

## 某工程超深旋喷桩止水帷幕的质量检测

施利斌<sup>1</sup>, 施振东<sup>2</sup>, 李淳学<sup>1</sup>, 竹 相<sup>1</sup>

(1. 浙江工业大学 建筑工程学院, 杭州 310014; 2. 中铁十六局北京轨道交通工程建设有限公司, 北京 100018)

**摘 要:** 旋喷桩止水帷幕质量的好坏, 直接关系到深基坑工程能否顺利地施工开挖, 然而旋喷桩止水帷幕的质量检测却是深基坑工程中的一个重要难题。今以某工程为例, 通过对实际工程地质情况及支护情况的说明, 提出超深旋喷桩止水帷幕的钻孔取芯及深井抽水试验相结合的检验方法, 探讨如何方便有效地进行超深旋喷桩止水帷幕的质量检测, 以便对以后类似的超深基坑工程提供施工质量检查方法及经验。

**关键词:** 旋喷桩; 止水帷幕; 质量检测

中图分类号: TU472.36; TU753

文献标志码: A

文章编号: 1671-8798(2014)03-0219-05

## Quality testing of ultra-deep churning pile cofferdam

SHI Libin<sup>1</sup>, SHI Zhendong<sup>2</sup>, LI Chunxue<sup>1</sup>, ZHU Xiang<sup>1</sup>

(1. College of Civil Engineering and Architecture, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China;

2. China Railway 16th Bureau Beijing Railway Engineering Construction Co., Ltd., Beijing 100018, China)

**Abstract:** Churning pile cofferdam's quality is directly related to the success of deep excavation's excavation. However churning pile cofferdam's quality testing is indeed an important and difficult problem in deep excavation. Based on the actual engineering geology and supporting conditions of an engineering project, we put forward deep jet grouting pile drilling core and stop water heavy curtain combined inspection method of deep well pumping test, discuss how to carry on conveniently and effectively quality testing to provide checking method and valuable experience for future similar deep foundation pit engineering.

**Key words:** churning pile; waterproof curtain; quality testing

在深基坑工程中存在的承压水对基坑的危害巨大, 由于承压水的存在, 深基坑开挖过程中会产生突涌, 导致基坑围护结构的破坏、基坑的坍塌、基坑周围土体下沉、危害周围建筑物等诸多严重后果。因此, 作为隔断承压水的旋喷桩止水帷幕的质量检测尤为重要, 而如何方便有效地进行旋喷桩止水帷幕检测却是深基坑工程的一个重要技术难题<sup>[1-2]</sup>。

收稿日期: 2014-03-02

作者简介: 施利斌(1990—), 男, 浙江省萧山人, 硕士研究生, 主要从事地基处理、基坑工程研究。

对旋喷桩止水帷幕的施工质量进行检测有很多方法,如瑞利波法、高密度电法、地质雷达法、浅层地震法、工程 CT 法、垂直反射法、声波透射法、跨孔法等,这些方法都是物理波探测法,对于浅层介质均能够比较好地根据波形的变化判断出介质的完整性。但随着深度的增加,波的能量衰减非常迅速,导致在深层地基中很难分辨出波参数的变化。因此,最直接和直观的方法还是钻孔取芯方法,再结合降水试验进行判断。

## 1 工程地质及水文地质条件

### 1.1 工程地质条件

以福建某工程为例,拟建场地属滨岸相沉积地貌,原被海水覆盖,现经修筑海堤及大面积填方后为陆地。场地现地形标高在 4.81~6.01 m,平均为 5.31 m(以勘探孔孔口标高计)。

地质岩性构成与特征:根据岩土工程勘察结果,拟建场地内分布的主要地层有人工填积层、第四系全新统长乐组海积层、第四系全新统东山组海积层、第四系上更新统龙海组冲洪积层,燕山期侵入花岗岩层。各地层具体情况如表 1 所示。

