

临既有道路硬土地区深基坑SMW工法桩施工技术

石清泉 田济源 白云飞

中建三局集团有限公司 湖北 武汉 430000

摘要：通过增加旋挖机钻一跳一的方式引孔，原状土体经过扰动失去致密性，土体颗粒间的粘聚力损失，力学性质发生变化，再回填此失去致密性质的松散土，使原本难以钻进搅拌施工的硬土及深层岩石变成易于三轴搅拌机作业的软塑土；然后进行三轴搅拌桩施工，通过水泥搅拌作业，加强周边土壤的流动性及强度；再进行型钢桩插打工艺^[1]，通过现场试验优化水泥土搅拌桩施工配合比，增加了水泥土搅拌型钢桩的各项力学性能，使型钢与周边土体紧密结合，提高结构的整体稳定性，较好地控制了基坑位移与地表沉降，避免对临建的道路造成破坏。

关键词：硬土地区；临既有道路；型钢桩；旋挖引孔

引言

中建三局集团有限公司承建的未来一路、高新七路综合管廊工程地区复杂，紧邻未来一路、高新七路等现有道路；且未来一路与高新七路交叉口远期存在规划地铁，为保证后期轨道交通施工方便，此处采用SMW工法桩支护形式，其最长的型钢桩长27m。同时项目90%以上区域地层从上到下为粉质粘土层、红黏土层及砂质泥岩层。粉质粘土的液性指数最大值0.24、平均值-0.04，标准贯入试验锤击数 $N = 17$ ，土体压缩模量达15MPa，性状硬塑坚硬，呈致密状。在此硬土地区按常规SMW工法桩施工工法难以施工，施工效率低，针对硬土地区SMW工法桩施工，形成临既有道路硬土地区管廊深基坑SMW工法桩施工技术。



图1 型钢桩现场实施图

1 工程概况

本项目建设地点位于湖北省武汉市江夏区武汉新城光谷科学岛内，未来一路综合管廊、高新七路综合管廊工程EPC项目，未来一路综合管廊南起科学岛南路，北至科学岛北路，综合管廊全长3470.17m；高新七路

综合管廊西起科学岛西路，东至未来一路，综合管廊全长2418.25m，共计全长5888米，全线型钢桩支护段长605m，共计2047根型钢桩。



图2 光谷科学岛项目效果图

2 工程地质条件

项目地层从上到下为粉质粘土层、红黏土层及砂质泥岩层。项目地勘报告显示粉质粘土的液性指数最大值0.24、平均值-0.04。根据规范《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001），黏性土液性指数 $I_L \leq 0$ 状态为坚硬、 $0 < I_L \leq 0.25$ 状态为硬塑，故本项目土层性状硬塑坚硬，呈致密状。

3 临既有道路硬土地区管廊深基坑 SMW 工法桩施工技术

3.1 施工工艺流程

3.2 测量放线、开挖导沟

根据放样出的围护中心线开挖倒沟，沟槽宽约1.0m，深1.2m（作用：一可用于施工导向，二可用于放置残土及泥浆）。在导沟两侧铺设导向定位型钢并在型钢上做出标记，标记钻孔位置和H型钢的插入位置。

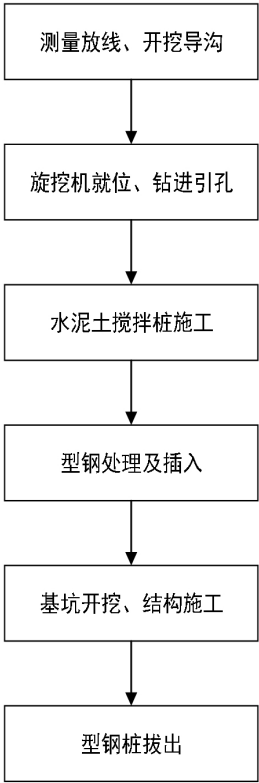


图3 临既有道路硬土地区管廊深基坑SMW工法桩
施工流程图

3.3 旋挖就位、钻进引孔

采用钢护筒施工，护筒四周采用粘土夯实。旋挖钻到达指定位置后，使钻杆中心对准桩位中心，引孔采用孔径1m，间距0.75m，咬合长度0.25m，旋挖钻引孔采用钻一跳一的方式引孔^[2]。桩长16.0~27.0m，引孔的深度和标高应严格按照设计要求施工。土质为硬土或者岩石，采用干成孔工艺。

