

文章编号: 1007-2993(2022)06-0460-05

半落底半悬挂式地连墙在某紧邻地铁 深基坑中的应用

刘秀珍¹ 閻超²

(1. 中机三勘岩土工程有限公司, 湖北武汉 430000; 2. 武汉地质勘察基础工程有限公司, 湖北武汉 430000)

【摘要】 在长江 I 级阶地区域, 深基坑设计面临土质情况差、地下水丰富等问题, 邻近地铁的基坑设计常设置落底式竖向止水帷幕。某基坑紧邻武汉地铁 2 号线范湖站, 采用半落底半悬挂式地下连续墙做竖向支撑结构兼作止水帷幕, 设置二层混凝土圆环支撑, 辅以基坑内降水。基坑使用期间未对周边道路、地铁等构筑物造成不利影响, 对比全落底式帷幕(或地连墙)经济效益显著, 可供类似工程参考。

【关键词】 深基坑; 落底式帷幕; 悬挂式帷幕; 地下水控制

【中图分类号】 TU 476+.3

【文献标识码】 A

doi: 10.3969/j.issn.1007-2993.2022.06.007

Application of Semi-closed Curtain of Diaphragm Wall in Deep Foundation Pit Adjacent to Subway

Liu Xiuzhen¹ Xia Chao²

(1. China Machinery TIDI Geotechnical Engineering Co., Ltd., Wuhan 430000, Hubei, China; 2. Wuhan Geological Survey Foundation Engineering Co., Ltd., Wuhan 430000, Hubei, China)

【Abstract】 In the area of first terrace of the Yangtze River, the design of deep foundation pit is faced with problems such as poor soil quality and abundant groundwater. The design of foundation pit adjacent to the subway is often provided with a vertical water-stopping curtain. A foundation pit is close to the Fanhu Station of Wuhan Metro Line 2. The semi-closed curtain and semi-suspended diaphragm wall was used as a vertical retaining structure and also as a water-stopping curtain. Two layers of concrete ring supports were set up, supplemented by dewatering in the foundation pit. During the operation of the foundation pit, there was no adverse impact on the surrounding roads, subways and other structures. Compared with the closed curtain (or diaphragm wall), the economic benefits are significant, which can be used as a reference for similar projects.

【Key words】 deep foundation pit; closed curtain; suspended curtain; groundwater control

0 引言

根据武汉市建委规定, 一级阶地防控区内或邻近一级阶地防控区的建筑工程设置三层及以上地下室或基坑开挖深度大于等于 16 m, 且需进行疏干降水时, 应采用落底式止水帷幕或落底式地下连续墙^[1]。落底是要求止水帷幕应穿过含水层进入下卧完整的隔水层 2~3 m, 并配合一定数量的抽水井, 抽排封闭基坑内及渗入帷幕内侧的地下水流^[2]。武汉长江 I 级阶地的水文地质特点是: 地层组合具有典型的二元结构, 即上部以黏性土为主, 下部为砂类土及卵砾石层, 下部砂、砾卵石层具有颗粒上细下粗的沉积韵律,

其透水性由上至下呈规律性增大; 地下水类型分布, 浅部有潜水或上层滞水, 下部为承压水。承压水具有强渗透、高压水头且与长江同步涨落的直接水力联系。一旦进行基坑降排水, 形成局部渗流场, 必然呈现承压水向上渗流为主、水平渗流为辅的状态^[3]。

实践中, 基坑地下水控制措施往往因具体工程条件而异^[4-8]。究竟是“以降疏为主, 封堵为辅”还是“以封堵为主, 降疏为辅”, 范士凯认为全封闭帷幕是一把双刃剑, 基坑重大事故大多属于渗透破坏(流砂、管涌、突涌), 其后果远比固结沉降严重。所以, 地下水控制首要目标是防止渗透破坏, 其次才是固结沉

