

# 建筑结构设计常见节点构造问题及优化策略研究

杨立艳\* 马晓晴

雄安新区规划设计研究院有限公司, 河北 保定 071700

[摘要]在建筑结构设计里,各构件靠节点构造连接,其为关键部位,结构整体的稳定性与安全性与之直接相关,实际工程中,连接刚度不够、构造不合理、施工误差大等常见节点问题容易使结构性能降低甚至产生安全隐患,要提高结构设计质量,需从节点受力性能、构造细节、材料选型和施工可行性等方面综合优化,合理布置节点形式、采用标准化设计、强化施工控制与检测手段,就能有效提升节点性能,保障建筑结构的可靠性与耐久性。

[关键词]建筑结构;节点构造;结构安全;构造优化;施工质量

DOI: 10.33142/ect.v4i1.18852

中图分类号: TU741

文献标识码: A

## Research on Common Node Construction Problems and Optimization Strategies in Architectural Structure Design

YANG Liyan\*, MA Xiaoqing

Xiong'an Urban Planning and Design Institute Co., Ltd., Baoding, Hebei, 071700, China

**Abstract:** In the design of building structures, each component is connected by a node structure, which is a critical part. The overall stability and safety of the structure are directly related to it. In practical engineering, common node problems such as insufficient connection stiffness, unreasonable structure, and large construction errors can easily reduce structural performance and even pose safety hazards. In order to improve the quality of structural design, it is necessary to comprehensively optimize the node stress performance, structural details, material selection, and construction feasibility. Reasonable arrangement of node forms, adoption of standardized design, and strengthening of construction control and testing methods can effectively improve node performance and ensure the reliability and durability of building structures.

**Keywords:** building structure; node construction; structural safety; construction optimization; construction quality

### 引言

现代建筑结构体系不断发展且结构安全性与耐久性要求日益提高,节点作为承载力传递与构件连接的关键环节其设计质量直接影响整体结构性能表现,但在实际工程里节点构造问题不断成为制约建筑安全和功能实现的主要因素之一,因此在建筑设计与施工领域急需解决怎样在满足结构力学需求时兼顾构造合理性和施工便捷性这一重要课题。

#### 1 建筑结构节点构造的功能与重要性

在建筑结构里,节点是力传递的枢纽且是保障结构整体协调、安全和耐久的关键环节,结构性能的提升取决于节点构造是否合理。

##### 1.1 节点在承载与传力中的核心作用

建筑结构里,梁、柱、板等不同构件相连接的关键位置即节点,也是内力传递、结构协同工作的核心点,不管是钢结构、混凝土结构还是组合结构,重要的传力任务都由节点承担,构件把外部荷载传到节点,节点再把荷载分配给其他构件,整个结构便形成闭合的受力体系,且节点的布置形式、构造方式、连接工艺对力的传递路径、结构响应特性有直接影响,若节点连接刚度不够或者构造不合理,受力就会不均,会出现应力集中、局部破坏,甚至整体失稳等

问题,节点构造要满足传力可靠、构造合理、刚度适中等基本要求,以保证结构体系在荷载作用下安全稳定运行。

##### 1.2 节点构造在结构稳定性中的地位

构件本身的强度和刚度影响结构整体稳定性且节点构造的协调性与合理性影响更大,在框架、剪力墙、框架-核心筒等结构体系里节点刚度匹配和变形协调能力对结构整体性能影响显著,地震荷载作用下节点得有良好延性和能量耗散能力否则局部薄弱会使结构整体失效,实际工程中一些节点构造细节被忽视或者连接方式选得不对容易成薄弱环节造成结构震害或者疲劳破坏,并且节点和结构变形协调性有关梁柱节点转角合不合理、剪切变形均不均衡都影响结构可变形能力和耐久性,得从结构稳定的角度重视节点设计和构造的整体协调以提高建筑物抵抗极端作用的能力。

##### 1.3 节点设计对施工质量与效率的影响

节点构造不只是设计的事,它与施工质量和效率密切相关,复杂或不标准的节点设计常使施工困难、工艺难以控制、精度无法保证,进而影响节点性能和结构安全,而简洁、标准、方便施工的节点形式能大幅提高装配精度和施工效率并减少现场返工和误差积累,在预制装配式建筑中,节点构造标准化程度对施工速度和整体质量起关键作

