

楼梯施工缝留设位置错误对结构受力的不利影响

陈 磊

湖北交投耀栋建筑有限公司 湖北 武汉 430050

【摘要】：楼梯施工缝留设位置的偏差会破坏原有受力路径，导致构件受力状态改变与局部刚度削弱。当施工缝位于踏步板、平台梁或梯梁应力集中的关键区段时，结构整体性减弱，易产生裂缝扩展、连接面滑移及承载力降低等不利效应。错误留缝还可能引发楼梯自重及使用荷载重新分配，使受力体系出现不可预期的薄弱环节，增加安全隐患。基于结构力学与工程案例，探讨受力机制变化及潜在风险，以强调合理留设施工缝对楼梯结构安全的重要性。

【关键词】：楼梯施工缝；受力路径；裂缝发展；承载力；结构安全

DOI:10.12417/2705-0998.26.01.032

引言

楼梯作为建筑中承担竖向交通与部分结构协同作用的关键构件，其受力特点具有连续性与整体性。施工过程中若在不恰当位置留设施工缝，会造成受力传递链条被削弱，使局部区域在荷载作用下呈现异常响应。许多工程事故经验显示，施工缝位置偏差往往成为裂缝起源、滑移产生及连接薄弱的关键诱因。随着高层建筑与复杂结构的大量采用，楼梯受力的可靠性愈加受到关注。围绕施工缝的留设位置与受力影响展开分析，有助于理解楼梯结构在局部被削弱情况下的力学变化，为降低隐患与提升设计施工质量提供思考基础。

1 施工缝位置偏差引发的结构受力问题

施工缝位置出现偏差后，楼梯原本连续的受力传递路径被迫发生改变，结构在荷载作用下的反应随之产生不稳定因素。梯梁、踏步板与平台梁之间的整体协同依赖混凝土连续性与界面黏结强度，一旦施工缝落在受弯、受剪或受扭的关键应力区，力流会被迫绕行，局部截面刚度下降，导致弯矩峰值转移与剪力集中。承载体系被削弱后，受力区域可能形成拉压不平衡状态，使构件截面在疲劳荷载或周期荷载作用下表现出更明显的微裂纹扩展趋势^[1]。施工缝界面的粗糙度、黏结性能及后浇混凝土密实度若未达到要求，界面滑移与剪切错动便容易出现，使楼梯这一连续受力构件产生不规则的变形，破坏结构力学的完整性。

结构受力体系被扰动后，楼梯在使用荷载和自重共同影响下，会表现出局部位移增大、应力集中扩展及抗裂能力下降等现象。施工缝若留设在平台梁跨中区域或梯段弯矩敏感区，局部受拉区的混凝土会在荷载反复作用下形成裂缝带，裂缝走向与施工缝界面易形成交叉或延伸关系，使结构弱区进一步扩大。应力集中区的钢筋锚固性能也会受到影响，界面剪切承载力不足会使钢筋应力释放速度加快，影响弯矩传递的连续性，降低整体抗弯刚度。部分工程实测数据中，施工缝位置偏差往往伴随沉降差异增大或梯梁端部裂缝延伸，反映出施工缝不利位置与楼梯整体变形协调能力下降之间的关联。结构在此状态

下处于一种隐性失衡模式，受力方向不再单纯沿着设计路径传递，而是呈现分散化与突变化的趋势。

随着使用周期延长，施工缝位置偏差对结构受力的影响会不断累积，使楼梯在温度变形、振动荷载及偶发荷载作用下出现更敏感的反应。界面处的剪切刚度不足会导致混凝土应力分布不均，引发局部塑性发展，使界面附近的边缘区进入非线性工作状态，产生不可逆变形。楼梯与主体结构连接部位由此产生附加内力，使平台板、梯段板与支承梁之间的力学耦合出现改变。受力重新分配的结果可能使某些截面提前达到极限状态，降低安全储备。施工缝落在不利位置时，楼梯的整体性削弱不仅影响正常荷载下的工作性能，还会在地震作用或风振作用下形成动力反应放大效应，使结构处于更高的风险等级。因此，施工缝位置偏差引发的问题本质上是一种由界面削弱导致的受力体系变异，其影响贯穿楼梯构件的整个工作阶段，对结构安全性具有持续性的影响。

2 受力路径改变下的关键薄弱区分析

受力路径被迫改变后，楼梯结构中的关键薄弱区往往出现在弯矩峰值区、剪切传递集中区以及构件连接转折处。施工缝若落在这些应力敏感位置，会使原本连续的力流在界面处发生折断或偏移，使截面内部的压力带与拉应力带出现不均衡分布^[2]。梯梁与平台梁交接处的受力特点本就具有复杂的弯扭耦合效应，一旦界面刚度降低，力流在通过节点区域时会产生分散现象，使局部混凝土受压边缘过早进入应变集中状态。受力路径的紊乱使局部区域难以维持设计时的受力平衡，使施工缝周边成为潜在的弱化带，影响结构整体的稳定性。

