

静压管桩单桩极限承载力与终压力关系的探讨

王俊林¹, 王志宽¹, 马 艳²

(1. 郑州大学环境与水利学院, 河南省, 郑州, 450002; 2. 周口师范学院基建处, 河南省 周口 466001)

摘 要: 通过静压管桩单桩承载力的静载荷试验研究, 依据 $Q-S$ 曲线等试验成果给出单桩极限承载力, 采用数理统计方法探讨单桩极限承载力和终压力之间的区别和联系, 提出两者之间的相关估算方法, 为静压管桩技术的进一步推广和应用提供一定的依据。

关 键 词: 静压管桩; 静载试验; 单桩极限承载力; 终压力;

中图分类号: **文献标识码:** A

Relationship between ultimate bearing capacity of single pile and final pressure of static pressure pipe pile

WANG Jun-lin¹, WANG Zhi-kuan¹, MA Yan²

(1. College of Environmental and Hydraulic Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China;

2. Infrastructure Department, Zhoukou Normal University, Zhoukou 466001, China;)

Abstract: A research based on the static load test is studied, and according to the $Q-S$ curve the ultimate bearing capacity of single pile is confirmed. The relationship between the ultimate bearing capacity of single pile and the final pressure of static pile is discussed with mathematical statistics method; and a related estimation method between them is proposed. It can provide certain basis for the further promotion and the application of static pressure pipe pile technology.

Key words: static pressure pipe pile; static load test; ultimate bearing capacity of single pile; final pressure; regression analysis

1 概 述

近年来, 静压管桩技术在我国发展迅速, 它把管桩本身的优点和完善的静压工艺结合起来, 以其单桩承载力高、抗震性能好、无振动、无噪音、无污染、造价适中、施工周期短、施工场地文明整洁等优点, 越来越受到业主、设计人员与建设单位的青睐, 现在已经被大量用于工业与民用等各类建筑物和构筑物的基础工程中^[1-3]。

许多学者、工程技术人员为该技术的推广和应用做了大量的研究工作, 使得静压管桩基础得到了广泛的应用且发展态势良好, 对加快我国经济建设起到了推动作用。

由于地区上的差异性和静压管桩受力机理的复杂性, 静压管桩技术是一门实践性很强的技术, 需结合大量的现场试验研究, 分析静压管桩的受力机

理和承载机理, 以利于该技术推广和应用。

本文基于静压管桩技术推广应用的需要, 通过静压管桩单桩静载荷试验研究, 得出静压管桩单桩极限承载力, 并采用数理统计中的方法探讨并建立单桩极限承载力与终压力之间的关系, 便于静压管桩在施工中更加可靠的控制终压力, 为该技术的进一步推广和应用提供一定的依据。

2 静压管桩单桩竖向极限承载力研究的意义

根据大量的静压桩施工经验得知, 施工现场经常出现预制桩过长或过短, 而造成截桩或补桩现象, 不仅增加了施工难度, 造成不必要的浪费, 甚至会造成修改设计和施工方案。究其原因, 主要是静压桩的单桩竖向承载力预估不准确。

因此, 静压预应力管桩的承载能力特别是单桩

竖向极限承载力的分析研究一直是该类型基础设计和施工的重点,如何准确地确定静压桩的单桩竖向承载力,为实际工程提供可靠的依据,充分发挥桩基的经济效益,是工程技术人员十分关心的问题^[3-7]。

研究静压管桩的竖向承载力,并找出其与终压力之间的关系,有以下几方面的意义:①合理地确定终压力,从而选择合适的施工机械,确定桩长;②已知终压力、桩的入土深度及工程地质情况,可以估算单桩的极限承载力,从而确定单桩竖向承载力特征值;③在某一地区积累一定的地区经验后,可不用再做桩的竖向承载力静荷载试验,而仅做桩的完整性检验即可^[4,5,8]。

