

Analysis of Application Examples of Deep Excavation Support Technology

Minghao Yang

Tianjin Water Group Co., Ltd., Tianjin, 300000, China

Abstract

As an important process in the start-up stage of the project, the deep excavation support technology is of great significance for ensuring the safety and quality of the later project, reducing the project cost and shortening the construction period. Taking the selection of I-beam steel piles and Larsen piles as an example, this paper analyzes the safety guarantee measures in the construction of deep excavation in combination with the application of deep excavation support technology in practical engineering.

Keywords

deep excavation support technology; larsen pile; steel plate pile; penetration depth

深基坑支护技术应用实例分析

杨明浩

天津水务集团有限公司, 中国 · 天津 300000

摘 要

深基坑支护技术作为工程开工阶段的重要工序, 对于保证后期工程安全质量、降低工程成本、缩短工期具有重要意义。论文以中国华北沿海地区某原水管线工程为背景, 以工字钢桩及拉森桩的选用为例, 结合深基坑支护技术在实际工程中的应用分析深基坑施工中的安全保证措施。

关键词

深基坑支护技术; 拉森桩; 钢板桩; 入土深度

1 引言

随着中国经济建设的快速发展, “基建狂魔”一词已被全世界熟知, 地铁、高铁、桥梁等许多大型工程更是走出国门, 使中国高速高效的建设工程水准逐渐被全世界多国认同。在这个过程中, 深基坑支护技术得到了广泛应用。结合工程实际选用适合的支护措施对于确保工程安全质量、加快工程进度、降低工程成本具有重要意义。

2 背景工程概况

华北沿海某地原水管线工程采用开挖施工作业, 沟槽开挖深度 4.5 米, 计划施打 12 米长钢板桩或 12 米长拉森桩进行支护。采用拉森桩型号为 ISP-IV 型, 桩长 12 米, 横排密打, 围檩采用 40# 钢板桩双拼焊接, 横撑采用 DN300 钢管, 距槽顶 2 米处每隔 6 米做一道横撑; 采用钢板桩型号为 40#b 型, 桩长 12 米, 两横一丁密打, 围檩采用 40# 钢板桩双拼焊接, 横撑采用 DN300 钢管, 距槽顶 2 米处每隔 6 米

做一道横撑。根据设计管道标高, 槽深度 4.5 米以内, 为保证沟槽安全, 沟槽范围内退土 1 米, 沟槽范围外退土 2 米。依据工程岩土勘察报告本段施工段地质为松散粘土、粉质粘土。

3 方案计算依据

- ①《钢结构施工计算手册》, 中国建筑工业出版社。
- ②《简明施工计算手册》, 中国建筑工业出版社。

4 拉森桩施工方案简述

4.1 桩结构尺寸及截面参数

拉森 ISP-IV 型钢板桩计算参数查钢结构施工计算手册。

4.2 计算假设

根据现场土层勘察, 本计算中土层参数按经验取值如下: 耕土层厚 0.5m, 粉质黏土层厚 8m, 容重分别为 17.5 和 19, 加权平均 18.25, 内摩擦角 15° , 粘聚力 10Kpa, 支护计算水位按地下 1m 考虑。

4.3 拉森桩计算

4.3.1 内力计算

本工程土压力计算采用拉森桩全部承受的主动土压力

【作者简介】杨明浩(1984-), 男, 中国天津人, 硕士, 工程师, 从事市政水利建筑工程研究。

视为有效主动土压力。以地面标高为基准，计算各高度点的有效土压力^[1]。地面超载按照 60t 考虑，换算后为 10KN/m²，换算为土高度 $h_0=q/\gamma=10/18=0.56m$ 。

①主动、被动土压力系数。

$$Ka = tg^2(45 - \frac{15}{2}) = 0.589, \sqrt{Ka} = 0.767$$

$$Kp = tg^2(45 + \frac{15}{2}) = 1.698, \sqrt{Kp} = 1.303$$

②有效主动土压力计算。

按照各工况（一道支撑）进行受力计算，具体如下。

第一，在原地面位置时的土压力强度：

$$P1 = 18 \times 0.56tg^2(45 - \frac{15}{2}) = 5.94KN/m^2$$

第二，在支撑位置时的土压力强度：

$$P2 = 18 \times (0.56 + 2)tg^2(45 - \frac{15}{2}) = 32.43KN/m^2$$

第三，在沟槽底位置时的土压力强度：

$$P3 = 18 \times (0.56 + 2)tg^2(45 - \frac{15}{2}) = 53.63KN/m^2$$

③支撑层数及间距。

按照等弯矩布置确定各层支撑的间距，则拉森钢板桩顶部悬臂端的最大允许跨度为：

$$h = \sqrt[3]{\frac{6[\delta]W}{\gamma Ka}} = \sqrt[3]{\frac{6 \times 200 \times 2043 \times 10^5}{18 \times 10^3 \times 0.589}} = 284.9cm = 2.85m$$