用,并且节点设计合理时还需考虑施工阶段受力情况,临时支撑、连接过程中的受力路径是否清晰,施工人员操作和监测是否方便等,节点设计要兼顾力学合理性和施工可行性,在设计到施工的全过程构建高效连接体系,才能使结构性能和施工质量同步提升。

## 2 常见节点构造问题类型及成因分析

建筑结构节点构造里常有不少问题,这些问题不但对结构性能有影响还可能带来安全隐患,要优化节点设计得先深入剖析问题类型和形成原因。

### 2.1 节点连接刚度不足导致受力异常

在实际工程里,节点连接刚度不足是较为常见的问题,在钢结构或者装配式结构里这一问题更为突出,若节点刚度设计不合理且连接构造存在弱点,构件就无法有效协同,荷载传递会不连续且结构变形也会失控,梁柱节点开裂、焊缝撕裂、螺栓滑移这些现象就是典型表现,地震作用时这一问题特别严重,刚度不匹配很容易产生“软层”或者“薄弱层”,从而诱发结构局部失效甚至倒塌,节点构造设计没充分考虑内力分布、连接件选型不合适、材料刚度差异大以及没准确估算施工中可能的误差,这些都是刚度不足的主要成因,设计阶段得根据实际受力情况合理选择连接形式以提升节点整体刚度和稳定性。

### 2.2 构造复杂或不合理增加施工风险

节点构造复杂、细节不合理是另一个常见问题,这会让施工难度加大甚至产生质量隐患,在多高层或者空间复杂结构里,有些设计为了结构新颖、功能多样而采用异形节点或者多维交汇节点,这增加了构造的不确定性和施工操作的复杂性,像节点处钢筋乱摆、构件交接角度特殊、焊接空间小这些情况都会影响节点成型质量,施工人员很难保证操作精度,从而容易出现钢筋错位、焊缝有缺陷、连接件安装不到位等问题,这种构造不合理往往是设计阶段没考虑施工可实施性、结构构造和施工工艺缺乏协同考虑造成的,节点设计应遵循简洁、清晰、可操作原则且构造尽量标准化以减少对人为操作的依赖,这样节点成型质量和施工效率才能提高。

### 2.3 忽视节点细部设计引发性能缺陷

节点性能出现问题的另一关键因素是细部构造设计被忽视,在结构节点里像焊缝形式、加劲肋布置、孔洞开设、螺栓预紧力这些看似微小的环节对结构的耐久性和安全性影响不小,忽略这些细节节点就容易出现裂缝、锈蚀、疲劳损伤之类的问题,好比部分钢结构节点加劲肋没合理设置局部就会屈服或者失稳,混凝土结构中钢筋锚固长度不够、锚固方式不对就会形成脆性破坏,装配式结构的连接节点防水细节没做好就有渗漏和锈蚀风险,这些问题大多是设计和施工没衔接好、细节点图纸画得不清楚、对规范理解有偏差或者无视现场实际条件等,想防止细部构造出问题关键得强化节点细节设计、把施工图表达完善好、加强现场技术交底和质量验收。

## 3 节点构造问题对结构安全性的影响

建筑结构中传递内力的关键部位是节点,结构整体的

安全性与可靠性直接取决于节点的构造质量,一旦节点出问题就很容易造成严重的结构隐患。

### 3.1 导致局部破坏与结构失衡

外荷载作用于建筑结构时各构件靠节点共同承担传力任务,若任何一个节点薄弱或失效则力的平衡状态可能被打破进而使局部结构失稳甚至遭到破坏,就像钢结构若焊缝强度不够或者节点布置不合理受力集中区域也许会产生裂纹或者撕裂造成局部断裂,混凝土结构要是节点区域配筋不合适就容易由于剪切强度不足而劈裂破坏影响框架受力体系,这种局部破坏刚开始影响范围不大,但在使用过程中随着荷载累积、疲劳作用或者环境侵蚀会快速蔓延到相邻构件发展成整体结构问题,要防止局部薄弱、维护结构平衡的基础就是确保节点构造的局部承载力与变形协调性。

