

单管高压旋喷扩体技术与植筋旋喷桩技术的研究与应用

隆 威¹, 莫志柏¹, 张忠永²

(1. 中南大学 勘察与基础工程研究所 湖南 长沙 410083; 2. 西北有色勘测工程公司 陕西 西安 710054)

摘 要:单管高压旋喷工艺简单,但成桩直径小。就改进单管法工艺,扩大成桩直径,并在其成桩固结体中植入钢筋笼的工艺技术与作用机理进行了探讨。

关键词:单管高压旋喷扩体技术 植筋旋喷桩 承载力

中图分类号: TU472.3+6 文献标识码: A 文章编号: 1000-3746(2003)01-0046-03

Application of and Research on Single-tube High Pressure Grouting Technique and Reinforced Chemical Churning Pile Technique/ LONG Wei¹, MO Zhi-bai¹, ZHANG Zhong-yong² (1. Central South University, Changsha Hunan 410083, China; 2. Northwest Nonferrous Metal Exploration Company, Xi'an Shanxi 710054, China)

Abstract: The Single-tube High Pressure Grouting Method is quite simple, but the diameter of pile formed by this method is smaller. The improvement of the Single-tube High Pressure Grouting Method, how to amplify the diameter of the chemical churning pile, the craft of plug reinforcement cage in chemical churning pile and the mechanism of this method are deal with in this paper.

Key words: amplified diameter single-tube rotating grout method; reinforced chemical churning pile; force bearing capacity

高压旋喷注浆法因为技术装备简单,工艺不复杂,施工机具可调,占用空间较小,并具有调节射流压力、喷具上行速度和旋转角度可以获得不同形状和用途的固结体,因此得到了迅速发展与应用。如定喷可形成壁状固结体,作为水库、基坑防渗;旋喷形成柱状固结体可作复合地基,甚至可以单独作为桩基,对建筑基础进行加固处理和缺陷补强。1998年廖世荣就旋喷桩中加筋与不加筋进行了初步研究。研究表明加筋旋喷桩与没有加筋的相比,在垂直和水平承受荷载能力方面,前者高于后者33%左右。但现在还没有一种成熟的施工方法能很好地控制桩径,单管工艺普遍存在桩径较小、不配筋,桩身强度低,单桩承载力低,桩身往往形如悬针形等缺点。因此对单管工艺进行改进,以提高桩身直径和强度,并植入钢筋笼则是旋喷工艺的重大进展。笔者对此作了大量研究,并取得了成功,以下进行详细论述。

1 单管高压旋喷扩体技术

单管高压旋喷扩体技术的目的是为了解决单管旋喷桩径小、不能插入钢筋笼的问题。下面分别论述高速喷射流特性、破土机理及影响射流破土半径

的因素,并对增大桩体直径,提高桩体强度的工艺技术进行探讨。

1.1 单管旋喷高速射流特性

本文所述射流是指水泥浆流体经过增压,并从特制硬质合金喷嘴喷射而出所形成的高速射流。一般讲,浆液密度在1.4~1.8 kg/L之间。而射流的特性与水射流是相似的,如图1所示。高压水泥浆经直径为 d_0 的喷嘴喷出,形成具有高能量的高速射流。该射流出口速度为 V_0 :

$$V_0 = \sqrt{2P_0/\rho_0} \quad (1)$$

式中: P_0 ——喷嘴出口压力; ρ_0 ——水泥素浆密度。

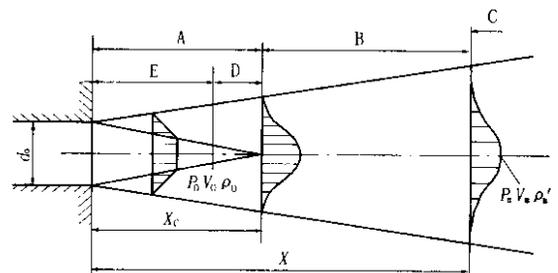


图1 高压喷射流构造

式(1)表明,出口速度与系统压力 P_0 的2倍呈正相关关系,而与流体密度呈负相关关系。如果要

收稿日期:2002-06-26;改回日期:2002-12-16

作者简介:隆威(1962-),重庆人,中南大学勘察与基础工程研究所所长、教授,地质工程专业,硕士,从事地质工程、岩土工程专业教学、科研、设计及施工管理工作,湖南省长沙市(0731)8877074, LW62c@yahoo.com.cn;莫志柏(1974-),广西梧州人,中南大学硕士在读,地质工程专业,从事地质工程、岩土工程的研究工作。

