

双向螺旋挤土灌注桩(SDS)的技术优势 与施工问题研究

肖光庆, 袁桂华, 张 勇, 陈筱艳, 苏志东
(河南省有色工程勘察有限公司, 河南 郑州 450003)

摘要:双向螺旋挤土灌注桩(SDS)技术是在 CFG 地基处理的基础上通过对钻头的改进,减少出土量,充分发挥桩间土的承载力,进而减少混凝土用量。首先从设备上的关键结构来说明其工作原理;再通过已完成的工程实例与传统工艺相比较来佐证 SDS 技术的技术和经济优势;最后针对施工过程中出现的问题,分析其原因和提出处理措施。

关键词:地基处理;后插筋;双向螺旋挤土灌注桩;双向螺旋钻头

中图分类号: TU473.1⁺4 文献标识码: A 文章编号: 1672-7428(2015)03-0061-04

Technical Advantages of Soil Displacement Screw Pile and the Study on Construction Problem/XIAO Guang-qing, YUAN Gui-hua, ZHANG Yong, CHEN Xiao-yan, SU Zhi-dong (Henan Nonferrous Engineering Investigation Co., Ltd., Zhengzhou Henan 450003, China)

Abstract: Soil displacement screw pile (SDS) has been developed on the basis of CFG foundation treatment technology and by the bit improvement, which can reduce the volume of excavated earth and give full play to the bearing capacity of soil between piles to further cut the amount of concrete. The paper first illustrates its working principle of the key structure of the device; then compares the completed project example with traditional process to prove the technical and economic advantages of SDS technology and finally aiming at the produced problems in the process of construction, analyzes the causes and puts forward the treatment measures.

Key words: foundation treatment; post reinforcing; soil displacement screw pile; bidirectional screw auger

0 引言

随着国家基建工作的迅猛发展,节能环保对建筑业的要求也随之提升。在传统的基础施工中应用较广泛的钻孔灌注桩、CFG 地基处理存在严重的泥浆污染和混凝土的浪费。双向螺旋挤土灌注桩(SDS)技术是在 CFG 地基处理的基础上通过对钻头的改进,减少出土量,充分发挥桩间土的承载力,进而减少混凝土用量。采用后插筋技术,克服了钻孔灌注桩需出土或产生泥浆对环境的污染。SDS 技术是国家住建部与国家财政部推广的基础施工的新技术项目,近 3 年来已经在我国 17 个省份得到推广和应用。因此,在广阔的平原地区推广 SDS 技术势在必行。

本次研究以我公司在 SDS 技术应用上的实例进行分析对比,并简单介绍了在施工过程中一些常见的问题及处理对策。

1 双向螺旋钻头结构及工作原理

双向螺旋钻头结构如图 1 所示,它由接头、反螺旋叶片、挤土扩大头、正螺旋叶片、心管和钻门等部

分组成。

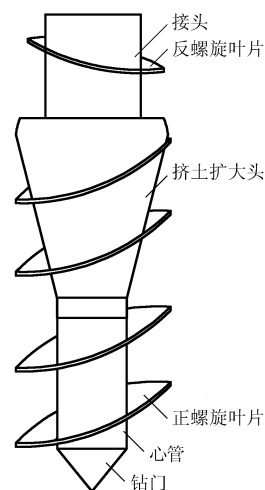


图 1 钻头结构示意图

接头:主要连接上部钻杆,目前市场上用得较多的是内六方连接,用销子固定。有部分厂家采用的是法兰盘接头,用螺母固定。

挤土扩大头:往下施工过程中与正螺旋叶片一

起将原先处于桩位的土挤压到桩周。

反螺旋叶片:进一步将通过挤扩头的土反压到桩周围,防止土往上流窜。

正螺旋叶片:将桩端土体传送到挤土扩大头。

心管:混凝土输送通道。

钻门:往下施工时阻挡土进入心管内。

2 SDS 技术与传统成桩技术的实例比较

目前我公司承揽的海尔(郑州)空调基地厂房基础工程、扶沟产业集聚区公租房桩基工程、周口融辉城 B 区桩基工程等多个 SDS 桩基施工项目,均已顺利完工并通过验收,取得了良好的社会效益和经济效益。表 1~3 为 SDS 技术与传统工艺经济比较。

表 1 SDS 桩与钻孔灌注后压浆桩基础对比
(海尔郑州空调厂房桩基)

桩型	桩长/ m	桩径/ mm	桩间 距/ m	桩数/ 根	总方 量/ m ³	单桩承 载力特 征值/kN	单价/ (元· m ⁻³)	总价/ 万元
灌注后压浆	20	600	1.8	2614	14782	1050	1353.0	2000
SDS	17~19	500	1.8	2614	9222	1050	1856.4	1712
节约造价比例 15%								