### 3.2 降低抗震性能与耗能能力

建筑结构在地震作用下不但要承受巨大动力荷载,还需具备良好延性和耗能能力才能抵抗反复加载造成的破坏,节点是受力转换的关键之处且结构体系抗震表现直接取决于其构造质量,节点连接刚度不够、延性不好或者构造不规范时在地震作用下很容易出现脆性破坏,这会导致构件失效、能量耗散能力骤降,像梁柱节点若没设置足够锚固或者加劲措施,强震时就会开裂、剪切滑移或者脱扣,从而破坏结构连续性,装配式结构尤其如此,节点构造靠构件预制精度和现场安装质量,一旦处理不好抗震薄弱就更明显,优化节点构造、提高延性设计标准是增强结构抗震性能、保障人员生命安全的重要手段。

### 3.3 增加使用期结构耐久风险

节点构造有问题会影响初期结构安全且使建筑物长期使用时的耐久性存在隐患,有些节点构造细节、施工质量、使用材料存在问题就容易出现应力集中、疲劳破坏或者环境侵蚀,像节点钢材锈蚀、焊缝裂纹扩展、混凝土裂缝渗水等问题较为常见,短期内这些问题可能无法发现但时间一长节点承载能力和稳定性会不断下降且整个结构系统的服役性能也会受到影响,并且节点构造不规范会使维护更难、成本更高,像连接件需经常修、换和加强构造补强从而影响结构的经济性和可持续使用,要提升结构耐久性节点设计就要综合考虑荷载作用、环境条件、维护周期等因素并将标准化和精细化构造理念落到实处以从根本上减少使用期风险。

## 4 建筑结构节点构造的优化设计策略

节点构造存在受力异常、施工复杂、性能退化等问题,若想提升结构安全性与耐久性,关键得采取科学合理的设计策略。

### 4.1 注重节点受力路径清晰

节点构造优化得确保内力传递路径清晰且受力合理,在结构体系里各构件间的力要靠节点高效稳定地传递,若路径乱了或者刚度突变,就可能导致应力集中、局部破坏甚至结构失稳,设计时要按照节点位置、荷载特性、结构类型合理安排连接形式、连接件尺寸和构造细节,钢结构中全焊接或者高强螺栓连接能保证节点刚性和可控性,而

混凝土结构则要加强节点区配筋和剪力传递机制以使梁柱节点符合强柱弱梁、强剪弱弯这些设计原则,通过精准建模和有限元分析模拟节点受力情况能验证设计是否合理进而让节点在各种荷载工况下更稳定。

#### 4.2 推行标准化与模块化设计

建筑工业化发展有个趋势,那就是标准化、模块化的节点设计策略在提升设计效率和施工质量方面发挥着作用,常用节点构造形式能被标准化设计归纳成好些成熟模板从而方便图纸复用、施工操作和质量控制,模块化设计通过预制连接节点、统一连接件规格之类的办法让构件能在工厂预制、现场快速装配使工期明显缩短且成本也降下来了,就像装配式混凝土建筑里常用的套筒灌浆连接、钢筋端板连接都成了标准模块,其结构性能好且施工也方便,标准化和模块化设计能避免个性化构造带来的设计疏漏和施工误差还能让建筑结构实现规模化生产和智慧建造以给绿色建筑和低碳发展提供支持。

#### 4.3 强化设计与施工协同机制

节点构造的优化不单是设计工作,还得与施工阶段构建协同机制以达成从图纸到现场的无缝对接,在实际工程里,设计与施工之间存在信息断层会造成很多节点问题,如图纸表意不明、构造难以施行、施工工艺考虑不周等,方案阶段的节点设计要充分听取施工单位的意见,预先判断施工时可能的难点和风险并运用操作性强的构造方法,施工准备阶段要强化设计交底、深化施工图和应用 BIM 建模,使施工人员正确理解节点构造的意图,防止因误解或者简化操作产生质量问题,节点施工时要实施全过程质量管理和验收制度,及时发现和纠正节点成型的偏差,保证设计目标的真正达成和结构性能的全面确保。

