

饱水砂层深基坑中悬臂式双排桩支护及地下水处理方法

闫贵海, 吴旭君, 杨志银, 杜甫志, 王宪章
(中国京冶工程技术有限公司深圳分公司, 广东 深圳 518054)

摘要:结合实例,对常用基坑支护及止水方法进行了比选,介绍了在饱水砂层深基坑中采用的悬臂式双排桩支护及高压旋喷止水帷幕技术。通过理论计算和监测数据分析了双排桩的支护效果,并探讨了高压喷射注浆止水技术在基坑支护中的应用。

关键词:饱水砂层;深基坑支护;悬臂式双排桩;高压旋喷桩;止水

中图分类号:TU473.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2013)04-0055-05

Cantilever Type Double-row Piles Retaining and Groundwater Treatment for Deep Foundation Pit in Saturated Sand/YAN Gui-hai, WU Xu-jun, YANG Zhi-yin, DU Fu-zhi, WANG Xian-zhang (Shenzhen Branch of China Jingye Engineering Co. Ltd., Shenzhen Guangdong 518054, China)

Abstract: With field cases, the comparison and selection were made on commonly used foundation pit support and water-stop methods; the introduction was made on the double-row piles retaining and high-pressure rotary jet grouting water-stop curtain in saturated sand deep foundation pit. Based on the theoretical calculation and monitoring data, the supporting effect was analyzed, and the application of high-pressure jet grouting water-stop technique was discussed.

Key words: saturated sand; deep foundation pit; type double-row piles; high-pressure rotary jet grouting pile; water-stop

1 概述

基坑渗漏、透水是影响基坑安全的重要因素,尤其在饱水砂层条件下,渗透系数大、水头高,基坑支护及止水方案的选择至关重要。支护形式的选择要结合土层特性、水文条件、周边环境、经济因素等多方面的考虑,常用的有土钉墙、桩锚支护、桩撑支护、地下连续墙等形式^[1]。方案选择时要充分考虑各工法的特点,如土钉墙开挖过程易渗水;桩锚支护在复杂地层下锚索成孔困难且对周边影响范围大、易超出用地红线;桩撑支护对基础工程桩施工有影响且在换撑拆撑等施工环节技术要求较高^[2];地下连续墙可以兼顾支护和止水,但工期长、造价高等等。相应的止水方案多为支护桩间的旋喷或搅拌止水帷幕^[3]。旋喷桩具有适用范围广、施工简便、加固体尺寸可调等优点;搅拌桩具有加固范围固定、加固体水灰比低等优点。二者形成的水泥加固体渗透系数低($10^{-6} \sim 10^{-7} \text{ m/s}$),是良好的止水材料,但受施工水平及地质条件限制,能否形成封闭完整的止水帷幕是影响止水效果的关键。本文结合珠海某工地实例,介绍了在饱水砂层中采用的悬臂式双排桩+旋

喷桩的深基坑支护方案。

2 工程概况

本工程位于珠海市,拟建 28 层酒店,3 层地下室,场地地面绝对标高为 +4.00 m,基坑底绝对标高为 -7.40 m,开挖深度为 11.40 m。基坑底边线总长 433.11 m,底面积 19551.6 m²。

2.1 土层特性

据地质勘察报告揭露,场地内与基坑开挖有关的地层自上而下依次为:

①杂填土:黑灰色,由花岗岩风化土、砾砂、建筑块碎石及生活垃圾组成,稍湿,稍压实,层厚 0.40 ~ 5.20 m,平均 1.88 m。

②砾砂:土黄、灰白色,成分主要为石英,次棱角状,分选性一般,饱和,稍密,局部中密。厚度 0.50 ~ 12.50 m,平均 4.22 m。

③砾质粘性土:局部有砂质粘性土以及有辉绿岩、辉长岩风化形成的粘性土,为棕黄色夹灰白色,原岩结构已破坏,很湿~饱和,硬塑状态,局部可塑。厚度 0.75 ~ 25.90 m,平均 7.59 m。