3 静压管桩单桩极限承载力与终压力之间的关系

静压预制管桩的单桩极限承载力与终压力有本质差别,是两个不同的概念,两者的量值不尽相同。终压力 P_u 是桩尖达到持力层终止压桩时出现的最终静压力,每次持续的时间通常仅有数秒钟或几十秒钟,主要来自压桩机克服桩端土体的抗冲剪阻力,而单桩竖向极限承载力 Q_u 是沉桩过程结束后桩周土体产生固结时桩能抵抗由上部结构传来的长期作用荷载的能力,主要来自桩侧土的摩阻力和桩端土的支撑。因土层分布与土质情况、桩的类型及截面尺寸、桩长、排水条件不同,终压力与单桩竖向极限承载力之间的关系是个变数^[2,4]。

静压管桩的终压力与单桩竖向极限承载力又是紧密相关的。单桩竖向极限承载力是在终压力的基础上,经过触变恢复和固结作用发展的,在桩周土未达到充分固结恢复之前的竖向承载力,都是“拟竖向极限承载力”,或称为广义竖向极限承载力。从这个意义上说,终压力是零时刻的广义竖向极限承载力,而不同时刻的所有的广义竖向极限承载力都收敛于桩的真实竖向极限承载力^[4,9]。

大量的试桩资料表明,有些静压管桩的极限承载力大于施工终压力,有些则小于终压力。所以正

确认识静压管桩竖向极限承载力与终压力的关系,根据工程地质情况和桩的入土深度等确定可靠的最终压桩力值以获得满足设计要求的单桩竖向极限承载力,成为指导静压桩设计、施工的关键^[3]。

终压力与极限承载力之间的关系可表示为

$$\alpha = Q_u / P_u \quad (1)$$

式中: α 为效应系数; Q_u 为单桩竖向极限承载力, (kN); P_u 为终压力, (kN)。

就目前的发展水平来说,直接寻求压桩力与单桩竖向极限承载力之间的普遍关系还难以实现,最为常用的方法是区域性经验公式法,故可以用区域性经验公式法探索二者之间的关系。

笔者根据工程实例数据进行分析,得到区域性经验方程为:

$$\frac{Q_u}{P_u} = (1 - \frac{10}{L/d})\beta \quad (2)$$

式中: β 为不同持力土层修正系数,一般对于 15~20 m 之间的中长桩,粉砂持力层取 1.1~1.4,粉质粘土持力层取 1.8~2.2,对于 6~15 m 之间的短桩在粉砂持力层下取 1.2~1.6。

4 静压管桩工程实例

确定单桩极限承载力的方法主要有静荷载试验法与动测法等,而由静荷载试验确定是公认的最直接、最基本的方法,其可靠性最高。

笔者在河南地区做了大量的单桩静载试验研究工作,现以河南省三处施工场地的 11 根预应力混凝土管桩试桩的单桩竖向抗压静载试验为例,研究分析单桩极限承载力与终压力之间的关系。表 1~3 为 11 根试桩的试验参数及结果,相应的 Q - s 曲线如图 1~3 所示。工程中,对于陡降型 Q - s 曲线,取其发生明显陡降的起始点对应的荷载值作为极限承载力。对于缓变型 Q - s 曲线可根据沉降量确定,宜取 $s = 40$ mm 对应的荷载值;当桩长大于 40 m 时,

表 1 施工场地 I 试桩数据
Table 1 The data of test piles of construction site I

桩号	桩径/mm	极限承载力 Q_u /kN	终压力 P_u /kN	Q_u/P_u	入土深度 /m	长细比	特征值对 应沉降/mm	桩端 持力层
1	500	3000	3772	0.8	18	36	8.52	粉砂
2	500	3000	3854	0.78	18	36	5.72	粉砂
3	500	3000	3444	0.87	19	38	7.76	粉砂
4	500	3000	3608	0.83	19.5	39	8.46	粉砂
5	500	3000	2952	1.02	19	38	7.46	粉砂

表 2 施工场地Ⅱ试桩数据
Table 2 The data of test piles of construction site Ⅱ

桩号号	桩径/mm	极限承载力 Q_u /kN	终压力 P_u /kN	Q_u/P_u	入土深度 /m	长细比	特征值对 应沉降/mm	桩端 持力层
6	500	2400	1968	1.22	15	30	13.25	粉质粘土
7	500	2700	1952	1.38	16.5	33	18.15	粉质粘土
8	500	2700	1804	1.5	16	32	5.25	粉质粘土

