

南京某深基坑边坡支护设计与施工

王 晶 卢 俊 谭跃虎

(解放军理工大学工程兵工程学院, 江苏南京 210007)

【摘 要】 南京某深基坑周边环境较为复杂, 地下水丰富, 基坑开挖较深, 最深处达 13 m。根据周边环境的情况和开挖的深度, 采用了钻孔灌注桩和土钉锚杆相结合的支护形式。分析了该基坑施工的技术要点, 通过监测结果, 说明该支护方案是可行的。

【关键词】 深基坑; 土钉锚杆; 钻孔灌注桩; 监测

【中图分类号】 TU 941

Design and Construction of a Deep Excavation Slope in Nanjing

Wang Jing Lu Jun Tan Yuehu

(Engineering Institute of Engineering Corps, PLA Univ. of Sci. & Tech., Nanjing Jiangsu 210007 China)

【Abstract】 The circumstance of deep excavation in Nanjing is more complex, which the groundwater is rich and the excavation is more deeper with the depth of 13m. According to the depth of the circumstances of the excavation, The bored piles and soil anchor-bar are adopted. The technical points of construction is analyzed. The support method is feasible by monitoring results.

【Key Words】 deep excavation; soil anchor-bar; bored pile; monitoring

1 工程概况

南京某医院门诊楼地上主楼高 16+1 层, 群楼 5 层, 地下 2 层, 结构形式为框架结构。建筑场地位于常府街北侧, 基坑南侧地下室距红线最近不足 5 m, 红线至路牙之间有电缆及光缆埋设, 埋设位置相对于建筑标高为 -1.32 m, 且现有 2 层小楼内有重要仪器需要保护; 基坑北侧临近为医院现有的 1 幢 7 层的混凝土门诊楼, 距离地下室外墙距 10 m; 基坑东侧为 1 幢大楼, 且为深基坑; 基坑西侧有 3 幢 5~6 层砖混住宅, 但距离地下室外墙较远, 场地布置见图 1。地下室基坑开挖垂直深度达 13 m, 开挖面积 7657 m², 按照文献[1], 该基坑属于深大基坑。

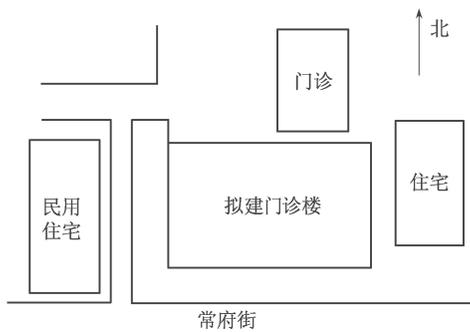


图 1 基坑平面图

2 场地工程地质条件

根据工程勘察资料, 基坑开挖的地层主要为杂填土、淤泥质填土, 之下至 15~21 m 深度内为粉土夹粉沙、粉土以及一般沉积的可塑—硬塑状粘土—粉质粘土、软塑—可塑状粉质粘土, 底部为浦口组风化基岩。

①₁ 杂填土: 杂色, 松散, 以碎砖、混凝土块堆积, 混粉质粘土。

①₂ 素填土: 灰—灰黑色, 饱和, 局部流塑, 夹少量碎砖及粉质粘土小团块。

②₁ 粉土—粉砂: 灰黄—黄灰色, 饱和, 稍密, 中压缩性。

②₂ 粉土: 灰色, 稍密, 中偏高压缩性。

③₁ 粉土—粉质粘土: 灰—灰黄色, 褐黄色, 饱和, 硬塑, 局部可塑, 中压塑性。

本场地地下水为浅层潜水, 地下水在地面下 1.5 m 左右, 水量较为丰富。场地范围内主要土层物理力学性质指标见表 1。

表 1 各土层物理力学参数

土 层	层厚/m	天然重度 $\gamma/(\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$	内摩擦角 $\varphi/(\text{°})$	粘聚力 c/kPa
杂填土① ₁	1.5	17.5	14	12
素填土① ₂	2	16.4	10	7
粉土—粉沙② ₁	5.5	18.9	31.6	3
粉土② ₂	9.5	17.5	24.8	4.2
粉土—粉质粘土③ ₁	7.5	20.2	16.2	37.8

3 支护与治水设计方案

本基坑开挖深度较大,属于深大基坑,且基坑南侧紧邻常府街,道路两侧地下管线较多,北侧紧靠急诊楼。支护结构的破坏、土体失稳或过大变形对基坑周围环境及地下结构施工影响很严重,属一级安全等级,即重要性系数为 $\gamma_0=1.10$ 。由于该地区地下水丰富,应采用合理的降水方式,以便较好地控制基坑的变形,满足基坑的安全要求。