收稿日期:2013-01-05

作者简介:闫贵海(1985-),男(满族),辽宁人,中国京冶工程技术有限公司深圳分公司,岩土工程专业,硕士,从事边坡治理、基坑支护及地基处理方面设计施工工作,广东省深圳市南山区后海办公楼 6 楼, ygh2041@sina.com。

④全风化花岗岩:褐黄色夹灰白色,长石风化成分状,云母风化成片状,很湿,坚硬。厚度 0.50 ~ 22.90 m,平均 6.89 m。

⑤强风化花岗岩:黄褐、棕黄色夹灰白色,长石残晶呈角砾状,易碎;暗色矿物风化成分状、土状。揭露厚度 0.50 ~ 38.2 m,平均 13.10 m。

与基坑支护有关的各土层物理力学指标见表 1。

表 1 各土层物理力学指标

地层代号	岩土名称	密度或状态	重度 γ / (kN·m ⁻³)	粘聚力 c_{eq} / kPa	内摩擦角 φ_{eq} / (°)	承载力 f_{ak} / kPa	压缩模量 E_s / MPa
①	杂填土	松散	18.0	10.0	15.0		
②	砾砂	稍密	19.0	5.0	30.2	180	6.0
③	砾质粘性土	硬塑	18.5	18.0	18.0	260	5.2
④	花岗岩	全风化	19.0	20.0	20.0	380	6.0
⑤	花岗岩	强风化	19.2			500	8.0

2.2 地下水条件

场地含水层主要为冲积砾砂层,渗透性强,赋水性好,所含地下水为孔隙潜水,其上为填土覆盖,隔水底板为花岗岩风化残积土。风化花岗岩裂隙发育,期间赋存网格状裂隙水。砾质粘性土和全风化花岗岩透水性较差,均为弱透水层,为相对隔水层。地下水主要接受大气降水及周边含水层的越流补给。场地地下水位深度为 0.00 ~ 1.30 m,相当于绝对标高为 2.70 ~ 4.00 m 之间。地下水对混凝土、钢筋混凝土结构中的钢筋无腐蚀性。

2.3 周边环境

基坑东侧为主干市政道路,距离地下室外墙约 25 m,路边分布排污管涵等市政管线,埋深约 1.5 m;南侧为某高层住宅楼小区,距离地下室外墙约 20 m;北侧及西北侧紧邻在建高层住宅区,相隔 10 ~ 25 m。平面布置见图 1。

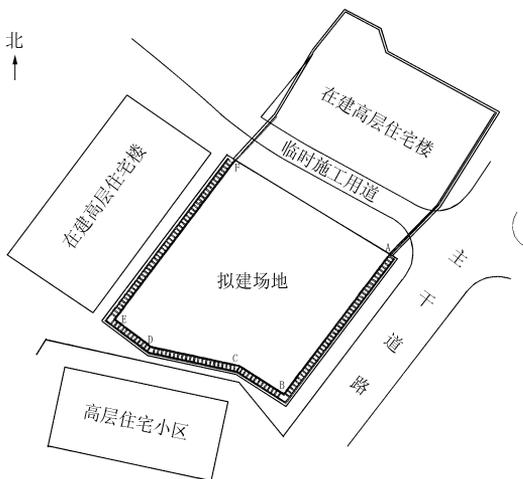


图 1 场地平面布置图

3 基坑支护设计

3.1 支护方案

支护方案的选择要综合考虑场地地质条件、开挖深度、周边环境、基坑安全、经济、施工效率等诸多因素,结合勘察资料对常用的基坑支护类型进行比选。

(1)土钉墙支护。土钉墙具有造价低、施工简单等优点,但放坡需要占用一定场地,开挖容易形成渗流,所适用基坑深度小,可以结合场地条件作为上部填土层的支护形式。

(2)桩锚支护。桩锚支护在本地区应用广泛,施工技术成熟,但本基坑边线与周边道路管线及北侧高层住宅楼施工的管桩相距较近,锚索成孔施工易造成管线破损、管桩击穿等问题;同时路面下饱水砂层易沿着孔洞形成渗流,造成路面沉降;另一方面本工程工期较紧,而锚索张拉需要间隔一定的时间。

