

赵爽, 彭立顺, 刘恋. 某软弱地层钢板桩基坑支护工程换撑应用[J]. 华南地震, 2023, 43(3): 171-174. [ZHAO Shuang, PENG Lishun, LIU Lian. The Application of Support Replacement of Steel Sheet Pile Foundation Pit Support Engineering in a Weak Stratum[J]. South China Journal of Seismology, 2023, 43(3): 171-174]

## 某软弱地层钢板桩基坑支护工程换撑应用

赵爽, 彭立顺, 刘恋

(广东省建科建筑设计院有限公司, 广州 510110)

**摘要:** 东莞市某软弱地层, 无中板地下结构基坑支护工程, 被动区采用加固土, 增强了软弱土体整体性, 提高土体抗剪强度。采用理论计算对换撑技术控制水平位移方面进行分析, 结果表明, 换撑技术受力合理, 可以有效控制基坑开挖引起的支护结构水平位移, 提高基坑安全稳定性, 类似地下结构无法形成刚性铰时, 可参考本文换撑技术。

**关键词:** 深基坑支护; 换撑; 坑内加固土; 钢板桩

**中图分类号:** TU37

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-8662(2023)03-0171-04

**DOI:** 10.13512/j.hndz.2023.03.19

## The Application of Support Replacement of Steel Sheet Pile Foundation Pit Support Engineering in a Weak Stratum

ZHAO Shuang, PENG Lishun, LIU Lian

(Jianke Architectural Design Institute of Guangdong Province Co., Ltd., Guangzhou 510110, China)

**Abstract:** A foundation pit support project for a weak stratum in Dongguan City, without a medium plate underground structure, adopts reinforced soil in the passive area to enhance the integrity of the weak soil and improve the shear strength of the soil. Theoretical calculation is used to analyze the control of horizontal displacement by the support replacement technology. The results show that: The support replacement technology is subjected to reasonable force and can effectively control the horizontal displacement of the support structure caused by the excavation of the foundation pit, and improve the safety and stability of the foundation pit. When the underground structure cannot form a rigid hinge, the support replacement technology in this paper can be referred to.

**Keywords:** Deep foundation pit support; Support replacement; Soil reinforcement in the pile; Steel sheet pile

### 0 引言

随着我国经济的快速发展, 钢板桩支护作为

一种快捷、高效、环保的建筑工法得以认可并发展, 但其相较混凝土支护体系, 有着刚度较小, 抗弯能力弱的缺点, 尤其是在软弱土层, 基坑开挖后变形较大, 特别是当支撑拆除后, 支护结构

收稿日期: 2023-05-25

基金项目: 2016年广东省工程建设标准制修订计划(粤建科函[2016]3007号)

作者简介: 赵爽(1992-), 男, 本科, 注册土木工程师(岩土), 主要从事岩土工程设计、勘察工作。

E-mail: 287885147@qq.com

通信作者: 彭立顺(1992-), 男, 硕士研究生, 工程师, 主要从事岩土工程相关工作。

E-mail: 527238528@qq.com

处于悬臂状态下，过大的变形极易引发工程事故，故采用换撑技术，通过传力构件将应力进行转移再分配，可有效保证工程后续正常施工<sup>[1-2]</sup>。本文以东莞市某软弱场地为例，对换撑技术控制水平位移方面进行分析，为类似基坑设计提供参考。

1 工程概况

1.1 基坑概况

本基坑位于东莞市万江街道，水池、地下泵房结构为1层，基坑四周3倍基坑深度范围内为场内空地，周边无管线分布。基坑东侧坑顶距离用地红线约25 m有二层厂房，西侧坑顶距离用地红线约24 m有二层厂房。基坑开挖前，南北侧先施工桩基础，北侧坑顶距离承台边缘约7 m，南侧坑顶距离承台边缘约4 m。

根据水池、地下泵房建筑图及结构图，本工程相对标高±0.000 m相当于绝对标高4.200 m，现场场地整平至绝对标高2.900 m。拟建基坑呈长方形，水池处(EF、FA、AB段)坑底绝对标高-2.700 m，泵房处(BC、DE段)坑底绝对标高-3.600 m，设备处(CD段)坑底绝对标高-4.700 m，基坑开挖深度依次为5.60 m、6.50 m、7.60 m，基坑周长约为170 m，占地面积约1 500 m<sup>2</sup>。基坑平面图如图1所示。