$$h_0 = 2.85m, h_1 = 1.11 \times 2.85 = 3.16m。$$

施工时考虑放管空间位置，确定采用布置一层支撑，即从自然地面下 2m 设置 I 40B 工字钢双拼围檩，加 DN300 钢管横撑，则 $h_0=2m < 2.85m$ ， $h_1=2.5m < 3.16m$ ，满足要求。

④施工工况下围檩计算。

围檩受力（采用近似法计算）。

公式：Rn 处土压力 $qn=(Pn+Pn-1)/2 \times h_1/2+(Pn+Pn+1)/2 \times h_2/2$ ，则计算如下：

$$q_1 = \frac{32.43}{2} \times \frac{0.56 + 2.5}{2} = 24.81KN/m$$

开挖到基底标高时土压力最大，为最不利工况，土压力均布荷载为 24.81KN/m，则此时拉森桩所受的最大弯矩为：

$$M_{max} = 0.125 \times q_1 \times l^2 = 0.125 \times 24.81 \times 2.5^2 = 19.38KN \cdot m$$

拉森板桩抗弯截面模量为 2043cm³，则桩所受最大弯曲应力为：

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W} = \frac{19.38 \times 10^6}{2043000} = 9.49Mpa < 200Mpa$$

完全满足要求。

⑤钢板桩最小入土深度计算。

入土深度控制是钢板桩设计计算的关键，本方案为验证相关计算规则的合理性及准确性，采用两种计算方法进行验算后对照复核。采用盾恩近似法计算：

由几何平衡关系可得入土深度计算公式：

$$(Kp - Ka)x^2 - KaHx - KaHl = (1.698 - 0.589)x^2 - 0.589 \times (2.5 + 0.56)x - 0.589(2.5 + 0.56) \times 3 = 0$$

代入相关数据计算可得 $1.109x^2 - 1.80x - 5.41 = 0$ 求解得 $x = 3.16m$ ，即钢板桩在基底以下入土深度大于 3.16m 时就能满足要求。

综合以上计算方法结果，为安全起见，取验算最大值 3.16m 并考虑 1.5 倍安全系数，则 $X = 3.16 \times 1.5 = 4.74m$ ，本施工方案采用 12m 长拉森桩，入土深度 = 12 - 4.5 = 7.5m > 4.74m，完全满足要求。

4.3.2 内支撑受力检算

①内支撑及围檩设计。

选择荷载最大的围檩位置进行验算，该处土压力 $q = 24.81KN/m$ ，按照方案设计围檩选择 140a，工字钢桩 $W = 178cm^3$ ， $[f] = 200MPa$ ，取系数 $\eta = 0.125$ ，则在静载时：

$$M_{max} = 0.125 \times 24.81 \times 3^2 = 27.911KN \cdot m$$

$$\delta = \frac{27.911 \times 10^9}{178 \times 2} = 78.40MPa < [f] = 200MPa$$

故围檩抗弯强度满足要求。

②内支撑设计。

围檩处内支撑采用 $\phi 325mm$ 钢管，钢管壁厚 7mm， $D = 311mm$ ， $d = 325mm$ ，可得：

$$i = \frac{\sqrt{D^2 + d^2}}{4} = \frac{\sqrt{311^2 + 325^2}}{4} = 112.46$$

$$A = \pi \times \frac{D^2 - d^2}{4} = 3.14 \times \frac{325^2 - 311^2}{4} = 6989.64mm^2$$

$$W = \pi \times \frac{D^4 - d^4}{32D} = 3.14 \times \frac{325^4 - 311^4}{32 \times 325} = 543971.42mm^3$$

根据长细比 $\lambda = \frac{l}{i} = \frac{3200}{112.46} = 28.45$ ，查《钢结构设计规范》附表的稳定系数为 $\phi = 0.943$ 。

