

南京悦庆大厦深基坑支护设计与施工

许兰兰¹, 周深鑫²

(1. 江苏广播电视大学建工系, 江苏 南京 210036; 2. 江苏省机械施工有限公司, 江苏 南京 210000)

摘要:主要论述了在复杂地形条件下的南京悦庆大厦深基坑的支护设计和施工方案,重点阐述了钻孔灌注桩和深层搅拌桩在工程实例中的成功应用,为深基坑的支护施工积累了新经验。

关键词:深基坑;支护;钻孔灌注桩;深层搅拌桩

中图分类号: TU473 文献标识码: A 文章编号: 1672-7428(2011)01-0055-04

Design and Construction of Deep Excavation Support in Yueqing Mansion of Nanjing/XU Lan-lan, ZHOU Shen-xin
(1. Civil Engineering Department of Jiangsu Radio & Television University, Nanjing Jiangsu 210036, China; 2. Jiangsu Mechanized Construction Co., Ltd., Nanjing Jiangsu 210000, China)

Abstract: This paper introduces the design and construction of a deep excavation support engineering in Nanjing and mainly elaborates the successful application of bored cast-in-place pile and deep-mixing pile in engineering case. This is a new experience in deep excavation support construction.

Key words: deep excavation; support; bored cast-in-place pile; deep-mixing pile

1 工程概况

1.1 工程简介

南京悦庆大厦是集商业、办公为一体的综合性商务楼,位于南京市鼓楼区,占地 11432.5 m²。基地形状呈长方形,东临秦淮风光带,北临凤凰街居

民楼,南面紧靠汉中门大桥和地铁二号线,西距凤凰西街商业街百米。地下 2 层,主楼 10 层,裙楼 5 层,总高 34.95 m。基坑开挖深度为 8.8~9.0 m,坑中坑加深 2.1 m,基坑长约 132 m,南北向宽约 56 m,基坑面积近 7400 m²。图 1 为基坑平面布置示意图。

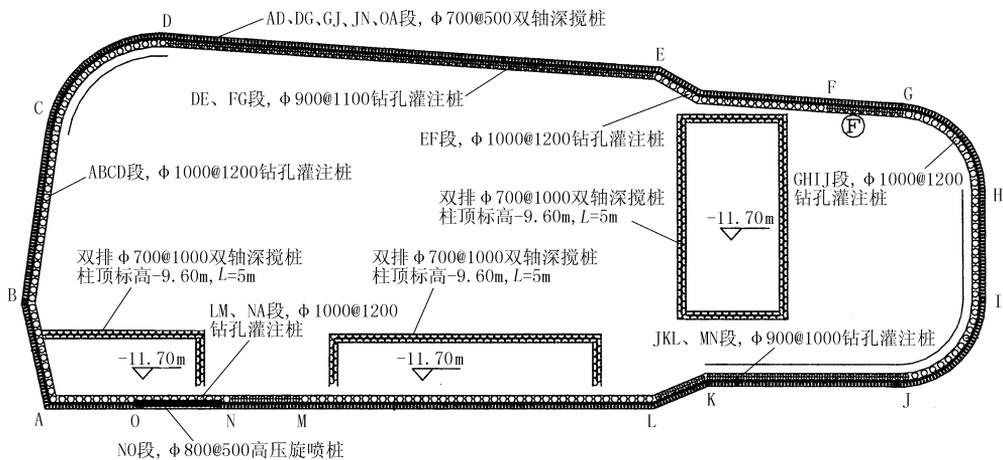


图 1 基坑平面位置图

1.2 工程地质条件

土层自地表向下依次为:①杂填土;②₁粉质粘土;②₂淤泥质粉质粘土、粉质粘土;②₃粉质粘土、淤泥质粉质粘土;④粉质粘土混砾石;⑤₁强风化粉砂岩;⑤₂中风化粉砂岩。各土层参数见表 1。

