

深基坑中钢板桩止水帷幕的设计与应用

胡亚东¹, 鲁颖², 贾亚平², 陈国主³

(1.北京市市政工程设计研究总院有限公司, 北京 100082; 2.广东首汇蓝天工程科技有限公司, 广东 广州 510075;
3.日本株式会社技研制作所 上海代表处, 上海 200120)

摘要:结合广东省某研究院生产研发大楼的水泥搅拌桩止水帷幕失效的工程实例,介绍了静压钢板桩新技术在施工条件苛刻、地质条件异常复杂等不利因素下的建筑基坑止水帷幕抢险工程中的独特优势,以及静压钢板桩止水帷幕的设计要点和施工流程。该技术的应用扩大了钢板桩的使用范围,也为今后类似工程提供了宝贵经验。

关键词:深基坑;支护;钢板桩止水帷幕;静压法

中图分类号: TU 753

文献标志码: B

文章编号: 1009-7767(2016)04-0159-04

Design and Application of Steel Sheet Pile Waterproof Curtain in Deep Foundation Pit

Hu Yadong, Lu Ying, Jia Yaping, Chen Guozhu

随着城市化水平的逐步提高,城市中的建筑用地日益紧张,广泛开发大量地下空间成为目前趋势所在。地下空间的开拓使得深基坑工程成为一大研究热点。在深基坑的设计与施工中,地下水的处理是一个非常重要的环节,调查分析表明,很多基坑事故都与地下水控制有关。从施工工艺上看,常用的基坑止水帷幕有高压喷射注浆止水帷幕、深层搅拌桩止水帷幕、压密注浆法止水帷幕、地下连续墙止水帷幕和冻结法止水帷幕^[1]。何永福等^[1]总结了以上几种常用的止水帷幕特点和适用范围;钱午等^[2]从隔渗性能、强度和稳定性等技术要求出发,提出了侧向止水帷幕和底部止水帷幕的设计方法和特殊技术措施;王德强等^[3]结合北京地区某复杂工程探讨了高压旋喷止水帷幕在深基坑支护中的应用。

相对于传统止水帷幕,钢板桩止水帷幕是一种新型环保工艺,它具有施工简便、工期短、止水效果好、时效性强、造价低、节约土地资源等优点,在2~3层地下室的基坑支护中,其综合优势尤其明显。吴宪^[4]介绍了单打法锁口钢板桩止水帷幕的施工技术;李仁民等^[5]结合太中银芦河特大桥桥墩围堰工程,阐述了深基坑浅嵌固钢板桩在红砂岩地质中的设计与应用。笔者结合广东省某研究院生产研发大楼的基坑止水帷幕失效案例,详细介绍了静压施工钢板桩止水帷幕的设计要点和施工流程,为具有类似工程条件的基坑工程提供一定的参考,同时显示了钢板桩止水帷幕良好

的应用前景。

1 工程概况

广东省某研究院生产研发大楼位于广州市萝岗开发区东区骏功路与开创大道北交汇处的西南侧,建业六路东侧。其基坑周长约322 m,面积约6 400 m²,西侧开挖深度约17.5 m、东侧约13.5 m。距离基坑西侧约3.5 m处存在1条砖砌市政管线沟,沟底埋深约1 m;距离基坑支护边线约2.2 m处存在1条建设单位内部电缆沟,该电缆沟在基坑南北侧接入建设单位南北大楼(详见图1),基坑南北侧均有已建多层预制管桩基础的建筑。基坑范围内土层主要特征参数见表1。

基坑支护原设计方案采用钻孔灌注桩加混凝土内支撑。

基坑北侧已开挖至设计标高并施工垫层,基坑西侧和南侧在开挖过程中出现严重漏水现象,施工单位随即在基坑外增加桩间旋喷桩进行补漏,但由于基坑渗水严重,水泥浆无法在桩间凝固并达到设计强度,导致该措施失效。基坑西北角、西南角以及南侧中部等位置涌水明显,造成西侧周边道路下沉,市政管线损坏,基坑处于被水浸泡状态。

2 方案选择

2.1 工程特点

根据规范规定和场地实际情况,项目部人员对现场进行调查后发现该工程有以下几个特点:

1)地下水位较高。

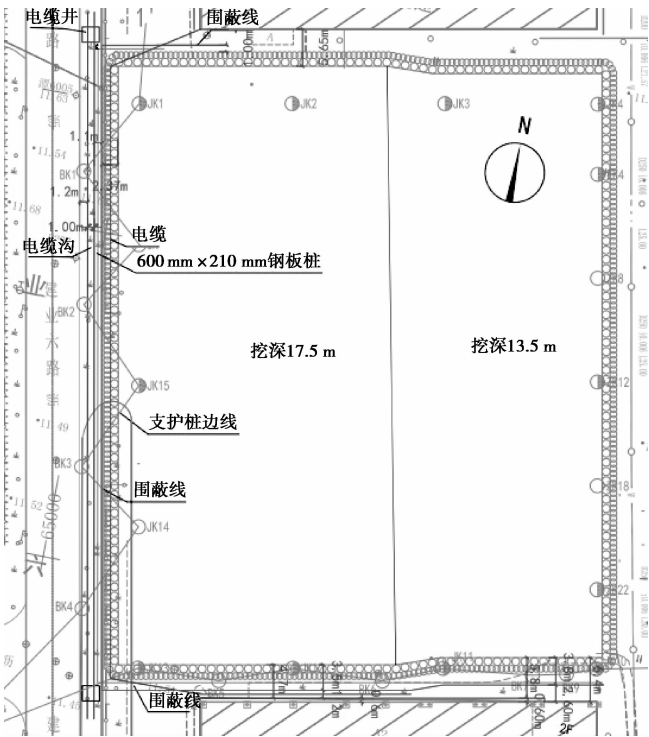


图1 场区平面图

表1 土层主要特征参数

岩土层名称	重度/ (kN/m ³)	直剪快剪		渗透系数/ (cm/s)
		黏聚力/ kPa	内摩擦角/ (°)	
①层素填土	18.0			
② ₁ 层粉质黏土	17.4	20.5	15.8	
② ₂ 层淤泥质粉质黏土	16.5	5.5	3.3	
② ₃ 层砾砂	19.5		29.0	1.8×10 ⁻²
② ₄ 层淤泥	15.7	5.8	3.4	
② ₅ 层粉质黏土	18.4	18.5	18.3	
② ₆ 层中粗砂	19.0		26.0	3.6×10 ⁻³
② ₇ 层粉土	18.4	15.6	21.0	
③层砂质黏性土	17.9	16.1	23.2	

- 2) 基坑开挖深度较深,最深处达到 17.5 m。
- 3) 地质条件复杂,花岗岩残积土中孤石发育;基坑南侧地下已与附近的河涌形成暗河,砂层流失严重;土层中含有钢筋、钢铝扳等不明建筑垃圾。
- 4) 基坑涌水点具体位置不确定。
- 5) 由于基坑长期泡水,某些部位涌水严重,导致基坑不确定部位上土层被掏空。
- 6) 施工作业面条件苛刻,基坑已开挖 10 m 左右,局部已挖至设计标高,坑内无法提供施工作业环境;周

边无大型施工机械的作业空间,南北侧贴近既有建筑,西侧紧邻建业六路且路面因砂土流失已塌陷。

2.2 方案种类与确定

为有效解决以上难题,可以选择的基坑支护方案有 2 种。

1) 方案 1: 采用静压施工 18~24 m 拉森钢板桩止水围堰。钢板桩具有施工简单、工期短、可重复使用等优点,同时钢板桩由锁口相互连接成墙,止水效果好。静压设备用日本技研 F201 静压植桩机。该机械体型小,可有效解决狭窄地段施工的问题,且该设备无振动、无噪声,不会对邻近居民、建筑及道路造成影响,同时还能视地质情况采用带螺旋钻的除芯压入或预掘压入,可有效解决砂砾石及岩层等不良地质压入难题。

2) 方案 2: 采用 MJS 工法加固土体形成止水帷幕。MJS 工法即全方位高压喷射法,能进行 360°全方位地基加固,对于周边环境及地基扰动影响极其微小,能实施大深度地基加固及水面下的施工,并且可以选择排泥场所。但在该工程中使用存在 3 个问题:一是基坑南北侧建筑均为预应力管桩基础建筑,而 MJS 工法喷射压力高达 40 MPa,高压喷射可能造成预应力管桩水平偏移,从而影响已有建筑的安全;二是由于地下涌水点位置和涌水量大小不确定,高涌水点可能会使水下水泥浆难以凝固,且 MJS 工法的造价也较高;三是南北两侧无作业空间供 MJS 工法机械施工。

综合分析可知,方案 2 在技术上存在难度且有可能影响已有建筑的安全,因此选用方案 1 施工。

3 钢板桩止水帷幕设计

3.1 钢板桩止水帷幕平面布置

根据基坑渗水情况,在基坑西侧、南侧及北侧部分区域施工 1 排钢板桩作为止水帷幕,具体范围:西侧全长约 97 m,南侧全长约 77 m,北侧靠近西侧约 10 m,总长约 184 m,具体见图 2。