(3)桩撑支护。桩撑支护可以避免对周边设施的影响,但由于支撑梁的影响,静压桩基在基坑底部难以施工;拆撑换撑工序复杂,无法满足工期要求。

(4)地下连续墙。地下连续墙具有整体性好、刚度大、变形小、止水效果好等优点,可同时承担支护和止水的作用,也常兼做地下室外墙;但地下连续墙施工工期长、造价高、技术复杂,且常需与支撑或锚索联合作用,不经济。

经过分析认为,本工程在场地外可利用的空间不大,因此考虑采用悬臂式支护形式,具有不需设置支撑、施工快速、基坑内为开放式大空间等优点。同时从安全角度出发,双排桩比单排桩整体刚度较大、支挡性能好、侧向变形小^[4]。

通过开挖工况下的内力分析发现,在悬臂式双排桩支护结构中,前后排桩通过刚性连梁连接形成一个空间超静定结构来支挡土体。计算模型及内力包络图见图 2(上排括号内为前排桩数据,下排括号内为后排桩数据)。其中前排桩承受弯矩最大,约为后排桩最大弯矩的 4 倍;而前排桩最大弯矩出现在基坑内侧,约为外侧的 1.5 倍;后排桩最大弯矩出现在基坑外侧,约为内侧的 22 倍;基坑抗倾覆稳定系数为 1.37,满足规范要求。分析可见,悬臂式双排桩可以满足本基坑的支护要求,同时前排桩主要承担土压力,后排桩兼起支挡和拉锚的双重作用,二者在桩径选择和钢筋配置上可以根据作用的不同有所侧重。 $\varnothing 1200$ mm 和 $\varnothing 1000$ mm 的钻孔桩可以满足前后排桩的配筋要求(具体配筋参见图 3)。

综合分析后具体支护形式如下:在基坑东侧、南侧、西侧采用悬臂式双排桩 + 高压旋喷止水桩支护

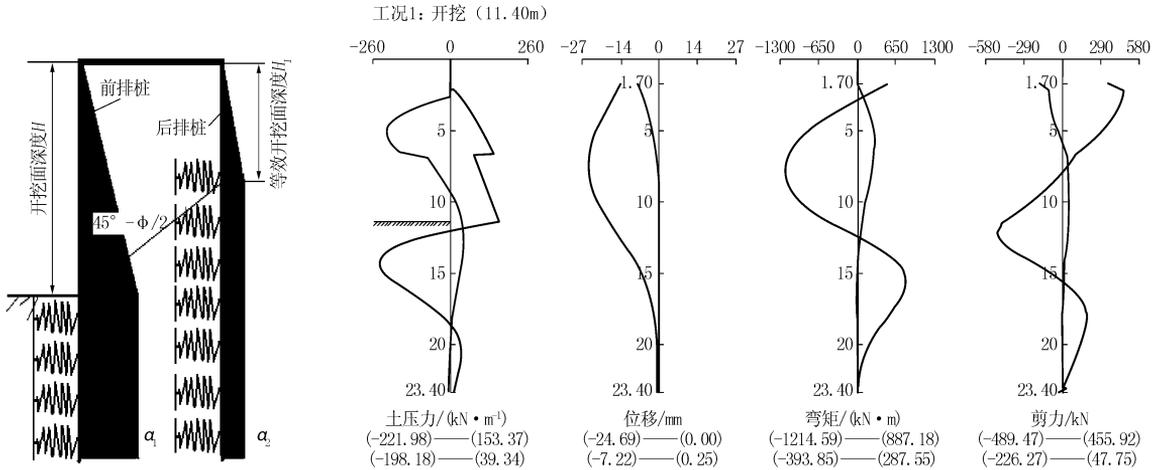


图2 计算模型及内力包络图

形式;东北侧与相邻在建基坑贯通。前排支护桩采用 $\text{Ø}1200@1600$, 桩端嵌入坑底 12.0 m;后排支护桩采用 $\text{Ø}1000@2000$, 桩端嵌入基坑底 12.0 m;双排桩

