



土岩组合地层双排桩深基坑支护技术

林佑高¹, 唐桥梁²

(1. 中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510230;

2. 中国港湾工程有限责任公司, 北京 100027)

摘要: 通过总结某核电厂取水闸门井深基坑支护工程, 论述了土岩组合地层基坑支护方案选型, 介绍了双排桩支护设计及计算要点、基坑降水排水要点、监测项目布置以及基坑实际使用效果等。得出: 土岩组合地质条件的基坑应进行分层支护, 在上、下基坑间应预留一定的岩土体平台, 在上部为砂层及珊瑚礁(块)混砂、下部为强(中)风化岩的基坑中采用无支撑双排桩结合止水帷幕的方案是可行的。

关键词: 土岩组合地基; 深基坑; 支护; 双排桩

中图分类号: TU 753.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)02-0185-04

Double-row piles support technology for deep foundation excavation in rock-soil combinational ground

LIN You-gao¹, TANG Qiao-liang²

(1. CCCC - FHDI Engineering Co., Ltd, Guangzhou 510230, China; 2. China Harbour Engineering Company Ltd., Beijing 100027, China)

Abstract: By reviewing the deep foundation excavation case for a gate shaft connecting with the water intake tunnel of a nuclear power plant, this paper describes the scheme choosing of foundation excavation supports in rock-soil combinational condition, and also introduces key points of design and calculation for double-row piles supports, key points for dewatering and drainage of foundation excavation, monitoring item, and final actual performance of the foundation excavation. The result shows that the foundation excavation in topsoil and subrock can be supported in two layers, a platform should be arranged between the topsoil and subrock, double-row piles with no strut combined with cutoff is suitable for the rock-soil combinational ground with topsoil of sand and coral reef fragment, underlayer of moderate or highly weathered rock.

Key words: rock-soil combinational ground; deep foundation excavation; support; double-row piles

某核电厂取水闸门井位于取水明渠和取水隧洞之间。闸门井基坑底高程分为-12.0 m和-18.6 m两种, 施工前先将场地整平至4.0 m, 基坑开挖深度分别为16.0 m和22.6 m; 同时, 根据现场要求, 需要在取水闸门井后方为取水隧道的施工增加工作面, 故在闸门井后方10 m的范围内进行明挖, 与闸门井基坑结合起来, 开挖底高程-18.14 m, 深度22.14 m。另外, 考虑到场地开挖料出运通道

的需要, 基坑适当往海侧明渠位置外扩, 围闭面积扩大至10 593 m², 整个基坑由闸门井基坑和取水明渠基坑(底高程-5.0 m)组成。

1 工程地质和水文地质条件

1.1 工程地质条件

根据地质报告, 基坑所在位置的主要岩土层如下:

收稿日期: 2013-11-12

作者简介: 林佑高(1973—), 男, 教授级高级工程师, 从事土木工程(港口与航道、岩土工程)的勘察、设计、咨询及管理工作。

①₁层中砂(Q₄^m):灰黄色,稍湿-饱和,松散-中密,层厚0.3~5.6 m。

①₂层珊瑚礁(块)混砂(Q₄^m):灰色,饱和,松散-稍密,局部中密,主要由珊瑚礁块、珊瑚礁砾、珊瑚礁碎屑及生物碎屑组成,礁块、礁砾含量60%~90%,礁石粒径2~30 cm,大者大于100 cm。砂主要由珊瑚礁碎屑及生物碎屑组成,含量10%~40%。层厚2.4~6.6 m。

④₂强风化黑云母花岗岩(γ β 53(2)),厚度3.2~6.7 m,岩体基本质量等级为V级。

④₃中风化黑云母花岗岩(γ β 53(2)),岩体基本质量等级为IV级。

1.2 水文地质条件

勘区水文地质条件较简单,地下水类型分为第四系孔隙潜水和基岩裂隙水两大类。基岩裂隙水以风化裂隙水为主,全一强风化岩体与第四系地层形成了完整的地下含水系统。闸门井基坑所在场地与大海连通,①₁层中砂、①₂层珊瑚礁(块)混砂富水性好,透水性强。

