

装配式混凝土框架结构设计与研究

马 冀

新疆生产建设兵团建工设计研究院有限责任公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘 要：装配式混凝土框架结构以预制构件为核心，通过节点连接形成空间受力体系，具有施工周期短、质量可控等优势。本文系统阐述了其设计要点：构件设计需兼顾受力性能与标准化，节点连接需确保可靠性与延性，受力分析需结合节点刚度特性，设计需适配生产与装配环节。研究重点涵盖构件力学性能、节点连接性能、结构整体性能及设计优化方法，通过试验与数值模拟相结合的手段，揭示关键因素对结构性能的影响规律，提出优化设计参数与改进措施。研究成果为提升装配式混凝土框架结构的安全性、耐久性及经济性提供了理论依据，对推动装配式建筑技术发展具有重要意义。

关键词：装配式混凝土；框架结构；构件设计

引言：装配式建筑是建筑业转型升级的重要方向，其中装配式混凝土框架结构凭借其构件标准化、施工高效化等优势，成为研究热点。该结构体系通过预制梁、柱、楼板等构件的工厂化生产与现场装配，显著减少了湿作业，缩短了工期，同时提升了工程质量。然而，其节点连接性能、整体受力特性及设计优化方法仍是制约其广泛应用的关键问题。本文从构件设计、节点连接、受力分析、生产装配适配性等方面系统梳理设计要点，聚焦构件力学性能、节点连接性能、结构整体性能及设计优化方法的研究进展，旨在为装配式混凝土框架结构的设计与施工提供科学指导，推动其向更高性能、更经济合理的方向发展。

1 装配式混凝土框架结构体系概述

装配式混凝土框架结构以预制混凝土梁、柱为主要受力构件，搭配预制楼板、楼梯等围护与辅助构件，通过节点连接形成完整的空间受力体系，其结构体系的核心特征是构件的模块化、标准化与装配化。与现浇框架结构相比，装配式框架结构的构件在工厂完成预制，经养护达到设计强度后运输至现场，通过吊装、连接等工序完成装配，无需现场支模、绑扎钢筋、浇筑混凝土等大量湿作业，大幅缩短施工周期^[1]。

该结构体系的受力核心与现浇框架结构一致，均通过梁、柱构件的协同工作传递竖向荷载与水平荷载，竖向荷载主要由柱传递至基础，水平荷载（如风荷载、地震作用）通过梁、柱节点传递，依靠结构的整体刚度与承载力抵抗荷载作用。其体系组成需满足受力合理、装配便捷、质量可控的要求，构件的规格、尺寸需遵循标准化原则，便于工厂批量生产与现场快速装配，同时需兼顾结构的空间灵活性，满足不同使用场景的需求。

2 装配式混凝土框架结构核心设计要点

2.1 构件设计

装配式混凝土框架结构的构件设计是整个结构设计的基础，核心包括预制梁、预制柱、预制楼板等主要构件的设计，需兼顾受力性能、装配性能与经济性，同时遵循标准化设计原则，减少构件类型，提升生产与装配效率。（1）预制梁设计需根据结构受力要求，确定梁的截面尺寸、混凝土强度等级、钢筋配置，重点考虑梁的抗弯、抗剪承载力，同时预留与柱、楼板连接的接口，接口设计需保证连接的可靠性与便捷性，避免因接口尺寸偏差影响装配质量。预制柱设计需重点关注柱的抗压、抗弯、抗剪性能，尤其是柱节点区域的钢筋配置，需满足节点受力传递的要求，柱的截面形式通常采用矩形、方形，尺寸需与梁截面尺寸协同匹配，确保装配时的贴合度。（2）预制楼板设计需根据跨度、荷载大小确定楼板厚度、混凝土强度等级，常用的预制楼板类型包括预制实心板、预制空心板、预制叠合板等，其中叠合板因兼具预制构件的便捷性与现浇层的整体性，应用较为广泛。楼板设计需预留与梁、墙体的连接构造，确保楼板与主体结构的可靠连接，避免出现楼板松动、位移等问题。此外，所有预制构件均需考虑运输与吊装过程中的受力，设置合理的吊点，防止构件在运输、吊装过程中发生开裂、损坏^[2]。

2.2 节点连接设计

节点连接是装配式混凝土框架结构的核心关键，直接影响结构的整体刚度、承载力与抗震性能，其设计核心是保证节点的可靠性、延性与耗能能力，实现预制构件之间的有效传力，使整个结构形成一个整体受力体系。装配式混凝土框架结构的节点连接主要包括梁-柱节点、柱-基础节点、梁-梁节点、板-梁节点等，其中梁-柱节

