

深基坑施工及基坑安全性监测实例

彭 贵,张金龙,刘政治

(徐州矿务集团长城基础工程有限公司,江苏 徐州 221000)

摘 要:介绍了南京市中央路某地下工程深基坑支护施工情况。施工中对基坑开挖的安全性进行随时监测,反馈信息及时指导施工,对施工中出现的险情及时处理。

关键词:深基坑施工;深搅桩;止水帷幕;基坑支护;安全监测

中图分类号:TU473.2 文献标识码:B 文章编号:1672-7428(2006)02-0030-03

深基坑支护结构常见的现象,一是止水帷幕失效导致基坑渗漏;二是基坑变形过大造成支护结构开裂导致基坑渗漏。以上情况的出现严重危害基坑及邻近建筑物、构筑物的安全。笔者根据以下实例阐述基坑支护结构施工控制要点、基坑施工(土方开挖至基坑四周回填结束)出现的问题及如何根据监测信息采取有效防范措施、制定正确处理方法加以解决。

1 工程概况

南京市中央路某地下工程,西靠原主楼、东临玄武湖、北临居民楼,面积约1260 m²,其开挖深度为8.5 m,此建筑基坑等级为二级。该基坑及其周围土质较差,基坑开挖深度范围内为粉砂或粉砂夹粉土,基坑底部土层为淤泥质粘土夹粉土,局部为粉质粘土,该场地岩土力学指标见表1。

表1 岩土力学指标

层号	土层名称	物理指标					力学指标				
		ω /%	γ /(kN·m ⁻³)	E	I_p	I_L	$A_{0.1-0.2}$ /MPa ⁻¹	$E_{s0.1-0.2}$ /MPa	c_q /kPa	φ_q /(°)	φ_{eq} /(°)
② ₋₁	粉砂	27.4	19.2	0.820			0.178	10.74	11.0	35.3	34.8
② ₋₂	粉砂夹粉土	31.7	19.1	0.837			0.153	12.64	11.6	33.3	35.1
③	淤泥质粉质粘土夹粉土	41.3	17.2	1.221	15.2	1.40	0.471	5.64	17.8	27.1	25.7
⑤ ₋₁	粉质粘土	25.4	20.0	0.706	15.8	0.20	0.170	10.30	61.5	14.2	
⑤ ₋₂	粉土夹粉质粘土	26.4	19.6	0.747	11.4	0.62	0.317	5.76	33.9	11.3	
⑥ ₋₁	粉质粘土	30.7	18.9	0.842	13.8	0.71	0.37	5.11	25.0	6.5	
⑥ ₋₂	粉质粘土夹粉土、粉砂	25.2	19.6	0.702	11.4	0.65	0.29	26.0	10.2		

基坑地处玄武湖边缘水盆地,东侧距玄武湖城墙仅30 m,且紧临基坑东侧有一高约10 m、宽15 m的护坡(土的附加荷载较大),同时基坑北侧及南侧邻近有多层浅基础砖混结构居民住宅楼。该处地下水位高(地表下80 cm左右),补给水充足。

根据地质条件及周围情况,基坑支护采用钢筋砼钻孔灌注桩:东侧 $\varnothing 1100@1300$,其余 $\varnothing 800@1000$,有效桩长分别为20.3 m和15.6 m,基坑四周采用双排(北侧及东侧北端为3排)深搅桩止水帷幕($\varnothing 700@200/300$),水泥掺入比18%,有效长度均为18 m。西侧利用原综合楼深搅止水桩和支护桩。

钢筋砼支撑杆件断面分别为600 mm×700 mm、500 mm×600 mm,坑内布设8口12 m深降水井,坑外设7口观测及回灌井,新老深搅桩接头采用高压旋喷桩补强。支护结构平面布置见图1。

2 基坑支护的施工

根据此工程所处的地质条件及其特点,该工程成败的关键是止水帷幕效果,在深搅止水帷幕的施工中,我们主要控制桩长、水泥用量、均匀度、搅拌速度及垂直度。钻孔灌注桩施工中,因细粉砂层较厚,地下水位高极易发生坍孔及缩颈,主要控制好护壁