1.3 水文地质条件

场地地下水为潜水,主要赋存于浅部①层填土和②层新沉积粘性土中,土层透水性较弱,勘察期间稳定地下水位埋深为 1.9~2.15 m,年变化幅度为 0.5~1.0 m。

1.4 施工难点分析

(1)本工程钻孔桩涉及的土层有填土、淤泥质

收稿日期:2010-06-11

作者简介:许兰兰(1974-),女(汉族),江苏人,江苏广播电视大学讲师,结构工程专业,研究方向为结构工程,江苏省南京市汉中路罗廊巷 33 号 702 室, xull@jstvu.edu.cn。

表1 基坑支护结构设计土层参数一览表

土层 序号	重度 γ /($\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$)	直剪固块 (标准值)		渗透系数/ ($\times 10^{-4}\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$)		侧阻力特征 值 q/kPa
		c/kPa	$\varphi/(\circ)$	K_b	K_v	
①	18.5	(5)	(10)			/
② ₁	18.4	21.9	18.1	4.11	3.48	28
② ₂	17.8	16.8	17.1	3.72	3.11	10
② ₃	17.7	(16.8)	17.1			15

注:括号内为经验值。

粘土等性能较差的土层。成孔过程中易发生缩颈及塌孔事故,故对护壁泥浆要求和施工质量要求很高。

(2) 基坑西北侧紧邻已建居民区,最近处仅 3.57 m,同时基坑东南侧紧邻地铁二号线,基坑边线距地铁左边线最近处仅 12.38 m,这就对基坑及周围土体变形的控制提出了很高的要求。

(3) 工程桩及基坑支护所涉及的地层含水较丰富,且基坑东侧紧邻秦淮河,最近距离为 19 m。因此,对基坑止水排水的设计和要求也很高。

2 总体施工部署

针对以上情况,对总体施工部署如下:深搅桩、支护桩、立柱桩→降水排水施工→圈梁土方施工至 -2.9 m→第一层砼圈梁支撑、冠梁施工→7.45 m 以上土方分段分层开挖→围檩、第二层支撑→分段分层挖至坑底电梯井→人工清理坑底及承台土→快速施工地下室主体结构。

土方开挖分区分层分段进行并密切监测。每层开挖都应按设计开挖 2 m×2 m 应力释放沟,部分也可以留应力释放施工土堆,让边坡应力缓慢释放。

支护桩要求跳打施工,主要走向为从北南两端向中间进行,总体方向从东向西,以减小对现有建筑和道路的扰动影响。

3 深基坑支护、止水设计方案

3.1 支护体系

依据本工程上述的实际情况和要求,本工程基坑支护采用泥浆护壁钻孔灌注桩。桩长 ABCD 段为 21.40 m,DE、FG(EF)段为 17.70 m(24.80 m),GHI 段为 19.90 m,IJ、KA、JK 段为 18.00 m。桩身通长配筋。

具体方案如下:北段(ABCD 段)采用钻孔灌注桩 $\varnothing 1000@1200$,东段(DEFG 段) $\varnothing 900@1100$,南段(GHI 段) $\varnothing 1000@1200$,西段(IJKA 段) $\varnothing 900@1100$ 。支护桩桩端标高 -20.10、-19.80、-25.90、-23.50、-22.00 m。

在保证原支护桩长与配筋的基础上,在支护桩顶部加长 1.00 m 长钢筋笼,主筋数量为原支护桩配筋的一半,浇混凝土到地面以下 0.40 m。同时,在 ABCD 段以围檩代替冠梁与第一层水平钢筋砼支撑相连,以减少护坡桩破除砼与土方开挖对房屋的影响。

在基坑临近地铁的一侧,圆弧半径为 10.4 m 的范围内,采用加固双轴深搅密排桩 $\varnothing 700@1000$ 对地基土进行加固,以满足严格控制地铁周围土体变形的需要。同时在基坑局部加深的位置也采用双轴深搅密排桩 $\varnothing 700@1000$ 做支护。在支护桩与民房间布置压密注浆,以加固房屋基础与支护桩间的土体,减少民房的沉降与变形。见图 1。

