

地铁车站深厚淤泥质土层深基坑开挖与变形控制技术

刘志威

武汉市汉阳市政建设集团有限公司 湖北武汉 430050

DOI: 10.12238/ems.v7i5.13195

[摘 要] 为提升深厚淤泥质土层条件下深基坑施工的安全性及质量水平, 设定合理的施工方案并强化落实变形控制极为必要。基于此, 文章使用案例分析的方式, 以某地铁车站项目为例, 提出了一种“TRD 水泥土搅拌墙+地连墙+型钢组合支撑+轴力伺服系统”的深基坑开挖与变形控制施工方案, 并从土方开挖、TRD 水泥土搅拌墙施工、地连墙施工、型钢组合支撑梁安装施工、伺服系统施加等方面入手, 阐述了地铁车站深厚淤泥质土层深基坑开挖与变形控制的关键施工技术要点, 旨在为同类工程提供参考借鉴。

[关键词] 地铁车站项目; 深厚淤泥质土层; 深基坑开挖; 变形控制

引言:

深厚淤泥质土层属于软土地基, 在施工中, 实际所具备的受力性能偏低, 开挖难度相对较高。为提升深厚淤泥质土层深基坑施工的安全性及实效性, 必须要选定合适的施工技术方案, 重点实施变形控制, 为后续工程施工作业的顺利开展奠定良好基础。

一、项目概述

某地铁车站项目的基坑开挖深度约为-21 米, 承台底标高最深达到-25.9 米, 主要搭建起地下 4 层结构。在本项目施工区域内, 土层普遍为软土, 包括淤泥质土、粉质土、淤填土等, 实际所具备的受力性能偏低, 开挖难度相对较高。

在本项目的施工阶段, 主要结合对 TRD 水泥土搅拌墙施工方法、地连墙施工方法的应用, 构建起厚度为 700 毫米 TRD 水泥土搅拌墙以及厚度为 1200 毫米的地连墙, 展开深基坑使用, 加快深基坑施工速度, 建立型钢组合支撑, 结合轴力伺服系统, 实现对基坑变形的有效控制。

二、地铁车站深厚淤泥质土层深基坑开挖施工的关键技术要点

(一) 土方开挖

在项目施工前展开地质与水文勘察, 详细分析土层分布、含水量、孔隙比等参数, 评估地层稳定性。同时掌握地下水位、地表水文情况, 为降水方案设计提供依据。根据勘察结果调整基坑形状、开挖深度及支护参数, 确保结构安全。采用分段分层开挖法, 减少单次开挖厚度。布设沉降监测网, 重点关注抽水区域及周边建筑物。建立预警机制, 当累计沉降接近预警值时及时调整施工方案。

土方开挖期间, 展开分层分段施工, 采用 3 台挖掘机配合 4 个台阶分层开挖, 每段宽度控制在 8m 左右。先撑好标准段 2 根对撑, 再挖斜撑范围土方, 最后处理剩余土体。选定厚度为 700 毫米 TRD 水泥土搅拌墙以及厚度为 1200 毫米的地连墙, 建立型钢组合支撑, 结合轴力伺服系统, 搭建起支护体系, 保持基坑边坡稳定。采用管井降水, 降水深度控制在开挖基面以下 1m, 防止管涌现象。降水井顶板覆土回填后及时封堵^[1]。

(二) TRD 水泥土搅拌墙施工

在桩机定位施工中, 需要对铺设的两层钢板采取不同施工处理方法。为保证桩机运行稳定性, 需要保证第一层 3cm 钢板的铺设方向与墙体轴线方向相一致; 为杜绝场地下陷影响机架状态, 还需保证第二层 3cm 钢板的铺设方向与墙体轴线方向相垂直。

