

南水北调漕河渡槽Ⅲ标段桩基 13 000 kN 竖向 抗压静载试验及分析

常福远 宋玉才

(葛洲坝集团基础工程有限公司,湖北宜昌 443002)

【摘要】 漕河渡槽是南水北调中线工程总干渠上的标志性建筑物,其Ⅲ标段渡槽基础采用桩基形式。桩基施工完毕后,为了检测单桩竖向抗压承载力,采用了以堆锚联合反力装置为反力方式的 13 000 kN 竖向抗压静载试验,实验结果分析表明,本工程单桩的竖向抗压承载力满足设计要求。

【关键词】 南水北调;漕河渡槽;桩基;竖向抗压静载试验

【中图分类号】 TU 473.11

13 000 kN Static-loading Test in the Ⅲ Sign Section of Cao River Flume Pile Foundation of South-to-North Water Transfer Project

Chang Fuyuan Song Yucai

(Foundation Treatment Company Limited Under Gezhouba Group, Yichang Hubei 443002 China)

【Abstract】 The flume at Cao River is an important building of the emergency water supply project for the Beijing-Shijiazhuang section on the Mid-Route of South-to-North Water Transfer Project. The Ⅲ sign section flume foundation uses pile foundation. In order to test the single pile vertical bearing capacity, 13000kN vertical static-loading experiment is done. The experimental result shows that the pile vertical compressive bearing capacity satisfied the design requirements.

【Key Words】 south-to-north water transfer; flume at Cao River; pile foundation; static-loading test

1 工程概况

南水北调漕河渡槽位于河北省保定市满城县境内,距保定市约30 km。漕河渡槽是南水北调中线工程总干渠上的标志性建筑物,全长2 300 m,其中漕河渡槽Ⅲ标段为30 m跨多侧墙渡槽,段长1 230 m。共34个承台为桩基础形式(设计为端承桩),每个承台下布端承桩12根,总桩数408根,桩径1.5 m,平均桩长25 m左右。

桩基采用冲击钻成孔、泥浆护壁、水下导管灌注成桩工艺。钢筋笼为通长配筋,主筋26 ϕ 25螺纹钢,箍筋为 ϕ 8圆钢筋,桩顶至6 m间距100 mm,以下间距200 mm,加劲筋为 ϕ 25螺纹钢,间距2 000 mm,混凝土强度等级C25,桩端持力层为弱风化白云岩。

为了检测单桩的竖向抗压承载力,依据《建筑基桩检测技术规范》(JGJ 106—2003):“单桩竖向抗压静载荷试验受检桩数应不少于总桩数的1%且不少于3根”,南水北调漕河渡槽Ⅲ标段共抽检4根桩进行单桩竖向抗压静载试验,试桩桩号分别为51-5、

47-2、55-9、68-4。

2 试桩基本情况

2.1 试桩地质情况

51-5号桩的地质结构为:0~5.0 m卵石、5.0~6.6 m砾砂、6.6~12.0 m黄土状壤土、12.0~14.6 m卵石、14.6~17.6 m砾砂、17.6~19.0 m壤土碎石、19.0~25.4 m全风化岩石、25.4~26.6 m强风化岩石、26.6~27.1 m弱风化岩石。

47-2号桩的地质结构为:0~5.8 m卵石、5.8~11.2 m黄土状壤土、11.2~13.6 m卵石、13.6~15.0 m壤土碎石、15.0~20.2 m全风化岩石、20.2~23.3 m强风化岩石、23.3~23.8 m弱风化岩石。

55-9号桩的地质结构为:0~1.2 m砾砂、1.2~6.8 m卵石、6.8~10.2 m黄土状壤土、10.2~12.0 m壤土碎石、12.0~20.0 m卵石、20.0~22.2 m黄土状壤土、22.2~25.6 m强风化岩石、25.6~26.1 m弱风化岩石。

68-4号桩的地质结构为:0~6.2 m卵石、6.2~

11.4 m 碎石壤土、11.4~21.4 m 卵石、21.4~28.3 m 弱风化岩石。
26.6 m 壤土碎石、26.6~27.8 m 强风化岩石、27.8~2.2 试桩成桩情况(见表 1)

表 1 试桩成桩情况一览表

桩号	桩长/m	桩径/m	混凝土强度等级	充盈系数	成孔日期	灌注日期	灌注历时/min	入弱风化岩深度/m
51-5	27.1	1.5	C25	1.1	2005-08-08	2005-08-13	164	0.5
47-2	23.8	1.5	C25	1.1	2005-09-05	2005-09-06	105	0.5
55-9	26.1	1.5	C25	1.1	2005-09-09	2005-09-09	134	0.5
68-4	28.3	1.5	C25	1.1	2005-11-06	2005-11-08	128	0.5

