

超复杂环境下基坑开挖的技术研究

陈银河

(腾达建设集团股份有限公司, 上海市 201204)

摘要: 以上海市浦东新区浦东南路某工程基坑为背景,研究基坑周边建筑重要且高大、管线众多等复杂环境下的基坑开挖方式。实践证明,对基坑进行精确化的开挖,能有效减少周边建筑的安全隐患,并具有良好的经济效果。

关键词: 基坑;抽灌一体化;开挖技术

中图分类号: TU473

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)03-0203-04

1 工程概况

上海市浦东新区浦东南路某工程沿浦东大道东西方向布置,在浦东南路东侧,横跨即墨路。拟建车站总长约 228 m,宽度约 25 m,底板埋深约 22 m;整个基坑围护的形式为厚 1 000 mm 地下连续墙结构,A-1、A-2 区基坑支护型式为 7 道支撑(第 1~第 4 道设计为混凝土支撑、第 6 道为 ϕ 800 钢支撑、其余为 ϕ 609 钢支撑);B 区基坑支护型式为 6 道(第 1~第 4 道设计为混凝土支撑、第 5 道为 ϕ 800 钢支撑、第 6、第 7 道设计为 ϕ 609 钢支撑体系)。车站地下 2 层设计为站厅层,地下 3 层设计为站台层,两端分别与东西通道相连接(见图 1)。

2 基坑开挖难点分析

2.1 基坑周边主要建(构)筑物情况

浦东南路某工程地处浦东新区中心城区,车站周边重要且高大的建筑物众多,施工过程中易对周边建筑物造成影响。因此,重点保护周边建构筑物是本工程的重难点。

车站南侧为 13 层的东方医院,东南角为多层的上港小区,距离主体基坑 13 m;车站北侧为 26 层船舶大厦、28 层世纪大楼,距离主体基坑 29.4 m;车站东北角为 18 层上船大楼,距离主体基坑仅 4.5 m。

2.2 基坑周边主要管线情况

浦东南路某工程在浦东大道南侧有 DN1000 雨水管,埋深 1.3 m,距主体基坑 0.9 m;DN600 污水管,埋深 2.2 m,距主体基坑 2.2 m;DN500 上水管,

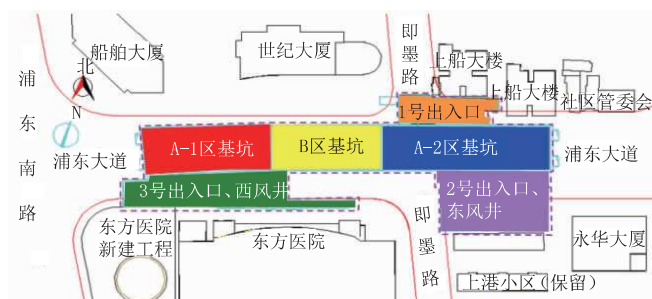


图 1 浦东南路车站基坑分段图

距主体基坑 4.6 m;21 孔电力管,距主体基坑 2.5 m;电信 36 孔,距主体基坑 3 m;信息 6 孔,距主体基坑 3.7 m;浦东大道北侧还有 DN300 上水管、DN300 燃气管等,见图 2。

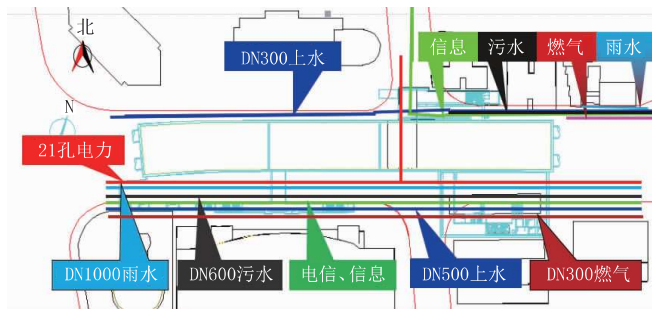


图 2 周边管线图

施工前,需将即墨路下横穿车站的 35 kV 电力电缆及 12 孔信息管进行临时搬迁,待即墨路盖挖顶板完成后搬至盖挖顶板上。车站南北两侧管线均距基坑非常近,施工期间应对其进行重点保护。

