

# 框架结构加固改造中的节点设计研究

邓小海

浙江绿建检测有限公司, 浙江 温州 325000

[摘要] 框架结构凭借施工便捷、空间布局灵活等显著优势, 在各类建筑工程领域中得到了广泛的使用, 然而, 框架结构在长期使用过程中受到多种因素的影响, 日常的负载变化, 同时伴随着建筑规范的不断更新, 框架结构逐渐暴露出一些潜在的问题, 因此需要加固改造来确保结构的安全性。节点作为框架结构的核心受力部位, 其设计的合理性对加固改造的整体效果有着直接的影响。文章研究基于框架结构节点的受力特性以及节点设计原则, 对加固改造中节点设计常见的问题进行分析, 并制定一系列优化措施, 确保框架结构加固改造中的稳定性与安全性, 以供参考。

[关键词] 框架结构; 加固改造; 节点设计; 受力特性; 优化措施

DOI: 10.33142/sca.v9i1.18939

中图分类号: TU398

文献标识码: A

## Research on Node Design in Frame Structure Reinforcement and Renovation

DENG Xiaohai

Zhejiang Green Building Testing Co., Ltd., Wenzhou, Zhejiang, 325000, China

**Abstract:** With significant advantages such as convenient construction and flexible spatial layout, frame structures have been widely used in various fields of construction engineering. However, frame structures are affected by various factors during long-term use, daily load changes, and with the continuous updating of building codes, potential problems are gradually exposed. Therefore, reinforcement and renovation are needed to ensure the safety of the structure. The rationality of node design, as the core load-bearing part of the framework structure, has a direct impact on the overall effect of reinforcement and renovation. The article studies the stress characteristics of frame structure nodes and node design principles, analyzes common problems in node design during reinforcement and renovation, and formulates a series of optimization measures to ensure stability and safety in frame structure reinforcement and renovation, for reference.

**Keywords:** framework structure; reinforcement and renovation; node design; force characteristics; optimization measures

### 引言

伴随着建筑行业的飞速发展, 部分既有框架结构建筑由于使用的年限比较长, 在人为因素以及自然环境的长期作用下, 常出现钢筋锈蚀、混凝土碳化等问题, 从而导致结构的刚度、承载能力以及耐久性大幅下降。近年来, 随着国内经济的快速增长, 人们对建筑物的使用要求也不断提高, 许多建筑物的原有面积不能满足社会发展的需要, 而现有的土地资源有限, 因此在原有的建筑物上增加层数以扩大使用面积, 使得建筑需要承受更大的负荷, 若不对结构进行加固处理, 导致结构变形过大, 对建筑的正常使用造成严重影响。结构加固改造是通过一些有效的措施, 使受损结构恢复原有的结构功能并使结构满足使用要求, 或者提高已有结构的承载力和延性性能, 以满足结构的功能改变及抗震防灾的要求。在框架结构的复杂受力体系中, 节点性能的优劣对整个结构的安全性及稳定性有着直接的影响。在正常使用及地震等极端作用下, 节点需要承担并传递柱、梁传来的弯矩、剪力, 若在节点设计的过程中存在不合理的情况则会增加框架结构坍塌风险。因此, 在框架结构改造的期间, 关注节点的合理设计, 采用合理的

加固技术, 确保节点的承载能力、刚度与延性满足要求。

### 1 框架节点的基本构造与受力特性

#### 1.1 框架节点的基本构造

框架节点主要包括梁-柱节点、柱-基础节点, 其基本构造由节点核心区、梁纵筋锚固区、柱纵筋锚固区三部分组成。节点核心区是指梁、柱交汇的核心部位, 是内力传递的关键, 其尺寸主要是由梁高、柱截面尺寸决定的, 核心区应配足箍筋来约束混凝土、承担剪力, 保证核心区不发生剪切破坏; 梁纵筋锚固区为梁纵筋伸入节点核心区部分, 并满足锚固长度要求, 保证梁纵筋能有效传递拉力及弯矩; 柱纵筋锚固区是指柱纵筋伸至节点核心区或者基础部分, 也应满足锚固长度的要求, 确保柱纵筋的传力。关于框架节点的构造设计应该严格遵循可靠、简洁、便捷等相关原则。

