

淮海广场人防工程围护结构设计

施建勇¹, 赵维炳¹, 曾三平¹, 沈振中¹, 杨云²

(1. 河海大学岩土工程研究所, 江苏 南京 210098; 2. 中国建筑第六工程局华东分局, 江苏 南京 210048)

摘要:介绍利用淮海广场人防主体工程和周围建筑物的特殊条件提出的一种支护结构设计的新方法, 利用弹性地基梁法和稳定渗流的 Laplace 方程对支护体系和降水灌水系统进行设计计算。工程实践表明: 新的设计方法及设计计算结果是合理的。

关键词:支护结构; 弹性地基梁; 深基坑

中图分类号: TV223

文献标识码: B

文章编号: 1006-7647(2001)01-0034-03

深基坑支护方案多种多样, 很多工程都采用人们所熟悉的支护措施。但是具体到某一工程又有其特殊性, 本文介绍笔者采用过的一种特殊支护形式, 工程支护效果较好。

1 工程概况

1.1 平面概况

江苏省淮阴市拟在市中心淮海路东、西、南、北交汇的广场下修建淮海广场人防工程。淮海路是淮阴市的交通主干道, 上下班时的自行车和机动车流量很大; 另外, 在淮海路东、西、南、北交汇处分别有高层或多层酒店或商用建筑, 需建的淮海广场人防工程到现有建筑物的最小距离仅 8m, 再考虑施工过程中的自行车通道, 围护结构在平面上的布置基本被限定。

1.2 工程地质概况

自上而下第一层为沥青路面及路基土, 局部为填土, 厚度为 0.8~1.6m; 第二层为可塑状肉黄色粘土, 厚度 1.2~2.0m, 含水量 31.6%, 快剪指标的凝聚力 22 kPa, 内摩擦角 16°; 第三层为流动状黄色粉土, 厚度 9.7~10.5m, 含水量 31.7%, 快剪指标的凝聚力 12 kPa, 内摩擦角 27°, 渗透系数 2.1×10^{-4} cm/s; 第四层为灰色粉土, 厚度 5.0~6.9m, 含水量 28.8%, 快剪指标的凝聚力 14 kPa, 内摩擦角 27°; 第五层为中密细砂, 厚度约 7.9m, 含水量 24.3%, 快剪指标的凝聚力 17 kPa, 内摩擦角 25°; 第六层为中细砂灰色软粘土, 厚度较大, 含水量 27.8%。开挖主要在一、二、三层, 支护桩和帷幕深入第四层。在渗透性较高的粉土中进行深开挖的设计与施工, 支护结构的安全、防止坑外地下

水的人渗等一系列问题是决定工程成败的关键。

2 设计方案

2.1 设计思想

在最短的时间内完成基坑开挖是围护结构设计追求的目标, 但安全和人渗问题是制约方案选择的两个关键因素。对开挖深度接近 10m 的基坑, 通常情况下不设置内支撑是无法顺利完成开挖的。但对该工程又不具备设置的条件: 一方面, 在平面上, 面到面的距离约 100m, 设置长内支撑难以起到预期的作用; 另一方面, 内支撑的设置必将影响施工进度。为此在设计时, 充分运用人防工程的平面布置和周围所能提供的空间, 创造性地提出了采用圆形平面布置围护结构的设计构想: 支护桩沿一近似圆的轴线打设, 在支护桩的桩顶设置一截面尺寸较大的压顶梁, 并在开挖到一定深度后设置一道圈梁。随着开挖加深, 围护体系中的每一根桩都因坑内外土压力差而产生向坑内位移的趋势, 这种趋势将受到压顶梁和内圈梁的抵抗, 压顶梁和内圈梁将受到由各桩传来的水平荷载, 形成一等向受压的受力特征, 而圆形结构承受各向等压荷载时不会产生拉应力, 混凝土材料的抗压特性可以得到充分利用, 这是该工程围护设计构想的理论依据。

