

深基坑土建施工的边坡支护结构选型与变形监测预警系统应用

许新波

372926*****3930

摘要: 伴随城市建设的持续推进, 高层及超高层建筑、地下空间开发项目数量与日俱增, 深基坑工程在土建施工中的应用更为广泛。在深基坑施工过程中, 边坡支护结构的合理选型以及有效的变形监测预警, 是保障工程安全、周边环境稳定和施工顺利开展的关键环节。本文聚焦深基坑土建施工中的边坡支护结构选型展开剖析, 探讨了影响选型的各类因素以及常见支护结构类型的特性与适用场景, 并对变形监测预警系统的构成、工作原理、应用流程及优化方向进行了深入研究, 旨在为深基坑工程的安全施工提供理论参考与实践指引, 推动深基坑施工技术的进一步发展与完善。

关键词: 边坡支护结构; 选型; 变形监测预警系统

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 10. 081

引言

在现代城市建设当中, 土地资源的紧张促使建筑向高空与地下拓展, 深基坑工程成为土建施工的重要组成部分。其施工环境复杂, 边坡失稳是严重的安全隐患, 不仅可能引发基坑坍塌、人员伤亡和财产损失, 还会对周边建筑、地下管线等基础设施造成破坏, 引发连锁反应。

因此, 需要科学地选择边坡支护结构并构建高效的变形监测预警系统。前者作为防护手段, 能够抵抗土压力、水压力以防止边坡失稳, 其选型需与地质、基坑深度等条件相适配, 直接关系到工程的安全、经济性与效率; 后者可实时获取变形数据, 经分析后对隐患进行预警, 为应急措施提供依据。

本文围绕深基坑土建施工展开研究, 先剖析边坡支护结构选型的影响因素, 再介绍常见支护类型及适用情况, 接着阐述变形监测预警系统的构成与工作机制, 最后探讨系统应用的优化策略, 以期工程实践提供借鉴。

1 深基坑边坡支护结构选型分析

1.1 边坡支护结构选型的影响因素

深基坑边坡支护结构的选型是一项复杂的系统工程, 需综合考量多种因素, 以确保所选支护结构能够满足工程安全、经济、可行的要求。以下为影响边坡支护结构选型的主要因素:

1.1.1 地质与水文条件

地质条件是边坡支护结构选型首先需要考虑的因素, 不同的土层性质(如粘性土、砂性土、碎石土等)、

土层分布以及岩土体的物理力学性能(如抗压强度、抗剪强度、凝聚力、内摩擦角等), 对支护结构的受力状况和稳定性有着直接影响。例如, 在软土地区, 由于土体的抗剪强度较低、压缩性较大, 易产生较大的沉降和位移, 因此需要选用刚度较大、支护能力较强的支护结构; 而在岩石地层中, 由于岩石的强度较高、稳定性较好, 支护结构的选型相对灵活, 可根据实际情况选择较为经济的支护方式。

水文条件同样不容忽视, 地下水位的高低、地下水的类型(如潜水、承压水等)、含水层的渗透性等, 会影响土体的力学性能和支护结构的受力状态。当地下水位较高时, 地下水会对边坡产生静水压力和动水压力, 可能导致边坡管涌、流砂等现象的出现, 因此在支护结构选型时需要考虑降水、止水措施, 或者选择能够抵抗水压力的支护结构类型。

1.1.2 基坑深度与尺寸

基坑的深度和尺寸直接决定了边坡的高度和坡度, 进而影响支护结构的受力大小和支护难度。一般而言, 基坑深度越大, 边坡的稳定性越差, 所需支护结构的强度和刚度也越高; 基坑的平面尺寸和形状也会对支护结构的选型产生影响, 对于不规则形状的基坑, 需要依据不同部位的受力特点, 选择合适的支护结构类型, 以保障整个基坑边坡的稳定性。

1.1.3 周边环境条件

周边环境是边坡支护结构选型中必须重点关注的因素之一, 涵盖周边建筑物、地下管线、道路、桥梁等基础设施的分布情况、与基坑的距离以及对沉降和位移

的敏感程度。如果基坑周边存在重要的建筑物或精密仪器设备,对沉降和位移的要求极为严格,那么在选型时需要选择变形控制能力强的支护结构,并采取有效的措施减小支护结构和周边土体的变形;若周边有地下管线,尤其是天然气管道、输油管道、高压电缆等重要管线,需要避免支护施工对管线造成破坏,同时防止基坑变形导致管线破裂、泄漏等事故的发生。

