

粉砂层中打入桩承载力的深度效应

江 镜

(南通市建筑设计院)

一、前 言

桩的持力层选择和入土深度是桩基设计的重要环节,就砂性土持力层而言,如何合理地确定桩尖插入持力层的深度,发挥它对桩基的支承作用,则是影响桩基工程可靠性和经济性的一个重要前提。南通市桩基工程为解决这一问题,曾在9根桩的静载荷试验中分别对不同桩端标高进行了测试,由此找出桩入砂土层深度的变化规律。本文系综合该项试验成果,就提高当地打入桩承载力问题提出粗浅的看法。

二、不同标高的单桩静载荷试验

南通市地处长江三角洲,可选作桩基持力层的粉砂层埋藏较浅,所以9根试桩长度仅有8.5~16.5m,断面尺寸为0.3×0.3m。采用1.8t锤柴油打桩机沉桩施工,沉桩后停歇半月以上才做试验。开始于打桩标高作慢速法试验,然后用千斤顶将桩压入一定深度,停歇一昼夜后再作快速法试验,桩长不够则采取接桩。

试桩均达到破坏荷载,成果分析采用P-S曲线明显转折点法及S-log t沉降速率法,这两种分析方法确定的极限承载力基本相同。由于快速试验是在压桩后进行的,土层受压桩挤密,以致快速法试验所得承载力比同标高处慢速试桩结果要高,据当地试桩经验约差一级荷载,所以资料整理时一律将快速法的判定极限承载力降低一级荷载取值,这样可使试桩条件调整一致。

每一试桩近旁的静力触探均采用单桥探头试验,勘探表明试桩场地的持力层性质基本一致,均属中密或稍密状态的粉砂,根据当地17处桩基工程场地勘察资料统计,其分层平均比

表 1

粉砂层物理力学性指标(平均值)

颗,粒 组 成 (%)				天然含水量 w (%)	天然容量 γ (kN/m ³)	天然孔隙比 e	压缩系数 a ₁₋₂ (MPa ⁻¹)	压缩模量 E _s (MPa)	抗剪强度		比贯入阻力 P _s (MPa)	标准贯入击数 N _{63.5}
0.25~0.10	0.10~0.05	0.05~0.005	<0.005						内聚力 c (MPa)	内摩擦角 φ°		
51	37	11	1	31.6	18.7	0.849	0.013	155	0.0	31	83	18