2.2 止水和降水方案

止水帷幕采用三重管高压定喷施工方案, 降水采用喷射井点, 并在帷幕外进行回灌; 在进行第一期开挖时, 将工程桩的桩孔作为降水井点, 并在基坑内设置排水管井, 在基坑的中央降水; 进行第二期开挖时, 由喷射井点和排水管井共同降水, 并在基坑内开

作者简介: 施建勇(1964—), 男, 江苏如皋人, 教授, 从事软土加固及基础工程研究。

挖盲沟、集水井排除降雨等外来水。

3 设计计算结果

3.1 支护结构的设计计算

a. 计算工况. 本基坑施工首先放坡开挖至标高 -2.0m 处, 然后浇注支护桩及锁口梁. 故计算工况选择如下两种: ①由 -2.0m 开挖至 -6.6m, 支护结构为支护桩加锁口梁; ②由 -6.6m 开挖至 -9.8m, 支护结构为支护桩加锁口梁, 暂不考虑第二道圈梁的作用。

b. 计算荷载为堆载(活荷 30.0 kPa 加恒荷 38.8 kPa)加土压力, 加静水压力。

c. 支护结构的尺寸确定. 初步拟定桩长为 18.0m, 16.5 m, 15.0 m; 直径/间距为 0.8 m/1.2 m, 0.9 m/1.4 m, 1.0 m/1.4 m; 圈梁断面(顶部/中部)为 (1.5 m × 0.6 m)/(0.6 m × 0.4 m), (1.5 m × 1.0 m)/(0.8 m × 0.6 m), (2.02 m × 0.7 m)/(0.8 m × 0.6 m), 共计 27 种方案经过有限元计算比较, 考虑到桩身的水平位移、最大弯矩、剪力以及两层圈梁的轴向推力等综合因素, 确定支护结构的尺寸如下: 桩长 15.0 m (其中坑底埋深 7.2 m), 直径/间距为 0.9 m/1.4 m; 桩顶锁口梁断面取 2.0 m × 0.7 m, 中间圈梁取 0.8 m × 0.6 m。

在结构内力计算时, 暂不考虑第二道圈梁的支撑作用, 计算理论为弹性地基梁理论。

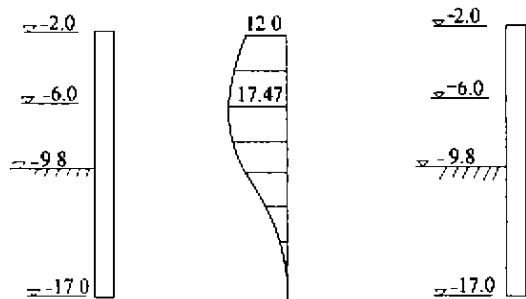


图1 桩身侧位移(单位:mm)

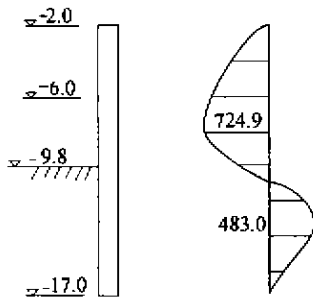


图2 桩身弯矩(单位:kN·m)

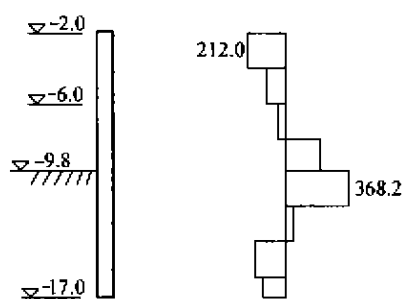


图3 桩身剪力(单位:kN)

