

CMW 工法在隧道基坑支护工程中的应用

柳孝荣, 罗 兴

(江苏省岩土工程公司, 江苏 南京 210018)

摘要:在南京市城市快速内环北线二期隧道基坑支护工程的粉细砂复杂地层中首次成功应用了 CMW 工法, 与钻孔灌注桩、钢板桩、地下连续墙、土钉墙和 SMW 工法等相比, 具有污染小、造价低、速度快和施工质量好等优点。结合该工程实例, 介绍了 CMW 工法施工的优点、工艺流程、设备选择、施工方法、安全管理要求和使用效果等。

关键词: CMW 工法; 基坑支护; 三轴深搅桩机; 预应力管桩

中图分类号: TU473.2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2009)03-0060-03

Application of CMW Method for Supporting Engineering in Tunneling Foundation Pit/LIU Xiao-rong, LUO Xing
(Geo-technical Engineering Company of Jiangsu Province, Nanjing Jiangsu 210018, China)

Abstract: CMW method was first successfully applied in supporting engineering of tunneling foundation pit in urban express in Nanjing. Compared with bored grouting pile, steel sheet pile, diaphragm wall; soil-nailing wall and SMW method, it has the advantages of light pollution, low cost, rapid construction speed and good quality. The paper introduced the CMW method on its technical process, equipment selection, construction method, safety management and application effect.

Key words: CMW method; supporting in foundation pit; triaxial deep mixing pile machine; pre-stressed pipe pile

CMW 工法就是先采用三轴深搅桩机搅拌土体, 并在搅拌土体中掺入水泥等掺和料, 然后将预应力管桩插入上述搅拌体中, 即形成 CMW 支护墙。目前在支护、挡土墙等支护结构中, 大多数采用钻孔(人工挖孔)灌注桩、钢板桩、地下连续墙、土钉墙和 SMW 工法等形式, 以上施工方法分别存在泥浆排量大、造价高、周期长、施工质量难以控制、止水效果差、刚度小等缺点, 而 CMW 工法与以上施工方法相比具有污染小、造价低、速度快和施工质量好等优点, 已在上海、南京等地区使用成功。南京市城市快速内环北线二期隧道基坑支护工程在粉细砂复杂地层中首次成功采用 CMW 工法施工 350 延米支护结构, 取得了较好的经济效益和社会效益, CMW 工法应用前景广阔。

1 工程概况

南京市城市快速内环北线二期隧道基坑支护工程, Z2 标段位于新模范马路上, 施工范围从玄武湖隧道西出口至三牌楼大街西, 全长 740 m。CMW 工法施工段, 从南瑞路口西侧到三牌楼大街东侧, 单边长度 175 m, 实际施工 $\varnothing 800$ mm、长度 19~20 m 预应力管桩 282 根, 三轴深搅 350 延米, 全部采用预应力管桩复合挡墙挡土兼止水。本工程基坑平均开挖

深度 11 m, 开挖宽度 28 m。

本工程施工难点: CMW 工法在浅部厚砂、深部淤泥质土层中沉桩容易, 效率较高, 但在穿越深部厚砂层中施工, 具有一定难度, 需解决在深部厚砂层中的快速沉桩问题及辅助沉桩方法。

2 周边环境与地质条件

2.1 周边环境

本工程 CMW 施工部位附近有 4 栋建筑物, 北侧 31 m 处为一栋砖混结构的 4 层建筑, 南侧自西向东为一栋距基坑 44 m 的 11 层框架结构建筑, 一栋距基坑仅 13 m 的 18 层框架结构建筑(其裙楼基础伸入基坑之中), 一栋距基坑 24 m 的 5 层砖混结构建筑。该施工区域有平行和横穿基坑的煤气、电缆、光缆、自来水管等重要市政设施, 可以说周边各种地下管线纵横交错, 施工期间基坑两侧不中断交通, 车流量较大, 现场环境非常复杂, 对基坑变形控制要求高, 同时对施工精度要求也高。

2.2 地质条件

本工程 CMW 工法施工区域内岩土层主要以粉土粉砂为主, 自上而下简述如下:

①₁ 杂填土, 厚层 0.4~4.2 m; ①₂ 素填土, 层厚 0.5~3.5 m; ②₁ 亚砂土~粉砂, 层厚 3.3~14.8 m;