在梯段板内部，受拉区域对连续性的依赖更为明显，施工缝若落于拉应力显著区，会导致混凝土裂缝的起裂强度下降，裂缝开展方向偏向界面，使薄弱区不断扩大。拉压区之间的协同功能被削弱，使钢筋与混凝土之间的组合效应降低，结构的延性表现受到抑制。梯段下缘的弯矩控制段在受力重分布后常出现拉应变突增的状况，钢筋的受力峰值向施工缝附近集中，使锚固段承受更高的剪切滑移风险。薄弱区不仅表现为应力集

中,还表现为变形的局部突变,使构件在整体变形协调中产生明显的梯度差异。荷载进一步作用时,薄弱区在剪力、弯矩及扭矩的共同影响下可能进入早期损伤阶段。

平台部位的受力特征在受力路径改变的情况下,会出现支承反力重新分布的现象,使构件边缘区的应力方向与强度发生偏移。施工缝若位于平台板跨中的受弯区,截面刚度降低后会使得板面挠度加大,引起二次内力,对支座区形成附加剪力。支座附近的应力集中趋势增强,使梁端和板端的混凝土压碎边缘提前出现损伤。薄弱区在这种反复叠加的力学环境下表现出更加明显的脆性特征,界面附近的混凝土与钢筋共同作用能力下降,使整个楼梯的受力体系呈现分段化倾向。受力路径一旦被改变,结构中多个关键位置将同步受到影响,薄弱区的形成呈现连锁性,使楼梯在正常与偶然荷载作用下均可能表现出更高的不确定性和风险。

3 错误留缝导致不利效应的机理探讨

施工缝留设位置出现偏差后,其不利效应的产生源于界面力学性能被削弱,使原有结构连续性遭到破坏。混凝土浇筑的分段界面若处于受拉或受剪控制区,界面黏结力与剪切传递能力会大幅下降,使力流在通过该区段时出现滑移趋势。界面粗糙度不足、浆体渗透不充分或后浇料密实度降低,会使混凝土断面的整体工作性能变得不稳定,使界面在荷载作用下表现出开裂、错动与局部压碎等非线性行为^[3]。这种界面削弱效应会导致结构的塑性发展受到抑制,使构件难以充分发挥延性和耗能能力,使受力过程呈现更强的脆性反应特征。

力学性能下降后,不利效应会沿着结构的受力链逐步扩散,使施工缝附近成为损伤的诱发区。当界面滑移发生时,钢筋应力在界面处出现集中,锚固段因受剪附加力而产生局部削弱,使钢筋与混凝土之间的协同工作被破坏。若施工缝位于梯段板下缘的受拉带,裂缝会优先沿界面方向延伸,使实际裂缝形态与设计预期出现偏离,裂缝宽度增长速度也会加快。受力再分配使局部截面的弯矩和剪切需求上升,在反复荷载作用下,界面损伤可能由细微滑移转变为不可逆的剪切破坏形式。施工缝一旦成为裂缝源点,将在结构内部形成连续弱化路径,使构件在振动、温度变形或偶然荷载作用下发生更明显的变形突变。

在结构整体受力层面,错误留缝会引发承载力下降和刚度衰减这两类更深层的不利机理。截面刚度降低后,楼梯构件的变形协调能力受损,使平台板、梯梁与整体框架之间的力学耦合关系发生改变。界面进入损伤状态后,局部区域的有效受压区高度缩减,使混凝土应力—应变曲线更快进入非线性段,承载能力提前达到极限。

4 基于受力风险的施工缝优化策略

施工缝的优化布置应围绕受力风险的削减展开,使结构在

荷载作用下保持连续的力学传递能力。楼梯构件在受弯、受剪与受扭耦合作用下,对截面完整性依赖程度较高,因此施工缝宜避开弯矩峰值区与剪力集中的构造节点,使界面不处于结构的主要受力通道。梯段板与平台梁连接处受力转换明显,界面必须保证高强度黏结能力,施工缝更适合安排在受力相对平缓的位置,使力流得以顺畅通过^[4]。在施工组织过程中,应结合结构受力计算结果,对构件内部的应力分布进行精细化评估,使施工缝的布置拥有明确的力学依据。对后浇混凝土强度等级和凝结时间的控制,也必须与界面所承受的应力类型匹配,以避免界面在初期加载阶段发生早期滑移。

在施工缝的处理措施中,界面增强技术对降低受力风险具有重要作用。通过凿毛、喷浆、界面处理剂及机械咬合构造的结合,可显著提高界面的剪切摩擦力,使其在受剪作用下保持必要的抗滑移能力。钢筋贯通性也决定界面能否有效传递拉应力,因此应避免钢筋在施工缝处截断,必要时增加附加钢筋以增强拉力传递路径。若施工缝落在可能承受较大弯矩的区域,界面需具备足够的抗弯刚度,使混凝土在受力后不出现应变突变。对界面宽度、平整度及混凝土密实度的控制,可减少空鼓与弱黏结层的形成,使界面在长期荷载作用下保持稳定。施工过程中对振捣质量、气泡排除以及后浇混凝土的配比管理,则能进一步提升界面强度,使其具备抵抗高应力集中的能力。