2 基坑支护方案设计

2.1 支护方案选型

本工程基坑安全等级为1级,基坑侧壁重要性

系数为1.1,综合考虑基坑开挖深度、环境条件、工程地质、水文地质条件和渣土出入的需要等,靠海侧明渠基坑采用放坡开挖,靠陆侧闸门井基坑采用直立式开挖支护。

闸门井基坑所在位置为典型的土岩组合地基^[1-2],基坑支护采用上、下2层分别支护的方案,其中上基坑开挖深度为9.5 m,主要岩土层为中砂、珊瑚礁(块)混砂和强风化岩,可考虑的方案有桩-撑支护或者桩-锚支护、双排桩等;下基坑开挖深度为13.1 m,主要为中风化岩,采用喷锚支护。上基坑如采用桩-锚支护体系或双排桩支护技术,则基坑内部无任何障碍物,非常适合开挖施工作业。

对于桩-锚支护体系,经计算锚索(杆)的最大长度需超过30 m,且由于上部土层主要为珊瑚礁(块)混砂,锚索(杆)施工具有极大的风险,对工程安全不利;对于桩-撑支护,由于基坑尺度大,支撑不具备条件。因此,经综合考虑,上基坑支护结构采用风险可控的双排桩支护结构。

由于场地地质较好,中风化岩面比下基坑底面高,因此上基坑双排桩可不嵌入下基坑底面。为了确保嵌入段的土压力平衡,在上、下基坑的连接部位,留设一定宽度的平台。

图1~3为基坑支护平面及典型断面图。

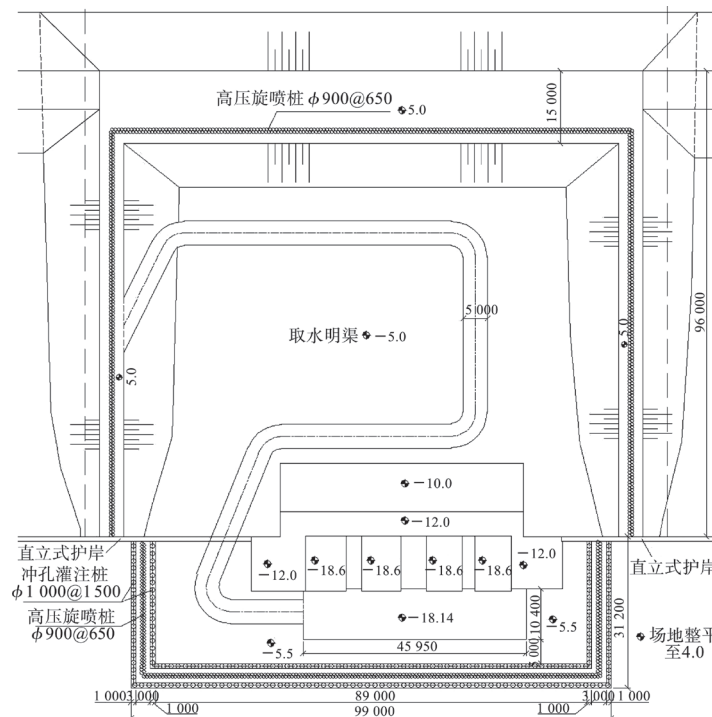


图1 基坑支护平面图

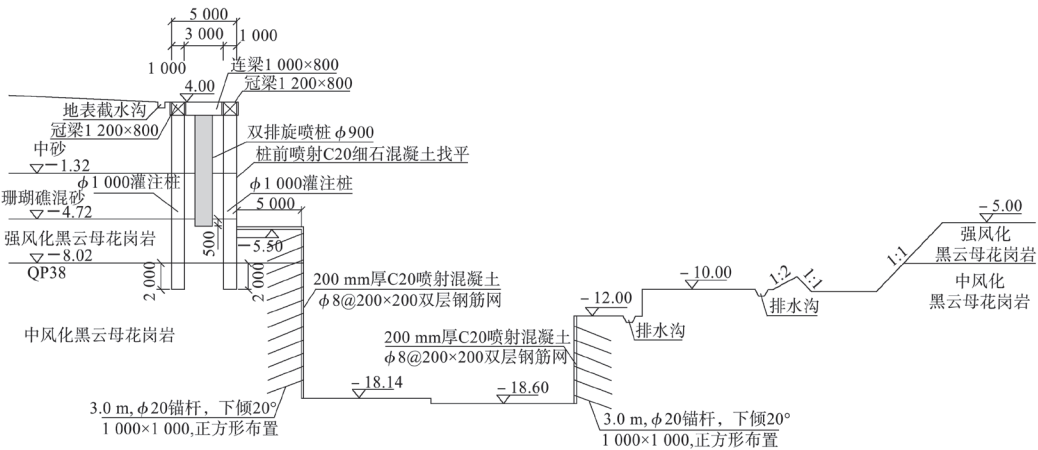


图2 基坑支护断面 I

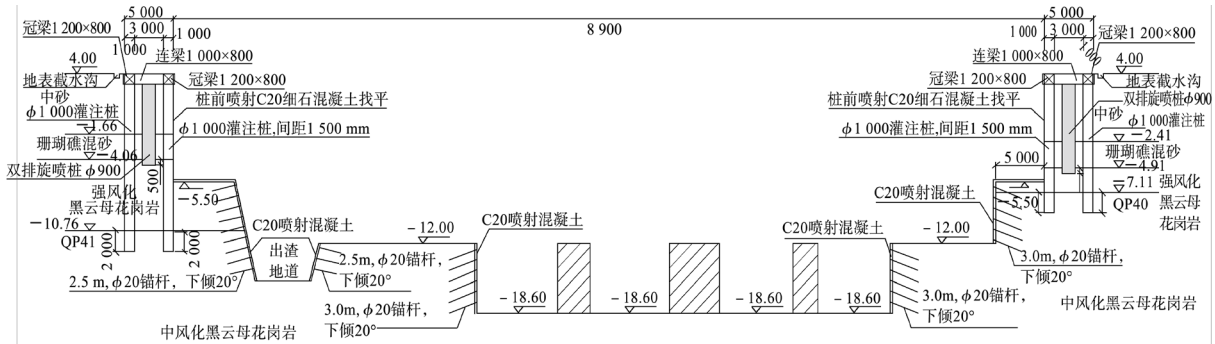


图3 基坑支护断面 II

2.2 双排桩支护方案^[3-4]