2.3 岩土分层及特性

(1)浅部为淤泥质黏土,主要在③、④层,灰色黏质粉土为③层中的夹层,局部砂质粉土。

(2)第⑤₁层灰色粉质黏土层分布较稳定,层顶埋深为 16~18 m。

(3)第⑥层粉质黏土层在车站全长分布,层顶埋

收稿日期: 2020-07-16

作者简介: 陈银河(1982—),女,本科,工程师,从事城市轨道交通、桥梁等施工技术工作。

深一般约 23.5 m。

(4)第⑦层根据土性可划分为 2 个亚层,沿车站均有分布。第⑦₁层砂质粉土层埋深为 27~28 m;第⑦₂层粉砂层埋深为 35~37 m。

车站主体基坑坑底位于⑤₁层粉质黏土中,围护墙墙趾底位于第⑦₂层粉砂中。车站主体基坑地质剖面见图 3。

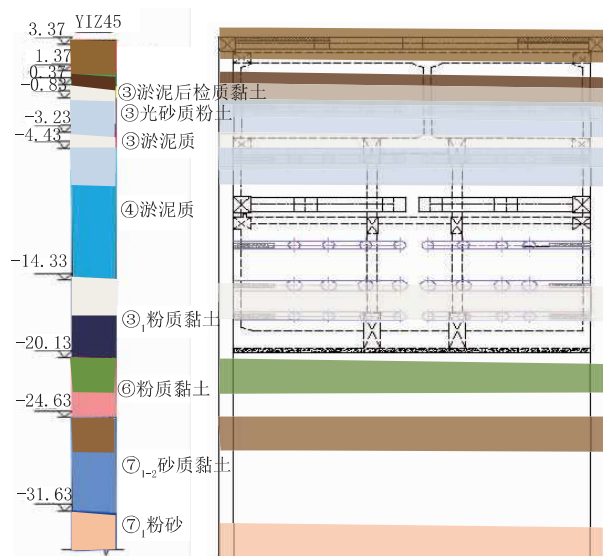


图 3 车站主体基坑地质剖面图

2.4 工程水文地质条件情况

根据勘察资料及区域水文地质资料报告分析,本场地地下水分为以下 2 类。

(1)浅部黏性土层中的潜水。潜水稳定水位埋深为 1.0~2.0 m(绝对标高为 2.50~1.1 m)。潜水水位主要受潮汐、降水量、季节、气候等因素的影响而发生变化。

(2)承压水。工程整个线路展示的承压水分布于⑦层粉砂中,⑦层是上海地区第一承压含水层,结构顶板埋深为 27~28.8 m、顶板标高为 -24~-25.5 m。承压水的水位会随着季节的变化而呈幅度不等的周期性变化。根据长期水位观测,承压水埋深一般为 3~12 m。

拟建工程场地浅部的地下水对混凝土具有微腐蚀性,故而在干湿交替条件下容易对钢筋混凝土中的钢筋产生弱腐蚀性。

2.5 不良地质现象

(1)厚层填土。拟建场地填土厚度普遍较厚,一般为 1.5~2.0 m,局部区域厚度达到 3.4 m,填土表层多为 20~100 cm 道路混凝土地坪,夹有大量砖块及建筑垃圾等物。桩基及围护墙施工中应考虑该因素产生的不利影响,如局部清障,采用高导墙等措施。

(2)浅层气。上海地区的浅层气分布零散,气压、流量差异悬殊。在本场地内未发现有浅层气溢出现象。

3 基坑开挖技术分析

3.1 降水抽灌一体化

由于东坑南、北两侧建筑物近距离靠近基坑,因此,为确保周围建筑物的安全,施工时先收集、分析中坑、西坑开挖期间降水对周围环境影响的数据,最终计划东坑采用抽灌一体化。在东坑内设置减压降水井、水位观测井、侧渗漏应急备用井,又在坑外侧布置应急回灌井。回灌井井深 43 m,过滤器 14 m,进入第⑦₂层 8 m,回灌井间距 5 m,共布置 8 口,采用抽灌一体化,抽取的水过滤达到回灌水质标准再进行回灌。

