

双排桩在南京地区基坑支护中的设计应用

魏天乐

(中船勘察设计研究院有限公司,上海 200063)

【摘要】 城市建设用地的紧张加快了地下空间的开发,作为保障地下空间施工的深基坑支护也逐渐被重视。双排桩由于具有较大的侧向刚度、侧向变形小以及不需要内支撑的优点,被广泛应用于深基坑支护中。基于南京某个工程案例,介绍双排桩的设计方案、计算分析以及施工要点,为今后该地区双排桩的应用提供参考与借鉴。

【关键词】 双排桩;基坑支护;南京地区

【中图分类号】 TU 942

【文献标识码】 B

doi:10.3969/j.issn.1007-2993.2017.04.009

Design and Application of Double Row Pile in Foundation Pit Support in Nanjing Area

Wei Tianle

(China Shipbuilding Industry Institute of Engineering Investigation & Design Co., Ltd, Shanghai 200063, China)

【Abstract】 The tension in urban construction land has accelerated the development of underground space. Deep foundation pit support in protecting underground space construction has gradually been taken seriously. They were widely used in foundation pit support due to the advantages of double row pile having large lateral stiffness, small lateral deformation and with no need for support inside. Based on a case project in Nanjing, this paper introduces the design, calculation analysis and construction attention points of double row pile, which can provide reference for the application of double row pile in this area in the future.

【Key words】 double row pile; foundation pit; Nanjing area

0 引言

随着我国经济的快速发展,城市化建设速度不断加快,为了缓解建设用地紧张的问题,地下空间的开发利用逐渐被人关注。作为保障地下空间安全施工的深基坑支护,近年来也被广泛研究。目前,深基坑的支护形式一般有:排桩(灌注桩、SMW工法桩)+内支撑、地下连续墙+内支撑以及双排桩。

双排桩支护是指打设两排平行的钻孔灌注桩,同时两排桩桩顶用刚性冠梁相接,排桩之间用连梁连接,形成类似门字形框架的空间结构。两排支护桩呈悬臂式,不设置支撑结构^[1]。它具有较大的侧向刚度,能有效地控制基坑侧向变形。与单排桩+内支撑结构相比,由于不需要设置支撑,使其具有施工方便、工期较短等优点,能产生较大的经济效益。因此,这种支护形式逐渐被广泛应用。

虽然国内许多学者对双排桩的作用机理进行了研究^[2-3],近年来,各地双排桩也广泛应用于基坑支

护中^[4-6],但是南京地区的双排桩应用很少见诸报端,本文基于南京的一个工程实例,介绍双排桩的设计方案、计算分析以及施工要点,为该地区双排桩的应用提供参考与借鉴。

1 工程概况

工程位于江苏省南京市雨花台区,共青团路以东,绕城高速北辅道以北地块内。该项目建筑面积约75603 m²。拟建建筑包括1#楼(7层)、2#楼(5层)、3#楼(5层)、4#楼(5层),整个场地下设1层地下车库。主体结构采用钢筋混凝土框架结构。

本基坑开挖深度5.05~8.15 m,面积约22615 m²,周长610 m,基坑南北向长度约176 m,东西向宽度约144 m,形状较规则,近似呈矩形。

1.1 周边环境

场地现状为空地,东侧基坑开挖边线距红线约4.2 m,红线外现为空地;南侧开挖边线距红线16.0~30.8 m,红线外为规划绕城北辅道,道路在本基坑完

成后修建,现为空地。西侧开挖边线距红线 4.2~9.6 m,红线外规划河道,河道与本基坑同步施工,现为空地;北侧开挖边线距红线约 4.2 m,红线外为新建中以智慧园,地上六层、地下二层,开挖深度

8.2 m,现已经结构封顶。其地下车库外墙距本基坑边线最近约 9.5 m,地下一层坡道距基坑最近约为 7.5 m。中以智慧园临近本基坑区域原支护桩采用 1 m 直径钻孔灌注桩支护。具体见图 1。