表 1 工程地质情况  
Table 1 Engineering geological conditions

土层及编号	重度 $\gamma/(\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$	黏聚力 $c/\text{kPa}$	内摩擦角 $\phi/(^{\circ})$	土层结构说明	土层厚度/m
①1 素填土	18.5			杂色、湿、松散	8.42
①2 素填土	16.7	9.1	5.8	灰色、饱和、流塑	6.00
②淤泥	15.2	9.0	5.8	灰色、饱和、流塑	15.60
③黏土	17.5	32.0	15.0	黄褐色、湿、可塑、饱和	4.00
④1 淤泥质黏土	16.7	11.0	7.0	灰色、饱和、软塑	5.03
④2 黏土	17.4	25.0	11.6	灰色、湿、可塑、饱和	5.95
⑤砂砾卵石	19.5			青灰、饱和、中密	6.63
⑥黏土	17.6	39.0	16.0	灰黄、饱和、含碎石	1.48
⑦卵石	20.5			青灰、饱和、密实	13.05

### 1.2 水文地质条件

拟建场地内地下水主要分为上部滞水和承压水 2 种类型。

#### 1.2.1 上部滞水

主要赋存于填土层之中,大气降水渗入为其主要补给来源,勘察期间测得其稳定水位埋深为 0.20~1.40 m,相当于 1985 国家高程基准高程 4.42~4.84 m。

#### 1.2.2 承压水

主要赋存于东山组地层中,含水层岩性为含黏性土卵石(地层编号为⑦)。根据抽水试验孔实测的承压水水头标高为 5.2 m,即高出现地表约 0.2 m。

## 2 基坑支护方案

本基坑开挖深度为-25 m,在基坑开挖深度范围内遇到的土层有①层人工填土,②层淤泥,③层黏土。其中①层结构松散、自稳能力差,易坍塌;②层厚度大,工程性能极差,属高压缩性、低强度、高灵敏度的土层,具有触变和蠕动等不良特性,易产生涌土现象而导致基坑坑壁失稳;③层工程性能较好。因此,基坑开挖时坑壁是不稳定的,应进行支护。

经过论证和综合比较,根据场地地层结构、开挖深度、周边环境,拟采用钻孔灌注桩排桩+内支撑圆形支护结构,高压旋喷桩作防水帷幕,深度为 63 m,至少进入强风化基岩 2 m,支护的平面图及剖面图如图 1 和图 2 所示。