点是最关键的节点类型。(1) 梁-柱节点的连接方式需兼顾受力性能与装配便捷性,常用的连接方式包括后浇混凝土连接、灌浆套筒连接、浆锚搭接连接等。后浇混凝土连接是通过在预制梁、柱节点区域预留钢筋,现场吊装就位后浇筑混凝土,使梁、柱钢筋形成整体,这种连接方式传力可靠、整体性好,但需一定的现场湿作业,需控制后浇混凝土的浇筑质量与养护效果。灌浆套筒连接是将预制梁、柱的钢筋插入灌浆套筒内,通过灌注高强度灌浆料,使钢筋与套筒形成可靠连接,这种连接方式装配效率高、传力稳定,适用于预制构件的快速连接,需严格控制套筒的加工精度、钢筋插入深度及灌浆料的强度与密实度。(2) 柱-基础节点的连接需保证柱与基础之间的可靠传力,将柱的竖向荷载与水平荷载有效传递至基础,常用的连接方式包括灌浆套筒连接、预埋螺栓连接等,连接设计需考虑基础的承载力与柱的稳定性,避免节点出现剪切破坏。板-梁节点的连接需保证楼板与梁之间的整体性,防止楼板与梁分离,常用的连接方式包括预留钢筋搭接、后浇混凝土叠合层等,确保楼板荷载能有效传递至梁构件。

2.3 结构受力分析

装配式混凝土框架结构的受力分析与现浇框架结构的核心逻辑一致,需通过荷载计算、内力分析、位移计算等环节,确保结构满足承载力、刚度、稳定性及裂缝控制要求,同时需结合装配式结构的特点,重点考虑节点连接的受力特性对整体结构的影响。(1) 荷载计算需涵盖竖向荷载(如结构自重、楼面活荷载、屋面荷载)与水平荷载(如风荷载、地震作用),根据结构的使用功能与所处环境,确定合理的荷载取值,确保荷载计算的准确性。内力分析主要通过结构力学方法(如弯矩分配法、位移法)或有限元分析方法,计算梁、柱构件及节点的内力(弯矩、剪力、轴力),根据内力分析结果优化构件截面尺寸与钢筋配置,确保构件与节点的承载力满足设计要求。(2) 位移计算需控制结构的层间位移与顶点位移,确保结构的刚度满足要求,避免因位移过大影响结构的使用功能与稳定性。同时,需考虑装配式结构节点的刚度特性,节点刚度对结构的整体刚度与内力分布影响较大,需根据节点连接方式的不同,合理取值节点刚度,确保受力分析结果的准确性^[3]。此外,还需进行裂缝控制分析,根据混凝土强度等级、钢筋配置情况,控制构件的裂缝宽度,避免裂缝过大影响结构的耐久性。

2.4 构件生产与装配的设计适配

装配式混凝土框架结构的设计需与构件生产、现场装配环节紧密适配,避免设计与施工脱节,确保结构设

计的可实施性。(1) 在构件设计阶段,需考虑工厂生产的工艺要求,构件的截面尺寸、钢筋布置需便于模具加工、混凝土浇筑与养护,避免出现复杂造型与难以施工的构造,减少生产过程中的质量隐患。(2) 需考虑现场装配的便捷性,构件的重量、尺寸需与吊装设备的能力相匹配,避免因构件过重、过大导致吊装困难;构件之间的连接接口需标准化、规范化,便于现场定位与连接,减少装配过程中的调整工作量。此外,设计过程中需考虑构件运输的要求,构件的尺寸需符合运输车辆的限制,避免因运输过程中构件碰撞、损坏影响装配质量,必要时可采用分段预制、现场拼接的方式,兼顾设计合理性 with 施工便捷性。

3 装配式混凝土框架结构相关研究重点

3.1 构件力学性能研究

在装配式混凝土框架结构的研究体系中,构件力学性能研究是保障结构安全性的基石。其研究重点主要围绕预制梁、柱、楼板等核心构件展开,深入探究这些构件的抗弯、抗剪、抗压性能,以及在长期荷载持续作用下的变形特性与耐久性表现。(1) 研究采用试验研究与数值模拟相结合的综合性方法。通过精心设计的试验,获取构件在不同工况下的实际力学数据;借助数值模拟,对混凝土强度等级、钢筋配置、构件截面形式等关键因素进行系统分析,明确各因素对构件力学性能的影响规律。在此基础上,优化构件设计参数,切实提升构件的承载能力与耐久性。(2) 考虑到预制构件在运输、吊装过程中的特殊受力状态,开展针对性的试验研究。合理确定吊点布置与运输方式,提出有效的构件抗裂、抗损坏技术措施,确保构件在生产、运输、吊装各环节的质量安全。此外,针对分段预制的构件,着重研究其拼接性能,详细分析拼接部位的力学性能,保证拼接后构件的整体受力性能严格满足设计要求。

