

仿生曲面在螺旋桩螺旋叶片上的应用研究

吕有界¹, 王玉兴^{2*}, 唐艳芹², 胡圣荣²

(1. 广州航海高等专科学校轮机系, 广州 510725; 2. 华南农业大学工程学院, 广州 510640)

摘要: 结合典型土壤动物表面减黏降阻特性, 提出对防汛抢险螺旋桩螺旋叶片进行表面仿生处理。为了寻求仿生曲面在螺旋桩螺旋叶片上的降阻效果, 该文首先以波纹型仿生曲面为研究对象进行台车牵引试验, 包括正交试验以及与平板的对比试验; 然后把试验结果应用于螺旋桩, 进行了螺旋桩沉桩对比试验。波纹型仿生曲面台车牵引试验表明, 在试验因素取值范围内, 波纹型仿生曲面凸起宽度对减阻效果影响显著, 而且随着波纹型仿生曲面凸起宽度的增大, 减阻效果愈明显。螺旋桩沉桩对比试验表明在整个沉桩过程中仿生螺旋桩具有一定的减阻效果。

关键词: 仿生曲面; 减黏降阻; 螺旋桩; 防汛抢险

中图分类号: S222.5⁺3

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2007)4-0134-04

吕有界, 王玉兴, 唐艳芹, 等. 仿生曲面在螺旋桩螺旋叶片上的应用研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(4): 134-137.

Lü Youjie, Wang Yuxing, Tang Yanqin, et al. Application of bionic surface on blades of screw pile[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(4): 134-137. (in Chinese with English abstract)

0 引言

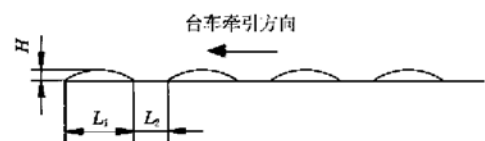
在大量的防汛抢险和流域治理方法和措施中, 沉桩作业是必不可少的手段^[1-3], 主要用于堤坝加高、挂柳护堤、挂帘堵漏、决口设障、挂船及挂缆作业等。目前, 国内抗洪抢险桩机主要采用冲击式或振动式^[4,5], 作用对象为木桩。为了提高沉桩作业效率, 降低作业强度, 提高桩机系统的便携性能, 研制了防汛抢险螺旋桩。该桩型在沉桩过程中, 土壤不被带出, 而是被挤实。为了降低螺旋桩动力消耗, 降低电机功率, 从而在一定程度上减轻电机质量, 提高螺旋桩机的便携化性能, 根据典型土壤动物的体表减黏降阻特性^[6-8]对螺旋桩表面仿生处理成为必要。在过去的典型土壤动物体表减黏降阻特性的应用研究中, 应用对象主要有推土板^[9]、犁壁^[10]以及铲斗^[11]等工作部件表面的上触土表面。防汛抢险螺旋桩在沉桩过程中, 与土壤的作用形式不同于推土板和犁壁与土壤的作用形式。本文进行表面仿生试验, 寻求仿生曲面应用于桩体表面的降阻效果。

1 仿生曲面试验

1.1 试验方法

螺旋桩在拧入过程中, 除桩尖初始沉入时土壤被带

出, 其余土壤被逐渐挤实。另外在试验过程中发现, 在螺旋桩拧入过程中, 桩尖以及螺旋叶片上表面磨损程度较大, 表明桩-土主要作用面为桩尖表面和螺旋叶片上表面。为了简化试验, 螺旋桩螺旋叶片的拧入过程做一定简化, 把螺旋叶片展开成平面, 螺旋叶片的入土过程简化成一定垂直面载荷作用下的平板在土壤平面的拖动摩擦过程。这样, 螺旋叶片的仿生曲面试验简化为平板的仿生曲面试验, 试验时, 利用台车牵引。考虑到实际应用时螺旋叶片仿生曲面的加工性, 试验时曲面仿花葬甲鞘翅表面之型采用波纹型仿生曲面, 其断面基本形状如图 1 所示。



