

# 南京虹桥·新城市广场深基坑支护工程设计与施工优化

刘政治

(徐州长城基础工程有限公司,江苏 徐州 221006)

**摘要:**深基坑支护方案应综合考虑各种因素,但受施工技术、设计者经验影响,不确定因素较多。阐述了动态设计和信息施工法在深基坑支护工程中的应用,在施工过程中进一步对设计和施工进行优化,取得了很好的效果。

**关键词:**深基坑支护;信息化施工;设计和施工;优化

**中图分类号:**TU473.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2009)06-0055-04

**Design and Construction Optimization of Deep Foundation Excavation Reinforcement/LIU Zhen-zhi** (Xuzhou Great Wall Foundation Engineering Co., Ltd., Xuzhou Jiangsu 221006, China)

**Abstract:** The paper discussed the application of dynamic design and information construction method in deep foundation excavation reinforcement; the design and construction were optimized in the construction process with good effect.

**Key words:** deep foundation excavation reinforcement; information construction; design and construction; optimization

## 1 工程概况

虹桥·新城市广场位于南京市鼓楼区中山北路279号,场地占地面积17986 m<sup>2</sup>,该广场由3座塔楼和5层裙楼组成,机构体系为框架-剪力墙,设有3层地下室。本基坑工程是南京地区在秦淮河古河床富水砂性土层中开挖的特大深基坑,开挖深度-16.70 m,坑中电梯井挖深-19.20 m(基坑支护设计±0.00相当于绝对高程+12.90 m)。基坑安全等级为一级,基坑支护的设计与施工均由我公司承担。基坑平面呈近似长方形,南北长约210 m,东西宽约70 m,东侧紧邻繁忙的交通主干道中山北路,北侧为高层建筑物资大厦,西侧和原厂房改造的一层独立基础的苏果超市比邻,南面为华侨大酒店,基坑四周的建筑和人流均很密集。基坑支护一旦出现险情,损失和影响将十分巨大,因此,基坑支护方案的设计与施工至关重要。

## 2 工程地质与水文地质条件

拟建场地属长江漫滩地貌,第四系覆盖层厚度21.0~48.7 m,基坑开挖深度范围内地质条件如下:

①杂填土,杂色,松散,含大量碎砖、砼块,局部为素填土,大部分场地为旧房基和水泥地坪,土层不均匀,层厚1.5~5.5 m;

②粉土夹粉砂,灰黄色,湿,饱和,中密,层厚2.5~8.5 m,摇振反应迅速,无光泽,干强度低,韧性无;

③粉土夹粉砂,灰色,很湿,饱和,稍密~中密,

摇振反应迅速,干强度低,韧性无,层厚11.5~24 m,该层夹薄层灰色流塑状态淤泥质粉质粘土;

④粉土夹粉砂,灰色,很湿,饱和,中密,摇振反应迅速,干强度低,韧性无,该层部分钻孔处缺失,层厚0~16 m,该层夹薄层灰色软塑状态淤泥质粉质粘土;

⑤强风化泥岩-泥质粉砂岩,紫红色,裂隙发育,岩块用手可捏碎,浸水易软化,锤击声哑;

⑥中风化粉砂岩-细砂岩,棕~灰色,节理、裂隙发育,岩体被切割成大于20 cm岩块,局部呈碎块状,锤击声较脆。

场地地下水类型为潜水,赋存于自然地面下1.1~1.6 m,潜水补给来源主要是大气降水及地表水。该场地含水层为①层杂填土、②层粉土夹粉砂、③层粉土夹粉砂、④层粉土夹粉砂。在第四系覆盖层中无隔水层,含水层较厚,总厚度19.0~46.5 m。场地地下水对砼无腐蚀性,对砼结构及钢筋砼结构中的钢筋无腐蚀性。

## 3 支护结构方案选择

综合考虑工程地质、水文、现场条件、周围环境及基坑的开挖深度等因素,支护结构方案如下:

(1)基坑四周采用Ø1200 mm 钻孔灌注桩加3层钢筋砼支撑挡土方案,3道水平支撑中心标高分别为-3.20、-8.20、-13.0 m;

(2)基坑四周采用单排三轴SMW 深层搅拌桩

收稿日期:2008-12-09

作者简介:刘政治(1972-),男(汉族),安徽宿州人,徐州长城基础工程有限公司工程师、一级注册建造师、注册安全工程师,工程管理专业,从事施工技术及项目管理工作,江苏省徐州市黄河南路87号,lzz.183@163.com。

