

基坑开挖施工技术实践 ——以中国轻纺城国际贸易中心为例

孙建苗¹, 杨 志¹, 叶立峰², 许安义³, 沈 林¹

(1. 浙江精工世纪建设工程有限公司, 浙江 绍兴 312000; 2. 浙江长业建设集团有限公司,
浙江 绍兴 312000; 3. 天津融策房地产投资顾问有限公司, 天津 300171)

摘 要: 软土地基下基坑土方开挖分三层开挖(−4.00 m、−8.60 m、−10.25 m), 每层均先开挖四角区域, 再开挖中间对撑区域, 水平混凝土支撑安装穿插于开挖过程中, 形成“中心岛式”, 以及时平衡基坑外侧土压力, 同时采用井点降水, 改善土体的抗剪强度, 并及时进行监测, 进而达到基坑安全的目的。

关键词: 深基坑; 混凝土支撑; 土方开挖

中图分类号: TU473.2

文献标识码: A

文章编号: 1671-8798(2007)01-0043-04

Application of Deep Foundation Pit Excavation Construction Technology ——Take International Trade Center of China Light and Textile Industry City for Example

SUN Jian-miao¹, YANG Zhi¹, YE Li-feng², XU An-yi³, SHEN Lin¹

(1. Zhejiang Jinggongshiji Century Construction Co., Ltd., Shaoxing 312000, China;

2. Zhejiang Changye Century Construction Co., Ltd. Shaoxing 312000, China;

3. Tianjin Rongce Estate Development Investment consultant Co., Ltd., Tianjin 300171, China)

Abstract: The earthwork excavation of the foundation pit project was excavated with 3 layers with depths of −4.00 m, −8.60 m, and −10.25 m respectively. Each layer was excavated in its four angles' areas preliminarily and then in its central area with horizontal bracing fixed during the excavation process, in order to timely balance the pressure of the exterior soil of the foundation pit, and meanwhile point dewatering was adopted, so as to improve the shear strength of the soil mass to further protect the foundation pit's safety.

Key words: deep foundation pit; concrete support; earthwork excavation

随着超高层建筑的大量出现, 地下空间的开发利用也日显紧迫。而大量基坑坍塌、土体下移等安全事故的发生, 多少与土方开挖等因素有直接关系,

为此很有必要研究其相关领域的施工技术。本文以中国轻纺城国际贸易中心为例, 介绍了对基坑开挖施工技术的具体实践。

收稿日期: 2007-01-04

作者简介: 孙建苗(1968—), 男, 浙江萧山人, 高级工程师, 主要从事工程管理工作。

1 工程概况

中国轻纺城国际贸易中心工程是一座集贸易、娱乐、办公于一体的多功能智能型建筑。地下 2 层,地上 37 层,框架剪力墙结构,屋面上设 30.50 m 高的钢结构张拉膜屋顶构架,主体建筑高度 139.95 m,总建筑面积 62 402.20 m²。主楼桩基采用直径为 $\phi 1\,000 \sim 1\,100$ mm,长 64~70 m 的钻孔灌注桩,单桩竖向承载力特征值约为 8 000 kN;裙楼部分桩基采用直径为 $\phi 650$ mm,长 56~62 m 钻孔灌注桩,单桩竖向承载力特征值约为 2 400 kN。自然地面标高为 -1.10 m,基坑平面尺寸为 110.00 m \times 70.00 m,基坑底标高为 -10.25 m(局部为 -16.15 m),基坑围护采用 $\phi 900 @ 1150$ 钻孔灌注排桩支挡加两道水平钢筋混凝土内支撑,钻孔灌注排桩外再采用单排 $\phi 600 @ 400$ 单头深层水泥搅拌桩做止水帷幕^[1];在 -3.10 m、-7.70 m 标高处分别设置水平混凝土支撑梁,冠梁尺寸为 800 mm \times 1100 mm,内支撑梁为 800 mm \times 900 mm、800 mm \times 800 mm、600 mm \times 600 mm 不等,混凝土标号为 C30。