3.1 支护方案

由于拟建工程规模较大,地下室平面形状不规则,尤其是基坑东西两侧的通风井,为深窄基坑,基坑面积约为 7600m^2 ,周长约为 370m ,拟建2层地下室,开挖深度较大。实际开挖最深处达 13m ,由基坑周边环境总图可以看出,基坑周边环境比较复杂,北侧临近建筑,南侧紧邻常府街,且又有地下管线,基坑的设计应确保临近建筑物的安全。

对变形控制要求较高,为了最大限度地控制基坑变位,采用两层混凝土支撑的支护体系,以此减少支护桩体的水平变位,从而确保周边建筑物的稳定和安全,使施工顺利进行。但考虑到基坑开挖深度比较深,为避免拆第二道支撑之后,底板和第一道支撑间的距离过大,影响开挖施工,第一道支撑轴线不能设置过高,因此,在第一道支撑中心标高为 -3.4m 、上部 2.6m 范围内采用土钉锚杆支护,第二道支撑标高为 -9.0m 。遵照安全可靠、经济合理、方便施工的原则,提出了以下的支护方案:

本方案采用柱列式排桩的支护形式作为挡土结构,其中排桩采用施工速度较快且对周边环境影响较小的钻孔灌注桩。支护结构剖面见图2。

3.2 治水方案

由于该场地地下水丰富,本基坑采用全封闭的止水帷幕,以确保基坑外面的地下水不能渗透到基坑里面。深基坑深搅止水桩长约 26m 左右,由于止水桩很长,且要穿透③₁粉质层,该层稍密,透水性较弱,可作为隔水层。本设计采用日本生产的三轴搅拌机,该设备动力大,止水效果好。虽然基

坑四周设置止水结构,但由于场地地下水丰富,土质较差,基坑内还需要采用管井降水。结合南京地区基坑工程每口管井降水面积 $300\sim 400\text{m}^2$ 的实际经验,布设15口降水井。为防止降水过度使地面沉降或开裂,在靠近城市交通要塞基坑南侧设置3~4口回灌井。

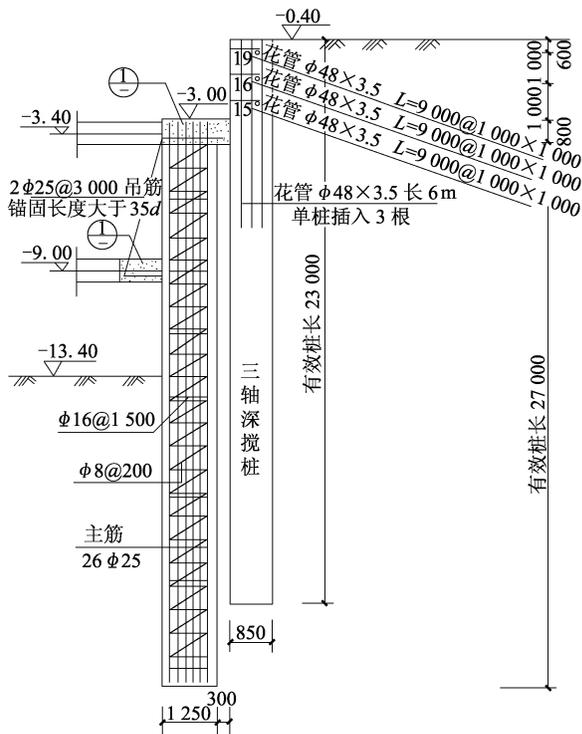


图 2 基坑支护结构剖面图(单位: mm)

4 施工技术要点

1) 本工程基坑深、施工难度大。 13m 深的基坑边坡只采用两道支撑是少见的,土钉锚网的施工质量关系到周围建筑物的安危,同时,支撑的受力比较大,因此必须保证土钉锚网和支撑的施工质量。施工中应根据变形监测数据,及时调整基坑的施工组织安排和支护方案。

2) 工程地质条件复杂。开挖深度范围内表层为结构松散、透水性好、富含地表水的杂填土,其下为粉土—粉沙、粉土、粉土夹粉质粘土,土质较松散,且易受地下水的影响,因此施工过程中应避免土体受水的浸泡,及时开挖及时支护,开挖到基坑底面以后,及时浇筑底板。

3) 周围环境复杂。如基坑开挖时边坡变形较大,将影响医院精密仪器的正常使用及安全,因此必须严格控制基坑边坡的变形,值得注意的是基坑北侧的门诊楼和南侧的化疗室均为浅基础,因此只要控制了土钉锚网的施工质量,周围建筑物的安

