

文章编号:1006-7329(2001)04-0123-04

静压预制桩穿透卵石层压桩力的预估与验证*

陈书中

(福建建筑高等专科学校, 福州 350007)

摘要:拟定静压预制桩穿透卵石层所要求的压桩力的估算方法,并根据实测穿层资料的分析统计数据,验证所拟估算方法的正确性。也指出进行估算所应具备的条件。

关键词:静压预制桩; 穿透卵石层; 压桩力

中图分类号:TU473.1+6

文献标识码:A

静压预制桩作为几乎无公害且质量稳定、造价合理的桩型近十年来得到迅速推广,在部分地区几乎成了主导桩型。但遇有软弱或中软土层中夹有碎石类土、主要是卵石层时,无法回避桩基是否必须、是否能够穿透卵石层的问题。由于实践经验的缺乏和理论水平的限制,上述问题往往限制了静压预制桩的应用。本文拟定一种概念明确、方法简单的穿层压桩力估算方法,并通过对福建省xx医院病房大楼154根桩径500mm的预应力管桩压穿卵石层的实际数据(2001年1月份资料)的统计分析,证明所拟的预估该桩型穿透卵石地层的计算方法基本满足工程要求。

1 工程概况

实例工程××医院病房大楼为十层框剪结构房屋,地下室底板埋深约4.5m,建筑面积约16000m²。建筑物占地面积约1280m²,平面上呈倒“人”字形对称布置。建筑场地地貌属山前冲洪积平原,地层及其性状简明描述如表1,建筑桩基的布置如图1。设计采用d=500mm预应力管桩,壁厚125mm,要求桩基穿越卵石层③,进入残积砾质粘性土层④-2约2m。设计要求终止压桩力和单桩承载力设计值均不低于4500kN。桩机可提供的最大压桩力为5300kN。

表1 场地地层及其性状

层次	地层名称	厚度(m)	状态
①	杂填土	0.8~1.4	可塑
②	粉质粘土	3.9~10.4	可塑 $N_{63.5}=6.0\sim14.3$
③	泥质砾卵石	0.9~3.0	精~中密 $N_{63.5}=4.3\sim20.6$
④-1	残积砂质粘性土	7.9~16.9	可~硬塑 $N=8.5\sim29.4$
④-2	残积砾质粘性土	2.0~7.8	坚硬 $N>30$
⑤	强风化花岗岩	>5.0	坚硬 $N>50$

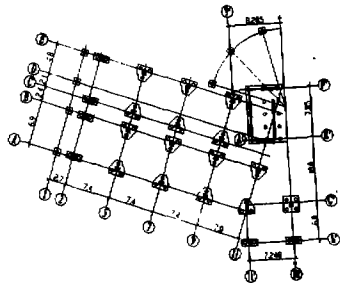


图1 建筑桩基平面布置

2 预估穿透卵石层的压桩力

2.1 计算模式

已有桩基“冲切”持力层的验算公式常见的是《建筑桩基技术规范》[GJ 94-94]的式(5.2.13-1.2.3)。其中的式2.3是计算桩底之下“假想基础”底

* 收稿日期:2001-05-22

作者简介:陈书中(1941-),男,福建长乐人,副教授,主要从事岩土工程研究。

的附加应力 σ_r 的公式。由于施工时是单根桩往下压,故 σ_r 宜借用其中的式 3。原公式 1 是用于承载力验算的,现要求确定最大压桩力 N (图 2),故其不等号应反向,并取承载力的极限值,即

$$\begin{aligned} \text{将} \quad & \sigma_r + \gamma Z \leq q^u u k / \gamma_s \\ \text{变为} \quad & \sigma_r + \gamma Z \geq p_u \end{aligned} \quad (1)$$

$$\text{相应} \quad \sigma_r = \frac{N - u \sum q_{sk} \cdot l}{0.785(D_c + 2l \cdot \text{tg}\theta)^2} = (N - Q_{um})/A_b \quad (2)$$

$$\text{则} \quad N \geq (p_u - \gamma Z) A_b + Q_{um} \quad (3)$$

式中各物理量的含义及其确定方式如下:

p_u ——下卧层顶面的极限承载力(kPa)。桩基规范中为 q_{su} ,其原意是软弱下卧层经深度修正后的地基极限承载力标准值。该值在国内规范体系中尚难直接确定。故改用极限承载力 p_u ,不但意义明确,且可借用 f_c 公式(2)推算,具体处理详后。