Ø850@1200 形成一个全封闭止水帷幕,坑内电梯井等局部超深部位采用增加轻型井点降水;

(3)降水方案采用坑内管井降水和坑外观测兼回灌井相结合的降低饱和和砂性土水土压力的支护措

施,基坑内布置 70 口管井疏干坑内水,坑顶做好“截水沟”排水系统,基坑外布置 35 口水位观测井兼回灌井。

基坑支护平面图及剖面图如图 1、图 2 所示。

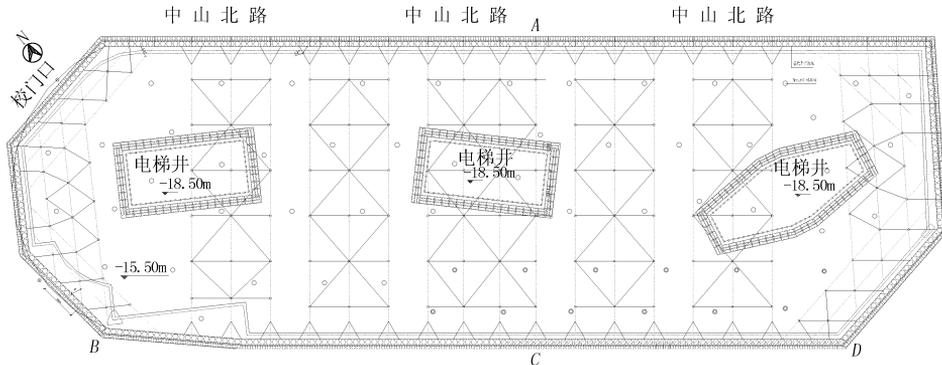


图 1 基坑支护平面图

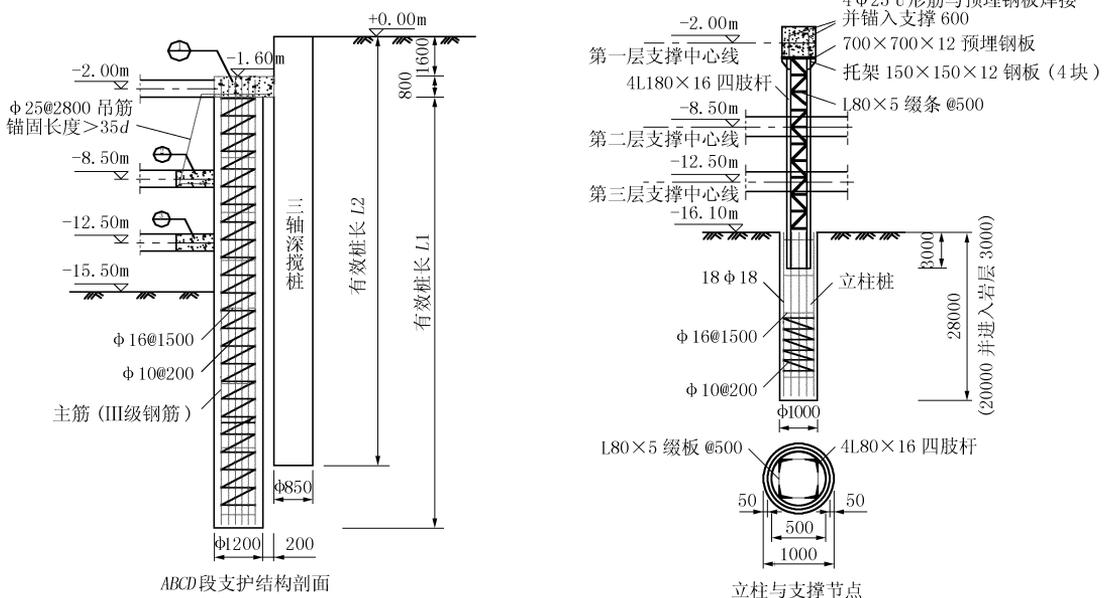


图 2 基坑支护剖面图

(a)为跳槽式双孔全套复搅式连接,一般情况下均采用该种方式;(b)为单侧挤压式连接方式,对于围护墙转角处或有施工间断情况下采用此连接。

### 4 设计与施工方案的调整与优化

#### 4.1 SMW 三轴搅拌桩施工

本工程搅拌桩 Ø850@1200,计 460 根,采用 32.5 普通硅酸盐水泥,桩体搭接 850 mm,水泥掺入比 25%,水灰比 1.0~1.5,外掺 0.5% 的三乙醇胺和 0.2% 木质素磺酸钙。深搅桩试块无侧限抗压强度  $q_{u28} < 1.0$  MPa。沿基坑周边桩长分段 20.0~28.0 m 不等,其中 CD、DE、EF、FA 段进入⑤层强风化岩 >1.0 m。

