

# 软土中二层地下室单支点围护桩的优化设计

黄 岚

(福建融侨房地产开发有限公司, 福建福州 350005)

**摘 要:** 系统论述软土层中二层地下室一道支撑的围护桩桩径、桩长与桩身配筋的确定方法, 并测算合理决定桩长和配筋所带来的经济效益。

**关键词:** 软土地层; 二层地下室基坑; 单支点围护桩; 桩径控制; 桩长控制; 梁式配筋

**中图分类号:** TU753 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009 - 8682(2001)03 - 0062 - 03

## Optimum design of single-support enclosure pile with double-storey basement in soft clay

HUANG Lan

(Fujian Rongqiao Real Estate Co., Ltd., Fuzhou 350005, China)

**Abstract:** The method to determine diameter, length and reinforcement of enclosure pile in soft clay with double-storey basement and one shoring is discussed in this paper. The economic benefit is surveyed by reasonable pile-length and reinforcement.

**Key words:** soft clay; double-storey basement; single support point of enclosure pile; pile diameter domination; pile-length domination; reinforcement of beam

### 1 软土中二层地下室单支点围护的经济合理性

二层地下室的基坑开挖深度,因地下室的功能不同变化于7~10m之间。二十世纪90年代初因围护桩的桩径一般较小,故均采用二道支撑。用二道支撑较一道支撑(即单支点)工期将延长三个月左右。其一是因为第二道支撑的开挖与拆除将占用一个多月的工期。其二是因为第二道支撑形成之后软土层的土方一般只能用人工开挖,又将多占用一个多月的工期,由于基坑工程施工的最佳季节是每年10至12月份,错过这一时期,将因降雨频繁所造成的施工困难而导致工期进一步延误。而对大型工程,工期延误带来的各种经济损失可能远超过工程量的局部增加。因此,许多

业主高度重视工期的控制,在造价相近的条件下,迫切希望采用一道内支撑以有效控制工期。从二十世纪90年代中期起<sup>[1][2]</sup>,软土中二层地下室单支点围护形式已被人们广泛认可。

### 2 围护桩在支护体系中的地位

桩式支护体系,除了悬臂式之外,均包括支撑(或锚拉)体系和围护体系两个部分。一般而言,支撑的道数越多,则支撑在总造价中占的比例相对越高,相应地围护体系占的比例就越低。同理,当设一道顶撑时,围护结构在总造价的70%~80%,其他主要为支撑体系,且后者的不同设计对造价影响不大。由于与地表沉降密切相关的桩身变形,主要是桩身挠曲所致,故控制变形的关键也是围护桩的设计。下文将从桩径、桩长和桩身配

收稿日期:2001-06-03

作者简介:黄岚(1966-),女(汉),福建福州人,助理工程师。

筋来论述围护结构的正确设计。由于软土的渗透性极低,不存在桩间渗水问题,因此不必设置防渗幕。为论题集中,本文也不讨论其他与地下水有关的问题。

### 3 由限制变形条件确定桩径

#### 3.1 问题的重要性

我省一般用排桩作为围护构件。本文只讨论圆桩,其论述原则上适用于其他截面形状的桩。为减少变形,必须增大桩径以增加刚度;为控制造价,必须限制桩径;对刚度与桩径寻求满足变形控制的平衡点是问题的焦点。

#### 3.2 变形控制的经验成果

围护桩本质上是承受水平荷载的竖向梁。由于抗力即基坑侧的被动性质的土压力的计算至今难于明确,故其变形难于估算。桩的位移由桩顶位移和桩身挠曲二者迭加而成(图 1)。实测的桩顶位移最大值  $X_t$  一般为  $5 \sim 20\text{mm}$ <sup>[2]</sup>。实际两种变形很难分开计算。又因当淤泥底板埋置于坑底下深度较大,如超过  $3 \sim 4\text{m}$  时,桩的挠曲性状相近(如淤泥底板埋置较浅,则变形更小)。故两种变形综合考虑。为便于估计桩径引入计算坑深  $h_a$  的概念,式(1)中的其他符号意义(见图 1)。

