

复杂地质条件下 62 m 超深 TRD 止水帷幕 关键施工技术

卫中宁

(南京市建筑工程质量安全监督站, 江苏 南京 210017)

摘要:近年来,TRD 等厚度水泥土搅拌墙施工工艺作为一种基坑围护新技术,应用越来越广泛,但同时遇到的挑战也越来越大,尤其是遇到了复杂地质、超深等情况,该工艺施工难度会大大增加。以南京地区某工地为例,重点介绍了针对 62 m 超深、穿越砾石层的 TRD 施工工艺和关键施工技术,为今后类似工程施工提供借鉴。

关键词:复杂地质;超深;TRD;施工技术

中图分类号: TU94

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2020)11-0127-03

1 工程概况

某基坑工程位于南京市浦口区,平面形状总体呈长方形(见图 1),基坑长 189.5 m,宽 89.1 m,普遍挖深 15.4 m,基坑面积 16 884 m²,3 层地下室,基坑支护体系采用 $\phi 1100@1300$ 钻孔灌注桩 + 道混凝土支撑。

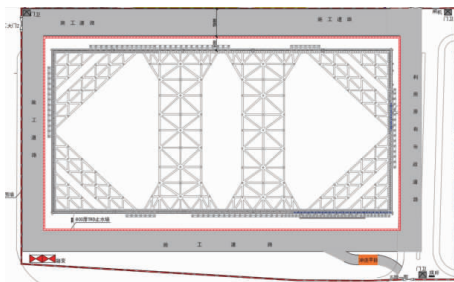


图 1 基坑平面图

本工程地质条件复杂,粉细砂层、含砾中粗砂层富含承压水。为了隔断承压水,采用了 800 mm 厚渠式切割水泥土连续墙(TRD 工法墙)作为止水帷幕,深度 62 m,入强风化粉砂质泥岩 1 m。

2 地质条件概述

本工程场地属长江漫滩地貌单元,地下承压水水头变化受附近长江影响比较大。土层分布从上到下分别为:①层素填土、②层淤泥质粉质黏土夹粉土、③₋₁层粉细砂、③₋₂层粉细砂、④₋₁层淤泥质粉质黏土夹粉土、④₋₂层粉细砂、⑤层含砾中粗

砂、⑥₋₁层强风化粉砂质泥岩、⑥₋₂层中风化泥质粉砂岩。本工程 TRD 水泥土搅拌墙止水帷幕入⑥₋₁层强风化粉砂质泥岩 1 m。本工程潜水位埋深 0.3~0.6 m,承压含水层主要位于④₋₂粉细砂层和⑤含砾中粗砂层中,初始水头位于 -3.0~-3.5 m 左右(相对标高),④₋₁层为承压水的隔水层。

3 施工难点分析

(1)本工程 TRD 水泥土搅拌墙 800 mm 宽,最大施工深度达 62 m,穿越 6 层土,尤其是穿越④₋₂层粉细砂(标贯值 22.7)、⑤层含砾中粗砂,进入⑥₋₁层强风化粉砂质泥岩不少于 1 m(标贯值 69.6)。这一深度为顺利施工带来了很大难度。第一,TRD 在较厚且较密实的含砂层中施工,刀排磨损严重,挖掘液与固化液配置极易受含水层地下水干扰,影响止水效果,成墙质量难度大;第二,⑤层含砾中粗砂中夹杂有 5~8 cm 砾石,极易导致 TRD 设备卡链,对设备影响很大;第三,入⑥₋₁层强风化粉砂质泥岩 1 m,由于上下土层硬度的差异,导致 TRD 刀盘切割土体时产生的阻力也不同,入岩部分阻力最大,刀盘易发生侧向倾覆。

(2)超深 TRD 施工质量控制难度大,如何保证 62 m 深度 TRD 的平面偏差不应超过 20 mm,垂直度偏差不大于 1/250。同时在 4 处转角处必须进行刀盘排的起下工作,如何保证止水帷幕的连续性、冷缝的有效搭接是施工质量控制的关键点。