2 水文工程地质概况

基坑土层情况:①-1 杂填土,灰—黄灰色,松散,以碎石、块石及黏性土为主,层厚约 0.7~3.2 m;①-2 粉质黏土,黄灰色,软可塑,局部软塑,中压缩性,成份以黏、粉粒为主,底部粉粒含量高,局部黏质粉土,干强度、韧性中等,层厚 0.8~3.5 m;土层参数 $c = 35.4$ kPa, $\phi = 13.9^\circ$, $\gamma = 18.5$ kN/m³, $W_0 = 32\%$;②-1 淤泥质粉质黏土,灰色,流塑,高压压缩性,局部薄层泥炭,层厚 0.4~3.8 m;土层参数 $c = 19.1$ kPa, $\phi = 11.3^\circ$, $\gamma = 17.5$ kN/m³, $W_0 = 38.1\%$;②-2 黏质粉土,灰色,稍密状,很湿,中压缩性,成分以粉粒为主,上部含黏性土较高,局部流塑状粉质黏土,底部多为砂质粉土;层厚 1.0~17.8 m;土层参数 $c = 25.1$ kPa, $\phi = 27.1^\circ$, $\gamma = 18.1$ kN/m³, $W_0 = 45.3\%$;③ 淤泥质粉质黏土,灰色,流塑,高压压缩性,局部淤泥、淤泥质黏土,层厚 6.3~24.5 m;土层参数 $c = 18.1$ kPa, $\phi = 9.7^\circ$, $\gamma = 16.9$ kN/m³, $W_0 = 32\%$;地下水埋深在 0.38~1.22 m 之间,水面标高在 -1.50~-1.20 m 之间,主要为接受大气降水和地表水渗入补给的上层滞水和②-2 层中少量孔隙潜水。

3 土方开挖施工技术

3.1 方案确定

根据支撑设计位置,考虑到基坑较深、土质较差的实际情况,挖土总体施工遵循“分层、分块、对称、支撑优先”的原则,在垂直方向上按二道水平支撑结构底标高和坑底标高作为作业面,考虑整个基坑土层分三层五次开挖。每层每次开挖采用对称的方法,优先挖至支撑底标高,形成“中心岛”,以利支撑尽早施工和形成,有效防止基坑底部土体的隆起、四周围护结构位移过大等现象的发生^[2,3]。

3.2 土方挖掘施工

3.2.1 第一层土方开挖 第一层土从自然地面 -1.10 m 挖至第一道混凝土支撑下 -4.00 m,土层厚度约 2.90 m,实挖土方约 22 330 m³。东北角、东南角同时开挖,逐步退向西侧,并及时完成基坑边喷射混凝土面层的施工,见图 1。挖掘到第一道支撑下底标高后,在坑中坑部位再进行塘渣回填,作为水泥搅拌桩桩机的持力层,接着进行坑中坑水泥搅拌桩围护施工,同时进行第一道水平支撑混凝土施工及养护工作,深层水泥搅拌桩在第一道水平支撑混凝土养护之前施工完,见图 2。

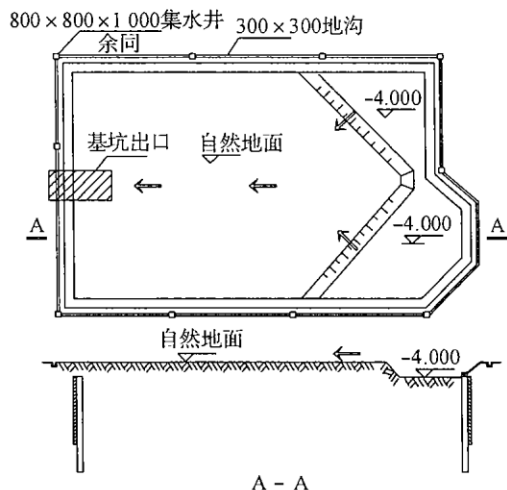


图 1 第一层土方开挖平面图

3.2.2 第二层土方开挖 第二层土方挖掘共分两次进行:第一次挖掘方量约为 17 710 m³,先挖基坑四周(角撑下)的土方,由小挖掘机停在第一道混凝土支撑上方(小挖机下垫路基板)将土方挖掘至 -6.30 m,再由大挖掘机将小挖掘机挖出来的土方和支撑外侧的土方一同挖掘、翻运,并逐步退向“中心岛”,同时将“中心岛”土体标高降至 -6.30 m。

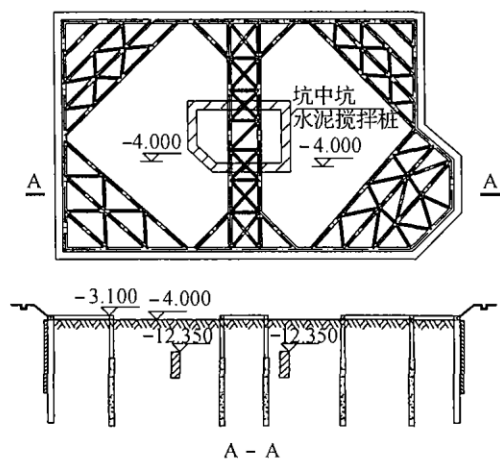


图2 第一道支撑平面图

第二层第二次土方开挖的深度:由 -6.30 m 挖至第二道混凝土支撑下 -8.60 m 全部土方,挖掘方量约为 $17\,710\text{ m}^3$,该层采用分级挖掘,先挖四角区域土方至第二道支撑梁下标高 -8.60 m 处,及时施工四角区域的第二道支撑,同时挖掘中间对撑处土方至 -8.60 m 处,并施工第二道混凝土支撑(见图3、图4)。

