

The Application of Mixed Occlusal Row Piles in Deep Foundation Pit and Groundwater Control under Special Soil Layer

Haiming Xiong¹ Lei Jiang²

1.Shenzhen Survey and Surveying Institute (Group) Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518028, China

2.Shenzhen City Shenzhen Engineering Consulting Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518028, China

Abstract

Based on a practical project in Guangdong province, this paper briefly analyzes the application of occluded row piles in the control of groundwater in deep foundation pit under the special soil condition from the aspects of scheme design and cost accounting, the conclusions are as follows: ① Under the condition of complicated surroundings and special soil layers such as domestic refuse and industrial refuse, the measures of water interception should be adopted for the control of groundwater in deep foundation pit, the method of occluding row piles is suitable for water interception of foundation pit. ② The occlusal row piles are divided into two types: equal diameter pile and mixed pile, compared with the equal-diameter occluded row piles, the mixed occluded row piles can save 7.17% of the cost and have better water-stop effect.

Keywords

special soil; occluded row piles; water interception measures; mixed occluding

混合咬合式排桩在特殊性土层条件下深基坑地下水控制的应用

熊海明¹ 姜磊²

1. 深圳市勘察测绘院（集团）有限公司，中国·广东 深圳 518028

2. 深圳市深勘工程咨询有限公司，中国·广东 深圳 518028

摘 要

论文以广东地区某一实际工程为依托，从方案设计、成本核算等方面对咬合式排桩在特殊性土层条件下深基坑地下水控制的应用进行简要分析，得出以下结论：①周边复杂且以生活垃圾、工业垃圾等特殊性土层条件下深基坑地下水控制宜采用截水措施，通过比选分析，基坑截水措施宜采用咬合式排桩方案。②咬合式排桩分为等直径和桩径不一致（混合）的平面布置方式，通过经济对比分析及现场实际控水情况，混合咬合式排桩相比等直径咬合式排桩节省造价7.17%，且止水效果较好，基坑内壁未出现漏水现象。

关键词

特殊性土层；咬合式排桩；截水措施；混合咬合

1 引言

随着城市建设的高速发展，地下空间的利用率越来越高，基坑工程日益增多，中国广东沿海地区存在有特殊性土层（建筑及生活垃圾层较厚）条件下的深基坑工程，此类深基坑工程不仅周边环境复杂，而且地质条件也不简单，局部区域特殊性土层（由于历史原因，拟开发地块建筑及生活垃圾长期堆积）较厚，支护结构一般采用桩撑或桩锚形式，且需采取相对应地下水控制措施。

桩撑或桩锚支护形式控制变形好，安全可靠，主体支护结构一般不会出现大问题，此时地下水控制至关重要。地下水控制应根据工程地质和水文地质条件、基坑周边环境要求及支护结构形式选用截水、降水、集水明排方法或其组合^[1]。降水会对基坑周边建（构）筑物、地下管线、道路等造成危害或对环境造成长期不利影响时，应采用截水方法控制地下水。基坑截水应根据工程地质条件、水文地质条件及施工条件等，选用水泥土搅拌桩帷幕、高压旋喷或摆喷注浆帷幕、地下连续墙或咬合式排桩，其中工程地质条件对基坑截水措施选择影响非常大^[1]。

咬合式排桩作为截水措施适用性比较广，可应对相对

【作者简介】熊海明（1986-），男，中国湖北咸宁人，硕士，从事岩土工程研究。

复杂的工程地质条件^[2]，且截水效果较好，但成本相对较高，成本控制在工程建设中比较关键，需在保证安全的前提下节约成本。

论文以广东地区某一实际工程为依托，从方案设计、成本核算等方面对咬合式排桩在特殊性土层条件下深基坑地下水控制的应用进行简要分析，提出混合咬合式排桩作为截水措施不仅止水效果好而且经济方面略占优势，为类似基坑工程的设计和施工提供一点工程经验。

2 工程概述

2.1 工程概况

根据提供主体资料，地下室底板厚 0.4m，垫层按 0.1m 考虑，本基坑支护高度约 8.2~12.4m（考虑垃圾换填时的超挖深度），支护总周长约为 447.5m，支护面积约 12184m²。