2.3 试桩低应变检测情况

在试桩进行竖向抗压静载试验前,对试桩和两侧的锚桩进行了低应变反射波法桩身完整性检测,检测结果见表 2。

表 2 试桩及锚桩低应变检测结果一览表

试桩号	低应变检测桩号	波速/(m·s ⁻¹)	判定类别
51-5	51-4	4 246	I
	51-5	4 268	I
	51-6	4 125	I
47-2	47-1	3 800	I
	47-2	3 915	I
	47-3	3 899	I
55-9	55-8	3 950	I
	55-9	3 959	I
	55-10	3 836	I
68-5	68-4	3 829	I
	68-5	3 933	I
	68-6	3 951	I

3 静载试验前准备工作

桩顶部宜高出试坑底面 0.5 m,试坑底面宜与桩承台底标高一致。试验前试验桩头进行如下处理:

- 1) 凿掉混凝土桩顶部的破碎层和软弱混凝土。
- 2) 桩头主筋应全部直通至桩顶混凝土保护层之下,各主筋应在同一高度上。
- 3) 在距桩顶 1.5 倍桩径范围内设置箍筋,间距不宜大于 100 mm。桩顶下 200 mm 和 400 mm 处应分别设置钢筋网片 1 层,间距为 200 mm。

4) 桩头用 C30 混凝土浇筑。桩头直径与设计桩径相一致,桩头顶面应平整,桩头中轴线与桩身上部的中轴线应重合。

4 静载试验

4.1 试验方法与最大加载荷载

试验采用慢速维持荷载法,最大加载荷载 13 000 kN (由设计指定)。

4.2 反力方式

本次单桩静载荷试验反力方式采用堆锚联合反力装置(见图 1),堆载重物提供反力 8 400 kN,两根

锚桩各提供反力 2300 kN。反力主梁为 2 根 11.0 m 长的钢梁,以同排、相邻工程桩为锚桩,先行焊接锚桩,然后根据实际情加放混凝土重块堆重。

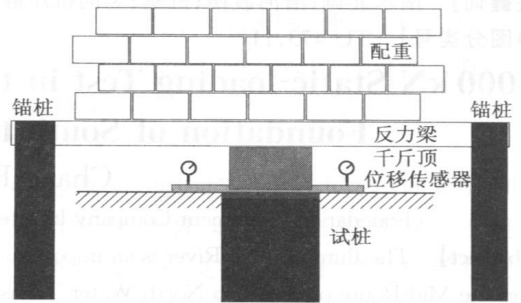


图 1 压重平台及工程桩锚固反力装置示意图

4.3 试验测试系统

采用武汉岩海 RS-JYB 基桩静载试验分析系统,高压油泵供油、油压千斤顶 4 台 5 000 kN 并联加载,加载数值由并联于油路中的压力传感器控制。试桩在加载过程中的竖向变形采用量程为 50 mm 的位移传感器测量。在试桩桩头处对称安置 4 支位移传感器,位移量取其平均值。位移计通过磁性表座分别支撑在基准梁上,在锚桩中心各安置一支位移传感器观测上拔量。所采用主机、油压传感器、位移传感器、千斤顶都经测试标定合格,能够满足试验要求。

4.4 试验分级及观测

按照《漕河渡槽原位桩基试验技术要求》冀漕 II、III 技第 6 号(水利部河北水利水电勘测设计院)要求,加荷分级为 13 级,每级加荷 1 000 kN。

每级荷载施加后按第 5、15、30、45、60 min 测读桩顶变形量,以后每隔 30 min 测读一次。

试桩变形相对稳定标准:每 1 h 内的桩顶变形量不超过 0.1 mm,并连续出现两次(从分级荷载施加后第 30 min 开始,按 1.5 h 连续三次每 30 min 的变形观测值计算)。

当桩顶变形速率达到相对稳定标准时,再施加下一级荷载。

加荷达到设计试桩要求的最大加载量(13 000 kN)终止加载。

卸载每级 2 000 kN, 每级荷载维持 1h, 按第 15、30、60 min 测读桩顶沉降量后, 直到回弹稳定后卸下级荷载。卸载至零后, 测读桩顶残余沉降量, 维持时

间为 3h, 测读时间为第 15、30 min, 以后每隔 30 min。

5 试验数据分析

在最终 13 000 kN 的荷载作用下, 依据相对稳定指标, 各试验桩能够稳定。依据试验观测数据, 各试桩的主要试验数据见表 3。

表 3 各试桩试验数据汇总表

桩号	桩长/m	长径比	最终荷载/kN	最大沉降量/mm	最大回弹量/mm	回弹率/%	锚桩最终上拔量/mm	历时/h
51-5	27.1	18.0	13 000	11.04	3.58	32.43	4.49	43.0
47-2	23.8	15.9	13 000	4.20	2.81	66.90	1.91	37.5
55-9	26.1	17.4	13 000	3.44	2.46	71.51	1.89	32.5
68-4	28.3	18.9	13 000	3.30	2.43	73.64	0.11	32.5

