

对“进入持力层不同深度对单桩承载力的影响”一文的讨论

谢 瑛 (铁道部科学研究院, 北京):

原作者通过现场原型桩的系统试验得出了桩端进入持力层不同深度对单桩极限承载力的影响十分显著、在临界深度范围内单桩极限承载力随深度呈线性增大等结论, 作者的这些工作很有价值。但笔者认为原作者所得出的结论之二, 即用静力触探法予估临界深度(原文p.26)似有不妥, 现提出与作者商榷如下:

原作者建议用静力触探法予估单桩极限承载力的公式为(原文p.23)

$$P_u = P_b + P_t = \alpha_b \cdot P_{bt} \cdot A_b + u \sum \frac{P_{tsi}}{C_i} l_{ii} \quad (1)$$

符号意义参见原文。

根据上述公式得知总的桩端极限阻力的予估值为

$$P_b = \alpha_b \cdot P_{bt} \cdot A_b \quad (2)$$

式中 α_b 和 A_b 均为常数, 确定 P_b 值的 P_{bt} 不是桩端处实测的静力触探值 P_t , 而是分别取桩端以上 $8B$ 和以下 $4B$ 范围内的比贯入阻力的平均值(原图6、原表6)。我们认为, 用这一方法计算出来的单位桩端阻力受到取值范围和上下地层的影响, 不一定真实地反映桩端极限阻力的变化情况, 兹提出以下意见, 供讨论。

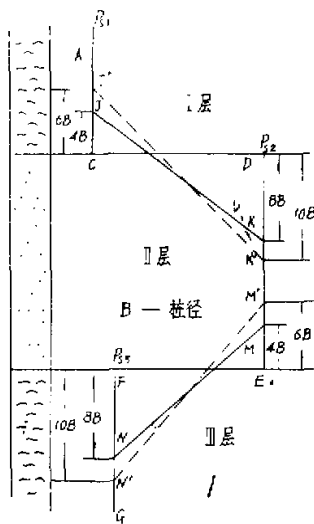


图1 理想均匀层的比贯入阻力

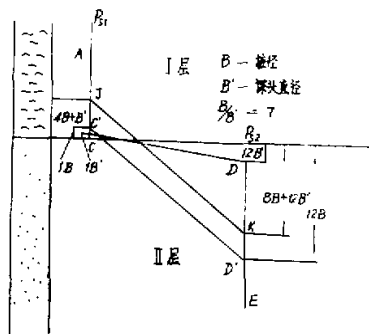


图2 临界深度为12B的比贯入阻力

(一)为便于讨论, 假设三层理想的均匀土层, 其极限贯入阻力分别为 P_{s1} 、 P_{s2} 和 P_{s3} 并假设临界深

*原文载本刊第3卷, 第1期, 1981年2月, 作者陈强华等。

度和临界厚度接近于零(图1), 则用静力触探(探头直径为 $B' = 4.37\text{cm}$)或用桩(直径 $B = 30\text{cm}$)压入时, 得到的探头贯入阻力或单位桩端阻力曲线都应如图1中的折线 $ACDEFG$, 若按原文建议取桩底以上 $8B$ 和以下 $4B$ 范围内的触探贯入阻力 P_s 的平均值作为估算的单位桩端阻力, 则按此算出的单位桩端阻力 P_b 曲线为图1中的 $AJ'KM'NG$ 。现若假定估算 P_b 时的取值范围改为上 $10B$ 和下 $6B$ 则据此算出的 P_b 曲线为 $AJ'K'M'N'G$ 曲线。

再假设第二层土的临界深度为 $12B$, 且桩或探头接近第Ⅱ层面面的距离为一倍直径时, 阻力将开始增大。此时用静力触探压入得到的贯入阻力曲线应为 $ACDE$ (图2), 而桩压入时的单位端阻曲线应为 $AC'D'E$ 。但若按原文建议的方法, 从静力触探曲线估算得到的单位桩端阻力 P_b 曲线则为图2中的 $AJKE$ 曲线。

从图1、2两种情况的比较结果可证明, 用原文建议的方法估算的单位桩端阻力曲线形状并不等于实际的 P_b 曲线, 而估算得到的单位桩端阻力曲线完全决定于所假设的取值范围。

