

# Application Analysis of Lassen Steel Sheet Pile In Ultra-Deep Foundation Pit under Silty Geology

Yundi Mei Peng Jin Qixin Yu

CCCCSHEC Fourth Engineering Company Ltd., Wuhu, Anhui, 241000, China

## Abstract

In the construction of high-speed railway lines, there are a large number of ultra-deep foundation pits with depths greater than 10m. Among them, the deep foundation pit Lassen steel sheet pile with non-cohesive force, strong water permeability and complex geological conditions as the main soil layer is difficult to construct and dangerous. Through the detailed study of this paper, it is expected to provide reference for the design and construction of similar foundation pit support in the future.

## Keywords

silt layer; ultra-deep foundation pit; Lassen steel sheet pile

## 粉砂地质下超深基坑拉森钢板桩应用分析

梅云弟 金鹏 余其鑫

中交二航局第四工程有限公司, 中国·安徽 芜湖 241000

## 摘要

在高铁线路施工中, 存在大量深度大于10m的超深基坑, 其中尤以无粘聚力、透水性强及地质条件复杂的粉砂层为主要土层的深基坑拉森钢板桩施工难度大、危险性高。通过本文的详细研究, 以期今后的类似基坑支护设计和施工提供参考。

## 关键词

粉砂层; 超深基坑; 拉森钢板桩

## 1 引言

近年, 中国高速铁路快速发展, 沿线桥梁墩身承台数量多, 出现大量坑深超过10m的超深基坑, 且基坑地质复杂。鉴于此, 在基于中国盐通高铁线路12m深基坑的设计及施工资料之上, 采用理正深基坑、Midas有限元软件和基坑监测等手段, 对粉砂地质下拉森钢板桩超深基坑结构及整体性进行详细研究, 为今后高铁线路桥梁墩身承台的拉森钢板桩超深基坑支护的设计和施工提供参考。

## 2 工程概况

本文选取的高铁线路深埋承台北临东司马港河(距离河边12.0m), 左临施工临时栈桥(距离为5.5m), 承台正上方25m高处为220kV高压电网, 对基坑支护施工安全隐患大。该承台南北向长为10.1m, 东西向宽为17.7m, 设计埋深为11.0m, 基坑深度12.0m, 其支护土层以粉砂为主, 地下水位

距地表1.0m位置。

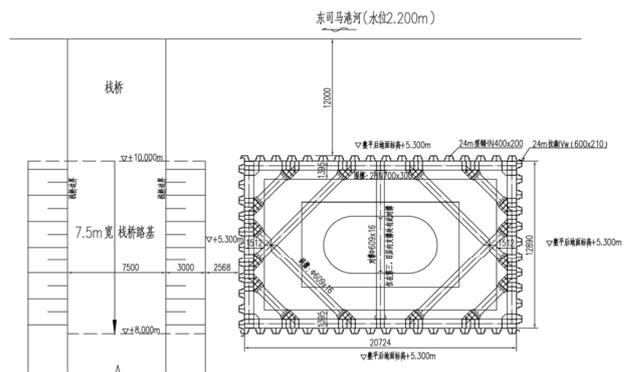


图1 基坑支护环境平面图(1:200)

## 3 地质及基坑概况

(1) 本文选取研究的承台基坑支护各地质土层具体物理力学参数如下:

①层粉土: 厚度0.8m, 重度为18.2kN/m<sup>3</sup>, 粘聚力14.5kPa, 内摩擦角16.9°;

②层粉砂: 厚度 16.4m, 重度为  $19\text{kN/m}^3$ , 粘聚力  $0.0\text{kPa}$ , 内摩擦角  $28^\circ$  ;

③层粉砂: 厚度 16.0m, 重度  $19\text{kN/m}^3$ , 粘聚力  $0.0\text{kPa}$ , 内摩擦角  $29^\circ$  。

