

# 地下室顶板覆土厚度对梁柱节点受力的影响

唐玺

陕西星光工程设计有限公司

**摘要:**地下室顶板覆土厚度直接影响梁柱节点受力状态,覆土厚度变化改变竖向荷载条件,引发节点核心区剪切劣化、梁柱连接界面失衡、内力重分布等问题。不同覆土厚度对应节点弹性、弹塑性及高应力等差异化受力特征,与剪应力、弯矩等关键指标存在相关性,长期荷载作用下节点性能存在衰减规律。分级设计、抗剪强化、截面优化等适配方案可改善节点受力性能,为地下室结构安全与耐久性筑牢基础。

**关键词:**覆土厚度;梁柱节点;受力优化

**DOI:** 10.65976/3078-8145.2026.01.017

## 引言

地下结构中,梁柱节点是力传递的核心枢纽,其受力稳定性关乎整体结构可靠性。地下室顶板覆土形成的竖向荷载,随厚度变化直接改变节点受力环境,易引发系列受力问题。实际工程中,覆土厚度设计不当导致的节点破坏隐患,凸显了明确其影响机制与优化路径的重要性,对提升地下结构设计科学性、保障长期安全运行具有关键现实意义。

## 1 覆土厚度影响下梁柱节点受力问题识别

### 1.1 竖向荷载增量对节点受力边界的改变

地下室顶板覆土以竖向均布荷载形式作用于结构体系,荷载值随覆土厚度线性增长,直接改变梁柱节点受力边界条件。覆土厚度提升带动顶板传递至梁端的竖向弯矩与剪力同步增大,梁端内力经节点核心区域向柱端传导,形成复杂多向应力叠加状态。持续增大的竖向荷载作用下,节点区域原本的弹性工作状态逐渐向弹塑性阶段过渡,节点核心区、梁端截面、柱端截面同步显现应力集中现象。覆土厚度无序增加会打破结构预设荷载传递路径,让节点承担超出设计预期的内力组合,最终导致受力机制偏离设计假定。

### 1.2 节点核心区剪切受力劣化特征

梁柱节点核心区负责梁端与柱端内力传递及转换,是结构受力最敏感部位。覆土厚度增大带来竖向荷载提升,节点核心区剪应力持续升高,主拉应力与主压应力分布形态相应改变。竖向荷载增量加剧节点核心区剪切变形,箍筋约束作用不断削弱,核心区混凝土内部微裂缝扩展风险有所上升<sup>[1]</sup>。缺乏有效构造加强措施时,持续增大的剪切作用会让节点核心区抗剪承载力逐步逼近极限状态,剪切破坏模式出现概率明显提高,直接威胁节点整体受力稳定性。

### 1.3 梁端与柱端连接界面受力失衡

顶板覆土荷载经梁体向节点传递,梁端负弯矩区

受力状态相应改变,覆土厚度增加导致梁端上部混凝土受压、下部钢筋受拉的应力分布规律出现偏移。梁端内力增大推动钢筋与混凝土间黏结应力持续升高,界面滑移风险同步上升。节点传递的竖向压力与弯矩共同作用于柱端,使其压弯受力特征更为突出,柱端截面应力分布不均程度加剧。梁端与柱端在节点区域形成不协调变形,连接界面受力失衡现象进一步扩大,节点整体性与协同工作能力持续削弱。

### 1.4 覆土厚度差异引发的内力重分布问题

不同覆土厚度在地下室顶板形成不均匀荷载分布,相邻梁柱节点间由此产生明显内力差异。同一结构单元内,覆土厚度较大区域的节点承担更高比例竖向荷载,内力向高荷载区域节点集中,催生局部受力过载现象。内力重分布让部分节点长期处于高应力状态,另一部分则处于低利用率状态,结构整体受力均匀性遭破坏。覆土厚度差异引发的内力重分布兼具长期性与隐蔽性,常规结构检测中难以被及时识别,逐步累积后会形成结构安全隐患。

### 1.5 节点受力劣化对结构整体性能的潜在影响

梁柱节点受力状态劣化从局部问题逐步扩展至整体结构体系,节点核心区剪切性能下降、梁端与柱端连接界面受力失衡、内力重分布等问题叠加,降低结构整体刚度与耗能能力。正常使用荷载作用下,节点受力劣化体现为结构变形增大、裂缝开展范围扩大;极端荷载作用下,节点失效风险明显提高,可能引发连续破坏效应。覆土厚度对节点受力的影响兼具累积性与不可逆性,未及时发现与控制的受力劣化问题,直接减少地下室结构使用年限与安全储备。

