

密集建筑群中的深基坑施工技术

张维正

(辽宁有色勘察研究院,辽宁 沈阳 110002)

摘要:以沈阳市某深基坑支护及降水工程在密集建筑群中施工为例,介绍了该支护工程的设计与施工,阐述了该工程变形监测方法并对其结果进行了分析,总结了在沈阳地区密集建筑群中进行基坑开挖的设计与施工经验。

关键词:深基坑;密集建筑群;开挖;支护;变形监测

中图分类号:TU473.2 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2006)06-0001-03

Construction Tech. of a Deep Foundation Pits in Dense Buildings/ZHANG Wei-zheng (Liaoning Nonferrous Institute of Geotechnical, Shenyang Liaoning 110002, China)

Abstract: The design, construction, and deformation monitor methods for a deep foundation pit support and water drain project constructed among dense buildings in Shenyang were introduced. The deformation monitor results were analyzed. The experience of design and engineering for foundation pit excavation among dense buildings in Shenyang was summed-up.

Key words: deep foundation pits; dense buildings; excavation; support; deformation monitor

1 工程概况及周边环境

本工程地处沈阳市繁华地段,地上26层,地下2层,基坑近似为65 m×65 m的正方形,基础的结构形式为筏板基础,电梯井部分基坑开挖深度14 m,其余部分开挖深度11.30 m,本工程有以下特征。

(1)基坑周边建筑物密集,东侧、南侧紧邻原办公楼,基坑支护边缘距墙体距离为2.7 m。

(2)基坑周边原办公楼是20世纪50年代建的3层建筑物,独立柱基础,埋深仅为1.5~1.8 m,且90年代初在原3层基础上改为现在的7层。

(3)基坑西侧距常德街7 m,受过往车辆的动荷载影响。北侧距工商银行高层住宅楼和3层民宅12 m。

(4)基坑周围管网错综复杂,渗漏点多,且场地内有一条东西走向的人防工程,洞内有国家安全局通讯光缆通过,因此对基坑支护的安全要求极高。

(5)场地地下水位埋深6.9~7.1 m,且水量丰富。由于基坑最大开挖深度达14 m,降水从-6.9 m降至-14.50 m,降水的幅度较大,所以降水对周围建筑物的影响,特别是对原建筑的影响显得尤为重要。

2 工程地质及水文地质概况

根据岩土工程勘察报告,本场地地层主要由杂

填土、粘性土、砂类土组成,自上而下划分为如下几层:

①杂填土,主要由建筑垃圾、生活垃圾、炉灰、粘性土等组成,结构松散,厚0.5~1 m;

②粉质粘土,黄褐色,可塑状态,上部局部呈硬可塑,含少量铁锰质结核,层位稳定,分布连续,厚3.5~3.6 m;

③粗砂,黄褐色,长石、石英质,级配一般,分选较好,颗粒多呈圆形、亚圆形,粘粒含量低,局部含少量小砾石,稍湿,中密状态,厚1.5~2.7 m;

④砾砂,黄褐色,长石、石英质,混粒结构,级配较好,颗粒多呈圆形、亚圆形,含卵砾石10%~15%,局部含有粘土夹层。

场地地下水为第四纪孔隙潜水,赋存于砾砂、粗砂层中,水量丰富,地下水稳定水位埋深6.9~7.1 m,渗透系数 $K=80$ m/d。

3 基坑支护及降水的设计与施工

3.1 基坑支护设计

3.1.1 设计参数

各地层设计参数选取见表1。

3.1.2 地面附加荷载

靠近原办公楼侧附加荷载取105 kPa,其余侧取10 kPa。

收稿日期:2005-12-16

作者简介:张维正(1967-),男(汉族),山西应县人,辽宁有色勘察研究院副院长、教授级高级工程师,岩土力学专业,博士在读,从事岩土工程设计、施工管理工作,辽宁省沈阳市和平区柳州街17号,(024)22706736。

表1 各地层设计参数的选取表

地层	厚度 /m	重度 /($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$)	内摩擦角 /($^{\circ}$)	粘聚力 /kPa
杂填土	0.5~1	18.5	10	15
粉质粘土	3.5~3.6	19	15.43	42.7
粗砂	1.5~2.7	19	33	0
砾砂	20	19.5	38	0

