

SMW 工法桩与前撑式注浆钢管组合基坑支撑体系施工技术

张炳南

上海建工四建集团有限公司, 上海 200000

[摘要] 受施工场地的限制以及对成本的控制要求, 针对软土地区安全等级为二、三级基坑, 可采用前撑自稳式注浆钢管支撑与 SMW 工法桩相结合的绿色施工工艺。该工艺可部分代替传统的钢筋混凝土内支撑, 可以减少混凝土支撑体系对施工的影响, 具有对基坑开挖土方便利、缩短工期、降低成本、拆除简单以及支撑可回收等优点。本文主要介绍单排型钢水泥土搅拌墙结合前支撑的自稳式基坑支护施工工艺, 并对施工过程中的注意事项进行探讨。

[关键词] 前撑式注浆钢管; SMW 工法桩; 自稳式基坑支撑; 绿色施工; 基坑施工

DOI: 10.33142/ec.v7i4.11615

中图分类号: TU458.4

文献标识码: A

Construction Technology of SMW Construction Method Pile And Front Support Grouting Steel Pipe Combination Foundation Pit Support System

ZHANG Bingnan

Shanghai Construction No. 4 Construction Group Co., Ltd., Shanghai, 200000, China

Abstract: Due to the limitations of the construction site and the requirements for cost control, a green construction technology combining front support self stabilizing grouting steel pipe support and SMW construction method piles can be adopted for safety level II and III foundation pits in soft soil areas. This process can partially replace traditional reinforced concrete internal supports, reducing the impact of concrete support systems on construction. It has the advantages of convenient excavation of foundation pits, shortened construction period, reduced costs, simple demolition, and recyclable supports. This article mainly introduces the construction technology of self stabilizing foundation pit support with single row steel and soil mixing wall combined with front support, and explores the precautions during the construction process.

Keywords: front support grouting steel pipe; SMW construction method pile; self stabilizing foundation pit support; green construction; excavation construction

引言

对于大跨度大面积的基坑开挖, 一般采用现浇钢筋混凝土内支撑。但混凝土支撑体系占用基坑开挖区域, 会导致基坑开挖大机械施工受限, 增加施工难度和造价, 同时增加后期拆除工作量, 影响工期。支撑拆除时, 破碎的混凝土需要进行外运处理且影响环境; 对于部分作为基坑支护采用锚索组合支护有时受周边建筑物及基础等影响, 导致不便对基坑外进行锚索施工。前撑式注浆钢管可在一般基坑中替代内支撑^[1-4], 并与 SMW 工法桩^[5]组合, 和围护桩、加强体、圈梁和配筋垫层组成支护系统, 起到节约工期、降低成本的作用。

1 工艺原理

本文涉及一种利用 SMW 工法桩与前支撑注浆钢管结合的体系, 先开挖沟槽进行水泥搅拌桩施工, 插入 SMW 工法桩。开挖并清理沟槽后调整好前支撑角度利用机械将注浆钢管支撑斜插贯入土中, 并进行分段焊接。钢管内预埋注浆管并在钢管内灌入级配碎石, 在 SMW 工法桩上浇筑钢筋混凝土圈梁, 注浆钢管埋设在前支撑钢管内。预先设置好前支撑注浆管出浆孔和扩孔囊袋, 通过往钢管分次注浆, 浆液从出浆孔排出, 并将扩孔囊袋撑开, 水泥浆液通过高压

挤入土中, 在桩端形成一块硬化土区, 提高钢管的稳固性。基坑内侧土中插入斜向钢管并设置加强体, 使形成一端与圈梁连接, 另一端锚固于加强土层内的组合支撑体系。

2 施工工序

2.1 SMW 工法桩施工

2.1.1 施工前期准备

SMW 工法桩一般与水泥搅拌桩结合。现场施工前审查业主提供的周边管线图是否在场内, 进行场地平整、现场道路、砂浆灌、通水等。水泥等材料进场进行相关检测, 按设计要求进行水灰比的配制, 一般为 0.5~0.6。型钢采用分段坡口焊接, 控制焊接质量等级不低于二级, 单根型钢接头不宜超高 2 个, 并进行焊缝探伤检测; 将型钢表面的污垢以及铁锈清理干净, 使用电热棒均匀加热融化减摩剂后按设计要求各个面均匀涂刷减摩剂, 减摩剂用量控制在 1kg/m²。前支撑注浆钢管在工厂进行加工完成, 在钢管的管侧开设部分沿钢管长度方向均匀分布的出浆孔, 并在表面绑扎一层扩孔囊袋。对相关人员做好安全和技术交底, 并对现场施工机械进行检测。