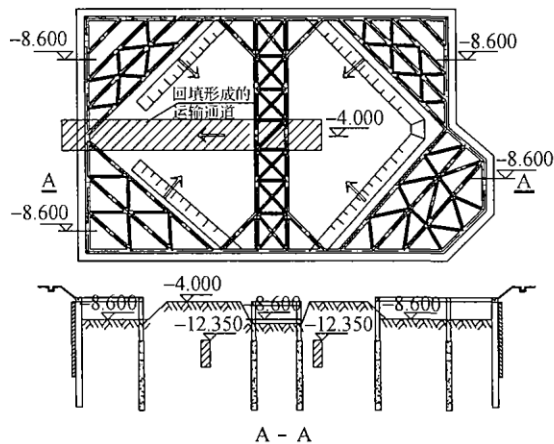


图3 第二层土方开挖平面图

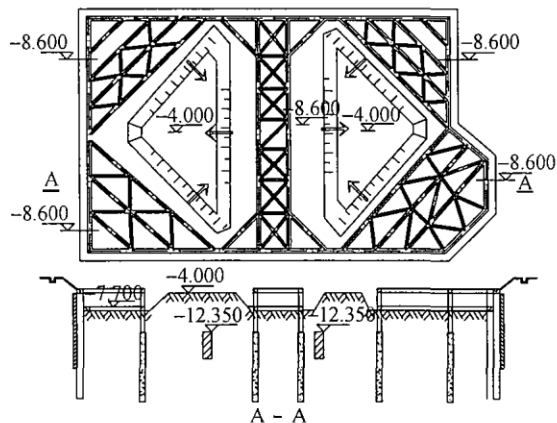


图4 第二道支撑平面图

3.2.3 第三层土方开挖 该层土方挖掘从第二道混凝土支撑底 -8.60 m 挖至 -10.25 m ,土层厚度约 1.65 m ,实挖土方量约 $12\,705\text{ m}^3$ 。第三层土方挖掘呈坡道形状开挖,先挖东侧土方,逐步退向基坑中间,使整个第三层基坑土方开挖采用分块(共分三块)施工,待基坑东侧土方挖掘完后马上进入混凝土垫层、基础地梁砖胎模等施工;随后穿插进行基坑中间一块(深基坑部分中的一级坑)的土方挖掘,同时施工喷混凝土面层围护工作(见图5);其次再挖掘深基坑中的二级坑(水泥搅拌桩范围内)的土方,及时进行混凝土垫层的浇筑,以阻止该二级坑内的土体隆起(见图6);最后挖掘基坑内西侧土方,挖掘第三层中间及西侧土方时,土体形成多级平台放坡,用大小挖掘机形成接力形式,逐渐缩小开挖面,最后用长臂挖机将剩余的土方全部挖掘完毕(见图7)。