排距为 3.8 m, 采用 $1000 \times 800@3200$ 连梁连接, 与桩间土体共同构成支护体系。支护剖面见图 3。

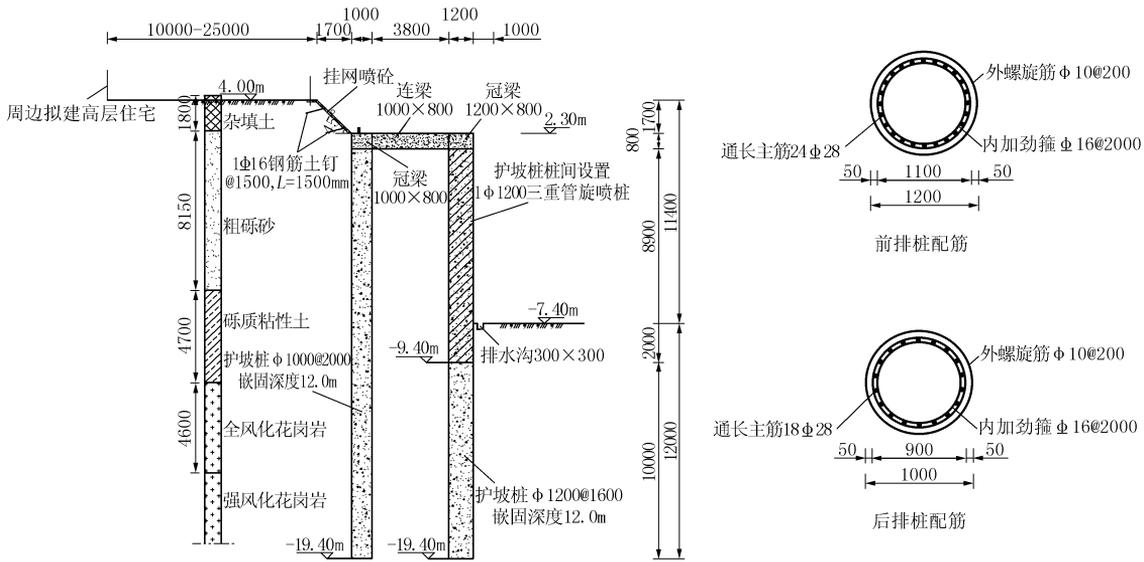


图3 支护剖面及双排桩配筋图

3.2 止水方案

结合土质条件对如下 3 种止水方案进行比较分析。

(1) 深层搅拌桩。饱和砂性土利于深层搅拌桩水泥水化固结, 但砾砂层对搅拌施工不利, 局部难以钻进到设计位置, 影响成桩质量及止水效果。

(2) 高压摆喷止水墙。高压喷射在砂性土中喷射效果良好, 但摆喷形成止水墙易造成墙体厚薄不均, 在钻孔附近区域易形成薄弱墙体, 一旦渗漏补救困难。

(3) 桩间高压旋喷止水帷幕。高压旋喷土层适应性好, 施工技术成熟, 成桩质量有一定保证, 与支

护桩可以相互配合形成完整封闭的止水帷幕, 在局部地质条件复杂地段出现渗漏也便于修补。

经过综合对比, 采用三重管高压旋喷注浆法进行基坑止水。前排支护桩间采用 $1\text{Ø}1200$ 三重管旋喷桩形成止水帷幕, 桩端进入基坑底以下 2.0 m。平面布置见图 4。主要参数如下:

高压清水射流: 喷嘴直径 2.2 mm, 压力 ≥ 30 MPa, 流量 60 ~ 70 L/min;

环状压缩空气: 压力 0.5 ~ 0.7 MPa, 流量 2 ~ 3 m³/min;