##### 4.1.1 施工顺序

SMW 工法按图 3 进行,其中阴影部分为重复套钻,水泥搅拌桩的搭接依靠重复套钻来保证墙体的连续性和接头的施工质量,以达到止水的作用。

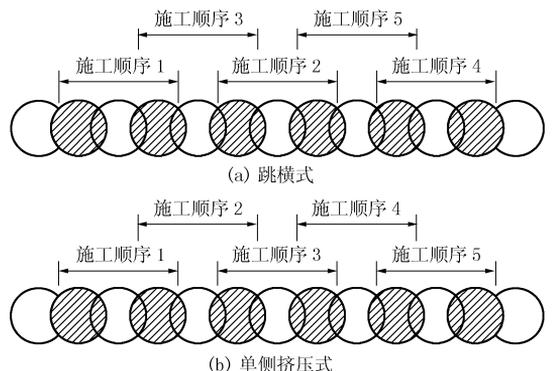


图 3 SMW 工法施工顺序

#### 4.1.2 施工冷缝处理

采用深搅桩止水的深基坑支护工程,出现渗漏水的关键往往在于深搅施工中留下了冷缝,为保证工程质量,必须严格按照施工操作程序进行,桩机应尽量保持连续作业。考虑到深搅止水桩实际施工时还会产生少量无法避免的冷接头,施工过程中,相邻桩体搭接施工间隔时间 $>12\text{ h}$ 的,则在第二根桩施工时增加注浆量,同时减慢提升速度;如因相隔时间太长致使第二根桩无法搭接而出现的冷缝,则在设计认可下采取在冷缝处的外侧采用三重管高压旋喷桩进行处理。

#### 4.1.3 止水帷幕底部定喷

在岩面埋深较浅的区段进行高压定喷以加强帷幕底部的隔水效果。高压喷射注浆孔间距 $1400\text{ mm}$ ,三重管法施工,采用 $32.5$ 普通硅酸盐水泥,水灰比 $1.0$ ,每延米水泥用量 $350.0\text{ kg}$ ,喷浆压力 $\leq 20\text{ MPa}$ ,喷射自下而上进行。定喷钻孔桩长进入⑤层强风化岩面 $800\text{ mm}$ ,并且比深搅桩长深 $1.0\text{ m}$ ,喷浆桩长 $6.0\text{ m}$ ,定喷角度 $>90^\circ$ ,旋转角度 $\geq 20^\circ$ 。

#### 4.2 支护桩施工

本工程支护桩 $387$ 根,桩径为 $\text{Ø}1200@1400$ ,砼强度等级 $\text{C}35$ ,沿基坑周边桩长分段不等 $20.0\sim 31.0\text{ m}$ ,其中 $BC$ 、 $CD$ 段桩长进入⑤层强风化岩 $>1.0\text{ m}$ , $DE$ 段进入⑥层中风化岩 $>2.0\text{ m}$ , $EF$ 段进入⑤层强风化岩 $>2.0\text{ m}$ , $FA$ 段进入⑤层强风化岩 $>1.0\text{ m}$ 。由于本场地砂层太厚,根本不造浆,极易发生缩颈和塌孔,给成孔、成桩质量带来很大的质量隐患,必须采取切实有效的措施加以预防。

(1)采用膨润土及粘土造浆,保证泥浆性能及孔壁稳定。膨润土泥浆密度一般控制在 $1.04\sim 1.05\text{ kg/L}$ ,循环过程中泥浆密度控制在 $1.25\sim 1.30\text{ kg/L}$ 以下,在成孔过程中要不断向孔内补充新泥浆。

(2)每个机台设置泥浆池和沉淀池。勤捞砂以降低泥浆含砂率,提高泥浆护壁性能,保护孔壁稳定。设专人进行泥浆质量管理,经常测试泥浆性能和调整泥浆配合比,保证顺利施工。为防止塌孔应控制钻速,调整好泥浆指标,密度宜控制在 $1.20\text{ kg/L}$ 左右,粘度在 $25\text{ s}$ 左右,钻进速度控制在 $1.5\text{ m/h}$ 左右,确保护壁效果。