从表 3 可看出: 在最终 13 000 kN 的荷载作用下, 除 51-5 号试桩的回弹率较小外, 其它 3 组试桩的回弹率较大, 最高回弹率达到 73.64%, 可见基桩的弹性变形量占最大沉降量的主要部分。各组试验

桩的锚桩最终上拔量都小于 10 mm, 不可能对工程桩承载力造成影响。

依据试验数据, 绘制出各试桩的荷载-沉降($Q-s$)曲线、 $s-\lg t$ 曲线(见图 2—图 5)。

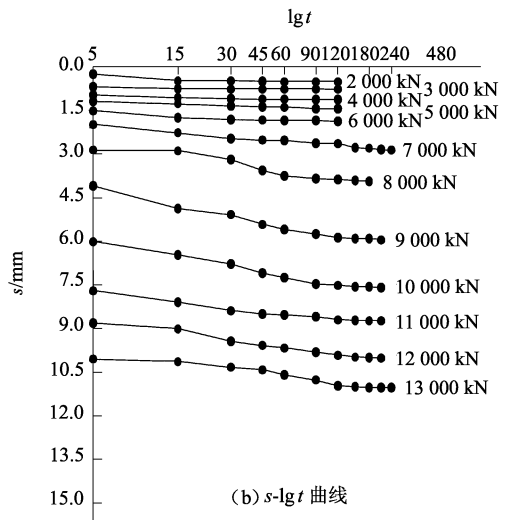
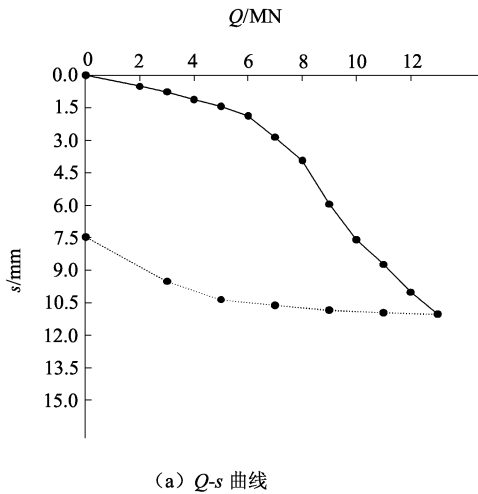


图 2 51-5 试验桩 $Q-s$ 、 $s-\lg t$ 曲线

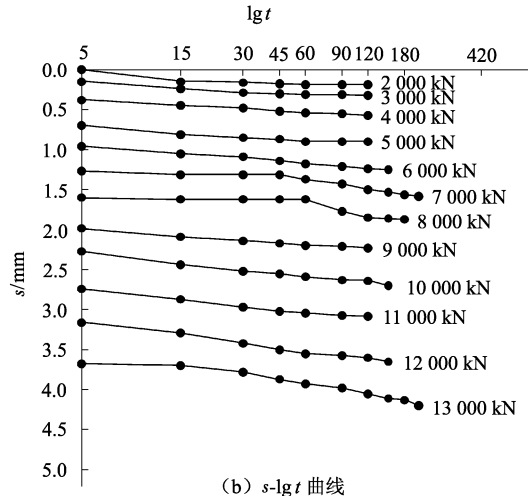
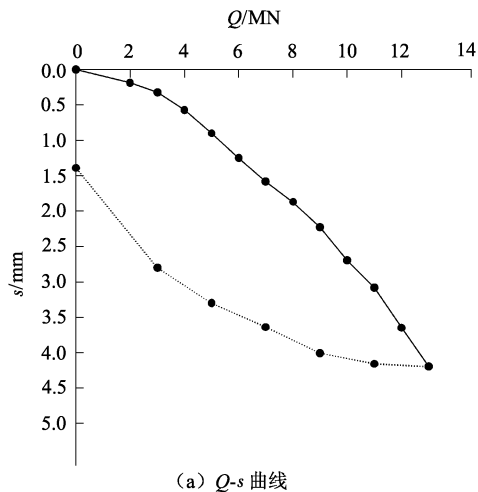


