

# 预应力管桩单桩竖向极限承载力分析

李连营 路清

(天津市勘察院,天津 300191)

【摘要】通过天津地区几例预应力管桩的静载荷试桩结果,分析天津地区预应力管桩单桩竖向极限承载力标准值的估算及与《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—94)和天津市《岩土工程技术规范》(DB 29—20—2000)的差别。

【关键词】预应力管桩;试比;“土塞”效应

【中图分类号】TU 473.11

## Analysis for the Standard Vertical Limited Bearing Capacity of the Single Prestressed Concrete Drilled Caisson

【Abstract】On the base of the several static load test results in Tianjin district, analyzing and studying the estimate results of the standard vertical limited bearing capacity of the single prestressed concrete drilled caisson. Furthermore, comparing the results to that of the (Technical code for building pile foundations). (JGJ 94-94) and Tianjin (Technical code for geo-technical engineering). (DB 29-20-2000).

【Key words】prestressed concrete drilled caisson; ratio of calculation and experiment; effect of “the soil stuff”

### 0 引言

近两年,随着天津地区预应力混凝土管桩(简称PC桩)的引进和应用,为天津地区地基加固和处理带来了新的生机。该桩型不仅成桩质量较好,而且施工简便、造价较低,将有望成为天津地区地基加固和处理的主要桩型。但随着静载荷试桩的不断增多,发现其单桩竖向极限承载力标准值与按《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—94)和天津市《岩土

工程技术规范》(DB 29—20—2000)提供的桩基参数所估算的结果有较大的差距。笔者通过三项工程实例分析其产生差距的原因及解决的方法。

### 1 实例

#### 1.1 实例1

某工程为2层车间,设计采用 $\phi 300$ 预应力管桩,壁厚6 cm,有效桩长 $L = 18.0$  m,桩顶位于现地面下1.5 m。场地地质条件见表1。

表1 地层分布及主要物理力学指标表

层号	土层名称	土层厚度/m	含水量 $w/\%$	孔隙比 $e$	塑性指数 $I_p$	液性指数 $I_L$	压缩模量 $E_{s1-2}/\text{MPa}$	标贯击数 $N/\text{击}$
1	素填土	2.50	30.0	0.98	20.0	0.35	5.4	6.6
2	淤泥	2.20	55.6	1.58	22.7	1.28	2.2	0.6
3	粉质粘土	2.30	27.8	0.80	11.3	1.12	9.8	6.2
4	粉质粘土	2.30	34.8	0.99	14.0	1.21	4.0	2.0

作者简介:李连营,1965年生,男,汉族,天津市人,天津大学在读硕士研究生,教授级高工。现为天津市勘察院副总工程师,主要从事工程勘察、地基处理等岩土工程工作。

续表

层 号	土层名称	土 层 厚 度/m	含 水 量 $w/\%$	孔 隙 比 $e$	塑性指数 $I_p$	液性指数 $I_L$	压缩模量 $E_{s1-2}/\text{MPa}$	标贯击数 $N/\text{击}$
5	粉 土	1.90	25.1	0.73			16.7	14.3
6	粉质粘土	2.10	22.5	0.65	10.6	0.76	10.8	7.3
7	粘 土	2.20	35.4	1.00	17.0	0.84	4.5	6.3
8	粉 土	6.50	21.7	0.63			15.9	41.8