(1)施工回灌井时,先进行回灌试验,分析地下水回灌条件下渗流场和沉降的变化特征,并明确回灌压力、回灌量、回灌井结构等回灌参数,为控制周边水位和沉降变化的地下水回灌措施的可行性和有效性提供工程检验数据。

(2)根据现场回灌试验成果,对回灌方案进行调整并施工。

(3)基坑开挖过程中,加强观察临近保护性建筑的观测井/回灌井水位,待观测水位降大于 2 m 时,启动回灌装置,进行抽灌一体化。

3.2 基坑支撑体系的补强措施

在拟建工程的支撑体系中,在已经设计的 3、5 这 2 道轴力补偿系统的基础上,考虑到周边环境与土质、水文情况,再增加 2、6 这 2 道钢支撑轴力补偿系统。

轴力补偿系统采用了液压加机械的双自锁设计,该设计安全可靠,数据传输采用无线化,更加稳定、快速、可靠(见图 4)。系统还提供 24 h 的实进远程的数据访问及报警功能。运用精确化变形控制理念对基坑围护变形进行控制,同时建议第 3 道支撑改为 $\phi 800$ 的钢支撑,以适应控制变形所需要的大轴力工况,这将在一定程度上减小或阻止墙体变形的进一步发展,确保周边建筑物的安全^[1]。

3.3 多种开挖机械的合理配置

基坑整体的挖土方法决定了挖土机械的选择,同时挖土机械的不同又决定了每层土壤的挖土方式不同。对于深层土,若采用抓铲较大的作业半径,可实现盆式挖土工艺,但其对支撑间距有一定要求,当

