

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2022.09.049

下立交深基坑围护工程选型与应用

周 魏

[上海奉贤建设发展(集团)有限公司,上海市 201499]

摘 要:介绍了上海市奉贤区金海公路(大叶公路-浦南运河)道路改建工程航南下立交深基坑围护工程。针对该下立交毗邻轨道线、周边场地狭小、地质环境复杂、地下水系发达、周边存在重要管线及建(构)筑物等影响因素,对基坑围护选型及其应用进行了分析,确定了基坑的安全等级及环境保护等级,明确了相对经济环保的型钢水泥土搅拌墙围护方式。通过传统基坑计算软件和有限元软件的双重验算,深度剖析了基坑变形规律,精细化评估深基坑工程对周边环境的影响,分析结果显示变形是可控的。

关键词:下立交;深基坑;基坑围护;型钢水泥土搅拌墙

中图分类号: U445.55

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)09-0196-04

0 引言

随着社会经济的加速发展,基础设施建设需求逐渐加大,同时也对建筑施工安全性提出了更高的要求。对一些发达地区,深基坑建设的安全性一直是工程建设者最关心的问题。深基坑设计施工领域的专家学者做了很多研究,例如郭建飞^[1]、温艳华^[2]、田志勇^[3]、范丽^[4]等对深基坑的围护方案优选和施工技术做了一些研究。本文以金海公路(大叶公路-浦南运河)道路改建工程EPC设计采购施工一体化工程作为载体,通过分析航南下立交深基坑工程的开挖深度、周边环境、周边重要管线、建(构)筑物的影响等因素,确定了基坑的安全等级及环境保护等级,明确了基坑的围护形式。

1 工程概况

随着虹梅南路越江段和轨道交通5号线的实施,奉贤南桥商住区的开发和上海之鱼的建设,为提升金海公路整体景观效果,航南公路节点采用下立交形式进行建设。下立交主线全长840 m,分为暗埋段440 m和敞开段400 m,地道规模为双向4车道(单孔单向2车道)。地道在最低点处设一处附建式雨水泵房,底板落低约2.9 m。地道近南北走向,地道总体布置见图1和图2。

建设场地处原地面标高为4.43~4.82 m,平均地面标高约4.6 m。该基坑宽19.4~20.2 m,深0.3~11.2 m。

收稿日期:2022-02-16

作者简介:周魏(1987—),硕士,工程师,从事市政及公路建设工作。



图1 航南下立交平面布置图

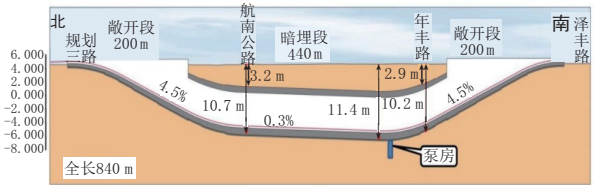


图2 航南下立交北线结构纵断面布置图

在线路最低点设置一座雨水泵房,基坑局部落深约2.9 m。

1.1 周边环境

在拟建地道位于航南公路和年丰路之间的东侧有1住宅小区(合景万景峰小区),小区由多层和高层住宅组成,建筑物距道路红线15 m,距地道围护桩外边线约29 m,对围护结构影响不大。地道的其他各方向场地空旷。

1.2 周边管线

基坑附近内有电力、污水、通信、燃气、原水、上水等管线,主要集中在金海公路东西两侧和航南公路、年丰路沿线。特别是D1600的上水管以及燃气管的保护措施对该深基坑的围护选型有影响。

1.3 轨交5号线影响

在建的地铁5号线南延伸段为盾构结构,5号线由航南公路转向金海公路,沿金海公路穿过年丰路后逐渐与航南公路下立交平行,5号线与该下立交围

护外边线最小净间距为 9.46 m。该下立交南侧敞开段 200 m 及 HNA17 节段在地铁 50 m 保护线范围内。

2 地质条件

2.1 工程地质

根据本工程地质勘察结果,基坑开挖主要影响土层见图 3,地层分布见图 4。

①	1-1 杂填土 1-2 素填土
②	1 褐黄~灰黄色粉质黏土
③	灰色淤泥质粉质黏土
④	1 灰色淤泥质黏土
⑤	1 灰色黏土 1t 灰色粉砂
⑥	1 暗绿色粉质黏土
⑦	1 灰黄~草黄色砂质粉土

