

TRD内插型钢技术在富水砂层地质地铁明挖车站附属工程的应用

庄松 刘剑锋

中国水利水电第一工程局有限公司 吉林 长春 130062

摘要:近年来,在地铁工程施工建设中,基坑支护与止水技术尤为重要,TRD内插型钢技术施工速度快,成墙质量高,止水效果好,基坑安全性可靠,目前越来越多的地铁基坑应用TRD内插型钢技术,尤其青岛地铁车站附属工程施工广泛应用。

关键词:明挖车站;附属工程;富水砂层;TRD内插型钢

概述:随着我国城市化和机动化进程的加快,交通拥堵问题已成为当前我国各大城市发展的“瓶颈”。为有效解决交通拥堵问题,结合我国国情及各大城市自身特点,城市轨道交通工程迎来高速发展,地下空间的开发亦不断发展,基坑工程规模不断增长,其对高水位地区地下水处理和隔水要求愈来愈高。地铁明挖车站作为深大基坑,修建过程中常穿越第四系富水砂层,其自稳能力差、介质胶结强度低,在工程扰动与地下水作用下极易失稳破坏,诱发塌方、涌水涌沙等重大工程灾害。本文以青岛地铁一号线正阳路站为依托,对TRD内插型钢技术在富水砂层地质条件下明挖车站附属工程的成功应用阐述其特点,并对施工控制要点及施工管理目标进行分析研究,为TRD内插型钢技术的应用及发展提供参考。

1 工程概况

1.1 车站简介

青岛地铁1号线正阳路站位于城阳区中城路,沿中城路南北向布置,跨正阳路、德阳路两个路口,与9号线以T形通道换乘,为地下两层岛式车站,矩形框架结构,车站长499m,车站附属工程包括10个出入口,2个无障碍出入口,2个安全出入口和3组风亭,附属工程埋深约11m。

1.2 工程水文地质

正阳路站沿线地形整体较为平缓,地貌类型为冲洪积平原地貌。场区第四系厚度17.8~22.0米,主要由第四系全新统人工填土层(Q4ml)、洪冲积层(Q4al+pl)及上更新统洪冲积层(Q3al+pl)组成。基岩为白垩系王氏群红土崖组(KWh)泥质砂岩,受断裂影响,部分钻孔中揭露有相应岩性的构造岩^[1]。自上而下依次为素填土、粉质粘土、中粗砂、粉质粘土、粗砂、含黏性土粗砂、强风化泥质粉砂岩。砂层发育,赋水性较好,枯水期地下水位为地下约6m,雨水期地下水位为地下约3m。

附属工程底板位于粗-砾砂层。

2 基坑围护结构方案

附属工程开挖深度约11m,集水坑局部深度约14m。基坑围护结构采用850mm厚TRD水泥土墙内插型钢+内支撑围护形式,TRD水泥土搅拌墙深度为伸入强风化层不小于1.0m;型钢采用HN700X300X13X24H型钢,型钢中心间距1000mm,集水坑局部加密为600mm。内支撑采用 $\phi 609$ mm、壁厚16mm钢支撑,集水坑局部加深段设两道钢支撑加一道倒撑,水平间距3.5m;其他部分设两道钢支撑,钢支撑水平间距一般4.0m。基坑锁口围护结构为TRD插型钢工法范围内冠梁+挡土墙,型钢高出冠梁顶500mm,便于后期拔出型钢^[2]。

施工采用P.O42.5级水泥,水泥掺量为25%,水灰比1.3。

TRD水泥土搅拌墙内插型钢采用四步施工法:先行挖掘、回撤挖掘、成墙搅拌、插型钢,即锯链式切割箱钻至预定深度后,首先注入切割液先行挖掘一段距离,然后回撤挖掘至原处,再注入固化液向前推进搅拌成墙,再插入型钢。

