

内抛式钢管锚桩在软土地区深基坑支护施工中出现的 问题分析及处理

严德华

上海新建设工程咨询有限公司 上海 200123

摘要：内抛式钢管锚桩支护形式作为软土地区一种新型支护施工工艺，该工艺使用钢构件代替传统钢筋混凝土支撑，以其施工速度快，无换撑，可实现土方敞开式开挖等特点，逐渐在上海地区被推广应用。但实际应用过程中因众多影响因素可能会导致基坑出现安全和质量问题。本文以基坑工程实例出发，对深基坑采用内抛式钢管锚桩支护技术过程中出现的问题进行分析，认为局部钢管锚桩承载力达不到设计值，门架式支护结构宽度不足是导致基坑出现安全问题的关键，对今后同类工程提供借鉴意义。

关键词：内抛式钢管锚桩；新型支护施工工艺；软土地区深基坑支护

1 研究背景

软土地区由于土质差，水土压力大，深基坑开挖多采用板式支护搭配内支撑的支护形式^[1]，内抛式钢管锚桩支护形式作为软土地区一种新型支护施工工艺，该工艺使用钢构件代替传统钢筋混凝土支撑，钢管注浆桩作为压杆提供支撑反力，可实现直立式开挖，不需要内支撑，挖土方便，施工速度快，且相对内支撑而言成本低^[2]。该新型支护技术在实际推广过程中，因众多影响因素可能会导致基坑出现安全、质量问题，本文以上海青浦区芳泽路某住宅小区基坑工程实例出发，分析内抛式钢管锚桩在软土地区深基坑支护施工中可能会出现的问题，并提出相应的解决措施，对该技术的推广应用及今后同类工程提供借鉴意义。

2 工程概述

2.1 工程概况

本项目位于上海市青浦区秀泽路和汇金路交叉口。本工程基坑开挖总面积约 20400 m²，基坑周长约为 640m。其中北侧区域为地下室两层，基坑开挖面积约 10400 m²，基坑开挖深度 9.4~10.1m，基坑安全等级二级，环境保护等级三级；南侧地下一层区域，开挖面积约 10000 m²，基坑开挖深度 5.4m，基坑安全

等级三级，环境保护等级三级。

2.2 基坑周边环境

本工程基坑周边环境较复杂，南侧清水港最近处距本基坑 8.3m；北侧秀泽路 ϕ 600 雨污管距基坑约 17.4m；东侧汇金路人行道上空有高压架空电缆，距基坑 14.2m 有 ϕ 600 污水管；西侧为待开发地块。

2.3 工程地质情况

本项目位于长江三角洲如海口东南前缘，属长江三角洲湖沼平原 I-1 区地貌类型。缺失上海市统编④、⑤层，本项目基坑影响范围内勘察揭露地层自上而下依次为：

第①层 填土：一般厚度 1.00~2.70m，平均厚度 1.93m。

第②层 粉质粘土：一般厚度 0.40~1.90m，平均 1.29m。

第③层 灰色淤泥质粉质粘土：低强度、高灵敏性、高压缩性，在基坑开挖时易产生蠕变，在水动力的作用下易产生流沙和管涌。一般厚度 3.80~12.50m，平均 7.52m。

第⑥₁₋₁层 粉质粘土：层顶存在较大起伏，层顶标高约在-5.58~-13.4m 在场内地内局部孔附近缺失。

第⑥₁₋₂层 粉质粘土夹砂质粉土：在场内地内局部孔附近缺失。

第⑥₂层 砂质粉土：一般厚度 4.00~8.80m，平均 6.84m。

基坑坑底坐落于第③层和第⑥₁₋₁层之间。

2.4 水文地质条件

对本工程有影响的地下水类型主要为潜水和承压水。本次勘察期间测得的地下水稳定水位埋深一般为 0.60~2.10m。

本工程拟建场地内涉及的承压含水层主要为第 I 承压含水层，工程地质分层为⑥₂层砂质粉土。根据实际观测的承压水水头，承压水水位埋深约为 3.89m。拟建场地⑥₂层层面埋深在 15.3~20.1m，按本工程基坑开挖深度 6.0~10.0m，按最不利承压水头埋深 3.0m、最小层顶埋深 15.3m 进行计算，对于开挖深度 6.0m 范围基坑抗承压水的稳定性安全系数 $K_y=P_{cz}/P_w>1.05$ ，故承压水本工程一层地下室基坑区域无突涌可能性。但对于开挖深度 10.0m 范围基坑抗承压水的稳定性安全系数 $K_y=P_{cz}/P_w=0.776<1.05$ ，对本工程二层地下室基坑区域可能产生突涌