全就有了一定的保证。实际施工中花管中的注浆采用纯水泥浆,水灰质量比为0.5,注浆压力控制在0.8~1.0MPa之内,从而改良了土钉加固范围内土体的性质,且施工中加强了土钉锚网的现场监理,保证了基坑周边建筑物的稳定。

5 施工监测

为保证基坑支护结构在开挖及基础施工期间的安全与稳定,确保临近建筑物、周围道路、地下管道的安全,对本深基坑的支护受力和变形进行了全程监测,监测成果如下:

5.1 周边建筑物沉降

医院现有的门诊楼位于基坑北面,离基坑只有10m左右的距离,且门诊楼里面有重要的仪器,因此该楼的沉降观测是本基坑监测的重点,为了能及时掌握门诊楼的沉降情况,在大楼的周围布置了一系列的观测点,点位布置见图3。

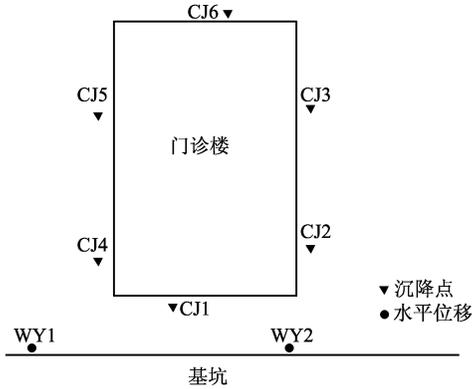


图3 监测点位(局部)布置图

沉降观测点1[#]、2[#]、3[#]、6[#]的监测结果见图4。

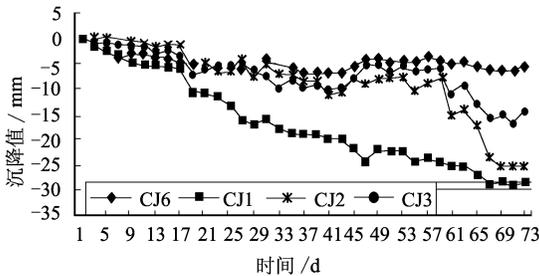


图4 沉降监测结果

通过图4可以看出,离基坑较近的1[#]监测点位的位移并不大,小于30mm,且1[#]点位和6[#]点位沉降值具有一定的差异,但差异较小,在安全范围内,不会引起房屋的开裂变形。

5.2 桩顶水平位移

在本工程中,为了缩短两道支撑之间的间距,

降低了钻孔灌注桩的桩顶位置,这必将引起桩顶水平位移加大,在基坑的施工过程中应引起注意,为此在桩顶设置了水平位移观测点(见图3)。1[#]、2[#]水平位移观测点的监测结果见图5。

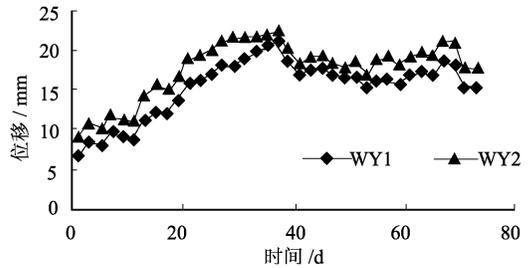


图5 桩顶水平位移监测

由上图可见,桩顶最大水平位移随着开挖深度的加深逐渐加大,当浇注完第二道支撑后,趋于稳定,最大值为22.5mm。

5.3 支撑轴力

一、二支撑的轴力监测结果见图6,从图中可以看出第一道支撑轴力明显小于第二道支撑轴力,但是整体上两道支撑的轴力都偏大(最大轴力为1900kN、2100kN),施工中应该保证支撑的施工质量。

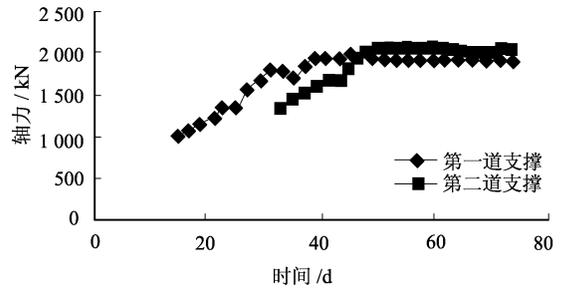


图6 支撑轴力实测值

6 结论

1) 本工程基坑开挖深度为13m,基坑开挖面积大,周边环境比较复杂,对变形要求较高,采用钻孔灌注桩加二道钢筋混凝土内支撑以及局部土钉加固作为支护结构,能够有效地控制基坑变形,取得较好的效果。