收稿日期 2005-01-10;改回日期 2006-01-15

作者简介 彭贵(1975-),男(汉族),江苏徐州人,徐州矿务集团长城基础工程有限公司助理工程师,工程测量专业,从事基础工程施工工作;张金龙(1975-),男(汉族),江苏徐州人,徐州矿务集团长城基础工程有限公司助理工程师,工程测量专业,从事基础工程施工工作;刘政治(1973-),男(汉族),安徽宿州人,徐州矿务集团长城基础工程有限公司助理工程师,工民建专业,从事基础工程施工工作。

万方数据

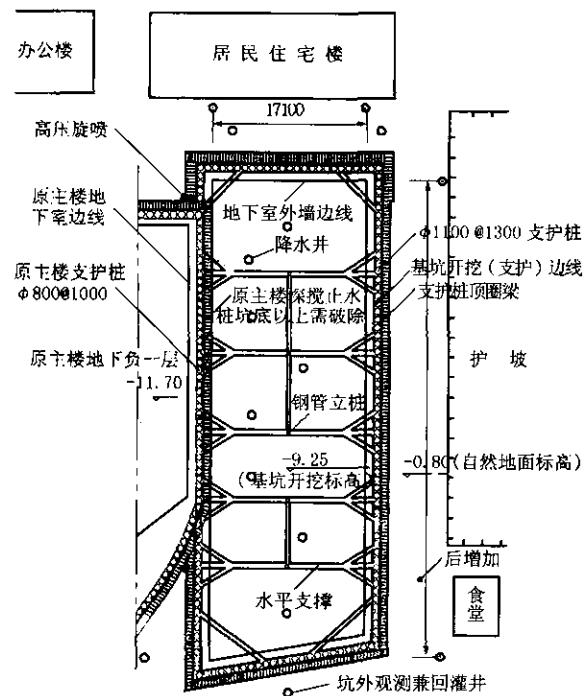


图1 基坑支护结构平面布置图

泥浆的密度,进入细粉砂后慢速钻进、二次清孔达到要求后 30 min 内灌注砼以保证灌注质量,防止沉渣过厚及产生缩颈现象。

该场地南北长约 70 m、东西长约 21 m,场地狭长、工期紧,先后投入数台工程钻机施工支护桩,1 台深层搅拌机施工深层搅拌桩。由于深搅桩的扩散导致钻孔支护桩在已完深搅桩施工区域施工,进尺缓慢且易产生桩位内侧偏移及倾斜,尤其东侧北段较为明显,我们采取的措施主要有:将机架重新安装并对导架进行水平和垂直校正,若偏斜过大则填入石子粘土,重新钻进、控制钻速、慢速提升下降往复扫孔,控制桩不产生偏位及倾斜而形成斜桩。支护桩施工采用跳打方式,以确保相邻桩的工程质量。另外由于该地区地下不明障碍物较多,深搅钻机施工中在北侧及南侧遇地下障碍物而发生钻杆折断现象,造成停机修理,由于停机时间较长(超过 12 h)形成“冷缝”,在此处采用三重管高压旋喷加固处理(同深搅桩长)。降水井坑内共计 8 口,坑外由于场地狭小实际施工 4 口,成孔采用回转钻进成孔,顶部一节为实管,其下至井底为滤管,滤管要包纱绑扎,井管下好后填充绿豆砂滤料,上部用粘性土填实,在基坑开挖 10 天前抽水以疏干基坑内水从而便于开挖。支撑及圈梁的施工采用自北向南分 3 段进行流水作业。

万方数据

3 基坑开挖及安全性监测

在地下工程施工的全过程中进行安全性测试,其核心任务是监测基坑支护结构变形、基坑四周水位及土层变化、预防支护变形过大造成支护结构开裂渗水,影响基坑支护、邻近建筑物的安全。实施信息化施工,利用监测信息指导施工,及时处理施工中发生的险情,保证工程顺利完成。