作者简介: 刘秀珍, 女, 1981 年生, 汉族, 湖北鄂州人, 硕士研究生, 主要从事岩土工程设计、施工、勘察等方面的工作。E-mail: 363372043@qq.com

降^[3]。此外,关于止水帷幕插入深度、悬挂或落底帷幕条件下基坑涌水量的计算方法以及隔渗效果等问题,也有相关研究^[9-15]。

笔者对文献 [3] 的观点深以为然。对于下卧隔水层埋藏很深的基坑,采用落底式帷幕造价过于高昂。受限于设备能力,对于需要穿越深厚砂卵石含水层的帷幕,施工上往往难以实现,即便帷幕深度达到设计要求,质量上却难以达到隔渗要求,往往事倍功半,甚至徒劳无益。

本文结合武汉市某深基坑工程地下水控制实例,提出了半落底、半悬挂式隔渗帷幕的设计方案,结合监测数据进一步印证了方案的合理性,节约了工期及造价,可为类似工程提供参考。

1 项目概况

项目位于武汉市江汉区青年路,范湖地铁站西侧,该项目设三层地下室,基坑深度 14.6 m,基坑竖向投影面积约 12465 m²,周长 456 m。

基坑北侧距离用地红线约 3.9~17.6 m,红线外是待建工地;东侧红线外 15 m 范围内是市政排水走廊,红线外 20 m 是青年路(城市主干道),地下室外墙线距离武汉地铁 2 号线轨道交通安全保护线约 9.5~15.8 m;南侧红线外为范湖路(城市次干道);西侧距离用地红线约 12.4~15.0 m,红线外是在建三层地下室基坑,桩撑支护结构。基坑周边环境见图 1,基坑支护全景见图 2。

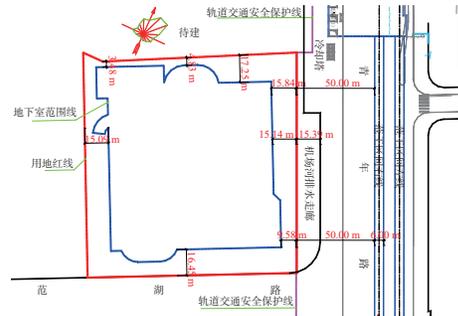


图 1 基坑周边环境图



图 2 基坑支护全景实拍图

2 工程地质情况

工程场地位于武汉市汉口城市中心,地貌上属长江 I 级阶地。基坑开挖范围内的岩土层分布及物理力学参数见表 1。本场地地下水类型分为二类:一类为赋存于(1)填土层中的上层滞水,一般受大气降水、地表排水渗透补给;另一类为赋存于(3)一(4)层砂类土中的孔隙承压水,与长江具有水力联系,受长江水位影响较大,勘察期间,测得承压水位埋深 3.70 m,对应标高 16.97 m。

表 1 岩土层分布及物理力学参数表

层号及名称	层面埋深/m	层厚/m	状态或密实度	重度/(kN·m ⁻³)	c/kPa	$\phi/(^{\circ})$
(1)杂填土		1.6~3.3	松散	18.0	8.0	18.0
(2-1)黏土	1.6~3.3	0.9~3.0	可塑	18.2	21.0	11.0
(2-2)淤泥质粉质黏土	3.1~5.2	2.0~5.2	流塑—软塑	17.5	15.0	7.0
(2-3)粉质黏土夹粉土	6.0~9.4	1.3~5.1	软塑—可塑	17.9	20.0	11.0
(3-1)粉细砂	9.4~11.4	1.6~8.8	稍密	18.2	0	25.0
(3-2)细砂	10.2~18.4	2.7~10.9	稍密—中密	18.2	0	29.0
(3-3)细砂	16.3~22.9	1.2~4.1	稍密	18.2	0	25.0
(3-4)细砂	18.5~25.7	7.5~14.9	中密	18.2	0	33.0
(3-5)细砂	31.7~43.0	0.5~9.8	中密—密实	18.2	0	33.0
(4)含砾中粗砂	39.0~43.0	1.3~4.5	中密	20.0	0	35.0
(5-1)强风化粉砂质泥岩	43.8~45.2	0.5~4.2	强风化			
(5-2)中等风化粉砂质泥岩	44.5~48.5	≥ 16.7	中等风化			
(6-1)强风化砂岩	44.3~44.9	0.5~1.9	强风化			
(6-2)中等风化砂岩	44.2~51.3	≥ 12.6	中等风化			