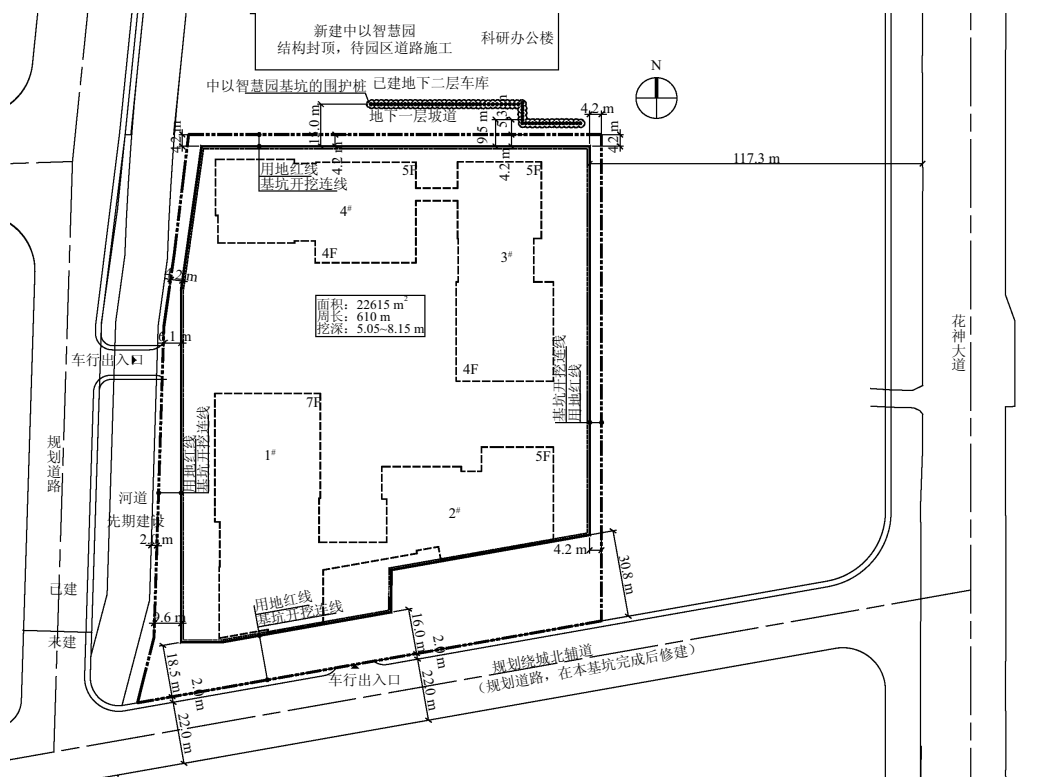


图 1 周边环境图

1.2 工程地质

拟建场地原为南京市雨花区的花卉市场。除最西侧地段地形起伏较大外,场地其余地段地势较平

坦,场地现地面标高在 24.28~28.41 m。

根据勘察报告,本基坑开挖范围内影响土层地质情况见表 1。

表 1 岩土体工程特性综合评述一览表

时代及成因类型	层号	岩土名称	岩土体特征-	分布地段
Q_4^{ml}	①	素填土	灰黄色、褐色等,较湿,松散,以黏性土为主,局部混少量碎石,其中原住房地段上部主要由水泥路面及碎石组成	普遍分布
Q_3^{nl}	③ ₁	粉质黏土	局部为黏土,黄褐色,褐黄色,硬塑(局部可塑),含铁锰质结核,见较多高岭土团块。无摇震反应,切面有光泽,干强度及韧性中等一高,自由膨胀率平均值 25.5%,无膨胀潜势	普遍分布
Q_3^{nl}	③ ₂	卵砾石	灰色,灰白色,中密—密实,呈椭圆形及圆形状,级配较差,粒径一般 2~8 cm,大可达 15 cm,卵砾石主要成分为石英、长石,上部可塑—硬塑黏性土充填,下部中细砂充填	主要分布于场地西南侧
J3L	⑤ ₁	强风化凝灰岩	紫灰色、褐灰色,上部岩芯呈密实砂土状,夹少量风化碎石,下部岩芯以碎块状为主,混较多砂土状风化物,局部夹厚约 0.5~2.0 m 中等风化孤石,岩石碎块,锤击易碎。属极软岩,岩体基本质量等级为 V 级	普遍分布

1.3 水文地质

根据勘察报告,潜水主要赋存于①素填土和③₁层粉质黏土顶部。勘探期间,测得孔隙潜水稳定水位埋深 1.41~2.39 m,相应地下水位标高 22.87~26.06 m。本次基坑支护设计潜水位取地面以下 1.0 m。

根据现场钻探情况,场地内浅部承压含水层基本由③₂层卵砾石层组成,地下室底板埋深 15.2~19.0 m。勘探期间,经 SW1、SW2 等简易抽水试验孔实测稳定水位埋深一般在 2.58~2.59 m 之间(标高在 24.12~24.76 m 左右)。最不利水位埋深按 2.5 m 考虑,根据规范,按地层埋深最浅孔计算,本基坑无突涌可能。

