

新型预制管桩植桩工艺成果应用与静载试验

俞明德

(上海城市交通设计院有限公司, 上海市 200092)

摘要: 静钻根植桩、搅拌植入桩端后注浆管桩具有非挤土、机械化施工程度高、桩身质量可靠、节能环保、施工速度较快等优点,之前在桥梁中应用较少。军工路快速路新建工程试点将这 2 种新型预制管桩植桩工艺应用在桥梁工程中,并进行了静载试验。静载试验结果表明这 2 种桩单桩竖向极限承载力满足军工路新建工程桩基承载力要求。相同 D600 桩径下,搅拌植入桩端后注浆管桩极限承载能力高于静钻根植桩,沉降控制也好于静钻根植桩,但静钻根植桩对施工场地和设备要求比搅拌植入桩端后注浆管桩要低。这 2 种桩的上截桩直径多采用 600 mm,单桩抗弯性能较弱。因此,在桥梁工程中应用这 2 种管桩时,需采用复合配筋先张法预应力混凝土管桩或增加桩数满足单个承台桩基抗弯需求。

关键词: 预制管桩;非挤土植桩工艺;静钻根植桩;搅拌植入桩端后注浆管桩;静载试验

中图分类号: U443.15

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)10-0311-04

Application and Static Load Test of New Prefabricated Pipe Pile Driving Technology

YU Mingde

(Shanghai Urban Transportation Design Institute Co., Ltd., Shanghai 200092, China)

Abstract: The static drilling root driven pile and the stirring driven pile end post-grouting pipe pile have the advantages of non-soil squeezing, high degree of mechanized construction, reliable pile quality, energy conservation and environmental protection, and fast construction speed, which were less applied in bridges in the past. These two new prefabricated pile driving technologies have been applied in the bridge engineering in the pilot of the Jungong Road Expressway Project, and the static load tests are carried out. The test results show that the vertical ultimate bearing capacity of the single pile of these two piles meets the bearing capacity of pile foundation of this new project. Under the same D600 pile diameter, the ultimate bearing capacity of the stirring driven pile end post-grouting pipe pile is higher than that of the static drilling root driven pile, and its settlement control is also better than that of the static drilling root driven pile. However, the requirements for the construction site and equipment of the static drilling root driven piles are lower than those of the stirring driven pile end post-grouting pipe pile. The upper section diameter of these two types of piles is mostly 600 mm, and the bending resistance performance of a single pile is relatively weak. Therefore, when these two types of piles are applied in bridge engineering, it is necessary to adopt the composite reinforcement pre-tensioning method for prestressed concrete pipe piles or increase the number of piles to meet the bending resistance requirements of a base slab pile foundation.

Keywords: prefabricated pipe pile; non-soil squeezing pile driving technology; static drilling root driven pile; stirring driven pile end post-grouting pipe pile; static load test

0 引言

对于市中心桥梁,桥位附近存在比较多住宅、商业、厂房,并且沿线分布有许多重要地下管线及地下轨道交通。可选择的桩基形式较少,一般采用钻孔灌注桩,也可采用钢管桩。

钻孔灌注桩由于现场现浇,须采取严格的施工质量保证措施控制桩身质量,另外,泥浆处理,泥浆排放及清运对环境影响较大。

钢管桩具有单桩承载力高,桩身质量有保证,施工速度较快等特点,但造价较高,经济性较差。

预制管桩具有质量稳定可靠、机械化施工程度高、生产和施工过程节能环保等优点。以往预制管桩一般采用锤击、静压进行植桩,市区内采用静压植桩较多,这 2 种工艺均存在挤土效应明显的问题,对

收稿日期: 2025-02-24

作者简介: 俞明德(1984—),男,硕士,高级工程师,从事桥梁设计工作。



图4 静钻根植桩静载试验现场

表2 静钻根植桩静荷载试验结果汇总表

序号	1	2
桩号	P2-4#	P3-4#
试验开始日期	2023-11-20	2023-11-22
估算单桩竖向抗压极限承载力/kN	8 144	8 144
最大加载量/kN	8 000	8 000
最大沉降量/mm	14.61	16.4
最大回弹量/mm	10.63	9.2
回弹率/%	72.76	56.1
单桩竖向抗压极限承载力/kN	≥8 000	≥8 000

按照设计要求进行搅拌桩的施工,搅拌桩完成后采用液压静力压桩机将预制桩身压至设计标高,采用清水对注浆孔进行开塞后进行水泥搅拌桩的养护使水泥搅拌桩与预制桩身形成一体,搅拌桩养护 7 d 后进行桩底注浆,施工工艺见图 5。桩的承载力包括桩侧摩擦力和桩端阻力两部分。搅拌植入桩端后注浆管桩工法通过桩端注浆,提高了桩端承载力;通过桩身与水泥搅拌桩形成一体提高了桩侧摩擦力,充分发挥了预制桩桩身强度,提高了桩基承载力。

