

软土深基坑稳定性分析

杨向东, 曲学兵

(铁道部第十四工程局, 日照 276826)

[摘要] 结合青岛港务局业务楼深基坑, 在基坑围护设计及施工存在不足的情况下所导致的基坑失稳, 提出了新的围护和施工方案, 并对围护结构的稳定性进行了分析。

[关键词] 深基坑 人工挖孔桩 强度 稳定性

[中图分类号] TU447 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2000)03-0081-04

青岛港务局业务楼深基坑, 开挖深度 15 m, 初始设计采用钻孔桩围护, 周围环境条件复杂, 由于钻孔桩在设计和施工中存在不足, 基坑开挖至 -9.6 m 时, 出现围护桩断裂, 造成基坑塌方, 周围地表开裂达 5 cm, 并造成周围交通困难。在这种情况下, 对基坑进行了重新设计, 采用双排人工挖孔灌注桩围护(无内支撑), 下面对桩体的稳定性进行分析。

1 工程概况及围护设计

青岛港务局集装箱业务楼地下 3 层, 箱基, 地基为粘土, 开挖深度为 15 m。北临青黄公路, 东西南面均有多层民用建筑, 施工场地狭窄, 只有南面能进行部分放坡开挖, 其余三面只能进行垂直开挖。水位埋深 1.5 m 左右, 涌水量较小, 基坑平面图如图 1。

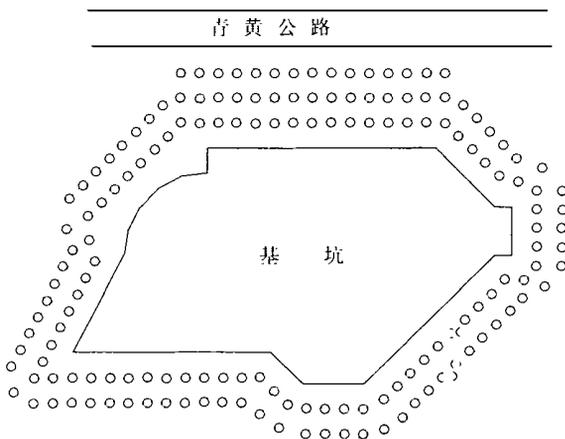


图 1 基坑平面图

基坑形状很不规则, 采用拉锚仅能在南面实施, 拉锚地段所占比例很小, 且惟有该侧能进行放坡作为运输坡道; 采用内支撑, 不但造价高而且不利于机械挖土; 地下连续墙具有整体性与隔水性好的优点, 但施工技术复杂, 机械程度高, 不利于抢险。鉴于现

场状况和甲方工期要求, 决定采用双排人工挖孔灌注桩, 外加部分水泥旋喷桩作为围护结构。人工挖孔桩具有以下优点: (1) 设桩灵活, 可集中设置也可分级设置, 可单独使用也可与其他支挡结构配合使用; (2) 施工时, 对滑坡体的影响范围小, 不会改变滑坡体的稳定性; (3) 施工简便, 无泥浆污染, 采用钢筋混凝土护壁后, 施工安全; (4) 可分点施工, 劳动力易于安排, 可大大缩短工期; (5) 成桩后能立即发挥作用, 有利于滑坡稳定; (6) 没有内支撑, 便于施工。

设计采用双排 1500 mm 人工挖孔灌注桩, 桩长 21 m, 桩顶作联系压梁, 排之间用系梁联接形成门式钢架。桩间用旋喷桩处理。在青黄公路侧增加一排前后 1200 mm 人工挖孔桩, 基坑剖面如图 2。

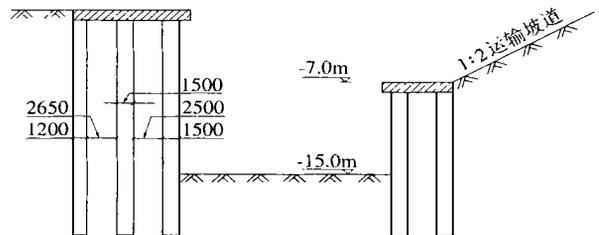


图 2 基坑剖面图

2 桩体稳定性分析

2.1 有限元模拟分析

综合考虑基坑的空间效应, 采用动态施工有限元方法对基坑开挖进行模拟分析, 分 4 个工况, 第一工况施工北侧的 3 排桩; 第二工况南边放坡及基坑开挖至 -7.0 m; 第三工况施工南侧两排桩; 第四工况挖土到位。