贯入阻力 p_s 值在 60~100 MPa 左右, 标准贯入试验 $N_{63.5}$ 值约 15~24, 其主要物理力学指标如表 1。

9 根试桩, 26 次测试所得单桩极限承载力汇总于表 2。

表 2 不同桩端标高的试桩成果汇总表

工程名称	试桩编号	试桩尺寸 (m)	桩端入土深度 (m)	持力层深度 (m)	持力层特点		试验方法	试桩极限承载力 P_u (kN)	P_u 递增率 dP_u/dz (kN/m)	试桩单位
					土名	p_s 值 (MPa)	厚度 (m)			
中华园饭店	I ₁	0.3×0.3×12.5	11.63	0.33	粉砂	85	5.4	慢速法	540	同济大学 土力学及 基础工程 教研室
	I ₂		12.40	1.10				快速法	648	
	I ₃	0.3×0.3×14.5	13.04	1.74				快速法	840	
	I ₄		14.02	2.72	粉砂	60	5.0	快速法	900	
	II ₁	0.3×0.3×13.5	12.68	0.88				慢速法	640	
	II ₂		13.04	1.24				快速法	684	
	II ₃	0.3×0.3×15.5	13.82	2.02				快速法	780	
	II ₄		14.29	2.49				快速法	880	
	II ₅		14.71	2.91				快速法	920	
	II ₆	0.3×0.3×17.5	15.73	3.63				快速法	880	
	II ₇		16.12	4.32				快速法	840	
针织厂	1-1	0.3×0.3×13.5	12.70	0.30	粉砂	56	3.4	慢速法	520	南通市建 筑设计院
	1-2		13.40	1.00				快速法	600	
农药厂	I ₁	0.3×0.3×8.5	7.62	0.82	粉细砂	98	7.9	慢速法	804	同济大学 土力学及 基础工程 教研室
	I ₂		8.05	1.30				快速法	858	
	II ₁	0.3×0.3×8.5	7.81	0.45	粉细砂	90	6.9	慢速法	722	
	II ₂		8.30	0.94				快速法	796	
农药厂热电站	I ₁	0.3×0.3×8.5	7.35	1.45	粉砂	87	>10.0	慢速法	640	同 上
	I ₂		8.42	2.52				快速法	750	
	IV ₁	0.3×0.3×8.5	8.55	1.65	粉砂	78	<6.0	慢速法	750	
	IV ₂		9.61	2.71				快速法	900	
	IV ₃		10.41	3.51				快速法	1,000	
计算机厂	2-1	0.3×0.3×10.9	10.13	3.03	粉砂	102	3.2	慢速法	760	南通市建 筑设计院
	2-2		10.63	0.53				快速慢	800	
	3-1	0.3×0.3×10.9	10.43	0.53	粉砂	105	3.8	快速法	800	
	3-2		10.93	1.03				快速法	840	

三、打入桩进入粉砂层的深度效应

插入砂层的打入桩, 随着深度不同, 其承载力具有不同的变化规律。这种特性称为桩基的深度效应。对于这一问题国外早已有研究报道^[2], 国内于70年代也进行过试验研究, 上海和蚌埠的试桩认为^[1]: 不论是硬塑粘性土持力层还是在粉砂持力层, 在一定深度范围内, 单桩承载力与桩端进入持力层的深度成线性关系增加。当超过这个深度范围以后, 不复存在线性增加规律, 而是桩的承载力趋向于一个稳定值, 通常把开始出现稳定值的持力层深度称之为“临界深度”。若持力层下为软弱土层, 则当桩端接近下卧软层时, 桩的承载力因受其影响而降低, 一般把开始受其影响时桩端至下卧层的厚度称为“临界厚度”。

南通市9根试桩资料同样表现出上述深度效应的规律。图1为中华园饭店工程Ⅱ号试桩单桩承载力与持力层深度的变化情况。从图中可看出, 由桩端进入持力层深度为 $3B$ (B 为桩身宽度) 至 $10B$ 范围内, 极限承载力由640 kN逐渐增高到920 kN, 该线段基本上表现为直线关系, 当超过 $10B$ 深度以后, 因受到下卧层影响而出现承载力线性降低的趋势, 其开始受到影响时的临界厚度为 $6B$, 但是图中没有显示出承载力稳定值, 这因为持力层厚度不大, 不足以出现临界深度。

表2及图2为9根试桩26次测试所得单桩极限承载力 P_u 与进入持力层深度 z 的关系, 图表中表明进入持力层一定深度范围的桩, 其承载力基本上随着深度而线性增大, 在桩端进入粉砂层 $10B$ 范围内, 每加深1 m, P_u 可增大60~300 kN, 综合26个测试值统计, P_u 递增率 dP_u/dz 平均为140 kN/m。

