

# The Design of Foundation Pit Support for a Round Gravel Formation

Wei Gong Hangyu Zhang

Zhejiang Haichuan Geological and Mineral Technology Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

## Abstract

This paper takes a circular gravel foundation pit project as an example to explore the design points and application methods of Larsen steel sheet piles, cast-in-place piles, and soil nail wall support structures. By comprehensively analyzing the shape, area, excavation depth, geological conditions, and surrounding environment of the foundation pit, the design of foundation pit support should fully consider factors, compare the selection of available support systems from technical, economic, and construction aspects, and use calculation software to verify the stability of the foundation pit and optimize the design. From the analysis of construction processes such as excavation and enclosure system construction, Larsen steel sheet pile construction is related to water stop and safety, and is one of the most critical processes in engineering construction; In the construction of concrete cast-in-place piles, emphasis should be placed on strengthening the management of construction techniques such as drilling and cleaning, placement of steel cages, and concrete pouring.

## Keywords

larsen steel sheet piles; cast-in-place piles; earthen nailed walls

## 某圆砾地层基坑支护设计

龚伟 章航瑜

浙江海川地矿科技有限公司, 中国·浙江 杭州 310000

## 摘要

论文以某圆砾地层基坑工程为例, 探究了拉森钢板桩、灌注桩和土钉墙支护结构的设计要点与应用方法。综合分析基坑形状、面积、开挖深度、地质条件及周围环境, 基坑支护设计应充分考虑因素, 从可采用的围护体系的选择从技术、经济、施工等方面进行比较, 使用计算机软件进行基坑稳定性验算和设计的优化。从开挖、围护体系施工等施工过程分析, 拉森钢板桩施工关系到施工止水和安全, 是工程施工最关键的工序之一; 混凝土灌注桩施工中重点加强钻孔与清孔、钢筋笼放置与混凝土灌注等施工技术的管理。

## 关键词

拉森钢板桩; 灌注桩; 土钉墙

## 1 引言

建筑施工时为了在施工现场形成地下工程的支护结构, 以顺利进行建筑场址的土石方开挖、地下工程的施工, 需进行基坑的围护设计。实施的基坑支护结构, 应该达到确保岩土体顺利开挖、安全实施地下结构, 减少对周围环境的影响, 通过对大面积不规则形状深基坑支护进行了研究, 数值模拟软件分析, 不同部位分区域采用双排桩、混凝土支撑、斜抛撑与放坡等方式, 形成整体联合支护效果<sup>[1,2]</sup>。针对某圆砾地层基坑工程特点, 探究了拉森钢板桩、灌注桩和土钉墙支护结构的设计要点与应用方法, 为同类支护结构的设计和计算提供了参考依据<sup>[3]</sup>。

## 2 工程概况

某工程建设总用地面积约 36484.89m<sup>2</sup>, 总建筑面积约 53710.73m<sup>2</sup>, 分二个区域不同: ①区标高为 26.4m, 开挖深度 2.1~4.6m; ②区标高为 23.05m, 开挖深度 4.55~4.75m。基坑东侧、北侧红线外为湖泊, 基坑南侧、东侧为市政道路。支护结构设计等级为二级基坑工程, 安全等级为二级, 对应于基坑工程安全等级的重要性系数为 1.0, 支护结构使用期限为 1 年。

## 3 基坑支护方案比较与确定

### 3.1 本工程的特点

本工程基坑支护设计应充分考虑以下几个因素: ①基坑影响深度范围内的地基土主要为上部填土、粉质黏土、圆砾及全风化泥质砂岩层。西侧基坑坑底位于粉质黏土层,

【作者简介】龚伟 (1979-), 男, 中国江西樟树人, 本科, 工程师, 从事岩土工程研究。

东侧基坑底位于圆砾层,该层土力学性质较好,但需注意地下水对开挖的影响。②湖泊位于项目区北侧,最近距离约30m,与地下水水力联系较密切,本场地地下水与地表湖水相互补给,且本场地填土和圆砾层透水性强,易形成良好的导水通道,基坑开挖可能会导致湖水倒灌,对工程影响大。