基坑支护 ABC 侧：地下室外墙距离用地红线 2.0m，红线外为社区公园，该侧基坑影响范围内无建筑物，管线距离用地红线较近，距离用地红线最近管线为供电管线，约 6.6m；基坑支护 CDE 侧：地下室外墙距离用地红线 5.0m，红线外 30m 为已建工业厂房（3 层），红线外 44m 处有一栋 12 层的钢筋砼框架结构建筑，污水管道距离用地红线约 18.5m；基坑支护 EFG 侧：地下室外墙距离红线 5.0m，红线外约 19.0~21.0m 为市政路，供电管线距离用地红线约 19.5m；基坑支护 GA 侧：地下室外墙距离红线为 8.0m，红线外 11.8m 为居民区建筑（5 层），雨水管线距离用地红线约 1.7m。

根据周边环境条件及相关规范^[1-2]的规定，本基坑支护设计安全等级如下：基坑支护安全等级为一级，基坑环境等级为二级，基坑使用期限 24 个月。基坑周边环境如图 1 所示。

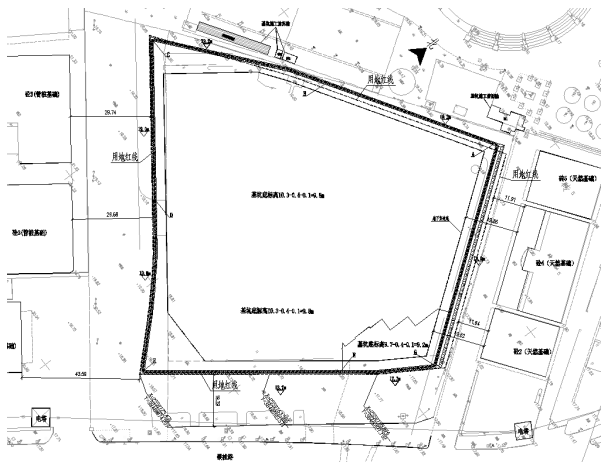


图 1 基坑周边环境图

2.2 工程地质条件

根据勘察报告，场地内土层厚度分布及特征如表 1 所示，部分土层基本物理力学参数如表 2 所示。

3 基坑支护设计及地下水控制

3.1 基坑支护设计

3.1.1 本基坑特点

- ①地质条件复杂，杂填土较厚，平均 9.63m，主要为生活垃圾、工业垃圾，其下存在淤泥质土等软土层需换填，加大基坑深度。
- ②基坑深，最大深度为 12.4m，为超深基坑。
- ③周边环境复杂，基坑靠近道路、建筑物、地下管线，需严格控制基坑变形^[3]。

表 1 部分土层厚度分布及特征表

土层编号	土层名称	土层（平均）厚度	土层特征
<1>	杂填土	层厚 4.00~13.10m，平均 9.63m	灰褐、灰黄、浅灰色，以生活垃圾、工业垃圾为主，稍湿，松散
<2-1>	粉质黏土	层厚 1.60~8.40m，平均 4.93m	黄红、浅红、灰黄色，成分以粉粘粒为主，夹砂，土质均匀性较好，粘性较强，湿，可塑
<2-2>	淤泥质土	层厚 0.70~5.00m，平均 2.12m	灰黑、深黑色，土质有微腥臭味，饱和，流塑
<2-3>	黏土	层厚 0.60~6.00m，平均 3.32m	黄白、浅黄、灰白、浅灰褐色，土质均匀性较好，粘性较强，湿，可塑
<2-4>	中砂	层厚 1.30~5.90m，平均 3.18m	灰黄、灰白色，砂质分选性尚好，饱和，稍密
<3>	砂质粘性土	层厚 1.10~23.30m，平均 9.19m	灰黄、褐黄、灰褐色，残积成因，原岩结构已全部破坏，原岩矿物全部已风化，局部夹风化硬土块，湿，硬塑
<4-1>	全风化花岗岩	层厚 1.60~9.20m，平均 5.53m	灰黄、灰褐色，原岩结构已大部分破坏，原岩矿物大部分已风化，局部夹强风化质硬块、岩屑，湿，坚硬

表 2 基本物理力学指标

土层名称	土的 重度（kN/m ³ ）	锚杆极限黏结强度标准值（kPa）		黏聚力（kPa）	内摩擦角（°）
		一次注浆	二次注浆		
杂填土	17.0	16	30	9	4
粉质黏土	18.3	45	62	25.9	11.4
淤泥质土	16.7	17	23	9.7	3.1
黏土	18.5	40	55	25.2	11.4
中砂	19	60	86	0.1	28
砂质粘性土	18.7	68	90	32.3	20.9
全风化	19.5	86	135	37.2	26.1