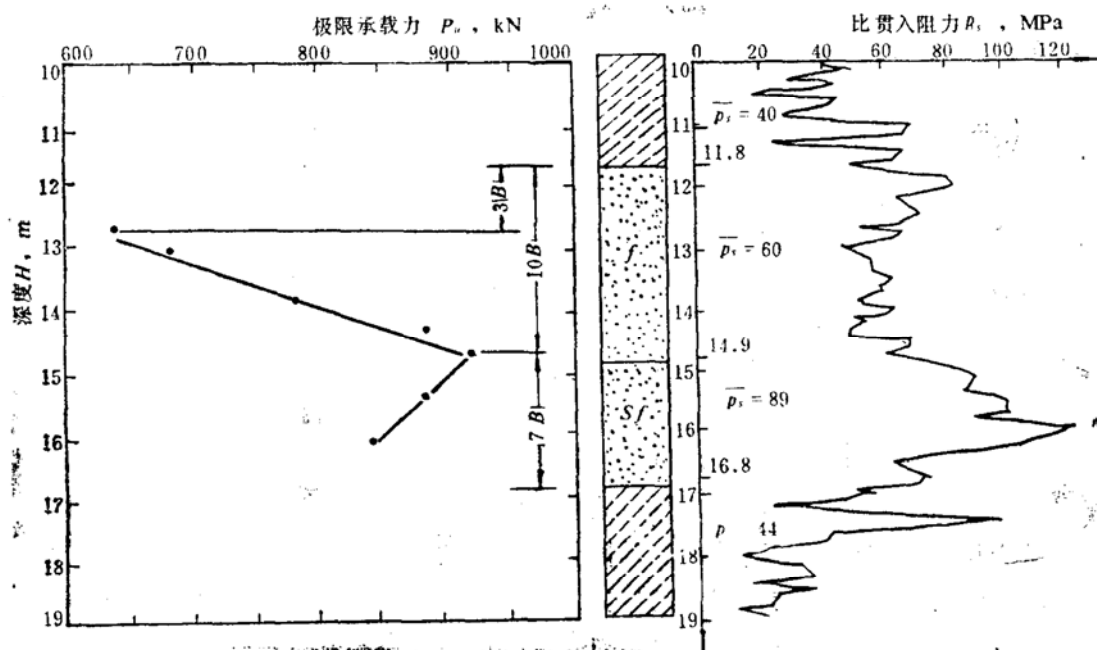


图1

承载力随深度的增值大小, 主要决定于持力层的密实度, 图3为进入砂层四种深度的单桩承载力随砂层 P_s 值增加而提高, 即说明砂层越密实则 dP_u/dz 值越大。

桩的承载力包含着端阻力及侧摩阻力两个分量, 承载力的深度效应显然是两部分力深度

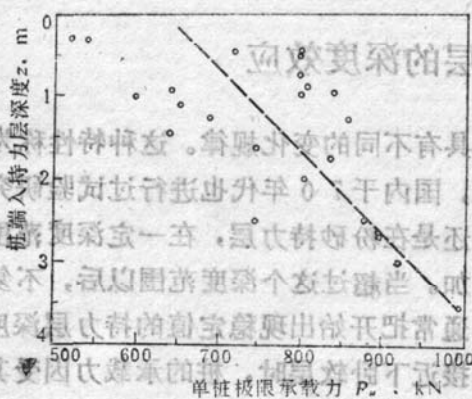


图2

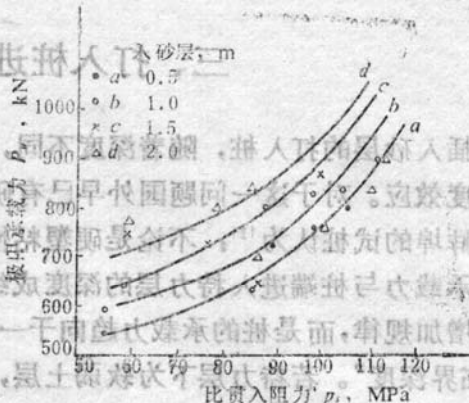


图3

效应的综合。从南通农药厂热电站试桩的应力量测结果分析(表3),在承载力随深度增加过程中,当入砂层不深时,端阻力 P_{ub} 增量较大,在达到一定深度以后 P_{ub} 增量减小,而侧摩