桩位偏差应控制在2cm以内，钻杆垂直度误差不得大于3‰，测量放样后通过旋挖机械内部仪表盘显示垂直度与桩位偏差信息，机械调整后钻机引孔。采用钻一跳一的方式，先施工孔1-3-5-7，再施工孔2-4-6-8。

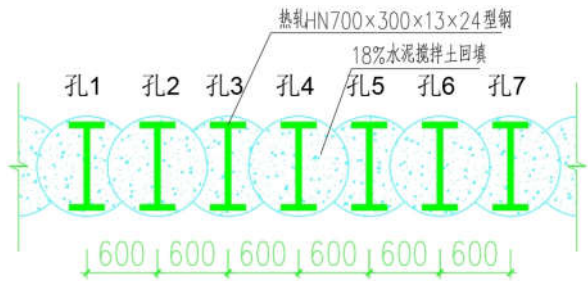


图4 型钢桩钻孔平面布置图

3.4 水泥土搅拌桩施工

(1) 三轴搅拌桩机施工前对旋挖钻引孔点进行松散

土回填。

(2) 水泥土搅拌桩桩架应平稳放置，孔位偏差不大于20mm。施工前应将桩架进行调平，使机架垂直度满足要求。

(3) 土体和水泥浆搅拌后混合物的流塑性对施工进度和质量影响较大，若水灰比较大，则水泥土流性较大，会使得水泥土强度不足；若水灰比较小，则会使得型钢插入困难。

(4) 硬土地区选用水泥采用42.5普通硅酸盐水泥，水灰比为1.5-2.0，对水泥掺入量选择18%，根据试验得出的28d无侧限抗压强度，选择经济适用性好，强度能满足水泥土搅拌桩规范要求的配合比，采用的配合比最终确定为：

水灰比	水泥掺入量/%	每米桩材料用量/kg		
		水	水泥	天然土
1.5	18	300	200	1112

(5) 桩机开机前按设计要求及试验得出的最佳配比进行水泥浆液的拌制。在施工现场设置临时搅拌台和临时存储厂房。水泥浆液按要求调配完成后，放置在临时存储厂房备用，存放时间不大于2h。

水泥土搅拌桩施工采用一喷二搅工艺，即下钻喷浆，上提空转不喷。注浆压力为4~6MPa，注浆流量为250~300L/min。下沉喷浆速度控制在0.5-0.8m/min，在硬土层位提升空转速度控制在1m/min，严格控制搅拌下沉及提升速度，并确保钻进速度达到设计要求。

序号	项目	技术指标
1	下沉速度	0.8~1.0m/min
2	提升速度	1.0m/min
3	搅拌转速	30~50rod/min
4	浆液流量	40L/min

3.5 型钢处理与插入

型钢采用热轧HN700×300×13×24型钢、HN850×300×16×27型钢。型钢起吊前在型钢顶端150mm处开一中心圆孔，孔径约100mm，装好吊具和固定钩，根据引设的高程控制点及现场定位型钢标高选择合理的吊筋长度及焊接点。

型钢插入前，需在表面涂抹减摩剂。在施工过程中特别注意以下几点：

- ①清除H型钢表面的污垢和铁锈。
- ②用电热棒将减摩剂加热至完全熔化，搅拌均匀，方可涂敷于H型钢表面，否则减摩剂涂层不均匀容易产生剥落。
- ③如遇雨雪天，型钢表面潮湿，应事先用抹布擦去

型钢表面积水,待型钢干燥后方可涂刷减摩剂。

④型钢表面涂刷完减摩剂后若出现剥落现象应及时重新涂刷。

在插入型钢前,安装由型钢组合而成的导向轨,其边扣用橡胶皮包帖,以保证型钢能较垂直地插入桩体并减少表面减摩剂的受损。每搅拌3根桩,便及时将型钢插入,停止搅拌至插桩时间控制在30min内,不能超过1h。现场还要准备锤压机具,以备型钢依靠自重难以插入到位时使用。型钢水泥土搅拌墙中型钢的间距和平面布置形式应根据设计图纸确定。

