

# 内支撑式围护基坑变形特性的现场监测与分析

贾保正

武汉市汉阳市政建设集团有限公司

DOI: 10.32629/ems.v8i2.18470

**[摘要]** 对内支撑式围护基坑变形特性进行现场监测与分析, 能为基坑工程安全提供依据。通过布置合理监测点, 获取基坑不同阶段变形数据。分析数据可知, 内支撑轴力、墙体水平位移等参数变化规律与基坑开挖深度、时间等因素密切相关, 掌握这些特性可有效指导施工, 保障基坑及周边环境安全。

**[关键词]** 内支撑式围护; 基坑变形特性; 现场监测; 数据分析

## 引言:

随着城市建设发展, 基坑工程日益增多, 内支撑式围护作为常用支护形式, 其变形特性对基坑稳定性至关重要。现场监测能直观反映基坑实际变形情况, 对监测数据深入分析可揭示变形规律, 为工程设计与施工提供参考, 因此开展内支撑式围护基坑变形特性的现场监测与分析具有重要现实意义。

## 1. 监测方案设计

### 1.1 监测内容确定

监测内容确定需以基坑工程安全管控和变形特性分析为核心目标, 结合内支撑式围护结构的受力特点与基坑开挖过程中的变形规律综合明确。需重点覆盖围护结构自身变形与周边环境响应两方面核心内容。围护结构层面应包含围护桩或地下连续墙的水平位移监测, 这是反映结构抗侧移能力的关键指标。同时需纳入内支撑轴力监测, 通过该指标可直接掌握支撑体系的受力状态及荷载传递情况。围护结构的沉降监测也不可忽视, 能及时发现结构竖向变形异常。周边环境监测需涵盖坑周土体沉降监测, 避免土体不均匀沉降引发次生问题。坑周构筑物沉降与倾斜监测同样必要, 可有效评估基坑变形对周边已有建筑的影响程度。地下水位监测需作为基础内容纳入, 水位变化直接关联土体力学性质与围护结构受力状态。

### 1.2 监测点布置

监测点布置需遵循代表性、系统性与经济性兼顾的原则, 结合基坑平面形状、围护结构布置形式及地质条件分布特点科学规划。围护结构水平位移监测点应沿围护桩或地下连续墙轴线均匀布置, 在基坑阳角、跨度较大及地质条件复杂区

域需适当加密, 确保能捕捉到变形关键部位的变化情况。内支撑轴力监测点需布置在各道支撑的关键受力截面, 优先选择支撑跨中及与围护结构节点连接处, 这些部位是支撑受力的核心区域。围护结构沉降监测点应与水平位移监测点对应布置, 实现同一监测断面变形数据的协同分析。坑周土体沉降监测点需沿基坑周边向外辐射布置, 布设范围应覆盖基坑变形影响范围, 且随距离增加可适当减小布设密度。坑周构筑物监测点需根据构筑物结构形式与受力特点, 布置在其基础及主体结构关键部位, 确保能准确反映构筑物的沉降与倾斜状态。地下水位监测点需在基坑内外均有布置, 坑内按开挖分区布设, 坑外沿周边均匀分布。坑底隆起监测点按网格状均匀布置, 在坑底中部及周边区域合理分布。

## 2. 现场监测实施

### 2.1 监测设备选用

监测设备选用需以监测数据的准确性、稳定性与适用性为核心原则, 结合各监测内容的技术要求与现场施工环境条件综合筛选。围护结构水平位移监测应选用精度符合要求的全站仪或测斜仪, 全站仪适用于对监测点进行周期性的坐标测量, 能直接获取水平位移数据。测斜仪则可深入围护结构内部, 实现沿深度方向的连续变形监测, 更精准捕捉变形曲线。内支撑轴力监测需选用振弦式轴力计, 该设备具备良好的长期稳定性, 能适应基坑施工过程中的复杂环境, 准确采集支撑轴力变化数据。围护结构及构筑物沉降监测应选用精密水准仪, 配合钢钢尺使用, 可有效提升沉降监测的精度, 满足变形分析对数据精度的要求。地下水位监测需选用水位计, 确保能准确测量地下水位的变化幅度与变化速率。坑底隆起监测可选用沉降仪或全站仪, 沉降仪能实现对坑底指定

点位的竖向位移精准监测,全站仪则可通过对坑底布设点位的周期性观测获取隆起数据。所有选用设备均需经过专业校准,确保设备性能符合监测技术标准,为监测数据的可靠性提供保障。

