

临港软土地区 SMW 工法桩围护结构施工监理要点分析

李 捷

上海宏波工程咨询管理有限公司 上海 201707

【摘 要】：临港软土地区暗浜、流塑状淤泥质黏土与砂质粉土互层发育，潜水水位埋深浅，基坑围护面临成桩质量波动与渗漏风险。本研究以临港新片区 105 社区 I12-01 地块配套幼儿园工程为例，分析了 SMW 工法桩在重力式挡墙围护中的施工难点，从施工准备、成桩过程、型钢插入及基坑开挖协同四个维度提出了监理控制要点。结果表明，严格把控水泥掺量、水灰比、垂直度、搭接时间及型钢定位等核心参数，落实暗浜换填、预降水、冷缝补桩及渗漏封堵等针对性措施，可有效保证围护结构连续性与止水效果，为软土地区同类基坑工程监理实践提供了系统化的技术参照。

【关键词】：SMW 工法桩；软土地区；施工监理；基坑围护；质量控制

DOI:10.12417/2705-0998.26.13.018

引言

上海临港新片区地处长江三角洲冲积平原滨海地带，浅表地层广泛分布填土、浜底淤泥、灰色砂质粉土及厚层淤泥质黏土，土质具有含水量高、孔隙比大、灵敏度高、强度低、触变和流变特性显著等特点，潜水水位埋深约 1.3 m 至 1.6 m，开挖至砂质粉土层时易产生流砂与渗流破坏，软土基坑围护成桩质量波动及止水失效风险突出^[1]。临港新片区 105 社区 I12-01 地块配套幼儿园工程位于盛艾路以北、乔柏路以东，为 17 班幼儿园，总建筑面积 10234.63 m²，基坑面积 3410 m²，开挖深度 5.45 m，属超一定规模危大工程。场地内分布浜底淤泥与厚层淤泥质黏土，砂质粉土层易失稳，潜水水位埋深浅。基坑北侧及东侧紧邻在建工地，西侧距红线仅 5.4 m 且管线密集，环境约束严苛。主楼基坑采用 $\Phi 700@500$ 双轴水泥搅拌桩重力式挡墙，水泥掺量 13%，局部内插 H 型钢，垂直度偏差小于 1/150，搭接时间不超过 24 h。下文围绕临港软土地区 SMW 工法桩围护结构施工监理要点进行分析。

1 临港软土地区 SMW 工法桩施工准备阶段监理要点

1.1 施工资质与专项方案的审查

监理单位针对临港新片区 105 社区 I12-01 地块配套幼儿园工程基坑面积 3410 m²、周长 265 m、开挖深度 5.45 m 且属超过一定规模危险性较大分部分项工程的特点，审查中建三局地基基础资质等级与 17 m 以内桩长相匹配，核查项目经理、技术负责人、焊工、起重工、电工等注册证书及特种作业操作证原件。专项方案聚焦 $\Phi 700@500$ 搭接 200 mm 重力式挡墙在④层淤泥质黏土流塑态、②₃⁻¹及②₃⁻²层砂质粉土承压水风险下的针对性，水泥掺量 13%、暗浜处 16%、水灰比 0.5 至 0.6、普硅 42.5 级水泥、H700×300×13×24 型钢插设及减摩剂涂刷等

参数须与设计图逐条闭合。桩机垂直度偏差小于 1/150、桩位偏差小于 50 mm、相邻桩搭接时间不超过 24 h、型钢插入平面位置偏差±10 mm、插入标高偏差-30 mm 须具化为执行频次^[2]。暗浜段素土换填夯实、厚层填土段铺设钢板或挖除换填、流砂段预降水不少于 20 d 且水位降至开挖面以下 0.5 m 至 1 m 须写入方案，专家论证意见逐条修改闭环后方可签发开工令。