收稿日期: 2008-10-10

作者简介: 柳孝荣(1962-), 男(汉族), 江苏句容人, 江苏省岩土工程公司高级工程师、国家注册安全工程师, 钻探工程专业, 从事钻探工程、岩土工程、安全工程管理工作, 江苏省南京市珠江路 700 号, 12703756@qq.com。

②₂ 亚粘土~淤泥质亚粘土,层厚 4.0~25.8m;②₃ 粉细砂,层厚 3.8~18.7 m。

场地地下水丰富,水位埋深 0.5 m。

3 施工工艺流程

场地平整→测量放样→开挖沟槽,清除地面、地下障碍物→设置导向定位型钢→桩机就位,校正、复核桩机水平和垂直度→拌制水泥浆液、开启空压机,送浆至桩机钻头→钻头喷浆、气并切割土体下沉至设计桩底标高→钻头喷浆、气并提升至设计桩顶标高→管桩起吊、定位→校核管桩垂直度,将管桩准确、垂直的插入完成的搅拌桩内→固定管桩施工结束,转下一道工序。

4 设备选择

根据 CMW 工法支护墙设计参数要求和地层地质情况,本工程施工设备选择如表 1 所列。

表 1 设备选择表

序号	设备名称	型号	主要性能
1	三轴深搅桩机	DH558-110M	高度 33 m
2	振动锤	DZ-90	功率 90 kW
3	注浆泵(2台)	13W320	额定压力 0.4 MPa
4	履带式起重机	QUY70	最大起重力 70 t
5	挖掘机	SK230-6E	1 m ³
6	空压机(2台)	VF-6/9	最大送风量 9 m ³ /min

5 施工方法

5.1 场地平整

三轴搅拌机施工前,必须先进行场地平整,清除施工区域内的表层硬物,素土回填夯实,路基承重荷载以能行走 70 t 吊车和步履式重型桩架为准,查清并保护好地下管线。

5.2 测量放样

根据提供的坐标基准点,按照设计图进行放样定位及高程引测工作,并做好永久及临时标志。放样定位后做好测量技术复核,报请监理进行复验收签字,确认无误后进行搅拌施工。

5.3 开挖沟槽

根据基坑围护内边控制线,先采用切割机切割路面,然后用 1 m³ 挖掘机开挖沟槽,并清除地下障碍物,开挖过程中注意保护地下管线,开挖沟槽余土及时处理,以保证 CMW 工法正常施工,并达到文明施工要求。

5.4 桩机就位

由当班班长统一指挥,桩机就位,移动前看清

上、下、左、右各方面的情况,发现障碍物应及时清除,桩机移动结束后认真检查定位情况并及时纠正。桩机应平稳、平正,并用线锤对龙门立柱垂直定位观测以确保桩机的垂直度,三轴水泥搅拌桩桩位定位后进行定位复核。

5.5 偏差和垂直度控制

(1) 三轴深搅桩桩位偏差 ≥ 50 mm,垂直度 $< 0.2\%$ 。

(2) 内插预应力管桩的垂直度偏差 $< 1\%$ 。

5.6 施工顺序

施工按图 1 顺序进行,其中阴影部分为重复套钻,保证墙体的连续性和接头的施工质量,水泥石搅拌桩的搭接以及施工设备的垂直度补正是依靠重复套打来保证,以达到止水作用,插入 $\varnothing 800$ mm 预应力管桩达到挡土作用。

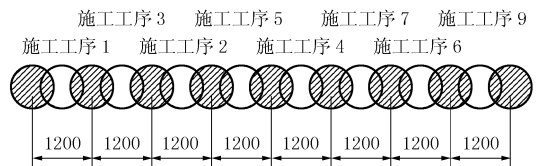


图 1 CMW 工法施工顺序图

一般情况下均采用 $\varnothing 850$ mm 跳槽式双孔全套复搅式连接方式施工。

5.7 施工配合比

(1) 使用 32.5 普通硅酸盐水泥,水灰比为 1.8,水泥掺入量 22%。

(2) 掺入 5% 粉煤灰,2.5% 膨润土,0.25% CMC 来提高沉桩速度。

(3) 为保证插桩能顺利穿过砂层达设计标高,解决砂层中砂子由于密度大、沉底的困难,开钻时,在水泥浆中加入粉煤灰、膨润土和外加剂,其作用就是增加水泥土的和易性和粘稠度,使砂子呈悬浮状。加入外加剂均不影响水泥土的强度和凝固时间。