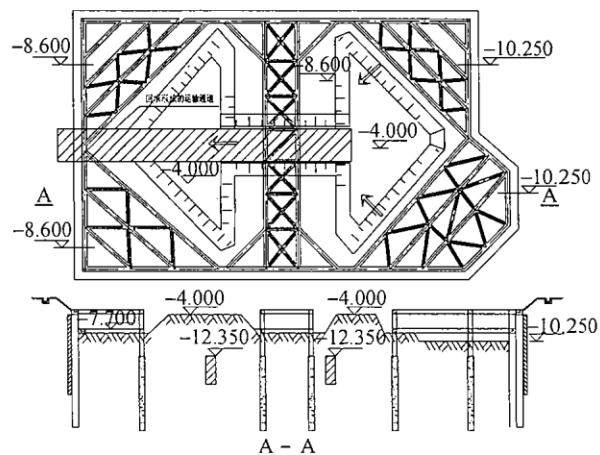


图5 第三层土方开挖 1

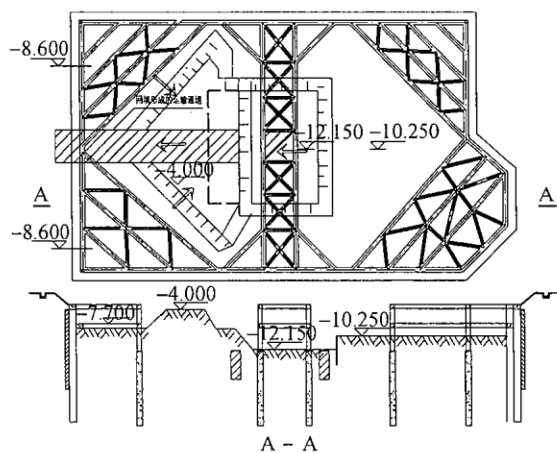


图6 第三层土方开挖 2

土方开挖时,加强工程桩成品的保护工作,严禁碰撞工程桩。基坑底与第二道混凝土支撑之间的净空(1.65 m)较低,因此混凝土支撑下部的土方采用小挖机与人工修土相结合的方式。挖土深度应

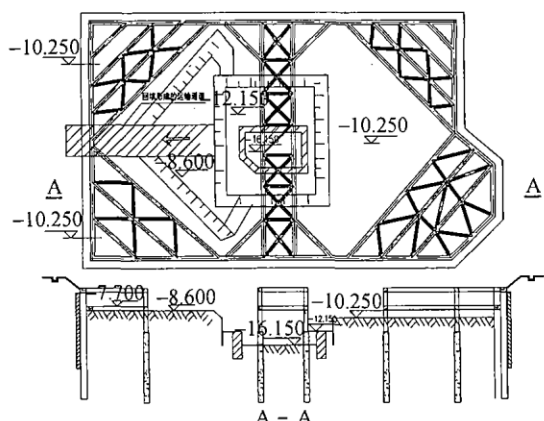
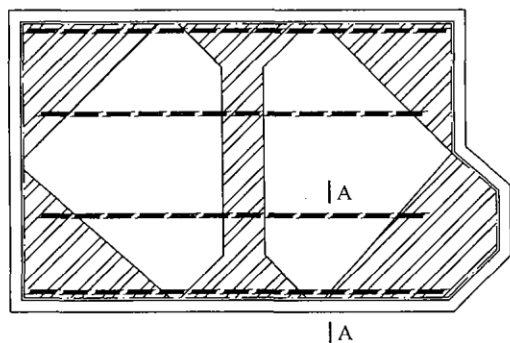


图 7 第三层土方开挖 3

控制在基底设计标高 300 mm 范围内,余下的 300 mm 土层及各个角落的土方由人工修整。

3.2.4 涌土问题处理 施工现场在开挖东南角、东北角第二道支撑以下土方时,发现围护桩间有少量泥浆涌出,即刻采用麻袋、棉被堵塞,并在其外喷射 80 mm 厚 C20 混凝土封盖(内配 $\phi 6 @ 100 \times 100$ 钢筋网片);并在桩间部位插入 $\phi 48$ 钢管作为注浆管,采用高压注浆,使水泥浆起到固结桩间、桩后土体的作用。对未经开挖的地方,有涌土迹象的桩间部位,立即喷射 80 mm 厚 C20 混凝土封堵(内配 $\phi 6 @ 100 \times 100$ 钢筋网片)。土方每开挖一块,垫层及时施工一块,并浇至围护桩边。



阴影部分为基坑钢筋混凝土去撑;
“-----”表示井点管布置

4 基坑降排水

本基坑范围内土层主要为粉质黏土层,淤泥质粉质黏土层、黏质粉土层,这些土层受到扰动后均易发生流砂现象,考虑到开挖深度较大,现场采用如下排水措施。

1) 基坑外排水:明沟设置在基坑外距围护桩中心约 1.50 m 处,明沟规格为 300 mm \times 300 mm,并在间隔 30.00 m 左右设置一只 800 mm \times 800 mm \times 1 000 mm 的集水井。排水沟及集水井采用 240 mm 厚红砖砌筑,内侧 1:3 水泥砂浆粉刷,在排水沟上统设带栅盖板,盖板做法采用 $\phi 16$ 钢筋电焊制作。

2) 基坑内排水:自然地面 ~ -7.70 m 采用离心式水泵湿土排水,在基坑底处沿围护桩内侧(距围护桩边 0.50 m)统设 300 mm \times 300 mm 的排水沟一圈,间隔 30.00 m 左右设置外径 1 000 mm \times 1 000 mm \times 1 000 mm 的集水井,其集水井底低于基础承台底 600 mm 左右,井内设置水泵。

3) 由于其土层渗透系数介于 $10^{-6} \sim 10^{-3}$ cm/s 之间,故 -7.70 m 以下采用轻型井点降水,降低基坑内地下水,使土体固结,提高其抗剪强度^[4]。

