

预制装配式混凝土建筑框架结构的施工力学分析

张新成

中国能源建设集团天津电力建设有限公司, 天津 300000

[摘要]随着建筑行业的不断发展和对高效、可持续建筑的需求日益增长, 预制装配式混凝土建筑框架结构作为一种先进的建筑模式逐渐引起了广泛关注。其通过在工厂中预制构件并在现场进行组装, 不仅提高了建筑施工效率, 还降低了对传统建筑过程中资源的需求, 深入了解和应对其施工力学问题成为确保工程成功的关键。

[关键词]力学; 框架结构; 装配式; 混凝土; 荷载

DOI: 10.33142/sca.v6i12.10623

中图分类号: TU528.7

文献标识码: A

Construction Mechanics Analysis of Prefabricated Concrete Building Frame Structure

ZHANG Xincheng

China Energy Engineering Group Tianjin Electric Power Construction Co., Ltd., Tianjin, 300000, China

Abstract: With the continuous development of the construction industry and the increasing demand for efficient and sustainable buildings, prefabricated concrete building frame structures have gradually attracted widespread attention as an advanced building model. By prefabricating components in the factory and assembling them on site, it not only improves construction efficiency but also reduces the demand for resources in traditional building processes. A deep understanding and response to its construction mechanics issues have become the key to ensuring project success.

Keywords: mechanics; frame structure; prefabricated; concrete; load

引言

随着预制装配式混凝土建筑框架结构的崭新形式逐渐崭露头角, 其特有的构件设计、连接方式、施工过程等方面所涉及的施工力学问题变得愈发复杂。基于此, 深入理解和分析预制装配式混凝土建筑框架结构的施工力学, 对于确保其安全、高效、可持续地应用于实际建筑工程具有重要的理论和实际意义。

1 预制装配式混凝土建筑框架结构概述

1.1 预制装配式混凝土概念

装配式混凝土建筑是指以工厂化生产的钢筋混凝土预制构件为主, 通过现场装配的方式设计建造的混凝土结构类房屋建筑。一般分为全装配建筑和部分装配建筑两大类: 全装配建筑一般为低层或抗震设防要求较低的多层建筑; 部分装配建筑的主要构件一般采用预制构件, 在现场通过现浇混凝土连接, 形成装配整体式结构的建筑物。该建筑物的特点是, 施工速度快, 利于冬期施工, 生产效率高, 产品质量好, 减少了物料损耗。预制装配式混凝土的独特之处在于其通过工厂生产可以更好地控制材料的质量, 有效减少了施工现场的浪费和误差, 也具有环保的特点。

1.2 框架结构的定义和特点

框架结构是一种在建筑工程中广泛采用的结构形式, 其定义在于建筑物的骨架主要由水平和垂直的构件相互连接而成。水平构件如横梁和地板, 垂直构件如立柱和竖向梁,

共同形成了一个稳固的三维骨架。这种结构设计的关键点在于其强调了构件之间的协同作用, 通过相互之间的刚性连接形成了整体的稳定性。框架结构的特点在于其承重能力强, 能够有效分担和传递荷载, 使得建筑物能够承受各类外部力的作用。此外, 框架结构还具有好的适应性, 可以根据建筑设计的需要进行各种形式上的灵活变化, 为建筑师提供了更多的设计可能性。其在高层建筑中的广泛应用, 尤其是在抗震性能方面的优势, 使其成为现代建筑设计中的主流结构形式之一。总的来说, 框架结构以其稳定性和灵活性成为建筑领域中的重要结构模式, 为各类建筑提供了可靠的结构支撑。

1.3 预制框架结构的优势和应用领域

预制框架结构以其显著的优势在建筑领域崭露头角, 成为当代建筑工程中备受追捧的技术创新。通过在工厂中预先制造构件, 可以大大缩短施工周期, 因为构件在受控的生产环境下进行制造, 减少了施工现场的不确定性和质量波动。此外, 由于在工厂中进行生产, 预制框架结构的材料利用率更高, 减少了浪费, 符合可持续发展的理念。预制框架结构在各类建筑中应用广泛, 尤其是在住宅建设、商业建筑和公共设施等领域^[1]。此外, 预制框架结构也在一些特殊工程领域, 如高层建筑和长跨度结构中显示出卓越的性能, 为设计师提供了更多创意的施工解决方案, 预制框架结构以其独特的优势在建筑领域中广泛应用, 为建筑行业带来了新的发展方向 and 可能性。