本工程共设 2 道钢筋砼支撑梁,第一道支撑梁高 650 mm(750 mm),中心标高 -2.50 m;第二道支撑梁高 750 mm,中心标高 -7.00 m。立柱采用钢板+角钢焊接方形立柱,边长 450 mm。

3.2 支撑置换

在地下室施工过程中,还必须进行钢筋砼支撑梁受力置换才能继续施工。拟采用如下办法置换水平支撑,以便保证地下车库主体结构施工的顺利进展。

3.2.1 第二道支撑拆除

拆除第二道支撑应在底板砼浇筑后 3~5 天,即进行地下室第二层墙板施工时拆除;考虑到支撑对支护桩的支撑作用,支撑拆除前应进行换撑处理:将地下室底板砼浇筑至支护桩,设置临时钢管支撑或钢筋砼替换支撑。

3.2.2 第一道支撑拆除

负一层主体施工时拆撑,前提是钢管撑拆除后不会引起基坑大于允许范围的变形,经论证后不会出现险情时方可拆除。考虑到第一道支撑拆除后支护结构的悬端尺寸较大,建议在负二层顶板平面标高设置钢筋砼水平支撑构件,水平换撑构件设置在轴线有梁处。拆除时采用人工拆除,先拆腹杆后短杆,再拆长杆的顺序。

3.3 止水帷幕

本工程基坑支护采用深层搅拌止水帷幕。深层搅拌桩采用三轴深层搅拌机施工,叶片直径 650 mm,桩长 12.90 m,桩端标高 -15.00 m,桩体搭接 400 mm,使用 32.5 普通硅酸盐水泥,水泥掺入量 15%,水灰比 0.45。

施工工艺流程如下:测量轴线→清挖沟槽→定桩位→深搅机就位→第一次深搅到位→提升喷浆→

第二次深搅到位→提升喷浆→成桩移机→插入毛竹插筋→砼压顶。

深搅施工前,沿桩中心线开挖深度 1.0 m 深槽,宽度按设计图纸为 1.20 m。待搅拌机下沉到一定的深度时开始制备水泥浆,水泥浆水灰比为 0.45,毛竹插筋大头直径 ≥100 mm,长 5.5 m,水平间距 1.0 m。桩顶采用 C20 钢筋砼压顶,厚度为 200 mm,配筋 Ø10@200 ×200 单层双向构造筋。

为保证止水效果,止水桩的搭接长度尤为重要。因此,施工质量控制要求高,特别是深搅桩的垂直度误差必须小于 0.5%。

4 钻孔灌注桩施工

4.1 工程特点

地质条件:桩端持力层位于⑤₂中风化粉砂岩。

质量要求:桩基进入⑤₂中风化粉砂岩 <1.5 m,单桩承载力要求高,基岩判别、入岩控制是质量管理要点。

4.2 施工方案

4.2.1 工艺方案

根据工程情况,结合同类工程地质条件的施工经验,采用 GPS-20、GPS-15 型工程钻机,泵吸反循环工艺;对孔径、垂直度、孔底沉渣的检测采用常规工艺方法实施,强化质量管理。

4.2.2 施工顺序

为避免钻机施工时对临近桩的影响,导致塌孔现象,施工中采用跳二打一法施工。在 ABCD 段,先施工三轴深搅桩,以减少止水桩与后施工的钻孔桩对房屋基础的扰动。

4.2.3 孔径控制

重点是钻头尺寸控制。本工程采用 Ø630 mm 和 Ø730 mm 的钻头,加之钻进过程中钻头的摆动,成孔直径能满足设计要求。在可塑性较大的土层钻进时要放慢进尺,加大泥浆密度,避免缩径。