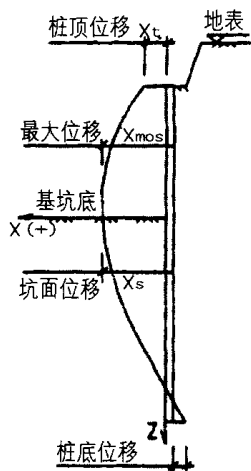


图 1 围护桩位移特征值

$$h_c = h_b + h_u/2 \quad (1)$$

当变形控制较严,如限制围护桩挠曲  $f$   $30\text{mm}$ 、总位移  $X_{s \cdot \max}$   $40\text{mm}$  时,(桩中距  $s$   $1.5$  桩径),可引用以下经验关系:

$$10d \cdot 2 + h_c = 2 + h_d + h_u/ \quad (2)$$

$10d$  为小数时取大整数。对于沉管或冲钻孔

桩  $d$  即为设计桩径,对挖孔桩考虑实际情况  $d = d_0 + 0.1$ ,  $d_0$  为桩芯径。以上单位均为  $\text{m}$ 。

### 4 由稳定条件控制围护桩长度

#### 4.1 有关稳定的概述

虽然稳定一词在工程上有多种含义,但对一定情况只须满足若干特定要求。如图 2,对内撑式支护,只须满足桩身静力平衡及限制桩底位移小于某一小数值(如  $X_p = 5\text{mm}$ )即可,对深层滑动和倾覆等稳定条件一般可不予验算。不必进行倾复验算的理由在于,对采用角撑和对撑且天然地面水平扩展的情况,由于支撑反力  $R$ (图 2a),将随土压力增大而增大,故无倾复危险。

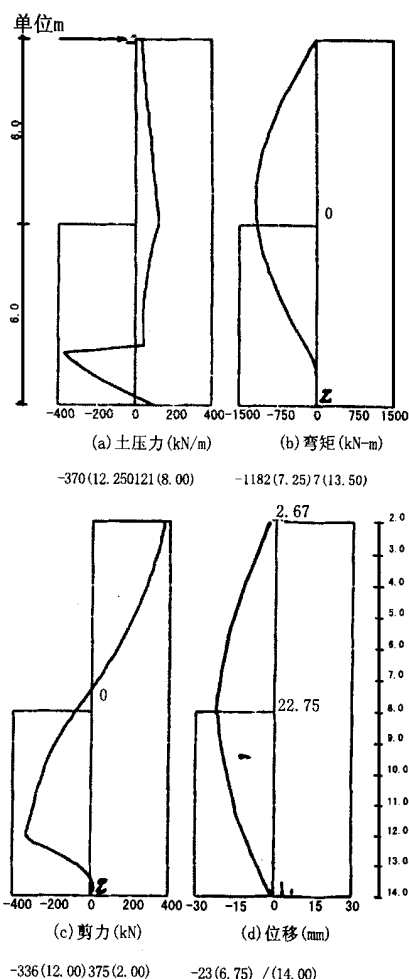


图 2 围护桩桩身荷载、内力与位移分布

#### 4.2 确定桩长的具体标准

对本题,当淤泥无限深时,嵌入软土中深度满足  $h_a$   $(2.4/ ) + 2 \sim 3\text{m}$  即可。对  $2.4/$  深度内埋有相对硬层时,如淤泥之下为可塑粉质粘土或稍密砂层,则深入相对硬层  $2 \sim 3\text{m}$  即可。当坑

底下无淤泥时,取高限;当坑底下淤泥厚接近 2.4/ 时,取低限。按以上估算方法确定的桩长一般符合 4.1 的条件,且经实际工程考验可满足变形要求。

## 5 围护桩的配筋

### 5.1 桩身弯曲折减

Rowe 对单支点围护桩的研究表明,在绝大多数情况下,计算桩身弯曲乘上 0.6~0.8 的折减系数是安全的。<sup>[3]</sup> 我省的许多工程实践证明以上做法正确。<sup>[1][2][4]</sup> 这一折减可以使桩身纵筋节省约 10%~20%。

### 5.2 桩身抗弯采用梁式配筋

围护桩按其受力特征是承受水平荷载的竖向梁。不少设计按轴心受压构件配筋。其实我省自 1993 年以来即开始推行非对称的梁式配筋。<sup>[4]</sup> 这样做的结果可使纵筋节省 20% 以上。这一措施之所以未能普遍推广,除了施工因素外,可能与设计费是按工程造价百分比计算有关。