3 实施效果及特点

3.1 实施效果

富水砂层地质条件下TRD内插型钢围护结构的应用,基坑开挖至主体结构施工完成,基坑侧壁未出现明显渗漏水现象,基坑开挖至基底时处于干燥状态,止水效果显著,基坑变形监测无明显变化^[3]。

3.2 特点

3.2.1 环境保护

(1) TRD水泥土搅拌墙内插型钢围护体系直接进入不透水岩层,使坑内外地下水彻底隔绝,杜绝了坑外地下水进入坑内的可能,间接的减少了地下水的抽取量。

(2) 相比钻孔灌注桩施工,TRD工法围护施工过程中

中无须泥浆护壁，减少了生产泥浆的水资源的消耗，同时也避免了泥浆的排放的环境的污染和破坏；

(3) 型钢的应用减少了凿除混凝土支撑所产生的混凝土废料数量，同时也间接减少了噪音和粉尘的产生。

3.2.2 节能

考虑到传统的钻孔灌注桩+高压旋喷桩围护结构体系，新旧围护体系效果的巨大差异性。采用TRD水泥土搅拌墙内插型钢技术共节能60.4%，共节水82.9%。

3.2.3 节材

与传统的钻孔灌注桩围护相比，TRD水泥土搅拌墙内插型钢围护结构体系在节材方面的优势主要体现在作为芯材的H型钢可进行回收并重复利用^[4]。

4 施工控制要点

(1) 施工前应掌握场地地质及环境资料，清除地下的瓦砾、废管、木桩、混凝土块等杂物后方可施工。

(2) 挖掘液：切削液应能够保持，当插入地基内的切削箱体长时间在地下静止不动时，混合稀泥浆的防水性应具有长时间良好最合适的稠度（流动性）。切削液的配合比如下表所示。

(3) 施工过程中应检查链状刀具的工作状态及刀头磨损度，及时维修、更换和调整施工工艺。

(4) 后续施工的墙体搭接已成型墙体不宜小于500mm，搭接间隔周期控制在24小时内，最大不大于4天。严格控制搭接区域的推进速度，使固化液与混合泥浆充分混合搅拌，确保搭接质量。

(5) TRD工法成墙搅拌结束后或因故停待，切割箱体宜远离成墙区域不少于3m，并在切割液中添加外加剂或采取其他技术措施，防止切割箱被抱死。

(6) 转角施工尽可能采用墙外拔出切割箱。施工时每到转角处都应向墙体外侧多施工1延米，形成“十”字形式的转角接头。

(7) 施工过程中产生的水泥土浆，应收集在预先堆置好的泥浆池内^[5]。

(8) TRD 施工质量控制要求：水泥土搅拌墙深偏差控制值为+30mm，墙体定位偏差控制值为±25mm，墙厚偏差控制值为±30mm，墙体垂直度控制在1/250 以内。

开挖土方前，应检验墙身水泥土的强度和抗渗性能，要求墙体抗渗系数应 $\leq 1 \times 10^{-7}$ cm/s，28天无侧限抗压强度应 ≥ 0.8 MPa。

(9) 对固化液凝固时间的要求：固化液初凝控制时间为2~3小时，终凝控制时间为8~10小时。

(10) 内插型钢平面位置：平行于基坑边线允许偏差为 ≤ 50 mm，垂直于基坑边线允许偏差为 ≤ 10 mm；内插型钢垂直度允许偏差为1/250；型钢形心转角偏差 ≤ 3 度。型钢宜采用整材，分段焊接时应采用坡口等强焊接。单根型钢连接接头不得超过2个，接头位置应避免设置在支撑或者开挖面等型钢受力较大处，型钢接头距离基坑底面以下不应小于2m。相邻型钢的接头竖向位置宜相对错开，错开距离不应小于1m。