(2) 基坑平面尺寸  $20.724\text{m} \times 12.890\text{m}$ , 深 12.0m 拉森 -VIw 型钢板桩 (  $600 \times 210 \times 18$  ), 围檩为 2HN700x300 型钢, 内支撑为 609x16 钢管 ( 第一、二层内支撑点最大水平间距为 4.5m, 第三、四层内支撑点最大水平间距为 4.3m ), 1.0m 厚 C30 封底混凝土。基坑深度范围由上至下设 4 层内支撑 ( 第一层内支撑距离坑外地面 0.5m, 第一、二、三层内支撑之间中心间距均为 2.5m, 第三层内支撑距离第四层内支撑中心距为 1.7m )。坑外采用深井降水使地下水降至地表以下 10.0m。

#### 4 基坑支护方案比选

本工程基坑北临东司马港河, 西临通航栈桥填高路基, 正上方 25m 高处为 220kV 高压电网, 基坑深 12.0m, 支护桩桩长 24m, 属安全等级为一级的基坑。

在综合考虑施工安全、施工质量以及施工工期的因素下, 有三个方案可供选择: 方案一采用 24m 咬合钻孔灌注桩, 施工周期长, 后期破除困难, 基坑变形小, 可不迁改高压电网; 方案二采用 24m 锁扣钢管桩, 施工周期短, 垂直度不易保证, 基坑变形较小, 须迁改高压电网; 方案三采用 24m 锁扣钢板桩, 施工周期短, 垂直度易保证, 基坑变形较大, 须迁改高压电网。综合考虑下, 24m 钢板桩既可满足基坑设计安全要求, 又可缩短施工工期, 因而采用 24m 钢板桩作为支护桩。

#### 5 基坑支护设计

基坑支护结构作为临时性结构, 在确保支护结构安全及土体稳定的前提下, 尽量做到造价低、易施工。本工程基坑支护范围土层主要为粉砂层, 基坑平面尺寸  $20.724\text{m} \times 12.890\text{m}$ , 深 12.0m。采用拉森 -VIw 型钢板桩 (  $600 \times 210 \times 18$  ) 作为基坑支护桩并在钢板桩与围檩间内插等长构造型钢 HN400, 围檩为 2HN700x300 型钢, 内支撑为 609x16 钢管, 1.0m 厚 C30 封底混凝土, 基坑深度范围由上至下设 4 层内支撑 ( 支撑间距为 2.5m 和 1.7m ), 且坑外降水至地表以下 10.0m。

#### 5.1 荷载参数

(1) 土压力: 主动土压力按朗肯土压力公式计算, 被动土压力按土弹簧模拟;

(2) 附加荷载: 涉路侧考虑  $30\text{kPa}$  的车辆施工荷载及  $10\text{kPa}$  的材料堆载;

(3) 坑外水头: 基坑周围采用深井降水, 将坑外地下水位降至地表以下 10.0m。

#### 5.2 模型计算

##### 5.2.1 基坑整体稳定计算

依据规程<sup>[1]</sup>, 本工程为支撑式支挡结构, 可分别采用平面杆系结构弹性支点法、平面结构法分析挡土结构和内支撑结构。对于本工程基坑, 开挖过程中各支撑施工面以及开挖至坑底尚未封底的工况为最不利作用工况。相较于筑高路基侧的不平衡荷载作用的短向支护边, 附加施工荷载及材料堆载作用的长向支护边的内撑间距较大, 荷载作用效应更为不利, 因此计算模型取最不利长边计算。基坑为内撑式基坑、支护钢板桩位移不大且有地面附加超载, 地表沉陷分布曲线为“抛物线”型。其反力、坑内水平位移与地表沉陷计算结果分别见图 2 和图 3。

