

深基坑施工过程中的监测技术与数据分析

同亚运¹, 孟旭刚², 李 彤³

(1. 西安高新技术产业开发区建设工程质量安全监督站, 陕西 西安 710117;

2. 西安正亨工程科技有限公司, 陕西 西安 710000;

3. 中铁一局集团有限公司, 陕西 西安 710054)

摘 要 本文深入探讨了深基坑施工过程中的监测技术、内容与数据分析方法, 详细阐述了深基坑施工监测的重要意义、监测内容、常用监测技术以及仪器设备, 结合具体案例分析了监测数据的采集、处理与分析等过程, 强调了监测技术在确保深基坑施工安全和周边环境稳定方面的关键作用, 对监测技术的未来发展趋势进行了展望, 以期对提升深基坑施工过程中的监测技术与数据分析实效有所裨益。

关键词 深基坑; 监测技术; 数据分析; 施工安全

中图分类号: TU47

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.21.009

0 引言

随着城市化进程的不断加速, 高层建筑、地下轨道交通等大型工程不断涌现, 深基坑工程的数量和规模也日益增加。在深基坑施工过程中, 土体开挖与支护结构作业会给周围土体和建筑物带来影响, 诸如土体变形、支护结构不稳以及周边建筑物开裂等问题可能出现。故而, 为保证深基坑施工安全以及周边环境的稳定, 应当对施工过程展开切实有效的监测, 同时对监测所得数据进行及时分析与处理, 确保工程顺利推进。

1 深基坑施工监测的重要意义

1.1 保障施工安全

深基坑施工时, 土体稳定性与支护结构可靠性至关重要。监测土体位移、支护结构应力等, 能及时察觉潜在安全隐患, 进而采取对应措施, 确保施工安全。这对于保障深基坑工程的顺利进行和周边环境稳定意义重大, 可避免安全事故的发生^[1]。

1.2 保护周边环境

深基坑施工会对周边建筑物、道路、地下管线等产生一定的影响。通过对周边环境的监测, 可以及时掌握其变形情况, 采取有效的保护措施, 减少对周边环境的破坏^[2]。

1.3 优化施工方案

监测数据可以为施工方案的优化提供依据。根据监测结果, 可以调整土体开挖的顺序和速度、支护结构的设计参数等, 提高施工效率和质量。

2 深基坑施工监测的内容

首先是支护结构的监测。对围护墙的水平位移和竖向位移进行监测, 可以直观地反映出围护结构的稳定性。例如: 通过在围护墙上安装测斜仪来精确测量其倾斜程度, 若水平位移过大, 可能预示着围护结构有失稳风险。其次是周围岩土体的监测。监测内容包含地下水位变化, 水位的异常升降可能导致土体性质改变, 影响基坑安全; 还有土体深层水平位移, 了解土体内部的移动状况, 如采用分层沉降仪来获取土体不同深度的位移信息^[3]。另外, 对周边环境的监测也极为重要。要观察周边建筑物的沉降、倾斜和裂缝情况, 以及地下管线的变形程度, 避免施工对周边设施造成破坏。

3 深基坑施工监测的技术与仪器

在技术方面, 主要包括测量技术和数据处理技术。测量技术如水准测量, 用于监测沉降; 角度测量、距离测量用于确定位移。数据处理技术则通过对采集的数据进行分析、建模, 来判断基坑的安全状况。对应的仪器有水准仪, 用于精确测量高程差, 确定基坑及周边建筑的沉降情况。测斜仪可监测土体深层水平位移和支护结构的倾斜程度。全站仪能够测量角度、距离和高差, 综合获取支护结构和周边环境的空间位置变化, 这些技术和仪器为深基坑施工安全提供了保障^[4]。

4 深基坑施工监测数据的采集与处理

深基坑施工监测数据的采集至关重要。通常采用专业仪器如水准仪、测斜仪等定期进行数据采集, 记录支护结构位移、周边建筑物沉降等参数。在数据处

理方面,首先对采集的数据进行整理和筛选,去除异常值。然后通过对比不同时间点的数据,分析变化趋势。利用专业软件进行建模和计算,评估基坑的稳定性。若发现数据异常,及时进行预警并采取相应措施,确保施工安全。同时,将处理后的数据以图表等形式直观呈现,便于相关人员理解和决策^[5]。

5 深基坑施工监测数据的分析方法

一是对比分析法,将当前监测数据与前期数据进行对比,观察数据的变化趋势,还可以和设计允许值对比,判断是否超出安全范围。例如:对比支护结构的位移数据,看其是否稳定或有加速变化的趋势。二是统计分析法,对大量监测数据进行统计,计算均值、标准差等统计参数,评估数据的离散程度和可靠性^[6]。三是时间序列分析法,把监测数据看作时间序列,通过构建模型来预测未来数据的走向,提前发现潜在风险,为深基坑施工安全提供有效支持。