#### 5 提升节点构造质量的技术与管理措施

建筑结构安全与耐久以节点构造质量为基础保障,需要依靠先进技术和科学管理手段共同发力才能在从设计到施工的全过程中控制节点质量。

##### 5.1 运用数字建模提升设计精度

BIM(三维建筑信息模型)、有限元分析以及三维建模技术在现代建筑结构设计里被广泛采用,这使得节点构造的设计质量和表达精度有了显著提升,《中国建筑设计信息化发展报告(2024)》表明一线城市大型公共建筑项目里大概 82% 都全面应用了 BIM,并且在设计初期,BIM 能清晰地把握节点几何关系和构件交汇形式展现出来,从而让二维图纸中的构造冲突得以减少,像 ABAQUS、ANSYS 这样的有限元分析工具,能把节点应力集中识别误差控制在 5% 以内,进而给构造细节优化提供科学依据,而三维建模技术支持施工前进行虚拟拼装,能让布筋优化率提高 15%,还能使安装空间冲突减少大概 30%,这些数字化手段提高了设计的科学性、施工的可实施性以及后期维护的精准性,推动节点构造朝着高精度和智能化方向发展。

##### 5.2 强化节点施工工艺控制

节点构造质量最终成型的关键在施工阶段,要加强工艺控制与质量保障机制。施工要严格按照施工图纸要求进行,节点的钢筋布置、焊接方式、连接件安装都要符合设计标准,要根据节点特性制定专项施工方案,明确施工顺序、操作方法和技术要求,异形或高空节点专门配置工具和操作平台才能保障施工安全和精度。施工时注重工艺过程控制,焊接要控制热输入和变形量、螺栓连接要精准施加预紧力、混凝土节点区振捣要密实且养护要到位。为保证节点成型质量,要安排专职质量检查人员对关键节点逐个验收,发现问题及时整改并闭环管理,全过程的施工工艺控制能有效减少节点缺陷率,让结构性能稳定可靠。

##### 5.3 建立全过程质量管理体系

节点构造质量的提升不能光靠单点技术改进,得建立起涵盖设计、采购、施工和验收各阶段的系统化质量管理体系才行,在设计阶段要开展节点专项评审和优化并建立设计图纸审核机制,材料采购阶段必须严格把控节点连接件、钢筋、焊材等材料的质量验收和来源管理绝不让不合格材料进入现场,施工阶段要强化技术交底和操作培训以提高施工人员对节点构造的认知水平从而减少人为操作不当引发的问题,验收阶段得制定节点专项验收标准和流程并通过无损检测、现场抽检等手段进行质量评估以保证每个节点都能达到预期性能,引入第三方质量监督机制对节点构造独立审查、风险评估也能提升全过程质量保障力度。

#### 6 结语

在建筑结构里,节点构造是最关键的连接环节,其设计与施工质量会直接影响结构的安全性、稳定性和耐久性。常见的节点问题大多因设计不合理、施工有误差以及细节把控不足而产生,若不重视,结构的整体性能将被严重削弱,而明确节点受力机制、优化构造形式、强化设计施工协同、推广标准化技术并建立全过程质量管理体系,就能有效提升节点构造水平。往后需进一步推动数字化设计和智能建造技术融合,以全面提升建筑结构安全保障能力和可持续发展水平。

#### [参考文献]

- [1]何柳辰.建筑结构设计质量评价方法的研究[D].厦门:厦门大学,2017.
  - [2]吴松霖.原竹建筑结构性节点研究及其设计表达[D].南京:南京大学,2018.
  - [3]安少杰.探析建筑结构设计中的常见问题及解决措施[J].建材与装饰,2018(44):76-77.
  - [4]侯蕾.装配式建筑结构设计关键点分析与探讨[J].建筑技术开发,2020,47(7):23-24.
- 作者简介:\*通讯作者:杨立艳(1993.11—),女,汉族,毕业院校:西安建筑科技大学,现就职单位:雄安城市规划设计研究院有限公司;马晓晴(1994.6—),女,汉族,毕业院校:西安建筑科技大学,现就职单位:雄安城市规划设计研究院有限公司。