注: L_1 —仿生曲面突起宽度, mm; L_2 —仿生曲面突起间距, mm; H —仿生曲面突起高度, mm

图 1 仿生曲面断面基本形状

Fig. 1 Basic section shape of bionics surface

一般来说, $H \leq 4 \text{ mm}$ ^[12]。据此, 对于波纹型仿生曲面, 选取 $H = 3 \text{ mm}$ 。试验因素和水平分别为: ①波纹型仿生曲面宽度 L_1 , 水平为 9、15、19 mm; ②波纹型仿生曲面间距 L_2 , 水平为 0、10、20 mm; ③台车牵引速度 v , 水平为 0.2、0.29、0.36 m/s; ④表面垂直载荷 N_q , 水平为 180、280、380 N。试验指标为曲面摩擦系数 Mu , 定义为台车匀速牵引力 F 与表面垂直载荷 N_q 的比值。试验采用 $L_{18}(3^7)$ 正交表进行正交试验, 同时进行不同 v 、 N_q

收稿日期: 2006-05-09 修订日期: 2006-10-10

作者简介: 吕有界(1972-), 男, 湖南邵阳人, 博士生。广州 广州航海高等专科学校轮机系, 510725。Email: lvyoujie123@126.com

*通讯作者: 王玉兴(1963-), 男, 山东莱阳人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事机械系统现代设计方法与理论研究。广州天河五山华南农业大学工程学院, 510640。Email: scau.wyx@tom.com

组合条件下与平板的对比试验。

1.2 试验设备与土壤条件

试验在土槽实验室进行。试验过程中, 利用台车进行牵引, 采用动态应变仪(型号为: NEC omnlace II RA 1200)进行动态记录, 采用的拉压传感器为 CLBS3, 额定载荷为 100 kg。试验采用的土壤含水率为 26.57%, 土壤表面 50 mm 深度圆锥指数为 0.483 MPa。

1.3 结果与分析

对正交试验结果^[13]进行方差分析, 得方差分析表如表 1 所示。据方差分析可得: 各因素对试验指标的影响显著性排序依次为 L_1 、 v 、 N_q 和 L_2 , L_1 对试验指标的影响显著, 且在试验因素范围内, 曲面摩擦系数 Mu 随着 L_1 的增大而减小; 最佳因素水平组合为 $L_21v1L_13N_q2$ 。即 $L_2 = 0, v = 0.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}, L_1 = 19 \text{ mm}, N_q = 280 \text{ N}$ 。由于该组合不在正交表试验号内, 需要另外进行试验以验证其最佳性。通过对比试验, 得出组合 $L_21v1L_13N_q2$ 的 Mu 值稍小于正交表试验号内最佳组合 $L_23v1L_13N_q2$ 的 Mu 值, 从而论证了组合 $L_21v1L_13N_q2$ 的最佳性。图 2 和图 3 为 $v1N_q2$ 条件下平板与 L_21L_13 波纹型仿生曲面的对比试验曲线。由图 2 和图 3 可知, 在台车牵引过程中, 该波纹型仿生曲面摩擦系数保持在 0.3~0.8 之间, 而比平板摩擦系数大部分保持在 0.6~1.3 之间, 且波纹型仿生曲面的试验曲线相对平板变化相对平稳, 这说明该波纹型仿生曲面在该试验条件下具有一定的减阻作用。分析其原因有: ①在一定强度的土

表 1 正交试验方差分析表

Table 1 Analysis of variance for orthogonal experiment

因素	偏差平方和	自由度	$F_{比}$	$F_{0.1}$	显著性
L_2	0.001672	2	0.184263	3.46	—
v	0.019146	2	2.109985	3.46	—
L_1	0.257679	2	28.39751	3.46	显著
N_q	0.015967	2	1.759643	3.46	—
误差	0.027219	6			