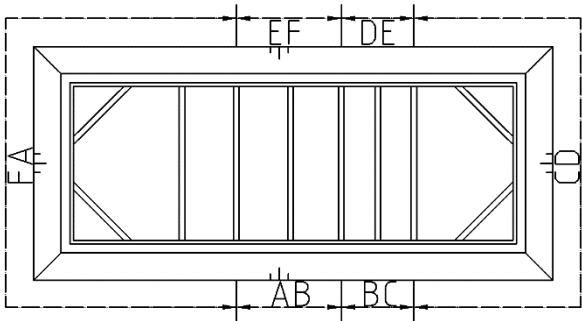


图1 基坑平面图

Fig.1 Plan of foundation pit

1.2 地质水文条件

根据本场地岩土工程勘察报告，基坑范围各岩土层自上而下分述如下：

①素填土：杂色，黏性土、中砂、砼块回填而成，属近期堆填，结构松散欠固结，揭露层厚0.5~4.4 m。

②-1中砂：松散~稍密，饱和，岩心以散粒为主，分选差，揭露层厚0.60~5.51 m。

②-2淤泥：灰黑色，饱和，流塑~软塑，含少量有机质，揭露层厚0.90~6.00 m。

②-3淤泥质砂：灰黑、浅灰色，饱和，松散~稍密，揭露层厚1.80~14.20 m。

②-4粉质黏土：湿，可塑为主，局部软塑状，黏性较强，揭露层厚0.30~4.90 m。

③-1强风化粉砂质泥岩：极软岩，遇水易软化崩解，揭露层厚0.40~9.10 m。

其中①素填土、②-2淤泥、②-3淤泥质砂属软弱土层，其厚度较大，具有孔隙大、含水量高、稳定性差、抗剪强度低等特点<sup>[3]</sup>。各岩土层力学参数详见表1所示。

本场地地下水类型有第四系孔隙水及下伏基岩裂隙水，孔隙水主要赋存于中砂、淤泥质砂层中，含水性及透水性较好，属含水层；填土层、粉质黏土、淤泥含水性及透水性较差，属弱含水层。裂隙水主要赋存于风化裂隙中，其含水量、透水性主要受裂隙发育程度、基岩风化程度和构造控制，整体为弱含水、弱透水地层。现场施工情况如图2所示。

表1 岩土力学参数表

Table 1 Geomechanical parameters table

岩土层	饱和重度 $\gamma/(\text{kN}\cdot\text{m})$	粘聚力 $c/\text{kPa}$	内摩擦角 $\varphi/(\text{^\circ})$
素填土	20.0	10	12
中砂	21.0	0	20
淤泥	18.5	5	2
淤泥质砂	20.0	0	14
粉质黏土	19.5	20	18
强风化岩	21.0	35	30

2 支护方案

基坑范围顶部土层主要为素填土、中砂，土层相对淤泥较好，且周边场地较为开阔，故顶部采用造价低、施工快的放坡方案。下部土层主要为淤泥及淤泥质砂，防水止淤、防流沙为重点，故下部采用水密性好、能自然防渗的拉森钢板桩支护<sup>[4]</sup>。坑底处于淤泥及淤泥质砂层，为更好控制变形，提高抗倾覆稳定性，保障土反力满足要求，采用水泥土搅拌桩进行坑内加固，使其硬化固结，提高坑底软弱土体强度。因此，综合分析本基坑工程地质、水文条件、周边环境、施工等因素，



图2 基坑施工图

Fig.2 Construction drawing of foundation Pit

最终确定放坡+钢板桩+钢管支撑+坑内加固土的支护方案，基坑典型剖面如图3所示(BC区段)。

放坡：坡高2.0 m，坡率1：1.50，为增加放坡整体稳定性，剖面方向距离坡脚0.50 m、2.50 m处设置2排竖直钢管，钢管直径48 mm，壁厚3.5 mm，长3.0 m，纵向间距1.0 m。