表 2 SDS 桩与 CFG 桩复合地基案例对比
(洛阳正骨医院豫东分院桩基)

桩型	桩长/ m	桩间 距/ m	桩数/ 根	总延 米/ m	单桩承载 力特征值/ kN	复合地基 承载力特 征值/kPa	单价/ (元· m)	总价/ 万元
CFG	12.0	1.2	2000	24000	400	320	60	144.0
SDS	9.0	1.5	1244	11196	700	320	107	130.6
节约造价比例 11%								

表 3 SDS 桩与管桩案例对比
(濮阳中原诚德信息物流园桩基)

桩型	桩长/ m	桩间距/ m	桩数/ 根	总延米/ m	单桩承载力 特征值/kN	单价/ (元·m)	总价/ 万元
管桩	13.0	1.2	175	2275	1050	138	31.4
SDS	13.0	1.2	175	2275	1050	125	28.4
节约造价比例 10%							

与 CFG 桩、管桩、传统方法施工的灌注桩相比, SDS 桩可节约工程造价 6%~15%

Ø400、500、600 mm 桩径 SDS 桩承载力特征值分别可达到 1300、1600、1800 kN。

3 SDS 挤土技术与传统挤土桩的成桩机理与优缺点比较

市场上应用较多的挤土桩主要有两种:静压预制桩和沉管灌注桩。SDS 与这两种挤土桩比较在成

桩机理上有着明显的区别。SDS 是通过钻头的旋转将原状土破坏后,通过正旋叶片将土往上传递的过程中由扩大头和反旋叶片将土挤密到周围土体中,达到设计深度后灌注混凝土成桩。在正螺旋叶片范围内,空隙比大、强度低的土体挤入的土较多,反之较少。静压预制桩则是由桩体本身在设备施加竖直向下的压力作用下,桩头刺破原状土体,将预制桩体在特定的压力下压到一定深度成桩。沉管灌注桩则是通过柴油锤或静压的方式,将带尖的护筒管送到一定的深度后,灌注混凝土成桩。

静压预制桩与 SDS 技术比较,最大的优势在于质量较易控制和预知,不会存在扩径、缩径、夹泥等桩身缺陷。但其施工桩长在很大程度上取决于地层的软硬程度,桩长因持力层的起伏而发生变化,在材料控制方面极易造成浪费。而且桩长超过一定深度需要接桩,随着时间的推移焊接部位容易腐蚀、断裂,给上部结构带来安全隐患。而 SDS 技术却不存在静压预制桩的这些缺陷,SDS 技术可以通过调节正旋叶片的长度适应不同地层的挤土需要,桩长易控制。

沉管灌注桩与 SDS 技术比较,最大的优势在于施工速度快。但其因为施工噪声大,易使饱和砂层、粉土层液化,对周围环境产生很大的负面影响。目前在城区基本上已经禁止使用。而且它的桩长受地层和设备本身的限制,一般施工桩长都在 15 m 范围内。

4 技术与经济优势

4.1 适用能力强

双向螺旋挤土灌注桩适用于标准贯入试验(SPT)击数 $N < 60$ 的填土、粘性土、粉土、砂土、角砾,且不受地下水位限制。对于圆砾、碎石、卵石、全风化岩和强风化岩等可压缩岩土地层,应根据试桩情况,确定其适宜性,黄土、膨胀土等特殊土应按相应规范执行。

4.2 单桩承载力高

由于成桩过程中桩身部分土体被挤到桩周,对桩间土挤实压密,改善了桩间土力学性质,提高了桩的侧摩阻力。通过河南省现有工程实例比较,提高系数约 1.2。

4.3 无需泥浆护壁

遇到砂层和软土层无需泥浆循环护壁。在成孔提钻的同时,通过心管泵送混凝土浇筑成桩。减少了因护壁形成泥皮从而减少桩身侧壁阻力的负面影响,

同时减少了因泥浆外运产生的费用及对环境的污染。

4.4 经济优势明显

成桩过程中钻进连续,且可根据岩土层坚硬程度的变化而调整钻进速度。在粉土、粉质粘土、砂层中钻进速度是钻孔灌注桩的 5~10 倍,大大节约了现场的机械成本、时间成本、管理成本。混凝土利用效率高,Ø400 mm 的 SDS 桩与 Ø450 mm 的桩孔灌注桩承载力相当,大大节约了材料成本。