## 1.2 实例 2

顶位于现地面下 2.5 m 左右。场地地质条件见表 2。

某工程为 4 层体育馆,设计采用  $\phi 45$  预应力管桩,壁厚 9.1 cm,有效桩长  $L = 42.0$  m,桩

表 2 地层分布及主要物理力学指标表

层 号	土层名称	土 层 厚 度/m	含 水 量 $w/\%$	孔 隙 比 $e$	塑性指数 $I_p$	液性指数 $I_L$	压缩模量 $E_{s1-2}/\text{MPa}$	标贯击数 $N/\text{击}$
1	素 填 土	1.40						
2	淤泥质粉质粘土	1.10	36.1	1.03	16.7	1.01	2.9	0.7
3	淤泥质粘土	4.50	48.6	1.36	19.8	1.34	2.5	0.5
4	淤 泥	4.00	59.4	1.71	23.3	1.38	2.1	0.5
5	淤泥质粘土	4.50	41.6	1.19	18.3	1.12	2.7	1.3
6	粉质粘土	3.50	26.8	0.77	11.3	0.70	6.3	7.8
7	粉质粘土	3.00	24.5	0.69	12.6	0.57	5.2	7.6
8	粉质粘土及粉土	4.00	24.3	0.67	12.1	0.58	8.5	13.2
9	粉 土	3.50	21.2	0.61			16.6	42.7
10	粘 土	7.00	31.1	0.88	17.3	0.71	5.5	10.0
11	粉质粘土	3.50	21.7	0.62	12.0	0.48	6.5	12.6
12	粉 砂	15.00	21.1	0.63			13.5	33.0

## 1.3 实例 3

管桩,壁厚 6 cm,有效桩长  $L = 20.0$  m,桩顶位于

某工程为 3 层车间,设计采用  $\phi 300$  预应力于现地面下 1.6 m。场地地质条件见表 3。

表 3 地层分布及主要物理力学指标表

层 号	土层名称	土 层 厚 度/m	含 水 量 $w/\%$	孔 隙 比 $e$	塑性指数 $I_p$	液性指数 $I_L$	压缩模量 $E_{s1-2}/\text{MPa}$
1	杂 填 土	2.10					
2	素 填 土	0.50	33.6	0.97	21.3	0.42	3.4
3	粘 土	1.40	28.7	0.86	19.1	0.38	5.1
4	粉质粘土	2.50	30.3	0.85	15.3	0.73	5.7
5	粉质粘土	3.50	33.2	0.97	14.9	1.06	4.6
6	淤泥质粉质粘土	2.50	39.1	1.09	15.1	1.37	3.2
7	粉质粘土	1.50	33.4	0.92	12.5	1.23	6.0
8	粉质粘土	2.00	24.2	0.67	12.5	0.63	5.3
9	粉质粘土	2.00	20.3	0.56	11.8	0.38	6.6
10	粉 土	5.20	21.2	0.58			14.7

## 1.4 计算结果与试桩结果

根据上述两规范提供的预制桩桩基参数, 三项实例严格按各层土的物理力学指标统计

结果内插所获得桩基参数计算的单桩竖向极限承载力标准值  $Q_{uk}$  及静试桩结果见表4。

表4 计算结果与静试桩结果表

工 程 项 目	JGJ 94—94 规范	DB 29—20—2000 规范	静 载 荷 试 桩 结 果	
	$Q_{uk}/kN$	$Q_{uk}/kN$	$Q_{uk}/kN$	对应的沉降/mm
实 例 1	819.2	896.1	1 100.0	14.80
实 例 2	3 058.2	3 685.0	3 840.0	22.27
实 例 3	893.1	973.6	1 140.0	21.84

## 2 结果对比及原因分析

## 2.1 结果对比

单桩竖向极限承载力标准值  $Q_{uk}$  与静试桩结果的比值见表5。

表5 计算结果与试桩结果比值

工程项目	JGJ 94—94 规范	DB 29—20—2000 规范
	$\frac{Q_{uk计}}{Q_{uk试}}$	$\frac{Q_{uk计}}{Q_{uk试}}$
实 例 1	0.745	0.815
实 例 2	0.796	0.960
实 例 3	0.775	0.876
平 均 值	0.775	0.876

从表5对比可看出:

1) 计算的单桩竖向极限承载力标准值明显低于试桩结果, 计试比介于 0.745~0.960, 一般在 0.80 左右;

2) 按 DB 29—20—2000 规范计算的单桩竖向极限承载力标准值与试桩结果差别相对较小, 计试比介于 0.815~0.960, 平均值为 0.876, 但按 JGJ 94—94 规范计算的单桩竖向极限承载力标准值与试桩结果差别较明显, 计试比介于 0.745~0.796, 平均值为 0.775;