(3)拟建场地周边地下市政管网复杂、周边环境较复杂,施工时地下管线易出现扭曲、剪断等变形破坏,施工中需加强对周边地下管线的保护。

收稿日期: 2020-08-17

作者简介: 卫中宁(1972—),男,本科,高级工程师,从事建筑工程质量安全监督与管理工

4 TRD 施工工艺及流程介绍

4.1 施工流程

测量放线→开挖沟槽→导墙施工→引孔置换→桩机就位→切割箱和主机连接→三工序成墙→转角形成十字搭接→泥浆处理→拔出切割箱。

4.2 测量放线

施工前,根据基准点,计算止水帷幕中心线角点坐标,放样并进行复核。

4.3 开挖沟槽

用挖掘机沿止水帷幕中心线平行方向开挖工作沟槽,槽宽 1.5 m,沟槽深度 1.5 m。

4.4 导墙施工

采用倒“L”形结构钢筋混凝土导墙(见图 2),保证机箱垂直度。

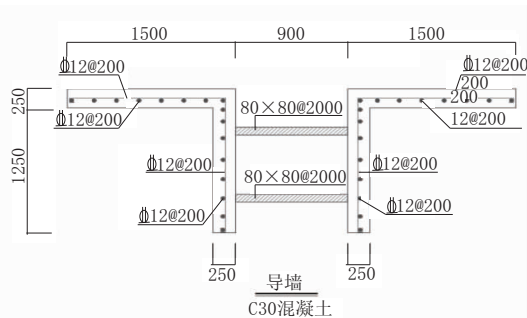


图 2 导墙大样图

4.5 引孔置换

TRD 正式施工前,采用 SG70 设备成槽,成槽厚度 800 mm,深度同 TRD。去除坚硬砾石后,将挖出的土方和补充的黄土回填进槽内。

4.6 桩机就位

统一指挥桩机就位,检查定位情况并及时纠正,桩机应平稳、平正。

4.7 切割箱与主机连接

用吊车将切割箱逐段吊放入预埋穴,利用支撑台固定;TRD 主机移动至预埋穴位置连接切割箱,主机再返回预定施工位置进行切割箱自行打入挖掘至设计深度。

4.8 三工序成墙

(1)工序一:先行挖掘[见图 3(a)]。通过压浆泵注入挖掘液,切割箱向前推进,切割回填土一段行程。

(2)工序二:回撤挖掘[见图 3(b)]。根据作业工效,一段行程后,切割箱再回撤至切割起始点。

(3)工序三:成墙搅拌[见图 3(c)]。切割箱回撤至切割起始点后调换浆液,通过压浆泵注入固化液,切割箱向前推进并与固化液混合搅拌,形成

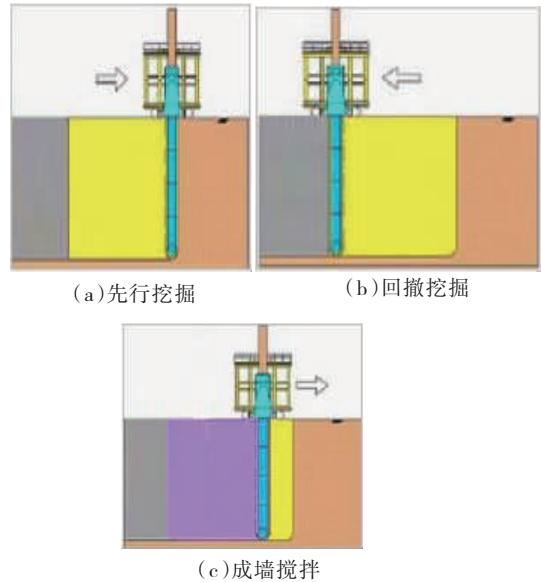


图 3 三工序成墙工艺流程

等厚水泥土搅拌墙。

控制切割箱横向推进速度和切割链转速,合理控制喷浆压力、流量,确保水泥土被均匀搅拌。

4.9 转角形成十字搭接

施工至转角位置,应做成“十”字形的搭接形式,两侧延伸 2 m 进行搭接施工,转角处的喷浆压力、搅拌速度应做到慢速均匀,确保搭接长度,防止产生冷缝或局部薄弱点。

4.10 泥浆处理

将 TRD 工法施工过程中产生的废弃泥浆统一堆放,集中处理。

4.11 拔出切割箱

成墙搅拌结束后,边起拔边注浆,拔出时间应控制在 4 h 以内,同时在切割箱底部注入等体积的混合泥浆,确保对切割箱占据空洞进行密实填充和有效加固,结束直线段墙体施工。

5 关键施工技术

5.1 抓切结合的成墙技术

一般的 TRD 施工技术是利用链锯式刀具箱竖直插入地层中,然后作水平横向运动,同时由链条带动刀具作上下回转运动,搅拌混合原土并灌入水泥浆,形成一定厚度的墙^[1-5]。由于本工程施工深度极深,切割箱刀盘在穿越不同地层时,切割阻力、链锯磨损卡链、垂直度控制难度大,因此,创新采用了先进行成槽机抓土引孔,再进行 TRD 切割成墙的抓切结合的水泥土搅拌墙施工新技术(见图 4、图 5)。具体工艺流程见上文所述。

