



# 高喷止水帷幕在珊瑚礁中的应用

谢万东

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510230)

**摘要:** 介绍高压旋喷桩在具有较高孔隙度和较强透水性的珊瑚礁基坑止水中的应用情况, 论述了在这种特殊地质情况下采用高喷注浆进行止水的可行性, 并通过实例进行了验证, 为解决珊瑚礁地层的防渗提供了一些有用的经验。

**关键词:** 高压喷射注浆; 珊瑚礁; 防渗止水; 基坑

中图分类号: TU 473.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)02-0194-03

## Application of jet grouting for water sealing in coral reef

XIE Wan-dong

(CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510230, China)

**Abstract:** This paper introduces the application of rotary jet grouting for water sealing of a coral reef layer with high porosity and high permeability and expounds the feasibility of water sealing in such coral reef ground conditions by jet grouting method, which is verified by the real engineering case and thus provides reference for water sealing on similar coral reef ground conditions.

**Key words:** jet grouting; coral reef; water sealing; foundation pit

某核电厂排水隧道闸门井基坑位于海滨地带, 开挖深度范围内有厚度4~6 m的珊瑚礁。珊瑚礁的工程性质较为特殊, 具有一定的结构强度、孔隙度大、密度低。目前, 在珊瑚礁地基中进行防渗止水的工程实例很少。

高压喷射注浆法具有适用土类广、加固效果好、施工占地空间小等优点, 在基坑开挖、围堰、水坝等的止水防渗中已有大量应用<sup>[1]</sup>。

本文结合某核电厂排水隧道闸门井基坑开挖的实例, 介绍了高压喷射注浆法在珊瑚礁中进行防渗处理的情况, 总结了一些在类似地质条件下防渗处理的经验。

### 1 工程概况

核电厂排水隧道闸门井基坑位于海陆交接地带, 开挖面积约10 050 m<sup>2</sup>, 开挖深度一般为

16.1 m, 在闸门井位置开挖深度29.4 m, 同时为闸门井及其前方的排水箱涵施工服务。在排水箱涵两侧, 基坑采用放坡开挖; 在闸门井后方, 基坑采用双排冲孔灌注桩支护。

### 2 工程地质及水文地质条件

#### 2.1 工程地质条件

场地地层分布较为简单, 大致可分为3层:

1) 回填砂、原状中粗砂、砾砂, 松散-中密状态, 厚度8~9 m。2) 珊瑚礁混砂, 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。珊瑚礁碎屑及生物碎屑含量10%~40%, 厚度4~6 m。珊瑚礁混砂层的天然密度为1.35 t/m<sup>3</sup>, 孔隙比为0.98, 粒径小于0.005 mm的黏粒含量约为3.3%, 重型动力

收稿日期: 2013-11-12

作者简介: 谢万东(1984—), 男, 工程师, 主要从事岩土工程方面的工作。

触探试验的锤击数平均值约4.9击, 珊瑚礁块抗压强度平均值约9.2 MPa。3) 强、中、微风化黑云母花岗岩。

## 2.2 水文地质条件

闸门井基坑所在场地与大海联通, 透水性好, 常年地下水位在地表以下约4 m的位置。珊瑚礁混砂层富水性好、透水性强。

## 3 防渗止水设计和施工方案

### 3.1 设计和施工方案的选择

由于珊瑚礁工程性质特殊, 且在类似地基上进行防渗止水的工程经验不多, 故能否在珊瑚礁中成功进行防渗止水成为各方关注的焦点, 也成为了本工程的一个难点<sup>[2-3]</sup>。

根据过往工程的经验, 针对礁石、礁盘的特点, 曾有人采用钻机将其钻(磨)碎, 再用高压单管法旋喷注浆进行处理, 但未成功; 也无法采用静压注浆法处理, 因为水泥浆无法冲开土层, 更不能切开礁石<sup>[2]</sup>。经研究, 结合当地的施工机械设备, 决定采用二重管法的高压旋喷桩进行处理, 主要原理是: 使用双通道的二重注浆管, 钻进到土层的预定深度后, 通过在管底侧面的一个同轴双重喷嘴, 以高压泥浆泵等高压发生装置喷射出压力20 MPa左右的浆液, 从内喷嘴高速喷出, 并用0.7 MPa左右的压力把压缩空气从外喷嘴中喷出<sup>[4-6]</sup>。在高压浆液及其外圈环绕的气流共同作用下, 破坏土体的能量显著增大, 最后在土中形成较大的固结体。对于块径较大的珊瑚礁块, 采用密集布孔的方法, 使水泥浆液将其包裹起来, 也就是用水泥浆液将珊瑚礁块中的孔隙填充起来, 从而达到止水防渗的目的。

### 3.2 设计参数

为保证止水效果, 将旋喷桩的设计桩径适当减小, 取600 mm, 桩体双排布置, 相邻两桩的搭接宽度取200 mm, 间距为400 mm, 见图1。旋喷桩采用强度等级为PO42.5 MPa的普通硅酸盐水泥, 28 d无侧限抗压强度不低于1.5 MPa, 桩体渗透系数不大于 $1 \times 10^{-6}$  cm/s。

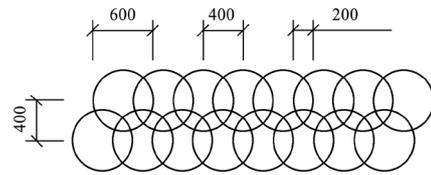


图1 旋喷桩止水帷幕搭接

## 3.3 施工工艺及技术措施

### 3.3.1 施工质量控制措施

1) 对旋喷桩进行精确定位, 保证桩体的搭接宽度满足要求; 2) 钻机就位时, 控制钻机的垂直度和平整度, 防止斜孔; 3) 采用二重管法施工, 钻孔过程中采用1:0.8的水灰比, 旋喷时采用1:1的水灰比; 4) 控制钻进旋喷深度, 以满足要求; 5) 高压旋喷提升过程中, 拆除钻杆的时候, 再次向下插入50 cm, 防止旋喷过程中桩体竖向搭接长度不够, 造成断桩的现象。