3 基坑支护难点及设计对策

3.1 基坑支护难点

本项目基坑工程呈现以下特点及难点。

(1)周边环境严峻:一倍开挖深度范围内有地铁保护线、重要排水走廊、市政管网等。需确保基坑开挖和存续期间地铁等市政设施变形满足相关要求。

(2)地层条件复杂:项目位于长江 I 级阶地,基坑侧壁分布淤泥质土,成桩成墙过程中极易塌孔。

(3)地下水丰富:基坑涉水且下卧含水层深厚,降排水问题需要考虑充分。

3.2 设计方案

从计算角度出发,本基坑可采用地连墙(三墙合一)+内支撑支护体系,辅以基坑降水;或采用支护桩+止水帷幕+内支撑支护体系,辅以基坑降水。但图审以及地铁评价都对本基坑提出了更高要求,要求设置落底式止水帷幕,辅以坑内降水,控制降水量以减少对周边环境的影响。通过调查周边工地的降水、出水量情况,采取以下方案:

(1)临近车站及区间隧道一侧加强围护结构刚度,设计中采用地连墙支护;

(2)临近车站及区间隧道一侧围护结构采用落底式地下连续墙,且进入中等风化岩层不小于 1 m,以确保隔水的效果,并尽量减小基坑降水对外环境的影响;

(3)采取措施确保地连墙施工过程中不发生塌孔事故,加强地下连续墙墙身止水,确保该侧不发生涌水漏砂事故。

针对以上意见,形成方案如下:临地铁侧(东侧)采用落底式地下连续墙,进入(6-2)中等风化砂岩不小于 1 m,墙体竖向长度约 44 m,且平面布置上落底连续墙向南北两侧各延伸 15 m;其余侧采用悬挂式地下连续墙(根据结构计算要求墙底仅进入(3-4)细砂层,墙体竖向长约 23 m)支护;为确保地下连续墙施工质量,墙两侧采用三轴水泥土搅拌桩进行槽壁加固预处理,亦可作为地连墙槽段接头处防渗措施。水平支护结构根据基坑形状设置 2 层圆环支撑。支护剖面见图 3、图 4。

由于不是全封闭式降水,依然按规范^[2]推荐的大井法理论计算基坑涌水量,故降水井数量按常规设计,未进行折减。本项目一共设计 19 口降水井,6 口观测井兼备用井。