2 施工力学基础

2.1 结构力学原理

结构力学原理是预制装配式混凝土建筑框架结构设计及施工中的基石,通过深入理解这一原理,可以更好地把握建筑物的整体稳定性和结构性能。平衡原理是结构力学的基础,要求建筑物在受到外部荷载时能够保持平衡状态,包括对水平和垂直方向上的力矩和力的平衡,确保结构在各个部位都能够稳定承受荷载,不发生倾斜或倒塌。材料在受力后会发生变形,而弹性原理考虑的是结构在荷载作用下的变形程度,以及变形后是否能够恢复到原始状态。在预制框架结构设计中,合理利用弹性原理可以更好地预测和控制结构在使用过程中的变形情况,确保其稳定性和寿命。变形原理关注结构在荷载作用下的整体形变,包括结构内部构件的伸缩、扭转等变形形式。在预制框架结构中,需要考虑构件在运输和安装过程中可能发生的变形,以及在使用阶段内的长期变形。

2.2 施工过程中的力学问题

施工过程中的力学问题是预制装配式混凝土建筑框架结构设计及实施中不可忽视的重要方面。在将预制构件从工厂运输到现场并吊装至指定位置的过程中,需要准确计算和控制吊装点的位置、吊装绳索的张力,以及对构件的支撑和固定,以确保整个过程中荷载的平衡和构件的安全运输。在实际吊装和安装过程中,需要考虑各构件之间的配合,确保其正确的位置和相互连接的准确性。同时,吊装中可能会受到风荷载等外部因素的影响,因此需要进行相应的力学分析,制定合理的吊装计划,确保各构件在吊装过程中不发生意外。各个施工阶段都可能受到不同方向和大小的荷载,因此需要进行综合的荷载分析,以及对结构变形的监测和控制。

2.3 材料力学与混凝土性能

材料力学与混凝土性能是预制装配式混凝土建筑框架结构施工中的重要因素。在预制框架结构中,常用的建筑材料包括混凝土、钢筋等,通过深入了解这些材料的物理性能、强度特性、变形行为等,可以更准确地进行结构设计和施工规划。材料的力学性能直接关系到整个结构的安全性和稳定性,因此在选择和使用建筑材料时必须充分考虑其受力性能和耐久性。混凝土是预制框架结构中主要的构造材料,其抗压强度、抗拉强度、抗弯强度等性能直接影响整个结构的承载能力和耐久性。混凝土的硬化过程、收缩性能以及与钢筋的黏结性等方面也是施工中需要考虑的重要问题。合理利用混凝土的性能特点,如控制混凝土的水灰比、采用适当的养护措施等,有助于提高混凝土的整体性能和耐久性。

3 预制装配式混凝土框架结构的构件及连接方式

3.1 主要构件的设计和特点

主要构件的设计和特点对于预制装配式混凝土建筑框架结构至关重要,直接影响着整个建筑的稳定性和承载能力,主要构件包括梁、柱、墙体等,在预制框架结构中,这些构件通常在工厂中进行精确的预制,以确保其尺寸精度和质量可控性。梁作为主要水平承载构件,其设计考虑

到受力平衡、抗弯和刚度等因素。梁的截面形状和尺寸根据建筑的荷载分布和跨度确定,以实现合理的力学性能。柱作为主要垂直承载构件,其设计需考虑整体结构的稳定性和垂直荷载传递。在预制结构中,柱的设计注重其截面形状、尺寸和连接方式。合理的截面形状和尺寸设计能够提供足够的抗压和抗弯强度,同时在连接方式上采用可靠的节点设计,确保构件之间的协同作用。墙体作为建筑的主要承重结构之一,其设计需要考虑抗侧移、承受风荷载等方面的因素。在预制装配式混凝土建筑中,墙体的设计强调其整体稳定性和抗震性能,可以有效增加结构的整体刚度和抗震能力。