1.2 原材料与构配件的进场验收

普硅 42.5 级水泥每 500 t 为一个检验批，监理见证取样送检凝结时间、安定性、3 d 及 28 d 抗压强度，暗浜段水泥掺量 16% 须在配料计量系统中设置独立配方。H700×300×13×24 型钢实测长度偏差±20 mm、截面高度偏差±4 mm、截面宽度偏差±3 mm、腹板中心线偏差±2 mm、挠度不大于 10 mm，对接焊缝质量等级三级，结长位置避开基坑开挖面 2 m 以下。 $\Phi 48 \times 3.5$ 焊管、 $\Phi 12$ 钢筋、 $\Phi 8@200$ 压顶钢筋、C30 冠梁混凝土及止水钢板核对质保书与复试报告，水泥土 28 d 无侧限抗压强度 0.8 MPa 对应每工作班 70.7 mm 立方体试块两组取样送检计划报监理备案。

1.3 施工机械设备与测量仪器的核查

2 台 SJB-II 双轴搅拌桩机核查加固深度 24 m、成桩直径 700 mm、主电机功率 55 kW、提升速度 0 至 0.5 m/min，立柱导向架垂直度调控装置、水泥浆计量装置、喷浆压力显示装置、提升速度控制装置须检定有效，钻头叶片每班尺寸检查，磨损致桩径缩小 10 mm 即补焊。25 t 汽车吊查验合格证与定期检验报告，振动锤辅助插入装置到场待用。RTS 112SL 全站仪、TAL4 水准仪、5 m 及 50 m 钢卷尺、激光扫平仪、激光铅垂仪检定证书在有效期内，加密导线点按 I 级布设、分层控制网按 II 级布设，每放两复。

降水井施工用 XY 型工程钻机、 $\phi 650$ mm 开孔孔径、273 mm 井管、7 m 滤管埋深、12 m 井深, 17 口疏干井布置图核验, 潜水泵 WQ(JYWQ)10 台、3PN 污水泵 6 台查验功率与扬程曲线匹配基坑涌水量。临时用电 500 kVA 容量核算桩机 180 kW、钻机 37 kW、降水井 40 kW 等总负荷 284.6 kVA 余量, 一机一闸一漏一箱配置到位。

2 临港软土地区 SMW 工法桩施工过程核心监理要点

2.1 成桩工艺参数的过程控制

监理旁站监督双轴搅拌桩机头下沉与提升速度, 下沉速度不大于 1.0 m/min, 提升速度不大于 0.5 m/min, 桩底位置持续搅拌注浆不少于 30 s。水泥浆液水灰比按 0.5 至 0.6 控制, 每台班用比重计抽检不少于 2 次, 浆液密度偏差控制在 ± 0.02 g/cm³ 以内。水泥掺量 13%, 暗浜段 16%, 监理每台班核查水泥进货量与搅拌桩延米数折算的单桩水泥用量, 偏差超过 $\pm 2\%$ 即要求停机调整。喷浆压力不低于 0.8 MPa, 注浆泵额定工作压力大于 0.8 MPa, 浆液流量与提升速度联动匹配, 确保每延米注浆量均匀。因故停浆时搅拌头下沉至停浆点以下 1 m, 待恢复供浆后重新喷浆提升。二喷三搅工艺严格执行, 第一次喷浆提升至桩顶后关闭压浆泵, 搅拌头再次下沉至设计深度, 第二次喷浆提升至桩顶, 第三次不喷浆复搅一遍, 具体标准见表 1^[3]。

表 1 双轴搅拌桩成桩工艺参数控制标准

控制参数	设计值	允许偏差	检查频次
下沉速度	≤ 1.0 m/min	± 0.1 m/min	每根桩记录
提升速度	≤ 0.5 m/min	± 0.05 m/min	每根桩记录
水灰比	0.5-0.6	± 0.02	每台班 2 次
水泥掺量	13%/16%	$\pm 2\%$	每台班核算
喷浆压力	≥ 0.8 MPa	+0.2 MPa	连续监测
桩底注浆时间	≥ 30 s	+10 s	每根桩记录