2 设计方案

2.1 方案选型

本基坑开挖深度 5.05~8.15 m,基坑东侧为空地,经业主向政府有关部门申请借地,可以超出红线,场地南侧较为宽松,因此东南两侧均采用两级放坡的支护形式。西侧挖深 5.05 m,开挖边线距离红线较近,且红线外即为河道,采用悬臂的单排灌注桩的支护形式。

基坑北侧为新建中以智慧园,地上六层、地下二层,开挖深度 8.2 m,现已经结构封顶。其地下车库外墙距本基坑边线最近约 9.5 m,地下一层坡道距基坑最近约 7.5 m。因此基坑支护设计时,需要严格控制支护桩的侧向位移。本文将重点讨论该侧支护结构形式。

北侧开挖深度 8.15 m,可以采用的支护形式有排桩(SMW 工法桩或钻孔灌注桩)结合支撑、地下

连续墙结合内支撑、双排桩。

SMW 工法桩具有施工速度较快、施工设备简单、占用空间较小、本身具有止水作用等优点。但是该支护形式需要设置支撑,会增加基坑支护的施工工期,支撑节点处质量难以控制,同时,围护桩的变形很大,而本基坑需重点保护北侧已建的建筑,因此不适合采用此方案。

灌注桩施工工艺简单,质量易控制,桩径和桩距可灵活调整,具有刚度较大、变形较小、施工期间对周边环境影响较小等优点。本基坑北侧距离中以智慧园较近,不适宜结合锚杆使用,若设置混凝土支撑会增加基坑支护的施工工期,同时造价较高。

地下连续墙具有刚度大、变形小等优点,但地下连续墙造价较高,施工难度大,一般适用于大型深基坑中。

而双排桩具有灌注桩的刚度大的优点,同时悬臂结构不需要设置支撑和锚杆,大大降低施工难度,同时节约造价。

综合考虑安全、造价、工期、施工等因素,本基坑工程北侧采用一级放坡+两排钻孔灌注桩悬臂支护,桩间采用挂网喷浆。

2.2 排桩设计

基坑北侧开挖深度 8.15 m,上部卸土 1 m,下部采用两排 $\phi 700@1300$ 钻孔灌注桩悬臂支护,嵌固深度 7 m,桩长 12.5 m,排桩间距 2.4 m,冠梁采用 1000 mm \times 700 mm,为了提高结构的整体性,提高侧向刚度,连梁直接做成 500 mm 厚的连板,见图 2。

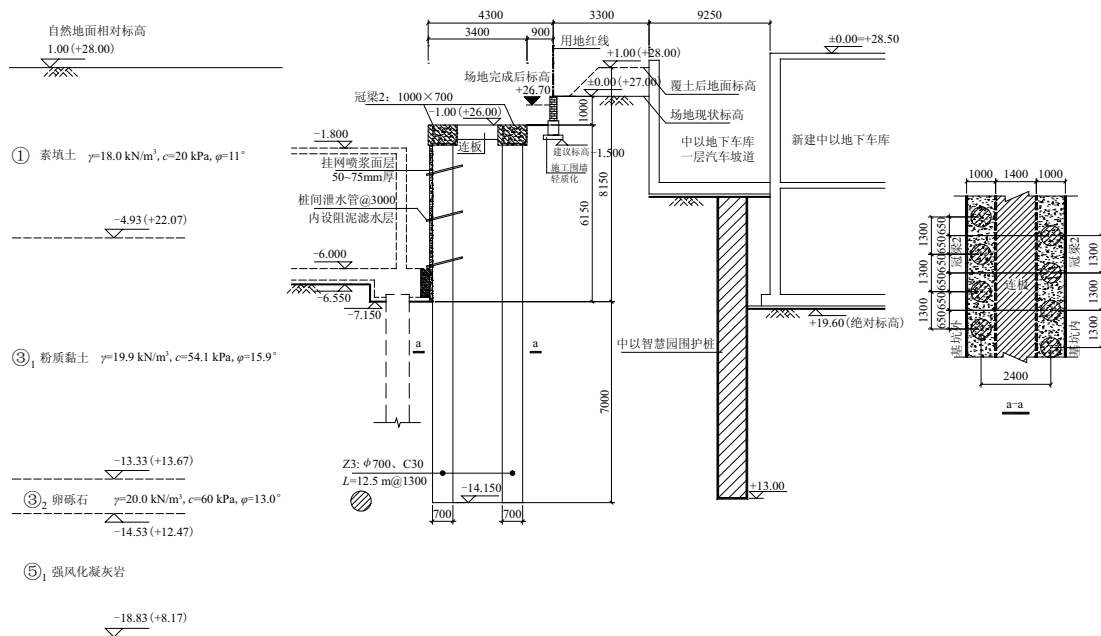


图 2 双排桩典型剖面图

2.3 计算分析

本工程采用理正深基坑 7.0 分析软件进行计算,假定条件如下:

1) 竖向开挖过程的基坑支护按支承在弹性地基上的梁系结构进行内力和变形分析,模拟实际的施工工序,对不同工况计算内力和变形。

2) 坑外水位:地下水按地表下 1.0 m 计。

3) 超载:一般地面附加荷载取 20 kPa,周边已建建筑按每层 15 kPa 计算。

4) 坑外土压力按朗肯土压力、三角形土压力模式计算,③₁ 层卵砾石采用水土分算;其他土层采用水土合算。 c 、 φ 值取固结快剪指标。

5) 根据《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120—2012)规定,本基坑安全性等级为二级,重要性系数取 1.0。

6) 设计有效期:一年。

土层的物理力学参数见表 2。

表 2 土层的物理力学参数

层号	地层名称	土层厚度 /m	重度 $\gamma/(\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$	黏聚力 c_K/KPa	内摩擦角 $\varphi_K/(\text{°})$	渗透系数 $k_v/(\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$	渗透系数 $k_h/(\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$
①	素填土	1.60~10.40	(18.0)	(20.0)	(11.0)	1.0×10^{-5}	1.0×10^{-5}
③ ₁	粉质黏土	3.30~12.00	19.9	54.1	15.9	4.50×10^{-7}	5.49×10^{-7}
③ ₂	卵砾石	0.60~4.50	(20.0)	(60.0)	(13.0)	(1.0×10^{-2})	(1.0×10^{-2})
⑤ ₁	强风化凝灰岩	1.30~7.80	(22.0)	(5.0)	(30.0)	(1.0×10^{-3})	(1.0×10^{-3})

注:1. 表中 c_K 、 φ_K 值为标准值,其余指标为平均值

2. 渗透系数为室内试验的最大平均值

3. ()内为经验值

计算可得:前排桩位移 23.74 mm,基坑内侧最大弯矩 228.76 kN·m,基坑外侧最大弯矩 241.04 kN·m,最大剪力 124.03 kN;后排桩位移 23.74 mm,基坑内侧最大弯矩 185.66 kN·m,

基坑外侧最大弯矩 92.25 kN·m,最大剪力 67.33 kN。计算结果见图 3。

从上面计算结果可知,北侧采用双排桩形式能满足基坑的受力和变形要求。

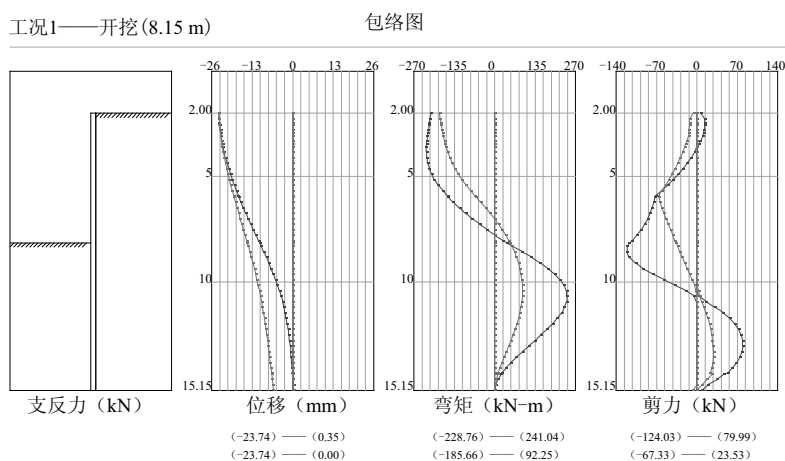


图 3 双排桩的内力包络图

2.4 降水处理

根据本场地质条件及北侧中以智慧园施工经验,对基坑地下水采用以下措施处理:

1) 基坑地下水主要采用明沟+集水井的方法处理;明沟、集水井位置根据现场情况而定,明沟距离坡角不小于 1000 mm;