3.2 连接方式的种类和选择

连接方式的种类和选择需要综合考虑结构的设计要求、材料的性质以及施工和运输的便捷性。常见的连接方式包括螺栓连接、焊接连接和粘接连接。螺栓连接是通过螺栓将构件连接在一起,具有拆卸和再利用的优势,适用于一些需要后期拆卸或调整的情况。焊接连接则通过将构件的接触面加热并融合在一起,形成坚固的连接,适用于对连接强度要求较高的情况。粘接连接则是通过特殊的胶黏剂将构件黏结在一起,其优势在于无需大量的机械固定装置,适用于一些需要减轻结构重量的情况。连接方式的选择需要充分考虑结构的特点。例如,在预制框架结构中,由于构件在工厂中预制,因此连接方式的选择往往要考虑到工厂环境下的可控性和精度。同时,连接方式还需满足建筑设计的整体要求,确保连接紧密、牢固,具备良好的抗震性和抗风性能^[2]。在预制装配式混凝土建筑框架结构中通过科学合理的连接方式,可以更好地发挥结构的整体性能,提高建筑的安全性和可持续性。

3.3 构件与连接对施工力学的影响

构件的设计直接影响到整个结构的承载能力和稳定性。构件的尺寸、形状和材料选择都需根据施工力学的原理进行精确计算和优化,以提高结构的整体性能。不同的连接方式会影响构件之间的协同作用、整体稳定性以及承载能力。例如,螺栓连接可实现构件的拆卸和重复利用,但在连接点上需要额外的空间和结构支持,这对整体结构的力学性能和稳定性提出了一定要求。而焊接连接则能够实现更为紧凑的连接,但可能会受到焊接过程中的温度变化影响,需要在设计中更为精细地考虑温度效应对结构的潜在影响。预制构件在工厂中的预制要求高精度和一致性,这对于连接方式的设计和选择提出了更高的标准。连接方式的可靠性和适用性直接关系到施工过程中的效率和安全性,例如,螺栓连接需要在现场进行调整,而焊接连接则在工厂中实现更好的精度控制。合理的构件设计和连接方式选择,可以更好地实现结构的整体协同作用,提高施工效率,确保结构在使用阶段内稳定可靠。

4 施工过程中的力学问题

4.1 起重和搬运过程中的力学分析

起重和搬运过程中的力学分析在预制装配式混凝土建筑框架结构的施工中至关重要。合理确定吊装点能够在

结构上实现平衡,避免构件在搬运过程中发生不稳定。此外,考虑到构件的几何形状和重心位置,需要确保吊装点的选择既能保证平衡又不引起构件的额外变形。在起重和搬运的过程中,通过力学分析,可以准确计算绳索受力的大小和方向,确保吊装过程中各个绳索均保持适当的张力,避免因不均匀受力导致构件倾斜或摆动。吊装设备在搬运过程中承受构件的重力荷载,力学分析要确保搬运设备具备足够的承载能力,以防止设备超载导致事故发生。在吊装和搬运的过程中,通过力学分析,可以预测和控制这些变形,采取适当的支撑和校正措施,确保构件在搬运过程中保持准确的几何形状。起重和搬运过程中的力学分析是确保预制框架结构施工安全、高效进行的重要环节。

4.2 构件吊装和安装的力学问题

构件吊装和安装的力学问题是预制装配式混凝土建筑框架结构施工中不可忽视的关键环节。吊装过程中,通过力学分析,可以准确计算吊装点的选择,确保构件在悬空状态下能够保持平衡,避免因不均匀受力导致的构件倾斜或变形。构件在吊装、移动和安装的过程中可能会受到惯性力、振动等影响,需要通过动力学分析来综合计算,以确保构件在吊装过程中不受到额外的力的干扰,保持平稳移动。构件与支座的适配性涉及到几何形状和尺寸的匹配,力学分析可以确保构件能够准确、安全地与支座连接。连接的牢固性考虑了连接点的受力情况,通过力学分析可以验证连接点是否满足设计要求,以保证整个结构在安装后能够承受各类荷载。考虑到现场实际情况,力学问题还需要考虑施工现场的环境因素,如风荷载、地基状况等。特别是在高层建筑或风险区域的安装过程中,需要进行力学分析,以确保结构的稳定性和安全性。构件吊装和安装的力学问题涵盖了多个方面,包括静力学、动力学以及现场环境的综合考虑,通过深入的力学分析,可以为施工过程提供科学依据,确保结构在吊装和安装阶段能够安全、高效地完成,为整个建筑的结构性能奠定坚实基础。