2.1.2 测量放线、开挖导槽及定位

根据设计图纸的要求对搅拌桩及工法桩进行编号, 测

量人员根据施工图纸中基坑控制边线对工法桩中心点进行放线，浆液配置，采用小挖机进行开挖导槽，清除地下障碍物，导槽宽度没变比工法桩大 20cm，导槽宽度和深度还应保证施工时涌土不外溢。水泥搅拌桩就位，观察周边情况，由班组长同统一指挥桩机移动，桩机移动过程中就位后认真检查定位情况并过程中及时纠偏，采用经纬仪控制桩架的垂直度。水泥搅拌桩施工控制好水灰比，并做好检查。

2.1.3 双轴水泥搅拌桩和 SMW 工法桩施工

根据设计要求做好水泥浆配合比，采用三搅两喷，搅拌速度控制在 1m/min，喷射速度控制在 0.5m/min，确保水泥掺量符合图纸设计要求。水泥搅拌桩施工完成后采用 RTK 仪器进行工法桩的坐标点放样，方可进行施工。清除型钢表面的污垢及铁锈涂刷减摩剂，搅拌桩施工完成后，采用剪刀手吊装到位，同时采用 2 台经纬仪控制型钢的垂直度，垂直度控制在 0.3%并控制好型钢转角，打入接近设计标高的时候采用 RTK 进行标高复核控制，允许偏差±50mm。

2.2 前支撑施工

2.2.1 前支撑准备工作

仔细核对图纸，按要求对钢管进行加工，连同辅助的连接钢管、管尖、囊袋、高强环扣等材料进场（图 1）。采用 2 节及以上的钢管现场接长时，接头套筒内径稍大于前支撑钢管外径，钢管采用 Q235B，单根钢管杆体长度控制在 6~12m，上下节钢管连接采用焊接连接，外套管材与母材同强度，焊缝 $hf \geq 8$ 。为达到前支撑的施工效果，在前支撑的钢管外侧设置 2 个长度 3m 的囊袋，注浆通过高压管将水泥浆注入囊袋。

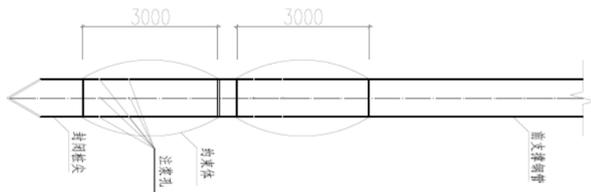


图 1 前支撑钢管大样

2.2.2 测量定位

SMW 工法水泥土搅拌桩结束终凝之后，实施基坑压顶围檩土方开挖、抗压注浆钢管桩场地的平整。根据图纸要求，进行前支撑的定位放样确定出入土点。采用机械手将前支撑钢管定位好，采用量角器定位量角度，机械手配合移动，直到与图纸设计角度和定位于图纸相符合。

2.2.3 沉桩施工

为便于前支撑钢管压桩施工，根据土质情况在钢管底端采用十字封闭桩尖。注浆段布置注浆孔孔径 8~10mm，梅花形布置。按正确的角度和方向采用机械手进行振入式成孔，下放过程中做到准确、匀速、平稳。待第一节钢管压入端部高出地面 500mm，由机械手夹取另一根钢管，定

好位置，采用接头套筒内径稍大于前支撑钢管外径，套管长度一般为 200mm 且不应小于 0.5 倍桩径。若临空段焊接接头，连接套管的长度应加长 1 倍桩径，坑底附件及以上增至 300mm，与母材同强度外套管材连接，上下节钢管连接采用焊接连接，焊缝 $hf \geq 8$ 。焊接完成后，静止 3 分钟后再进行施打，采用同样工序直接采用机械手振入至设计桩长和设计标高；施打至设计标高后，在前支撑钢筋与混凝土圈梁间设置抗剪钢筋。

2.2.4 埋设注浆管和填充级配碎石、注浆

注浆管按要求加工埋设，并保证注浆孔尺寸、位置按以及和注浆管连接完好，预留注浆管长度至圈梁顶标高出 30cm 并做好保护。采用级配为 20~40mm 的碎石灌入钢管中，填充至前支撑钢管顶部。圈梁钢筋绑扎支模浇筑砼前，埋设在圈梁中的 H 型钢部分腹板和翼板两侧必须采用厚度大于 3mm 泡沫塑料包裹（图 2）。注意圈梁施工过程中避免破坏注浆管以及注意保护泡沫塑料袋，圈梁砼浇筑完成后为避免型钢上拔，混凝土顶面与型钢侧面采用 14 号槽钢卡扣进行焊接（图 3），避免反作用力导致圈梁上移。按设计要求采用 42.5 普通硅酸盐水泥，水灰比为 0.55 拌制浆液，拌制完成后按要求测量泥浆比重是否符合要求，若出现偏差过大，及时调整水灰比。调配好后开始注浆，注浆采用约束式工艺采用分段注浆“注一跳一”的方法。注浆时采用注浆泵加压，低速注入，注浆流量控制在 20~40L/min，注浆约束体采用由下到上依次施打，注浆最终完成以单根水泥用量和最终注浆压力控制，在黏土中注浆压力控制在 1MPa。