在整体施工策略层面,施工缝的布置应与楼梯的结构体系、使用功能及后续施工流程协同考虑。受力风险较低的位置可作为优先布置区,使结构在使用阶段呈现更稳定的受力模式。对高层建筑、复杂结构或楼梯跨度较大的工程,可通过阶段性受力监测与有限元分析来检验施工缝位置的合理性,使布置方案得到验证。施工缝在长期使用过程中可能受到温度变形、振动与荷载波动的影响,因此在施工时应采用足够的安全储备,使界面具备抵抗长期疲劳的能力。通过规范化的留缝位置管理、过程检查和界面质量控制,施工缝不仅能够满足施工组织的需求,也能在力学层面保持稳定,使楼梯整体受力路径更加可靠,减少界面弱化带来的潜在风险。



图1 施工缝的布置

5 施工缝留设对结构安全性的归纳

施工缝的留设对结构安全性的影响集中体现在力流传递的连续性、界面力学性能以及构件整体协同能力上。楼梯作为连接不同楼层的受力构件,其受弯、受剪及受扭效应相互叠加,对混凝土与钢筋的协同工作提出更高要求。施工缝位置一旦偏离受力相对平缓的区域,界面将被迫承担设计中未预设的拉剪复合作用,使受力路径在界面处发生突变^[5]。界面黏结能力不足会导致力流出现断裂或绕行,使局部截面应力急剧增大,形成隐性薄弱带。施工缝不当所引发的早期开裂、剪切滑移与刚度衰减,会改变构件在荷载作用下的响应模式,使结构在长期使用中保持一种不稳定的内力状态。

从构件内部的受力层面观察,施工缝削弱了混凝土连续性后,结构内部应力分布将呈现明显的再分配现象。梯段板下缘的受拉带、平台梁跨中的受弯区以及梁板交接处的剪切集中区,均在施工缝干扰下更容易形成局部损伤点。钢筋在界面处可能因锚固能力下降而出现应力突增,使钢筋应变与混凝土应变之间失去协调,导致构件延性降低。若界面损伤持续发展,局部受压区可能出现塑性应变集中,使截面进入非线性工作阶段。受力体系的弱化与变形协调能力的下降,会使结构在温度梯度影响、振动荷载作用或偶然荷载冲击下表现出更大变形,对整体稳定性构成风险。施工缝的不合理留设因此可能成为贯穿结构使用期的薄弱根源。

参考文献:

- [1] 韩羽,刘小瑞,邓林.装配式预制楼梯施工技术及管理措施探讨[J].房地产世界,2025,(08):170-172.
- [2] 冀雅君.建筑工程中预制混凝土楼梯施工工艺[J].四川建材,2025,51(03):193-196.
- [3] 刘大权.楼梯施工缝留置方法及其施工质量控制浅谈[J].智能城市,2020,6(13):137-138.
- [4] 陈明.楼梯施工缝留置方法及其施工质量控制要点[J].建筑安全,2021,34(09):6-8.
- [5] 罗剑,张维.楼梯施工缝留置方法及施工质量控制[J].建筑技术开发,2020,47(05):55-56.

在整体结构体系的角度审视,施工缝的布置不仅影响楼梯本体的受力状态,还会改变楼梯与周边构件之间的耦合机制。楼梯通常通过支承梁、平台板与主体框架形成力学联系,其变形与内力变化会在整体结构中产生链式反应。当施工缝造成楼梯刚度降低时,支承节点的反力分布将随之改变,使部分构件承受的附加内力超出原设计范围。若施工缝成为裂缝传播路径的起点,应力集中容易向邻近构件扩散,使局部结构性能出现系统性削弱。界面在反复荷载作用下的开合行为还可能放大结构动力反应,使疲劳损伤在长期使用中加速发展。施工缝位置的不当安排因此不仅影响单一构件的工作性能,也会在结构整体层面引发复杂的力学效应,使楼梯系统的安全储备被不断消耗。

6 结语

施工缝的位置选择贯穿楼梯结构的受力全过程,其合理与否直接影响受力路径的稳定性、界面性能的可靠性以及构件间的协同程度。楼梯在荷载、振动与长期环境作用下对连续性的依赖极为突出,任何界面弱化都会在结构内部产生连锁反应,使变形、裂缝与应力集中呈现放大趋势。对施工缝的布置、处理与质量控制进行严谨把握,使界面具备足够的抗滑移、抗剪切与抗裂能力,才能使楼梯结构在复杂受力条件下保持稳态工作,为整体安全性提供可靠保障。