4 工程实效

4.1 地下水控制情况

本项目跨汛期施工,降水高峰期一共开启 12 口井即可确保坑底干作业施工,开启井数只用到了设计

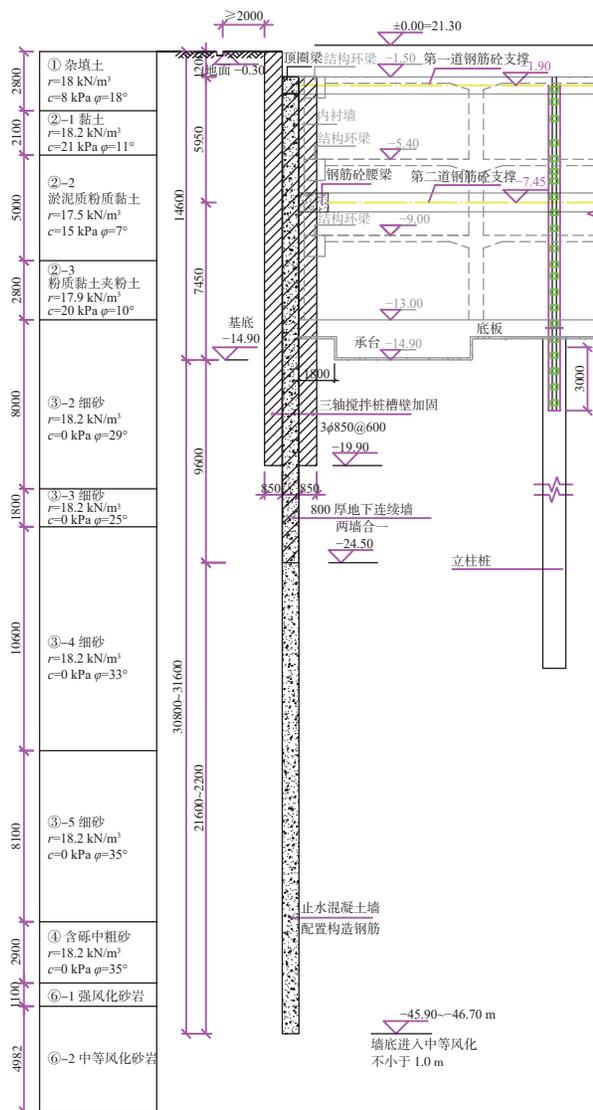


图 3 邻地铁侧基坑支护典型剖面图(单位:mm)

数量的 64%。分析原因有二:周边多基坑在同时施工,实际涌水量没有设计值大;部分落底式帷幕减少了地下水侧向补给。

4.2 基坑监测成果

基坑施工期间设置了多项监测内容,其中地下连续墙深层水平位移最大值为 15.18 mm,出现在基坑南侧,而靠近地铁侧(东侧)地连墙的深层水平位移最大值为 12.54 mm;边坡竖向沉降最大值为 14.97 mm,出现于基坑西侧,而靠近地铁侧(东侧)竖向最大沉降为 12.95 mm;周边道路沉降最大值为 10.93 mm,出现在基坑东南角市政次干道上,靠近地铁侧道路最大沉降为 10.91 mm;靠近地铁侧基坑土体分层沉降最大值为 5 mm;地铁区间收敛位移监测最大值为 2.2 mm;地铁道床沉降监测最大值为 2.41 mm,道床水平位移监测最大为 2.7 mm。以上所有监测点的累计变形量及变形速率均满足要求,基坑在施工期

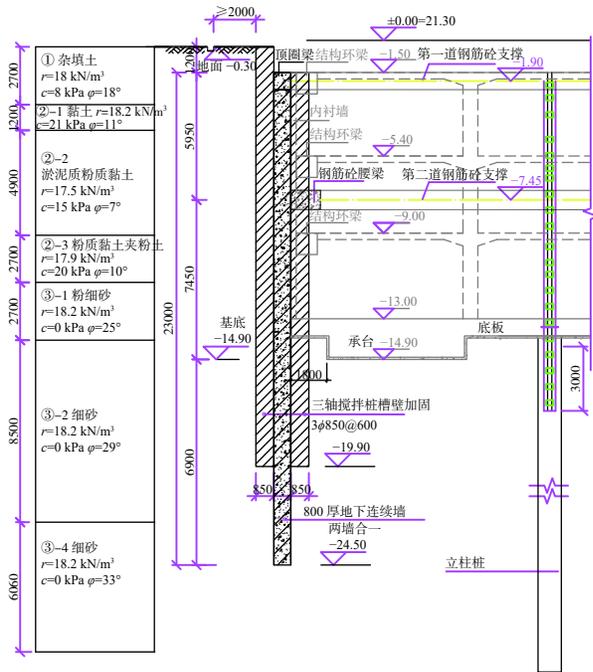


图4 其余侧支护剖面图(单位:mm)