### 3.2 基坑支护方案的比较

本工程基坑支护方法按照“安全、经济、施工方便”的原则,可采用的围护体系的选择从技术、经济、施工等方面进行比较:

①放坡开挖。场地开阔、土质较好且周围无重要建筑物、管线时可采用放坡开挖,结合土钉墙的措施。基坑南侧、北侧总体采取放坡结合土墙支护的措施。

②灌注桩。灌注桩施工工艺成熟,质量容易保证,施工机械可多可少,可与工程桩同时施工,进度可控制,且桩体刚度较大,变形容易控制,适用范围广,成孔方式可采用钻孔、旋挖、冲击等方式。基坑东侧、西侧局部区域,开挖边线外侧,距离红线较近,放坡距离不足,因此采取灌注桩支护。

③其他方案。第一,PC工法。PC工法桩工艺主要采用钢管、型钢、拉伸拉森钢板材料形式,可任意组合为围护桩,根据工程实际情况选择工法桩组合形式。钢管桩压入时震动会对周边建筑、市政道路产生影响而引起投诉以及拔除时留有空隙未及时注浆或不注浆而引起次生灾害,对于坚硬的地层诸如卵石、岩石等地层,不易成孔,需采用IMS微扰动设备或旋挖设备先引孔再采用静压打入,考虑本基坑面积较大,卵石层埋深浅,主体建筑基坑、基础施工工期不可控、型钢租赁期过长等存在时间成本风险等,不采用。第二,SMW工法(型钢水泥搅拌墙)。由于岩土体土层不一、钻机搅拌困难、水泥墙水泥掺和含量难以控制等施工困难,导致质量问题以及造价过高,不采用。

### 3.3 支护方案

①基坑西南侧离红线距离较近处,采用灌注桩悬臂支护(桩径800mm,间距1500mm),南侧因场地较窄,采取围护悬臂桩(拉森钢板桩+钢筋混凝土疏桩加强,间距3200mm)支护;基坑东侧区域离红线距离较近处,采取围护悬臂桩(拉森钢板桩满打+钢筋混凝土疏桩加强,间距2800mm)支护;②本项目其余位置采用放坡及土钉墙支护;③坑内高差采用放坡支护;④东侧区域,拉森钢板桩满打,作为止水结构。

## 4 基坑降排水要求

### 4.1 降水井

本基坑属于均质含水层潜水完整井基坑。

$$Q = \pi k \frac{(2H - s_d) s_d}{\ln \left( 1 + \frac{R}{r_0} \right)}$$

式中:Q——基坑涌水量;

k——渗透系数,  $k=50\text{m/d}$ ;

$H_0$ ——潜水含水层厚度,  $H=5.1\text{m}$ ;

$S_d$ ——基坑地下水的设计降深,  $S_d=4.1\text{m}$ ;

R——降水影响半径,  $R=319\text{m}$ ;

$r_0$ ——基坑等效半径,  $r_0=75.14\text{m}$ 。

基坑涌水量  $Q=2369.1\text{m}^3/\text{d}$ ,降水井按基坑周边有效周长、结合长条形特点按间距约38m计算需布置37座,每座井排水量约  $1.1 \times 6.5 (\text{m}^3/\text{h}) / 3.6 \approx 2.0\text{L/S}$ 。

### 4.2 基坑疏干降水

疏干降水井井深低于底板,确保降水后坑内地下水位达到基坑底1m以下。东侧基坑四周采用全封闭式止水挡土围护,隔断了基坑开挖深度范围内潜水与外围地下水的水力联系,因此不考虑周围地下水的补给,只需布置疏干井将基坑内潜水水位降低到设计标高。