上基坑采用双排桩支护结构, 主要由前排桩、后排桩、桩顶冠梁及连梁组成, 根据地质条件和止水需要, 加设止水帷幕。设计时需加强桩顶梁及连梁的连接及刚度, 以提高支护结构的整体性, 改善其内力分布。

1) 前、后排桩。

前、后排桩采用冲孔灌注桩, 桩径1 000 mm, 间距1 500 mm, 桩间净距500 mm, 前后排桩中心距4.0 m, 双排桩平面布置见图4。灌注桩的嵌固深度须同时满足以下两个条件: ① 嵌固深度不低于3.5 m, 即底高程不应高于-9.0 m; ② 桩底嵌入中风化岩2 m以上。桩身采用C30混凝土, 混凝土配比应满足水下浇灌的要求。灌注桩混凝土浇注高度应高于设计高程0.5 m以上, 在冠梁施工前凿除桩头。

2) 冠梁和双排桩连梁。

冠梁沿围护桩顶布置, 截面尺寸1 200 mm × 800 mm, 双排桩连梁间距1.5 m, 截面尺寸1 000 mm × 800 mm, 混凝土强度等级C30, 保护层厚度40 mm。连梁与前后排桩、冠梁锚固在一起, 形成刚性结点。

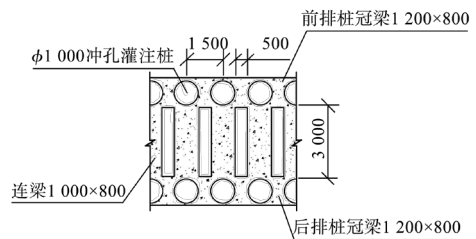


图4 双排桩平面布置大样

3) 止水帷幕。

在前、后排桩中间设置双排高压旋喷桩作为止水帷幕。旋喷桩采用双重管工艺, 桩径900 mm, 每排相邻两桩搭接250 mm, 两排桩中心线距离450 mm, 深度按进入强风化岩层0.5 m控制。采用强度等级为42.5 MPa的普通硅酸盐水泥。旋喷桩28 d无侧限抗压强度不低于1.5 MPa, 渗透系数不大于 1×10^{-6} cm/s。高压旋喷桩的水泥掺入比可暂按20%控制, 即水泥用量约230 kg/m。施工时, 水泥用量、水灰比、喷头提升速度等均应通过配合比试验和试验性施工进行确定。