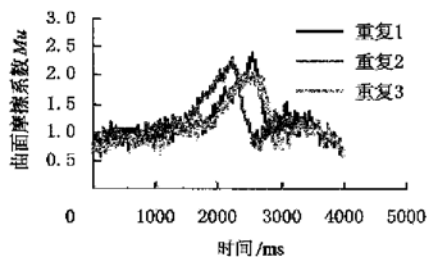


图 2 $v1N_q2$ 条件下平板的 Mu 曲线

Fig. 2 Mu curves of plate on the condition of $v1N_q2$

壤条件下, 波纹型仿生曲面的接触曲面减少了接触面积, 从而降低了土壤与曲面之间的黏附力; ②在牵引过程中, 波纹型仿生曲面前端过渡曲面的存在使土壤与波纹型仿生曲面的作用过程相对平稳; ③由于波峰、波谷的交替, 造成在牵引过程中波纹型仿生曲面有轻微的振动, 从而在一定程度上降低土壤与波纹型仿生曲面之间的正压力。

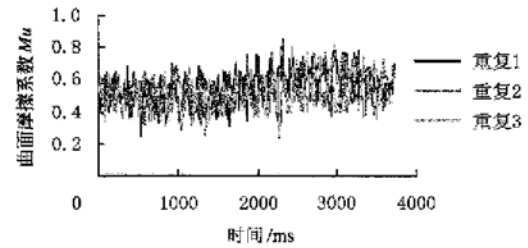


图 3 $v1N_q2L_21L_13$ 条件下波纹型仿生曲面的 Mu 曲线

Fig. 3 Mu curves of plate on the condition of $v1N_q2L_21L_13$

2 螺旋桩沉桩对比试验

2.1 试验方法

为了验证仿生曲面试验结果应用于螺旋桩上的减黏降阻效果, 将曲面突起宽度 L_1 为 19 mm 的波纹型仿生曲面径向焊接于螺旋导程为 100 mm、圆柱外径为 80 mm、桩体螺旋部分总长为 700 mm 的单头螺旋桩圆锥部分螺旋叶片上表面及圆柱部分初始几个导程的螺旋叶片上表面, 形成仿生螺旋桩, 并将其与相同参数的普通螺旋桩进行沉桩对比试验。如图 4 为仿生螺旋桩(局部)。本试验在螺旋桩的无螺旋圆柱部分一定位置根据文献[14]贴应变片组成扭矩测试全桥电路, 然后借助动态应变仪进行数据采集, 从而对螺旋桩沉桩过程中所受扭矩进行动态测试, 并根据测试数据得出每次螺旋桩沉桩过程所需的最大扭矩。试验土壤平均含水率为 27.5%。



图 4 仿生螺旋桩图片

Fig. 4 Picture of bionic screw pile

2.2 结果与分析

通过对普通螺旋桩与仿生螺旋桩沉桩试验曲线进行平均得出如图 5 所示螺旋桩沉桩试验对比曲线, 其中两条二次拟合曲线的方程如下:

普通螺旋桩沉桩曲线二次拟合曲线方程

$$y = 0.0003x^2 + 0.0165x, R^2 = 0.9996$$

仿生螺旋桩沉桩曲线二次拟合曲线方程

$$y = 0.0008x^2 + 0.008x, R^2 = 0.9993$$

式中 y ——桩体应变, $k\mu e^{-1}$; x ——时间, s 。

图 5 中两曲线数值点的平均偏差为 26.5%, 表明在整个沉桩过程中仿生螺旋桩具有一定的减阻效果。

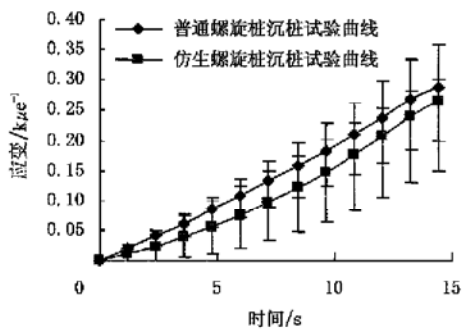


图 5 螺旋桩沉桩试验对比曲线

Fig. 5 Contrast experiment results of screw piles

3 结论

1) 波纹型仿生曲面凸起宽度对曲面摩擦系数的影响显著, 而波纹型仿生曲面凸起间距、台车牵引速度和表面垂直载荷对曲面摩擦系数的影响不显著, 而且在本试验参数取值范围内, 曲面摩擦系数随着波纹型仿生曲面凸起宽度的增大而减少;