3.1.3 基坑设计安全等级及安全系数

基坑设计安全等级为一级,基坑侧壁重要性系数 $\gamma = 1.1$,整体稳定性安全系数 1.4。

3.1.4 基坑支护设计方案

(1)根据场地工程地质条件、周边环境等情况综合考虑,基坑支护设计方案顶部 1.5 m 范围采用 1:0.3 放坡并挂铁丝网喷射 50~80 mm 厚 C20 混凝土支护,下部采用 $\text{Ø}600$ mm 钻孔压浆桩加 1~2 排锚杆联合支护。其中东侧、南侧布置 2 排锚杆,北侧、西侧布置 1 排锚杆。

(2)护坡桩中心距为 1.1~1.2 m,其中东侧、南侧中心距为 1.1 m,北侧、西侧中心距为 1.2 m。钻孔压浆桩桩身采用 C25 无砂混凝土,主筋采用 8 $\text{Ø}20$,冠梁混凝土采用 C20。锚杆采用 DZ50 地质锚杆,锚杆长度第一排为 10 m,第二排为 11 m,锚孔直径 150 mm,锚架采用 2[20a,锚杆注浆采用纯水泥浆,水灰比 0.45~0.60。

(3)桩间土采用挂铁丝网喷射混凝土支护,喷射厚度 50 mm,混凝土强度等级 C20。

3.2 基坑降水设计

(1)采用管井法降水,降水井直径 650 mm,成井直径 400 mm,水位降深 7.6 m,渗透系数 $K = 80$ m/d。

(2)计算模型按潜水非完整井,基坑远离边界考虑。单井出水量 1400 m^3/d ,基坑总涌水量约 1.6 万 m^3/d ,排水影响半径 $R = 435$ m,需 12 眼降水井,单井过滤器进水长度 14 m。

(3)任意点沉降计算采用岩土工程勘察规范方法,即不考虑应力随深度衰减的方法。经验算,建筑物最大沉降为 28 mm,建筑物各角点之间最大倾斜率为 0.248‰。

(4)在基坑内及四周设计 12 眼降水井,按 20 m 间距均匀布设。设计井深:1~10 号井为 24 m,基坑中间 2 眼(11、12 号井)为 28 m。井壁管内径为 400 mm,过滤器结构为钢筋笼,外包竹板及 2 层 40 目尼龙网,钢筋笼纵筋 8 $\text{Ø}12$,横筋 $\text{Ø}12@250$,滤管制成下井后,外填粒径 6~8 mm 碎石或卵石滤料。

3.3 基坑施工

土方数据

3.3.1 钻孔压浆桩施工工艺流程

第一层土开挖 1.5 m→测放孔位→机具定位→螺旋钻机钻孔至孔底→水泥灰浆搅拌→边慢速提钻边压入灰浆→下入钢筋笼→投入碎石→成桩。

3.3.2 土层锚杆施工工艺流程

第二层土方开挖至锚杆孔口标高下 0.5 m→测定锚杆位置→锚杆机就位→钻孔→注水泥浆→养护→拉拔锁定→开挖下一层土方。

3.3.3 喷射混凝土施工工艺流程

清除坡面及桩间浮土→打入土钉挂铁丝网→喷射混凝土。

3.3.4 降水井施工及其降水

降水井施工工艺流程:测放井位→下挖 1.5 m 清除或避开地下管线及障碍物→冲击成孔(直径 650 mm)→成井(直径 400 mm)→洗井。

降水原设计采用管井法,但由于④层砾砂层局部含有粘土夹层,采用管井法难于达到设计要求,因此施工过程中采用二阶降水。

第一阶采用管井法降至 -11.5 m。由于该工程周边环境比较复杂,对原办公楼一侧降水采用小泵量、间隔循序渐进式抽水方法,对其他三侧采用大泵量循序渐进式抽水方法。

第二阶在电梯井处采取集水井和明排的方式进行二阶降水降至 -14.5 m。具体措施是在电梯井开挖后沿其底部四周挖排水盲沟,盲沟的规格为 400 mm \times 300 mm,下 $\text{Ø}200$ mm 钢筋笼外包竹片滤管,管外填粒径 20~40 mm 碎石。在电梯井四个角分别设一钢套筒集水井与排水滤管相连,井中分别放入一个 25 m^3/h 的污水泵,以排泄基坑侧壁流入盲沟内的水量,集水井深度低于电梯井底标高 1.5 m,井径 1.0 m。在电梯井施工时预埋注浆管,电梯井施工结束后对盲沟及集水井进行注水泥浆充填封堵。

4 基坑及临建变形监测

4.1 变形监测监控值

基坑类别为一级,变形监测监控值:围护结构墙顶位移监控值 30 mm;围护结构墙体最大位移监控值 50 mm;建筑物最大沉降位移监控值 20 mm。

4.2 变形监测点布设

基坑四周共布设变形监测点 15 个。其中基坑的西侧和北侧各布设 3 个,东侧布设 4 个,南侧布设 5 个。基坑临建共布设沉降监测点 18 个,其中在原办公楼上布设 12 个,邮电大厦 3 个,住宅楼上布设 3 个,具体见图 1。