间未产生异常变形,支护效果良好。部分监测项目时程曲线图见图5—图9。

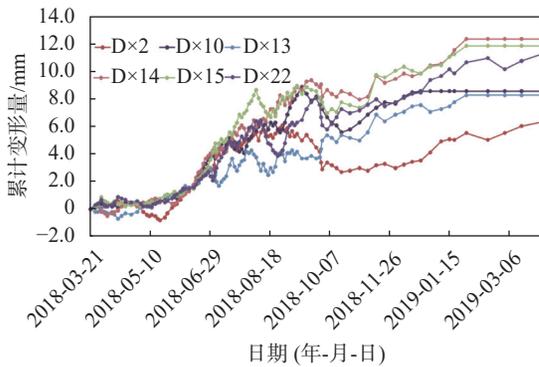


图5 地下连续墙水平位移时程曲线图

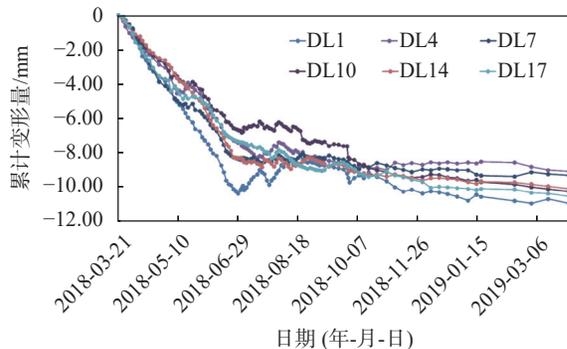


图6 基坑周边道路沉降时程曲线图

值得关注的是,分析了落底式和悬挂式止水帷幕(地连墙)基坑区域两部分的地面沉降、墙顶水平、竖向位移数据及周边道路沉降等,并未发现止水帷幕形式的不同引起基坑变形规律存在区域性较显著差异。相对于悬挂式止水帷幕区域,落底式止水帷幕基

坑区域的地面最大沉降仅减少 15% 左右(且数据较为离散),而周边道路沉降最大值基本相近。上述变形均在本基坑沉降允许范围内(靠地铁侧 30 mm,其余侧 40 mm)。