桩机需要沿着第一层 3cm 钢板上的提前画好的定位线行走移动。定位线的实际位置与走向依靠全站仪来确定。管理人员和指挥人员应在确定桩机到达指定位置后再开始移动,

并在此过程中使用经纬仪等测量工具及时测量当前桩机是否出现垂直度偏差等问题, 由此实现对切割箱长度与墙体高度的精确控制, 经过定位复核后的 TRD 桩机垂直度不得超过 1/250, 标高偏差约为±100mm。

在切割箱安装施工中, 施工人员应根据此次项目工程所使用的切割箱实际规格信息来调整土体切割的长度和深度, 按照施工顺序要求完成道具拼接与下钻。同时还要将测斜仪安装在切割箱的关键位置上, 了解切割箱在实际安装过程中所出现的位置偏移程度, 并及时采取相应措施完成墙体垂直度纠偏。

按照灰水灰比为 1.5 的拌制原则完成普通硅酸盐水泥浆液拌制。为防止水泥浆液在完成拌制后又出现成分离析问题, 需要将水泥浆液的停滞时间控制在 2h 以内。基于水泥浆液拌制的难度, 按照流动性指标所规定的数值完成对当前水泥浆液的流动度测试, 保证水泥浆液的携渣能力能够满足施工所需。

为增强最终成墙质量, TRD 水泥土地成墙的先行挖掘速度与成墙搅拌速度应分别控制在 1m/h 与 2m/h 以内。切割箱拼接与下钻施工应在桩机到场就位后进行, 以水平横向方向开始先行挖掘, 以水平挖掘方法开始回撤挖掘, 完成挖掘液和固化液注入。

针对连续墙的搭接施工要点为: 一是要将搭接距离控制在 40±10cm 左右; 二是要严格控制慢掘进速度; 三是要使用测量工具实时监测成墙垂直度, 保证成墙垂直度小于 1/250。

(三) 地连墙施工

完成场地平整与测量放样作业后, 设置钢筋混凝土导墙, 选定材料为 C20 混凝土, 将厚度为 100 毫米的 C20 素混凝土垫层设定在导墙的基底位置; 拆模后, 搭配引入规格为 200 毫米×200 毫米的钢筋混凝土撑作为墙间支撑结构, 控制间距大小为 3 米; 在单个槽段内, 必须要引入至少 2 个钢筋混凝土撑。地连墙施工期间, 选定的泥浆性能如表 1 所示。成槽阶段(开挖顺序如图 1 所示), 要求控制槽内的液面使用保持在不会导致泥浆外溢的状态下, 且与导墙顶面之间的距离大小要求维持在不高于 30 厘米的状态下。清槽阶段要实施对泥浆的持续性置换, 并控制槽底 0.5-1 米位置的泥浆比重保持在不低于 1.15 的水平; 控制沉渣厚度的最大值为 200 毫米, 清洁接缝。

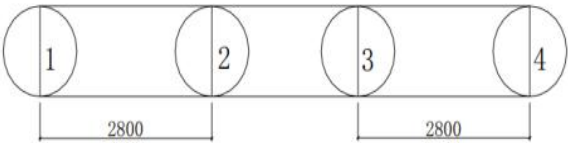


图 1 成槽阶段的开挖顺序示意图

表 1 泥浆性能

项目	新泥浆	循环泥浆	废泥浆	检验方法
比重	1.05-1.1	不超过 1.2	高于 1.2	泥浆比重锤
pH 值	8-9	8-10	高于 10	pH 试纸
含砂率	不超过 4%	不超过 4%	高于 4%	含沙量测定仪
粘度	20-25s	不超过 25s	高于 25s	500 毫升/700 毫升漏斗