(3)合理选用钻头,桩径 $1200\text{ mm}$ ,钻头直径 $\leq 1200\text{ mm}$ ,宜选用导正性能好的宽腰带三翼笼式硬质合金钻头钻进。

(4)钢筋笼保护层厚度加大。

(5)二次清孔,达到设计及规范要求后,必须控制在 $0.5\text{ h}$ 以内进行混凝土灌注。

(6)支护桩要求入岩的,施工时必须依据勘察报告及钻进情况,根据捞取的岩样确定桩身进入持力层深度及桩长。

(7)支护桩露筋处理措施。

由于本工程地层以粉砂层为主,造浆性能差,容易产生缩径、露筋现象,施工中虽采取一定的措施,但个别支护桩缩径露筋仍然存在,根据类似基坑工程支护桩露筋问题的处理经验,现场采取以下处理加固措施:

①及时将支护桩内侧表面的砂土清理干净,露出桩体新鲜砼面,桩身采用膨胀螺栓挂钢丝网片,喷射 $\text{C}30$ 细石砼,养护。

②为增加支撑系统的整体刚度及稳定性,在每层砼角撑立柱节点与圈梁、围檩之间增加 $6$ 根联系梁来加固支撑系统。

#### 4.3 支撑及围檩的施工

基坑支护设计 $3$ 道水平钢筋砼支撑,考虑工期、进度及底层土方的出土效率,基坑开挖正跨过梅雨季节,为避免基坑长时间暴露,加快施工进度,第三层支撑局部改为钢管支撑,缩短了土方开挖的砼龄期的技术等待时间。第三层两端角支撑及 $2$ 道对撑和中间 $1$ 道联合撑为钢筋砼支撑,其余共 $4$ 道对撑改为钢管支撑,整体土方开挖效率提高,施工进度相对加快。

对围檩与支护桩的连接方式的调整:根据现场施工信息反馈,第二、三层砼围檩和支护钻孔桩桩身连接可以采用每根桩身 $2$ 根主筋和 $2$ 根“U”形筋( $\text{Ø}25\text{ mm}$ 焊接处理,“U”形筋( $\text{Ø}25\text{ mm}$ 、高度 $700\text{ mm}$ ,和 $2$ 根主筋单面焊)锚入砼围檩内至少 $1000\text{ mm}$ 。原有钻孔支护桩和围檩之间连接上部吊筋、下部托架以及桩间隙钢板取消,其它技术要求同原设计。采取这种焊接“U”形筋的做法,大大加快了施工进度,减少了基坑无支撑的暴露时间。

#### 4.4 钢立柱嵌入立柱桩桩身深度控制

本工程立柱桩桩径 $1000\text{ mm}$ ,计 $135$ 根,桩长 $15.0\sim 30\text{ m}$ 不等,钢立柱格构类型: $4\text{L}180\times 14$ 、 $4\text{L}160\times 14$ ,格构角钢立柱平面尺寸为 $550\text{ mm}\times 550\text{ mm}$ ,钢立柱插入桩身砼 $3000\text{ mm}$ 。立柱桩施工难点是如何保证钢立柱插入桩身砼内一定深度。若按常规方法,砼浇筑完毕,插入钢立柱,由于钢筋笼直径 $900\text{ mm}$ 的影响,且存在施工误差,插入居中精度要求较高,现场不易操作,钢立柱下放到设计标高位置

很难保证。

可以采用如下措施进行处理:在制作钢筋笼时,桩顶主筋锚固长度留2.0 m,将钢筋笼井口固定,用吊车配合垂直起吊钢立柱( $L=16.10$  m),缓慢下放进入钢筋笼内3000 mm,然后主筋双面焊接在钢立柱角钢上,使钢立柱与钢筋笼连成整体,然后将钢立柱下放到设计标高后,用4根 $\text{Ø}18$  mm钢筋固定。导管从钢立柱中间安放,灌注过程只需控制桩顶砼位置即可,从而解决了钢立柱准确安放的难题。