中低压水泥浆: 压力 ≥ 1.0 MPa, 流量 80 ~ 100 L/min, 喷嘴提升速度 8 ~ 10 cm/min, 回转速度 8 ~

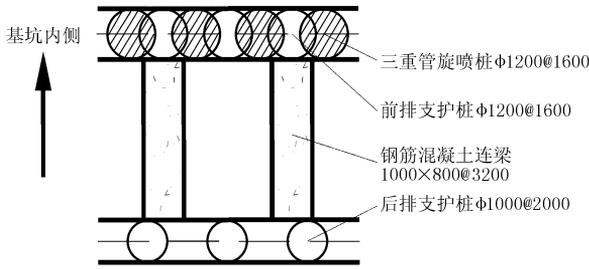


图4 旋喷桩平面布置示意图



图7 喷注发泡剂



图8 疏堵结合

10 r/min。

4 桩间漏水处理

4.1 问题分析

在施工开挖过程中,整体支护及止水效果良好,但在局部区域出现漏水漏沙(见图5、图6)。经过分析及现场勘查,发现主要是由于钻孔护坡桩局部塌孔桩径扩大,造成止水桩导孔偏位,进而影响旋喷效果。

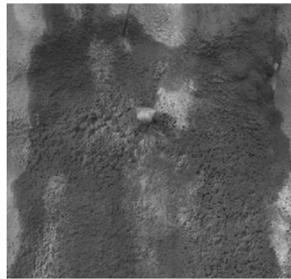


图9 封闭引流管



图5 墙体渗漏



图6 桩间孔洞

15个周边建筑沉降观测点和3个地下水观测点。基坑水平位移变化曲线见图10,基坑沉降变化曲线见图11。根据实测的数据显示,基坑西侧水平位移

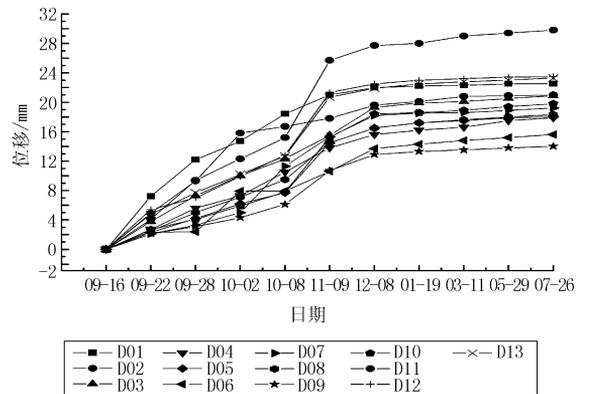


图10 基坑支护顶部位移监测曲线

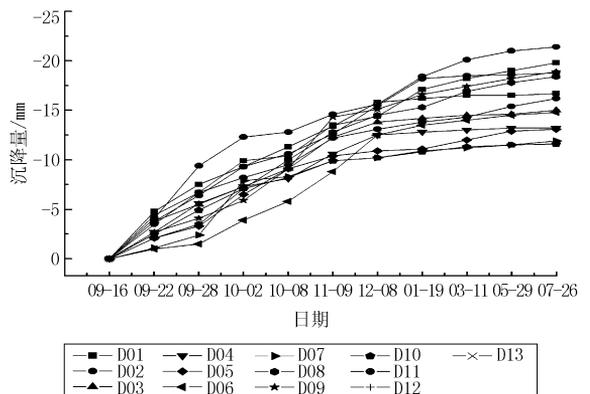


图11 基坑支护顶部沉降监测曲线

4.2 解决措施

针对现场情况,根据渗流大小及位置采用不同处理方式。渗流较小时,采用封堵法,及时喷注发泡剂,利用快速膨胀凝固的特性,将渗流通道封堵,见图7;当渗流较大时采用疏堵结合方式,在渗水区域根据流量大小插入不同数量和直径的引流管,同时用袋装水泥封堵漏洞(图8),漏洞较大时,外围竖插钢管支护并灌注水泥浆,待漏洞封堵成功后,外围挂网喷砼,再封闭引流管(图9),形成闭合止水帷幕^[5]。