获得高速度,必须提高系统压力,而流体密度是设定好了的,在特定工程中是不能任意改变的。

水泥浆从喷嘴口高速喷出所形成的射流在出口处所具有功率:

$$N = \rho Q V_0^2 / (2g) \quad (2)$$

式中:Q——单位时间内喷出流量;g——重力加速度。

式(2)说明要获得较大能量射流,必须加大流体密度、增大单位时间内喷出的流量和出口速度。结合式(1)分析,也就是需要较高的系统压力及流量。

从图1分析,射流在A区段即出口压力和速度不变的等速核区,具有最强的破土能力。A区长度实际上约为(6~6.5)d₀。射流淹没在一定密度的流体中,如水、膨润土泥浆、水、土、水泥混合流体,射流初期区长度与淹没流体的围压和系统压力有关。围压等于流体密度和液柱高度之积。围压小,系统压力高,则x_c值大。例如淹没流体静态压力为0.002 MPa时,相当于喷头位于距地面1.1~1.3 m, x_c = 5 × 10⁻⁴ × √(2P₀/ρ);静态围压0.4 MPa时,相当于喷嘴位于距地表22~26 m位置, x_c = 4.2 × 10⁻⁴ × √(2P₀/ρ)。

因此,增加初期区长度是有限的。同时,研究表明,当喷射距离L ≥ 50d₀时,淹没射流对土体的冲击力为:

$$F = (P_0 - P') \{ 1.931 - 0.05L/d_0 \} d_0^2 \quad (3)$$

式中:P'——淹没围压;L——喷射距离。

式(3)亦表明射流破土效果与围压和喷射距离的关系。围压越大,距离越大,则破土能力越小,其效果必然不佳。A后为主要区域B,是射流紊流发达、破土强搅拌区。在该区段,射流轴向动压减弱,但长度较A区大。A区长度加上B区长度即为射流破土有效长度x,单管旋喷破土半径主要取决于x大小。由于单管旋喷流体系水泥浆要穿越孔中密度较大的泥水、浆混合体,射流能量衰减很快,x值较小。在饱和粉质粘土中,用d₀ = 2.8 mm喷嘴,以25 MPa系统压力喷射,其破土半径x一般只有0.25~0.35 m。这就是单管旋喷形成的固结体直径较小的原因。

1.2 高压射流破土机理和破土半径影响因素

高速射流破土机理主要是利用了具有极大能量的射流的动压切削、水滴冲击力(相当于水锤作用)、射流脉动对土体的疲劳破坏、水力楔形效应以及流

动对土颗粒间起胶结作用的盐类溶解。工程实践证明,破土半径与射流特性有着重要关系外,还与土体的物理力学特性、射流与土体的相对位置(距离)和作用时间有关。上述3者关系中,土层的特性是客观存在而不可改变的,而另外两者是可以实现人工调控的。

土层的密度ρ、孔隙比e和含水量ω等固有特性是影响破土半径的客观因素。图2曲线表征了射流破土半径与孔隙比和密度的关系,图3曲线表征了破土半径与含水量、液限指数I_L之间关系。

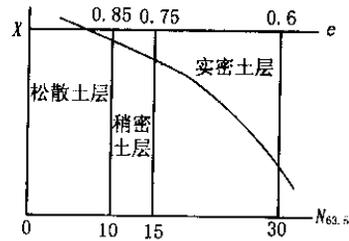


图2 破土半径与密度关系曲线

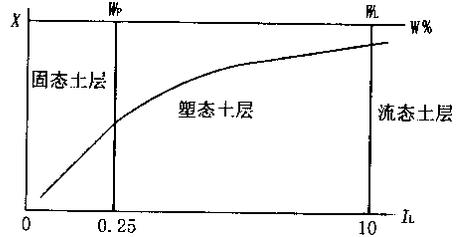


图3 破土半径与含水量关系曲线

1.3 提高破土效果的技术途径

正确分析土层结构和土层物理力学性质和状态指标,可以为高压射流破土施工设计提供科学依据。提高系统压力、改良喷嘴,以提高喷嘴精度,减小喷嘴内压力损失,保持出口压力和射流的集束性均可提高破土效果增大旋喷桩径。系统压力的提高要受机械装置和动力消耗限制,而采用如图4所示的伸缩式双喷嘴喷头,一次作业中,位于喷头体不同高度上的喷嘴喷出的射流形成接力喷射破土,总有效

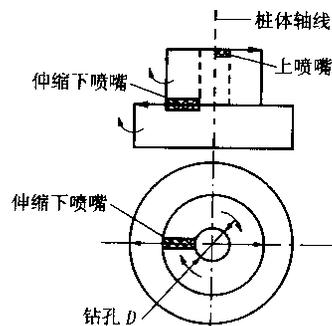


图4 扩体原理

长度为 2 个喷嘴喷出射流有效长度之和,从而破土半径几乎接近增大 2 倍,达到了扩大桩体直径的目的。桩体直径增大,不仅增大侧摩阻力和端承力,而且为桩中配置钢筋笼创造了空间条件。这就是单管旋喷扩体技术的理论基础。