钢板桩：采用HRSP-U-2700拉森钢板桩<sup>[5]</sup>，每延米下，截面面积225.5 cm<sup>2</sup>，惯性矩56 700 cm<sup>4</sup>，截面模量2700 cm<sup>3</sup>。

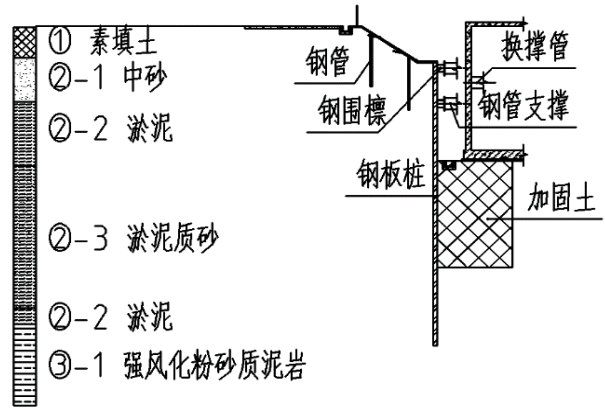


图3 基坑典型剖面

Fig.3 Typical section of foundation pit

支撑体系：采用直径630 mm，壁厚12 mm无缝钢管支撑；400×400×20×20双拼H型钢围檩。坑深7.600 m和6.500 m范围，采用2道支撑，第一道支撑轴线标高为0.500 m，第二道支撑轴线标高为-1.500 m；其他范围采用1道支撑，支撑轴线标高0.500 m。

坑内加固土：采用直径550 mm，间距400 mm，搭接150 mm的水泥土搅拌桩，格栅式布置，加固深度6.0 m，宽度4.15 m，沿基坑周长方向布置，加固土平面图如图4所示。

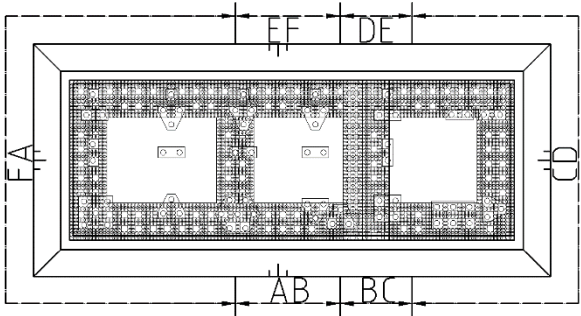


图4 加固土平面图

Fig.4 Plan of reinforced soil

通过对有无坑内加固土两种情况计算分析，设置坑内加固土提高了土的水平反力系数的比例系数m，增加挡土构件嵌固段被动土压力，改善支护结构受力条件，一定程度上防止了基坑失稳<sup>[6-7]</sup>。

3 计算分析

本基坑环境等级为二级，基坑安全等级为二级，基坑侧壁安全系数为1.0。采用长臂挖机挖土，坑内小挖机转运，坑顶2.0 m内超载10 kPa，2.0 m外超载40 kPa。基坑内侧水位最终深度为基坑底以下0.5 m，外侧水位深度为地面以下0.5 m。

采用理正深基坑支护结构设计软件7.5版本对支护结构分区段(单元)进行设计计算。以BC区段为例，坑深7.60 m，嵌固10.40 m，顶部2.0 m放坡，钢板桩长16.0 m，分析支护结构最大水平位移。

(1)不进行换撑时，钢板桩与地下室侧壁之间回填后，主动土压力由悬臂结构的侧壁承担，侧壁抗弯能力弱，难以有效承担荷载，易导致基坑支护体系破坏，造成严重的安全质量事故。此种方案下，仅考虑底板形成刚性铰，8个工况下计算

支护结构最大水平位移如表2所示，其中工况8拆除内支撑1水平位移152.62 mm严重超出二级基坑监测预警值限值<sup>[8]</sup>。

表 2 不换撑方案计算最大位移  
Table 2 The maximum displacement calculated by the scheme without changing support