表3

单桩端阻力与侧摩阻力深度效应

试桩 编号	入土 深度	极限承 载力 P_u (kN)	极限端 阻力 P_{ub} (kN)	极限侧摩 阻力 P_{us} (kN)	压进 深度 (m)	P_u 增值 dP_u (kN)	P_{ub} 增值		P_{us} 增值	
							dP_{ub} (kN)	$\frac{dP_{ub}}{dP_u}$ (%)	dP_{us} (kN)	$\frac{dP_{us}}{dP_u}$ (%)
I ₁	7.35	640	382	258						
I ₂	8.42	750	442	308	1.07	120	60	54.5	50	45.5
IV ₂	8.55	750	384	366						
IV ₃	9.61	900	438	462	1.06	150	54	36.0	96	64.0
IV ₄	10.41	1,000	454	546	0.80	100	16	16.0	84	84.0

阻力 P_{us} 增量则相对增大,这种变化说明 P_{ub} 的深度效应主要与桩端附近的土质有关,不受土覆盖压力的影响,而 P_{us} 因覆盖压力增加及摩阻作用的桩长增加而继续增大。

四、发挥粉砂层对桩的支承作用

应用桩承载力深度效应的规律,将桩打入砂层较大深度(如入砂层10 B深度处),其承载力可获得提高,这对降低工程造价,提高桩基技术经济效应是十分有利的。

如果持力层下存在软弱土层时,桩入持力层的深度不能超过距下卧软层的临界厚度,单桩的临界厚度约为6 B(持力层与下卧层 p_c 比值为2:1),至于群桩的临界厚度必然大于此值,所以只要保证上述安全深度,持力层的支承作用就可得到充分发挥。

在工程实践中要使桩达到上述深度,必须解决沉桩设备能力问题。南通市的沉桩施工情况如表4所列,由表中可见当地这两种沉桩设备能力尚不能将桩送入理想深度,需要改善设

①殷永安、钱宇平执笔,粉砂地基中预制短桩的荷载传递试验研究,同济大学土力学及基础工程教研室,1985年4月。

备, 加大锤击能量或选用适应于砂层的沉桩施工方法, 同时要相应地提高桩身强度, 这些都是提高桩基承载力的重要条件, 也是有待研究解决的问题。

表4 打桩设备能力情况

打桩机 类 型	桩断面 尺寸 (m)	桩 长 (m)	持 力 层 土 名	p_s 平均值 (MPa)	入持力 层深度 (m)	单桩沉 桩最后 贯入度 (cm/10击)	最后落 锤高度 (m)	群桩沉桩 入持力层 最大深度 (m)
1.8t锤柴 油打桩机	0.3×0.3	8~12	粉 砂	60~70	0.5~1.0	5~3	1.5	1.5~1.0
			粉细砂	80~100	0.5~1.0	3~1	1.5	1.0~0
2.5t锤柴 油打桩机	0.3×0.3	8~12	粉 砂	70~80	1.5~2.5	12~8	1.5	3.0~2.0
			粉细砂	80~100	0.5~1.5	8~5	1.5	2.0~1.0

五、结 论

1. 打入粉砂层的预制桩在一定深度范围内桩的承载力随进入砂层深度增加而线性增大, $0.3 \times 0.3\text{m}$ 断面桩极限承载力的递增率约 140kN/m 。

2. 对有足够厚度的粉砂层, 桩端进入一定深度, 可以充分发挥持力层的支承作用和提高承载能力, 桩端入中密粉砂的理想深度约为 $10B$ 。

3. 若持力层下有软弱土层, 则桩端距下卧层应保留一定的安全厚度, 单桩的安全厚度约为 $6B$ 。

4. 选用适应粉砂层的沉桩设备和足够的桩身强度, 是应用深度效应规律提高桩基承载力的重要条件。

本文引用了同济大学土力学及基础工程教研室的试桩资料, 谨表感谢。

参 考 文 献

- [1] 陈强华、陈国铨、谢汝彬、宰金璋, 进入持力层不同深度对单桩承载力的影响, 岩土工程学报, 第3卷第1期, 1981年。
- [2] 孙更生、郑大同主编, 软土地基与地下工程, 中国建筑工业出版社, 1984年。