5 施工中常见问题与处理措施

在多个工程的实践中,双螺旋挤土灌注桩出现了一些问题。现整理一些常见的问题和处理措施,供同行们参考和探讨。

5.1 堵管

SDS 桩成桩期间,混凝土阻塞于输料管或钻杆心管等部位,混凝土不能沿输送管道运输。发生堵管的原因主要有:

(1)混凝土泵送量与提钻速度不协调,当提钻速度小于泵送量时,造成钻杆内和输送管路上混凝土输送压力增大,使混凝土发生泌水离析,导致混凝土挤压密实而堵管。

处理措施:调节泵车泵送速率或调节提钻速度,使混凝土保持在地面上 2.0 m 左右;保持透气孔的畅通,能直观的观测混凝土在钻杆内的高度,严禁盲目的泵送混凝土。

(2)管道接口处密封不严漏水、漏浆,从而使混凝土失水、失浆而使输送阻力增大,导致堵管。

处理措施:施工前,仔细检查每根铁管和软管的表观特征,发现铁管有破损或软管内有漏筋现象应严禁使用;在施工过程中要经常检查管道连接处的密封情况,发现问题及时解决。

(3)钻杆在下行过程中软管活动空间小,导致软管弯折,管道不畅通而堵管。

处理措施:施工前,在上下活动部分的软管接头处涂上黄油,导管在下行过程中接头处能旋转;施工过程中,指挥人员应认真细致观察,发现有弯折现象应及时处理。

(4)钻头阀门设计不合理或类型选择不当,主要有钻头处阀门密封不严,钻头阀门的长度和开启角度设计不合理,阀门不能打开到正常位置,或漏水漏砂导致堵管。

处理措施:施工前,应检查钻头阀门与钻杆的密

封性、灵活性和阀门的开启角度的合理性,必要时进行打磨处理和焊上限位钢筋;施工时,在钻门和钻杆处垫塑料袋保证钻杆的密封性,下钻之前将钻门处的土清理干净,保证阀门的灵活性和开启角度。

(5)混凝土的和易性、塌落度、骨料大小含量、等待时间过长导致混凝土的流动性和可泵性存在差异导致堵管。

处理措施:根据成桩速度计算混凝土用量,尽量采用少量多次的方式供应混凝土,在规定时间内用完(见表 4);混凝土的塌落度应控制在 180~220 mm 之间,塌落度过大、过小都不宜使用,必要时应增加外加剂来调节混凝土的塌落度;控制粗骨料的直径,最大骨料直径不宜大于输送管道直径的 0.3 倍,建议当混凝土的最大粒径 > 3.0 cm 时,应与商混站沟通,调整骨料大小。

表 4 混凝土运输、浇筑和间隙时间 /min

混凝土强度等级	气温/℃	
	≤25	> 25
≤ C30	210	180
> C30	180	150

注:当混凝土中添加缓凝剂或促凝剂等外加剂时,其允许时间应通过实验确定。

(6)因故中途停钻时间过长,导致输送管道内的混凝土流动性减弱而堵管。

处理措施:每隔 0.5 h 泵送一次混凝土,确保管道内混凝土的流动性。

5.2 窜孔

在施工完一根桩后,在邻近施工另一根桩的过程中,随着钻具的钻进,已施工完的桩顶突然出现下沉而随着新施工桩灌注混凝土的过程中下沉桩又有所回升的现象。在饱和粉土、软塑至流塑状粉质粘土、稍密的粉细砂层中容易出现窜孔现象。

窜孔可能形成的原因有:(1)饱和粉土和粉细砂在桩机施工过程中产生液化现象,或流塑状粉质粘土自稳性不够,土体往正在施工的桩孔内流动;(2)钻具在提升过程中,由于提拔的吸力,导致孔内出现短暂的真空状态,在大气压的作用下土体往正在施工的桩孔内流动。

窜孔的处理措施:(1)增大施工桩间距,进行跳打,减少对桩间土的扰动;(2)检查排气孔的情况,保持排气孔的贯通,减少真空抽吸现象;(3)施工过程中,关注邻近孔的情况,发现有下沉情况应停止提钻

连续泵送混凝土至下沉桩顶标高恢复到设计高度,如不能恢复到设计标高则需要回钻补料,补料时应将钻头上土清洗干净钻头没入混凝土面 ≤ 1.5 m。

5.3 桩身上部夹泥或有气泡

SDS成桩后在保护桩头和保护桩头下出现夹泥、混凝土不密实有气泡的情况。

夹泥或混凝土不密实可能形成的原因:(1)在桩身上部钻头提升过快,泵送混凝土没有跟上孔壁周围的土混入混凝土中;(2)排气孔堵塞,输送管道中的空气排出不畅,混入混凝土中不能及时排出;(3)最后2 m时钻管内混凝土多而停止泵送,让混凝土在重力下成桩而没有振捣密实;(4)插筋桩,在插筋前土掉入桩孔中或钢筋笼在运输工程中带土至混凝土中;(5)施工过程中,出现反钻现象。