型钢用两台吊车合吊,以保证型钢在起吊过程中不变形。采用两台25T汽车吊配合吊运,在型钢离地面一定高度后,由一辆汽车吊垂直起吊,另一辆汽车吊水平送吊,成竖直方向后,一次起吊垂直就位,型钢定位卡牢固、水平,将H型钢底部中心对准桩位中心沿定位卡靠自重垂直插入水泥搅拌桩内。在孔口设定向装置,当型钢插到设计标高时,用φ8吊筋将型钢固定。当H型钢不能靠自重完全下插到位时,采取打拔机静压。

型钢桩顶标高高出地面0.5m,便于型钢后期的拔出。

3.6 型钢桩拔出

在管廊主体结构施工完成并回填后,需将型钢桩进行拔出。采用液压千斤顶,利用冠梁顶面作为千斤顶平台,型钢桩露出冠梁顶面由施工夹具固定,千斤顶每顶升一段,夹具重新夹住冠梁顶部型钢桩。型钢桩顶部由吊车吊住以保持千斤顶工作的稳定性。

采取千斤顶静力拔桩可有效降低振动拔桩对临建道路的影响。

型钢桩拔出后,留下的空隙需采用1:1水泥砂浆回填密实,防止周围土体位移。^[3]

4 施工效果

4.1 施工效率高,缩短工期

硬土地区土体呈致密状,性状硬塑坚硬,采用常规三轴搅拌桩机在此类地质条件下难以钻进土体搅拌施工,施工效率慢,仅能施工6根型钢桩。本工法经过多次试验,先采用旋挖钻机引孔,原状土体经过扰动失去致密性,土体颗粒间的粘聚力损失,力学性质发生变化。再回填此失去致密性质的松散土,使原本难以钻进搅拌施工的硬土及深层岩石变成易于三轴搅拌机作业的软塑土。提高了硬土地区三轴搅拌桩机的作业效率,工效由一天仅能施工6根型钢桩变成一天可施工25根,施工工效提高4.2倍。

4.2 可有效保证垂直度

由于土质过硬,三轴搅拌桩在施工过程中无法有效保证垂直度,导致型钢桩在插打工程中受三轴搅拌桩的影响容易发生倾斜现象。临既有道路硬土地区管廊深基坑SMW工法桩施工工法先采取旋挖钻机隔桩跳打引孔,可有效保证成孔垂直度,提高基坑安全性,加强基坑支护效果,较好地控制了基坑位移与地表沉降,避免对临建的未来一路及高新七路造成破坏。

5 效益分析

5.1 经济效益

由于硬土地区土层性状硬塑坚硬,呈致密状,深处存在岩层,采用常规SMW工法桩施工工艺施工缓慢,单日仅能施工6根型钢桩,与其相比,硬土地区SMW工法桩施工工法每日可施工25根,施工工效提高4.2倍。可以缩短工期,节约钢材,降低工程造价。^[4]

5.2 社会效益

通过增加旋挖引孔工序并优化水泥土搅拌桩施工配合比,加快了硬土地区型钢桩施工的效率,增加了SMW工法桩的各项力学性能,较好地控制了基坑位移与地表沉降。相较于施工完难破除的砼灌注桩,SMW工法桩拔出方便,为远期地铁施工提供有效工作面。本工法的顺利实施,对施工过程中的质量保证及成本控制起到了积极的作用。该施工工艺可靠性强,对后续此类硬土地区SMW工法桩的施工具有极高的借鉴意义。

结束语

本工程目前已完成共计所有型钢桩支护的施工任务,本文所总结的临既有道路硬土地区管廊深基坑SMW工法桩施工技术,增加旋挖机钻一跳一的方式引孔,并回填松散土,再进行三轴搅拌桩施工+型钢桩插打工艺,加快了硬土地区型钢桩施工的效率,可供同类工程施工提供参考和借鉴。

参考文献

- [1]张闻璟.SMW工法桩在硬土地区复杂环境基坑中的应用[J].钻探工程,2021,48(10):
- [2]王树强.综合管廊SMW工法桩施工管理措施[J].山西建筑,2018,44(24):
- [3]肖德纲.浅谈SMW工法桩施工质量控制.工业技术,2010,08:
- [4]钱玉林,绪伯通,陈滨等.SMW支护结构及其经济分析[J].水利水电技术,2002,(05):