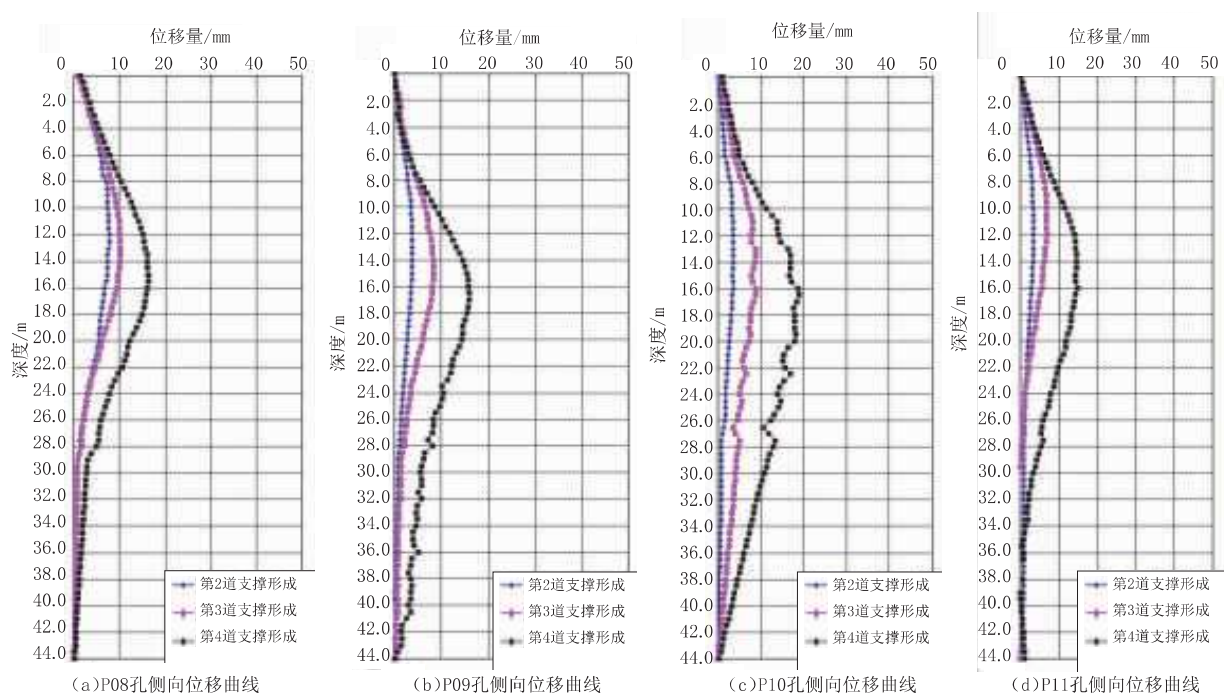


图4 基础变形监测

支撑间距较小时无法使用。由于基坑内的土方需要小挖机进行翻土,这就需要考虑挖机的土方能力和尺寸^[2]。

基坑第1、第2层(10 m 范围内)土方,利用长臂挖掘机较为适宜,但随着基坑深度的增加,长臂挖掘机在操作时无法直接目视,容易造成下层土超挖,故基坑第3~第6层土方采用对基坑扰动小的多瓣式电动抓土机进行开挖,但该抓土机抓斗的侧向尺寸对各支撑间距有一定影响。经分析后,开挖机械选择用1台抓土机配备2台能力和尺寸符合要求的小挖机。

3.4 基坑土方开挖策略

考虑到土体的流变性作用,应尽快挖土,让基坑缩短无支撑的暴露时间,以便更好地控制基坑变形的发生。同时还要考虑到土体的触变性,减少挖土时产生的扰动对下层土体的影响,避免被扰动区的土体强度降低所带来的土体变形。基坑的开挖方式中还必须考虑钢系梁、格构柱与钢支撑的空间关系、抓斗与支撑的几何空间关系、坑内小挖机在支撑安装时的停放位置、坑内小挖机的吊装空间等因素,结合坑边留土护壁工艺,提出相对应的开挖方法。本工程结合斜撑与对撑的布置方式,采用了小范围开挖法。该方法能够保证在角部空间效应最弱的2点(最外侧斜撑处空间效应最弱、变形最大)处,留有有效的留土护壁宽度,与此同时,事先挖除最大开挖量的土方,以保证角部的土方开挖时间最短,围护的无支撑

暴露时间最短,变形控制最佳,同时不影响挖机的停放。

由于基坑施工受外界因素影响很大,根据上述原则确定的挖土策略在实践中可能会遇到很大的不确定性,1天可能仅挖1仓土,势必会加大基坑总的施工时间,不利于总体变形的控制。因此,在出土有保证、支撑及时跟进的情况下,第1层、第2层土可2仓1挖^[3],同时及时调整挖土点及留土范围。基坑开挖时充分利用留土护壁对基坑变形的约束作用,根据每层土方开挖量的大小、土层的深度等设定不同的留土宽度。

在实际操作中,第1、第2、第3层土方外运如能在设定时间内完成,项目部根据现场实际情况将剩余土层中部先开槽、两边保留护壁土,然后再从一个方向同时退着挖,从而确保实现筹划时所制定的挖土耗时既定目标。基坑开挖分层情况图见图5。

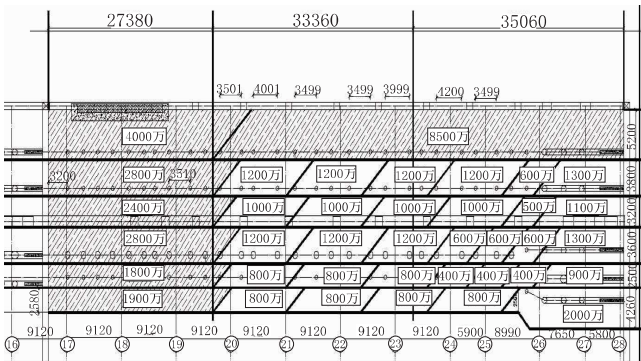


图5 基坑开挖分层情况图(单位:mm)

另外,项目部综合考虑天气、弃土场、长臂挖掘机及电动抓土机出土效率等因素,积极与土方外运单位进行沟通,充分利用正常时间、周末、节假日(尤其是早晚高峰时间,根据机械挖土效率计算此时段需要提前预备的渣土车数量),并在作业空间上合理安排2台挖机同时出土。倘若支撑架设受阻时,根据实际情况,随时调整外运的开始时间及外运时间的长短。