2.2 成桩几何精度与连续性的控制

本项目桩机就位后检查底盘水平度与立柱导向架垂直度, 垂直度偏差小于 1/150, 桩位偏差小于 50 mm。钻头叶片每班尺量检查, 磨损致桩径缩小 10 mm 即要求补焊, 确保 $\phi 700$ mm

桩径有效搭接 200 mm。桩长控制采取钻杆红漆标记与浆量自动记录仪联控, 红漆标记距钻头距离等于设计桩长, 桩顶喷浆高度提高 0.5 m 以保证桩顶强度。相邻桩施工间隔不超过 24 h, 超过 24 h 时在搭接处外侧补打 2 根搅拌桩, 超过 48 h 时须设计认可后采取局部补桩加强。暗浜段流塑态浜底淤泥与素填土交界处放慢下沉速度至 0.5 m/min, 防止塌孔与夹泥。施工冷缝优先预留于重力坝内部, 内外排冷缝处外排增打 1 至 2 根搅拌桩补强, 监理在日记中记录冷缝位置、间隔时长及补桩措施。

2.3 H 型钢插入与施工监测的协同控制

本项目搅拌桩成桩完成后 30 min 内开始 H 型钢插入, H700 $\times 300 \times 13 \times 24$ 型钢依靠自重下沉, 受阻时用振动锤辅助, 严禁多次重复起吊松钩下落。型钢定位采用沟槽定位型钢与型钢定位卡, 平面位置偏差 ± 10 mm, 垂直度偏差小于 1/200, 插入标高偏差 ± 30 mm, 型心转角不大于 3° , 全部检查。型钢顶端 25 cm 处开中心圆孔孔径 8 cm, 加焊 450 mm $\times$ 450 mm $\times$ 10 mm 加强板, 吊筋 $\phi 12$ 线材焊接于两腹板外侧, 标高误差 ± 5 cm^[4]。减摩剂涂层开裂或剥落须铲除重涂, 埋入冠梁段用 10 mm 厚泡沫塑料包裹隔离。基坑监测数据与型钢插入同步联动, 坑外水位下降深度不大于 50 cm, 周边建筑物沉降位移达到预警值时暂停插入作业。型钢拔除在主体结构完成且外墙与搅拌桩间回填密实后进行, 专用液压起拔机 QD-200T 配两台 16 t 汽车吊, 拔除后空隙立即压密注浆填充。

3 SMW 工法桩与深基坑开挖协同施工的监理要点

3.1 开挖条件与时空效应的协同控制

临港新片区 105 社区 I12-01 地块配套幼儿园基坑面积 3410 m², 实际开挖深度 3.75 m 至 4.25 m, 局部集水坑深度 5.25 m, 土方量约 15000 m³。围护桩双轴搅拌桩水泥土 28 d 无侧限抗压强度达到 0.8 MPa 后方可开挖, 冠梁 C30 混凝土强度达到设计值 100%后方可开挖下层土方。土方分 A、B 两个大区, 开挖顺序 A $\rightarrow$ B, 每层开挖深度约 2 m, 分段长度不超过 20 m。坡道设置于场地东南角, 宽度 6 m, 坡度 1:6, 坡道面层铺设钢板。基坑周边地面堆载控制在 20 kPa 以内, 重型车辆停在围护桩外侧 15 倍开挖深度以外。坑底留 300 mm 厚土层人工清底, 基底验槽后 24 h 内浇筑 C20 混凝土垫层封闭。坑底基础边与围护桩间隙用 C35P8 素混凝土填充形成传力带。基坑北侧距浦建工地临时围墙 5.4 m, 西侧距乔柏路红线 5.4 m 且地下管线密集, 开挖时加密监测频率至每 4 h 一次, 变形速率超过 3 mm/d 时暂停开挖。暗浜段挖除浜底淤泥换填素土并分层夯实, 压实系数不小于 0.94, 每层铺筑厚度 200 mm 至 250 mm。流砂风险段开挖时出现流砂迹象立即停止并回填土方或向基坑内注水使水位超过地下浸润线, 确保二级或三级井点系统闭合运行。

