

Design and Practice of Foundation Pit Excavation of Deep Foundation Pit in Soft Soil Area

Youquan Wang

SGIDI Engineering Consulting (Group) Co., Ltd., Shanghai, 200082, China

Abstract

The paper takes a deep and large foundation pit in the soft soil area of Shanghai as an example to introduce the method of pit division design. The residential and commercial areas of this project are equipped with two and three basement floors respectively. According to the different development progress, the project will be divided into two foundation pits, which will be supported by drilled cast-in-place piles or underground continuous walls (two walls in one) combined with reinforced concrete support. The middle partition wall will be supported by underground continuous walls, and the underground second floor area will be excavated after the construction of positive and negative zeros. During the construction process of the foundation pit, full process monitoring was carried out, and the monitoring results showed that the deformation of the foundation pit support structure and the middle partition wall was less than the design alarm value. The sub pit design method of this project was effective.

Keywords

soft soil area; deep foundation pit; design of foundation pit; foundation pit excavation

软土地区深大基坑分坑设计与实践

王友权

上海勘察设计院(集团)股份有限公司, 中国·上海 200082

摘要

论文以上海软土地区某深大基坑为例,介绍了分坑设计方法。本工程住宅区及商业区分别设置二层、三层地下室。根据开发进度不同,将该项目分为两个基坑,分别采用钻孔灌注桩或地下连续墙(两墙合一)结合钢筋混凝土支撑进行支护,中隔墙采用地下连续墙,地下二层区域施工出正负零后再开挖地下三层区域。基坑施工过程中进行了全过程监测,监测结果表明基坑支护结构及中隔墙变形小于设计报警值,本工程的分坑设计方法效果良好。

关键词

软土地区;深大基坑;支护设计;分坑开挖

1 引言

近年来,随着城市地下空间开发进程的快速发展,基坑工程出现深、大、难等特点。特别是软土地区基坑工程,由于开挖面积超大、周边环境复杂等特点,为确保工程进度及保护周边环境需要,通常需采用分坑开挖^[1-4]。论文以上海软土地区某深大基坑工程为依托,对基坑分坑设计方法进行详细阐述,以期软土地区类似工程提供参考。

2 工程概况

2.1 基坑概况

某项目位于中国上海市,为商住综合体,商业区(北侧)拟设置三层地下室,基坑开挖深度 15.95m,基坑面积约

2.30 万 m²,基坑外侧周长约为 525m;住宅区(南侧)拟设置二层地下室,基坑开挖深度 9.35m,基坑面积约 1.11 万 m²,基坑外侧周长约为 315;总面积约 3.41 万 m²。基坑形状不规则,周边环境复杂,四周为市政道路,道路下方有大量市政管线。

由于商业区与住宅区地下室层数不同,基坑开挖深度不同,且先开发住宅区,后开发商业区,因此需进行分坑设计。

2.2 工程地质条件

根据本工程勘察报告,场地地貌单元属冲湖积平原,场地地势相对平坦。场地内土层主要为:第①₁层杂填土,第①₂层浜填土,第①₃层粘质粉土(江滩土),第②层粉质粘土,第③层淤泥质粉质粘土,第③_夹层粘质粉土夹粉质粘土,第④层淤泥质粘土,第⑤₁层粘土,第⑤₃层粉质粘土,第⑤₄层粉质粘土,第⑦₂₋₁层粉砂夹粉质粘土,第⑦₂₋₂层粉砂。各层土的主要物理力学性质见表 1。本工程地下水位取地面下 0.5m。

【作者简介】王友权(1987-),男,中国山东平邑人,博士,高级工程师,注册土木工程师(岩土),从事基坑支护、地基处理设计等研究。

表 1 土层基本物理力学性质表

层序	土名	重度 γ (kN/m^3)	固结快剪峰值 c (kPa) Φ ($^\circ$)		渗透系数 K (cm/s)
① ₁	杂填土	(18.0)	(10.0)	(10.0)	
① ₂	素填土	(18.0)	(10.0)	(10.0)	
① ₃	粘质粉土	18.8	5	20.0	2.0E-04
②	粉质粘土	18.4	19	17.5	4.0E-06
③	淤泥质粉质粘土	17.3	12	15.5	5.0E-06
③ _夹	粘质粉土夹粉质粘土	18.5	7	22.0	2.0E-04
④	淤泥质粘土	16.7	13	11.0	4.0E-07
⑤ ₁	粘土	17.8	16	13.5	2.0E-06
⑤ ₃	粉质粘土	18.1	15	21.5	5.0E-06