4 基坑开挖的效果与启示

以 A-1 坑实施效果分析,基坑开挖到底垫层浇筑完成后,围护变形量控制在了 0.14% 以内(见图6)。

通过疏干工艺,使坑内土体形成固结,增加了土体强度,进而有效抑制了被动土的变形。同时,软土排水后强度增加也有利于挖机行走和挖土,提高基坑开挖效率。例如砂质粉土夹粉砂土在降水后的强度就有了很大提高,致使挖机工作能力增强,土体无支撑暴露时间减少。尤其是东坑盖板区域,在有限的作业空间内,降水效果的好坏将直接影响盖板区域挖土效率的高低。

采用轴力补偿技术的深基坑精确化变形控制,有利于根据反馈情况对钢支撑轴力进行实时动态调整。以围护体的变形控制为主,以支撑的轴力控制为辅,尽可能减小所施加的钢支撑轴力对基坑位移的影响,同时保证钢支撑与混凝土支撑的协调性以及支撑自身与围护体的安全性。

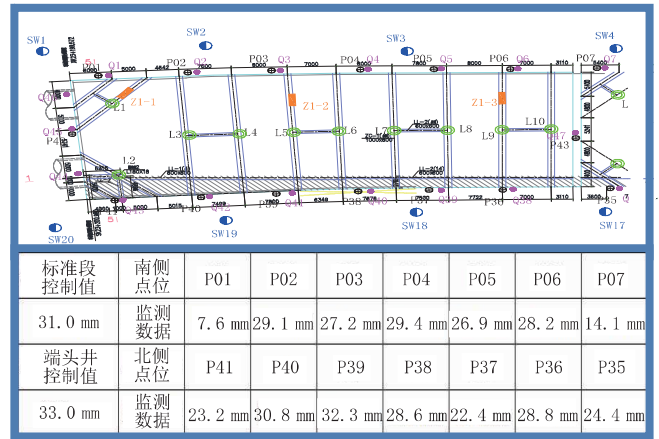


图6 变形监测

5 结 语

基坑的开挖不仅要关注基坑的施工质量,更要关注开挖的安全,所以对复杂基坑方案的精确化选择和实施尤为重要。通过浦东南路车站东坑的降水抽灌一体化,同时考虑中坑、西坑的科学开挖土方和支撑体系的施工方案,使得土体本身在开挖过程中得到了良好的位移控制,达到了控制基坑变形及保护环境的目的,为工程顺利实施提供了保证,并取得了良好的经济效果。

参考文献:

- [1] 孙九春,胡向东,白廷辉.地铁基坑钢支撑轴力伺服系统设置方式研究[J].地下空间与工程学报,2019(增刊1):195-204.
- [2] 陈凯.基坑开挖对邻近防汛墙安全影响分析[J].施工技术,2016(5):174-178.
- [3] 顾晓卫,王达,张霄.复杂小场地下狭长深基坑分块施工探讨[J].施工技术,2017(4):181-184.

(上接第 202 页)

水平向位移值较大。而本次研究成果为凸凹榫处由于拉、压应力可以产生弯矩,且水平位移值仅为铰接条件下的 40%(按铰接计算,水平位移值为 18.2 mm)。这说明对于凸凹榫接缝采用铰接进行模拟存在不合理之处。

(3)为了方便工程设计中的结构计算分析,体系一的受力计算模型可考虑利用体系二的等效计算模型,但需将凸凹榫位置处弯曲值进行适当提高,为安全起见,可考虑提高 20%~30%。

(4)本研究成果已运用于上海 S7 公路一期工程

中,并取得了良好的经济效益及社会效益。整个工程已于 2019 年 10 月 18 日全线通车。本研究成果可以为类似工程提供参考与借鉴。

参考文献:

- [1] 周良,闫兴非,李雪峰.桥梁全预制拼装技术的探索与实践[J].预应力技术,2014(6):15-17.
- [2] 胡翔,薛伟辰,王恒栋.上海世博园区预制预应力综合管廊接头防水性能试验研究[J].特种结构,2009(1):109-113.
- [3] 孟民强.浅谈沉管法隧道接头处理[J].广东造船,2012(1):102-104.
- [4] 蒋首超,刘仁勇,柳猷,等.矩形盾构管片接头抗剪试验研究[J].建筑施工,2015(1):114-117.