处理地下连续墙的接头时,引入工字型型钢接头,工字型钢板后侧下部3~5米的范围内实施土袋回填处理,并在上部位置安排钢制接头箱的填充。应用机械连接的方式处理钢筋的纵向钢筋,在点焊作业的支持下连接纵向钢筋与横向钢筋;使用单面焊的方式加工桁架筋,将长度控制在10倍钢筋直径以上;控制接头位置相互错开;设置钢筋笼保护层,进行钢筋笼的吊装与下方。选取坍落度为200毫米±20毫米的混凝土实施混凝土浇筑作业,选用直径为300毫米的圆形螺旋快速接头类型的导管进行混凝土浇筑^[2];要求地下连续墙的墙顶标高位置所设置的混凝土结构,其强度必须要满足设计要求;实施超出设计高度0.8米的混凝土浇筑作业,且保证设计标高区域内不存在浮渣;安排冠梁的浇筑作业前,必须要凿除超高部分的混凝土以及顶部浮渣。

三、地铁车站深厚淤泥质土层深基坑开挖中的变形控制要点

在本项目中,主要依托伺服系统型钢组合支撑施工技术的应用,落实对地铁车站深厚淤泥质土层深基坑开挖中的变形控制,主要施工要点如下所示:

(一)角撑区土方开挖

为保证后续牛腿施工的顺利性,安排角撑区土方开挖施工阶段,主要沿着地连墙的一侧至另一侧方向实施土方开挖,如图2所示。控制土方开挖至超出标高1米左右,及时跟进对地连墙混凝土的打凿处理,要求露出主筋,并在质量达标后方可安排钢支撑施工。

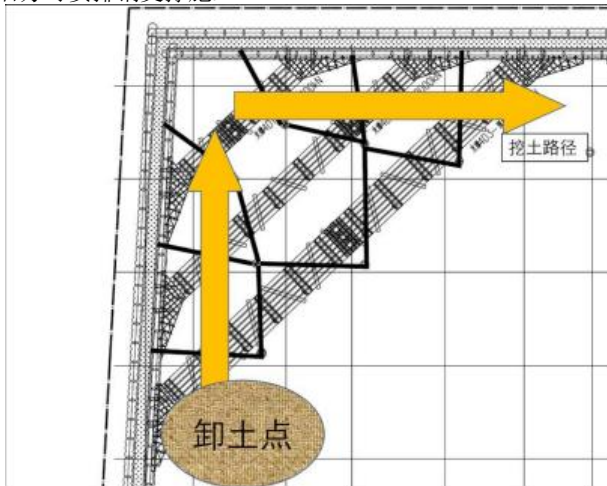


图2 角撑区土方开挖施工路径

(二)钢牛腿施工

将钢牛腿沿着基坑的周边进行安装,结合设计图纸确定安装位置与标高。控制设置在基坑周边闭合线上的钢牛腿可以与围檩中心线维持在相同水平,对应高差要保持在±2毫米以内。设定2毫米为钢牛腿的安装水平误差最大值,且要控制其仰角保持在不低于90°且不超过95°的水平^[3]。实施对钢牛腿的既有钢件对接处理期间,必须要安排专业技术人员全程检测钢牛腿的水平度、标高、垂直度等参数。

(三)围檩安装施工

合理设定基准点并展开拉线定位,要求实际的安装轴线偏差能够始终维持在不超过±20毫米的范围内。安装围檩阶段,优先选择标准节12米的构件以及较长的围檩,避免产生更多的接头。利用起吊作业在钢牛腿支架上放置钢围檩,并在就位后检查钢牛腿是否发生松动问题,若是判断相应结构有所松动则必须要迅速安排补焊加固处理。应用高强度螺栓实施紧固处理,并在紧固到设计扭矩后,将外套筒脱离螺母。实际安排对钢围檩体系的拼接施工期间,必须要控制所有构件形成整体结构,实现共同受力。

(四)托座与横梁的安装施工

在托座安装时,结合对H型钢、对撑、角撑定位标高的获取,实施对托座件顶面水平标高的反推处理,严格控制水

平标高,将误差始终控制在±5毫米以内;严格管控托座件的垂直度,若是型钢立柱出现偏位现象,则要通过加设钢垫板的操作实施对托座件垂直度的调整,确保满足垂直要求;牢固连接立柱桩与托座件,搭配摩擦型高强度螺栓的使用,提升结构可靠性。