挖土到位时, 北侧桩体的最大水平位移为 14.8 mm, 南侧桩体的最大水平位移为 7.43 mm。1500

mm 桩体在第二工况结束时,弯矩达到最大为 209.09 kN·m,位于北侧桩体的 10.92 m 处; 1200 mm 桩体在开挖结束时,弯矩在桩顶处达到最大为 66.57 kN·m,墙体弯矩如图 3、4。 1500 mm、1200 mm 在

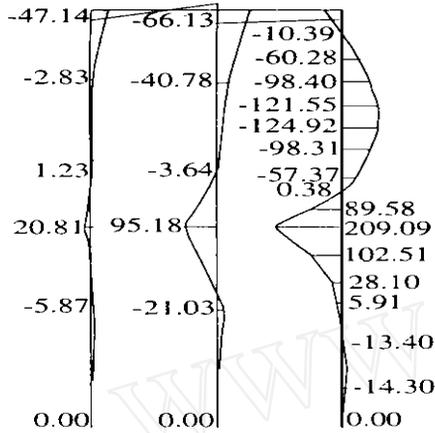


图 3 第二工况结束时北侧桩体弯矩 (kN·m)
开挖结束时,墙体剪力达到最大,分别为 177.66

kN、24.36 kN,位置分别在 10.92 m、桩顶处,开挖结束时墙体剪力如图 5。

2.2 桩体强度校核

2.2.1 挖孔桩斜截面抗剪强度校核计算

将圆形截面等效为正方形,并利用以下矩形截面的斜截面承载力公式进行校核计算。

$$V_{cs} = 0.07f_c b h_0 + 1.5f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_0 \quad (1)$$

式中:混凝土抗压强度 $f_c = 15 \text{ N/mm}^2$; 箍筋抗压强度 $f_{yv} = 210 \text{ N/mm}^2$; 两肢箍筋的截面积 $A_{sv} = 314 \text{ mm}^2$; 1500 mm 桩体等效截面积 $b h_0 = D_0^2/4 = 1.76 \times 10^6 \text{ mm}^2$; 1200 mm 桩体等效截面积 $b h_0 = D_0^2/4 = 1.13 \times 10^6 \text{ mm}^2$; 1500 mm、1200 mm 桩体等效边长分别为 1327 mm、1063 mm。

由式(1)得: 1500 mm、1200 mm 单桩允许最大剪力分别为 2723 kN、1712.2 kN。挖孔桩的间距为 3 m,计算的最大剪力为 177.66 kN、24.36 kN,则

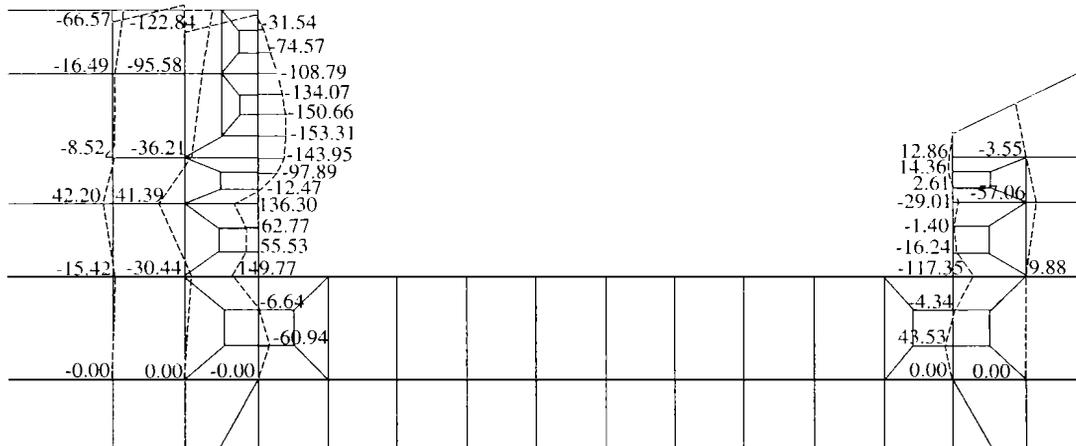


图 4 开挖结束时两侧桩体弯矩 (kN·m)