3) 从静载荷试桩结果所对应的沉降值可以看出, 试桩均未压至破坏, 反映出试桩结果还有一定的承载力储备。

## 2.2 原因分析

计算的单桩竖向极限承载力标准值明显低于试桩结果, 主要是计算时未考虑管桩内壁的侧摩阻力, 开口管桩端阻面积仅考虑管壁的面积而未考虑管桩桩端的“土塞”效应, 与实际受力不符; 另外, 规范提供的预制桩桩基参数偏低。

## 3 修正公式的建立

经过多项工程试算, 在进行单桩竖向极限承载力标准值时, 部分考虑内壁的侧摩阻力, 并对桩端面积和极限端阻力标准值进行修正, 修正公式如下:

$$Q_{uk} = (u_1 + au_2)h_i q_{sik} + bA_p q_{pk} \quad (1)$$

式中:  $u_1$ 、 $u_2$  分别为外壁、内壁的周长;  $A_p$  为桩端外壁所围的面积;  $q_{sik}$ 、 $q_{pk}$  为各层土的极限侧阻力标准值、极限端阻力标准值;  $h_i$  为各层土的厚度;  $a$  为“土塞”效应修正系数, 根据持力层土性可按表6查取;  $b$  为极限端阻力标准值修正系数, 根据持力层土性可按表6查取。

表6 a、b 值表

		粘 性 土	粉 土	砂 土
DB 29—20—2000	a 值	0.15	0.3	0.4
	b 值	1.0	1.0	1.0
JGJ 94—94	a 值	0.3	0.5	0.6
	b 值	1.0	1.1	1.2

## 4 工程验证

1 计算的结果与试桩结果的比值见表 7。

上述 3 项工程实例及其它 5 项工程按式

表 7 按修正公式的计算结果与试桩结果比值表

工程项目	桩 径 $D/\text{mm}$	桩 长 $L/\text{m}$	持力层土 层 名 称	JGJ 94—94 规范	DB 29—20—2000 规范
				$\frac{Q_{uk\text{计}}}{Q_{uk\text{试}}}$	$\frac{Q_{uk\text{计}}}{Q_{uk\text{试}}}$
实 例 1	$\phi 300$	18.0	粉 土	0.924	0.985
实 例 2	$\phi 450$	42.0	粉 砂	0.970	1.029
实 例 3	$\phi 300$	20.0	粉 土	0.987	1.008
工 程 4	$\phi 300$	6.0	粉 土	1.040	0.942
工 程 5	$\phi 300$	24.0	粉 土	0.892	0.972
工 程 6	$\phi 300$	19.0	粉 土	0.922	1.010
工 程 7	$\phi 300$	25.0	粉质粘土	1.034	1.022
工 程 8	$\phi 300$	24.0	粉质粘土	0.936	0.916
平 均 值				0.963	0.986

## 5 结 论

1)按规范提供的预制桩桩基参数计算的单桩竖向极限承载力标准值明显低于试桩结果,一般低 15%~25%左右;

2)经 8 项工程的验证,按式(1)计算的单桩竖向极限承载力标准值与试桩结果较吻合,计试比平均值介于 0.963~0.986,其中,按 JGJ 94—94 规范计算的单桩竖向极限承载力标准值与试桩结果计试比介于 0.924~1.040,平均值为 0.963;按 DB 29—20—2000 规范计算的单桩竖向极限承载力标准值与试桩结果计试比介于 0.916~1.029,平均值为 0.986;

3)由于管桩的试桩间歇期普遍较短(一般在 7~15 d),且试桩一般不压至破坏,因此,管桩的实际单桩竖向极限承载力标准值比试桩结果均有一定的承载力储备,按提高后的单桩承载力使用是安全的。

## 参 考 文 献

- 1 JGJ 94—94 建筑桩基技术规范
- 2 DB 29—20—2000 岩土工程技术规范
- 3 DBJ/T 15—22—98 预应力混凝土管桩基础技术规范

收稿日期:2003-04-21