

混凝土结构梁柱节点抗震构造措施实施效果分析

雷晓天

中南建筑设计院股份有限公司 湖北 武汉 430060

【摘要】：混凝土框架结构是民用和工业建筑的主要结构形式，梁柱节点是结构传力核心和抗震薄弱部位，构造措施落地质量直接影响到整个结构的抗震性能。本文根据现行混凝土结构和建筑抗震设计规范的要求，整理出梁柱节点核心抗震构造控制要点，用试验数据对比、工程现场检测、震后实例反馈等方式对各种抗震构造措施的实施效果进行分析，找出施工落地、设计深化、质量管控等环节影响构造实效的因素，提出提高构造措施实施质量的建议，为建筑结构抗震设计和现场施工管控提供借鉴，提高框架结构抗震防灾能力。

【关键词】：混凝土结构；梁柱节点；抗震构造；实施效果；抗震性能

DOI:10.12417/3041-0630.26.06.032

1 引言

现行建筑抗震设计标准和混凝土结构设计标准对梁柱节点的抗震构造强制要求做出了明确规定，主要从核心区箍筋配置、纵向钢筋锚固、强节点弱构件构造落实、混凝土施工质量等几个方面进行了细化的规定，但是实际工程中由于施工难度大、现场管控不严、技术交底不到位等原因，造成构造措施落实偏差，降低节点抗震性能。因此本文主要研究标准抗震构造措施的实施效果，找出合格施工和不合格施工的性能差别，整理出影响施工效果的因素，给出可操作的改善控制方案，给工程实践提供科学依据。

2 梁柱节点核心抗震构造措施要求

2.1 节点核心区箍筋配置构造

节点核心区箍筋是控制核心区混凝土、提高抗剪承载力的重要构造，规范规定核心区箍筋配置标准不得小于柱端加密区，箍筋直径、间距、肢数应与柱端加密区相同，不得有漏绑、间距超差、绑扎松动等情况。对一、二、三级抗震等级的框架节点核心区箍筋要全程加密，加密区间距要严格控制，保证箍筋封闭性和绑扎牢固性，通过横向约束延缓核心区混凝土碎裂，提高节点延性及耗能能力。

2.2 纵向钢筋锚固与搭接构造

梁、柱纵向钢筋在节点区的锚固长度、搭接方式直接影响力的有效传递，规范要求柱纵向钢筋必须贯穿中间层节点，钢筋接头不得设置在节点核心区内；梁上部纵向钢筋伸入节点的锚固长度应满足抗震锚固要求，直锚长度不够时应采用弯锚构造，弯折段长度和平直段长度应符合规范限值，杜绝钢筋截断、锚固长度不足、搭接位置错误等问题，保证地震作用下钢筋和混凝土共同受力，防止锚固失效造成构件脱离。

2.3 强节点弱构件构造落实

强节点弱构件是框架结构抗震的主要准则，节点核心区的承载力要大于相连的梁、柱构件，合理控制梁端、柱端配筋和截面参数，使地震作用下梁、柱先产生塑性铰耗能，节点始终保持完整受力状态。该构造原则要贯穿于设计和施工的全过程之中，施工过程中不能随意改变节点的配筋、截面尺寸，也不能弱化核心区的构造，防止出现节点的承载力小于构件的情况。

2.4 节点核心区混凝土施工构造

节点核心区钢筋密集，混凝土浇筑和振捣困难，规范要求核心区混凝土强度等级不低于相连柱混凝土强度，浇筑时用细石混凝土或专用振捣设备，保证混凝土密实无空洞、无蜂窝麻面，防止混凝土密实度不够造成核心区承载力下降。混凝土养护要到位，防止早期开裂影响整个受力性能。

3 抗震构造措施实施效果分析

3.1 试验验证效果分析

采用低周反复荷载拟静力试验对两组同尺寸、同材料的梁柱节点试件进行试验，一组严格按照规范抗震构造措施执行，另一组模拟现场常见的违规施工（核心区箍筋间距过大、梁纵筋锚固长度不够、混凝土振捣不密实）。试验结果表明，合格构造试件的极限承载能力比违规试件高18%~25%，位移延性系数提高30%以上，耗能能力提高近40%；破坏形态上，合格试件为梁端塑性铰延性破坏，核心区只有轻微裂缝，没有剪切破坏；违规试件在加载中期出现节点核心区剪切斜裂缝，迅速发展成贯通裂缝，核心区混凝土碎裂，钢筋锚固失效，呈脆性破坏，丧失承载和耗能能力。试验结果表明，核心区箍筋加密、钢筋可靠锚固、混凝土密实浇筑等构造措施可以有效地约束核心区变形，提高节点延性，实现地震作用下可控耗能，是保证节点抗震性能的主要手段；构造措施落实不到位，会造成节点