2) 在本试验参数取值范围内, 当波纹型仿生曲面凸起宽度为 19 mm, 波纹型仿生曲面凸起间距为 0, 台车牵引速度为 0.2 m/s, 表面垂直载荷为 280 N 以及相应的土壤的条件下, 波纹型仿生曲面具有最佳的减阻作用, 这为螺旋桩的仿生曲面设计提供了一定的基础;

3) 把波纹型仿生曲面应用于螺旋桩叶片表面, 形成仿生螺旋桩, 进行了螺旋桩沉桩对比试验, 表明仿生螺旋桩的降阻作用效果明显。

[参 考 文 献]

- [1] 沈锦音. 堤坝的防汛与抢护[J]. 广东水利水电, 1998, (4): 12- 14.
- [2] 丁留谦, 郭 军. 堤防除险加固技术进展[J]. 中国水利, 2000, (2): 26- 27.
- [3] 孙兆年, 扬金叙, 肇 竹. 防汛抢险技术装备研究[J]. 水利电力机械, 2002, 24(3): 32- 33.
- [4] 王玉兴, 罗锡文, 邹广德春, 等. 汽油内燃式防汛抢险打桩机的研制[J]. 农业机械学报, 2000, 31(5): 123- 125.
- [5] 周林森, 唐振科, 韩林山. DZF- 120 型便携式防汛抢险打桩机[J]. 工程机械, 2002, (4): 12- 13.
- [6] 陈秉聪, 任露泉, 陈德兴. 典型土壤动物体表形态减粘脱土的初步研究[J]. 农业工程学报, 1990, 6(1): 15- 20.
- [7] 任露泉, 王云鹏, 李建桥, 等. 典型生物柔性非光滑体表的防粘研究[J]. 农业工程学报, 1996, 12(4): 31- 36.
- [8] 程 红, 孙久荣, 李建桥, 等. 臭蛭螂体表表面结构及其与减粘脱附功能的关系[J]. 昆虫学报, 2002, 45(2): 175- 181.
- [9] Ren Luquan, Han Zhiwu, Li Jianqiao, et al. Effects of non-smooth characteristics on bionics bulldozer blades in resistance reduction against soil[J]. Journal of Terramechanics, 2003, 39: 221- 230.
- [10] 李建桥, 李忠范, 李重涣, 等. 仿生非光滑犁壁规范化设计[J]. 农机化研究, 2004, (6): 119- 12.
- [11] 孙世元, 任露泉, 佟 金, 等. 仿生钢布兜式铲斗的研究[J]. 农业机械学报, 1993, 24(4): 18- 22.
- [12] 任露泉, 刘怀庆, 陶 敏. 基于遗传算法的波纹形仿生推土板表面的数学建模与优化设计[J]. 农业工程学报, 2005, 21(2): 78- 82.
- [13] 吕有界. 防汛抢险螺旋桩机系统及桩体表面仿生研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2006.
- [14] 黄长艺, 严普强. 机械工程测试技术基础(第 2 版)[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.

Application of bionic surface on blades of screw pile

Lü Youjie^{1,2}, Wang Yuxing^{2*}, Tang Yanqin², Hu Shengrong²

(1. Department of Marine Engine, Guangzhou Maritime College, Guangzhou 510725, China;

2. College of Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Unsmoothed bionics design for screw pile blades was brought forward according to the resistance reduction characteristics of typical soil animals. To study the resistance-reducing effects of bionic surface on blades of screw piles for preventing flood and rushing to deal with an emergency, experiments of trolley were designed firstly, including an orthogonal experiment for wave plate and the contrast between unsmoothed wave plate and smoothed plate. Then contrast experiments of the bionic screw pile and the common one were done. The experiments of trolley results show, within the experimental factor levels, the width of unsmoothed wave plate protruding part affects the resistance-reducing effects notably, and the resistance-reducing effects become better with the increase of the width. The results of contrast experiments of the bionic screw pile and the common one show that bionic screw piles can reduce resistance to soils.

Key words: bionics surface; reducing adhesion and resistance; screw pile; preventing flood and rushing to deal with an emergency