工况号	工况类型	深度 /m	支锚道号	计算位移 /m
1	开挖	2.50	—	8.29
2	加撑	—	内支撑1	8.29
3	开挖	4.50	—	18.58
4	加撑	—	内支撑2	18.58
5	开挖	7.60	—	31.76
6	刚性铰	7.30	—	31.76
7	拆撑	—	内支撑2	34.22
8	拆撑	—	内支撑1	152.62

(2)BC区段采用换撑方案时，换撑钢管仍采用直径630 mm，壁厚12 mm无缝钢管，钢管支撑于侧壁上，在第一道支撑拆除前施工完成，并形成支顶作用，兼顾施工影响，最终确定换撑钢管轴线标高为-0.300 m，换撑平面图如图5所示。

此种方案下，考虑底板及换撑钢管形成刚性铰，9个工况下计算支护结构最大水平位移如表3所示，其中工况7拆除内支撑2和工况8刚性铰水平位移最大，为34.22 mm满足二级基坑监测预警值限值。

4 结论

本基坑综合使用了放坡、钢板桩、钢管支撑、钢管换撑、坑内水泥土搅拌桩加固等技术，主要得出以下结论：

(1)基坑被动区采用加固土，增强了软弱土体整体性，提高土体抗剪强度，能有效控制支护结构水平位移，提高基坑整体安全稳定性。

(2)理论计算结果表明，换撑技术受力合理，可以有效控制基坑开挖引起的支护结构水平位移，提高基坑稳定性，保证主体结构顺利施工<sup>[9]</sup>。

(3)类似无中板地下结构基坑支护，无法形成刚性铰时，可参考本换撑方法加固基坑。

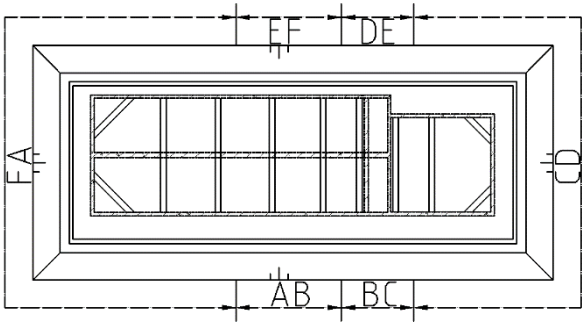


图 5 换撑平面图

Fig.5 Plan of support replacement

表 3 换撑方案计算最大位移  
Table 3 The maximum displacement calculated by the support replacement scheme

工况号	工况类型	深度 /m	支锚道号	计算位移 /m
1	开挖	2.50	—	8.29
2	加撑	—	内支撑1	8.29
3	开挖	4.50	—	18.58
4	加撑	—	内支撑2	18.58
5	开挖	7.60	—	31.76
6	刚性铰	7.30	—	31.76
7	拆撑	—	内支撑2	34.22
8	刚性铰	3.20	—	34.22
9	拆撑	—	内支撑1	33.21

参考文献

[1] 黄杰卿. 邻近地铁基坑工程多次换撑技术研究与应用[J]. 建筑施工, 2023, 45(01): 22–25+29.

[2] 徐化新. 深基坑复合支撑体系换撑技术研究[J]. 城市建筑, 2019, 16(22): 196–198.

[3] 刘亚国. 软弱地质条件下深基坑支护技术及施工要点[C]// 2022年全国工程建设行业施工技术交流会论文集(上册). 北京: 施工技术编辑部, 2022.

[4] 李建新. 软土地基拉森钢板桩基坑支护施工技术研究[J]. 砖瓦, 2020(06): 147–150.

[5] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 钢板桩: JG/T 196—2018[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.

[6] 王永锋, 杜军, 王利民, 等. 基坑被动区加固对基坑支护体系变形和桩后土体沉降的影响[J]. 华南地震, 2021, 41(04): 121–127.

[7] 胡峰华, 张丽, 滕新保. 某基坑 m 值与被动区加固宽度相关性分析[J]. 科学技术创新, 2021(09): 114–115.

[8] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 建筑基坑工程监测技术标准: GB 50497—2019[S]. 北京: 中国计划出版社, 2019.

[9] 惠吉会. 地铁车站基坑换撑设计对基坑变形研究[J]. 四川建材, 2021, 47(07): 85–87.