3.1 安全监测测点的设置

基坑开挖之前对周围居民楼委托市房屋鉴定站进行安全性鉴定以免引起纠纷。考虑到北侧及东侧的重要性,在北侧居民楼及办公大楼、东侧护坡分别布设沉降及水平位移观测点,在基坑东、北侧设置水位计、土体内部水平位移、竖向位移、桩顶水平位移、基坑沉降,南侧、西侧设水平位移及沉降观测点(见图 2),在地下工程施工期间(3 个月)根据现场情况进行 30 次的观测,预警值见表 2。

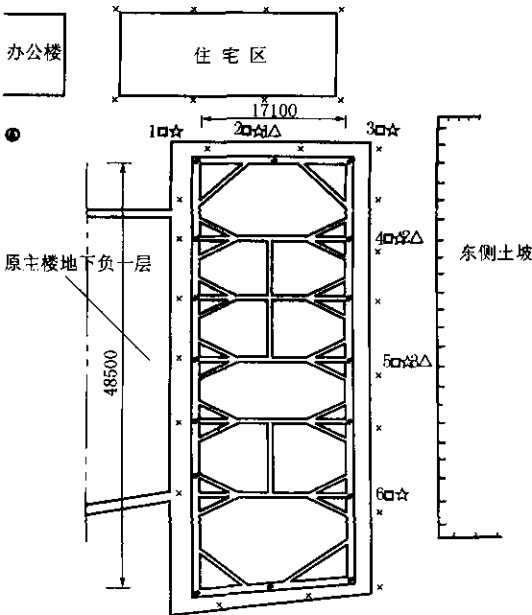


图2 基坑安全监测测点布置示意图

表2 安全监测预警值

序号	项目名称	预警值
1	基坑支护周边、邻房差异沉降	1/(1000L)(10 mm)
2	沉降速率	1 mm/d
3	累计沉降量	15 mm
4	基坑支护水平位移速度	2 mm/d
5	基坑支护水平位移最大值	0.5% 挖深(4 mm)
6	邻房倾斜率	0.4%
7	邻房累计倾斜量	30 mm
8	护坡差异沉降	1/(1000L)(10 mm)
9	护坡差异沉降速率	1 mm/d
10	护坡累计沉降	15 mm

3.2 开挖顺序及过程

在基坑土方开挖前制定科学开挖方案、周密抢险预案,并配备抢险物资(草包、水泥、水玻璃、速凝剂、红砖、滤水管、棉胎等)、抢险人员及设备(地质钻机、双液注浆泵、轻型井点)。基坑自北向南分层开挖(第一层:自室外地坪至 -3.20 m ;第二层: $-3.20\sim-9.25\text{ m}$)。第一层土方开挖至 -3.20 m 后进行围梁及砼支撑施工,待砼达到强度后进行第二层开挖。在开挖前,首先沿围护桩内侧四周开挖 1.5 m 宽、 2 m 深的应力释放沟,然后在砼支撑之间降一小挖机平台至 -9.0 m ,以此平台由北向南掏土。考虑到基坑应力释放的缓缓过渡,在下层土方开挖前沿支护桩内侧暂留一条 $4\sim6\text{ m}$ 宽土台,按 $1:1.5$ 向基坑内放坡,使支护桩受力合理,不至因应力急剧释放产生较大的侧向位移。开挖至 -9.05 m 留 20 cm 进行人工修整并沿四周开挖排水明沟,严禁超挖及碰撞支护桩及工程桩。土方开挖结束后用吊车将基坑内挖机吊出基坑。土方施工期间派专人 24 h 不间断对基坑安全进行巡视检查,发现问题及时报告,同时基坑安全测试每 2 天进行一次,反馈信息及时正确指导施工。