(11) 型钢插入时，链状刀具应移至对型钢插入无影响的位置。型钢宜在搅拌桩施工结束后30min内插入，型钢宜依靠自重插入，当型钢插入困难时可采用静力辅助措施下沉。严禁采用多次重复起吊型钢并松钩下落的插入方法^[6]。

(12) 型钢起拔宜采用专用液压起拔机，型钢起拔时应加强第围护结构及周边环境的监测。

(13) 型钢回收起拔后留下的空隙应及时用水泥砂浆填充。

5 施工管理目标

5.1 掘削垂直精度的管理方法

TRD工法特有的切割箱垂直度管理，是为达到大深度施工的目的、确保良好的止水性而进行的管理项目。通过切割箱内部安装的多段倾斜计可管理成墙的垂直精度，一般可确保1/250以内的精度。

5.2 墙垂直线及墙中心的位置的管理

TRD连续墙的墙的垂直线及墙中心位置的管理方法是，在TRD施工机主机不同位置上安装两块透明板并设置管理点，激光经纬仪的激光射线打在管理点上进行墙中心的位置监控管理^[7]。

5.3 成墙施工时管理标准

TRD成墙施工时管理目标值见表1。

表1 成墙时施工管理目标值

管理项目	管理范围	测量量具	测量频率	异常时的对应
未凝固泥浆的比重	1.6 ± 0.1	比重计	2次 / 日	W / C、变换材料
未凝固泥浆的TF值（即时）	200 ± 20	JIS R 5201	2次 / 日	W / C、变换材料
未凝固泥浆的TF值（30分钟以后）	180 ± 20	JIS R 5201	2次 / 日	W / C、变换材料
未凝固泥浆的浮浆率	< 3%	JSCE—F522—1994	2次 / 日	W / C、变换材料
固化液的注入率偏差（相对于设计值）	≤ 10%		经常	修正

续表:

管理项目	管理范围	测量量具	测量频率	异常时的对应
固化液的配合比偏差 (W/C)	± 5%		经常	修正
成墙速度偏差	± 10%	速度计	经常	修正
链条转速	> 45m / min (1.5圈)	速度计 (管理装置)	经常	修正

结束语

通过在正阳路站附属工程围护与支护施工, 根据基坑监测数据分析, TRD内插型钢能形成统一整体, 受力更加均衡, 基坑更加稳定。基坑开挖过程中基坑侧壁无明显渗漏水现象, 止水效果明显, 节约了工期, 节省了材料, 加快了施工进度同时降低了施工成本。

城市建筑空间建设逐渐向地下空间发展, 使得深基坑工程数量日益增加。基坑开挖深度越来越深, 对深基坑支护工程的质量也提出了更高的要求。富水砂层地质条件下TRD水泥土搅拌墙内插型钢作为一种新型的基坑支护方式, 与传统的支护方式相比, 具有构造简单、止水性能好、工期短、环境污染小等优点, 同时防渗性能好, 不必另设止水帷幕, 可以配合多道支撑在较深的基坑中使用, 目前已成为了城市深基坑工程主要应用的支护方式之一, 为地铁明挖车站深基坑止水帷幕形式提供参考, 具有很好的推广应用价值。

参考文献

- [1] 《地下铁道工程施工质量验收标准》: GB/T 50299-2018。
- [2] 《建筑工程施工质量验收统一标准》: GB50300-2018。
- [3] 《地下防水工程质量验收规范》: GB50208-2011。
- [4] 《地下工程防水技术规范》: GB50108-2008。
- [5] 谢兆良, 李星, 叶锡东: 《TRD工法在紧邻地铁深基坑工程中的应用》: 地下空间与工程学报: 2015,11(s1): 163-166。
- [6] 李星, 谢兆良, 李进军《TRD工法及其在深基坑工程中的应用》: 地下空间与工程学报: 2011,7(5): 945-950。
- [7] 作者: 张安, 吴剑疆: 《地下连续墙施工TRD工法的发展和应用》: 水利水电技术: 2014,45(9): 75-77。