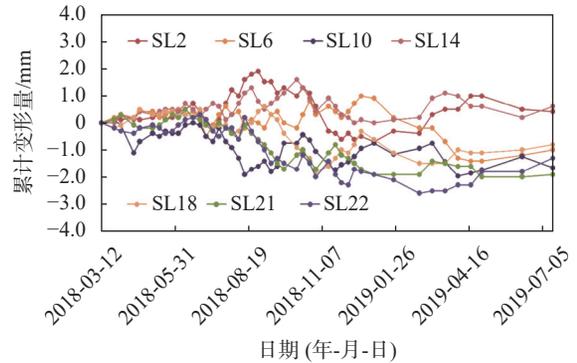


图7 地铁区间收敛时程曲线图

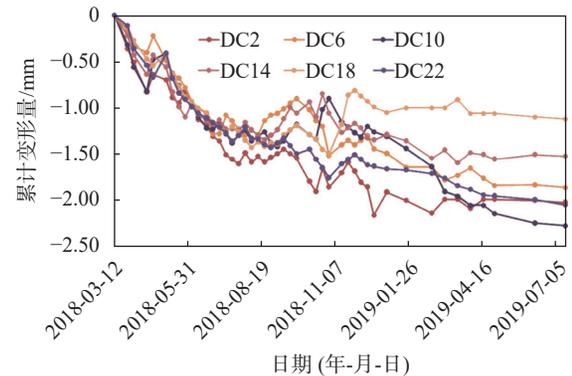


图8 地铁道床沉降时程曲线图

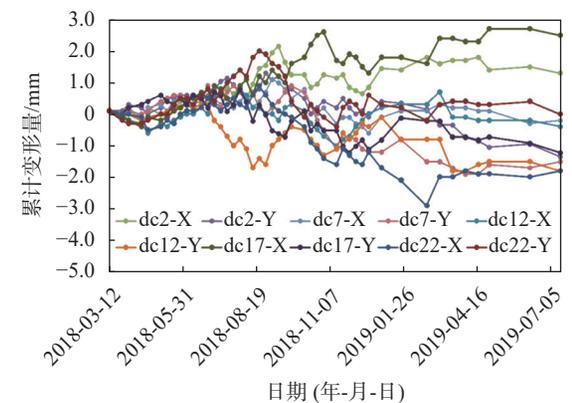


图9 地铁道床水平位移时程曲线图

5 结论

本案例采用半落底半悬挂式帷幕(地下连续墙),结合坑内降水,成功解决了地下水抽降对周边环境的影响问题。主要结论如下:

(1)落底式和悬挂式止水帷幕(地连墙)区域的基坑变形差异性并不显著。相对于悬挂式止水帷幕区域,落底式止水帷幕基坑区域的地面沉降减少 15% 左右,但整体沉降量均较小,均在地铁和周边环境对

沉降及变形的控制范围内。

(2)在三层地下室深基坑中帷幕采用部分落底(满足地铁相关要求),部分不落底,“以降疏为主,封堵为辅”的地下水治理理念,在确保安全的前提下,与全落底式帷幕相比可取得更大的经济收益。

参 考 文 献

- [1] 武汉市城乡建设委员会. 武汉市深厚软土区域市政与建筑工程地面沉降防控技术导则[S]. 2015.
- [2] 湖北省住房和城乡建设厅. DB 42/T159—2012 基坑工程技术规程[S].
- [3] 范士凯. 土体工程地质宏观控制论的理论与实践——中国工程勘察大师范士凯先生从事工程地质工作60周年纪念文集[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2017.
- [4] 李玉灿, 翟建伟. 分级帷幕止水技术在某船坞改造中的应用[J]. 岩土工程技术, 2019, 33(6): 358-360.
- [5] 高凤栋, 廖春华, 胡正亮, 等. CSM工法在天津软土地区超深基坑的应用[J]. 探矿工程-岩土钻掘工程, 2014, (5): 77-80.
- [6] 吴海艳, 林森斌. CSM工法在深基坑支护工程中的应用[J]. 路基工程, 2013, (2): 168-173.
- [7] 魏 祥, 梁志荣, 李 博, 等. TRD水泥土搅拌墙在武汉地区深基坑工程中的应用[J]. 岩土工程学报, 2014, (S2): 222-226.
- [8] 杨晓利. 悬挂式地连墙与落底式地连墙地面沉降和墙顶竖向位移规律对比实测研究[J]. 工程技术研究, 2019, (19): 26-28.
- [9] 杨 波, 刘国彬, 杨光照. 超深防渗帷幕性质研究及设计优化[J]. 岩土工程技术, 2004, 18(5): 267-270.
- [10] 马金普, 张庆昱, 贾立宏. 落底式竖向截水帷幕的研究与应用[J]. 岩土工程技术, 2006, 20(4): 179-182.
- [11] 曾庆国, 徐剑敏. 基坑开挖渗流对临近地铁影响的数值分析[J]. 岩土工程技术, 2013, 27(4): 184-187.
- [12] 王世岐, 孙华波, 赵 刚. 悬挂式截水帷幕深基坑内涌水量经验系数计算方法研究[J]. 岩土工程技术, 2018, 32(5): 251-254.
- [13] 张钦喜, 晁 哲, 张雪冬. 悬挂式帷幕基坑涌水量计算及插入深度影响效应研究[J]. 岩土工程技术, 2018, 32(3): 109-114.
- [14] 吕斌泉, 冯晓腊, 蔡娇娇, 等. 落底式止水帷幕条件下基坑涌水量计算研究[J]. 岩土工程技术, 2020, 34(1): 18-23.
- [15] 张钦喜, 宋亚通, 闫金波. 悬挂式止水帷幕涌水量计算数值模拟及验证[J]. 岩土工程技术, 2021, 35(4): 255-259.

收稿日期: 2021-09-14