通过下放通长钢筋笼来验证孔径。

4.2.4 垂直度控制

通过机架的水平度与钻杆的垂直度来控制,机架水平度主要通过水平尺来衡量或者用水准仪来测量;钻杆垂直度主要通过垂球法或者经纬仪观测来控制。

通过钻杆试拼接来检验钻杆的直线关系。通过刚性直线导管来验证成孔的垂直度。

4.2.5 孔底沉渣控制

在钻进过程中选择合适的泥浆指标,在易塌孔

的土层加大护壁泥浆密度,泥浆密度不应小于 1.25 kg/L;含砂率 ≤8%;粘度 18~22 s。

针对土层特点,选择合适的施工工艺,上部土层采用正循环钻进,下部④₂层粉砂质泥岩、⑤₂层粉细砂岩采用泵吸反循环钻进。

注重清孔效果,一次清孔采用泵吸反循环,在砼灌注前测量沉渣厚度,如达不到设计要求,则采用二次泵吸/气举反循环清孔直至满足设计要求。

4.3 工艺流程

具体工艺流程见图 2。

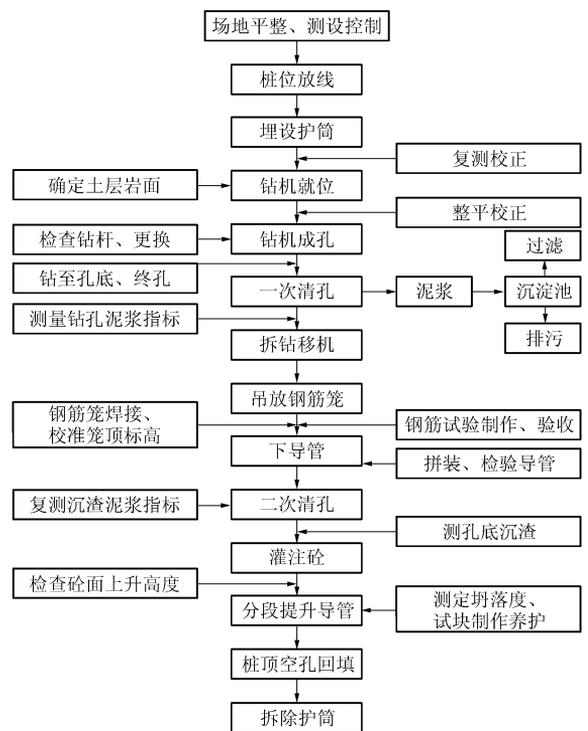


图 2 钻孔灌注桩施工流程图

5 基坑降水

本工程降水、排水按以下考虑:

(1) 因工程地质条件较好,主要为透水系数很小的粘性土,所以在征得设计院同意后,主要采用明排水方案。在整板部位预留抽水井,每个抽水井各设置一台潜水泵,用于排水。

(2) 确保地下室在施工阶段的抗浮稳定性。

(3) 基坑采用沿四周砖砌明沟加集水井的办法排水,集水井的间距控制在 10~15 m,集水井的深度为 1.5 m 左右,每 2 个集水井安置一台潜水泵,局部加深承台部位也布置 3~4 个砖砌集水井。

6 基坑监测

鉴于该基坑周围环境的复杂性,必须对整个基

坑支护系统的应力、应变以及外围环境进行严格的监测并做到监测信息化。各种测点位置结合现场条件合理布置。

6.1 监测内容

- (1) 基坑周边的垂直及水平位移的监测;
- (2) 基坑外侧土体的深层水平位移监测;
- (3) 支撑轴力监测;
- (4) 对基坑周边邻近基坑范围的道路、建筑设置沉降和位移观测点;
- (5) 基坑内支撑立柱状的沉降/隆起监测;
- (6) 基坑周围的地下水位监测;
- (7) 基底隆起监测;
- (8) 主体的沉降变形监测。