4) 预留平台。

上下基坑之间的台阶宽度(预留平台宽度)为5.0 m。

2.3 下基坑支护方案

下基坑的岩土层主要为强、中风化岩层,采用锚喷支护。

岩石爆破采用光面爆破,爆破开挖后进行锚喷支护施工。锚杆采用全长粘结型水泥砂浆锚杆,锚杆杆体为直径20 mm的二级螺纹钢,单根长度3 m,正方形布置,间距为1 m×1 m,倾角20°。锚杆施工时,钻孔直径不应低于36 mm,以保证锚杆钢筋保护层厚度不低于8 mm。锚杆用水泥砂浆的强度等级不低于M30。

喷射混凝土前在岩面挂设 $\phi 8@200 \times 200$ 钢筋网,采用双层配筋,然后喷射混凝土。混凝土采用C20混凝土,厚度不低于200 mm,喷射混凝土与围岩的粘结强度不低于0.5 MPa。

2.4 降水排水

基坑排水主要分为坑外排水和坑内排水两部分。在基坑止水体系形成后,需先抽出围闭范围内的海水。为了防止地表水流入基坑,在围护桩轮廓线外侧0.5 m左右设置截水沟,并设置集水井,将截水排至工程区外。在基坑底部设排水明沟,坑内设置集水井,使基坑的渗水和施工废水汇入其中,再用水泵抽出地表,排至工程区外。施工时边开挖边加深排水沟和集水井,保持沟底低于基坑底不小于0.5 m,集水井低于沟底不小于0.5 m。雨季施工时,必须加强排水措施,及时引排水,确保工程安全和设备的正常运用,做到大雨后能及时复工。

2.5 主要设计计算

双排桩结构设计时采用平面杆系结构弹性支点法进行计算,连梁则按照深受弯构件计算。后排桩后主动土压力基本按照朗肯土压力理论进行计算;对于灌注桩前方的被动土压力,则按照文献[5]中的方法,采用平面型滑裂面假定,建立挡土结构与其前土体间的水平作用力函数,求得该函数的最小值从而获得被动土压力;桩间土采用土的侧限约束假定;桩顶与连梁按照刚接考虑;桩底按照土反力弹性支座考虑。计算结果见表1。

表1 双排桩结构的受力情况

结构	最大弯矩/(kN·m)	最大剪力/kN
前排桩	995	650
后排桩	1 034	445
连梁	1 034	183

双排桩支护结构的抗倾覆验算及整体稳定性验算与单排旋臂桩类似,不同的是,双排桩的抗倾覆稳定验算将双排桩与桩间土整体作为力的平衡分析对象,考虑土与桩自重的抗倾覆作用。

2.6 基坑监测

本基坑按安全等级为2级进行监测,设计布置的监测项目有:地表沉降、水平和竖向位移、桩体深层水平位移、地下水位、土体深层水平位移、侧向土压力及围护结构内力测点等。

3 结语

1) 在土岩组合的地质条件下,如岩层较厚,且岩性较好,应充分发挥岩层的作用,基坑支护可采用上、下两层基坑的方案。即上部较差的岩土层采用常规的方法进行支护,如灌注桩或地下连续墙等;下部较好的岩层则采用喷锚支护,以达到确保安全、节省投资、缩短工期的目的。

2) 本工程的实践表明,类似地质条件的基坑工程,在上、下基坑间预留一定的岩土体平台是必要的,既可以减少上基坑挡土结构的嵌入深度,从而节省造价;又能确保安全。但同时应结合岩性变化选定预留平台尺度。

3) 在上部为砂层及珊瑚礁(块)混砂、下部为强(中)风化岩的基坑中采用无支撑双排桩结合止水帷幕的方案是可行的。

4) 对双排桩支护结构,应重视加强桩顶梁及连梁的连接及刚度,以增强支护结构的整体性,改善其内力分布。

参考文献:

- [1] 李华杰,史晓军,孙刚. 岩土结合地质条件下深基坑工程施工技术[J]. 青岛理工大学学报, 2008(3): 111-114.
- [2] 林佑高,王坤,谢万东. 土岩组合地质条件下超深基坑支护技术[J]. 施工技术, 2013(S1): 48-50.
- [3] JGJ 120—1999 建筑基坑支护技术规程[S].
- [4] JGJ 120—2012 建筑基坑支护技术规程[S].
- [5] 陈晓文,曹洪,田华锋. 挡土结构前非水平面时嵌入段被动土压力的确定[C]//中国岩石力学与工程学会第七次学术大会论文集. 北京:中国岩石力学与工程学会, 2002: 778-781.

(本文编辑 武亚庆)