图 3 航南下立交开挖影响土层

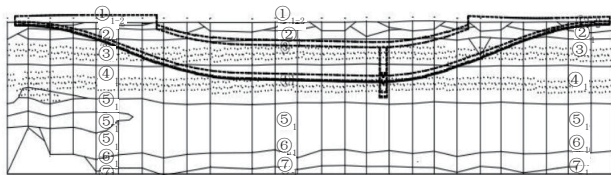


图 4 航南下立交沿线地层分布图

2.2 水文地质

拟建项目地下水主要包括潜水、微承压水和承压水。潜水埋深 0.3~1.5 m,对工程影响不大;微承压水埋深 3~11 m,承压水埋深 3~12 m,将对下立交施工产生主要影响。

2.3 设计计算参数

根据下立交工程的勘察报告,各土层设计计算参数见表 1。

3 基坑围护选型与应用分析

3.1 围护选型依据

根据上海市工程建设规范《基坑工程技术规范》

(DG/TJ 08-61—2010),基坑工程安全等级如下:基坑开挖深度大于等于 12 m,属一级安全等级基坑工程;基坑开挖深度小于 7 m 时,属三级安全等级基坑;其余均属二级安全等级基坑。

本基坑宽 19.4~20.2 m,深约 0.3~11.2 m。在线路最低点设置一座雨水泵房,基坑局部落深约 2.9 m。基坑安全等级划分:基坑深度不小于 12 m 时(泵房处),属一级安全基坑;基坑深度小于 7 m 时属三级安全等级基坑,其余属二级安全等级基坑。

航南公路下立交周边存在轨道交通 5 号线,但距离基坑范围均在两倍基坑深度以外。部分节段基坑 1 倍基坑深度范围内存在较重要管线(电力排管等),部分节段基坑 2 倍基坑深度范围内存在较重要管线(原水管),对管线保护要求较高。根据上海市工程建设规范《基坑工程技术规范》(DG/TJ 08-61—2010),HNA2~HNA17、HNB11~HNB12 共 18 节基坑,属二级环境保护等级,其余节段根据基坑工程的环境保护等级表,均定为三级环境保护等级。

根据基坑安全等级以及环境保护等级,本工程基坑初步拟定钢筋混凝土地下连续墙、灌注桩排桩围护墙、型钢水泥土搅拌墙三种围护方案。

3.2 围护选型优缺点分析

3.2.1 地下连续墙

优点分析:适用于所有安全等级的基坑,防渗截水性能好,墙体硬度、刚度较大,能承受较大的重力,耐久性优越;结构变形和地基土变形较小,能够紧邻已有建筑物及地下管线施工,对轨交 5 号线施工影响较小。

缺点分析:相对工程造价最高,不够经济;施工周期长,施工操作比较复杂,对工人技术要求较高,

表 1 各土层设计计算参数

设计参数		② ₁	③	④ ₁	⑤ ₁	⑤ ₁₁	⑥ ₁	⑦ ₁
重度	$\gamma_0 / (\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$	18.5	17.5	17.1	17.4	18.7	19.6	18.7
直剪固快	C / kPa	19	11	11	13	5	40	5
	$\Phi / (^{\circ})$	19.5	16.0*	12.0*	14.0	31.5	19.5	33.0
三轴(UU)	C_u / kPa	40*	22*	19*	28*	—	150*	—
三轴(CU)	C_{cu} / kPa	25	11	12	14	—	49	—
	$\Phi_{cu} / (^{\circ})$	14.7	16.3	12.2	11.4	—	21.1	—
	C' / kPa	6	3	4	4	—	17	—
	$\Phi' / (^{\circ})$	27.6	31.1	21.5	22.1	—	36.5	—
静止侧压力系数	K_0	0.46	0.55*	0.60*	0.54	0.42*	0.40*	0.38
无侧限抗压强度	q_u	78	43	35	58	—	240*	—
渗透系数(推荐值)	$k / (\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$	2.0E-06	8.0E-06	4.0E-07	5.0E-07	5.0E-04	1.0E-07	6.0E-04
推荐基床系数	$k_H / (\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$	3.0E4	6.5E3	6.0E3	1.5E4	2.3E4	1.3E5	1.4E5
	$k_V / (\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$	2.1E4	7.5E3	5.0E3	1.0E4	1.8E4	3.8E4	3.9E4