3.3 险情及处理措施

3月24日在基坑北边挖至 -8.0 m 处时东北角支护桩间出现一较大渗漏点,同时北侧S12、S13、S14沉降量分别达 2.4 、 3.1 、 1.6 mm/d ,基坑平均沉降速率较前一天(0.365 mm/d)已明显增大(1.140 mm/d),超出预警值,而坑外水位下降不明显,说明漏点不大且补给水充足。为此我们根据实际情况制定堵漏方案:在基坑外降水减压、坑内封堵,先用土压住漏点再在基坑外利用西北角观测井进行抽水降压(由水位计观测水位高差 8 m 左右)。考虑到抽水易引起周围建筑物的沉降,经降水漏斗计算,降水井水位控制在 -9.0 mm 左右并对附近建、构筑物进行严密的监测,坑内对漏点实施封堵,先用棉胎、草包塞进漏洞然后在外侧用速凝剂(水泥锚固剂)控制水泥砂浆砌砖并插引水管引流水,再用逆作法浇筑砼挡墙(见图3),并迅速组织坑内的施工,挖至标高立即进行后浇带以及砼垫层及底板砼的施工,同时为确保北侧邻房安全,坑外抽水暂停,并每天进行一次基坑安全测试,测试报告显示沉降速率逐渐减小,至3月底为 0.019 mm/d ,由此看来堵漏成功且未发现新的漏点。

4月1日挖至东面距南端 15 m 处在深 8 m 支护桩间出现一较大漏点,涌砂量较大导致坑外东侧

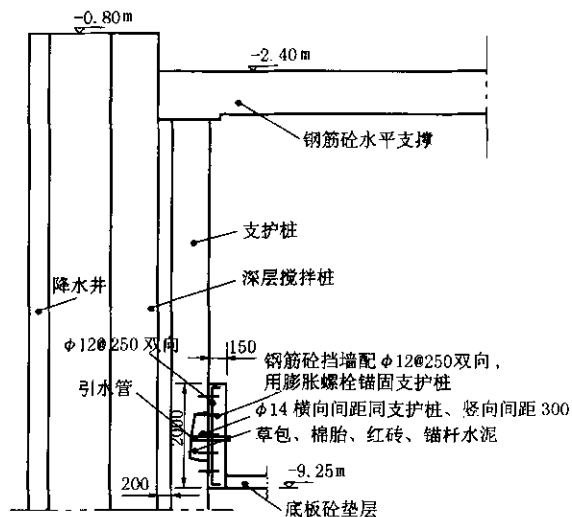


图3 基坑抢险示意图

护坡开裂,围墙、食堂倾斜,说明此处止水帷幕失效,同时监测报告S4、S5、S6、S7沉降分别为 12.3 、 17.6 、 12.6 、 13.2 mm ,沉降速率达 2.183 mm/d ,大大超过预警值,D4、D5水平位移分别为 3.6 、 3.5 mm ,严重影响基坑及东侧护坡的安全。由于该处坑内外水位高差较大(8 m),而该处坑外由于场地狭小未设置观测井,无法将观测井作为临时降水井使用,由于水压较大故坑内2次封堵均未成功。经研究决定在东南端拆除原食堂后打一深 16 m 降水井实施抽水降压,由于此处水位高且补给水极其丰富,在一台水泵抽水水位未达要求情况下增加一台水泵抽水,水位控制在 -12.0 m 左右,以形成降水漏斗,达到降水减压的目的。坑内实施封堵并用逆作法浇筑砼挡墙,迅速进行后浇带以南的砼垫层及底板的施工,至4月8日该处沉降已明显趋缓,沉降速率为 0.11 mm/d ,坑外结构(护坡、围墙、食堂)裂缝得到有效控制,说明止水效果明显。

3.4 沉降及位移监测成果

该基坑3月19日开挖、4月6日底板砼垫层完成、4月25日底板砼完成、5月16日墙板砼完成、6月5日顶板砼完成。6月10日基坑测试成果:基坑沉降累计最大值 36.8 mm ,平均沉降速率 0.021 mm/d ,基坑最大水平位移 35.7 mm ,深层水平位移累计最大增量 26.96 mm ,邻房累计最大沉降值 2.6 mm ,水平位移最大值 2.5 mm ,东侧护坡累计最大沉降值 4.5 mm ,水平位移最大值 6.0 mm 。均在预警值的范围内,基坑及邻近建筑、构筑物均安全。基坑位移方向除D12、D17、D18、D19号点向坑外,其余均向坑内,基坑东侧中间位移量、沉降量大,说明东