3.2 节点连接性能研究

在装配式混凝土框架结构的研究领域中,节点连接性能研究占据着至关重要的地位,其性能优劣直接关乎整个结构的整体受力性能与抗震性能,是该领域研究的核心要点。(1) 研究主要聚焦于不同连接方式下节点的力学性能,涵盖后浇混凝土连接、灌浆套筒连接、浆锚搭接连接等多种类型。通过精心设计的试验,深入剖析节点在受力过程中的承载力、延性、耗能能力以及破坏形态等关键指标。同时,细致探究连接参数对节点性能的影响,如套筒规格、灌浆料强度、钢筋搭接长度等因素的变化会如何改变节点的力学表现。(2) 借助先进的数值模拟方法构建节点力学模型,模拟其在不同荷载作

用下的复杂受力过程,以此优化节点连接构造,提出切实可行的节点设计改进措施,进而提升节点的可靠性与延性。并且,还需关注节点在反复荷载作用下的疲劳性能,保障其在长期使用过程中具备稳定的受力性能,防止因疲劳破坏威胁结构安全^[4]。

3.3 结构整体性能研究

装配式混凝土框架结构的整体性能研究是保障其安全可靠使用的关键环节,主要围绕结构的整体刚度、承载力、稳定性以及抗震性能展开。(1)在研究过程中,综合运用试验研究与数值模拟两种手段,深入剖析结构在竖向荷载和水平荷载作用下的受力特性与变形规律。细致探讨构件选型、节点连接方式、结构布置等关键因素对整体结构性能产生的多方面影响。(2)为确保研究结果的准确性,需建立完整且精确的结构力学模型,模拟结构在不同荷载工况下的响应情况,以此验证结构设计的合理性。依据模拟结果,对结构布置方案进行优化,有效提升结构的整体性能。(3)鉴于装配式结构整体性相较于现浇结构存在一定劣势,需着重研究提升结构整体性的技术措施。通过优化节点连接设计、加强构件间的协同工作能力等方式,保证结构在荷载作用下能够形成有效的整体受力体系,防止因局部破坏而引发整体结构失效,从而保障结构的安全性与耐久性。

3.4 设计优化方法研究

装配式混凝土框架结构的设计优化研究,核心是在满足结构安全、适用要求的前提下,实现结构设计的经济性与合理性,同时提升构件生产与装配的效率。研究重点包括构件截面优化、钢筋配置优化、节点连接优化及结构布置优化等方面,通过建立优化模型,结合数值模拟与试验研究,寻找最优的设计方案。在构件截面优化方面,通过分析不同截面形式、尺寸对构件力学性能与经济性的影响,优化截面参数,在保证承载力的前提下,减少混凝土与钢筋用量,降低工程造价。在钢筋配

置优化方面,根据构件的内力分布,优化钢筋的布置方式与用量,避免钢筋浪费,同时确保钢筋的受力合理性。在节点连接优化方面,结合节点力学性能研究结果,优化节点连接构造与参数,提升节点连接的可靠性与装配便捷性。在结构布置优化方面,优化梁、柱的布置方式,合理划分结构单元,提升结构的整体刚度与稳定性,同时兼顾使用功能与装配效率^[5]。

结束语:

装配式混凝土框架结构作为现代建筑工业化的重要载体,其设计与研究需兼顾安全性、耐久性与经济性。本文从构件设计标准化、节点连接可靠性、受力分析精准性及设计施工协同性等维度,系统阐述了设计要点,并通过研究重点的剖析,揭示了构件力学性能、节点连接性能及结构整体性能的优化路径。未来研究应进一步关注新型连接技术的开发、结构整体性能的长期监测及智能化设计方法的应用,以推动装配式混凝土框架结构向更高性能、更绿色可持续发展的方向发展。同时,加强产学研合作,促进研究成果向工程实践的转化,将为我国建筑业转型升级提供有力支撑。

参考文献:

- [1]白聪敏,宋优优,肖子捷,刘峻佑.装配整体式混凝土框架结构设计方法研究[J].施工技术(中英文),2024,53(12):9-16.
- [2]徐秀凤,孔子昂,周强.干式连接装配式钢筋混凝土框架结构研究现状分析[J].四川建筑科学研究,2024,50(6):35-49+74.
- [3]万玉辉.装配式建筑框架结构钢筋混凝土桁架式叠合板施工技术研究[J].工程机械与维修,2024(6):150-152.
- [4]高羽.基于快速建造的装配式混凝土框架结构关键技术研究[J].砖瓦,2024(4):128-130.
- [5]潘菁.浅谈装配式混凝土框架结构设计要点[J].工程建设与设计,2024(11):30-32.