搅拌植入桩端后注浆管桩为非工程桩,通过施

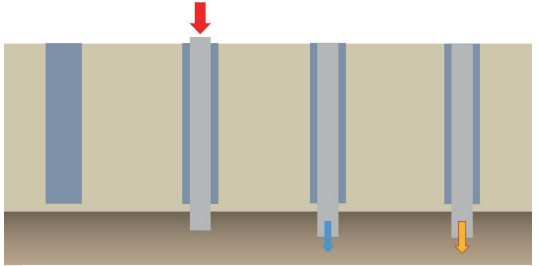


图5 搅拌植入桩端后注浆管桩施工工艺示意图

工和静载试验,验证超大长细比搅拌植入桩端后注浆管桩在桥梁工程中应用的可能性。通过静载试验验证其承载能力可靠性。试桩数量为 3 根,采用的 UHC 600 II 130,管桩混凝土强度等级为 C105。桩端进入持力层深度不小于 2d(d 为桩径),具体配桩见图 6 及表 3,静荷载试验现场和结果分别见图 7 及表 4。

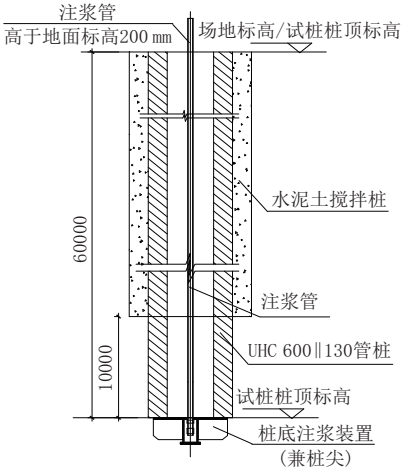


图6 搅拌植入桩端后注浆管桩配桩图(单位:mm)

表3 搅拌植入桩端后注浆管桩配桩表

试桩长度/ m	桩端持力层	预估承载力 特征值/kN	搅拌桩直径/ mm	搅拌桩深度/m	搅拌桩施工技术参数	桩端后注浆设计	
						水灰比	水泥用量/t
60	⑧层粉砂	4 250	700	50	地面以下 25 m	0.6	2.5
					地面 25 m 以下		



图7 搅拌植入桩端后注浆管桩静载试验现场

根据桩基静载试验结果可知,采用这 2 种新型植桩工艺的预制桩其单桩竖向抗压极限承载力均能达到规范估算值,表明规范单桩竖向抗压极限承载力计算方法能较好的满足工程设计需要。

其中,搅拌植入桩端后注浆管桩由于采用后注

表4 搅拌植入桩端后注浆管桩静荷载试验结果汇总表

桩号	SZ1#	SZ2#	SZ3#
试验开始日期(年-月-日)	2022-11-09	2022-11-13	2022-11-16
估算单桩竖向抗压 极限承载力/kN	9 016	9 016	9 016
最大加载量/kN	9 000	9 000	9 000
最大沉降量/mm	35.34	27.5	28.26
最大回弹量/mm	23.11	21.02	23.7
回弹率/%	65.39	76.44	83.86
单桩竖向抗压 极限承载力/kN	≥ 9 000	≥ 9 000	≥ 9 000

浆工艺,在最大加载量大于静钻根植桩 1 000 kN 的情况下,其回弹率普遍好于静钻根植桩,表明后注浆

工艺对单桩竖向抗压极限承载力提高和减小沉降方面有较为明显的帮助。

根据调研,静钻根植桩和搅拌植入桩端后注浆管桩常用上截桩直径多采用 600 mm。通过表 5 可知,D600 的静钻根植桩和拌植入桩端后注浆管桩单桩竖向承载力均大于 D800 钻孔桩+桩端后注浆^[8]。对于单桩竖向抗压极限承载力,采用静钻根植桩和拌植入桩端后注浆管桩工艺的预制桩可较好的替代钻孔桩。由于桥梁桩基抗弯性能需求较高,D600 预制桩抗弯较弱,可采用复合配筋先张法预应力混凝土管桩或适当缩短桩长增加桩数满足单个承台桩基抗弯需求。