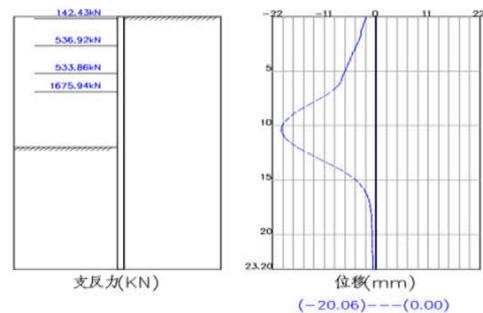


图 2 内力与位移包络图

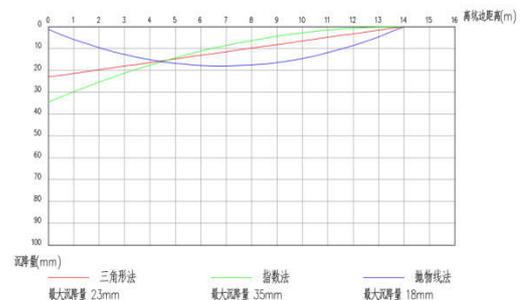


图 3 地表沉降图

由图 2 和图 3 可知, 坑内水平位移和地表沉降最大值分别为 20mm 和 18mm。最大坑内水平位移为  $18.0\text{mm} < \text{min}$

(0.0025h, 30mm) = 30mm, 刚度满足要求。

基坑稳定性验算结果: 抗倾覆稳定(对支护底取矩)系数  $4.69 > 1.25$ ;

抗倾覆稳定(踢脚破坏)系数  $1.25 \geq 1.25$ ; 抗隆起稳定系数  $7.47 > 1.80$ ; 流土稳定系数  $8.64 > 1.60$ 。除踢脚破坏验算接近规范下限值外, 其余稳定性验算系数均远高于规范安全系数。因此该拉森钢板桩超深基坑的水平位移、地表沉降以及基坑整体抗倾覆、抗隆起、流土稳定验算偏于安全, 满足现行规程<sup>[1]</sup>的设计要求。

### 5.2.2 基坑支护结构计算

由于24m整长的拉森-VIw型钢板桩需工厂特制, 代价高昂且运输不便, 因此现场采用18m+6m和6m+18m的两段板桩进行高度错开的对接焊接接长。鉴于现场焊接工人的技术水平的离散型, 偏于安全考虑, 对接部位的刚度予以折减50%。

拉森-VIw型钢板桩标准截面为600mm×210mm×18mm, 每延米抗弯截面模量为2700cm<sup>3</sup>。在Midas有限元建模计算中, 按等效抗弯截面模量换算, 拉森-VIw型钢板桩换算为1000mm×420mm×6mm的矩形截面。按考虑钢板桩拼接部位的刚度折减, 进行Midas Civil建模计算, 强度与刚度计算结果分别见图4和图5。

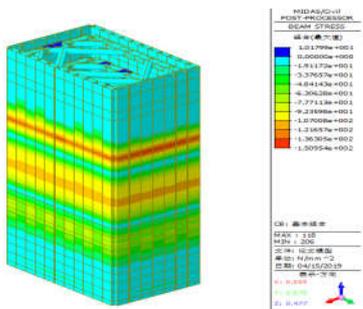


图4 支护结构应力图

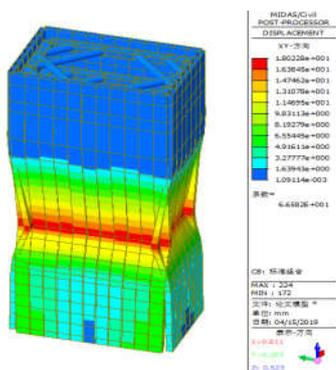


图5 支护结构位移图

依据钢板桩标准<sup>[2]</sup>, Q295bz钢板桩屈服强度标准值为295MPa, 抗拉强度设计235MPa。由Midas Civel的计算结果可知, 拉森-VIw型钢板桩的最大组合应力为150.9MPa < 235MPa, 基坑坑内的最大水平位移计算值为18.0mm, 与理正深基坑的基坑坑内最大水平位移计算值20.06mm相符, 两种软件计算结果吻合、可信。