#### 1.2 框架节点的受力特性

框架节点在极端条件下以及正常使用的工况中, 其受力状态呈现出复杂性。在框架节点受力中, 节点核心区是最为关键的一个区域, 以剪切受力为主。梁柱为受力构件, 在承受竖向荷载的过程中会产生弯矩, 从而使节点核心区

产生水平剪力,柱传来的轴力直接作用于节点核心区,使核心区混凝土处于受压状态,二者共同作用下,核心区混凝土易产生斜裂缝,对节点的承载能力以及传递性能造成严重的影响。因此,在节点设计过程中要重点关注核心区的抗剪设计。节点的刚度及延性会影响框架结构整体性能,节点刚度不足导致框架结构变形过大,影响建筑物使用功能;节点延性不足则会造成节点在地震过程中出现脆性破坏现象,并不能吸收地震产生的能量,从而造成结构倒塌。所以,节点既要保证足够的刚度又要保证一定的延性,保证节点的良好抗震性。纵筋锚固性能是节点受力传递的关键,若锚固方式存在不合理或锚固的长度不足,导致纵筋滑移,节点无法有效传递内力。

## 2 框架结构加固改造中节点设计的核心原则与常见问题

### 2.1 节点设计的核心原则

框架结构加固改造节点设计核心原则:(1)协调性:与梁、柱加固设计协调,刚度、承载力匹配,形成协同受力体系;(2)安全性:节点承载、刚度与延性要满足使用及抗震要求,避免剪切破坏、锚固失效;(3)经济性:满足前两者前提下,简化工艺,优先选择高性价比材料与方案;(4)适用性:结合使用功能与改造需求,不影响空间与维护,施工可行,避免质量隐患;(5)抗震性:有抗震要求时,满足规范,实现抗震目标。

### 2.2 节点设计中的常见问题

框架结构加固改造节点设计常见核心误区主要有以下几点:(1)核心区抗剪不足:节点核心区以剪切受力为主,箍筋少、混凝土强度低或加固不力,会使抗剪承载力不足,易斜裂缝、剪切破坏。部分设计人员重梁柱加固,轻核心区抗剪,致节点成薄弱环节;(2)纵筋锚固不够:梁、柱纵筋锚固长度或方式不合理,纵筋会滑移、拔出,影响节点内力传递与框架承载力;(3)刚度不匹配:节点设计与梁、柱加固不协调,出现“强梁弱节点”“强柱弱节点”;(4)加固连接不牢:加固材料(钢板、碳纤维布等)与原节点连接不牢,无法有效受力,增加原节点负担,还易剥离脱落。(5)忽视施工可行:部分节点设计方案复杂,未考虑现场条件,施工难度大、质量难保障。

## 3 不同加固技术下的节点设计要点

### 3.1 黏钢加固技术下的节点设计要点

黏钢加固技术用胶黏剂将钢板贴于节点表面,形成协同受力体系,增强节点承载、刚度与延性,有施工便捷、工期短、不影响空间等优势,适用于节点核心区抗剪、纵筋锚固不足等情况。贴钢板前清理节点混凝土表面浮浆、油污、灰尘,打磨粗糙露新鲜面,提高黏结效果,选择Q235级或Q355级钢材,厚度4~10mm,宽度与节点截面匹配防突出。核心区四周贴钢板成封闭箍增抗剪;梁柱

纵筋锚固区贴纵向钢板,长度满足锚固要求。选择高强度、耐老化、黏结性能好的结构胶,黏结强度高于混凝土抗拉强度。涂抹均匀,厚度控制2~3mm。老化、破损的混凝土面层先进行修补,保证节点表面平整、坚实;为了加强钢板的锚固效果,防止钢板受力过程中的剥离、滑移,在钢板端部设置锚固螺栓或者附加钢板,锚固螺栓的数量及大小根据钢板尺寸以及受力情况而定,附加钢板长度不小于钢板宽度的两倍。保证锚固可靠。