γZ ——自重应力(kPa)。

$A_b = 0.785(D_c + 2l \cdot \text{tg}\theta)^2$ ——图 2 中的“假想基础”底面面积(m^2)。

$Q_{um} = u \sum q_{sk} \cdot l$ ——极限侧阻力。

2.2 本例预估压桩力 N

目的在于确定 N 随厚度变化的上包线值。以下计算中指标取值应体现这一原则。

2.2.1 下卧层顶面的极限承载力 p_u

该层为残积砂质粘土层④-1。其 c, φ 值取卵石层底下 2 m 之内的层④-1 的土工试验成果。由于仅见 ZK3、5、7、9 的 4 只样本,不适于统计。又因越近卵石层底面往往强度越低,故统计时取算术平均值作为计算指标较为合适,即取 $c = 23.9 \text{ kPa}, \varphi = 12.7^\circ$ 。考虑到 f_c 公式中 M_d 项相对而言很小,故仅取两项并取 $p_u = 2f_c$,则算式为

$$p_u = 2(M_d \gamma_0 d + M_c c)$$

当 $\varphi = 12.7^\circ$ 时, $M_d = 2.02, M_c = 4.51$, 又取 $d = 12.5 \text{ m}, \gamma_0 = 20 \text{ kN/m}^3$, 则 $p_u = 1226 \text{ kPa}$ 。

2.2.2 预估要求压桩力

计算“ γZ ”时,对单桩 γ 应计桩重,取 $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$, 则

$$\gamma Z = 20 \times 12.5 = 250 \text{ kPa}$$

在 N 中, Q_{um} 与前一项对比处于次要地位,因计算的是临界穿层压力,卵石层不计,故近似取 $Z_l = 11.0 \text{ m}$ 。因此

$$Q_{um} = 0.5\pi q_s l = 0.5\pi \times 70 \times 11 = 1209 \text{ kN}$$

本例卵石最薄处 $t_{\min} = 0.90 \text{ m} > 0.5B_0 = 0.5D_c = 0.25 \text{ m}$, 按 $E_s/E_c = 3$ 取值, $\theta = 23^\circ$ 。估算不同 t 值要求之 N 列于表 2, 绘于图 4。

表 2 卵石厚度 t 与预估压桩力 N 之间关系

卵石层厚 t (m)	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5
锥底面积 A_b (m^2)	7.28	5.39	3.79	2.46	1.43	0.67
$(p_u - \gamma Z) A_b$ (kN)	7110	5260	3700	2400	1400	650
N (kN)	8310	6470	4910	3610	2600	1860

3 穿越卵石层的实测压桩力统计

3.1 资料来源与处理

根据勘察钻孔分布与平面布桩特点,以卵石层厚度变化为主要标准,将 154 根桩分成 12 个

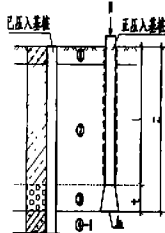


图 2 穿层力估算简图

区统计。图3示典型的桩基压力与入土深度的过程曲线。对图示各特征点的压力分别统计,容易接近问题的本质。

3.2 典型压桩过程线的描述及资料可靠性认定

典型曲线的特点:0~a段示浅层端阻力出现。a~b段示粘性土层摩阻力逐渐增长。b~c段表明压至卵石层端阻陡增。c~d段表示在穿透卵石层过程中,随着桩底的卵石层厚逐渐减小,穿层压力逐渐下降。点d与点b压力差主要表明穿层后侧阻力较穿层前有所增长。d~e段与a~b段类似。过了e点,大约过了标贯 $N=25\sim 30$ 的界限,且越深越硬,压力急剧上升,终止压桩。表3是对a、b、c、d、f点压力的统计与结果分析。由分析认定资料数据合乎逻辑,可以推断资料的可靠性。