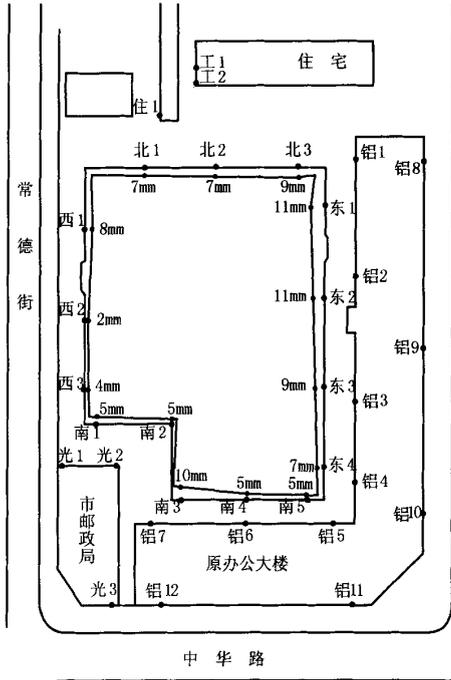


图1 基坑监测点布置平面图

4.3 基坑及临建变形监测方法

采用具有“测量机器人”之称的先电子全站仪 TCA2003 进行全方位的变形监测。该仪器(角度测量精度 0.5", 距离测量精度 1 mm + 1 ppm)具有马达驱动和自动目标识别装置,仪器自动化程度相当高,具有自动存储和记录功能,配合专业测量软件从而达到了变形测量的自动化、数字化,保证了测量成果的准确性和高效性。

5 基坑及临建变形监测结果分析

基坑护坡桩 5 月 20 日施工完毕,冠梁 5 月 25 日施工完毕。第二层土方与降水 5 月 27 日开始,6 月 6 日土方开挖到底底,6 月 20 日基底垫层施工完毕,8 月 30 日基坑平口并回填。因此基坑变形与建筑物沉降观测周期为 5 月 27 日~8 月 30 日。从监测结果来看,基坑向坑内水平位移最大值为 11 mm,最小值为 2 mm;临建沉降最大值为 7 mm,最小值为 3 mm。远远小于 30 mm 和 20 mm 的预警值,并且 15 个基坑变形监测点的变形曲线随时间的变化规律相似,18 个临建沉降监测点的变形曲线随时间的变化规律也相似。现以具有代表性的基坑变形监测点东 3 变形曲线(见图 2)和临建沉降监测点铝 3 变形曲线(见图 3)为例进行分析。

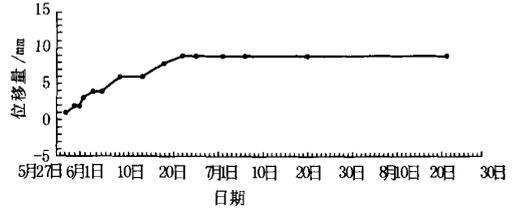


图2 基坑东侧监测点东3变形曲线图



图3 基坑东侧原办公楼沉降监测点铝3变形曲线图

(1)从两曲线的变化趋势看,5月27日~6月20日变化幅度大,6月20日以后基本趋于平缓。究其原因主要是由于此期间基坑开挖所致,6月20日基底垫层施工完毕,基坑变形及临建沉降趋于稳定。

(2)最大变形发生在基坑的东侧,分析其原因是由于基坑东部渗漏出水点较多,造成局部土体抗剪强度降低及桩间土流失,使东侧变形和沉降较大。但均未超过监控值,而且基坑变形与建筑物沉降的变化速率均小于 3 mm/d。

(3)从基坑变形曲线及临建沉降曲线分析可知,降水对基坑及临建影响不大。

(4)从两曲线随时间的变化规律分析,沉降变形滞后于基坑变形,滞后时间为 3 天左右。

6 设计与施工经验

(1)基坑支护工程形成勘察、设计、施工一体化,有利于岩土参数的选取及设计方案的优化,是取得成功的关键环节。

(2)在沈阳地区密集建筑群中进行基坑开挖及基坑支护(2层地下室)采用 Ø600 mm 钻孔压浆桩加 1~2 排 DZ50 地质钻杆锚杆联合支护是行之有效的。

(3)变形及沉降监测是在密集建筑群中进行基坑开挖成功的关键。本工程采用了具有“测量机器人”之称的最先进电子全站仪 TCA2003 新技术、新工艺,提供准确的监测数据,是本工程基坑支护及降水取得成功的重要保证。