1.1.4 施工条件与工期要求

施工条件包括施工现场的场地大小、施工机械的配备情况、施工队伍的技术水平等,这些因素会影响支护结构施工的可行性和便捷性。例如,在场地狭窄的施工现场,大型施工机械难以开展作业,此时应选择施工工艺相对简单、占地面积较小的支护结构类型;施工队伍的技术水平也会限制某些复杂支护结构的应用,若施工队伍缺乏相应的施工经验和技能能力,可能会导致支护结构施工质量无法得到保障。

工期要求也是支护结构选型的重要影响因素之一。不同的支护结构类型,其施工周期存在较大差异,对于工期紧张的工程项目,需要选择施工速度快、效率高的支护结构,以确保工程能够按时完成。

1.1.5 经济性要求

在满足工程安全和使用功能的前提下,经济性是边坡支护结构选型的重要考量因素。不同支护结构的造价差异较大,需要对各种可行的支护方案进行经济分析和比较,选择性价比最高的支护结构类型。在进行经济分析时,不仅要考虑支护结构的初期建设成本,还需要考虑后期的维护费用、可能发生的事故处理费用等。实现工程全生命周期成本的优化。

1.2 常见深基坑边坡支护结构类型及其适用情形

结合深基坑工程的需求以及选型的影响因素,在土建施工中,常用的边坡支护结构有四类,每类均具有独特的特点与适用场景:

1.2.1 排桩支护结构

该结构由沿边坡排列的灌注桩、预制桩或钢板桩构成,桩顶可设置冠梁以增强其稳定性。其核心优势在于刚度较大、支护能力较强、变形控制效果良好,适用于软土地区、深度超过 6m 或者周边对变形要求较为严格的工程。按照材料进行划分:灌注桩工艺成熟,桩身质量易于控制,适用于多数地质条件;预制桩施工速度较快,但对机械设备要求较高,在软土地区容易出现倾斜断裂的情况;钢板桩施工便捷,可重复使用且止水效果较好,适合地下水位较高的工程,然而其刚度较小,不适用于深基坑或高土压力的场景。

1.2.2 土钉墙支护结构

此结构通过在土体内设置钢筋土钉,并结合喷射混凝土面层形成支护体系,依靠土钉与土体之间的摩擦力和粘结力来稳定边坡。其优点为施工简便、速度快、造价较低、对环境影响较小,适用于粘性土、粉土、砂土地质,且深度小于 12m、周边对变形要求不高的工程。其局限性在于支护能力较弱、变形控制效果较差,在软土或高水位地区需要配套降水止水措施,当土体抗剪强度较低时还可能出现塌方现象。

1.2.3 地下连续墙支护结构

该结构通过成槽、放置钢筋笼、浇筑混凝土等工序形成连续的钢筋混凝土墙,兼具支护与止水功能,具有刚度大、整体性好、止水效果佳、支护深度大(可达数十米)等特点,适用于复杂地质、软土高水位、深度大且周边对变形要求极高的工程(如地铁车站)。但施工工艺复杂,对设备技术要求较高,施工周期长,造价高,成槽坍塌或混凝土质量不佳容易导致支护失效。

1.2.4 水泥土搅拌桩支护结构

以水泥作为固化剂,与土体搅拌形成桩体,可采用单排、双排或格栅式布置。该结构施工便捷、造价低、止水效果好,适用于淤泥、淤泥质土等软土地质,且深度小于 7m 的工程。缺点是强度和刚度较低、支护能力有限、变形较大,不适用于深基坑或对变形要求严格的场景,施工过程中搅拌均匀度、固化剂掺量以及养护情况均会影响桩体强度和支护效果。

1.3 边坡支护结构选型的优化策略

为确保深基坑边坡支护结构选型的合理性与科学性,在实际工程中,应采取以下优化策略:

首先,强化地质勘察工作,保障地质勘察数据的准确性和完整性。地质勘察是支护结构选型的基础,只有充分掌握施工现场的地质条件、水文条件等信息,才能为支护结构选型提供可靠的依据。在勘察过程中,应采用多种勘察手段,如钻探、原位测试、室内试验等,全面获取岩土体的物理力学参数,为支护结构的设计和选型提供准确的数据支撑。

其次,构建多目标决策模型,综合考量安全、经济、工期等因素进行选型。支护结构选型不仅要满足工程的安全要求,还需兼顾经济性和工期要求,因此需要建立多目标决策模型,对不同的支护方案进行综合评价。在评价过程中,可采用层次分析法、模糊综合评价法等数学方法,对各影响因素进行权重分配,然后对不同支护方案的安全性、经济性、施工便捷性、工期适应性等指标进行量化评分,最终选择最优的支护方案。