4.3 施工过程中的荷载与变形分析

施工过程中的荷载与变形分析是确保预制装配式混凝土建筑框架结构施工安全和质量的关键步骤。荷载分析涉及到施工现场在不同阶段受到的各类荷载,包括起重设备、搬运设备、施工人员等引起的垂直和水平荷载,可以确定结构在施工过程中的受力状态,为结构的安全施工提供基础。由于施工现场条件和各个施工阶段的不同,变形分析通过使用结构力学原理,预测和控制结构在施工过程中的变形,确保在合理范围内,不会导致结构的永久性损害或影响整体的施工效果。起吊和放置构件时,由于自身重量和吊装过程中的变形,构件可能会发生弯曲或变形。通过变形分析,可以预测这些变形,并在设计和施工中采取相应的支撑和调整措施,以保证构件在安装后能够满足结构设计要求。在荷载与变形分析中,同时需要考虑施工过程中可能存在的临时荷载,如施工人员的活动、临时设备的荷载等。

5 安全性和稳定性分析

5.1 结构施工中的安全性问题

安全问题的关注不仅关系到施工人员的生命安全,也直接影响整个工程的进度和质量。在起吊和搬运过程中,吊装设备的合理选择、吊装点的准确设置、吊装绳索的张力分布等都是至关重要的。通过严谨的安全性分析,可以防范因吊装不当导致的事故,确保构件安全顺利地工厂到施工现场^[3]。在构件安装阶段,需要确保搭设的支撑结构足够稳固,以防止构件在安装过程中的倾斜或坠落。在结构安装的过程中,需要密切关注施工现场的环境因素,如风力、天气等,确保在不安全的气象条件下停工,并采取适当的安全措施,以减小外界环境对施工的不利影响。

5.2 稳定性分析与设计考虑

通过深入的力学分析,需要确保在各个施工阶段,结构能够承受各类荷载并保持平衡,防止结构的倾斜、滑移或坍塌。合理的构件设计,包括梁、柱、连接等,应当能够满足不同施工阶段的力学要求,确保结构始终保持足够的刚度和稳定性。在稳定性分析和设计考虑中,还需要充分考虑结构的整体性能,确保各个部分之间的协同作用。

5.3 施工过程中的风险与防范措施

在预制装配式混凝土建筑框架结构的施工过程中,风险管理是确保施工安全和工程成功的重要考虑因素。风险分析应考虑到施工期间可能的风荷载,并在适当的情况下暂停高空作业,以减小风对结构和设备的影响。与此同时,需要在施工前进行综合的风险评估,考虑可能的施工难度、材料供应风险以及人员操作风险等,对于不同的风险,需要制定不同的防范措施。例如,通过加强施工现场的安全培训,提高工人的安全意识,降低人员操作风险。对于材料供应风险,可以建立健全的供应链管理体系,确保材料的及时供应和质量可控。

6 结语

预制装配式混凝土建筑框架结构的施工力学分析需要全面考虑设计、施工和安全等众多方面的因素。通过科学合理的应对策略,可以更为有效地迎接施工中的力学挑战,确保结构在施工过程中的安全、稳定和高效,从而为现代建筑领域的不断发展作出贡献。

[参考文献]

- [1] 吴正清. 房屋建筑装配式混凝土结构技术应用与研究[J]. 陶瓷, 2022(3): 151-153.
- [2] 王义山. 浅谈预制装配式混凝土建筑的施工技术[J]. 四川水泥, 2022(4): 105-106.
- [3] 钱凯, 何畔, 原小兰, 等. 中柱失效下预制装配式框架结构抗连续倒塌性能研究[J]. 建筑结构学报, 2022, 43(7): 131-142.

作者简介: 张新成(1989.4—), 男, 单位名称: 中国能源建设集团天津电力建设有限公司; 毕业学校和专业: 河北大学(工程力学)。