同时，可以基于材料力学原理和结构力学知识，建立节点的受力模型，以分析节点的受力特性和变形规律为目标展开理论推导。通过建立节点的力学模型，可以对节点内部受力情况进行定量描述，进而推导出节点在承载荷载作用下的受力特性，包括受力分布、内力大小、应力状态等[5]。此外，还可以进一步推导节点在荷载作用下的变形规律，包括节点的位移、变形形态及受力构件的变形情况等方面的分析。通过理论分析，可以揭示节点在实际工作状态下的受力特性和变形规律，为节点设计提供理论依据及指导，同时为后续的验证性试验和数值模拟提供重要参考。需要指出的是，在进行理论分析时，应考虑节点在复杂受力状态下的实际工作情况，包括考虑节点在不同工作状态下的受力性能变化，诸如正常使用状态、极限状态和破坏状态等，以全面了解节点的受力特性和变形规律。因此，通过建立节点的力学模型进行理论分析，我们可以深入研究并揭示型钢混凝土组合结构节点的受力及变形行为，为结构设计与工程实践提供深入的理论支撑和方向。

2.3 实验研究

设计并制作节点试验模型，进行静力荷载和动力荷载试验的过程需要综合考虑多方面因素，其中包括试验目的、试验方案设计、模型制作工艺及试验方案执行等内容。首先，在设计试验模型时，需明确试验的具体目的，确定需要关注的节点受力特性、变形规律和破坏过程等方面，以此为基础来选择合适的试验方案。在进行节点试验模型的设计时，需要根据试验目的和研究重点选择合适的试验方

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

案，包括确定试验的荷载方式、荷载方式下的试验参数、试验装置及检测方案等内容。对于静力荷载试验，可根据实际工况设置不同的静载荷载值和加载路径，以观察节点在静态荷载下的受力特性和变形规律。对于动力荷载试验，则需要考虑动力荷载激励方式，以及试验模型对应的振动台激励方式，从而观察节点在动力荷载下的响应特性和破坏过程。在模型制作工艺中，我们需要根据试验方案确定的节点试验模型尺寸、材料、连接方式等参数，合理选择材料并采用先进的制作工艺，保证试验模型具备真实性和可操作性，并且能够在试验过程中充分体现节点的受力特性和变形规律。同时，在试验方案执行阶段，需借助专业的试验设备和仪器，按照设计的试验方案进行静力荷载和动力荷载试验，并通过高精度的数据采集系统对试验过程中节点的受力特性、变形规律和破坏过程进行准确观测和记录[6]。

2.4 数值模拟

利用有限元软件对节点进行数值模拟是一种有效的手段，可以验证理论分析和实验结果的可靠性。在进行数值模拟时，首先需要建立节点的数学模型，包括确定节点的几何形状、材料力学参数和边界条件等。在建立模型时，需要充分考虑节点的实际工作状态及受力情况，以保证数值模拟的真实性和准确性。针对节点的数学模型，有限元软件能够通过离散化方法将连续的节点结构转化为有限个简单的单元，进而求解节点在给定加载下的受力和变形情况。通过有限元分析，可以得到节点在静力和动力荷载下的应力分布、变形特征、振动响应等关键参数，从而验证理论分析和实验结果的一致性和可靠性。在进行有限元数值模拟时，需要选择合适的数值计算方法和模拟参数，确保数值计算的稳定性和精度。同时，需要对比分析有限元模拟结果与理论分析和实验数据，并对不符合的地方进行深入分析，找出可能存在的原因并进行修正。

3 型钢混凝土组合结构梁柱节点性能研究研究策略

3.1 积极整合多学科知识

利用土木工程、力学和材料科学等多学科的知识优势，深入综合分析节点的性能是至关重要的。从全面的视角出发，我们可以结合各学科的理论和方法，挖掘节点的特性，为工程设计与实践提供更加深入和广泛的支持。通过无缝整合各个学科领域的知识，我们能够更精确地评估节点在不同条件下的行为，并为工程提供更可靠的解决方案。

3.2 紧密结合理论与实践

通过深入的理论分析和系统的实验研究，验证相关理论的正确性与适用性，并将其有机地应用于实际工程中，为工程实践提供具有指导意义的理论指导，使工程实践更加可靠和有效。

3.3 借鉴国内外成功经验，实现创新突破

汲取国内外型钢混凝土组合结构梁柱节点性能研究的成功经验，结合当下的实际情况，进行深入思考和技术创新。在借鉴的基础上，针对性地开展创新研究，为节点性能的提升与工程应用带来新的机遇与发展[7]。

3.4 构建高效团队，强化合作与分工

组建跨学科、跨领域的研发团队，明确分工，精诚合作，协同攻关。通过良好协作机制和高效分工，实现团队资源的最大化利用，推动节点性能研究的深入和工程实践的创新与应用。

4 结语

型钢混凝土组合结构梁柱节点性能研究对于提高建筑结构的抗震性能和优化结构设计具有重要意义。通过整合多学科知识、理论与实践相结合、借鉴与创新相结合以及团队合作与分工等策略，可以推动型钢混凝土组合结构梁柱节点性能研究的深入发展，为工程实践提供理论支持和技术指导。

[参考文献]

[1]田时雨.FRP-钢-混凝土组合结构新型梁柱节点力学性能与设计方法研究[D].广东:广州大学,2023.
[2]吴载平.型钢-混凝土组合结构梁柱节点位置钢筋与型钢穿插施工技术分析[J].江西建材,2023,11(10):307-309.
[3]张宁.型钢混凝土组合结构的梁柱节点施工质量控制[J].中国建筑金属结构,2022,12(12):121-123.
[4]吴保强.型钢混凝土组合结构梁柱节点抗震性能有限元分析[J].建筑科技,2022,6(4):34-38.
[5]段雷,王春瑞,李昱晓,等.型钢混凝土组合结构的梁柱节点施工质量控制[J].建筑技术,2022,53(8):1008-1010.
[6]王大伟.型钢混凝土组合结构梁柱节点性能研究[J].山西建筑,2022,48(9):57-59.
[7]刘子辉.型钢-混凝土组合梁柱节点受力性能数值分析[J].中国建材科技,2022,31(2):118-122.

作者简介：郭东东（1987.8—），毕业院校：苏州科技大学，所学专业：土木工程，职务：技术总工，职称级别：中级工程师；樊晶晶（1991.1—），毕业院校：武汉地质大学，所学专业：土木工程，职务：项目管理；陆磊（1990.10—），毕业院校：扬州大学，所学专业：建筑与土木工程，职务：项目经理，职称级别：中级工程师；杨威（1988.8—），毕业院校：华中科技大学，所学专业：土木工程，职务：高级工程主管；张博（1982.8—），毕业院校：吉林建筑工程学院，所学专业：工程管理，职务：商务经理，职称级别：中级工程师。

Copyright © 2024 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.