图 3 47-2 试验桩 $Q-s$ 、 $s-\lg t$ 曲线

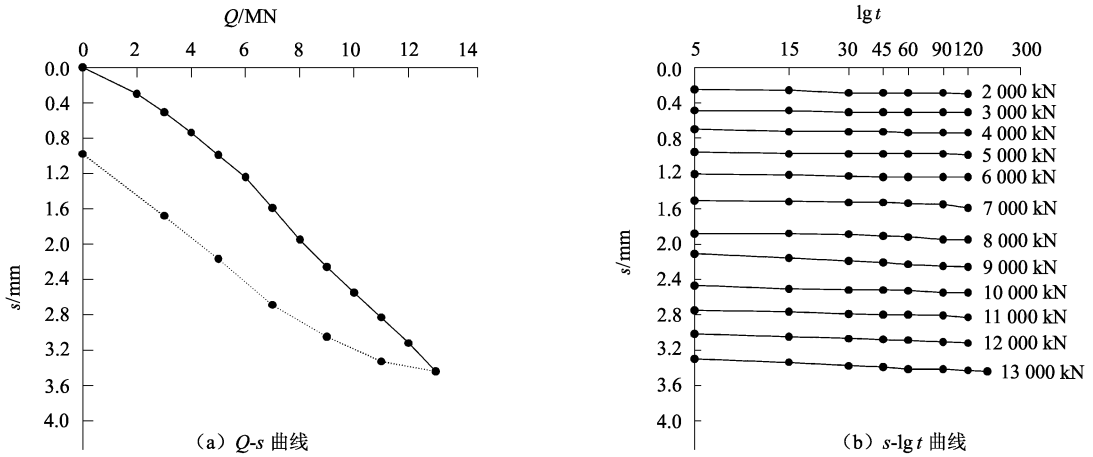


图4 55-9 试验桩 $Q-s$ 、 $s-\lg t$ 曲线

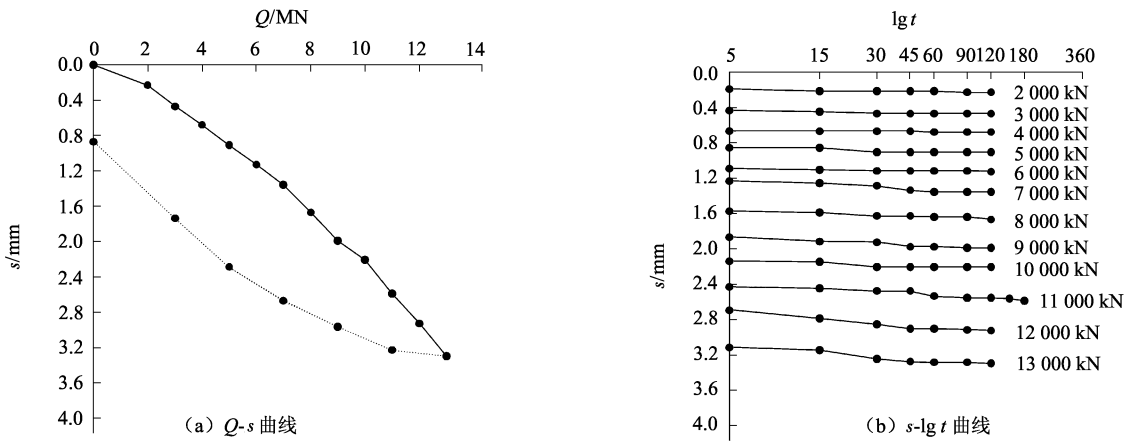


图5 68-4 试验桩 $Q-s$ 、 $s-\lg t$ 曲线

从各试桩荷载-沉降 ($Q-s$) 曲线可看出, 曲线均为典型缓变型曲线, 没有发现明显的陡降点; 从各试桩 $s-\lg t$ 曲线可看出某一级荷载 $s-\lg t$ 曲线尾部没有出现明显向下弯曲。

依据《建筑基桩检测技术规范》(JGJ 106-2003) 第四章 4.4.2 的第四条: “当直径大于或等于 800 mm 时, 单桩竖向抗压极限承载力取值标准: 取 $s=0.05 D$ (D 为桩端直径), 对应的荷载为单桩竖向抗压极限承载力”。各试桩直径为 1.5 m, 当 $s=75$ mm 时, 对应的荷载为各单桩竖向抗压极限承载力, 实验结果表明各试桩的最大沉降量都远远小于 75 mm, 可判定在 13 000 kN 的最终荷载作用下, 各试桩均未达到其极限承载力状态, 即各试验桩的单

桩竖向抗压极限承载力 Q_u 均大于 13 000 kN。

6 结论

鉴于各试验桩的单桩竖向抗压极限承载力 Q_u 均大于 13 000 kN, 判定本工程单桩竖向抗压极限承载力统计值大于 13 000 kN, 满足设计要求。

参 考 文 献

- [1] JGJ 94-94 建筑桩基技术规范[S].
- [2] JGJ 106-2003 建筑基桩检测技术规范[S].
- [3] 罗骥先. 桩基工程检测手册[M]. 北京: 人民交通出版社

收稿日期: 2007-09-17