表 3 施工场地Ⅲ试桩数据
Table 3 The data of test piles of construction site Ⅲ

桩号号	桩径/mm	极限承载力 Q_u /kN	终压力 P_u /kN	Q_u/P_u	入土深度 /m	长细比	特征值对应的 沉降/mm	桩端 持力层
9	400	1 400	2 130	0.66	8	20	16.88	粉砂
10	400	1 400	2 045	0.68	9	22.5	15.76	粉砂
11	400	1 400	1 763	0.79	8	20	18.68	粉砂

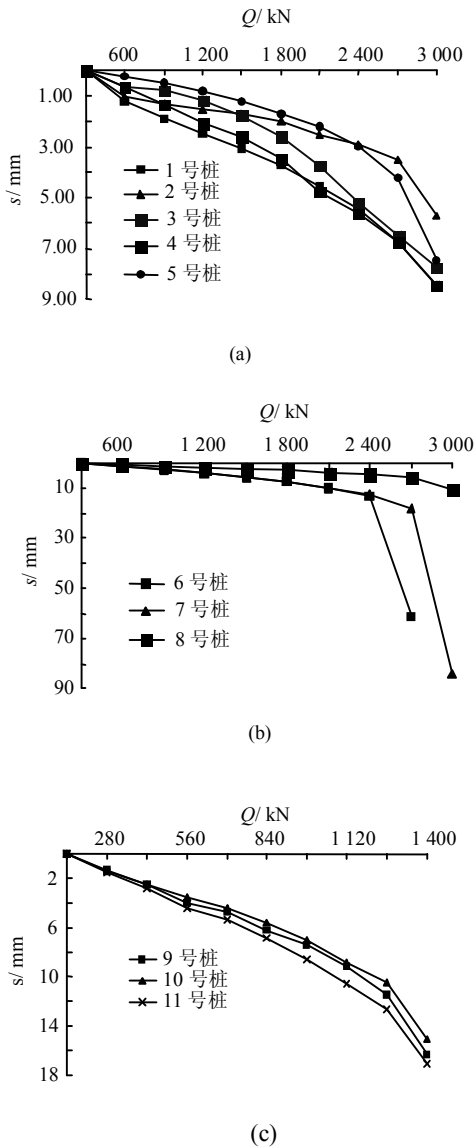


图 1 Q - s 曲线图
Fig.1 Q - s curves of piles

宜考虑桩身弹性压缩量;对直径大于或等于 800 mm 的桩,可取 $s = 0.05D$ (D 为桩端直径)对应的荷载

值^[10]。据此,可分别求出各试桩的极限承载力。

通过试验结果分析及 Q - s 曲线等可以方便地确定单桩竖向极限承载力和单桩竖向承载力特征值。由表 1~3 可以看出,即使在同一地区不同施工场地,效应系数 Q_u/P_u 的值也呈现了较大的离散性。这说明静压管桩单桩极限承载力的变化除了与终压力值有关外,还与其它因素密切相关,这就需要研究单桩极限承载力与终压力之间的关系及其影响因素。

5 工程实例分析

试验结果表明:效应系数 α 的具体取值与桩的入土深度、土质土层情况特别是桩端持力层情况及压桩力大小等因素有关。桩长在 15~20 m 之间的中长桩,在粉砂持力层情况下,效应系数在 0.75~1.1 之间,在粉质粘土持力层情况下,效应系数在 1.2~1.5 之间。桩长在 6~15 m 之间的短桩,在粉砂持力层情况下,效应系数在 0.6~0.8 之间。