表 5 单桩竖向抗压极限承载力对比表

桩型	D600-650 静钻根植桩	D600 搅拌植入桩端后注浆管桩	D600 搅拌植入桩端后注浆管桩	D800 钻孔桩	D800 钻孔桩+桩端后注浆
桩顶标高/m	0.9	3.84	0.9	0.9	0.9
桩尖标高/m	-55.1	-56.16	-55.1	-55.1	-55.1
桩长/m	56	60	56	56	56
估算单桩竖向抗压极限承载力/kN	8 144	9 016	8 984	5 930 ^[4]	6 665 ^[4]

3 结论与展望

(1)静载试验结果表明,静钻根植桩和搅拌植入桩端后注浆管桩单桩竖向极限承载力满足军工路新建工程桩基承载力要求。这 2 种桩型可在上海地区桥梁工程逐步推广使用。

(2)搅拌植入桩端后注浆管桩为非工程桩,相同 D600 桩径情况下,静载试验最大加载量要比静钻根

植桩大 1 000 kN。其静载试验结果中回弹率普遍较静钻根植桩高,可表明搅拌植入桩端后注浆管桩极限承载能力高于静钻根植桩,沉降控制也好于静钻根植桩。表明后注浆工艺对单桩竖向抗压极限承载力提高和减小沉降方面有较为明显的帮助。

(3)试验结果和各桩型承载能力对比,静钻根植桩和搅拌植入桩端后注浆管桩可替换钻孔灌注桩,具有机械化施工程度高、桩身质量可靠、节能环保、施工速度较快的优点。静钻根植桩施工过程无需静压沉桩设备,对施工场地和设备要求比搅拌植入桩端后注浆管桩低。

(4)根据调研,静钻根植桩和搅拌植入桩端后注浆管桩常用上截桩直径多采用 600 mm,单桩抗弯性能较弱,而桥梁桩基抗弯性能需求较高,需采用复合配筋先张法预应力混凝土管桩或适当缩短桩长增加桩数满足单个承台桩基抗弯需求。

参考文献:

[1] T31/QBJ 012—2019,ZC 静钻根植桩应用技术标准[S].
[2] 王卫东,凌造,吴江斌,等.上海地区静钻根植桩承载特性现场试验研究[J].建筑结构学报,2019,40(2):238-245.
[3] 桩 T/SSCE 0006—2023,端后注浆预制桩技术规程[S].
[4] 胡玉银.一种预应力管桩后注浆装置:CN202020997654.7[P].2021-02-02.
[5] 卫张震.搅拌植入桩端后注浆 UHC 管桩试验研究[J].建筑施工,2023,45(11):2344-2346.
[6] 上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司.上海军工路快速路新建工程施工图[Z].上海:上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,2018.
[7] 上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司.上海军工路快速路新建工程岩土工程勘察报告[Z].上海:上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,2018.
[8] JTG 3363—2019,公路桥涵地基与基础设计规范[S].

(上接第 293 页)

[10] Liu L, Zong Z, Gao C, et al. Experimental and numerical study of CFRP protective RC piers under contact explosion[J]. Composite Structures, 2019(234): 111658.
[11] Baylot J T, Bevins T L. Effect of responding and failing structural components on the airblast pressures and loads on and inside of the structure[J]. Computers & Structures, 2007, 85(11-14): 891-910.
[12] Wu K C, Bing L, Tsai K C. Residual axial compression capacity of localized blast-damaged RC columns[J]. International Journal of Impact Engineering, 2011, 38(1): 29-40.
[13] Cui J, Shi Y, Li Z X, et al. Failure Analysis and Damage Assessment of RC Columns under Close-In Explosions[J]. Journal of Performance of Constructed Facilities, 2015: B4015003.
[14] 师燕超,李忠献.爆炸荷载作用下钢筋混凝土柱的动力响应与破坏模式[J].建筑结构学报,2008,29(4):112-117.
[15] 吴平安,方秦,王年桥.脉冲荷载作用下钢筋砼梁破坏形态分析[J].解放军理工大学学报,2000(6):1-6.
[16] 方秦,吴平安.爆炸荷载作用下影响 RC 梁破坏形态的主要因素分析.计算力学学报,2003,20(1):39-42;48.
[17] 方秦,柳锦春,张亚栋.爆炸荷载作用下钢板与钢筋混凝土组合梁动力响应分析[J].工程力学,1997,14(增刊):321-325.
[18] 方秦,柳锦春,张亚栋.爆炸荷载作用下钢筋混凝土梁破坏形态有限元分析[J].工程力学,2001,18(2):1-8.
[19] 柳锦春,方秦,龚自明.爆炸荷载作用下钢筋混凝土梁的动力响应及破坏形态分析[J].爆炸与冲击,2003,23(1):25-30.