3.2 拉森钢板桩截面特性

为保证止水效果,采用全新日本进口钢板桩 JFE-IV_w,其截面参数见表 2。

3.3 钢板桩桩长设计

根据场地土层情况,采用落地式帷幕。依据相关规范,落地式帷幕进入下卧隔水层的深度应满足式(1)要求,且不小于 1.5 m,即:

$$l \geq 0.2 \Delta h - 0.5b \quad (1)$$

式中: l 为帷幕进入隔水层的深度,m; Δh 为基坑内外的水头差值,m; b 为帷幕的厚度,m。

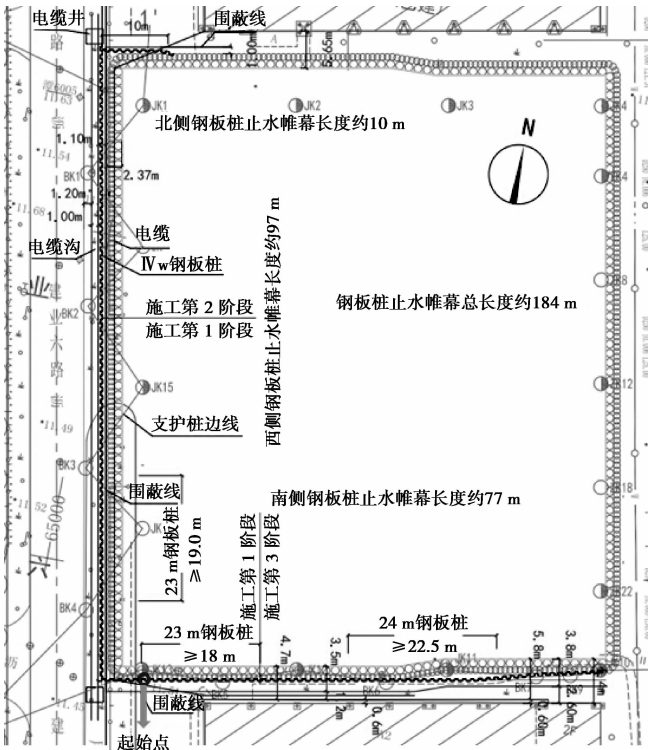


图2 钢板桩止水帷幕平面布置图

综合考虑现场实际情况和工程经验,最终确定钢板桩桩长按如下要求设计:

- 1) 钢板桩穿透中粗砂层,进入③层砂质黏性土约2 m;
- 2) 当钢板桩打入深度尚未达到设计标高即遇花岗岩层时,入岩0.5 m可停止压桩;
- 3) 根据业主与设计要求,在南侧靠近东侧约25 m范围内,采用动态施工,并根据止水效果适时调整施工范围。

计算结果显示,钢板桩设计长度为18.00~24.00 m,典型埋深示意图3。

4 施工

4.1 施工材料及施工设备

4.1.1 施工材料

根据地质情况,钢板桩止水帷幕采用JFE-IVw型钢板桩密扣成墙,分3个阶段施打,共计307根,桩长18~24 m。为确保钢板桩止水帷幕与现有搅拌桩止水帷幕在基坑外侧形成相对闭合的区域,需要将钢板桩止水帷幕两端嵌入现有搅拌桩内。

表2 JFE-IVw 截面特征表

型号(宽×高)/ mm	有效宽度/ mm	有效高度/ mm	腹板厚度/ mm	每米板面			
				截面面积/cm ²	理论质量/(kg/m ²)	惯性矩/cm ⁴	截面模量/cm ³
600×210	600	210	18.0	225.5	177.0	56 700	2 700

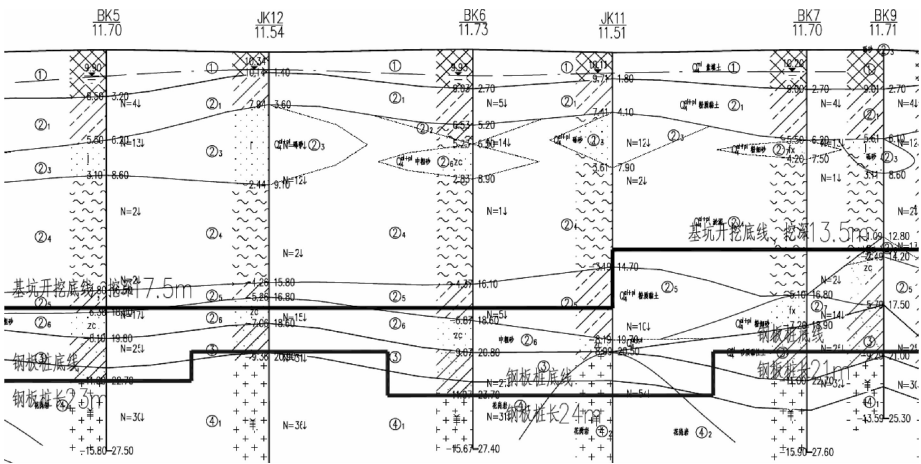


图3 基坑某侧开挖底线及钢板桩底埋深线剖面示意图

4.1.2 施工设备

根据工程的实际情况,考虑造价原因,压桩采用日本技研F201静压植桩机,拔桩采用不带螺旋钻辅助设备的SW150静压植桩机,主要的配套设施有260,130,50 t履带吊各1台及25 t汽车吊1台。