3.1.2 基坑支护结构

考虑上述基坑特点, 通过从技术、经济、便利性、工期、施工可行性等方面综合分析比较多种基坑支护型式, 拟采用“支护桩 + 锚索”的支护结构, 详见图 2。

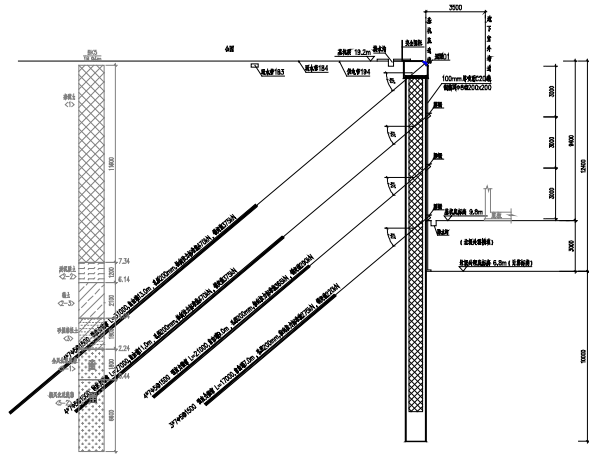


图 2 典型支护剖面图

3.2 地下水控制

3.2.1 基坑地下水控制分析

地下水控制应根据工程地质和水文地质条件、基坑周边环境要求及支护结构形式选用截水、降水、集水明排方法或其组合。降水会对基坑周边建（构）筑物、地下管线、道路等造成危害或对环境造成长期不利影响时，应采用截水方法控制地下水。

该基坑周边环境复杂，ABC 侧红线外为社区公园，该侧管线距离用地红线较近，最近供电管线距离约 6.6m；CDE 侧红线外 30m 为已建工业厂房（3 层），红线外 44m 处有一栋 12 层的钢筋砼框架结构建筑；EFG 侧红线外 19.0~21.0m 为市政路；GA 侧红线外 11.8m 为居民区建筑（5 层），雨水管线距离用地红线约 1.7m。基坑靠近周边道路、建筑物、地下管线，需严格控制基坑变形，降水后地下水位下降，会对环境造成不利影响，故采用截水方法控制地下水。

3.2.2 基坑截水方案比选分析

基坑截水应根据工程地质条件、水文地质条件及施工

条件等，选用水泥土搅拌桩帷幕、高压旋喷或摆喷注浆帷幕、地下连续墙或咬合式排桩。

工程地质条件对基坑截水措施选择非常重要，本场地存在特殊性土层，即杂填土，以生活垃圾、工业垃圾为主，且土层较厚，平均厚度 9.63m，根据上述土层，基坑截水方案比选分析如表 3 所示。

综合分析，在以生活垃圾、工业垃圾为主的杂填土中水泥搅拌桩不能成桩、高压旋喷桩成桩效果极差，很难形成密封的止水帷幕，地下连续墙虽可行且止水效果好，但造价较高，咬合式排桩可行且止水效果较好，相比较而言，造价适中，因此本基坑截水措施采用咬合式排桩方案。

4 混合咬合式排桩

4.1 旋挖桩施工技术要求

①旋挖桩桩径 1.2m，桩顶超灌 0.5m，桩顶凿毛后设置冠梁，桩身砼采用 C30 砼。

②旋挖桩施工前应进行试桩，试桩数量应根据工程规模及施工场地地质情况确定，且不宜少于 2 根。

③旋挖桩可采用泥浆护壁成孔或干成孔，护筒埋设深度不宜小于 1.5m。

④旋挖桩施工应采取隔桩（跳挖）施工，在相邻桩混凝土龄期超过 24 小时后方可成孔施工。

⑤咬合桩施工应符合相关规范要求，宜采用全套管跟进的“软咬合”工艺，分为配钢筋笼混凝土桩（B 桩）及不配钢筋笼的素混凝土桩（A 桩），A 桩和 B 桩混凝土强度采用 C30 水下混凝土，其中素混凝土桩施工时为了桩与桩之间咬合效果，需要采用 60~80h 的超缓凝状态。

⑥咬合桩施工顺序为 A1 桩→A2 桩→B1 桩→A3 桩→B2 桩→A4 桩……

4.2 咬合式排桩平面布置比选

4.2.1 等直径咬合式排桩布置

为方便现场施工，咬合式排桩中 A 桩和 B 桩一般采用桩径一致的平面布置方式，等直径桩 A 桩和 B 桩之间需搭接 0.25m，A 桩、B 桩各自间距全部为 1.9m，如图 3 所示。