## 2 不同覆土厚度下梁柱节点受力规律解析

### 2.1 薄覆土条件下梁柱节点弹性受力特征

薄覆土条件下顶板竖向荷载维持较低水平,梁柱节点整体处于弹性受力阶段,应力分布与设计假定高

度吻合。节点核心区剪应力控制在较低范围内,混凝土与箍筋协同工作状态稳定,抗剪承载力储备充足<sup>[2]</sup>。梁端弯矩与剪力数值偏小,截面应力分布均匀,钢筋与混凝土黏结作用可靠,无明显界面滑移趋势。柱端以轴心受压与小偏心受压为主,截面压应力分布均匀,整体变形未超出规范限值。薄覆土环境中节点受力路径清晰、传递稳定,内力重分布现象不显著,结构整体工作性能处于理想状态。节点核心区混凝土未产生塑性变形,箍筋应力远低于屈服强度,对混凝土的约束作用虽未充分发挥但保持稳定。梁端与柱端刚度匹配性良好,变形协调一致,荷载传递过程无额外能量损耗,结构整体振动频率与模态维持稳定,动力响应处于较低水平。

## 2.2 中等覆土厚度下节点弹塑性受力转变规律

中等覆土厚度下顶板竖向荷载逐步提高,梁柱节点从弹性受力阶段向弹塑性受力阶段过渡。节点核心区剪应力持续上升,主拉应力方向偏移,混凝土内部萌生微小裂缝,箍筋约束作用逐步凸显。梁端弯矩增长速率加快,上部混凝土压应力提升,下部受拉钢筋应力逐步趋近设计强度,截面曲率增大。柱端压弯受力特征更为显著,偏心距随荷载提升逐步扩大,截面应力不均现象加剧。节点区域变形增长速率加快,梁、柱与节点核心区之间出现不协调变形,内力重分布现象开始显现,结构刚度呈现小幅下降。节点核心区裂缝多为分散性微裂缝,未形成贯通路径,混凝土仍可承担部分剪应力,与箍筋共同抵御剪切作用。梁端受拉钢筋与混凝土的黏结滑移量逐步增大,仍处于可控范围内,截面受力依旧以钢筋与混凝土协同工作为主。柱端截面中和轴位置随偏心距变化不断移动,受压区混凝土塑性变形逐步发展,抗压强度得到一定程度发挥。

## 2.3 厚覆土条件下节点高应力受力机制

厚覆土条件下顶板竖向荷载达到较高水平,梁柱节点进入高应力受力状态,多项受力指标趋近设计限值。节点核心区剪应力大幅提升,主拉应力超出混凝土抗拉强度,微裂缝持续扩展并贯通,箍筋进入高强度工作阶段,抗剪承载力储备大幅压缩。梁端负弯矩明显增大,受拉钢筋应力接近屈服强度,混凝土受压区高度持续调整,截面转动能力受限。柱端处于大偏心受压状态,截面一侧压应力过高,另一侧出现拉应力,结构整体变形显著增大。节点区域多向应力叠加效应突出,受力路径复杂化,内力重分布现象明显,局部区域出现应力集中与过载问题。节点核心区贯通裂缝使混凝土抗剪作用大幅削弱,箍筋成为主要抗剪构件,

其应力接近或达到屈服强度,约束能力濒临极限。梁端受拉钢筋可能发生屈服,混凝土受压区出现塑性收缩,截面受力呈现明显非线性特征。柱端受拉区混凝土开裂,拉应力主要由纵向钢筋承担,受压区混凝土因高应力产生较大塑性变形,整体承载能力趋近极限状态。

## 2.4 覆土厚度与节点关键受力指标的相关性

覆土厚度与梁柱节点多项关键受力指标存在相关性。覆土厚度与节点核心区最大剪应力呈近似线性增长关系,厚度提升直接导致剪应力升高。梁端弯矩、剪力随覆土厚度正向变化,荷载增量在梁端截面形成更高内力效应。柱端轴压力、弯矩同样随覆土厚度正向改变,厚覆土条件下柱端压弯耦合作用更为剧烈。节点区域位移、转角等变形指标随覆土厚度增加逐步扩大,结构刚度退化程度同步加剧。相关性变化规律揭示覆土厚度对节点受力的直接控制作用,为受力状态评估与设计参数调整提供依据<sup>[3]</sup>。不同结构体系与节点构造中这种相关性存在细微差异,但整体变化趋势保持一致——覆土厚度每增加一定幅度,节点关键受力指标会呈现相应比例变化。相同覆土厚度条件下,节点核心区剪应力增长速率快于梁端弯矩与柱端轴压力,反映剪切受力对覆土厚度变化更为敏感。结构刚度退化速率随覆土厚度增长正向变动,厚覆土条件下刚度退化的非线性特征更为突出。

## 2.5 长期覆土荷载作用下节点受力衰减规律

长期覆土荷载作用下,梁柱节点受力性能逐步衰减。持续高应力使混凝土产生徐变,节点刚度与截面承载力缓慢下降,钢筋与混凝土间黏结性能逐步退化。节点核心区裂缝在长期荷载下持续扩展,剪切传递能力持续削弱。梁端与柱端截面应力重分布随时间推移进一步加剧,局部应力集中现象更趋明显。长期受力衰减导致节点实际受力状态与短期受力分析结果出现偏差,结构安全储备逐步降低。覆土厚度越大,长期荷载下的受力衰减速率越快、幅度越明显,对结构耐久性影响更为突出。长期荷载引发的混凝土徐变让节点核心区产生不可逆塑性变形,裂缝宽度持续增大,核心区有效受力面积随之减小。钢筋在长期应力作用下出现松弛,应力水平逐步降低,与混凝土的协同工作效率下降,节点受力性能衰减进一步加剧。