4.2 施工工艺流程(见图4)

4.3 钢板桩止水帷幕施工效果

按施工流程和设计桩长进行钢板桩静压施工至全部钢板桩施工完毕,基坑不再有渗水现象,说明该方案是成功的。
(下转第165页)

工结束阶段的应力值,见表2。

表2 既有隧道结构应力状态 MPa

阶段	应力形式	X 方向	Y 方向	Z 方向
初始阶段	拉应力			
	压应力	1.60	0.85	1.58
卸荷阶段	拉应力	0.03		
	压应力	1.24	0.56	1.01
回填阶段	拉应力	0.06		
	压应力	1.81	1.16	2.28

由表2可知,初始阶段既有隧道不承受拉应力,最大压应力为1.6 MPa;卸荷阶段既有隧道最大拉应力为0.03 MPa、最大压应力为1.24 MPa;回填阶段既有隧道最大拉应力为0.06 MPa,最大压应力为2.28 MPa。因此可以认为,无论处于哪种阶段和哪个方向,结构承受的拉应力、压应力均远小于混凝土抗拉、压强度,新建隧道施工不影响既有隧道的安全。

4 结语

栖霞山隧道长距离平行邻近既有隧道施工是整个项目中的高风险点,因此用有限元数值模拟方法,预测了施工结束后既有隧道最大沉降将为1.35 mm,水平向最大位移为0.18 mm,初始阶段、卸荷阶段或回

填阶段结构承受的拉应力、压应力均远小于混凝土抗拉、压强度,进而判断出既有隧道是安全的。但是,由于该工程目前尚未开工,所以预测结果还有待于进一步印证。MET

参考文献:

[1] 魏新江,魏纲,丁智. 城市隧道工程施工技术[M]. 北京:化学工业出版社,2011:3-4.
[2] SOLIMAN E, DUDDECK H, AHRENS H. Two-and three-dimensional analysis of closely spaced double-tube tunnels[J]. Tunnelling and underground space technology, 1993, 8(1): 13-18.
[3] HEFNY A M, CHUA H C, ZHAO J. Parametric studies on the interactions between existing and new bored tunnels[J]. Tunnel and underground space technology, 2004, 19(19): 471.
[4] 陈先国,高波. 地铁近距离平行隧道有限元数值模拟[J]. 岩石力学与工程学报, 2002, 21(9): 1330-1334.
[5] 吴波,刘维宁,高波,等. 地铁分岔隧道施工性态的三维数值模拟与分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(18): 3081-3086.
[6] 杜建华,高谦,宋卫东,等. 北京地铁隧道下切穿越1号线施工过程模拟研究[J]. 铁道建筑, 2008(5): 50-53.

收稿日期: 2016-01-13

作者简介: 杨红春,男,工程师,硕士,主要从事桥梁与隧道工程的设计与研究工作。

(上接第161页)



图4 钢板桩施工流程图

5 结语

该项目采用钢板桩作为深基坑止水帷幕,施工效果好、简便、造价低、工期短、时效性强且钢板桩可重复利用,不会对地下空间造成污染,是一种绿色环保的止水帷幕材料,具备良好的应用前景。广东省某研究

院生产研发大楼基坑开挖较深,涌水点不确定,地质条件复杂,施工场地受限,且附近有建筑物需要保护,采用静压施工钢板桩有效解决了以上问题,这对工程条件类似的深基坑支护工程具有一定的借鉴意义。MET

参考文献:

[1] 何永福,朱进军,张雨花. 深基坑止水帷幕的优化设计[J]. 常州工学院学报, 2008(Sup1): 119-121.
[2] 钱午,苏景中. 深基坑工程止水帷幕设计概要[J]. 土工基础, 1998(1): 8-13, 23.
[3] 王德强,曹淑敏,郑玉华. 高压旋喷止水帷幕在深基坑支护工程中的应用[J]. 建筑技术, 2007(2): 120-122.
[4] 吴宪. 单打法锁口钢板桩帷幕施工技术[J]. 门窗, 2014(4): 157-159.
[5] 李仁民,杨文俊. 深基坑浅嵌固钢板桩在红砂岩地质中的设计与应用[J]. 岩土工程学报, 2010(Sup1): 493-498.

收稿日期: 2016-01-25

作者简介: 胡亚东,男,助理工程师,硕士,主要从事岩土、水利及地下工程设计与施工工作。