(二)原作者指出在临界深度范围内桩的极限承载力的变化取决于桩的端阻和侧阻的变化, 即随着桩进入持力层的深度, 桩的端阻和侧阻增加, 从而使桩的极限承载力增加, 超过临界深度以后, 桩的单位极限端阻不再增加, 但随着桩的入土深度的增加, 桩的总侧阻也增加, 也就是在临界深度以下桩的极限承载力的变化仅取决于桩的侧阻, 因此原作者所得到的临界深度的位置假如是正确的, 且像原文所述, 估算的桩端承等于实际端承, 则在临界深度标高处即在 $7B$ 或 $10B$ 的位置(原图6)实际观测的极限承载力曲线应出现明显的转折点。但从极限承载力曲线来看并没有出现明显的转折点而是呈直线增长, 仅Ⅳ号试桩的极限承载力曲线在 $14B(4.2\text{m})$ 的位置因受下面软层的影响才出现变化点。

(三)这两个试验场地的地层也并非完全均匀的, 也就不可能出现典型的临界深度。如1*试验场的1层(原图1、原图2), 原作者将 $9 \sim 15\text{m}$ 范围的地层视为均匀层, 从静力触探的 P_s 曲线明显的可以分为两层, 上部 $9 \sim 12.5\text{m}$ 平均 P_s 值为 50kg/cm^2 , 下部 $12.5 \sim 15\text{m}$ 平均 P_s 值为 70kg/cm^2 , D_2 孔(原图2)上部有局部的薄硬层, 但基本形式与 D_1 孔(原图1)相同, 原作者用静力触探法估计单位桩端极限阻力时, 仅计算至 11.37m (原表6), 若继续计算下去, 因下面的 P_s 值还继续增大, 则单位桩端阻力曲线还会继续增大, 不会在 $10B$ (原图6)的位置出现稳定值或减小。

2*试验场的地层也是不均匀的, P_s 值中间大, 两端小, 若将原作者计算出来的单位桩端阻力曲线与实测的 P_b 值曲线相比(图3)形状基本一致, 仅仅转折点比实测 P_b 值略有下降, 这是由于取值范围的影响, 改变了原来实测 P_b 值的变化点, 计算出的单位桩端阻力曲线与静力触探确定的 P_s 值很相似, 它反映了地层的变化, 其转折点不一定是临界深度。

以上分析可以看出, 原作者认为可以用静力触探法予估临界深度这一结论根据不足, 所得到的临界深度值也值得怀疑。

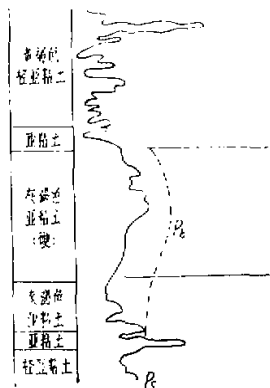


图3 P_s 值与 P_b 值比较

陈如连 (浙江省建筑设计院勘测队, 杭州)

原文对桩的认识很有见地, 试验方法也是个创新。以前认为试桩只起校核、检验的作用, 无疑原文对改变这种观点是很有帮助的。但学习了原文后, 笔者认为有必要就以下问题进行讨论。

(一)关于临界深度的问题

1. 灰色粉砂持力层的临界深度在试桩Ⅰ₇~Ⅰ₈之间, 约 $10B$, 而静力触探估算的 P_b 值(按原文符号, 下同)却反映不出临界深度。

该层结构上部较差,下部较好,在试验深度内未出现临界厚度。从各试验段的单桩极限承载力与深度的关系,临界深度在Ⅰ₇~Ⅰ₈之间是符合实际的。但用静力触探估算的桩端极限承载力 P_b ,除Ⅰ₈比Ⅰ₇小2.2t外(由于12m左右是该层的低值所致),其它的随进入深度的增加而增大(再往下估算一定深度, P_b 值仍会继续增大) P_b 值随深度并未达稳定值,按理未到“临界深度”。

2.硬塑灰褐色亚粘土的临界深度并非 $7B$,笔者认为不应小于 $10B$ 。

该层土在8.4m以上(层厚为6.3B) $P_s = 27 \sim 28 \text{ kg/cm}^2$; 8.4~10.5m(层厚为 $7.0B$) $P_s = 37 \text{ kg/cm}^2$; 10.5m以下(层厚 $7.0B$) $P_s = 26 \text{ kg/cm}^2$,可见该层结构上下差中部较好,且每个亚层的厚度 $< 8B$ 。在每层厚度较薄时,估算的桩端极限承载力受取值范围、厚度及上下层土强度的影响, P_b 值转折深度多出现在变层深度上,少数在层的中部。本例在亚层变层深度上,并非临界深度和临界厚度。