3.2 基坑降水与桩体防渗的协同控制

基坑开挖前预降水不少于 20 d, 坑内 17 口疏干井运行将潜水水位降至开挖面以下 0.5 m 至 1 m, 井深 12 m, 滤管埋深 7 m, 井间距 15 m, 距基坑边 5 m 至 7 m。降水运行期间 24 h 值班, 每天检查抽水设备不少于 3 次, 记录水位与水量变化, 坑外水位下降深度不大于 50 cm, 周边建筑物沉降位移达到预警值时立即停止降水并采取回灌或注浆措施。桩体防渗控制聚焦双轴搅拌桩搭接 200 mm 的连续性, 相邻桩施工间隔不超过 24 h, 冷缝处外侧补打 2 根搅拌桩, 超过 48 h 时设计认可后局部补桩加强。型钢拔出后空隙立即压密注浆填充, 水泥浆水灰比 0.4 至 0.5, 注浆压力 0.3 MPa 至 0.5 MPa。基坑底部沿边线设排水沟, 间隔 50 m 设 800 mm×800 mm×800 mm 集水井, 坑顶四周设 300 mm×300 mm 排水沟与三级沉淀池连通, 污水经沉淀后排入市政管网^[5]。开挖过程中围护结构出现渗漏时, 渗漏点较小用快干水泥或水玻璃封堵, 渗漏量大时坑外补打旋喷桩或注浆止水, 封堵完成后确认无水渗出方可继续开挖。底板混凝土浇筑完成并达到设计强度 70%且满足抗渗要求后方

可停止降水, 封井时井管内填瓜子片至滤水管顶以上 1 m, 注水泥浆初凝后灌入 C35 混凝土至低于底板面 50 cm, 割除井管后用钢板焊封并用微膨胀混凝土抹平。

4 结论

本文以临港新片区 105 社区 I12-01 地块配套幼儿园工程为依托, 从施工准备阶段开展的资质方面审查、材料方面验收以及设备方面核查, 到成桩这个过程涉及的工艺参数、几何精度以及型钢插入方面控制, 再到基坑开挖和降水的协同性管理, 构建起了覆盖整个流程的监理技术方面框架。研究显示, 严格把控水泥掺量、水灰比、垂直度、搭接时间等核心参数, 切实落实暗浜换填、预降水、冷缝补桩、渗漏封堵等具有针对性的措施, 是保障软土基坑围护结构止水效果以及整体稳定性的关键所在。该成果能够为上海沿海软土地区同类深基坑工程的监理实践提供具有系统化特点的技术参照。未来伴随数字孪生与智能监测技术的深度融合, 软土基坑围护施工监理有望实现实时反馈与自适应调控。

参考文献:

- [1] 杨杰峰.SMW 工法桩施工技术在高层建筑深基坑支护中的应用研究[J].散装水泥,2026,(7):139-141.
- [2] 孔繁博,褚洪臣.基于软弱土层的住宅建筑工程 SMW 工法桩基坑支护施工技术[J].居舍,2026,(18):43-46.
- [3] 宁安鹏,姚迅.深基坑 SMW 工法桩+超前斜桩撑围护结构施工技术应用研究[J].现代工程科技,2026,5(1):133-136.
- [4] 刘汉之,刘灿.SMW 工法桩施工技术及质量要点探析[J].散装水泥,2023,(1):146-148.
- [5] 沈华枢,全美英.探析深基坑 SMW 工法桩围护施工监理质量安全控制[J].工程建设与设计,2017,(3):173-174+177.