

深基坑开挖过程中的变形监测与控制技术

徐慧敏

旭瑞(上海)物业管理有限公司 上海 200000

摘要:深基坑开挖工程中,变形监测与控制技术至关重要。变形监测涵盖水平位移、垂直位移、倾斜等多方面,运用极坐标法、水准测量法、测斜仪等技术与设备,实时掌握基坑及周边环境变形情况。变形控制则遵循科学开挖支护原则,加强支护体系维护,稳定坑底,保护周边环境。通过精准监测与有效控制相结合,能及时发现潜在风险,采取针对性措施,保障深基坑施工安全,维护周边环境稳定,确保工程顺利进行。

关键词:深基坑开挖;变形监测;控制技术

1 深基坑开挖过程中的变形类型

1.1 垂直位移

在深基坑的开挖作业进程中,垂直位移是一种极为常见且不容忽视的变形现象。从坑底来看,随着上方土体被逐步挖除,坑底原本承受的土压力大幅减小,就如同弹簧被释放压力后产生回弹一样,坑底土体会发生向上回弹的现象。这种回弹量并非固定不变,而是受到诸多因素的综合影响。开挖深度越深,坑底土体受到的卸载作用越显著,回弹量往往也就越大;土层性质不同,其回弹特性也各异。当基坑开挖后,坑边土体失去了原有的侧向支撑,土体内部的应力状态发生改变,在重力以及周边土体应力重新分布的作用下,坑边土体逐渐向下移动。这种下沉现象如果得不到有效控制,会对周边环境造成严重危害。

1.2 水平位移

水平位移在深基坑开挖过程中占据着重要地位,是另一种不容小觑的变形类型。它主要发生在坑壁土体之中。当基坑进行开挖时,坑壁土体原本所依赖的支撑结构被逐步拆除,土体失去了原有的约束,在坑内外土压力差的作用下,开始向坑内发生水平移动。这种水平位移的大小和范围受到多种复杂因素的交织影响。不同的土层具有不同的物理力学性质,如黏聚力、内摩擦角等。黏聚力较大、内摩擦角较大的土层,其抵抗水平位移的能力相对较强;而一些松散、软弱的土层则更容易发生较大的水平位移。开挖深度对水平位移的影响也十分显著。随着开挖深度的增加,坑壁土体所承受的土压力差逐渐增大,水平位移的趋势也会更加明显^[1]。支护结构形式及施工方法同样对水平位移起着重要作用,合理的支护结构形式能够有效地抵抗土压力,限制土体的水平位移;而科学的施工方法可以减少对土体的扰动,降低水平位移的发生概率。如果支护结构刚度不足或施工

方法不当,水平位移可能会超出安全范围,导致支护结构失效,甚至引发基坑坍塌等严重事故,给工程带来巨大的经济损失和安全隐患。

1.3 倾斜变形

倾斜变形是深基坑开挖过程中一种较为复杂的变形现象,它指的是基坑整体或局部在开挖过程中由于各种因素的作用而发生倾斜的情况。倾斜变形的产生与多种因素密切相关,土层分布不均是导致倾斜变形的重要原因之一。在实际工程中,基坑所在场地的土层往往并非均匀分布,不同土层的厚度、性质存在差异。当开挖过程中遇到软弱土层或土层厚度变化较大的区域时,由于土体承载力的差异,基坑容易出现不均匀沉降,进而引发倾斜变形。开挖顺序不合理也会加剧倾斜变形的发生。如果开挖顺序没有遵循科学的原则,支护结构刚度不足同样是导致倾斜变形的重要因素。支护结构的主要作用是抵抗土压力,保持基坑的稳定。如果支护结构的刚度不够,无法有效地约束土体的变形,在土压力的作用下,基坑就容易发生倾斜。

1.4 围护结构变形

围护结构变形是深基坑开挖过程中需要高度关注和严格控制的一种变形类型。然而在开挖过程中,围护结构会受到多种力的综合作用。土压力是围护结构承受的主要外力之一,随着开挖的进行,坑内外土压力差逐渐增大,围护结构需要承受更大的土压力。水压力也是一个不可忽视的因素,尤其是在地下水位较高的地区,水压力会对围护结构产生较大的侧向作用力。施工荷载,如施工机械的振动、堆放材料的重量等,也会对围护结构产生附加应力。在这些力的作用下,围护结构会发生变形。围护结构变形过大可能会带来严重的后果,一方面,变形过大可能导致支护结构失效,使基坑失去稳定,引发坍塌等事故,威胁施工人员的生命安全。另一