并且对施工质量要求也较高,对可使用的地质条件要求较严格。

3.2.2 灌注桩排桩围护墙

优点分析:适用于一、二级安全等级的基坑,有较好的刚度,施工中不需要大型机械,对周边环境要求较低,相对地下连续墙造价要低。

缺点分析:对止水帷幕契合度要求高,施工周期长,施工质量要求高;桩身间间隙土会位移变位,对于上海软土地区不太适用。

3.2.3 型钢水泥土搅拌墙

优点分析:适用于所有安全等级的基坑,软土地区适用性好,构造简单,止水性能优越,施工周期短,工程造价最低,环境污染小,特别适合城市中的深基坑工程。

缺点分析:场地受机械影响要求高,墙体强度受施工质量影响较大,独立支护能力较弱。

3.3 围护结构施工方案

综上所述,航南下立交拟采用型钢水泥土搅拌墙以及放坡开挖相结合的形式进行施工。

该工程中,立交总长 840 m,基坑深度约 11.2 m,其中采用 $\phi 850@600$ 型钢水泥土搅拌墙的范围约 440 m,采用 $\phi 650@450$ 型钢水泥土搅拌墙的范围约 180 m,采用 $\phi 600@450$ 型钢水泥土搅拌墙的范围约 60 m,放坡开挖约 160 m。其中年丰路以南段与在建的地铁 5 号逐渐平行,距地铁 5 号线最小净距为 9.46 m,围护 SMW 工法桩的埋深超地铁盾构,工法桩施工时产生的挤压效应会对 5 号线盾构造成影响。为减少工法桩对盾构的挤压效应,地道结构完成后,采取不拔除型钢的处理方式。基坑围护结构平面布置如图 5 所示。

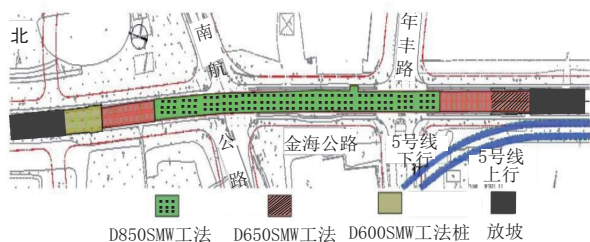


图 5 围护结构平面布置面

地道基坑围护布置汇总见表 2。

3.4 围护结构变形及内力计算

围护结构分析的原则是“先变形,后支撑”,地面超载取 20 kN/m^2 ,侧向荷载按水土分算确定。该下立交选取泵房最深处对围护结构内力进行计算。

表 2 基坑围护布置表

节段号	围护形式	支撑道数	最大挖深 /m	基坑宽度 /m
HNA1~HNA17	$\phi 850$ 型钢水泥土搅拌墙	2~4	11.2	19.8~20.2
HNB8~HNB16	$\phi 650$ 型钢水泥土搅拌墙	1~2	7.6	19.8~20.2
HNB5~HNB7	$\phi 600$ 型钢水泥土搅拌墙	0	4.5	19.6
HNB1~HNB4 HNB17~HNB20	放坡	0	1.7	19.4~19.6

3.4.1 内力变形计算

每两根桩抗弯刚度 $K=E \times I=870\ 630 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$ 。