2) 土钉的利用,能够有效地解决两道支撑基坑变形大的问题,同时弥补了三道支撑不利开挖施工的缺点。

3) 为了确保临近建筑物、周围管线、地下管道的安全,对本深基坑的支护受力和变形进行了全程监测,结果表明该方案是可行的。

(下转第159页)

大孔微胶结结构和支架大孔-镶嵌微孔半胶结结构为主。骨架颗粒间通过点-点、点-面的点接触形相互连接,形成了不同孔径和形态的架空孔隙,接触点小,接触点处平均应力大,在较小的压力下,颗粒间的连接就会遭到破坏,这种结构的稳定性较差,湿陷性高。

对于深层黄土,局部可见大孔隙,骨架颗粒较浅层黄土粒状颗粒明显减少,凝块增多,由于胶结物较多,骨架颗粒的轮廓模糊不清(见图4(e)、图4(f))。骨架颗粒的接触关系逐渐向镶嵌接触和分散分布过渡,且以镶嵌接触关系为主,结构类型以胶结结构组合为主,颗粒间的连接形从上部的点接触到边接触、面接触,接触面积增大,形成点接触与面接触共存的连接形式,这种结构的稳定性较大,湿陷性较低。

综合黄土中骨架颗粒形态、孔隙特征和排列接触方式,该地区黄土的微观结构类型有:支架大孔微胶结结构、支架大孔-镶嵌微孔半胶结结构、絮凝状胶结结构和凝块状胶结结构四种类型。其中浅层黄土结构较松散,存在支架大孔微胶结结构和支架大孔-镶嵌微孔半胶结结构;深层黄土结构较为密实,多为絮凝状胶结结构和凝块状胶结结构。由此,随着深度的增加,土体从松散逐渐趋于密实,土中孔隙逐渐减少,土颗粒从粒状逐渐聚集成凝块状,土粒间排列从微胶结结构逐渐变为胶结结构,稳定性逐渐提高,湿陷性逐渐降低。

6 结 论

辽西黄土为新黄土,地质年代相当于下更新世至全新世,多分布于山前坡洪积扇地和河流冲洪积平原。通过对该地区黄土物质组成和微观结构的初步的研究,可以得到以下认识:

1) 黄土在颗粒成分上以粉粒为主,且以粗粉粒

为主;粘粒含量变化较大;黄土中存在明显的假粉粒现象。在粒度成分上有别于西北地区的黄土。

2) 黄土中的碎屑矿物以石英和长石为主,重矿物含量很小。粘土矿物以伊利石、伊蒙混层为主,绿泥石次之,高岭石含量很少。

3) 黄土中易溶盐平均质量分数为0.0451%,中溶盐平均质量分数为0.0291%,难溶盐碳酸钙平均质量分数为2.46%,易溶盐和难溶盐含量较我国其他黄土主要分布地区偏低。

4) 黄土骨架颗粒以单粒状、集粒状和凝块状三种形式共存,粒状颗粒中单个的粉粒和由粘胶微细碎屑胶结成的集粒居多。

5) 浅层黄土结构较松散,存在支架大孔微胶结结构和支架大孔-镶嵌微孔半胶结结构,深层黄土结构较为密实,多为絮凝状胶结结构和凝块状胶结结构。

参 考 文 献

- [1] 陕西省计划委员会. GB 50025—2004 湿陷性黄土地区建筑规范[S] . 北京: 中国建筑工业出版社, 2004.
- [2] 刘东生. 黄土的物质成分和结构[M] . 北京: 科学出版社, 1966.
- [3] 辽宁省地质局水文地质大队. 辽宁第四纪[M] . 北京: 地质出版社, 1983.
- [4] 孙建中. 黄土学[M] . 香港: 香港考古学会, 2005.
- [5] 钱鸿绪, 罗宇生. 湿陷性黄土地基[M] . 北京: 中国建筑工业出版社, 1985.
- [6] 王永焱, 林在贵. 中国黄土的结构特性及物理力学性质[M] . 北京: 科学出版社, 1990.

收稿日期: 2008-03-21

(上接第154页)

参 考 文 献

- [1] DGJ 32/J12—2005 南京地区地基基础设计规范.
- [2] 郗东明, 王 颖, 谭跃虎, 等. 竖向土钉在基坑抢险中的应用[J] . 岩土工程学报, 2006, 28(11): 1 669-1 771.
- [3] 程泽海. 基坑支护中的竖向土锚技术[J] . 施工技术,

2005, 34(9): 43-44.

- [4] 陈忠汉, 黄书秩, 程丽萍. 深基坑工程[M] . 北京: 机械工业出版社, 2002: 39-133.

收稿日期: 2008-01-02