根据基坑围护设计图,考虑施工工作面及土质等因素,轻型井点管距坑边 1.50 m,井点间距沿东西向均匀布置 4 道,井点管长度为 6.00 m(见图 8)。

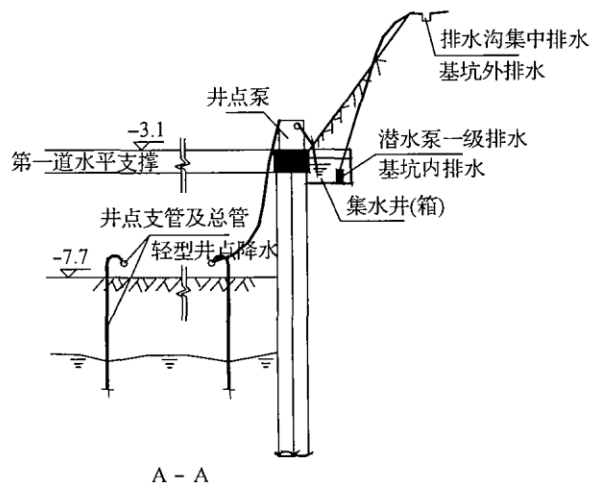


图 8 基坑井点平面示意图

5 基坑围护监测

为保证土方开挖过程中,对可能出现基坑壁失稳或者围护失效等险情及时预警,以便及时采取补救措施,实施如下监测措施(见图 9)。

1) 土体水平位移监测:设水平位移监测孔 6 只

(CX1~CX6),监测孔深 26.00 m,以最大水平位移达到 45 mm,或者土体日水平位移量 3 d 超过 3 mm 为监测预警值。

2) 水位监测:设水位监测孔 4 只(SW1~SW4),以水位变化累计下降值超过 1.00 m 或水位变化速率超过 0.50 m/d 为监测预警值。(下转第 50 页)

(上接第 46 页)

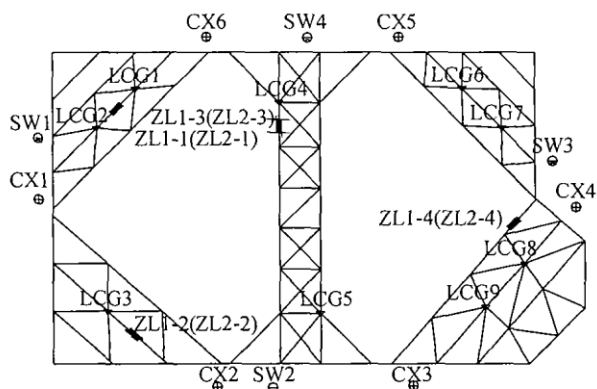


图 9 基坑围护监测平面图

3) 支撑梁轴力监测: 设轴力监测点 8 个(ZL1-4~ZL2-4), 以 ZL1-1 达到 3 200 kN, ZL1-2 达到 3 600 kN, ZL1-3 达到 4 300 kN, ZL1-4 达到 4 000 kN, ZL2-1 达到 6 300 kN, ZL2-2 达到 6 900 kN, ZL2-3 达到 8 700 kN, ZL2-4 达到 5 900 kN 作为监测预警值。

4) 立柱竖向位移监测: 设立柱竖向位移监测点 9 个(LCG1~LCG9), 立柱桩隆起或沉降不得超过 10 mm, 每天发展不得超过 2 mm。

土方开挖时, 每天对各监测点进行监测, 并将测

得的数据加以整理, 对监测提供的数据及资料进行仔细的分析, 为基坑开挖期间围护的安全提供很好的预警作用。

6 结 语

从本基坑工程及周边建筑、道路的变形监测结果表明, 本工程所采用的基坑开挖及降水方案是有效的。根据基础各部位开挖深度的不同, 采取了即时、对称、分层分块等施工方法, 和轻型井点降水、信息化监测等技术措施, 使整个工程基坑围护较为理想, 总体处于稳定状态。

参考文献:

- [1] 刘建航, 侯学渊. 基坑工程手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.
- [2] 孙建毅, 张宝根, 戴南, 等. 软土地基超深基坑的降水及土方开挖[J]. 建筑施工, 2005(9): 14-16.
- [3] 龚剑, 周虹, 李庆, 等. 上海环球金融中心主楼超大超深基坑中坑围护施工技术[J]. 建筑施工, 2006(5): 855-859.
- [4] JGJ120—99, 建筑基坑支护技术规程[S].