### 5.3 根据受力需要决定钢筋长度

习惯上桩身钢筋多按通长配置。但这不符合梁的特点,如能根据包络弯矩并留足锚固长度的标准确定钢筋长度,则在满足构造要求的前提下可节省纵筋约 4%。

### 5.4 根据斜截面受剪决定箍筋配置

当桩身素砼的抗剪强度已能满足桩顶处斜截面抗剪的要求时,无需如习惯所做的将桩顶处的箍筋加密。这样做对沉管桩还有利于保证桩顶砼的密实度。

综合 5.1~5.3,纵向钢筋用量至少可省  $1 - 0.85 \times 0.8 \times 0.96 = 0.35 = 35\%$ 。

## 6 算例

某二层地下室的地层构成、计算指标与基坑围护结构剖面如图 3 所示,试决定桩长、桩径与桩身配筋。

已知  $h_u = 2.0\text{m}$ 、 $h_d = 6.0\text{m}$

预设  $h_a = 6.0\text{m}$ 、其中  $h_{a1} = 4.0$

设计

1) 确定桩径

由式(2)得

$$d = (2 + h_d + h_u/2) / 10$$

$$= (2 + 6 + 1) / 10 = 0.9\text{m};$$

选择桩距  $S = 1.5d = 1.35\text{m}$

桩型采用  $d = 0.9\text{m}$  之钻孔灌注桩

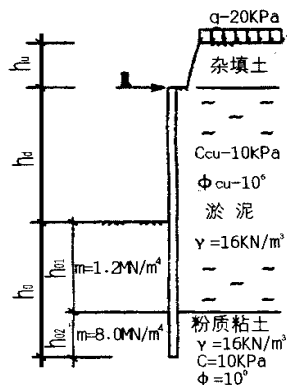


图 3 某二层地下室基础计算条件

### 2) 确定桩长

按图示条件与计算参数,利用弹性支点法进行分析,得出如图 2 之土压力、桩身  $M$ 、及位移  $X$  的变化曲线(图 2)。以坑底为  $O$  点建立坐标系  $OZ$ ,从图中可看出在  $Z_1 = 5.0\text{m}$  处  $M = 0$ ;  $Z_2 = 5.4\text{m}$  处  $Q = 0$ 。所以认为必要桩长  $L_c = h_d + 5.4 = 11.4\text{m}$  时,已能满足稳定要求。且桩底位移  $X_p = 1\text{mm} < [X_p] = 5\text{mm}$ 。故认为嵌入深度已够。桩长  $L$  取用  $L_c + 1.0$  取大整数即,  $L = 13.0\text{m}$ ,则嵌入硬层  $h_{az} = L - h_d - h_{a1} = 3\text{m}$ 。按理正(在 JGJ 120 - 99)<sup>[5]</sup> 配套软件计算时,按满足所有稳定要求的桩长为  $15.0\text{m}$ 。即按本文建议方法可节省桩长约 20%。

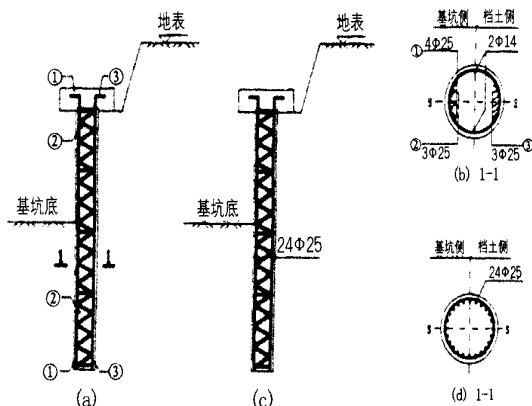


图 4 桩身配筋对比

(下转第 73 页)