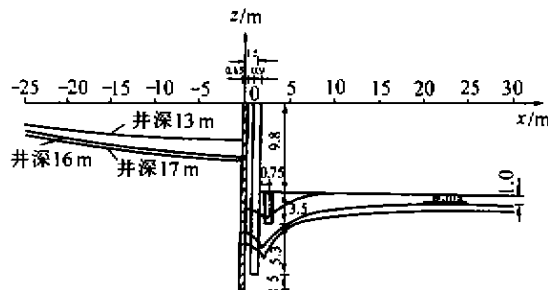


图4 降水井井底标高 -13.0m, -16.0m, -17.0m 坑内外浸润线

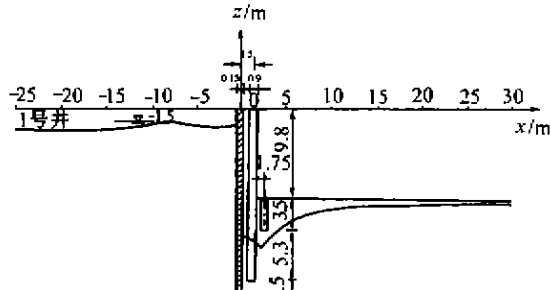


图5 降水井井底标高 -16.0m, 坑外 6.5m 处回灌时浸润线

$$E_c I \frac{\partial^4 \omega}{\partial X^4} + k b \omega = -p_0 + q \quad (1)$$

式中: $E_c I$ 为支护桩的抗变形刚度; k 为侧向抗力系数; b 为单桩计算宽度; ω 为桩的水平位移; p_0 为静止土压力; q 为开挖面的桩侧荷载, 本工程计算中取零。

d. 计算结果. 工况 1: 桩顶最大水平位移 0.80 mm, 桩身最大水平位移 0.85 mm, 桩身最大弯矩 319.1 kN·m, 桩身最大剪力 132.8 kN, 顶圈梁推力 114.7 kN/m. 工况 2: 桩顶最大水平位移 12.01 mm, 桩身最大水平位移 17.47 mm, 桩身最大弯矩 483.0 kN·m, 桩身最大剪力 368.2 kN, 顶圈梁推力 171.4 kN/m, 中间圈梁推力 85.5 kN/m。

工况 2 的桩身计算位移、弯矩和剪力分别见图 1 至图 3。

3.2 止水和降水设计

为防止基坑内土体开挖后渗透变形和坑内降水引起坑外地下水位大幅度下降, 需将防渗帷幕打设到 -20.00 m 处; 为保证基坑内的干燥施工, 降水井点的井底标高应不高于 -16.00 m; 回灌井的井底标高为 -8.5 m. 渗流计算除采用井流的有关理论计算外, 还进行了二维渗流计算. 计算方程如下:

$$k_x \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + k_y \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0 \quad (2)$$

式中: k_x 为 x 方向的渗透系数; k_y 为 y 方向的渗透系数; u 为水头. 渗流计算结果见图 4 和图 5。

4 施工及抢险处理

在开挖到一半深度时,西南角紧靠邮电大厦的支护桩已发生了较大的水平位移,为了防止继续开挖引起支护体系的受力不均,在第二道圈梁以下采用放坡式开挖,并在开挖到设计标高后用聚丙烯袋装土贴坡,另一方面采用底板分块施工技术,加紧对西南部分底板的浇筑。

在东南角和西北角开挖过程中一直有大量的涌水难以排除,开挖进度很慢,为此采用多道轻型井点联合降水,才将坑内水排干。

最困难的是东北角,加上地梁槽的开挖深度已达到 10.5 m,且紧靠支护结构,坑外是三星级大酒店,支护结构到建筑物的最近距离约 10 m。在开挖到第二道圈梁的梁底标高时,支护桩已有最大为 5 cm 的水平位移,对支护桩实施的小应变测试结果表明,

支护桩的桩长比设计桩长要短。为了保证施工的顺利进行,通过多方案对比,最终选择坑内深搅桩的加固方案,由深搅桩抵挡由于施工桩长与设计桩长不同而有部分不能平衡的压力。加固后的开挖仅使支护桩产生了 2 cm 的新增水平位移,实际证明抢险方案是有效和经济的。