(五)型钢组合支撑梁安装施工

型钢支撑安装施工中,在第一道支撑安装阶段,控制土方开挖至第一道支撑梁下0.5~0.8米标高时安装,采用栈桥出土或大型吊装设备;要求支撑与坑底净距不低于3米,与基础底板净距不低于0.5米,确保垂直度。进行分层安装与间距控制,第二层及以下支撑梁安装时,相邻支撑竖向净距不低于3米,各支撑与楼板净距不低于0.5米。土方开挖至下一层支撑工作面后及时架设,采用分层分段开挖方式^[4]。

安排装置安装与调试,其中,预应力装置包括加载横梁、千斤顶、保力盒及垫板,需垂直连接到支撑端;装置调试需确保加载力矩符合设计要求。进行分阶段预应力施加,先对第一道支撑施加预应力,待混凝土达到设计强度后,再安装第二道支撑并施加预应力。预应力施加后需进行专项检测,确保结构稳定。

(六)伺服系统施加

在本项目施工中,所选用的伺服系统为24h伺服系统,以此实现对支撑轴力以及基坑变形的有效控制。实践中,主要在基坑关键位置(如边坡、地墙等)安装高精度传感器,实时监测基坑沉降、倾斜、侧向位移等变形参数,并将数据传输至控制器。传感器数据通过有线或无线方式传输至控制器,控制器对数据进行分析处理,判断是否超出允许变形范围。根据控制器的指令,执行器(如液压支撑、拉杆支撑)调整支撑结构的力量和位置。例如,通过千斤顶施加轴力将被动压力区转换为主动压力区,纠正地墙变形。同时,系统形成闭环控制回路,传感器实时反馈调整后的变形情况,控制器根据反馈信号进一步优化控制策略,确保基坑稳定。

24h伺服系统在控制基坑变形期间,所应用的关键技术主要包括:第一,

轴力转换技术。在浅层土区域,利用千斤顶施加轴力改变土体应力分布,将地墙内侧被动压力区转换为主动压力区,提高变形控制效果。第二,分层控制策略。针对不同深度土层特性,设计分层控制方案。例如,在深层水平位移控制中,采用自动伺服系统可使位移量减少常规支撑体系的50%以上。在本项目实践中,通过监测数据评估变形控制效果,保证最大变形量控制在基坑开挖深度的0.7%以内,实现基坑变形的实时监测与动态调整,确保施工安全与周边环境稳定。

总结:

综上所述,在深厚淤泥质土地铁深基坑的施工实践中,结合对土方开挖、TRD水泥土搅拌墙施工、地连墙施工等施工技术要点的把控,能够提升深厚淤泥质土深基坑施工的安全性、质量水平,搭配型钢组合支撑梁安装施工、伺服系统施加,强化落实了对基坑变形的有效管控。

【参考文献】

[1]王燕,张飞.坑底土体加固对深厚淤泥质土地铁深基坑安全的影响[J].青岛理工大学学报,2023,44(06):60-66.

[2]张奕杭,刘建坤,郭保和,等.珠海深厚淤泥地层地体加固对基坑变形特性的影响[J].现代隧道技术,2024,61(S1):635-645.

[3]王金涛.深厚淤泥质土深大基坑变形监测和特点分析[A]第十九届全国岩土工程测试学术大会、第六届工程监测技术大会论文集[C].全国建筑工程勘察科技情报网华东情报站、中国建筑学会工程勘察分会、上海市地质学会、上海市勘察设计行业协会工程勘察与岩土分会;国家卫星定位系统工程技术研究中心、武汉大学测绘学院、中国遥感应用协会建设工程遥感分会、中国建筑学会工程勘察分会,2024:8.

[4]史学聪,范存新,郭兵,等.主动区土体加固对深厚淤泥质土地铁深基坑变形的影响[J].苏州科技大学学报(工程技术版),2022,35(01):54-60.