方面,围护结构变形还可能对周边环境造成损害,如导致周边建筑物出现裂缝、地下管线破裂等。

2 深基坑开挖过程中的变形对周边环境的影响

2.1 对建筑物的影响

深基坑开挖时产生的各类变形,会以多种形式作用于周边建筑物。垂直方向上,坑底土体回弹与坑边土体下沉引发的不均匀沉降,是建筑物受损的常见诱因。这种沉降差异会使建筑物基础受力失衡,墙体因应力集中而开裂,裂缝不仅破坏建筑外观,更削弱其结构整体性,降低承载力^[2]。水平方向上,基坑的水平位移和倾斜变形,让建筑物产生水平移动和扭转,导致梁、柱等结构构件承受额外弯矩和剪力,可能引发构件裂缝、变形甚至破坏。开挖过程中的振动和噪音也会对建筑物产生间接影响。施工振动可能使室内装饰材料松动、脱落,影响居住舒适度;持续的高强度噪音干扰居民生活与工作,损害身心健康。

2.2 对地下管线的影响

深基坑开挖变形对地下管线的威胁极大。垂直位移会使地下管线承受附加应力,导致拉伸或压缩变形。水平位移则会使管线发生弯曲、错位,影响其正常使用功能。电缆线管若发生弯曲,可能导致电力传输故障;通信管线错位,会影响信息传输的稳定性。而且,管线的变形还可能破坏其防腐层和保护层,加速管线的腐蚀和老化,缩短使用寿命。

2.3 对地表土体的影响

深基坑开挖变形对地表土体的影响直观且显著。垂直位移会导致地表出现高低起伏,形成坑洼或隆起,影响地表的美观和通行。水平位移会使地表土体发生滑移,改变原有的地形地貌,可能引发水土流失。倾斜变形则会使地表土体产生不均匀沉降,导致地面出现裂缝,裂缝的发展可能进一步破坏地表植被,影响生态平衡。

3 深基坑开挖变形监测技术

3.1 监测方法与技术

深基坑开挖变形监测是一项复杂且关键的工作,其监测方法与技术多种多样,每种方法都有其独特的适用场景和优势。水平位移监测中,常用的有极坐标法和小角法,极坐标法通过测量监测点与基准点之间的水平距离和方位角,利用三角函数计算监测点的水平位移。该方法精度较高,适用于对位移精度要求严格的工程。小角法则是通过测量基准线与监测点方向线之间的小角度变化,结合已知距离计算位移,操作相对简便,在开阔场地应用广泛。垂直位移监测主要采用水准测量法,利用水准仪和水准尺,通过测量监测点与基准点之间的高

差变化,来确定监测点的垂直位移。该方法技术成熟,精度可靠,是垂直位移监测的经典方法。静力水准仪也可用于垂直位移监测,它具有连续监测、自动化程度高的特点,能够实时获取监测数据。倾斜变形监测方面,有全站仪倾斜测量和倾斜传感器监测等方法。全站仪倾斜测量通过测量监测点在不同方向上的倾斜角度,计算倾斜量。倾斜传感器则可以直接安装在监测结构上,实时监测倾斜变化,并将数据传输至监测系统。围护结构变形监测常用深层水平位移监测和收敛监测技术,深层水平位移监测通过在围护结构中埋设测斜管,利用测斜仪测量测斜管不同深度的倾斜角度,从而获取围护结构的深层水平位移情况。

3.2 监测点的布置与要求

监测点的合理布置是确保监测数据准确性和代表性的关键。监测点的布置应遵循全面性、代表性和重点性原则。全面性原则要求监测点应覆盖深基坑的各个关键部位,包括基坑边坡、围护结构、周边建筑物、地下管线等。对于基坑边坡,应在不同坡段、不同高程位置设置监测点;围护结构上,应按照一定的间距均匀布置监测点,同时重点监测变形较大的部位,如基坑转角、围护结构接头等^[3]。代表性原则强调监测点应能反映深基坑变形的主要特征和规律,在选择监测点位置时,应考虑地质条件、施工工艺、周边环境等因素的影响。重点性原则是指对深基坑安全影响较大的部位应重点监测。如周边有重要建筑物、地下管线时,应在这些建筑物和管线附近加密布置监测点,以便及时发现潜在的安全隐患。监测点的布置还应满足一定的技术要求,监测点应具有稳定性,不易受到施工活动和其他外界因素的干扰;监测点的标识应清晰、牢固,便于观测和保护;监测点的埋设深度和方式应符合相关规范要求,确保能够准确反映监测对象的变形情况。