自重弯矩为：

$$M_{max} = \frac{ql^2}{8} = \frac{0.5452 \times 3.2^2}{8} = 0.6979KN \cdot m$$

$$\delta = \frac{N}{\phi A} + \frac{M_{max}}{W} = \frac{32.43 \times 10^3}{0.325 \times 6989.64} + \frac{0.6979 \times 10^6}{543971.42} =$$

$$15.56MPa < [f] = 200MPa$$

满足要求。

经过上述计算，本方案拉森桩支护设计检算是符合要求的，安全性能可靠。

5 工字钢桩施工方案简述

5.1 桩结构尺寸及截面参数

工字钢桩计算参数查钢结构施工计算手册。

5.2 计算假设

同拉森桩部分。

5.3 钢板桩计算

5.3.1 内力计算

本工程土压力计算采用工字钢桩全部承受的主动土压力视为有效主动土压力。以地面标高为基准,计算各高度点的有效土压力^[2]。地面超载按照 60t 考虑,换算后为 10KN/m²,换算为土高度 $h_0=q/\gamma=10/18=0.56m$ 。

①主动、被动土压力系数。

同拉森桩部分。

②有效主动土压力计算。

同拉森桩部分。

③支撑层数及间距。

按照等弯矩布置确定各层支撑的间距,则钢板桩顶部悬臂端的最大允许跨度为:

$$h = \sqrt[3]{\frac{6[\delta]W}{\gamma Ka}} = \sqrt[3]{\frac{6 \times 200 \times 1500.4 \times 10^5}{18 \times 10^3 \times 0.589}} = 257.04cm = 2.57m$$

$$h_0 = 2.57m, h_1 = 1.11 \times 2.57 = 2.85m。$$

施工时考虑管材吊放所需空间,确定采用布置一层支撑,即从自然地面下 2m 设置 I 40B 工字钢双拼围檩,加 DN300 钢管横撑,则 $h_0=2m < 2.85m$, $h_1=2.5m < 2.85m$,满足要求。

④施工工况下围檩计算。

围檩受力(采用近似法计算)。

公式: R_n 处土压力 $q_n=(P_n+P_{n-1})/2 \times h_1/2+(P_n+P_{n+1})/2 \times h_2/2$,则计算如下:

$$q_1 = \frac{32.43}{2} \times \frac{0.56+2}{2} = 20.76KN/m$$

开挖到基底标高时土压力最大,为最不利工况,土压力均布荷载为 20.76KN/m,则此时拉森桩所受的最大弯矩为:

$$M_{max} = 0.125 \times q_1 \times l^2 = 0.125 \times 20.76 \times 2^2 = 10.38KN \cdot m$$

拉森板桩抗弯截面模量为 1500.4cm³,则桩所受最大弯曲应力为:

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W} = \frac{10.38 \times 10^6}{1500400} = 6.92Mpa < 200Mpa$$

完全满足要求。

⑤钢板桩最小入土深度计算。

最小入土深度验算与拉森桩部分相同,符合要求。

5.3.2 内支撑受力检算

内支撑与拉森桩内支撑相同,符合要求。

6 结论

6.1 技术可行性

在不考虑闭水效果前提下(考虑到华北沿海地区地下水位较高,但已采用的水泥搅拌桩闭水帷幕及井点降水等方案可满足干作业要求),两种方案均可满足支护要求^[3]。若需进一步加强闭水效果,则应优先选用拉森桩支护体系。

6.2 经济可行性

在两种桩体均可满足技术可行性要求前提下,考虑单桩租赁价格后可知:选用普通工字钢桩进行支护可节省费用投入。

7 结语

深基坑支护技术已广泛应用在城市轨道交通站点施工、各类管道工程施工、桥梁施工等领域。除了论文提到的两类钢桩支护技术,还有地下连续墙、SMW 工法桩、土钉墙等支护技术,结合工程所在地周边物质条件选用适合的支护技术对于主体工程的顺利进行具有重要意义。

参考文献

- [1] 张甫.浅析土建基础施工中深基坑支护技术的应用[J].价值工程,2020,39(14):127-130.
- [2] 刘学安.建筑工程施工中的深基坑支护施工技术管理[J].建材与装饰,2020(14):158-159.
- [3] 邓永智.建筑施工中深基坑支护的施工技术与管理分析[J].工程建设与设计,2020(4):54-55.