图 2 泡沫塑料包裹隔离



图 3 槽钢卡扣焊接

2.2.5 静载试验

待圈梁强度到达设计值的 80%，且注浆钢管完成约 21 天，在选定做实验的前支撑位置进行开挖土方，满足做实验的范围，将钢管割断放置实验仪器，沿注浆钢管桩轴向方向加载，加载应分多级进行（图 5），且应采用逐级等量加载，变形总沉降量在 30~50mm 以内。

2.2.6 土方开挖配筋垫层及底板施工

待圈梁砼强度达到设计要求后并且前支撑实验结果满足要求开始开挖土方。开挖土方采用岛式开挖法，先挖

除坑边配筋垫层土方，完成坑底前不小于 20cm 的支撑配筋混凝土垫层浇筑。一端应浇筑至围护桩边，此垫层同时可以临时作为底板垫层。前支撑与底板及地下室外墙相交位置采用止水钢板焊接止水，止水钢片尺寸沿外壁周侧外伸不小于 100mm，焊缝高度不小于 6mm。按要求做好底板防水后，开始绑扎底板钢筋同时安装好后浇带传力型钢，验收完成后浇筑底板混凝土。



图 5 加载试验



图 6 开挖成型照片

2.3 钢管桩和型钢回收

待底板或换撑强度达到 80%，可以将前支撑进行拆除回收，拆除过程中密切观测基坑变化，前支撑底板处截断留设好止水钢板并且采用法兰锁口，以及预留截断位置采用微膨胀混凝土进行浇筑。地下室结构施工完成，以及地下室外墙施工完成并回填土完成后，采用专用夹具及千斤顶进行起拔，将 SMW 工法桩拔出进行回收，拔出后空隙及时注浆回填密实。

3 施工注意事项

(1) 为确保 SMW 工法桩不侵占主体结构尺寸，施工时应根据设备、工艺、技术水平及施工经验预留外放尺寸，建议为 15-20cm。

(2) 前支撑施工前先仔细审查图纸，核对前支撑钢管注浆是否和工程桩及集水井、电梯坑在坑底相碰撞，并根据结果与设计沟通局部调整前支撑的间距或者调整斜向插入角度等；同时在布置塔吊基础的时候，要仔细核对

图纸合理布置塔吊桩基础避开前支撑的位置；前支撑与主体桩基础塔吊桩基净距不应小于 500mm。

(3) 如周边围墙等构筑物距离基坑支护结构过近，施打 SMW 工法桩产生的震动可能导致周边围墙裂缝或倒塌，故对于围墙和 SMW 工法桩支护过近的位置宜采用定型化装配式围墙。

(4) SMW 工法桩可以回收利用，因此相比灌注桩更加的经济，但其关键在于 SMW 工法桩的拔除时间。及时拔出型钢可以较好地控制成本，发挥 SMW 工法桩的经济优势。

(5) 地下主体结构施工、地下室外墙和支护结构间土方回填完成后，采用液压起拔机间隔拔除型钢并及时采用细砂回填。对于基坑支护与主体结构外墙过近或地下室外墙与地上主体结构外墙共用时，需要考虑型钢垂直拔除是否受悬挑式阳台等悬挑构件的影响，如受影响需要提前进行拔除。

4 结论

SMW 工法桩结合前支撑注浆钢管支护技术是一种新型的成本相对低自稳式基坑支护体系，可以节约工期，提高工作效率，降低成本。此施工工艺可以免去坑内钢筋砼支撑的浇筑及破除，同时可以减少对环境的影响。

[参考文献]

- [1]张荣文. 前撑式抗压注浆钢管支撑在基坑支护中的应用[J]. 建筑科技, 2019, 3(3): 128-130.
- [2]施春锋. 前撑式注浆管在深基坑工程中的应用[J]. 建筑施工, 2022, 44(6): 1157-1159.
- [3]陆秋平, 周吉, 陆陈华. 前撑式注浆钢管桩在砂质粉土层中的应用[J]. 建筑施工, 2019, 41(10): 1792-1794.
- [4]洪雷, 王军, 留承灵. 前撑式注浆钢管在基坑中的研究和应用[J]. 安徽建筑, 2020(1): 2.
- [5]李卫平, 朱义龙, 邓远见. SMW 工法桩施工技术[J]. 云南水力发电, 2020(8): 17-18.

作者简介: 张炳南(1988.11—), 男, 学历: 本科, 专业: 土木工程, 职称: 工程师, 就职单位及职位: 上海建工四建集团有限公司, 职位: 项目副经理。