5.8 水泥浆搅拌及浆液注入

在施工现场搭建拌浆施工平台,在开机前应进行浆液的搅制,开钻前对拌浆工作人员做好交底工作。拌浆及注浆量以每钻的加固土体方量换算。注浆压力为 1.5~2.5 MPa,以浆液输送能力控制。土体加固后,搅拌土体 28 天抗压强度 ≥ 1.0 MPa。

5.9 搅拌速度及注浆控制

三轴水泥搅拌桩在下沉和提升过程中均应注入水泥浆液,同时严格控制下沉和提升速度。根据设计要求和有关技术资料规定,下沉速度 ≥ 1 m/min,提升速度 ≥ 2 m/min,在桩底部分适当持续搅拌注

浆,开挖面以上适当控制下沉速度及提升速度,做好每次成桩的原始记录。

5.10 管桩堆放

管桩堆放按采用二点支顶堆放,二个支顶点分别在距桩端 $0.2L$ (L 为桩长)处,支顶采用放置木楔的办法固定。

5.11 管桩起吊

往管桩起吊插孔内插入专用钢棒,用专用起吊钢丝绳捆扎牢固,并采用一点吊,吊装位置在距桩端2 m处。采用70 t吊车起吊管桩(管桩在制作时预留了 $\varnothing 50$ mm对穿孔洞,用 $\varnothing 45$ mm的钢棒穿过预留孔洞做起吊支点)。

5.12 管桩定位

平行沟槽方向并在沟槽的外侧放置定位H型钢,然后在H型钢上刻画定位型钢标志。定位型钢必须放置牢靠,必要时用电焊进行相互连接固定。

5.13 沉桩施工

吊起管桩并使其平稳地移动到管桩定位控制装置处,在确认管位置准确无误后,将管桩徐徐垂直插入水泥搅拌体内至设计标高,见图2。



图2 沉桩施工

5.14 振动沉桩

对于一次不能插入到设计深度的管桩,采用振动锤来振动沉桩,使之下沉至设计标高,管桩与振动锤的连接采用螺栓连接,确保连接件的强度和振动效果。

5.15 桩顶标高的控制

采用在桩顶预留螺栓空洞中连接标尺来控制桩顶标高。

5.16 后场管理

在造浆后场,派专职技术人员和工人负责粉煤

灰、膨润土和外加剂的加入,确保添加的数量满足设计的要求,并有专人负责与前场的联系。

6 安全管理要求

(1) 选用证件齐备正规厂家生产合格的三轴深搅桩机和履带式起重机,在施工前组织有关人员检查验收,同时报有关部门进行安全性能检测,合格后方可使用。

(2) 选择平坦坚实场地堆放管桩,堆放最高不超过3层,且必须用木楔将两边底层管桩固定牢靠。

(3) 电工、焊工、桩机和起重机操作工必须做到持证上岗。

(4) 对所有作业人员在施工前进行安全教育和安全技术交底,增强安全知识,提高安全意识。

(5) 建立工程项目安全生产管理网络,明确专职安全员,制定安全生产目标,落实安全生产责任。

(6) 详细针对性编制专项安全方案与生产安全事故应急救援预案,并在开工前期进行演练。

(7) 对从业人员开工前进行身体健康检查,严禁录用高血压,心脏病和眩晕症等疾病与生理缺陷的人员。

(8) 开工前及时办理工程项目安全监督备案和工伤意外伤害保险手续。

(9) 开工前详细掌握施工场地地下管线情况,必要时先采取保护措施,做好警示标志。

(10) 项目部组织相关人员开展各类安全生产检查、发现事故隐患及时整改,确保安全生产。

7 使用效果

本工程CMW工法实际施工工期50天,由于各种管线影响不能施工部位、与钻孔灌注桩和三轴深搅桩接头处产生的冷缝均采用高压旋喷施工方法处理,基坑开挖从 ± 0.00 到设计标高,经受了7、8月份雷雨季节的考验,开挖中仅出现了1处轻微的渗漏。

通过变形和沉降观测,基坑变形,道路沉降,周边建筑物沉降均在设计允许范围内,基坑结构安全可靠。

CMW工法与钻孔灌注桩挡土、三轴深搅桩止水相比效率高出近10倍,造价降低25%~50%,且无泥浆排放,污染小。CMW支护墙宽度占地面积小(宽度为0.9 m,是钻孔灌注桩+三轴深搅桩平均墙体的40%)施工质量好,基本无渗漏,取得了较好的使用效果,在同类型的工程施工中可以推广应用。