6 具体案例分析

6.1 工程概况

西安荟聚购物广场是一座大型商业综合体,它拥有现代化的建筑设计和宽敞舒适的购物空间。项目集购物、餐饮、娱乐等多种功能于一体,引进众多国内外知名品牌,为西安市民带来全新的购物休闲体验。

6.2 监测方案

1. 监测目的。要保证基坑及周边环境在施工与使用时安全稳定,及时察觉可能出现的变形、位移等问题并预警,保障施工安全及周边设施正常使用。为施工决策提供科学依据,分析监测数据以优化方案、调整进度与支护措施,确保工程质量与进度。

2. 监测项目。(1) 基坑支护结构监测。监测基坑边坡水平与竖向位移,在支护桩设测斜管测深层水平位移,在关键部位设应力应变监测点,监测支护结构内力变化。(2) 周边环境监测。在周边高层建筑、道路、地下管线等关键部位布置沉降监测点,监测其在施工过程中的沉降情况;对周边建筑物的倾斜进行监测,及时发现可能出现的不均匀沉降导致的倾斜问题;对周边道路的裂缝开展定期巡查和监测,记录裂缝的发展变化情况。(3) 岩土体及地下水监测。在基坑周边的岩土体中钻孔埋设孔隙水压力计,监测岩土体中的孔隙水压力变化;设置地下水位观测井,监测地下水位的动态变化,了解基坑降水对周边地下水位的影响范围和程度。

3. 监测点布置。(1) 支护结构监测点。沿基坑周边的支护桩每隔一定距离布置水平位移和竖向位移监测点,一般间隔15~20 m;在支护桩的关键部位,如

桩顶、桩身变截面处等布置应力应变监测点;在基坑的阳角、阴角等应力集中部位适当加密监测点。(2) 周边环境监测点。在周边高层建筑的角点、外墙等部位每隔10~15 m布置一个沉降监测点,在建筑物的中部适当布置倾斜监测点;沿周边道路每隔20~30 m布置一个沉降监测点,在道路的交叉路口、与基坑距离较近处等重点部位加密监测点;在地下管线的上方或附近每隔10~15 m布置一个位移和沉降监测点,对于重要的管线,如给水管、燃气管等,适当增加监测点数量。(3) 岩土体及地下水监测点。在基坑周边的岩土体中,根据地质条件和基坑形状,每隔20~30 m钻孔埋设孔隙水压力计和测斜管;在基坑周围均匀布置地下水位观测井,一般每隔30~50 m布置一口观测井,在基坑的上下游和周边环境敏感区域适当加密观测井。

4. 监测频率。在基坑开挖初期,监测频率为每周1~2次;随着基坑开挖深度的增加和施工进度的加快,当开挖深度达到设计深度的1/3、1/2、2/3等关键阶段时,监测频率提高至每天1次;在基坑底板浇筑完成后的一段时间内,监测频率仍保持较高水平,每天1次,之后逐渐降低至每周2~3次,直至基坑回填完成。当监测数据出现异常变化或接近报警值时,应增加监测频率,甚至进行实时监测,以便及时掌握变形发展趋势,采取相应的处理措施^[7]。

5. 监测仪器设备。(1) 水平位移监测。采用全站仪、经纬仪等测量仪器,通过建立基准控制网,测量监测点的坐标变化来确定水平位移。(2) 竖向位移监测。使用水准仪,按照二等水准测量精度要求,测量监测点的高程变化来获取竖向位移。(3) 应力应变监测。安装钢筋应力计、混凝土应变计等传感器,通过数据采集仪采集传感器的应变数据,进而计算支护结构的内力变化。(4) 孔隙水压力监测。采用孔隙水压力计,将其埋设在岩土体中,通过数据采集系统实时测量孔隙水压力的变化。(5) 地下水位监测。使用水位计,将其放入地下水位观测井中,定期测量地下水位的高度,获取地下水位的动态变化数据。

6.3 监测结果分析

1. 支护结构监测结果。(1) 水平位移。在基坑开挖过程中,支护桩的水平位移呈现出逐渐增大的趋势,但均未超过设计允许值。例如:在基坑开挖至-8 m深度时,支护桩顶部的最大水平位移为12 mm,随着开挖深度的继续增加,至基坑开挖完成时,最大水平位移控制在25 mm以内,表明支护结构能够有效地限制基坑的侧向变形,保证基坑的稳定性。(2) 竖向位移。支护桩的竖向位移表现为整体下沉,下沉量较小,最大下沉量约为8 mm,主要是由于基坑开挖卸载和土体自

重作用引起的,对支护结构的整体稳定性影响较小。(3)应力应变。通过对应力应变监测数据的分析可知,支护结构的内力变化在设计预期范围内。在基坑开挖初期,内力增长较为缓慢,随着开挖深度的增加和土压力的增大,内力逐渐增大,但未出现应力集中或超过设计强度的情况,说明支护结构的设计和施工是合理的^[8]。