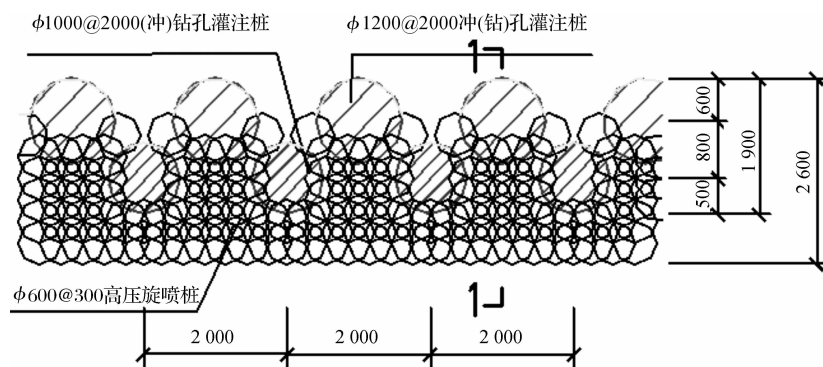


图1 基坑设计平面图

Fig. 1 Pit design plans

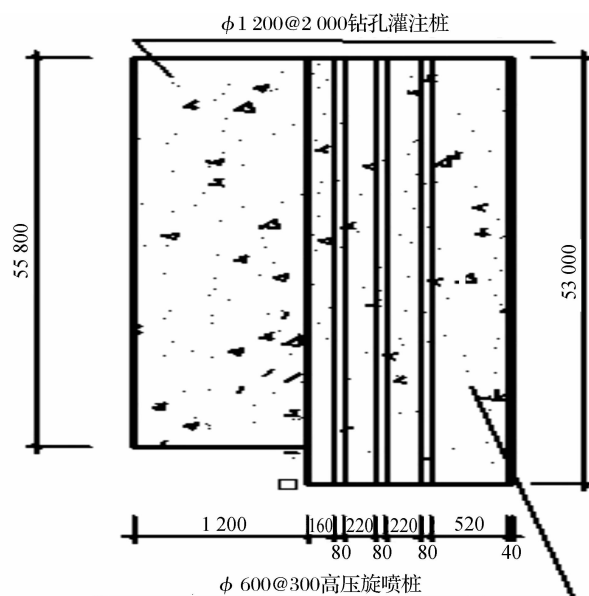


图2 基坑设计剖面图

Fig. 2 Sectional view of pit design

### 3 钻孔取芯法

随着深度的增加,钻孔取芯中钻孔和取样的难度也同样会增加,钻孔时容易产生偏移、垂直度不好控制等现象,取样时在深部位置土样不易成形,通过试验最后确认采用 zy100 型地质钻孔机,可有效解决钻孔和取样问题。在约 40 m 以下深度,钻机钻进的难度开始增大,样芯采集难度增加,后改用锤击套管方式,可取出完整样芯<sup>[3]</sup>,如图 3 和图 4 所示。



图3 钻孔取芯芯样图

Fig. 3 Core samples of drilling

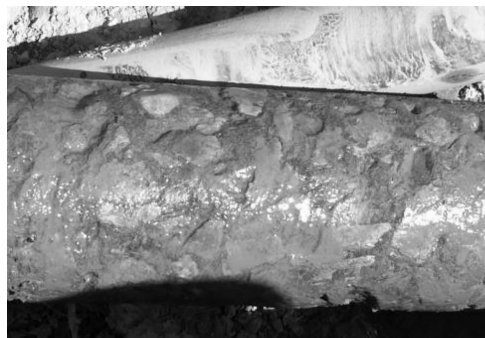


图4 卵石层钻孔取芯芯样图

Fig. 4 Core sample from drilling in pebble bed

合格的高压旋喷桩的抗压强度应该为 4 MPa 以上,通过现场钻孔取芯式样,进行轴向抗压试验,得到如表 2 所示的芯样抗压强度。

#### 4 深井抽水试验

由于旋喷桩止水帷幕在砂砾卵石层中的施工质量尚无法得到百分之百的保证,不能完全隔断基坑内外水力联系。因此,降水措施是基坑开挖过程中必须考虑的项目。降水井既作为基坑开挖时降低地下水位的

有效措施,也作为检验旋喷桩止水效果的试验工具。在基坑开挖正式降水运行前,利用部分降水井进行群井或单井抽水试验,通过与勘察阶段进行的水文地质试验得到的地层渗透系数比较,可以检验止水帷幕质量及降水方案的合理性。

##### 4.1 试验井施工及井身结构

试验可选择二个勘察孔作为抽水试验孔,再选择一个勘察孔作为观测孔,试验管井均采用 XY-300 型液压钻机回转钻进,以  $\phi 250$ 、 $\phi 311$ 、 $\phi 430$ 、 $\phi 550$  牙轮钻头分 4 级扩孔成井。普通泥浆作冲洗介质,技术参数为黏度 25 s 以上,相对密度 1:1 左右、失水量 10~13 t/h。成井后测井斜顶角  $0.5^\circ$ 。探井换浆后下入井管,然后清水冲孔、动水投砾,上部 12 m 井管周围采用直径 20~30 mm 优质风干黏土球进行封闭。