一般情况下,对于中长桩,在粘性土中压桩时,静压管桩的极限承载力比压桩施工时的终压力大,而在砂层中压桩时,桩的极限承载力要小于终压力。因为对于砂土内压桩,桩周产生挤压和摩擦,由于砂的剪胀性,使桩周围土的孔隙水压力下降,内摩擦角相应增大,从而提高了桩贯入阻力。过一段时间以后,砂土中孔隙水压力恢复,桩与土层间的摩擦力也相应减少。相反,在粘土中压桩,由于桩身的挤压与扰动,桩周围土体内的孔隙水压力上升,抗剪能力大大降低,压入阻力也相应减少。压桩停止后,粘土中的超孔隙水压力逐渐消失,桩周围土体发生固结,桩身与土体之间的摩擦力也逐渐增加^[6]。

经验公式因地区的差异性可能有所不同^[6, 7]。

根据上面的公式,可简单的从终压力大小、桩的入土深度及地质条件估算桩的极限承载力,反之,也可以在已知单桩极限承载力情况下,结合工程地质条件和桩的入土深度,估算所需的满足条件的终压力,从而选择合适的施工机械。以施工场地 I 的 5 根试桩为例, β 取值及极限承载力和终压力的计算值与实测值对比关系见表 4。

表4 施工场地 I 计算值与实测值
Table 4 The calculated and measured data
of construction site I

β 取值	实测 Q_u/kN	计算 Q_u/kN	实测 P_u/kN	计算 P_u/kN
1.1	3 000	2 997	3 772	3 776
1.1	3 000	3 062	3 854	3 776
1.2	3 000	3 045	3 444	3 393
1.1	3 000	2 951	3 608	3 668
1.4	3 000	3 045	2 952	2 908

据表 4 知计算值与实测值非常接近,由此可见,在一定的地质条件下,根据本文所求经验公式能够很快的比较准确的得到极限承载力或终压力。但是由于地质条件的复杂性和多样性,更加准确和适用范围更广的经验公式还有赖于广大学者和技术人员做进一步的研究与探索。

6 结 语

随着工程经验的积累和研究的深入,静压管桩得到迅速推广和广泛应用,采用静压管桩基础的工程越来越多,该技术的优点在得到更好的体现的同时,研究人员发现还有许多的技术问题需要解决,并不断深入开展相关研究。

本文利用工程实例从静压管桩静载荷试验来研究和分析,依据 Q - s 曲线等试验成果给出单桩极限承

载力,采用数理统计方法探讨并建立终压力和单桩极限承载力之间的关系,希望对静压管桩的设计、施工有所帮助。我们必须在工程实践中认真研究、分析并总结静压管桩的一些固有特点,才能使静压管桩的设计和施工更准确、更完美、更有把握,确保工程建设的可靠度,使我们所设计的工程达到既安全又经济的目的。

参 考 文 献

[1] 冒海智. 静压管桩在工程中的应用[J]. 土工基础, 2007, 21(2): 31—33.

[2] 黄赞. 静压桩终压力的确定及其意义[J]. 建筑技术, 2002, 33(3): 184—186.

[3] 张义. 静压预应力管桩单桩极限承载力的应用分析[J]. 甘肃科技, 2005(7): 129—131.

[4] 张强. 静压桩单桩竖向承载力的分析估算[J]. 番禺职业技术学院学报, 2006, 5(2): 58—61.

[5] 赵俭斌, 阮翔, 孙传胤, 等. 辽沈地区静压管桩终压力与单桩极限承载力的关系研究[J]. 沈阳建筑大学学报: (自然科学版), 2005, (4): 302—305.

[6] 鲁颖, 龚维明. 预应力混凝土管桩承载力、压桩力与极限承载力分析[J]. 广东建材, 2006(3): 17—19.

[7] 朱宏波, 汪永森. 静压管桩终压力与极限承载力相关关系的探讨[J]. 浙江建筑, 2000 (增 1): 49—50.

[8] 王宁伟, 李天棋, 董巍, 等. 静压管桩在沈阳地区的应用[J]. 沈阳建筑工程学院学报: 自然科学版, 2004, 20(3): 186—188.

[9] 蒋跃楠, 韩选江. 静压桩终压力及单桩竖向承载力的相关性[J]. 南京工业大学学报, 2006, 28(5): 63—66.

[10] 中华人民共和国建设部. 建筑基桩检测技术规范 JGJ106-2003 [s]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.