2. 周边环境监测结果。(1)周边建筑监测。周边高层建筑的沉降监测数据显示,各监测点的沉降量均在规范允许范围内,最大沉降量为 5 mm,且沉降较为均匀,未出现明显的不均匀沉降现象。建筑物的倾斜监测结果也表明,倾斜率未超过 0.001,说明基坑施工对周边高层建筑的影响较小,未对其结构安全造成威胁。(2)道路监测。道路沉降监测点的监测数据表明,道路在基坑施工过程中出现了一定程度的不均匀沉降,最大沉降差为 3 mm,但未出现明显的裂缝和变形,对道路的正常使用寿命影响不大。通过对道路的定期巡查和监测,及时发现并处理了一些潜在的安全隐患,如对局部出现的微小裂缝进行了修补和加强处理。(3)地下管线监测。地下管线的位移和沉降监测结果显示,各监测点的位移和沉降量均较小,未超过管线的允许变形值,管线的运行状态正常,未因基坑施工而发生泄漏、破裂等事故。在施工过程中,根据监测数据对地下管线的保护措施进行了及时调整和优化,如对靠近基坑的管线增加了支撑和防护措施,确保了地下管线的安全。

3. 岩土体及地下水监测结果。(1)孔隙水压力变化。孔隙水压力监测结果表明,在基坑开挖初期,孔隙水压力下降较快,随着降水措施的持续实施和止水帷幕的作用,孔隙水压力逐渐趋于稳定。孔隙水压力的变化范围在设计预期之内,未出现异常的孔隙水压力升高或降低现象,说明基坑降水和止水措施是有效的。

(2)地下水位变化。地下水位观测结果显示,在基坑开挖过程中,地下水位下降明显,最大降幅为 2.5 m,且随着距离基坑边缘距离的增加,地下水位的下降幅度逐渐减小。在基坑周边的环境敏感区域,地下水位的变化也在可控范围内,未对周边的生态环境和地下水资源造成明显的不良影响。

6.4 监测结论

通过对西安荟聚购物广场深基坑施工过程的监测,各项监测数据均在设计允许范围和规范要求之内,表明该基坑采用的支护形式以及相应的施工方案是合理可行的,能够有效地保证基坑及周边环境的安全稳定,为购物中心的建设提供了有力的保障。监测工作的及时开展和数据分析为施工过程中的决策提供了科学依据,通过对监测数据的实时反馈,施工单位能够及时调整施工进度和支护措施,避免了安全事故的发生,确保了工程的顺利进行。同时,监测数据也为后续的

工程验收和运营维护提供了重要的参考依据。本工程的监测经验可为类似深基坑工程的监测和施工提供参考,在今后的深基坑工程中,应进一步加强监测工作的管理和数据分析,不断优化监测方案,提高监测精度,为深基坑工程的安全施工提供更加可靠的保障。

7 深基坑施工监测技术的发展趋势

在智能化方面,传感器将更加智能,能够自动采集、传输数据,并进行初步分析。大数据与人工智能的应用也会增多,通过对海量监测数据的深度分析,实现更精准的风险预测。无线传输技术将进一步普及,减少布线成本和施工难度^[9]。同时,监测设备将向小型化、集成化发展,提高监测的便捷性和效率。多学科融合也会推动监测技术不断创新,为深基坑施工安全提供更有力的保障。

8 结束语

在深基坑施工过程中,监测技术与数据分析至关重要。对土体位移、支护结构、地下水位及周边环境加以监测,及时分析处理数据,能迅速发现问题并采取措施,保障施工安全与顺利进行。在实际工程中,需依据工程特点和周边环境要求,制定科学合理的监测方案,选择合适的监测方法与仪器,采用正确的数据分析方式,为施工提供有力的技术支持。随着科技的进步,深基坑施工监测技术也会持续发展创新,为深基坑工程安全施工提供更先进可靠的技术保障,确保施工过程安全以及周边环境稳定。

参考文献:

- [1] 陈延可,李嘉豪,胡金木.基于监测数据与 AHP-模糊综合评判法的深基坑工程安全评价[J].安徽建筑,2024,31(11):140-144.
- [2] 蒋梦楚.深基坑变形监测及位移分析方法研究[J].城市建设理论研究(电子版),2024(32):78-80.
- [3] 孙志鑫.高层建筑深基坑施工沉降监测技术与数据分析[J].建材发展导向,2024,22(20):13-15.
- [4] 邵光院.城市复杂环境下的深基坑监测在实际工程中的应用[J].中国建筑装饰装修,2024(15):158-160.
- [5] 唐玲.深基坑工程变形监测技术及应用研究[J].工程技术研究,2024,09(13):57-59.
- [6] 陈鹏.深基坑工程对周围环境的影响及安全监测研究[J].现代物业(中旬刊),2019(08):63.
- [7] 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.
- [8] 商和超.建设工程深基坑变形与主体沉降监测技术研究[J].中国建筑金属结构,2024,23(06):14-16.
- [9] 卢维,范兵涛.基坑监测技术在深基坑工程中的应用研究[J].房地产世界,2024(11):140-142.