以每两根桩计算相应的结构内力和土体抵抗力,每延米计算支撑发力,计算见图 6。

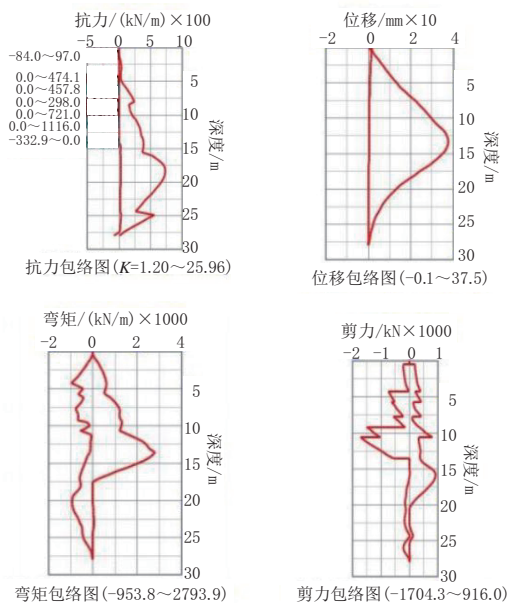


图 6 围护结构内力图

墙体最大侧向变形 37.5 mm,小于规范要求的 42.42 mm,符合规范要求。

3.4.2 SMW 工法水泥土强度计算

水泥土抗剪强度系数为 0.21,设计值系数为 1.25,弯矩折减系数为 1.0。

该处泵房最深处达到 14.14 m,根据图 7 以第 9 工况计算:开挖到 -9.74 m 时,满足该处剪应力为 144.65 kPa 和 127.38 kPa 的要求。

3.4.3 型钢抗弯验算

计算最大弯矩为 $2\ 139.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$,弯矩设计值为 $2\ 674.0 \text{ kN} \cdot \text{m}$,型钢抗弯截面模量为 $11\ 520\ 000.0 \text{ mm}^3$,型钢边缘正应力为 $232\ 120.5 \text{ kPa}$,允许抗弯强度设计值为 $210\ 000.0 \text{ kPa}$ 。均满足规范要求。

3.4.4 钢支撑验算

钢支撑轴力标准值 $N=467 \times 4=1\ 868 \text{ kN}$,计算

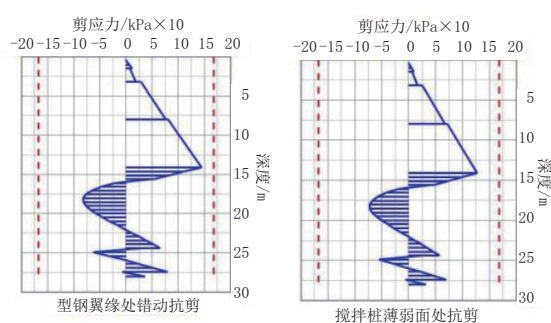


图 7 SMW 工法水泥土强度

跨径 10 m, 查钢支撑轴力承载力对照表, 满足承载力要求。

4 结 论

该工程重视周边环境的保护, 加强针对性和集约化设计, 利用各种技术手段掌握基坑变形影响规律, 降低了施工风险。由此可得出以下结论:

(1) 围护结构选型综合考虑地质条件、基坑深度、周边环境保护、建设工期、工程经济等因素, 最终选择相对经济环保的型钢水泥搅拌墙围护方式。

(2) 基坑泵房局部挖深达 14 m, 该处围护考虑密

插, 竖向设置 4 道支撑, 坑底和坑内进行了地基加固。针对承压水水位波动可能引发的突涌, 设置降压井, 按需降压。最终建设期间, 未开启降压设备, 基坑坑底稳定。

(3) 通过传统基坑计算软件和有限元软件的双重验算, 深度剖析基坑变形规律, 精细化评估深基坑工程对周边环境的影响, 分析结果显示变形是可控的。

该基坑设计得到了评审专家和业主单位的认可, 从深基坑施工、开挖到主体结构贯通历时 17 个月, 周边环境未见异常, 实践证明, 基坑设计较为成功, 取得了良好的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 郭建飞. 复杂环境下深基坑围护设计施工方法研究[J]. 建筑科技, 2022(11): 102-104
- [2] 温艳华. SMW 工法桩在深基坑围护结构中的应用 [J]. 住宅与房地产, 2016(21): 183.
- [3] 田志勇. 地铁深基坑围护结构质量缺陷分析与对策研究[J]. 工程技术研究, 2021(7): 26-29.
- [4] 范丽. 基坑围护结构施工技术[J]. 工程地球物理学报, 2015(5): 708-712.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴, 为您提供平台, 携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com