#### 4.5 地基处理

基坑西侧为原一层厂房改造的营业中的苏果超市,为独立基础。基坑开挖及降水过程必然导致超市的沉降及变形,所以必须考虑该建筑物的安全,对地基进行超前加固处理,施工阶段对基坑西侧顺着超市边缘进行压密注浆。采用振动平板压入,注浆孔深为地面下6.0 m,平行3排,排距500 mm,间距1000 mm,呈梅花状布置。采用32.5普通硅酸盐水泥,水灰比0.6~0.8,注浆压力为0.3~0.5 MPa,注浆量为150 kg/m,注浆时控制压力,使浆液均匀上冒。经过地基处理后,基坑开挖及降水阶段该建筑物各项监测数据均未超过报警值。

#### 4.6 基坑土方开挖

基坑开挖阶段有一定难度和风险,应严格遵守基坑开挖基本原则。本工程分层开挖,每层分区、分阶段出土,确定合理的施工顺序,严禁一次开挖到位。采用在基坑内建坡道、修环形路的方法,运输车辆可直接下到坑底停在挖机边直接装土入车,减少了土方翻运,提高了工效,有效缩短了工期。

土方开挖是整个基坑施工过程中的一个重要组成部分,关系到整个基坑支护的成败。在整个基坑土方开挖过程中,土方单位与支护施工单位要互相配合,做好土方开挖和基坑支护抢险工作。开挖过程,支护结构及降水井保护至关重要,土方单位应严格按经审批的《土方开挖施工方案》组织施工,提高施工人员(特别是挖机手)的素质、安全责任心,服从管理,协调配合,遵守操作规程。

### 5 结语

(1)基坑工程土方量大,动用的土方挖运机械设备多,而设计阶段一般不能确定出土口的位置。在支护施工阶段,为避免出土车辆的碾压及动载对基坑的影响,根据现场布置情况,出土口大门位置尽快确定,并对该部位支护结构适当加强处理。

(2)对于特大深基坑、且地质条件差,管井降水

采用深井潜水泵,整个管井系统供电线路应设成双线路,避免中途意外停电时间较长或发生其他故障时,造成水淹基坑及其他不良后果。

(3)遵守基坑开挖时空效应规律。基坑的变形与土方开挖的时间、空间、开挖位置、无支撑暴露时间有关。在基坑工程实践中,基坑开挖因某种原因暂停一段时间,变性会随时间不断增长。在基坑开挖过程中,适当减少每步土方开挖的尺寸,并减少未支撑前挡墙的暴露时间,有计划地对基坑中的土体进行多种形式的划分:分层、分条、条块、对称、平衡地进行开挖,以期在每一时刻都利用土体的抵抗力形成的空间作用,加强对挡墙稳定的支撑,减少挡墙的位移,提高基坑的稳定性,因而也减少了周围地层的移动。

(4)基坑开挖过程中的安全监测。为了确保基坑支护结构安全度,了解深基坑开挖对周围环境的影响,必须做好基坑的安全监测工作,通过合理准确的监测信息来指导施工。基坑出现险情及时采取补救措施,以防止因基坑失稳带来损失。加强基坑安全监测,变化大时加密监测,稳定后可适当减少次数,建立监测记录表,及时报告异常,做到信息化施工。

(5)由于基坑支护多为临时结构,但又投资较大,支护工程设计除了结构力学知识,还与土力学、水文学关系密切,并受施工技术、设计者经验影响,不确定因素较多,给设计带来不少困难。动态设计和信息施工法是在对影响支护诸多因素充分了解基础上,对可能发生的情况进行预估,采取相应对策,在施工过程中根据现场监测数据分别实施和改进设计,从而在保证一定的安全度前提下,降低造价。

#### 参考文献:

- [1] JGJ 94-2008, 建筑桩基技术规范[S].
- [2] GB 50202-2002, 地基与基础工程施工质量验收规范[S].
- [3] JGJ 120-99, 建筑基坑支护技术规程[S].
- [4] JGJ 79-91, 建筑地基处理技术规范[S].
- [5] 江正荣. 地基与基础施工手册(第2版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.
- [6] 归正, 等. SMW工法及其应用[J]. 建筑机械化, 2000, (2).
- [7] 徐向辉. SMW围护结构设计[J]. 西部探矿工程, 2002, (3).
- [8] 编写组. 基础工程施工手册(第2版)[M]. 北京: 中国计划出版社, 2002.
- [9] 赵志缙, 等. 简明深基坑工程设计施工手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.
- [10] 刘建航, 等. 基坑工程手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.