## 2.2 数据采集频率

数据采集频率需根据基坑开挖进度、变形速率及工程所处阶段综合确定,以确保能及时捕捉变形动态且避免数据冗余。在基坑开挖前,需进行初始数据采集,为后续变形分析提供基准数据,初始数据应多次采集取平均值,确保基准数据的准确性。基坑开挖阶段是变形较为活跃的时期,数据采集频率需适当提高。在开挖初期,当开挖深度较浅、变形速率较小时,可采用每2-3天采集一次数据的频率。随着开挖深度增加,当进入关键土层或开挖至支撑位置时,需将采集频率调整为每天一次。当监测数据显示变形速率出现增大趋势时,应进一步加密采集频率,可采取每天2次或多次采集,确保能实时掌握变形发展态势。在基坑开挖至设计标高后,进入基坑底板施工及后续结构施工阶段,此时变形速率会逐渐减缓,可将数据采集频率调整为每3-5天一次。当变形趋于稳定后,可适当降低采集频率,但仍需保持定期采集,直至基坑工程施工完成且变形完全稳定。

## 3. 数据处理与分析

### 3.1 数据预处理

数据预处理是保障变形分析准确性的关键环节,需对采集到的原始监测数据进行系统处理,剔除异常数据并提升数据质量。首先需对原始数据进行完整性检查,核对各监测点的采集数据是否齐全,确保无缺漏数据。对于缺失的数据,需结合前后监测数据的变化规律及工程实际情况进行合理补全,避免因数据缺失影响分析结果。随后进行数据有效性判断,依据监测技术标准及工程经验,设定数据合理波动范围,超出范围的数据判定为异常数据。对于异常数据,需结合现场施工记录、设备运行状况等进行深入核查,分析异常原因。若为设备故障导致的数据异常,需剔除该数据并记录故障情况。若为施工扰动等暂时性因素导致的异常,需在数据中注明并结合上下文进行修正。数据预处理还需进行数据一致性校验,对比同一监测断面不同监测项目的数据变化趋势是否一致,如围护结构水平位移与内支撑轴力变化是否匹配。同时需对数据进行格式标准化处理,将不同设备采集的不同格

式数据统一转换为便于分析的格式。经过预处理后的监测数据需建立完整的数据库,对处理过程及处理依据进行详细记录,为后续分析工作提供可靠的数据基础。

### 3.2 变形特性分析

变形特性分析需基于预处理后的监测数据,结合基坑开挖流程与内支撑式围护结构的受力机理,系统剖析基坑变形的时间与空间分布规律。时间维度上,需重点分析变形随开挖进度的变化趋势,明确变形发展的阶段性特征。开挖初期,由于土体扰动范围较小,变形速率相对平缓。随着开挖深度增加,土体应力释放加剧,变形速率会逐渐增大。当开挖至各道支撑设计位置并完成支撑施工后,变形速率会出现明显减缓,呈现出“开挖增变形、支撑控变形”的规律。基坑开挖至设计标高后,变形速率会进一步降低,逐渐趋于稳定。空间维度上,需分析变形在不同区域的分布差异。基坑阳角部位由于受双向应力作用,水平位移通常大于其他部位。坑底隆起呈现中间大、周边小的分布特征,这与坑底土体应力释放的空间分布特点相关。围护结构水平位移沿深度呈现特定变化曲线,通常在开挖面附近位移最大,向上或向下位移逐渐减小。内支撑轴力在跨中区域与节点区域存在差异,且不同道支撑的轴力分布也有所不同,通过这些分析可全面掌握基坑变形的整体特性。

## 4. 变形规律总结

### 4.1 时间相关规律

内支撑式围护基坑变形的时间相关规律与基坑施工全过程的受力变化密切相关,呈现出明显的阶段性特征。基坑开挖前,围护结构及周边土体处于稳定状态,变形基本保持恒定,此阶段监测数据可作为变形分析的基准。基坑开挖初期,随着表层土体被移除,围护结构受力平衡初步被打破,变形开始缓慢发展,变形速率相对较低。随着开挖深度不断增加,土体应力释放量逐渐加大,围护结构所受侧压力持续增长,变形速率随之加快,此阶段变形处于快速发展期。当开挖至某道内支撑设计位置并完成支撑安装后,支撑体系开始发挥约束作用,围护结构的变形速率会出现显著减缓,变形得到有效控制。每完成一道支撑施工,都会出现一次变形速率减缓的现象,形成“开挖加速变形、支撑减速变形”的循环模式。当基坑开挖至设计标高后,土体应力释放趋于稳定,变形速率进一步降低。进入后续结构施工阶段,随着主体结