经过现场及时处理,排除了渗漏险情,封闭了止水帷幕,保证了基坑及周边建筑的安全。

5 基坑监测结果

本工程采用信息化施工,在双排桩支护周边布设13个位移及沉降观测点、8个深层位移观测点、

较大,最大达到29.8 mm,西侧的沉降也达到最大的21.4 mm,分析原因是由于坑外道路作为周边工地施工道路,往来机械车辆超载所致,但整体位移仍在报警值范围内,满足预期变形控制目标。

基坑开挖至坑底后,支护结构位移及沉降观测曲线逐渐趋于平稳。周边建筑最大沉降为1.8 mm,位于基坑南侧高层住宅小区处,分析原因是由于止水帷幕渗漏较大,及时封堵后,沉降趋于平稳。周边主干道路及管线没有出现沉降、裂缝、断裂等问题,证明支护结构稳定,止水帷幕闭合,基坑支护效果良好。基坑开挖现场情况见图12。



图12 基坑开挖现场图

6 结语

悬臂式双排桩在珠海地区的基坑支护应用中尚属首例,本工程在保证质量和工期的同时,减少了对周边环境的影响,取得了良好的支护效果,对该工法在周边地区的推广应用具有较好的借鉴作用。

(1)悬臂式双排桩基坑支护形式施工方便、快速,不需设置支撑,既能节省场地内空间,也可以减少对周边环境的影响,适用于施工范围狭窄的场地条件,结合合理的止水方案,对饱水砂层深基坑的支护效果十分理想。

(2)在双排桩支护结构中,前排桩主要承担土压力;后排桩兼起支挡和拉锚的双重作用;二者通过刚性连梁连接形成一个空间超静定结构,并形成交变内力,能自动调整内力来适应开挖过程的荷载变化;实践中应根据前后排桩的受力特点,合理调整桩径、桩距及配筋。

(3)旋喷桩在饱和砂土环境中的止水效果良好,但成桩质量受施工水平和地质条件影响较大,在开挖过程中常出现局部的漏水漏沙现象,要结合实际,做到有漏必堵、疏堵结合,确保止水帷幕的完整闭合。

参考文献:

- [1] 刘建航,侯学渊. 基坑工程手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1997.
- [2] 陈冲. 大型基坑内支撑体系爆破拆除技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(2).
- [3] 刘永红,姚爱军,周龙翔. 地基处理[M]. 北京:科学出版社,2005.
- [4] 林鹏,王艳峰,范志雄,等. 双排桩支护结构在软土基坑工程中的应用分析[J]. 岩土工程学报,2010,32(S1):331-333.
- [5] 蔡文盛. 基坑围护结构渗漏的堵漏技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(S1).

(上接第54页)

孔壁、优化泥浆指标等措施防止孔壁坍塌,保证钻孔灌注桩施工的顺利进行。

(4)灌注混凝土时应谨慎操作,提高桩身密实度。成桩后应提高桩基检测比例,判断桩身混凝土完整性,对于严重缺陷桩进行处理。

(5)对于基坑裸露时间长、以摩擦为主的钻孔灌注桩,应优先考虑冲击等方法施工,成桩后通过静载等方法确定单桩承载力。

参考文献:

- [1] 张飞,李镜培. 考虑流-固耦合效应的基坑水土压力计算[J].

工程勘察,2011,(2):1-6.

- [2] 许兰兰,周深鑫. 南京悦庆大厦深基坑支护设计与施工[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(1):55-58.
- [3] 王洋,汤连生,杜赢中. 地下水渗流对基坑支护结构上水土压力的影响分析[J]. 中山大学学报(自然科学版),2003,42(2):107-110.
- [4] 龚晓南,高有潮. 深基坑工程设计施工手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1998.
- [5] 宁晋生,郭建国,习胜强. 承压水地层钻孔灌注桩施工工艺浅析[J]. 探矿工程,2003,(6):8-12.
- [6] 刘国彬,王卫东,等. 基坑工程手册(第二版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2009.
- [7] 周红军. 旋挖钻进技术适用性的初步研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(8):39-45.