施工时的控制措施:(1)调整提钻速度;(2)检查排气孔畅通情况,发现情况及时处理;(3)下笼桩应及时清理孔口虚土,防止钻头离地后,虚土倒流入桩孔内,清理钢筋笼笼尖内的土后下震成桩;(4)严禁在成桩过程中出现反钻现象。

5.4 断桩、缩径和扩径

SDS桩在成桩后桩身混凝土出现部分缺失、直径变小或扩大的情况。在软塑至流塑状粉质粘土、饱和粉土中容易形成断桩和扩径,在可塑至硬塑状粉质粘土中容易缩径。

断桩、扩径的可能原因:(1)饱和粉土在桩机施工过程中产生液化现象,或流塑状粉质粘土自稳性不够,土体朝软弱处移动(土体和已灌注的混凝土移向邻近正成孔的桩孔内形成断桩或在混凝土的自重和冲击力的作用下,产生向外的挤压力,当挤压力大于土体的约束力的情况下形成扩径);(2)桩身范围内的土体在钻头的挤压下向桩间土扩散,当桩间土侧向压缩模量较大时,土体在压力撤销后回弹量大,或孔隙中的水在挤压过程中不能及时排出(如可塑至硬塑状粉质粘土、粘土中渗透性较差)在挤压过程中形成较大的孔隙水压力,挤压力撤销后,在孔隙水压力的作用下土体回弹,且回弹量较大。

施工时的控制措施:(1)施工时进行跳打,减少对桩间土的扰动作用,增加孔隙水压力消散的时间;(2)增加钻进速度,减缓提钻速度,使灌注更加充分;(3)增加钻头直径,抵消回弹量;(4)在挤扩钻头上接同直径的螺旋钻杆,在提升过程中带走因回弹产生的土体。

5.5 偏笼、露筋和钢筋笼下放高度偏差大

钢筋笼下放过程中如控制不好容易出现保护层厚度不够、露出或钢筋笼顶标高高出或低于设计标高的情况。

可能原因分析:(1)钻塔垂直度不够,孔斜;(2)钢筋笼制作时,钢筋笼引尖过短或不对称,下放过程中在震动力的作用下偏心;(3)下放过程中导管不够垂直,特别是用小卷扬下笼时,放绳速度控制不好;(4)技术人员粗心大意,忽略了特殊标高的控制,指挥人员与操作手之间沟通滞后;(5)振动器振动功率过大或过小;(6)保护块焊接不牢,在振动下笼过程中,保护块掉落;(7)混凝土的塌落度过小,或下笼不及时,导致下笼困难。

施工时的控制措施:(1)加强现场施工管理,强调指挥人员的责任,严格技术交底;(2)加强钢筋笼的验收与检查,发现问题及时纠正;(3)钢筋笼下放到距设计标高100 cm的时候,应提醒操作手减慢下笼速度,钢筋笼下放到高于设计标高10 cm时应示意操作手停止下放;(4)选择合适的振动器,调节振动器功率。

6 结语

双螺旋挤土灌注桩(SDS)技术与目前市场上常用的基础施工技术相比有较大的经济和技术优势。但作为一种新型的施工技术,也有其需要改进的方面。现代建筑对桩基础承载力的要求越来越高,地下室也越来越深。而该桩型施工桩长受塔高的限制,且施工空桩的能力完全取决于土的自稳能力。这在某种程度上限制了该技术的推广应用,如果设备在这两方面加以设计和改进,SDS技术的应用会更加广泛。

参考文献:

- [1] DBJ 41/T 132—2014,双向螺旋挤土灌注桩技术规程[S].
- [2] 编写组. 建筑施工手册(第四版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2003.
- [3] 王功勋. CFG桩施工常见问题及处理措施[J]. 科技创新与应用,2012,(13).
- [4] JGJ 79—2012,建筑地基处理技术规范[S].
- [5] 李江. 回填碾压地基的CFG桩加固工程[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(1):82—84.
- [6] 宋鸿,欧阳继胜. 钻孔压浆桩基础质量事故处理实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(8):50—53.
- [7] 许厚材. 复杂地质条件下基坑支护灌注桩施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(11):54—57.
- [8] 李志毅,刘钟,赵瑛飞,等. 新型螺旋挤土灌注桩现场试验研究[J]. 岩石力学与工程学报,2011,30(2).