5.2 垂直度控制技术

(1)地基处理:内侧做 1 500 mm 宽、250 mm

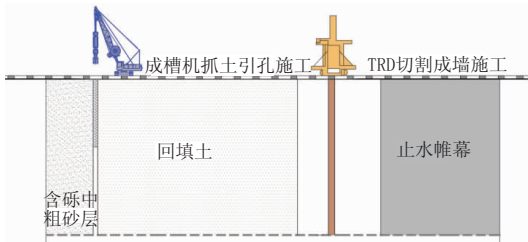


图4 抓切结合的 TRD 施工技术



(a)成槽机引孔 (b)TRD 施工

图5 现场施工照片

厚的 C30 混凝土内导墙，内配筋为单层双向 $c12@200 \times 200$ ，沟槽两侧做宽 250 mm、深 1 500 mm 的 C30 混凝土导墙，内配筋为单层双向 $c12@200 \times 200$ ，外侧施工 12 m 宽、250 mm 厚的 C30 混凝土车道。

(2)校正主机导杆垂直度:TRD 工法机拼装完成后及移位后,使用经纬仪分别从正面、侧面校正桩机立柱导向架的垂直度。

(3)安装测斜仪:切割箱打入至设计深度后,在切割箱体内安装测斜仪,实时监控切割箱面内与面外的偏差情况,并及时通过驾驶员操控调整,确保 TRD 等厚度水泥土搅拌墙墙体垂直度满足设计要求。

5.3 搭接界面处的成墙质量控制技术

在进行水泥土墙体施工时,为了加快工期,采用了 3 台机械进行成墙施工(见图 6),这种情况下势必会出现先后成型墙体的搭接问题。一旦搭接不好,施工缝位置就会存在渗漏隐患。因此,实际施工过程中采取了正在成型墙体与已成型墙体搭接约 40 cm 的施工措施;搭接区域应严格控制挖掘速度,使固化液与混合泥浆充分混合、搅拌,搭接施工中须放慢搅拌速度,保证搭接质量。搭接施工示意图如图 7 所示。

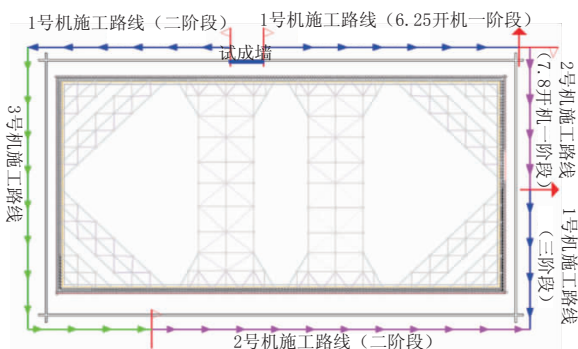


图6 TRD 施工流向

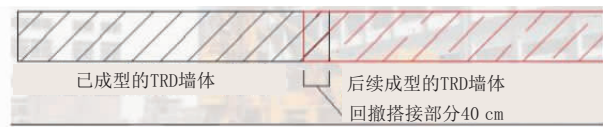


图7 成墙先后搭接施工示意图

当机械设备施工至转角处需将切割箱体拔除,然后重新打入后再进行施工,为了保证转角处 TRD 搭接质量,需两侧延伸 2 m 进行搭接施工。等厚度水泥土搅拌墙施工至转角,均应做成“十”字形的搭接形式,转角处的喷浆压力、搅拌速度应做到慢速均匀,确保搭接长度,防止产生冷缝或局部薄弱点。施工完成后,立即将主体与切割箱进行分离。根据吊车的起吊能力,一般将切割箱分成 2~3 节/次起拔。根据现场场地、墙体施工情况选择切割箱的外拔或内拔起拔形式。为确保设计槽段止水帷幕施工质量,采取外拔法,即增加辅助切割搅拌槽段。

5.4 施工冷缝处理技术

对于 TRD 施工中出现的施工冷缝,采用了 RJP 工艺对该位置进行补强加固,加固深度同 TRD 深度,加固直径 1 800 mm,距 TRD 墙体外边线 400 mm,成半圆形摆喷,与 TRD 墙体最大交接 500 mm。

6 TRD 成墙效果

为了检验 TRD 成墙的效果,重点从两个方面去检验。

第一,看成墙的取芯强度是否满足设计要求。根据规范要求,最终对水泥土墙取芯 7 处(见图 8、图 9),每处采集 5~6 组试块进行抗压试验,以反映不同深度的 TRD 墙体强度情况,检测结果显示取芯强度普遍在 0.8~1.6 MPa,满足设计强度 0.8 MPa 的要求,TRD 水泥土试块送检 102 批次;水泥 35 批,结果全部合格。