现象。

2.5 围护设计

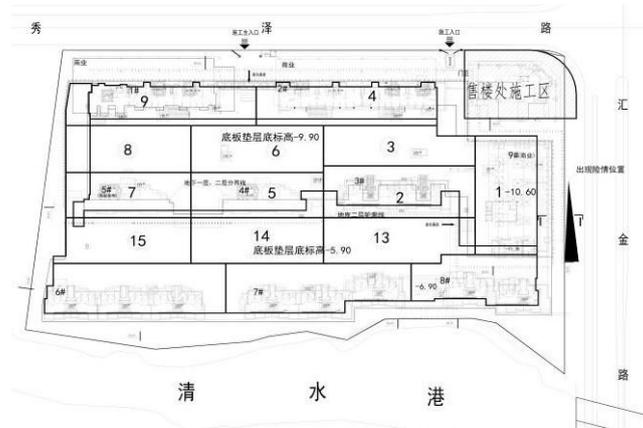


图 1 、基坑挖土分区图

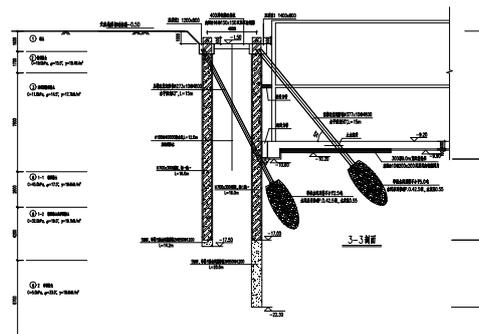


图 2 、9#楼位置支护剖面图

1) 本工程地下一层区域围护采用水泥搅拌桩重力坝，重力坝坝宽 4.2~6.2m，搅拌桩桩长 11~16m，水泥掺量 13%，内外排搅拌桩内插钢管 ($\text{O}48 \times 3.0 @ 1000 / 1500$ ，长 6m) 及型钢 ($\text{H}500 \times 300 @ 1000 / 1500$ ，长 15m)。

2) 本工程地下二层围护采用 SMW 工法门架式结构+双排内抛式注浆钢管工艺：支护桩采用前后排桩形成的门架式结构，前后两排桩均采用 $\text{O}850 @ 1200$ 三轴水泥搅拌桩，前排有效桩长 20m，后排有效桩长为 14.2~15.2m，内插 700×300 型钢，型钢长 15~16m，前排 H 型钢隔一插二，后排 H 型钢隔一插一。前后排桩间距为 4.0m，前排注浆钢管采用 $\text{O}377 \times 10 @ 4800$ ，水平倾角 50° ，桩长 15~18m，单根水泥用量不小于 5.0 吨；后排注浆钢管采用 $\text{O}277 \times 10 @ 4800$ ，水平倾角 60° ，

桩长 15~18m，单根水泥用量不小于 2.5 吨。

3 关键施工技术

3.1 总体施工流程

本工程施工顺序：搅拌桩、内插型钢、注浆钢管降水→土方开挖。

基坑开挖顺序：先开挖施工地下二层，待地下二层区域施工至±0.00 后再开挖施工地下一层区域。其中土方开挖采取分区开挖，如图所示，开挖顺序依次为：

①→②→③→④→⑤→⑥→⑦→⑧→⑨→⑩→⑪→⑫→⑬→⑭→⑮→⑯。

本工程的基坑降水：地下一层采用轻型井点降水，地下二层采用深井降水。

3.2 围护体施工

双轴和三轴水泥搅拌桩（SMW 工法）基本同时进行施工。整个施工过程严格按照现行规范和设计要求执行。钢管注浆：注浆钢管均采用 Q345，20 号无缝钢管，钢管注浆桩分三次注浆，每间隔 1.5-2.0 小时注浆一次，第一次注浆量为设计注浆量的 60%，第二次，第三次注浆量为设计注浆量的 20%，注浆流量控制在 20-30L/min，注浆最终完成的标准以单根桩水泥用量和最终注浆压力控制。

4 基坑施工中出现的問題及其原因分析

在 9#楼位置（见图 1、2）基坑开挖施工过程中，东侧坝体局部区域挖至设计标高，尚未完成有配筋垫层的混凝土施工时，在汇金路上出现了约 40m 长，宽度达 40~60mm 的裂缝，围护体向坑内倾斜，最大处位移为 143.59mm，超出设计累计 45mm 的报警值。该位置基坑安全处于不可控状态，经分析出现这些问题的主要原因如下：

1) 本项目注浆钢管静荷载试验合格率在 60%左右，在对 9#楼东侧 Ø377 进行注浆钢管桩静荷载试验中，检测结果最小的静荷载极限值仅有 200KN，达不到设计静荷载极限值 700KN 的要求，造成注浆钢管桩承载力不足的原因是由于持力层第⑥₁₋₁层起伏变化较大，注浆钢管桩未进入第⑥₁₋₁层或插入深度不足 2.5m。