构自重逐渐增加, 基坑变形会缓慢收敛, 最终趋于稳定。整个变形过程符合从稳定到发展再到收敛的时间演化逻辑, 各阶段变形特征与施工工序紧密衔接。

#### 4.2 空间分布规律

内支撑式围护基坑变形的空间分布规律受围护结构形式、支撑布置及地质条件等因素共同影响, 在不同区域呈现出差异化特征。围护结构水平位移在空间上表现为明显的非线性分布, 沿深度方向通常形成中间大、上下小的曲线形态, 最大水平位移多出现在基坑开挖面附近。这是因为开挖面处土体约束突然释放, 围护结构在此部位的侧向位移最易发展。在平面分布上, 基坑阳角部位的水平位移通常大于直线段部位, 由于阳角处受双向土体侧压力作用, 应力集中现象明显, 导致变形量更大。坑底隆起变形呈现中间区域隆起量大于周边区域的分布特点, 坑底中部土体不受围护结构约束, 应力释放更为充分, 隆起变形更为显著。周边土体沉降变形以基坑为中心向外呈递减分布, 在基坑边缘附近沉降量最大, 随着与基坑距离的增加, 沉降量逐渐减小, 直至超出基坑变形影响范围后趋于稳定。内支撑轴力的空间分布也存在差异, 同一道支撑的跨中部位轴力通常大于节点部位, 不同道支撑中, 中间部位的支撑轴力一般大于顶部和底部支撑, 这与各道支撑所处的受力环境密切相关。

### 5. 工程应用建议

#### 5.1 施工优化建议

内支撑式围护基坑施工优化需围绕变形控制核心, 结合变形规律及影响因素制定针对性措施。施工工序安排应严格遵循分层、分段开挖的原则, 合理划分开挖单元, 避免大面积开挖导致土体应力集中。每一层土体开挖深度应与内支撑设计间距相匹配, 确保开挖后能及时进行支撑施工, 减少围护结构无支撑暴露时间。支撑施工需注重安装及时性与精度控制, 支撑构件吊装就位后应快速完成连接固定, 确保支撑体系尽早发挥受力作用。支撑轴力施加应控制合理速率与数值, 避免轴力施加过快或过大导致围护结构产生附加变形。开挖过程中应控制开挖速度, 避免开挖速度过快加剧土体扰动, 尤其在地质条件较差区域, 需适当放缓开挖速度。施工过程中应加强对施工机械操作的管理, 避免机械碰撞围护结构或内支撑, 减少人为因素引发的变形。同时应建立施工与监测的协同机制, 根据监测数据反馈及时调整施工参数, 实

现施工过程的动态优化。

#### 5.2 安全控制措施

内支撑式围护基坑安全控制需构建全方位保障体系, 覆盖监测预警、结构防护及应急处置等关键环节。监测系统应保持高效运行, 严格执行既定的监测频率, 确保能及时捕捉变形异常信号。建立多级预警机制, 根据变形速率及累计变形量设定预警阈值, 当监测数据达到预警值时, 应立即发出预警信号并启动相应处置流程。加强对围护结构及内支撑的日常检查, 重点关注结构裂缝、连接节点松动等情况, 发现问题及时采取加固措施。地下水控制应作为安全控制的重点, 根据地质条件及水位变化情况, 合理布设降水或回灌设施, 确保地下水位保持在安全范围。坑周荷载管理需严格执行相关规定, 禁止在基坑周边影响范围内堆放过量荷载, 避免荷载过大增加围护结构受力。针对可能出现的变形超标、结构失稳等风险, 需制定完善的应急救援预案, 明确应急组织机构、处置流程及救援物资储备。定期组织应急演练, 提升应对突发安全事件的处置能力, 确保基坑施工安全。

#### 结束语:

内支撑式围护基坑变形特性的现场监测与分析工作, 为基坑工程提供了可靠的数据支持和理论依据。通过对监测数据的深入研究, 明确了变形规律及影响因素。基于此提出的工程应用建议, 有助于优化施工过程、保障基坑安全。后续可进一步完善监测技术, 为基坑工程建设提供更有保障。

#### [参考文献]

- [1] 陈晓, 范荣. 启明星 BSC-3D 在软土区基坑计算中的应用[J]. 中国新技术新产品, 2024, (07): 101-103.
- [2] 赵旭洋, 杨志超, 李海朋, 等. 深基坑变形监测与工程实践分析[C]//《施工技术(中英文)》杂志社, 亚太建设科技信息研究院有限公司. 2023年全国工程建设行业施工技术交流会论文集(上册). 中航建设集团有限公司; 北京通明湖信息城发展有限公司; , 2023: 2.
- [3] 李瑞星, 鲍敏生. 深基坑变形监测及变形机理与规律分析[J]. 智能城市, 2020, 6(02): 43-44.
- [4] 姚冬. 深基坑变形监测方案设计与数据分析[J]. 智能城市, 2024, 10(08): 123-125.
- [5] 杨树芳, 高勒德其, 白璐. 软土地质深基坑变形控制要点探讨[J]. 内蒙古公路与运输, 2024, (06): 22-27.