(4)施工中采用信息化施工是科学、可靠的,对基坑的稳定性及周边环境的影响的控制起到了至关重要

(下转第 7 页)

施工监测包括对环境的保护监测和对工程的监测,及时预报施工中出现的问题,并把所获得的信息反馈到施工中。

6.1 监测内容

监测内容包括支护结构位移及沉降观测、相邻建筑物沉降观测和土体及支护结构深层水平位移观测等。

6.2 监测要求

观测基准点至少为3个,设在开挖影响范围外(400 m),位移观测点沿基坑周围至少每20 m左右设置一个。

观测精度要求:沉降观测中误差 <0.5 mm,水准测量闭合 $< \pm 0.8\sqrt{n}$ (mm)(n 为测站数),位移观测中误差 <5.0 mm。

监测频率根据施工进度确定,开挖初期不超过5~7天,开挖卸载急剧阶段不超过3天一次,当测试数据超过有关控制标准应加密观测次数,当有危险事故征兆时应进行连续监测,并及时计算出累计变形量及沉降速率等。

6.3 监测预警值

基坑变形预测值是40 mm。警报值按以下方法确定:坑顶总变形为30 mm,或连续2~3天以上变形速率达到5 mm/d。

6.4 应急处理措施

深基坑支护工程是风险性较大的工程,施工过程中可能会遇到各种意外情况,针对本基坑工程特点,制定了以下应急措施。

(上接第3页)

要的作用。

(5)在沈阳地区密集建筑群中进行基坑开挖,降水对基坑及临建影响不大。

(6)砂砾层中局部含有粘土夹层采用管井法降水难以达到设计要求时,采用管井法和钢管集水井与盲沟相连二阶降水法是可行的。

(7)在沈阳地区密集建筑群中进行基坑开挖与支护,危险期为土方开挖期,基底垫层施工完毕基坑基本上已处于稳定状态。

(8)在沈阳地区密集建筑群中进行基坑开挖与降水,临建沉降主要受基坑变形影响,滞后周期为3天左右。

(1)基坑侧壁渗漏时,视水量大小用插管导流,草袋堆砌或砼封堵。

(2)较差土质的局部剥落坍塌的处理:迅速采用锚杆挂网固定,施喷快凝砼。

(3)位移、沉降过大的处理:在位移、沉降过大区域根据产生的原因,或加密锚杆,或坡顶卸荷,或采用壁后小压力注浆加固坡体。

(4)喷锚坑段坡脚隆起的处理:迅速自底层锚杆处加密竖向花管并注浆,竖向花管同底层锚杆焊接,或者在坡脚附近打入木桩。

7 结语

(1)根据周边环境条件和工程地质水文地质条件的不同,本基坑支护结构设计在满足安全条件的前提下,针对基坑各侧面的特点分段优选了不同的支护形式,最大限度地节约了费用,在确保工程质量的前提下,获得了最佳的经济效益。

(2)加强基坑施工实时监测是确保基坑施工安全进行的重要手段,基坑监测的及时性、准确性是保证基坑安全的重要基础。本基坑实行信息化施工,对支护结构的位移和相邻建筑物的沉降位移等进行实时监测,及时预报施工中出现问题,把所获得的信息反馈到施工中,采取相应措施来保证工程的顺利进行和周边建筑物的安全。

参考文献:

[1] DB 42/159-2004,基坑工程技术规程[S].

参考文献:

- [1] 张维正,侯永莉.大连某基坑支护工程变形分析及加固措施[J].岩土工程技术,2002,(2):115-118.
- [2] 黄强.深基坑支护工程技术[M].北京:中国建材工业出版社,1995.
- [3] 黄熙龄.高层建筑地下结构及基坑支护[M].北京:宇航出版社,1994.
- [4] 彭振斌,等.新型桩锚支护结构在某深基坑中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2005,(10):17-19.
- [5] 方江华,等.深基坑支护技术综述[J].西部探矿工程,2003,(1):28-30.
- [6] 高大钊.深基坑工程[M].北京:机械工业出版社,1999.
- [7] 李继业,等.深基坑支护存在的问题与研究方向[J].建筑技术开发,2001,(11).
- [8] 杨天鸿,等.基坑开挖引起围岩变形破坏过程的数值模拟分析[J].岩土工程技术,2002,(5):293-296.
- [9] 夏洪浪,等.深基坑周围地表沉降分析[J].西部探矿工程,2005,(9):30-31.