1.4 扩体喷头结构

图 5 所示为单管扩体喷头结构示意图。

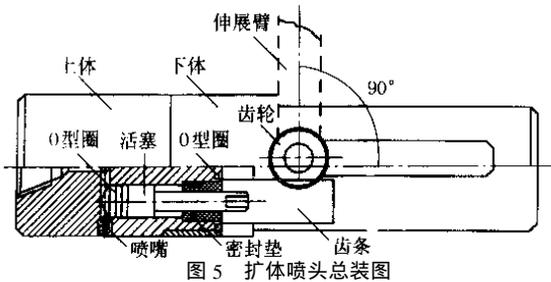


图 5 扩体喷头总装图

喷头体总长 400 mm(注:外径 ≥ 90 mm),由上下体组成。上喷嘴直接焊在上体上,伸缩喷嘴头与上喷嘴水平呈对称安装在下体上,伸展臂与带轴齿轮为一体,水泥素浆通过上下体旁侧孔道经转轴从伸展臂前端喷嘴喷出。伸展臂在系统给压后施压推动小活塞带动齿条下引,使伸展臂从垂直状转为水平伸展,下喷嘴喷出的高速水泥浆射流可扩大破土半径。当系统卸压后,伸展臂在重力作用下缓缓回落并推动齿轮上引恢复初始状态。

本喷头结构喷嘴布置上下孔在水平投影上成 180° ,使喷头在钻孔中居中工作,因为单喷嘴喷射时喷头所受反力很大。如 $\varnothing 2.8$ mm 的喷嘴,25 MPa 压力喷射,其反力可达 294 N,足以将喷头推到孔壁,从而影响喷射效果。

2 单管高压旋喷扩体技术的应用与钢筋笼植入

单管高压旋喷扩体技术被应用于多个实际工程,扩体喷头经多项工程应用,其效果甚佳。如韩城焦化厂托换加固工程,粘性土中桩径可达 0.8~0.9

m,经过加固处理后沉降得到了迅速的控制,使停用 1 年多的住宅楼重新投入使用;在延安电厂冷却塔环基加固时,粉质粘土层中桩径达到 1.4 m,在兰州中川机场加固工程中,粉质粘土桩径达到 1.0 m,在神府煤田热电厂地基处理中,旋喷体桩径达 1.0~1.2 m,并成功地植入钢筋笼。植入钢筋笼的基本过程是:钻孔→下高压喷射器→喷射搅拌→成桩→下钢筋笼。钢筋笼的下放采用振动加压的方法。钢筋笼在孔内水泥土尚未固结时,在本身重力和顶部高频振击力作用植入孔中。只要旋喷破土半径大于钢筋笼半径,植入钢筋笼是较容易的。施工后 28 天,进行了开挖检验,旋喷桩径达 1.6 m。经使用多年,沉降控制在规范规定的范围内。说明扩体植筋工艺是有效可行的。

3 结论

单管高压旋喷扩体技术与植筋旋喷桩技术是一种较经济的地基处理方法,它能够在一定条件下,达到二重管、三重管法的施工效果,但比二重管、三重管方法更经济,并且能更有效的保证桩身直径的均匀性。应用单管高压旋喷扩体技术,泵压随时间按一定规律变化,还能使桩体成为变径异形桩,以提高其侧摩阻力。实践证明,植筋旋喷桩这种工艺是可以有效的进行的,它可以在一定范围内代替钢筋混凝土灌注桩。

参考文献:

- [1] 叶书麟,韩杰,叶观宝.地基处理与托换技术[M].北京:中国建筑工业出版社,1997.
- [2] 廖世荣.旋喷桩加固软土地基实验研究[J].重庆交通学院学报,1998,17(4).
- [3] 杨春来.高压淹没细射流的试验研究[J].高压水射流,1985,(2).
- [4] C.S. Cocil.旋喷注浆及其工艺参数选择的研究[J].探矿工程译丛,1997(4).

FDP-36 型非开挖导向钻机研制成功

由中装集团技术中心和连云港黄海机械厂开发的首台 FDP-36 型非开挖导向钻机研制成功,并已交付用户使用。

钻机回拖力为 360 kN,动力头扭矩 16000 N·m,全液压驱动,履带双速行走,双低速马达驱动动力头双速钻进,结构先进简捷,油缸链条倍速给进系统,运动平稳可靠,桅杆角度调整范围大,前后移动装置新颖独特,整机重心低,稳定性好,配备辅助吊机及机械装卸钻杆装置,驾驶室装有冷暖空调,操作环境舒适,整体造型美观。其他一些主要特征如下:

(1) 主要配套件采用国际化采购的方针,柴油机、液压泵、

阀、马达、减速机及关键液压附件均选用国外名牌产品(2)油机低排放、专业的降噪声设计,使钻机更适用于城区施工(3)用具有国际领先水平的控制技术,使钻机无负载工况的动力消耗降到最低限度(4)无线导向或有线导向 2 套系统供用户随意选配(5)两台 FBW400/10 泥浆泵由主机液压系统驱动,一台装在主机上,可根据不同的地质情况、施工工艺,选择单泵或双泵作业,灵活调整泵量(6)制浆系统采用喷射造浆、循环储存(7)采用 $\varnothing 89$ mm \times 6000 mm 钻杆,可选配整体锻造钻杆或标准石油钻杆。(刘跃进、高富丽 供稿)