注：括号内为经验数据。

基坑坑底与地层的相对位置关系如图 1 所示。基坑侧壁主要为第③层及第④层淤泥质土，基坑坑底位于第④层，该二层土土质软弱，强度低，灵敏度高，呈流塑状态，不利于基坑稳定性及变形控制。

3 基坑支护选型

3.1 基坑特点分析

①基坑自身特点：属软土地区深大基坑，基坑规模较大。本基坑工程北区地下 3 层，基坑开挖深度 15.95m，基坑开挖面积约 2.3 万 m^2 ；南区地下 2 层，基坑开挖深度 9.35m，基坑开挖面积约 1.14 万 m^2 。基坑深度深，面积较大，施工难度较大。

②项目开发顺序：需分区域开发。根据建设单位需求，本基坑先开挖南区地下二层区域，出正负零后再开挖北区地下三层区域，两地块之间需设中隔墙，支护设计需满足本项目开发顺序的要求。

③周边环境特点：本工程基坑周边环境条件较复杂，对基坑变形控制要求较高。基坑周边为市政道路，且有大量

市政管线，周边建（构）筑对变形敏感，为本工程重点保护对象，基坑变形控制要求高。

3.2 支护方案选型

结合上海软土地区类似工程经验^[5]及本项目周边环境特点、工程地质条件及基坑规模、开挖深度，本工程地下二层基坑采用灌注桩结合止水帷幕加二道钢筋混凝土支撑支护，地下三层基坑采用地下连续墙加三道钢筋混凝土支撑支护。施工顺序为先开挖地下二层基坑，地下二层区域地下室出正负零后再开挖地下三层基坑。

4 基坑支护分坑设计

4.1 支护剖面设计

地下二层基坑开挖深度 9.35m，采用钻孔灌注桩结合二道钢筋混凝土支撑支护，灌注桩规格 $\phi 850@1050$ ，桩长 21.5m。止水帷幕采用 3 $\phi 850@600$ 三轴水泥土搅拌桩，桩长 16.4m。

地下三层基坑开挖深度 15.95m，采用地下连续墙（两墙合一）结合三道钢筋混凝土支撑支护，地下连续墙厚度 1000mm，长度 31m，两侧采用 3 $\phi 850$ 三轴水泥土搅拌桩槽壁加固，桩长 22.6m。

地下二层、三层中隔墙为 800mm 厚地下连续墙，地墙接缝采用 $\phi 1000@700$ 高压旋喷桩止水。该中隔墙兼做地下二层、地下三层两个区域的支护桩，因此其设计计算应满足先开挖地下二层及后开挖地下三层两种工况，两种工况的支护剖面示意图如图 2、图 3 所示。开挖地下二层工况时，中隔墙长度及配筋按照常规开挖地下二层基坑进行设计计算。开挖地下三层工况时，中隔墙长度应满足地下三层基坑整体稳定性、抗倾覆、抗隆起等计算，其配筋按照连续梁模式，以二层地下室的顶板、B1 层板、底板为支点，地下三层的支撑轴力作为集中力进行计算。本项目为安全起见，中隔墙长度与地下三层其他区域地连墙长度一致，配筋按照连续梁模式计算。