抽水井管为  $\phi 400$  的卷焊管,下置深度为 35.00 m,其中上部 1.00~12.00 m 为井壁管,下部 12.00~35.00 m 为过滤管,过滤管结构为缠丝过滤器,即圆孔状垫筋—缠丝—包网式,表层孔隙率 35% 左右。观测井管为  $\phi 146$  的钢管,下置深度为 25.00 m。其中上部 1.00~12.00 m 为井壁管,下部 12.00~25.00 m 为过滤管,抽水井管和观测井管均为承压非完整井结构(图 5)。

##### 4.2 抽水试验

在下置井管、围填滤料、管外封闭后即利用活塞和深井泵联合进行洗井。洗井结束后,采用深井泵  $80 \text{ m}^3/\text{h}$  定流量进行抽水试验,抽水试验采用一次最大降深稳定流法,抽水时观测时间间隔为 5、5、10、10、30、30...min,恢复水位观测时间间隔为 1、2、2、5、10、10、30...min,试验时水位观察选用电测水位计。

##### 4.3 水文地质参数计算

根据井管结构类型和单孔抽水单孔观测的试验条件,确定水文地质参数计算模型为:无限含水层边界、承压非完整井结构。

根据水文地质参数计算模型选择水文地质参数计算公式为:

$$K = \frac{0.16Q \left[ \lg \frac{\gamma_1}{\gamma_w} + 0.5(\xi_0 - \xi_1) \right]}{m(S_w - S_1)}$$

式中:  $K$ —渗透系数,  $\text{m/d}$ ;  $Q$ —稳定抽水流量,  $\text{m}^3/\text{d}$ ;  $\gamma_1$ —抽水孔与观测孔间距,  $\text{m}$ ;  $\gamma_w$ —抽水孔半径,  $\text{m}$ ;  $\xi_0$ —抽水孔非完整井补充水流阻力值系数;  $\xi_1$ —观测孔非完整井补充水流阻力值系数;  $m$ —含水层厚度,  $\text{m}$ ;  $S_w$ —抽水孔水位降深,  $\text{m}$ ;  $S_1$ —观测孔水位降深,  $\text{m}$ 。

岩土工程勘察中一般可根据要求进行抽水试验,得出地层的渗透系数。在旋喷桩止水帷幕施工完成之后,再利用降水井进行抽水试验,比较帷幕施工前后的渗透系数,可以对旋喷桩止水帷幕的止水效果进行判断。

通过勘察阶段抽水试验得出⑤层和⑦层承压含水层混合渗透系数  $K=18.2 \text{ m/d}$ ,通过帷幕施工后抽水试验结果显示,⑤层和⑦层承压含水层混合渗透系数为  $K=2.65 \text{ m/d}$ ,通过旋喷桩止水帷幕施工前后⑤层和⑦层土层的渗透系数对比,可以得出旋喷桩止水帷幕已经大大降低了承压水层的透水性,说明该工程旋喷桩止水帷幕的施工质量是合格的。

表 2 芯样轴向抗压强度

Table 2 Axial compressive strength of core samples

芯样	深度/m	抗压强度/MPa
芯样 1	1-1	16.6~18.1
	1-2	26~28(淤泥层)
	1-3	36.4~38.7(淤泥层)
	1-4	55~60
芯样 2	2-1	4.02
	2-2	31.3(淤泥层)
	2-3	43~45.3
	2-4	47.3
	2-5	61