5 结 语

实践证明,无内支撑支护方案用于淮阴市淮海广场人防工程是可行的,设计结果是经济合理的。对开挖深度超过 10 m 的基坑,正确运用支护结构的受力特性,既可免去内支撑对坑内土开挖的干扰,又可保证支护结构的受力和位移不致太大,虽然开挖过程中出现了多次险情,由于采取较合理的抢险措施,险情均被一一化解,取得良好的工程效果。

(收稿日期:1999-06-02 编辑:张志琴)

·简讯·

用 UPS 电源替代小型水电站事故停机电源的尝试

500 kW 以上的水电站通常都以蓄电池作为直流电源,蓄电池组不但可成为电站正常运行时的控制、保护、操作电源,还可在水电站失去交流电源后,蓄电池组作为一种独立电源,仍能满足电站的事故停机、事故照明等负荷的需要。

江西省新余市刘家水电厂是一座装机 4×400 kW,设计水头为 3.2 m 的坝后式小型水电站,水轮机型号为 ZT₂₀₀-LH-200,发电机型号为 SF400-40/2800,调速器型号为 YDT-1800,总投资 1400 万元,1997 年竣工投产。在 1996 年设备订货时,考虑到直流电池组占地面积大,价格高等因素,将原设计中的镉镍电池直流屏改为整流屏(由交流电整流成直流电的直流屏),当时节省资金十几万元。在 3 年的运行中,这种整流屏在正常情况下也可以满足电站运行要求,但由于该站原准备的备用电源——柴油发电机不能在短时间内启动,故当电站输电线路发生故障,电站失去交流电时随即失去直流电,造成全厂无任何电源,而当此机组发生甩负荷飞车时,调速器(YDT-1800)和快速闸门启闭机就因无任何电源而不会自动关机,只能采取手动关闭调速器,一般情况下关机时间要 1 min,超过电站调节保证计算中的 5 s 关闭时间。更有甚者,电厂 1 号调速器由于设备故障,在失去厂用电后,其压力油罐内的油在十几秒钟内全部自动排向回油箱,调速器无油压,无法关闭水轮机组,只能靠手动关闭快速闸门启闭机,关闭时间长达 3~4 min,大大超过了水电站设计规范所规定的停机时间,成为水电厂运行的重大安全隐患。

为解决刘家水电厂无事故停机电源的问题,笔者曾想尝试重新用防酸式铅蓄电池和镉镍电池作为电站直流电源,但因无预留蓄电池房和中控室无安装位置而告终。后从市场上以 1100 元价购回一台 1 kV·A 普通计算机用 UPS 电源代替全厂紧急停机电源,利用计算机用 UPS 静态交流不间断电源在市电突然断电时,可以快速投入运行,继续给负荷供电的特性,经过改造后获得了成功。具体改造如下:在 UPS 电源输出回路装 4 个二极管组成桥式整流装置将输出的交流电整流为直流电,再分接 4 个开关分别通向 4 台调速器中的事故停机电磁阀,在电站输电线路突然断电时,UPS 电源立即向外供电,通过装于控制台上的 4 个开关的控制,可使 4 台调速器在几秒钟内全部关闭。经过近半年时间的运行,证明这种电源改造效果很好,当再遇上线路跳闸断电事故时,只需一人就可在几秒钟内轻松关闭 4 台机组。需要注意的是计算机 UPS 电源不能长时间工作,当机组全部关闭后,将调速器开度指示黑针关至零并在关闭调速器供油主阀后(以防导水叶在转换开关复位后重新打开)要将 UPS 电源转换开关切回,以免 UPS 电源长期工作。

实践证明,计算机 UPS 电源在水电站运用具有占地面积极小,价格极便宜的特点,特别适用于那些已选用 YDT 型和 YT 型调速器(有紧急停机电磁阀)而无独立事故直流电源的小型水电厂。(付俊风供稿)