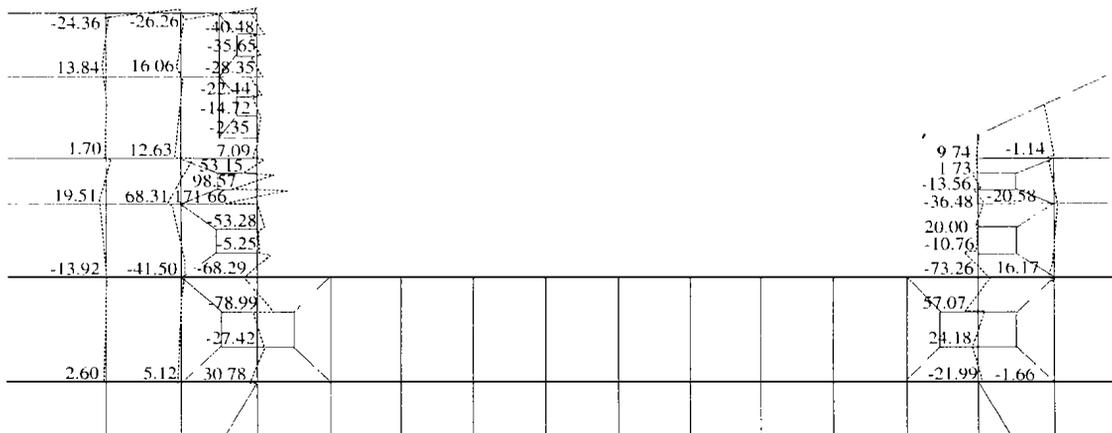


图 5 开挖结束时两侧桩体剪力 (kN)

作用在每根桩上剪力为 532.98 kN、73.08 kN,安全系数分别为:

$$n_1 = 2723/532.98 = 5.11$$

$$n_2 = 1712.2/73.08 = 23.43$$

2.2.2 挖孔桩抗弯强度校核计算

混凝土抗弯强度 f_{cm} 为 13.5 N/mm^2 (考虑到施工因素的影响,采用 C25 计算);钢筋抗拉强度为 f_y

$= 310 \text{ N/mm}^2$; 1 500 mm 桩的半径和主筋距桩中心的距离分别为: $r = 750 \text{ mm}$; $r_s = 720 \text{ mm}$;有效混凝土截面积 A 为 $175.15 \times 10^4 \text{ mm}^2$;主筋的截面积 $A_s = 14 718.75 \text{ mm}^2$; $f_y A_s / f_{cm} A = 0.193$,受压钢筋混凝土相对面积:

$$= 1 + 0.75 \frac{f_y A_s}{f_{cm} A} - \sqrt{(1 + 0.75 \frac{f_y A_s}{f_{cm} A})^2 - 0.5 - 0.625 \frac{f_y A_s}{f_{cm} A}} = 0.315$$

受拉钢筋混凝土的相对面积 $\xi = 1.25 - 2$

则单桩的极限弯矩为:

$$M = \frac{2}{3} f_{cm} r^3 \sin \alpha + f_y A_s r_s \frac{\sin \alpha + \sin \alpha'}{t} = 4 750.67 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

式中: $\sin \alpha = 0.8314$; $\sin \alpha' = 0.927$

计算得到的作用在挖孔桩的最大弯矩为

$$209.09 \times 3 = 627.27 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

则抗弯安全系数为:

$$n_3 = 4750.67/627.27 = 7.57$$

同理可求 1 200 mm 桩体的抗弯安全系数

$$n_4 = 2 051.09/199.71 = 10.3$$

通过上面的强度计算分析:两侧桩体的强度都能满足要求,因此在开挖的过程中,桩体不会因强度不足而破坏。

2.3 桩体稳定性分析

2.3.1 按重力墙验算墙体绕前趾抗倾覆安全系数

$$F_q = \frac{M_R}{M_C} = \frac{\frac{1}{3} h P_{p1} + \frac{1}{2} h P_{p2} + \frac{1}{2} BW}{\frac{1}{3} (H - z_0) P_a} \quad (2)$$

式中: M_R —抗倾覆力矩 ($\text{kN} \cdot \text{m}$); M_C —倾覆力矩 ($\text{kN} \cdot \text{m}$); W —墙体自重 (kN); F_q 抗倾覆安全系数; h —桩体锚固长度。

墙后主动土压力 P_a (kN) 为:

$$P_a = (\frac{1}{2} H^2 + qH) \text{tg}^2(45^\circ - \frac{\alpha}{2}) - 2cH \cdot \text{tg}(45^\circ - \frac{\alpha}{2}) + 2 \frac{c^2}{\alpha} \quad (3)$$

式中: q —地面荷载; α 、 c —分别为墙底以上各层土体容重的厚度的加权平均、内摩擦角的加权平均和粘聚力的加权平均; H —墙体的高度。

墙前被动土压力 P_p (kN) 为:

$$P_p = P_{p1} + P_{p2} = \frac{1}{2} \alpha h^2 \cdot \text{tg}^2(45^\circ - \frac{\alpha}{2}) +$$

$$2 c_0 h \cdot \text{tg}(45^\circ - \frac{\alpha}{2}) \quad (4)$$

式中: α 、 α_0 和 c_0 分别为坑底以下墙底以上各层土的天然重度、内摩擦角和粘聚力按厚度加权平均。

计算过程中,靠近青黄公路一侧最危险,因此,计算分析该侧桩体的稳定性。由式(3)计算得墙后主动土压力 $P_a = 1624.02 \text{ kN}$;由式(4)得 $P_{p1} = 1 231.71 \text{ kN}$; $P_{p2} = 809.85 \text{ kN}$; $P_p = 2 041.56 \text{ kN}$ 。