#### 4.2.1 需抽地下水容积储存量的计算

计算式:

$$W = \mu \cdot V \text{ 或 } W = \mu \cdot A \cdot h$$

式中:W——容积储存量(m);

V——含水层体积(m),  $V = \text{基坑面积} A \times \text{降水深度} h$  (即潜水静止水位至基坑底板以下0.50~1.00m);

$\mu$ ——含水量的给水度(粉砂与粘土给水度经验值为0.10~0.15)本次根据上部土层的性质取:  $\mu=0.10$ 。

需降水基坑面积:  $5000\text{m}^2$ ,降水深度:  $h=4.9+1.00-3.50=2.4\text{m}$ ,地下水储存量  $W = \mu \times A \times h \approx 0.1 \times 5000 \times 2.4 = 1200\text{m}^3$ 。

#### 4.2.2 坑内疏干降水井数确定

①单井出水量:

$$q = 120 \pi L r$$

式中: r——过滤器外缘的半径(m), 0.15m;

l——过滤器进水部分长度(m), 2m;

K——含水层渗透系数(m/d)。

求得单井出水量为  $411\text{m}^3$ ,则井数为  $n=1200/300=4$ 口。

②坑内降水井的布置:

$$N = A/a\#$$

式中: N——井数(口);

A——基坑降水面积( $\text{m}^2$ );

a#——单井有效抽水面积( $\text{m}^2$ );潜水含水层的特性单井有效抽水面积a#一般为150~250 $\text{m}^2$ 本次取250 $\text{m}^2$ 。本次取18口井。

## 5 基坑施工顺序及支护体做法

### 5.1 基坑施工顺序

正式施工前应进行场地普查及修整。主要进一步探查场地内的建筑物基础及填土块石情况,场地周边管网分布情况,对浅层障碍物进行清理以保证围护桩(墙)成桩质量,对场地内外管网及建筑物、构筑物等,采取必要的保护措施或拆除、迁移。

场地地坪高程应按设计要求平整到位,施工顺序:①整平场地,清除障碍物,定位放线、基坑周边排水沟设置,止水帷幕施工;②先施工工程桩;③施工围护桩;④待围护桩达到100%设计强度后,挖土至压顶梁(支撑)底标高;⑤施工压顶梁;⑥待压顶梁养护至100%设计强度后,可继续分层、分块开挖土方;⑦坑底标高以上30cm及局部深处采用人工修土;⑧间隔施工承台、垫层并抢做底板;⑨继续向上施工至地下室顶板。

## 5.2 围护体系具体做法

### 5.2.1 喷射混凝土钢筋网面层

喷射混凝土,采取湿法喷射混凝土,设计强度为C20,喷射厚度100mm。

①放坡坡面平整。②放置钢筋网,钢筋网采用绑扎连接,钢筋为 $\Phi 8 @ 200$ 双向,搭接长度不小于300mm。③施工混凝土面层,喷射混凝土面层强度等级为C20。水泥与砂、石重量比为1:2:1.5,水灰比为0.5。喷射混凝土初凝时间不得大于10min,终凝时间不得大于30min。④混凝土面层分两次喷射,初喷混凝土厚度60mm,第二次喷混凝土厚度40mm,喷头与受喷面应垂直,距离宜为0.6~1.2m。面层养护期为7天。

### 5.2.2 灌注桩

灌注桩施工前应先进行试桩以验证可行性。

①围护灌注桩桩径 $\Phi 800$ mm。②灌注桩混凝土为水下C30,粗骨料粒径不得大于40mm。③混凝土采用导管法浇筑,充盈系数为1.05~1.10,超灌高度为500mm。④桩位偏差:轴线和垂直轴线方向均不宜超过50mm,垂直度偏差不宜大于0.5%。⑤灌注桩采用套管成孔。⑥钢筋笼箍筋和加强筋与主筋的焊接必须牢固,钢筋保护层厚度60mm。⑦灌注桩成孔方式有旋挖、冲击、钻孔,本工程建议成孔方式同工程桩。