### 3.3.2 试桩施工

在大范围施工前, 进行了试验性施工, 试桩数量为3根, 主要施工参数为: 空压机压力0.7 MPa; 高压泵压力25~30 MPa; 喷嘴提升速度18 cm/min; 喷嘴旋转速率20 r/min; 水泥掺入量265~446 kg/m。

试桩后对桩头以下3 m的范围进行了开挖, 实际成桩直径为600~700 mm; 同时在相邻两桩的中间位置进行了钻孔抽芯检测, 结果显示珊瑚礁块有一定程度的破碎, 并被水泥浆充分包裹, 密实性较好, 水泥浆与珊瑚礁块形成了整体, 具有较好防渗止水的作用。

由于试桩时水泥掺入量最大达446 kg/m, 即掺入比达到93%, 远远超出常规经验, 如按此施工, 将大幅增加费用。经分析后认为水泥掺入量大的主要原因是: 1) 成孔过程中水泥浆浓度过高; 2) 珊瑚礁层厚度大, 导致钻进时间过长, 导致喷浆时间也长。故决定将水泥掺入量减少到260 kg/m; 在成孔过程中减少水泥用量; 等成孔后、旋喷前, 再增加水泥用量; 同时加快钻进速度。据此再次进行试桩, 结果显示相邻两桩中间位置的珊瑚礁块与水泥浆也是充分包裹的, 满足防渗止水的要求。

### 3.3.3 大范围施工及整体防渗效果

根据试桩情况,将水泥掺入量减少至260 kg/m,进行大范围的旋喷桩施工,基坑防渗墙平面总长度约375 m,施工时间约1.5个月。

由于工期极为紧凑,防渗墙施工后,未进行防渗效果的检验即开始基坑开挖。在开挖过程中,采用随开挖深度增加逐步降低地下水的方法。整个施工过程期间,利用两台小型潜水泵间歇性抽水即可满足降水要求。

基坑开挖及坑内闸门井和箱涵施工期间,除因降雨因素外,基坑侧壁上暴露在外的珊瑚礁大部分始终处于干燥状态,未发现有明显渗漏的情况,仅局部出现过少量滴水的现象,表明采用高压旋喷桩进行防渗止水的效果良好,达到了预期效果。

## 4 结论

1) 在珊瑚礁地基中采用旋喷桩作为止水帷幕,建议采用二重管法或三重管法进行施工,单重管法难以满足要求<sup>[1]</sup>。

2) 对于相同的工法,珊瑚礁中旋喷桩的成桩直径明显小于在普通土类中的成桩直径,设计时应适当减少成桩直径,保证桩体的搭接宽度。

3) 必须严格控制施工质量,如旋喷桩的定

位、垂直度、水泥用量、提升速度等。

4) 本工程中,旋喷桩不是起复合地基作用,而是作为防渗墙使用,对其强度要求不是重点,关键在于渗透系数的控制。因此可适当降低水泥用量,施工时可采取必要的工艺措施减少水泥用量,以降低造价。

### 参考文献:

[1] 叶观宝,高彦斌.地基处理[M].3版.北京:中国建筑工业出版社,2009.

[2] 马炳成,付增祥.“高喷”注浆技术在地下水集水池封底工程中的应用[J].中州煤炭,1993(6):12-15.

[3] 张崇瑞.高压旋喷法注浆技术的应用[J].建井技术,1994(4,5):90-91.

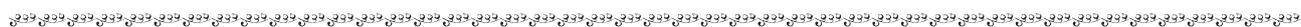
[4] 张斗群,高岗荣.水闸基底双管旋喷防渗帷幕构筑技术[C]//矿山建设学术会议论文集.北京:中国煤炭学会煤矿建设与岩土工程专业委员会,2002:202-204.

[5] 赵强.双排双管旋喷桩施工工艺在砂层中的应用[J].中国西部科技,2011(8):42-43.

[6] 刘国彬,王卫东.基坑工程手册[M].2版.北京:中国建筑工业出版社,2010.

[7] DL/T 5200—2004 水电水利工程高压喷射灌浆技术规范[S].

(本文编辑 武亚庆)



(上接第167页)

对原沥青道面进行处治后加设土工织物防止反射裂缝,加铺四层沥青层,采用SBS改性50#沥青,上面层采用SMA。

4) 确定了不停航施工措施。黏层、透层沥青采用原沥青加热直接喷洒,每次施工完成后做好临时接坡以及标志、标线的恢复和清除工作。

### 参考文献:

[1] MH/T 5024—2009 民用机场道面评价管理技术规范[S].

[2] 林小平.复杂条件下机场跑道沥青加铺层结构设计

理论与方法[D].上海:同济大学,2007.

[3] MH 5010—1999 民用机场沥青混凝土道面设计规范[S].

[4] 刘文,凌建明,赵鸿铎.民用机场沥青混凝土道面设计方法综述[J].中国民航学院学报,2006,24(4):43-47,64.

[5] 沈金安.SMA路面设计与铺筑[M].北京:人民交通出版社,2003.

[6] 张起森.旧路面评价与罩面修复技术的现状与发展[J].中外公路,2001(4):1-5.

(本文编辑 武亚庆)