将 3 排桩体之间的土体和桩体一起视着重力式挡墙,自重为:

$$W = \alpha B H + \alpha_0 B H = 3 100.34 \text{ kN}$$

计算得桩体的抗倾覆安全系数 $F_q = 2.04$

2.3.2 验算墙体沿底面抗滑动稳定安全系数

抗滑动安全系数:

$$F_s = \frac{W \cdot \text{tg} \alpha_0 + c_0 B + P_p}{P_a} \quad (5)$$

式中: α_0 、 c_0 —坑底土层的内摩擦角、粘聚力。

由抗滑动计算得: $F_s = 2.46$

通过上面的稳定性计算可知:桩体的抗倾覆和抗滑动的安全系数均满足规范要求,能够保证桩体在整个施工过程中整体稳定性,以保证基坑的稳定性及顺利施工。

3 结语

通过上面分析计算及基坑失稳经验教训,可知:

1) 围护结构的设计在自身强度上及整体稳定性方面都是安全的,实践也证实设计是成功的,保证了整个工程的顺利施工。

2) 桩体水平位移实测值为 15 mm,有限元计算为 14.8 mm,有效控制了桩体的水平位移,达到预期效果。

(下转第 87 页)

为在基坑内进行人工降水,大量采用潜埋降水技术获得了宝贵经验。现在大楼已全部施工完成,地下室无地下水入渗。

6 体会

(1) 采用潜埋技术进行基坑降水时,必须根据场地水文地质条件和环境条件及降水要求进行周密分析研究,制定出可行的降水方案。

(2) 潜埋技术一般适用于上层滞水和潜水的弱含水层;对于砂卵石强含水层和承压水含水层的场

地,应慎重使用。

(3) 潜埋技术在处理局部集水坑和电梯井因周边降水效果不好时使用较为理想;对于整个基坑大面积采用时,必须进行可行性研究。

(4) 潜埋降水井的布置应结合建筑物结构、地下水位埋深、含水层性质等进行。

(5) 对于地下水位埋深较大时,基槽可先开挖至水位以上1 m左右后再施工降水井。

(6) 潜埋降水井的封堵是非常关键的,必须有可靠的方法和措施,保证防水安全。

APPLICATION OF DEEPLY LYING TECHNIQUE FOR SUBMERGED PUMP IN THE CONSTRUCTION

YAN Han, YANG Qian

Abstract: With an example in which deeply lying technique is adopted to lower water level in the foundation pit of the construction, the paper introduces the application and result of deeply lying technique in water - lowered foundation pit and discusses the applied conditions and cautious matters when deeply lying technique is used for lowering water level in the foundation pit.

Key words: deeply lying technique, foundation pit, water - lowered



第一作者简介:

严 晗(1975年-),男。1996年毕业于石家庄铁道学院建筑工程专业。

通讯地址:北京市丰台区吴家村1号 北京中铁建筑工程公司第九项目部 邮政编码:100039

(上接第83页)

[参考文献]

[1] 朱合华,杨林德,桥本正.深基坑工程动态施工反演分析与变形预报.岩土工程学报[J].1998,20(4):30~35.

[2] 简明建筑设计手册编委会.简明建筑设计手册[M].北京:中国建筑工业出版社.1992.

[3] 刘建航,侯学渊.基坑工程手册[M].北京:中国建筑工业出版社.

APPLICATION OF STAGED CONSTRUCTION FEM TO DEEP PIT FOUNDATION DESIGN IN SOFT GROUND

YANG Xiang - Dong, QU Xue - Bin

Abstract: Together with the deep pit foundation of the business building of Qingdao Harbor, the retaining structure of double - serial manmade hole pile and the corresponding construction plan were presented. The staged construction FEM was used to calculate the internal forces and deformation of the retaining structure and analyze the stabilities of the project.

Key words: staged construction FEM, deep pit foundation, manmade hole pile, stability



第一作者简介:

杨向东(1965年-),男。1989年毕业于西南交通大学隧道与地下工程专业。现任铁道部第十四工程局一处工程师、贵州水柏线铁路工程指挥长,主要从事桥梁、公路、市政等工程项目的施工与管理工作。

通讯地址:山东日照市 铁道部第十四工程局一处 邮编:276826