### 5.2.3 压顶梁施工

①压顶梁及混凝土支撑采用现浇钢筋混凝土结构,混凝土强度等级为C30;压顶梁不得直接采用土胎模,压顶梁施工时铺设100厚C15素混凝土垫层,垫层宽度为梁宽向两边延伸100mm,垫层与梁间设置油毛毡做隔离层。②压顶梁主要纵向受力钢筋在梁两侧,内支撑向受力钢筋在梁上下,纵向钢筋的锚固和搭接长度按规范要求;梁内的箍筋采用封闭形式,并做成 $135^\circ$ 弯钩,弯钩端头直段长度不应小于10倍箍筋直径和75mm的较大值。③压顶梁与压顶梁相交节点处,当交角不大于 $90^\circ$ 时,应设置水平加腋。④所有压顶梁的纵向钢筋的锚固长度均不小于 $L_a$ 。当直线锚固

长度不足时,纵筋应伸至节点对边并向下(上)弯折。⑤压顶梁的施工缝宜留在1/3跨处。⑥压顶梁强度达到C30标号强度以上后方可进行土方开挖。

### 5.2.4 拉森钢板桩

①拉森钢板桩采用拉森四型(FSP-IV),在运输和堆放时尽量不使其弯曲变形,避免碰撞。②桩打入前将桩尖处的凹槽底部封闭,避免泥土挤入,锁口宜涂以黄油或其他油脂;细化打入钢板桩工艺要求,并采取措施防止振动对围护墙及管线造成影响。③拉森钢板桩长度见剖面,必须采用专用设备施工,单桩逐根打入法施打钢板桩,桩顶高程相差不大于10cm;桩位水平偏差 $< 50$ mm,垂直度偏差不得大于桩长的0.5%。④打桩过程中若遇上大的块石或其他不明障碍物,导致钢板桩打入深度不够,应清除障碍或采用转角桩和弧形桩绕过障碍物。⑤拔桩:地下室施工完成,土体回填后即可拔除钢板桩;先用打拔桩机夹住钢板桩头部振动1~2min,使钢板桩周围的土松动,减少土对桩的摩阻力,然后慢慢的往上振拔。拔桩时注意桩机的负荷情况,发现上拔困难或拔不上来时,应停止拔桩,显振动1~2min后再往下锤0.5~1.0m再往上振拔,如此反复可将桩拔出来。⑥起拔钢板桩时应采用跳拔的方式隔段(每段3m)拔出,对拔桩产生的桩孔,及时注浆。注意振动拔桩对周边建筑及浅部基础的影响。钢板桩拔出后,立即插入注浆管对桩孔进行注浆,注浆材料采用42.5级普通硅酸盐水泥配置浆液,水灰比为0.55,注浆流量为7~10L/min,不得大于20L/min,注浆压力控制在0.5~1.0MPa,拉森钢板桩每个桩孔注浆水泥用量不得小于120kg/m。⑦拉森钢板桩若难以打入应引孔施工。

## 6 结语

该基坑围护工程采用钢板桩结合灌注桩、土钉墙技术,造价较低,变形小,对周边影响小,工程实践是成功的,可供类似砂砾地层基坑支护参考。地质勘察报告是支护设计重要的基本资料,作为基坑支护设计的重要依据,需具有准确性,其准确性对支护结构设计、结构安全影响很大,基坑工程实施过程中必应予以重视。

### 参考文献

- [1] 刘庆林,谢章绍,王增辉.大面积不规则形状深基坑支护设计研究[J].人民珠江,2023,44(S2):482-487.
- [2] 周中,鄢海涛,李守文.高层建筑紧邻深大基坑开挖变形分析[J].现代隧道技术,2022,59(S1):1102-1110.
- [3] 邓娜,石洪超,薛晓武.砂卵石地层地铁站基坑支护结构位移监测与分析[J].成都工业学院学报,2023,26(6):25-30.