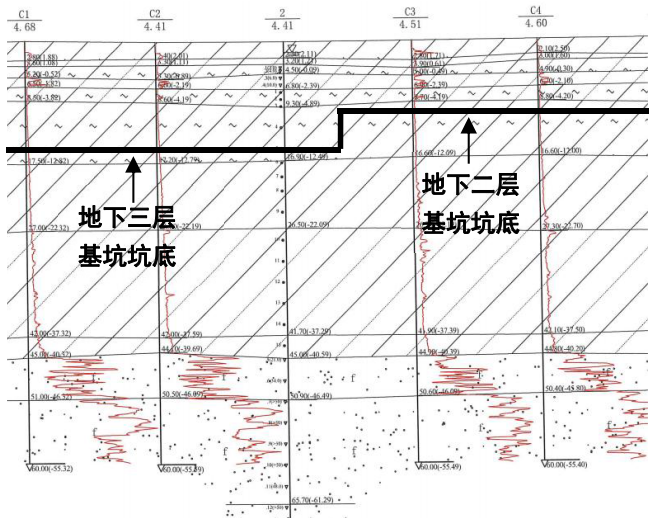


图 1 典型工程地质剖面示意图

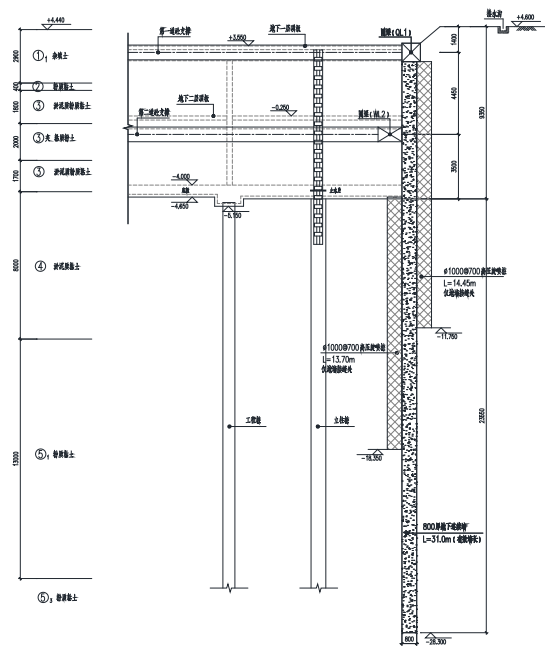


图 2 中隔墙剖面设计（工况 1：开挖地下二层）

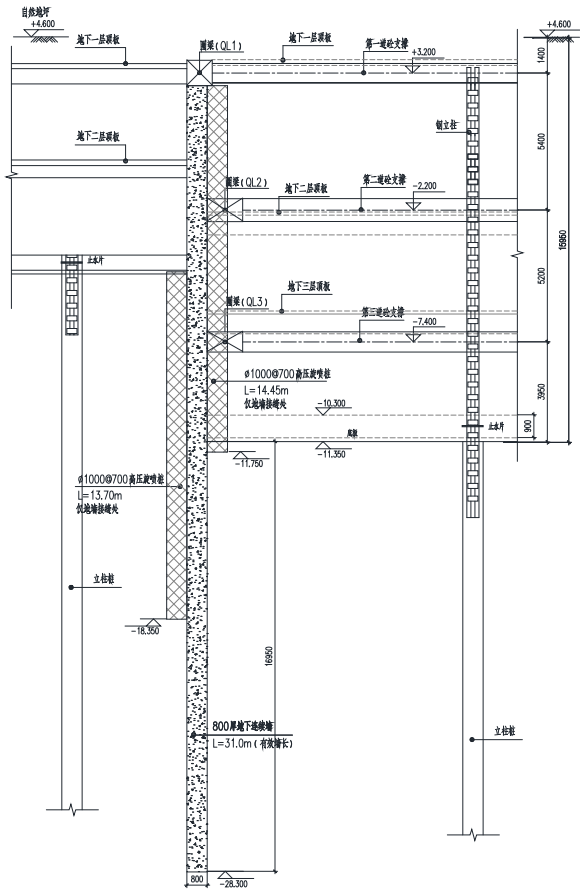


图 3 中隔墙剖面设计（工况 2：开挖地下三层）

4.2 支撑体系设计

地下二层区域采用两道钢筋混凝土支撑，支撑布置采用对撑、角撑结合边桁架型式。第一道支撑布置图如图 4 所示（阴影区域为施工栈桥）。

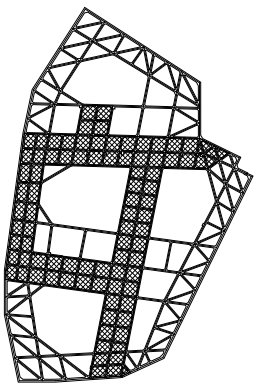


图 4 地下二层区域第一道支撑布置图

地下三层区域采用三道钢筋混凝土支撑，开挖时地下二层已施工出正负零，因此地下二层底板以上的中隔墙无土压力，中隔墙区域第一道、第二道围檩按照无土压力考虑，中隔墙作为地下三层基坑体系的支点。二层地下室底板以下土体对中隔墙施加一定的土压力，因此第三道支撑仍按照常规布置方式，四周均承受土压力。地下三层基坑第一道支撑布置如图 5 所示（阴影区域为施工栈桥），第三道支撑布置如图 6 所示。