2) 桩间土需设置泄水孔,内设阻泥滤水层,以防排水过程中带出泥砂等;

3) 集水井中的水需及时排到基坑影响范围外;

4) 坑顶需设置截水沟,防止雨水流入基坑。

2.5 基坑监测

基坑开挖及地下室施工期间,需全面监测基坑

支护结构以及周围环境。监测内容包括:桩顶、坡顶的垂直和水平位移;桩体侧向变形(测斜);深层土体测斜;建筑物沉降。

3 施工过程中应注意的问题

近年来,基坑事故大多由于施工不当造成的,为了保证基坑的整体稳定性,需要注意以下几个方面:

1)降水排水方面:坑顶需要设置截水沟,防止雨水等流入基坑中;同时,桩间土设置带有阻尼滤水层的泄水孔。

2)基坑监测方面:在基坑开挖及地下室施工期间,根据设计方案中的监测方案进行细化,需要全面监测基坑支护结构及周围环境,及时汇报监测数据,以保证本工程进展顺利。

4 结语

本工程根据基坑特点、周边环境,同时考虑安全、造价、工期、施工便捷性等因素,在北侧支护结构采用双排桩的支护形式。实践表明,该侧采用双排桩能很好控制变形,对北侧中以智慧园的影响很小,同时能缩短施工工期,为主体结构的顺利施工奠定基础。

参 考 文 献

- [1] 魏科丰. 双排桩在某基坑支护工程中的应用研究[J]. 四川建材, 2012, 38(169): 123-128.
- [2] 崔宏环, 张立群, 赵国景. 深基坑开挖中双排桩支护的三维有限元模拟[J]. 岩土力学, 2006, 27(4): 662-666.
- [3] 吴刚, 白冰, 聂庆科. 深基坑双排桩支护结构设计计算方法研究[J]. 岩土力学, 2008, 29(10): 2753-2758.
- [4] 史卫平. 钢筋混凝土双排桩在基坑支护中的应用[J]. 山西建筑, 2014, 40(35): 64-65.
- [5] 司亚蔚, 夏晋华, 厉玲玲. 排桩锚杆与土钉墙联合支护在深基坑工程中的应用[J]. 河南科学, 2008, 26(11): 1388-1391.
- [6] 金造时, 魏东. 双排桩在武汉地区深基坑支护中的应用探讨[J]. 资源环境与工程, 2010, 24(2): 141-143.

收稿日期: 2017-03-16

(上接第 195 页)

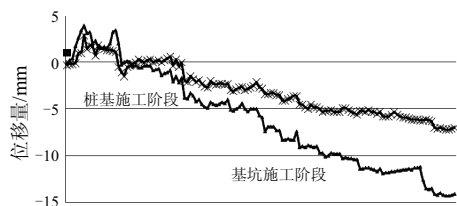


图 10 铁塔基础垂直位移曲线图

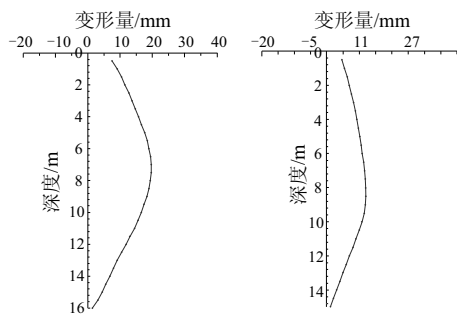


图 11 基坑测斜累计位移图(Q4、Q6)

至地下室结构施工完毕,基坑四周位移均较稳定,无漏水现象,在工程安全性、经济

性、社会影响方面均有良好效果,也为本地区类似项目的实施积累了经验。

参 考 文 献

- [1] 刘国斌, 王卫东. 基坑工程手册(第二版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.
- [2] 徐中华, 王建华, 王卫东. 软土地区采用灌注桩围护的深基坑变形形状研究[J]. 岩土力学, 2009, 30(5): 1362-1366.
- [3] 姚萍, 赵升峰, 章新. 灌注桩结合三轴桩止水及内支撑的基坑围护设计[J]. 岩土工程技术, 2012, 26(4): 173-176.
- [4] 袁彬. 深基坑支护方案优选与优化设计研究[D]. 合肥: 安徽理工大学, 2008.
- [5] 蔡剑韬. 软土地区临近地铁深大基坑开挖的设计实践[J]. 岩土工程技术, 2015, 29(4): 163-168.

收稿日期: 2017-05-23