3.3 自动化监测与智能分析

随着科技的不断进步,自动化监测技术在深基坑变形监测中得到了广泛应用。自动化监测系统通过传感器、数据采集设备、通信网络和监测软件等组成,实现了对深基坑变形的实时、连续监测。传感器是自动化监测系统的核心部件,能够实时感知监测对象的变形信息,并将其转换为电信号。常用的传感器有测斜仪、位移传感器、倾斜传感器、应力应变传感器等。数据采集设备负责收集传感器传输的电信号,并进行初步处理和存储。智能分析是自动化监测系统的重要功能之一,通过对大量监测数据的分析和处理,利用人工智能、大数据等技术,建立变形预测模型,实现对深基坑变形的实

时预警和趋势预测。智能分析系统能够自动识别监测数据中的异常变化,及时发出预警信号,为工程决策提供科学依据。同时智能分析还可以对监测数据进行深度挖掘,总结深基坑变形的规律和特点,为类似工程的设计和施工提供经验参考。

4 深基坑开挖变形控制技术

4.1 开挖与支护原则

在深基坑开挖过程中,遵循科学合理的开挖与支护原则是控制变形的关键。开挖应遵循“分层、分段、对称、平衡”的原则,分层开挖可有效降低每次开挖对土体的扰动,避免一次性开挖过深导致土体应力释放过快,从而减少变形。分段开挖则能根据基坑的实际情况,将基坑划分为若干区域,逐步进行开挖,便于控制每段的变形情况。对称开挖可保证基坑两侧土体的应力平衡,防止因一侧开挖过快而引起另一侧土体的侧向位移。平衡开挖强调在开挖过程中,土体的挖除量与支护结构的支撑力相匹配,避免出现土体失稳或支护结构过载的情况。开挖应与支护施工紧密配合,做到“随挖随支”,及时为开挖后的土体提供支撑,减少土体的暴露时间和变形风险。

4.2 支护体系的加强与维护

在支护体系设计阶段,应充分考虑基坑的深度、地质条件、周边环境等因素,选择合适的支护结构形式,如排桩支护、地下连续墙支护、土钉墙支护等,并确保支护结构具有足够的强度和刚度。在施工过程中,要严格按照设计要求进行支护结构的施工,保证施工质量。对于已施工完成的支护结构,应定期进行检查和维护。检查内容包括支护结构的变形、裂缝、渗漏等情况,一旦发现问题,应及时采取措施进行处理,如对裂缝进行修补、对渗漏部位进行封堵等。要注意对支护结构的保护,避免在施工过程中受到碰撞、损坏等。

4.3 坑底稳定控制

坑底稳定是深基坑变形控制的重要环节。在开挖至坑底设计标高后,应及时进行坑底处理,如采用换填、压实等方法提高坑底土体的强度和稳定性。对于软土地基,可采取注浆加固、搅拌桩加固等措施,改善坑底

土体的物理力学性质。在坑底施工过程中,要严格控制施工荷载,避免在坑底堆放过多材料或进行重型机械作业,防止因荷载过大导致坑底土体失稳^[4]。同时要注意坑底的排水措施,设置有效的排水系统,及时排除坑底积水,防止因积水浸泡导致坑底土体软化、强度降低。

4.4 周边环境的保护

深基坑开挖变形会对周边环境产生较大影响,因此保护周边环境是变形控制的重要目标。在开挖前,应对周边环境进行详细的调查和评估,了解周边建筑物、地下管线、道路等设施的分布和状况,制定相应的保护措施。在开挖过程中,要加强对周边环境的监测,及时发现因开挖引起的变形和位移情况。一旦发现周边环境出现异常,应立即采取措施进行处理,如对周边建筑物进行加固、对地下管线进行保护等。同时要合理控制开挖速度和施工工艺,减少对周边环境的扰动。还可以与周边相关单位和居民进行沟通和协调,争取他们的理解和支持,共同做好周边环境的保护工作。

结束语

深基坑开挖的变形监测与控制技术是保障工程安全的关键所在。在复杂多变的工程环境下,精准的监测能为我们提供及时、准确的数据支持,而有效的控制措施则是应对变形风险的有力武器。未来,随着技术的不断进步,应持续探索创新,优化监测与控制方法,提高工程的安全性和可靠性,为城市建设的安全发展贡献力量,让每一项深基坑工程都能在安全稳定的轨道上顺利推进。

参考文献

- [1] 高开强. 自动化监测系统在深基坑工程中的应用及可靠性分析[J]. 经纬天地, 2021, 36(1): 75-78
- [2] 郑晖, 付凯. 基于Android的基坑变形自动化监测软件设计与实现[J]. 地理空间信息, 2022, 20(7): 120-123
- [3] 张彬彬. 监测基准网稳定性分析及应用研究[J]. 福建建设科技, 2022, 37(4): 53-55
- [4] 吴克龙. 地铁车站深基坑开挖过程中的变形控制技术探讨[J]. 建筑工程技术与设计, 2022, 10(25): 73-75.