4.3.2 水平位移值与土层情况及该边长度有关,北侧其土质差而且边长最长,故其水平位移值最大。

具体观测结果见图 5 所示。结果表明,在正常情况下,其沉降及水平位移值均符合设计要求。

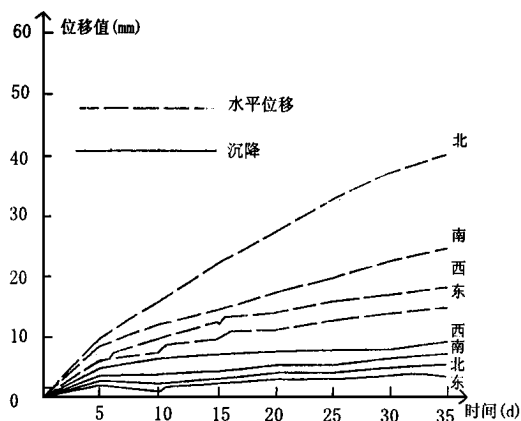


图 7 水平位移及沉降值随时间变化曲线

#### 参考文献:

- [1] 黄强. 深基坑支护工程设计技术[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 1995.
- [2] 金问鲁. 地基基础实用设计施工手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1995.

(上接第 64 页)

#### 3) 桩身配筋

按计算成果, 根据本文建议方法得出的桩身配筋如图 4(a)(b), 而按工程受压桩习惯得出的桩身配筋用的如图 4(c)(d)。图 4(b), 表示径弯矩折成后采梁式配筋的断面, 折减系数取 0.75。取箍筋深保护层为 30mm, 则计算  $h_0 = 850 \text{ mm}$ 。受拉钢筋为  $A_{s1} = 7\phi 25 = 3434 \text{ mm}^2$ 。受压筋  $A_{s1} = 2200 \text{ mm}^2$ , 要求的折撑前设置替换动撑, 中和轴处配设 2 14 即可。如图 4(b), 总共纵筋面积  $A_{As1} = 5940 \text{ mm}^2$ 。而按受压方式总配筋面积为  $A_{s2} = 12000 \text{ mm}^2$ 。两种方法对比  $A_{s1}/A_{s2} = 50\%$ , 考虑两种方法箍筋用量基本相同, 则本文建议方法可节省配筋 40% 以上。

图 4(a) 的配筋系满足包络要求决定长度, 对

#### 参考文献:

- [1] 周继忠, 郑孔海. 卵圆形桩在基坑支护中的应用[J]. 土工基础, 1999, (4).
- [2] 郑孔海, 苏俊华, 詹素华. 软土地层中内撑式支护设计的关键问题[A]. 裘晓南, 等. 第五届地基处理学术讨论会论文集[C]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.
- [3] J E 波勤斯. 基础工程分析与设计[M]. 唐念慈, 等译. 北京: 中国建筑工业出版社, 1987.
- [4] 陈书申, 顾伯华, 等. 软土地基深基坑支护设计的探讨[J]. 福建建筑, 1994, (3).
- [5] J G 120-1997, 建筑基坑支护技术规程[S].

## 5 结论

5.1 本桩锚组合支护结构在福建煤炭大厦基坑支护工程中应用成功, 在地下室长达 6 个月的施工中始终保持稳定, 保证了安全, 达到预期的支护效果。

5.2 在深基坑支护中, 采用排桩配合拉锚组合结构, 在沿海地区特定地质条件下是可行的。

5.3 具体工程中应根据基坑周边环境不同, 采用不同支护参数, 因地制宜, 可以有效减少工程造价及节约基坑支护空间。

5.4 锚管施工是关键, 应保证注浆质量, 同时预紧对减少位移有利。

5.5 施工中应建立健全监测制度, 随时提供有关支护和土体变形信息, 以便及时掌握, 调整施工顺序, 确保工程安全实施。

受压钢筋仍维持通长配置, 这样还能节约纵筋约 4%。

## 7 几点认识

7.1 对控制桩身变形, 围护桩应有一定刚度即要求有一定桩径。本文建议的桩径确定的公式有一定准确性。

7.2 对于内撑式支护, 桩底嵌入坑底的深度能满足桩身静力平衡条件且预控(计算)的桩底位移很小即可, 一般不必进行深层稳定和防止坑底隆起的验算。

7.3 本文提供的桩长确定方式可保证安全, 且符合经济原则。

7.4 应明确推广对内撑式围护桩采用在弯矩折减基础上的梁式配筋。