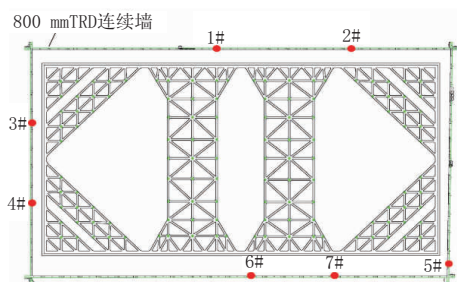


图8 取芯位置

第二,观测 TRD 外侧的降水井中的水位情况。通过抽水试验发现,当 TRD 内降水井降深达到 14.4 m 时,外侧的承压水观测井平均降深 1.13 m,潜水观测井降深 1.36 m,说明 TRD 水泥

(下转第 156 页)

论一致。而抗车辙剂 B+SBS 复合改性沥青的整体曲线稍陡,吸热峰面积也明显增加,玻璃化转变温度的中点也提高了,说明沥青在这个区间发生变化的组分较多、热稳定性较差,这也与动稳定度试验和红外分析的结果一致。

8 结 论

(1)两种抗车辙剂均能提高 SMA-13 的高温稳定性。抗车辙剂 A 提高幅度较为明显,高达 109%,抗车辙剂 B 提高动稳定度 44%。

(2)两种抗车辙剂的加入均会降低 SMA-13 的水稳定性能。虽然加入两种抗车辙剂的沥青混合料在冻融前后和浸水前后的力学性能均得到提高,但是浸水残留稳定性和冻融劈裂强度比均有不同程度地降低。加入抗车辙剂 A、B 的 SMA-13 浸水残留稳定度分别下降了 16%、2%,冻融劈裂强度比下降了 2%、5%。

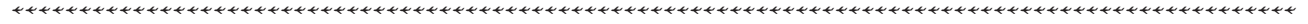
(3)两种抗车辙剂的加入均能提高 SMA-13 的抗磨耗性。加入抗车辙剂 A、B 的 SMA-13 飞散损失率分别下降了 32%、49%。

(4)两种抗车辙剂的加入均降低了复合改性

沥青的软化点和延度,但是加入抗车辙剂 A 的复合沥青的软化点下降,加入抗车辙剂 B 的复合沥青的软化点上升。根据 FTIR 分析结果可知,抗车辙剂 A 和 SBS 改性沥青主要是物理共混作用,抗车辙剂里的聚合物和沥青交接嵌挤形成立体网络结构,最终对沥青混合料起到加筋作用。而抗车辙剂 B 和 SBS 改性沥青发生化学反应,含强极性的芳香环物质增多导致沥青质含量增加,沥青粘度提高,高温稳定性提高。从 DSC 图谱中也可以看出,抗车辙剂 A+SBS 复合改性沥青的曲线和 SBS 改性沥青基本一致,吸热峰面积稍有增多,而抗车辙剂 B+SBS 复合改性沥青的曲线比较陡,吸热峰面积明显增大,说明复合沥青的组分变多,热稳定性没有加入抗车辙剂 A 的沥青混合料高,这也与之前的试验结论一致。

参考文献:

- [1] JTG F40—2004,公路沥青路面施工技术规范[S].
- [2] 瓮诗甫.傅里叶变换红外光谱分析(第二版)[M].北京:化学工业出版社,2010.
- [3] 杜海.基于微观分析方法的沥青混合料抗车辙剂应用机理研究[J].黑龙江交通科技,2018(1):11-13.



(上接第 129 页)



图 9 TRD 取芯芯样

土搅拌墙的成墙质量和防渗效果比较好,取得了预期的效果。

7 结 语

针对复杂地质条件下 62 m 超深 TRD 水泥土搅拌墙施工过程中的重难点,本文提出了一整套

有关抓切结合的 TRD 施工工艺流程及关键性施工技术,希望能对同类型其他工程提供一定的借鉴作用。

参考文献:

- [1] 冯春强. TRD 工法在基坑围护工程中的应用[J].建设监理, 2013(4):61-63.
- [2] 李星,谢兆良,李进军,等. TRD 工法及其在深基坑工程中的应用[J].地下空间与工程学报,2011,5(5):26-28.
- [3] 陈冬瑞. TRD 工法在深基坑止水帷幕中的应用.钱江新城实证[J].浙江树人大学学报,2012,2(2):35-37.
- [4] 王刚,张少钦,张慧华,等. TRD 围护结构深基坑施工监测及结果分析[J].施工技术,2012,24:120-123.
- [5] 王卫东,邸国恩. TRD 工法等厚度水泥土搅拌墙技术与工程实践[J].岩土工程学报,2012(S1):168-171.