6.2 监测要求

- (1) 所有测试点、测试设备需加强保护,以防损坏;
- (2) 量测周期: 基坑土方开挖到地下室侧壁回填;
- (3) 测试单位须及时向设计人员通报测试结果并提供最终测试结果;
- (4) 基坑变形监控值符合《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202-2002)第7.1.7条规定。

7 施工效果

在对基坑进行支撑置换前,基坑降水止水效果良好,未发生渗漏水等现象。在施工过程中对周围环境变形的影响达到了最小。地铁盾构的允许变形值为3 mm,而实际累计变形量 <0.9 mm,西北侧住宅楼的均匀沉降量 <20 mm,都处于有效控制范围内。

8 结语

虽然本基坑工程周围的施工环境情况复杂,但通过基坑支护方案的设计及采取有效的施工技术和措施,有效地解决了施工难题,取得了良好的经济效益和社会效益,同时也为深基坑支护施工积累了新的经验。

参考文献:

- [1] JGJ 120-99,建筑基坑支护技术规程[S].
- [2] 陈晓飞,李庆刚,唐伟华,等. SMW工法用于深基坑中的研究与实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(2):43-45.
- [3] 杨文华. 确保深层搅拌桩在基坑支护中施工质量的措施[J]. 探矿工程,2002,(3):17-18.
- [4] 刘力,吴启星. 双排钢筋混凝土钻孔灌注桩在大面积超深基坑支护中的应用[J]. 工业建筑,2009,39(S1):705-708.

山东省地矿局深部找矿钻探技术综合研究与应用取得显著成果

本刊讯 为进一步贯彻落实国家加强地质工作、提高能源资源保障能力的战略部署,深入开展“攻深找盲”,有效解决深部找矿钻探施工中存在的技术难题,为推进资源山东建设战提供有力技术保障,山东省地矿局地质工程设计与施工处组织物化探勘查院、第三地质矿产勘查院、鲁南地质工程勘察院等单位开展了深部找矿钻探技术综合研究与应用工作,取得了显著成果。

2010年11月23日,该局组织有关专家对《深部找矿钻探技术综合研究与应用报告》进行了审查验收。审查委员会由中国地质调查局汶川地震科学钻探工程中心总工程师张伟,北京探矿工程研究所副所长、教授级高工贾军等国内探矿工程界知名专家和省内有关专家组成。经专家审查一致认为,该项研究是紧密配合深部找矿而开展的一项开创性综合研究,运用技术经济学原理,创新性地提出钻机作业经济性对比指数“e”概念,并对深部钻探方法及工艺进行优化组合研究,丰富了深部钻探技术理论;运用系统分析、优化设计和技术经济学方法,对影响深部钻探的因素进行综合分析研

究,通过大量生产试验对比,形成了适应不同地层和孔深条件的深孔钻探技术组合体系;特别是紧密结合济宁铁矿、玲珑东风金矿、本溪铁矿等三个典型矿区复杂地层钻进难题,进行钻探技术应用研究和攻关,采用优化的钻探技术组合,较好地解决了深部钻探强造斜地层钻孔弯曲和硬脆碎酥漏及坚硬打滑地层钻进技术难题。项目共完成深孔173个,钻探工作量240676.48 m,其中超过1800 m的深孔28个,超过2000 m的深孔5个,3次打破国产机具固体矿产钻探全国孔深纪录,最深达到2109.81 m,并将液动锤绳索取心钻探技术成功应用至1870.12 m,保证了三大矿区深部找矿钻探的顺利进行,为深部找矿取得突破提供了关键技术保障,仅济宁铁矿区探获工业铁资源储量超过16亿t,探获金矿储量150余吨,创造了巨大的经济效益和社会效益。

该项研究成果,既有理论创新,又解决了生产实际难题,是目前国内深部找矿钻探领域少有的优秀成果,对深部找矿钻探具有重要的指导意义。

(孙丙伦 供稿)