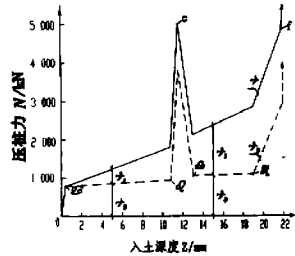


图3 压桩力-入土深度典型过程曲线

表3 各特征点12组压力统计结果及分析

特征点	均值	方差 σ_{a-1}	变异系数 δ	分析
a	670	29	0.040	土层相近,压力稳定,记录准确,故 δ 小
b	1753	327	0.187	压力接近陡升,施工记录不易准确,故 δ 较大
c	4017	742	0.185	由于卵石层厚变化, Q_{max} 相应变化,故 δ 较大
d	2457	439	0.179	压力下降过程,施工记录不易准确,故 δ 较大
f	≥ 5020	156	0.030	由于按地层软硬与压入情况不断调整桩长,故 δ 小

3.3 实际穿层压力与预估穿层压力的对比

表4 卵石层厚度与对应穿层压力峰值

统计分组	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	备注
平均层厚(m)	3.00	2.30	2.30	2.14	1.90	1.80	1.54	1.40	1.30	1.25	1.15	0.90	由厚到薄
穿层压力(10 kN)	≥ 528	486	475	482	437	430	348	400	410	393	304	255	组1未能穿透

表中可以看出1~6组穿层压力大小与卵石层厚薄顺序基本一致,11~12组也符合同一规律作为外包线相关性均较好。7~10的大小次序的对应与数据的相关性虽然稍差,但总体亦属正常。表4数据点绘于图4,以便与估算资料对比。

4 讨论

4.1 估算的准确性

从图4可以看出,估算压力较多数点的实测压力略偏大,可以说估算的准确性基本符合工程需要。

4.2 估算存在的问题

总体看,层厚较薄时估计压力偏小。可能是模式存在缺陷。供本例仿照采用的JGJ 94-94规范公式本质上是“软弱下卧层承载力验算公式”。下卧层承载力破坏是一种渐进的过程,也是一种能量消耗的过程。当被穿层厚小、假想基础底面小,因而穿层较快时,这一性质可能表现为桩机压力表瞬间压力峰值较计算为高。其准确的预估方式待今后探讨。

4.3 估算方法的改进

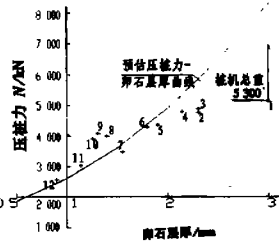


图4 卵石层厚与穿层压桩力关系

与其他岩土工程问题一样,理论的更新或完善几乎完全依赖实验和试验,主要是足尺模型试验和原型观测。为了进一步提高穿层压力预估的准确性,应选择典型工程,详细记录穿层前后的压桩力变化过程,增加测读次数并提高测读精度,并对典型桩埋设传感器,这样我们的认识水平可以有所提高。

5 结论

1) 按照目前的认识,静压预制桩穿透中密卵石层所要求的压桩力主要与卵石层厚和该层的下卧土层的极限承载力有关。

2) 预估压桩力可仿照桩基软弱下卧层承载力验算的单桩模式,但公式应加以改造,状态应取为极限状态。

3) 建议利用《建筑地基基础设计规范》(GBJ7-89)的 f_c 公式乘2后用以计算 p_u ,取代桩基规范(JGJ94-94)中的 q_{pk} 。

4) 上述 p_u 计算对 c 、 φ 值的精度要求很高。所以遇有类似工程时,应在刚穿透卵石层后的0.5~1.0 m范围内,对下卧层取样试验或原位测试的统计样本应增加,精度应提高。因为计算 p_u 时,对 φ 的变化非常敏感。

5) 本例的计算与实测对比表明,对于薄卵石层(如 ≤ 3 倍桩径)估算的穿层压力往往偏低。对此类情况,建议计算值加大20%作为预计的压桩力,以保证略有储备。

6) 今后应提高资料测读与原型测试水平,使对这一问题的解答更接近实际,从而也能更好地满足工程要求。

参考文献:

- [1] JGJ 94-94,建筑桩基技术规范[S].
 [2] GBJ7-89,建筑地基基础设计规范[S].

Estimating and Verifying the Pressure for Driving Static Pressure Piles Penetrating Cobble Stratum

CHEN Shu-shen

(Fujian College of Architecture and Civil Engineering, Fuzhou 350007, China)

Abstract: This paper draws up a formula to estimate the pressure to drive static pressure piles penetrating the cobble stratum. The related engineering material is analyzed to verify the correctness of the formula. Some conditions needed to estimate the pressure are put forward.

Keywords: static pressure pile; penetrating the cobble stratum; pressure of driving piles