最后,注重支护结构与周边环境的协调统一,降低对周边环境的影响。在支护结构选型和设计过程中,应充分考虑周边建筑物、地下管线、道路等基础设施的安全,采取有效的防护措施,减少支护结构施工和使用过程中对周边环境的扰动。例如,在靠近周边建筑物的部位,可采用刚度较大、变形较小的支护结构,并设置隔离桩、锚杆等措施,减少支护结构变形对周边建筑物的影响;在施工过程中,应合理安排施工顺序,优化施工工艺,降低施工噪音、振动和扬尘等对周边环境的污染。

2 深基坑变形监测预警系统应用分析

2.1 系统组成

该系统为“采集-传输-处理-分析-预警”一体化综合系统,核心包含五部分:一是监测传感器,包括GPS定位传感器(可全天候测量位移)、全站仪(用于近距离高精度监测)、测斜仪(测量内部水平位移)、水准仪/沉降计(测量沉降)、倾角仪(测量倾斜)、裂缝计(测量裂缝开合度),负责采集变形数据;二是数据采集设备(如采集仪、记录仪),可调节采集频率,施工初期进行高频监测,稳定后降低频率;三是数据传输网络,可采用有线(如以太网等,具有稳定抗干扰的特点)或无线(如GPRS/5G等,灵活易布线)方式,也可混合使用以保障数据传输的可靠性;四是数据处理中心,由软硬件构成,实现数据校验、滤波去噪、分析(计算变形速率等)及存储功能;五是预警发布平台,设置多级预警阈值,触发后通过多渠道发布预警信息。

2.2 工作原理

流程分为五步:首先在关键部位布置传感器并进行校准;施工过程中,采集设备按照设定频率采集数据,进行初步处理后传输至数据处理中心;数据处理中心对数据进行校验、去噪分析,并判断变形趋势;将变形参数与预警阈值进行对比,若触发预警则通过多渠道通知相关人员;接到预警后核查原因、启动应急预案,应急过程中持续监测,稳定后恢复常规监测并重点关注预警部位。

2.3 关键问题

主要存在四方面问题:传感器布置过于稀疏会遗漏信息,过于密集则会增加成本,且安装不当容易产生偏差;现场干扰(如电磁干扰、恶劣天气等)会导致数据传输中断或延迟;预警阈值凭经验设定,容易出现误报或漏报的情况;人员专业水平不足,难以准确分析数据

并判断风险。

2.4 优化策略

针对性优化措施如下:传感器布置需结合工程实际情况,重点区域进行加密布置,非重点区域减少配置,安装后进行校准;选择适配的数据传输方式;建立设备备份机制并对设备进行定期维护;综合理论研究、实际案例以及现场数据设定动态预警阈值;强化人员培训,引入专业团队,构建数据共享机制以实现多维度分析。

3 结论与展望

3.1 结论

本研究发现,深基坑边坡支护结构选型需综合考量地质水文、基坑尺寸、周边环境、工期及经济性等因素。排桩、土钉墙、地下连续墙、水泥土搅拌桩等支护结构各有适用场景,需依工程实际选择以保障施工安全、经济与高效。优化选型需加强地质勘察、构建多目标决策模型,并注重与周边环境协调。

深基坑变形监测预警系统由传感器、数据采集传输设备、处理中心及预警平台组成,通过实时处理分析变形数据触发预警,为应急提供依据。系统应用中存在传感器布置、数据传输、阈值设定及数据分析等问题,经针对性优化可提升预警效果,保障施工安全。

3.2 展望

未来,深基坑技术将多向发展:支护选型向智能化迈进,借大数据与AI建决策系统;支护材料向高性能化发展,研发应用高强度环保材料;监测预警系统趋向智能集成,与其他管理系统联动;监测技术向高精度多元化升级,用新型传感器与三维扫描技术,为施工安全提供全面支持,推动土建行业发展。

参考文献

- [1]何剑峰. 建筑工程深基坑支护结构选型原则与应用[J]. 四川水泥,2022(11):200-202.
- [2]朱学仁. 深基坑支护结构设计理论及工程应用[J]. 建筑工程技术与设计,2015,000(035):521-521.
- [3]陈思源. 建筑工程深基坑支护结构选型原则与应用[J]. 中国科技期刊数据库工业A,2022.
- [4]巩宪超. 桩锚支护结构技术在高边坡支护工程中的应用[J]. 建材发展导向,2020.
- [5]李经宇,于英霞,代均德,等. 超大深基坑支护结构综合选型及变形规律研究[J]. 河南大学学报(自然科学版),2023(006):053.