从Ⅰ、Ⅱ桩各段试验所得的单桩极限承载力及其增值与进入持力层深度的关系,如表1:

表 1

桩号	深入持力层深度(m)	单桩极限承载力 P_u (t)	该段增值 ΔP_u (t)	该段厚度 Δh (m)	$\frac{\Delta P_u}{\Delta h}$ (t/m)
Ⅰ ₁	-0.10	34			
Ⅰ ₂	1.40	45	11	1.50	7.33
Ⅰ ₃	3.10	75	30	1.70	17.65
Ⅰ ₄	4.10	90	15	1.00	15.00
Ⅰ ₅	5.13	95	5	1.03	4.85
Ⅰ ₆	6.85	105	10	1.72	5.81
Ⅰ ₇	8.09	108	3	1.24	2.42
Ⅱ ₁	0.50	36			
Ⅱ ₂	1.86	54	18	1.36	13.24
Ⅱ ₃	3.04	75	21	1.18	17.80
Ⅱ ₄	4.42	95	20	1.38	14.49
Ⅱ ₅	6.26	95	0	1.84	0

表1说明:Ⅰ、Ⅱ桩各试验段的最大增加率在桩端深入持力层3.10m和3.04m。在该深度内,单桩极限承载力随深度呈线性增大(首段增值小些),因而临界深度不是 $7B$,不应小于 $10B$ 。

(二)关于静力触探估算值的问题

以试桩成果分析值为准,与静力触探的估算值比较,可以明显看出:静力触探估算的桩侧极限承载力(P_s)偏大,而桩端极限承载力(P_b)偏小。

1.在灰色粉砂层中临界深度为 $10B$,临界深度以下试桩的单桩极限承载力的增值,就是桩侧极限承载力的增值,以此反算出该段土的摩阻力。(临界深度位于试桩Ⅰ₇~Ⅰ₈段中,Ⅰ₇深入持力层深度为8.6B,Ⅰ₈为 $10.6B$,它们单桩极限承载力的增值,还包括一部份桩端极限承载力的增值,因而反算出的 f 值比实际土的摩阻力偏大一些。从静力触探 P_s 分析,在该段内桩端极限承载力不会出现随深度增加而强度降低的现象。)用静力触探估算的桩侧极限承载力,反算出该段土的摩阻力。两者的结果如表2。

表 2

项 目 \ 桩 号	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	I ₆	I ₇	I ₈
入土深度(m)	8.26	8.67	9.40	9.83	10.29	10.76	11.37
试验的单桩极限承载力(t)					105		110
该段增值(t)						5.0	
该段厚度(m)						0.61	
该段 $f(t/m^2)$						6.83	
静力触探估算的桩侧极限承载力(t)	23.1	31.6	39.5	45.5	51.2	56.7	63.9
该段增值(t)		8.5	7.9	6.0	5.7	5.5	7.2
该段厚度(m)		0.41	0.73	0.43	0.46	0.47	0.61
该段 $f(t/m^2)$		17.27	9.01	11.62	10.32	9.75	9.83

注: 1 各种数据摘自原文表 6, 表 3。

2 桩断面为 $30 \times 30\text{cm}$ 。

上表说明, 用试验的单桩极限承载力反算出土的 $f \approx 6.83\text{t}/\text{m}^2$ (该深度的 f 值, 还应小一些), 用静力触探估算的桩侧极限承载力, 在同一深度所反算出的 $f \approx 9.83\text{t}/\text{m}^2$ 。两者相比用静力触探估算值 偏大 很多。

2. 桩 IV₄ 和 IV₅。试验的单桩极限承载力都为 95.0t, 说明该段的桩端极限承载力的降低值与桩侧极限承载力的增加值比较接近。用静力触探估算的桩侧极限承载力在该段的增值为 18.0t, 而桩端极限承载力的降低值为 6.6t。两者并不接近, 桩侧极限承载力大 11.4t。说明估算的桩侧极限承载力偏大, 而桩端极限承载力偏小。如果按静力触探估算值, 桩端随深度增加的承载力占桩增值的比值很小, 似乎作用不大。如此好的地层(硬塑亚粘土), 且厚度又大(整层为 20.3B), IV 桩用静力触探估算的桩端极限承载力的总增值只 5.3t (从层面下 0.5m 算起, 如果从层面算起估计在 7t 左右), 实在太小。如果估算无问题, 那么, 这种土层研究“深度的影响”无多大实用价值。