由以上Midas Civel有限元软件及理正深基坑软件的计算结果可知, 支护钢板桩、围檩及对撑和斜撑各构件的强度与刚度均满足规程<sup>[1]</sup>和规范<sup>[3]</sup>的设计要求。

## 6 基坑监测

依据监测规范<sup>[4]</sup>, 本基坑坑深12m, 超过5m, 且属于一级基坑, 应实施基坑工程监测。基坑支护与上部结构工程的区别在于其复杂的场地环境、隐蔽的地下管网, 均可能成为基坑支护设计和施工无法完全避免的不确定因素, 严重影响基坑施工安全, 因而基坑监测成为基坑支护设计和施工必不可少的重要辅助手段。

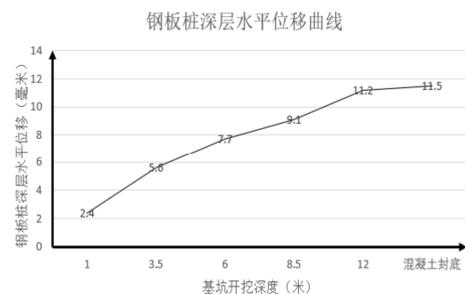


图6 钢板桩深层水平位移曲线

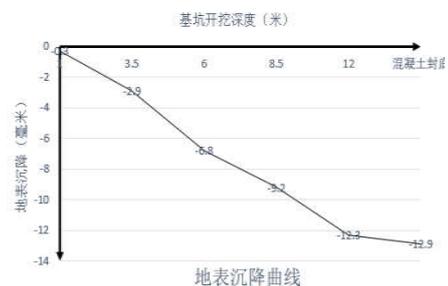


图7 地表沉降曲线

由基坑监测结果图6可知, 桩顶水平位移值随基坑开挖深度的加大而增加, 在开挖至基坑底12m深度, 桩顶水平位移达11.2mm, 待封底混凝土形成强度后, 水平位移变化趋于收敛, 在土体的时空效应下, 桩顶水平位移最大至11.5mm, 小于计算值20.06mm, 计算偏于安全。由基坑监测结果图7

可知,地表沉降值随基坑开挖深度的加大而增加,在开挖至基坑底12m深度,桩顶水平位移达12.3mm,待封底混凝土形成强度后,地表沉降变化趋于收敛,在土体的时空效应下,地表沉降位移最大至12.9mm,小于设计计算值18mm,结果偏于安全,满足规范。

## 7 结语

采用理正深基坑、Midas Civil有限元模型及现场基坑监测等手段,通过对粉砂地质下拉森钢板桩超深基坑结构及整体性进行详细研究,得出如下结论:

(1)本工程12m深粉砂层基坑深井降水效果较好,可降至地表以下10.0m,极大程度降低基坑坑外水头,减少支护钢板桩外侧总体水土压力,利于施工。

(2)理正深基坑及Midas Civil有限元软件的计算结果

相对于钢板桩实际监测结果均属偏大,则本文计算软件及计算理论偏于安全,满足规范设计要求。

(3)封底混凝土形成强度后,水平位移及地表沉降均趋于收敛,支撑作用明显,现场在基坑开挖至坑底后,应迅速封底并形成强度,加强基坑整体稳定。

(4)综合基坑设计建模和基坑监测结果,坑深不超过12m的粉砂层基坑,可以采用拉森-VIw型锁扣钢板桩并综合基坑外深井降水的方式进行基坑支护施工,这为施工工期短、混凝土进场不便的基坑支护施工提供相应理论及实践参考。

## 参考文献

- [1] 建筑基坑支护技术规程 [M], 中国建筑工业出版社, 2012.
- [2] 热轧U型钢板桩 [M], 中国标准出版社, 2007.
- [3] 建筑基坑工程监测技术规范 [M], 中国计划出版社, 2009.