## 3 适配覆土条件的梁柱节点受力优化方案

### 3.1 基于覆土厚度分级的节点设计参数调整

结合覆土厚度差异对梁柱节点实施分级设计,实现受力性能与荷载条件的精准匹配。薄覆土条件下沿用常规节点设计参数,规范要求范围内控制材料用量,

达成经济性与安全性的统一。中等覆土厚度时适当提高节点核心区箍筋配置率,强化剪切约束效果,同步优化梁端与柱端截面配筋,提升截面抗弯及抗剪承载力。厚覆土条件下采用加强型节点构造,提高混凝土强度等级,加密箍筋布置,扩大节点核心区有效约束范围,全面增强节点抗剪、抗弯、抗压能力。分级设计让节点受力性能与覆土厚度形成适配,消除超载与冗余现象<sup>[4]</sup>。

### 3.2 节点核心区抗剪性能强化措施

针对覆土厚度带来的剪切受力提升问题,实施节点核心区抗剪性能专项强化。提高箍筋直径与配筋率,形成密集约束体系,限制核心区混凝土裂缝扩展,提升剪切承载力。采用型钢、钢板等加强措施,改善核心区应力分布状态,降低主拉应力峰值。优化节点几何尺寸与构造形式,扩大核心区有效受力面积,缓解应力集中现象。通过材料增强、构造优化、配筋调整等综合手段,提高节点核心区在不同覆土厚度条件下的抗剪安全性,确保剪切受力始终处于可控范围内。

### 3.3 梁端与柱端截面受力适配优化

结合覆土厚度变化对梁端与柱端截面开展受力适配优化。增加梁端上部受拉钢筋配置量,强化负弯矩区抗弯能力,缩减截面转动与裂缝开展程度。优化柱端纵向钢筋与箍筋布置方式,改善压弯受力状态下的截面应力分布,提升偏心受压承载水平。强化梁、柱与节点核心区的连接构造设计,增强界面整体性,降低不协调变形可能性。截面参数优化与配筋调整让梁端与柱端能够适应覆土厚度变化引发的内力增长,维持截面受力均衡与变形协调状态。

### 3.4 覆土厚度与结构布置协同优化

将覆土厚度控制纳入地下室结构整体布置体系,实现荷载条件与结构受力的协同匹配。合理规划地下室顶板使用功能,保障覆土厚度均匀性,降低局部区域荷载过载风险。优化柱网布置与梁高尺寸,理顺内力传递路径,减小节点受力差异。结构布置调整缓解覆土厚度差异引发的内力重分布,提升结构整体受力

均匀性。协同优化兼顾使用功能、覆土荷载、结构受力三者关系,从源头削弱不利受力条件对梁柱节点的影响。

### 3.5 长期受力性能保障与构造措施完善

建立适配长期覆土荷载作用的节点受力保障体系。选用高耐久性材料,提升混凝土与钢筋抗徐变、抗老化能力,减缓长期受力衰减进程。完善节点防水与防护构造,降低外部环境对内部受力性能的干扰。设置合理构造措施,释放部分约束应力,减小长期荷载下的应力累积效应。材料、构造、维护等多维度措施协同发力,提升节点在长期覆土荷载作用下的稳定性与耐久性,确保地下室结构全生命周期内维持可靠受力状态<sup>[4]</sup>。

## 4 结语

覆土厚度作为地下室结构设计的关键参数,对梁柱节点受力的影响贯穿受力状态、规律特征及长期性能全过程。节点受力问题识别、规律解析与针对性优化方案提出,构成完整技术逻辑体系。分级设计、抗剪强化等措施的应用,可实现节点受力性能与覆土条件的精准适配。相关研究成果为地下结构设计提供科学依据,对提升结构安全储备与耐久性、降低工程隐患具备重要实践价值。

### 参考文献:

- [1] 李晓蕾,李雪艳,李慎,等.带顶底L型件的装配式梁柱节点参数分析[J].应用力学学报,2024,41(6):1288-1298.
- [2] 张锡治,刘健敏.节点区外包钢套预制混凝土异形柱-钢梁节点研究[J].结构工程师,2021,37(6):129-138.
- [3] 赵均海,樊军超,高伟琪.钢管混凝土柱-钢梁延伸式端板连接节点初始转动刚度计算模型[J].建筑结构学报,2021,42(2):103-111.
- [4] 陈安英,袁礼正,王波,等.多腔钢管混凝土组合T形柱-H型钢梁节点域柱壁加强型节点抗震性能研究[J].建筑结构,2025,55(16):101-111.