抗震性能大幅度下降,极易发生突然破坏。

3.2 工程现场实施效果检测

选取了多个正在建设中以及已经建成的框架结构工程,对梁柱节点进行实体检测,检测内容有箍筋间距、钢筋锚固长度、混凝土强度及密实度、配筋规格等。检测结果表明,严格按照规范落实构造措施的节点,混凝土回弹强度达100%,钢筋位置及间距合格率均大于98%,节点核心区无结构性裂缝,承载力及抗震性能满足设计要求;存在构造偏差的节点,主要是核心区箍筋漏绑、间距超限、梁纵筋锚固长度不够、混凝土蜂窝空洞等,此类节点的混凝土实际承载力比设计值低15%~20%,抗震延性不能达到规范限值,有明显的抗震隐患。现场检测结果表明,多层框架结构中间层节点、顶层端节点构造落实难度大、构造偏差高发,这些节点抗震构造实施质量的好坏,直接影响到整栋建筑抗震安全。

3.3 震后实例效果反馈

根据地震震后建筑排查数据可知,抗震构造措施落实到位的框架结构建筑,梁柱节点基本保持完好,仅梁端有轻微塑性变形,整体结构无倒塌风险,经修复后可以继续使用;而构造措施缺失、施工违规的建筑,梁柱节点普遍出现核心区剪切破坏、钢筋拔出、混凝土塌落,部分建筑直接因节点破坏发生局部或整体倒塌,造成严重的财产损失和安全隐患。该反馈说明抗震构造措施的落实,就是抵挡地震灾害,保证结构安全的最后一道防线。

4 提升构造措施实施效果的优化建议

4.1 加强设计阶段的精细化控制

设计单位应根据不同的抗震等级、不同的节点类型,细化构造图纸,明确箍筋配置、钢筋锚固、混凝土施工的具体要求,对特殊节点出具专项构造方案,防止图纸不清造成施工偏差;做好设计交底,向施工、监理单位明确节点构造的主要控制要

点。

4.2 规范施工全过程控制

施工单位应根据梁柱节点编制专项施工方案,优化钢筋绑扎顺序,先绑扎核心区箍筋后安装梁、柱纵筋,杜绝漏绑、间距超标的隐患;严格控制钢筋锚固长度和搭接位置,使用专用工具检测锚固长度;选用合适的混凝土和振捣设备,保证核心区混凝土密实,做好养护控制,杜绝质量缺陷。定期开展施工、监理人员抗震构造规范培训,明确节点构造抗震作用及施工要求,提高责任意识和专业水平,杜绝违规操作,监理单位全过程旁站节点施工关键工序,及时制止违规行为,做好隐蔽工程验收记录。

4.3 健全质量验收和复核机制

把梁柱节点核心区构造作为抗震验收的重点项,加大抽检比例,使用钢筋扫描仪、回弹仪等设备进行实体检测,对不符合规范要求的节点,坚决要求返工整改,杜绝不合格构造进入后续工序。

5 结论

混凝土结构梁柱节点抗震构造措施是保证框架结构抗震性能的关键部分,其效果好坏直接影响到结构在地震作用下安全、稳定的程度。核心区箍筋加密、纵向钢筋可靠锚固、强节点弱构件落实、混凝土密实浇筑等规范构造措施,可以有效地提高节点的承载能力、延性、耗能能力,防止脆性破坏,实现可控的地震耗能,施工落实偏差、管控不到位,会造成节点抗震性能大幅下降,形成严重的抗震隐患。实际工程中要从设计精细化、施工规范化、管控全程化、验收严格化四个方面入手,全面落实抗震构造要求,消除施工偏差,保证构造措施的实施效果。后续工程实践当中,还要继续推进节点施工技术革新,改良钢筋绑扎及混凝土浇筑工艺,不断改善梁柱节点抗震构造水平,为建筑结构抗震安全筑牢根基。

参考文献:

- [1] 罗强,李园园,麻世林.装配式混凝土结构梁柱节点钢筋深化设计研究[J].工程建设与设计,2026,(02):14-16.
- [2] 杜伟,楚凯轮,闫红雨.基于BIM技术的劲性混凝土结构梁柱钢筋连接施工技术研究[J].工程建设与设计,2025,(14):144-146.
- [3] 阮晓赞,崔扬,屈靖,等.钢筋混凝土结构梁柱增大截面低损伤加固施工技术研究[J].建筑技术,2025,56(11):1391-1394.