### 3.2 碳纤维加固技术下的节点设计要点

碳纤维加固法是采用胶黏剂将碳纤维布黏贴于节点表面,依靠碳纤维布强度高、弹性模量高等特性提高节点的抗剪承载力、延性和耐久性,具有重量轻、耐腐蚀、施工方便等特点,在节点核心区抗剪加固、纵筋锚固加固方面有较好的应用效果,特别适用于空间有限、腐蚀环境中的节点加固。碳纤维布宜采用高强型碳纤维布,抗拉强度不小于3000MPa,弹性模量与混凝土弹性模量相适应。布置时,节点核心区应采用环形或U形碳纤维布缠绕,缠绕层数根据抗剪需求确定,每层碳纤维布的搭接长度应不小于100mm,确保受力连续。梁、柱纵筋锚固区可采用纵向碳纤维布黏贴,碳纤维加固也应选用高强度结构胶黏剂,确保碳纤维布与混凝土节点表面牢固连接。黏贴碳纤维布前,需对节点混凝土表面进行清理、打磨,去除浮浆、油污,修补裂缝。混凝土强度等级过低时,先加固节点混凝土提高强度,再贴碳纤维布。

### 3.3 增大截面加固技术下的节点设计要点

增大截面加固技术是通过增加节点核心区的截面尺寸、配置额外的钢筋,提升节点承载、刚度与抗剪能力,适用于节点核心区混凝土强度过低、节点尺寸过小等情况。节点核心区的新增截面尺寸应根据加固需求、梁柱截面尺寸确定,新增截面厚度一般为50~100mm,要满足抗剪抗弯要求,且与梁柱新增尺寸协调,避免尺寸突变影响内力传递。增加钢筋包括箍筋及纵筋,箍筋宜为封闭箍,并设置在节点核心区,箍筋间距不宜大于150mm,直径不应小于8mm,以起到有效地约束混凝土、抵抗剪力的作用;纵筋需与梁、柱新增纵筋连接,形成共同受力,纵筋数量及尺寸依据节点受力确定,保证其能满足抗弯、抗拉要求。增大截面加固中,新旧混凝土的连接质量是关键,应该保证新旧混凝土能够很好地结合在一起,共同工作。在进行新混凝土浇筑之前,应对原构件节点混凝土表面凿毛,并露出粗骨料,涂刷界面剂,其黏结效果好,能够提高新旧混凝土之间的黏结强度;另外,新增加的混凝土采用高强度等级混凝土,其强度等级要比原混凝土强度等级高一级以上,保证混凝土的强度及耐久性。

以下对不同加固技术节点设计核心要点进行了分析对比,见表1。

表 1 不同加固技术节点设计核心要点对比表

加固技术类型	核心设计要点	适用场景	优势
黏钢加固	(1) 钢板选型与封闭布置; (2) 高强度胶黏剂选用; (3) 节点表面清理; (4) 端部锚固措施	节点核心区抗剪不足、纵筋锚固不足	施工便捷、工期短、不影响使用空间
碳纤维加固	(1) 碳纤维布选型与缠绕布置; (2) 粘黏剂选用; (3) 节点表面处理; (4) 防火防护措施	空间受限、腐蚀性环境、抗剪与锚固加固	自重轻、耐腐蚀、施工便捷
增大截面加固	(1) 新增截面尺寸确定; (2) 新增钢筋配置; (3) 新旧混凝土连接; (4) 混凝土养护	混凝土强度过低、抗剪严重不足、节点尺寸过小	承载能力提升显著、刚度大

## 4 框架结构加固改造中节点设计的优化措施

### 4.1 优化节点核心区抗剪设计

在节点设计中,节点核心区抗剪设计对保障框架整体安全性与稳定性起着关键性的作用,因此以节点的具体受力状况为依据,对核心区箍筋的直径、配置数量以及间距进行明确,通过减小箍筋间距、加密箍筋等形式,提高核心区的抗剪能力。除此之外,通过采用表面处理、灌浆加固增强混凝土强度。此外,在高层建筑的框架结构中采用合理的加固技术,提高节点的抗剪性能。