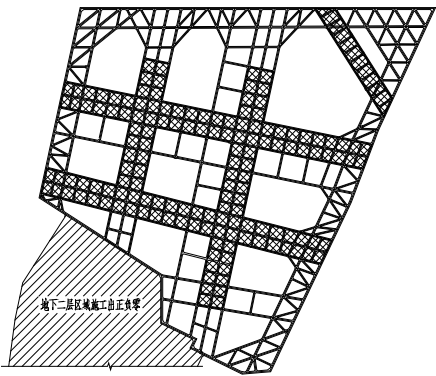


图 5 地下三层区域第一道支撑布置图

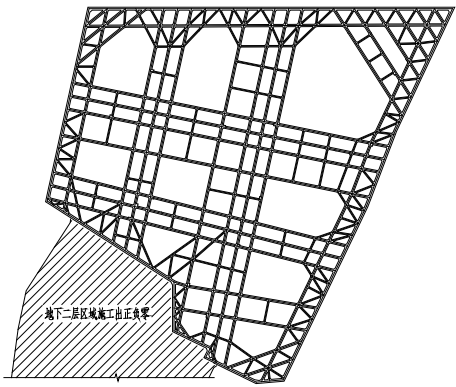


图 6 地下三层区域第三道支撑布置图

基坑施工期间设置竖向构件来承受水平支撑及其上的竖向荷载，本工程采用临时钢立柱及柱下钻孔灌注桩作为水平支撑系统的竖向支承构件。临时钢立柱由 4L140×14 或 4L160×16 等边角钢和缀板焊接而成，格构柱截面尺寸为

480mm×480mm。立柱桩采用 $\phi 800$ 灌注桩，钢立柱插入作为立柱桩的钻孔灌注桩不少于 2.5~3.0m。钢立柱在穿越底板的范围内设置止水片。部分立柱桩利用工程桩。

5 基坑监测

本项目基坑施工过程中，在基坑支护结构、周边道路、管线均布置了监测点。基坑外侧支护桩（墙）及中隔墙代表性监测点变形历时曲线如图 7 所示。

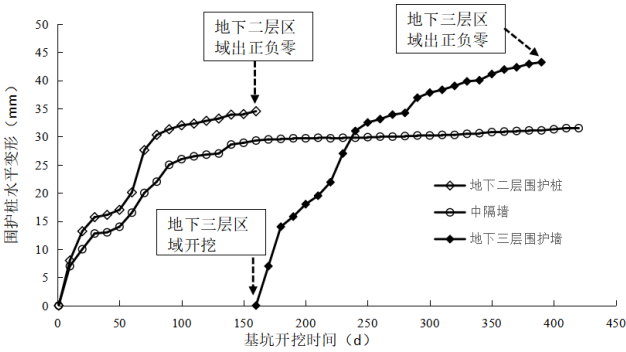


图 7 支护桩顶水平位移历时曲线

由监测数据可知，地下二层区域自开挖至地下室出正负零，累积变形为 34.5mm，开挖至坑底时变形速率最大。地下二层区域出正负零后，地下三层开始开挖，至地下三层地下室出正负零地下连续墙累积变形为 44mm。中隔墙变形规律与地下二层支护桩基本一致，地下二层出正负零时其变形为 29.3mm，小于地下二层支护桩变形。地下三层开挖期间，中隔墙变形基本不变，表明地下三层开挖期间，二层地下室区域施加给中隔墙的土压力较小，中隔墙主要作为地下三层

基坑支撑体系的支点。至地下三层施工完成，中隔墙累积变形为 31.5mm。

根据上述分析，基坑外侧支护结构变形及中隔墙变形均在规范^[6]允许范围内，本基坑分坑设计方法合理有效。

6 结语

由于同一基坑工程不同区域开发进度需要，或者由于面积超大、不同区域基坑开挖深度不同等原因，部分基坑需进行分坑施工。本工程基坑分为地下二层及地下三层区域，分别采用钻孔灌注桩、地下连续墙结合钢筋混凝土内支撑进行支护，内支撑布置方式结合外侧支护结构及中隔墙不同的荷载条件进行设计。监测数据表明，本工程基坑变形可控，取得了良好的效果。本工程基坑分坑设计经验可为类似工程提供参考。

参考文献

[1] 刘羽,王科,胡威,等.深厚软土地区深大基坑分坑开挖设计与分析[J].建筑结构,2023,53(S2):2473-2479.

[2] 刘兴旺,李冰河,陈卫林,等.深厚软土6层地下室深大基坑对临近地铁隧道影响控制技术[J].建筑结构,2022,52(15):136-141.

[3] 陈文祥,王武杰,彭帆.软土地区相邻深大基坑同步施工的影响分析[J].地基处理,2022,4(7):329-335.

[4] 刘锐,方成成,储朱敏,等.城市地铁车站深大基坑分区开挖顺序优化研究[J].隧道建设(中英文),2023,43(S2):513-522.

[5] 刘国彬,王卫东.基坑工程手册(第二版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2009.

[6] DGTJ08-61—2018 上海市基坑工程技术标准[S].上海:同济大学出版社,2018.