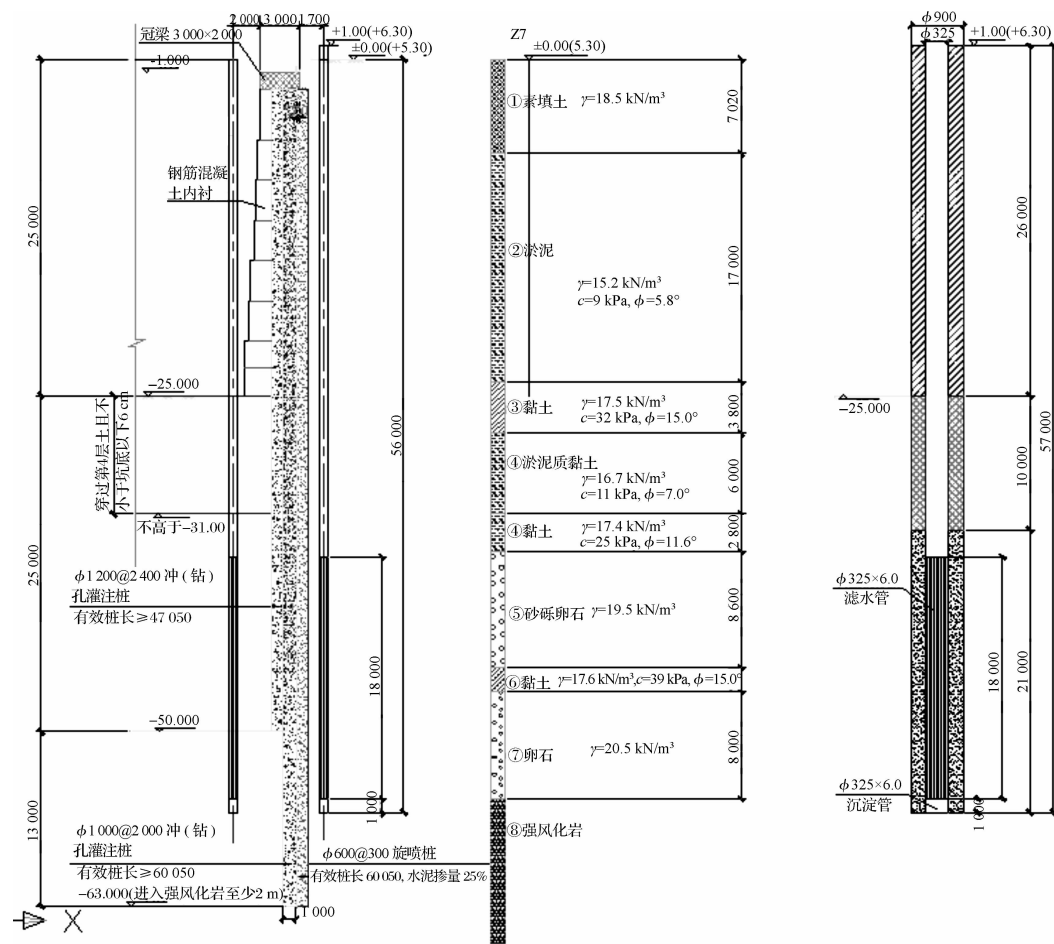


图5 抽水井结构图

Fig. 5 Structure of pumping well

## 5 结 语

本研究通过福建某超深基坑旋喷桩止水帷幕的质量检测实例,探讨了如何方便有效地进行旋喷桩止水帷幕的质量检测。该工程通过钻孔取芯卵石层的芯样强度试验,结合承压水在卵石层渗透系数,对旋喷桩止水帷幕质量进行检测。该检测方法具有直观有效且准确的优点<sup>[4-5]</sup>。

## 参考文献:

- [1] 刘戊辰,马玉成.三管高压旋喷桩在卵石地层中止水帷幕的应用[C]//黄润秋,许强.第三届全国岩土与工程学术大会论文集,成都:四川科学技术出版社,2009:184-188.
- [2] 杨唐黎.高压旋喷桩在止水帷幕中的应用[J].内蒙古公路与运输,2012(5):41-43.
- [3] 张兵.浅议高压旋喷桩止水帷幕的施工质量控制[J].四川建材,2007,38(5):80-81.
- [4] 喻俊祥.三重管高压旋喷桩施工技术在基坑止水帷幕施工中的应用[J].福建建设科技,2011(2):20-22.
- [5] 张海全.旋喷桩止水帷幕在深基坑中的应用[J].中国高新技术企业,2010(36):154-155.