2) 注浆钢管的制作和焊接与原始设计存在偏差，尤其是管尖端，在施工中无法形成扩大头，钢管注浆完成后未填碎石用纯水泥浆灌满，导致桩端承载力难以有效发挥。

3) 原设计支护桩采用前后排桩形成的门架式结构，前后排桩间距为 4.0m，实际施工为避让汇金路上空高压线影响到施工，后排桩向坑内方向调整了 1.5m，

故门架式结构的整体宽度减小了 1.5m，其整体刚度明显减小，但对应位置围檩、注浆钢管等未相应加强调整。

5 处理方案及实施

对于基坑出现上述险情后施工单位立即抢做配筋垫层，加强 24 小时监测工作，同时积极召集设计及地基与基础处理方面的专家进行安全评估和加固方案认证，采取了以下措施：

1) 对应承载力不足的注浆钢管桩采用再次注浆，对汇金路上产生的裂缝采取了灌浆封闭。

2) 出现险情的 9#楼坝体东侧挖去 1.5m 左右土方进行卸载，卸载向北延伸直至售楼处，并在 24 小时内完成。

3) 停止 9#楼的配筋垫层混凝土的浇筑工作，在变形较大的位置基坑内进行宽度大于 12m，高度大于 2m 的土方回填。

4) 在原有双排型钢间补打 $\varnothing 800$ ，长 20m 钻孔灌注桩，上置 1200 \times 800mm 压顶梁，用连系梁与两侧围檩连接牢固。在-5.50m 处增设一道 1100 \times 700 的混凝土围檩，并采用 609 钢管形成对称斜角撑与 H1400 \times 400，长 15m 立柱桩组成新的支撑体系（如图 3 所示）。

5) 放慢 9#楼基坑临近楼号的施工节奏，使其基坑周围侧向荷载不宜过大。

6) 继续保持有效的降水和基坑监测数据的及时反馈。

7) 经过采取一整套的紧急抢险措施，监测测得的数据变化收敛。有效地防止了基坑坍塌事故的发生。

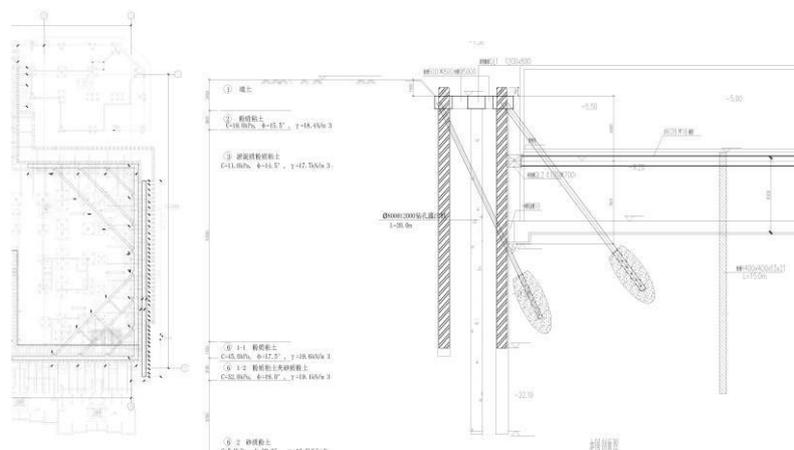


图 3 加固位置支撑平面图及对应剖面图

6 结语

根据上述工程实例的分析,内抛式钢管锚桩承载力达不到设计值,支护桩采用门架式结构宽度不足是导致基坑出现安全问题的关键,其中导致承载力不足的原因是注浆钢管桩未进入持力层或持力层深度不足,注浆钢管管尖段的制作和焊接存在偏差,在施工中无法形成扩大头桩端。

针对上述内抛式钢管锚桩支护出现的问题,在选择采用内抛式钢管锚桩支护这种新工艺施工时,应对地质条件的详细调查,选择适当的注浆钢管桩持力层,并确保注浆钢管桩进入持力层不小于 2.5m。并应加强及改进注浆钢管管尖段的制作工艺,确保桩端形成扩大头,保证桩端承载力的发挥,另外应确保外侧门架式支护结构的宽度,以保证支护桩的整体刚度。一旦基坑出现较大变形监测预警,可采用内抛钢管再注浆、增设支撑体系、坑内土方回填和坑外卸载等应急加固措施,可有效地化解险情。

参考文献

- [1] 刘建航, 侯学渊. 基坑工程手册 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997
- [2] 姚正源. 内抛式注浆钢管桩静荷载实验研究 [J]. 安徽建筑 2017 TU473. 16