表 3 基坑截水方案比选分析

序号	截水方案	方案可行性分析	是否考虑
1	水泥搅拌桩	搅拌桩机械在以生活垃圾、工业垃圾为主的杂填土中无法施工，无法成桩	否
2	高压旋喷桩	高压喷射出的水泥浆在以生活垃圾、工业垃圾为主的杂填土中无与之胶结的介质混合，从而导致成桩效果极差	否
3	地下连续墙	地连墙开槽机械可在以生活垃圾、工业垃圾为主的杂填土中开槽成墙，止水效果好，但成本很高	否
4	咬合式排桩	旋挖桩机械可在以生活垃圾、工业垃圾为主的杂填土中开孔成桩，止水效果较好，成本适中	是

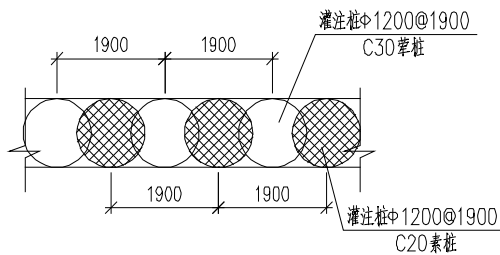


图3 等直径咬合式排桩布置图

4.2.2 混合咬合式排桩布置

混合咬合式排桩采用桩径不一致的平面布置方式，其中 B 桩直径为 1.2m，A 桩直径为 0.8m，大小直径桩 A 桩和 B 桩之间可搭接 0.2m，A 桩、B 桩各自间距全部为 1.6m，如图 4 所示。

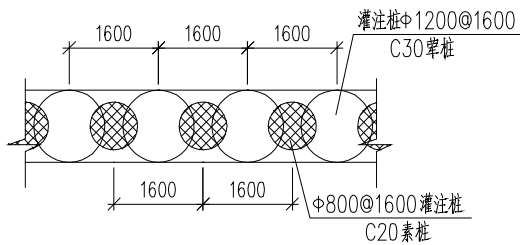


图4 混合咬合式排桩布置

4.2.3 咬合式排桩经济比选分析

针对上述两种咬合式排桩平面布置形式，结合当时当地的造价定额估算综合单价，咬合式排桩经济比选分析如表 4 所示。

综上表分析，等直径咬合式排桩素桩和荤桩总价为 1490.77 万元，混合咬合式排桩素桩和荤桩总价为 1383.93 万元，两者相差 106.9 万元，混合咬合式排桩相比等直径咬合式排桩节省造价 7.17%，混合咬合式排桩在后期现场施工过程中止水效果较好，基坑内壁未出现漏水现象。

表 4 咬合式排桩经济比选分析表

	等直径咬合式排桩		混合咬合式排桩	
	荤桩 B 桩	素桩 A 桩	荤桩 B 桩	素桩 A 桩
支护长度(m)	447.5			
桩间距(m)	1.9		1.6	
桩数	236	236	280	280
桩长(m)	20.0			
桩体积(m ³)	5324.2	5324.2	6322.5	2810.0
综合单价(万)	0.17	0.11	0.17	0.11
合价 1(万)	905.11	585.66	1074.82	309.10
合价 2(万)	1490.77		1383.92	
差值(万)	106.9			
百分比	7.17%			

5 结论

混合咬合式排桩在主要以生活垃圾、工业垃圾等特殊土质条件下深基坑地下水控制的成功应用，从方案设计、成本核算等方面进行了简要分析，得出以下结论：

①周边复杂且以生活垃圾、工业垃圾等特殊土质条件下深基坑地下水控制宜采用截水措施，通过比选分析，基坑截水措施宜采用咬合式排桩方案。

②咬合式排桩分为等直径和桩径不一致（混合）的平面布置方式，通过经济对比分析及现场实际控水情况，混合咬合式排桩相比等直径咬合式排桩节省造价 7.17%，且止水效果较好，基坑内壁未出现漏水现象。

参考文献

[1] 中华人民共和国行业标准编写组.JGJ 120—2012 建筑基坑支护规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2012.

[2] 中华人民共和国行业标准.JGJ/T396—2018 咬合式排桩技术标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2018.

[3] 马志同.咬合桩和排桩在基坑支护中的应用分析[J].建筑工程,2011(8):326-327.