(下转第35页)

制在 1.3 kg/L 左右。

4.2 锚杆施工

(1)控制泥浆指标,提高护壁能力。由于圆砾层埋藏较深,不能跟进这么长的套管,所以锚杆成孔过程中控制泥浆指标很重要,关键是泥浆密度的控制,在成孔施工中有时泥浆密度在 1.4 ~ 1.5 kg/L。另外在下索的过程中也要小心慢放,防止锚索破坏孔壁造成坍孔,导致锚索不能顺利下放。

(2)在圆砾层中二次注浆效果较好。由于南宁地区圆砾层骨架之间主要填充砂砾,而非泥质胶结,级配较差,孔隙很多,通过二次高压注浆,水泥浆填满圆砾孔隙,土体与锚固体摩阻力提高很多,通过试验,采用二次注浆的锚杆其轴向拉力值提高 40% ~ 100%。锚杆二次注浆压力与圆砾层的密实程度有关,在密实圆砾层中,二次注浆压力控制在 3 ~ 5 MPa,在松散圆砾层中二次注浆压力控制在 2 ~ 3 MPa 就可以。

5 结语

(1)在南宁地区存在较厚圆砾层的地质条件

(上接第 32 页)

侧土的附加荷载较大,而西侧由于紧邻主楼,故沉降、水平位移值最小。

4 几点体会

4.1 施工顺序

从施工顺序分析,由于东侧深层搅拌桩施工范围内土层均为粉细砂层,水泥掺量高导致水泥浆扩散范围大是造成钻孔灌注支护桩施工困难且桩身产生偏斜的主要原因,对此类土层应先施工钻孔灌注桩,再施工深搅桩。

4.2 止水效果

尽管该建筑物基坑地质情况复杂、地下水位高、水源丰富、邻近建筑物距基坑较近,由于开挖方案正确,结合信息化管理技术的应用,在深基坑局部止水帷幕失效时能及时提供准确的信息,据此制定正确处理方案,达到事半功倍的效果,既节省费用又保证

下,超过 3 层地下室,开挖深度在 12 m 以上的基坑,围护结构采用地下连续墙是比较合适的。为节约造价,地下连续墙最底下部分仅为止水,为素混凝土,其钢筋笼可以不到槽底,佳得鑫水晶城和地王国际商会中心钢筋笼均未到底,在开挖面以下 9 ~ 10 m。

(2)地下连续墙在圆砾层中成槽采用“钻抓结合”的方法,施工速度较快。

(3)由于地下连续墙较好的止水效果和圆砾层的强透水性,基坑降水井数量可优化,如地王国际商会中心基坑面积接近 1 万 m²,只设了 5 个降水井,抽水时坑内水位迅速降低,人工挖孔桩最深的有 42 m,大部分桩孔内是干作业。

(4)在深厚圆砾层中施工锚杆,通过控制护壁泥浆的质量仍可成功。通过二次高压注浆,可大大改善圆砾层与锚固体之间的锚阻力,提高锚杆的拉力,满足设计要求,施工效果较好。

(5)锚杆标高尽可能设置在第二层地下水承压水头以上,防止锚杆孔涌水流砂现象发生和增大锚杆孔止水难度。

了基坑及邻近建筑物、构筑物的安全,从而确保该地下工程的顺利施工。

另外深层搅拌桩止水帷幕在地下水动力环境中的淤泥质粉土及粉砂交互沉积的土层中,止水效果较难保证,这个问题望引起高度重视,并采取适当措施予以解决,以免基坑出现险情。

4.3 设计

该工程建筑物设计、基坑支护设计分别为两家不同的设计单位,笔者认为两家设计单位可以进行积极有效地配合,如永久性建筑部分结构可否作为临时支撑拆除之后的支撑,以节省今后换撑的费用及时间,部分临时支护结构可否作为永久性结构的一部分,如支护桩可否作为抗拔桩。在此地质条件下基坑支护的设计尤其是支护桩之间的间距偏小(20 cm),容易产生“夹桩”,支护桩与深搅止水桩间距(20 cm)偏小。