### 4.2 优化纵筋锚固设计

严格遵循现行的规范要求,对梁、柱纵筋伸入节点核心区的锚固长度进行明确,确保锚固的长度能够满足节点在各种工况下的受力需求。当遇到锚固长度不足的节点时,为了可以增强锚固效果,可根据实际情况采用机械锚固、弯折锚固等形式。纵筋锚固区增设附加钢筋或钢板增强纵筋锚固区的性能,对于已经锈蚀老化的纵筋,进行全面的除锈处理。

### 4.3 优化节点与梁、柱的协调性设计

通过优化节点与梁、柱的协调性设计,可以有效避免不匹配情况的出现。在开展设计工作时以梁、柱的加固方案为依据,对节点的加固方式进行明确,确保节点与梁、柱在刚度和承载能力方面实现良好匹配。此外,通过钢筋配置和加固技术选用避免出现“强梁弱节点”“强柱弱节点”的情况。

### 4.4 优化加固材料与原有结构的连接设计

加固材料与原有结构的连接质量,直接影响加固效果,选用合适的胶黏剂与连接方式,确保加固材料与原有节点结构牢固连接,黏钢加固中,胶黏剂涂抹应均匀、饱满,避免空鼓;碳纤维加固中,需确保碳纤维布与混凝土表面紧密贴合;加强节点表面处理,彻底清理节点表面的油污、浮浆、灰尘,及时修补已经破损、老化的表面,以进一步增强连接面的黏结强度。

### 4.5 优化节点抗震设计

对于有抗震要求的框架结构,需进一步优化节点抗震设计,通过配置加密箍筋、采用延性较好的加固材料,增强节点的耗能能力,避免节点发生脆性破坏;严格按照现行抗震规范要求,确定节点的加固参数,确保节点的抗震性能满足规范要求,实现“小震不坏、中震可修、大震不倒”的抗震目标。优化节点的受力传递路径,减少应力集中,确保节点在地震作用下能够有效传递内力,吸收地震

能量。

## 5 结论与展望

节点作为框架结构的核心受力部位,当前节点设计中存在核心区抗剪不足、纵筋锚固长度不足、节点与梁柱刚度不匹配、加固材料连接不牢固、施工可行性差等常见问题,根据节点的实际情况,选用合适的加固技术,严格遵循相应的设计要点,确保加固效果。通过优化节点核心区抗剪设计、纵筋锚固设计、节点与梁柱协调性设计、加固材料连接设计、施工可行性设计、节点抗震设计,可有效解决节点设计中的常见问题,提升节点的承载能力、刚度与延性,确保框架结构加固改造后的安全性与适用性。未来,节点设计可进一步结合新型加固材料(如高性能复合材料)与新型施工技术,简化施工工艺、提高加固效果、降低工程造价,试验中没有考虑实际工程施工因素,如清孔是否彻底、焊接钢筋高温作业等对植筋性能的影响,有待进一步研究。

### [参考文献]

- [1]GB/T50017—2003,钢结构设计规范[S].
  - [2]GB50011—2010,建筑抗震设计规范[S].
  - [3]GB50367—2013,混凝土结构加固设计规范[S].
  - [4]曹双寅,邱洪兴,王恒华.结构可靠性鉴定与加固技术[M].北京:中国水利水电出版社,2002.
  - [5]傅剑平.钢筋混凝土框架节点抗震性能与设计方法研究[D].重庆:重庆大学博士学位论文,2002.
  - [6]余琼,吕西林,陆洲导.框架节点反复荷载下的受力性能研究[J].同济大学学报(自然科学版),2004,32(10):1376-1381.
  - [7]唐九如.钢筋混凝土框架节点抗震[M].江苏:东南大学出版社,1989.
  - [8]欧阳坚.混凝土多层框架节点抗震及建筑结构胶植筋的试验研究[D].江苏:东南大学博士学位论文,2001.
  - [9]邢海灵.钢筋混凝土框架节点加固试验及理论分析研究[D].湖南:湖南大学硕士学位论文,2003.
  - [10]傅剑平,游渊,白绍良.钢筋混凝土震框架节点的受力特征分类[J].重庆:重庆建筑大学学报,1996,18(2):85-91.
- 作者简介: 邓小海(1995.9—), 毕业院校: 长春工程学院, 所学专业: 土木工程, 当前就职单位: 浙江绿建检测有限公司, 职务: 部门主任, 职称级别: 中级。