

水下钻孔灌注桩侧阻力计算方法的探讨

王建华

(浙江省综合勘察研究院, 杭州 310011)

【摘要】通过对钻孔灌注桩侧阻力形成机理的分析, 提出了钻孔灌注桩极限侧阻力的一种计算方法。

【关键词】 钻孔灌注桩; 极限侧阻力; 计算方法

【中图分类号】 TU473.1

Research on the calculating Method for Frictional Resistance of Cast-in-place Underwater Piles

【Abstract】 By analysis of the mechanism of frictional resistance of bored pile, suggesting a calculating method for the frictional resistance.

【Key word】 bored pile; ultimate frictional resistance; calculating method

0 引言

由于钻孔灌注桩不挤土, 施工噪声小, 能穿过许多预制桩难以穿过的岩土, 可获得很高的承载力, 因此得到迅速的发展。然而, 由于钻孔灌注桩桩侧泥皮的作用, 桩侧阻力受到减弱。目前, 多数技术标准中对钻孔灌注桩桩侧阻力标准值在预制桩的基础乘上小于1的折减系数基本上反映了这一现象。但采用单一折减系数的做法在理论上存在问题, 采用折减

系数太大在工程中存在风险。笔者就这折减系数谈一点看法。

1 工程实例

浙江桐乡某工程场地潜水位埋深0.8 m, 采用直径800的钻孔灌注桩, 桩端入土42.7 m, 泥浆护壁施工。其穿过的地层和《建筑桩基技术规范》(JBJ94-94)表5.2.8-1及表5.2.8-2查得钻孔灌注桩技术参数见表1。

表1 桐乡某工程地层及岩土参数表

土层名称	层底深度 h/m	天然含水量 w/%	重度 γ /($\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$)	液性指数 I_L	静力触探 锥头阻力 q_c /kPa	静力触探 侧壁阻力 /kPa	极限侧阻 力标准值 q_{sk} /kPa	极限端阻 力标准值 q_{pk} /kPa
素填土	1.9	32.5	18.8	0.78	800	30	14~21	
粘土	3.1	34.3	18.9	0.50	820	55	51~62	
淤泥质土	6.3	36.2	18.5	1.28	460	22	14~21	
粘土	10.3	27.4	19.5	0.27	2 200	105	60~73	
粉质粘土	14.1	29.2	19.4	0.69	1 100	36	49~65	
淤泥质土	25.7	40.2	18.1	1.25	1 000	17	20~28	
粘土	30.4	23.4	20.3	0.15	3 450	133	92~104	
粉质粘土	40.0	32.3	18.9	0.95	1 550	25	41~58	
粉、细砂	43.0	36.4	19.4		14 000	172	72~96	1 200~1 500
粉质粘土	45.2	27.0	19.5	0.60	3200	124		

根据推荐公式^[1]

$$Q_{uk} = Q_{sk} + Q_{pk} = u \sum q_{sik} l_i + q_{pk} A_p \quad (1)$$

计算得到的单桩总极限侧阻力 $Q_{sk} = 4\,554 \sim 5\,906$ kN, 单桩总极限端阻力 $Q_{pk} = 603 \sim 754$ kN, 单桩竖向极限承载力 $Q_{uk} = 5\,155 \sim 6\,660$ kN. 成桩后 102 d 进行了桩的静载荷试验, 静载试验 $Q-s$ 曲线见图 1. 试验得到的单桩竖向极限承载力为 4 600 kN, 是查表计算的 1.010 ~ 0.779, 计算值明显偏高. 分析其原因主要是表中钻孔灌注桩极限侧阻力标准值过高所致.

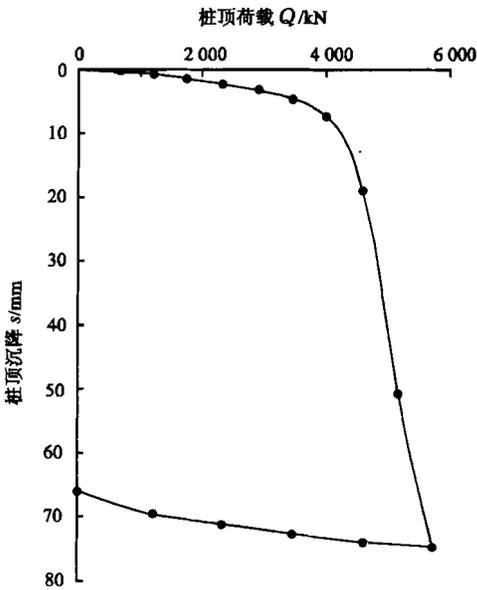


图 1 桐乡某工程钻孔灌注桩 $Q-s$ 曲线

2 桩侧阻力机理与计算方法探讨

2.1 细粒土中预制桩极限侧阻力的机理与计算方法探讨

当预制桩的桩顶受竖向荷载足够大时, 桩身下沉, 桩与桩侧土之间发生剪切破坏, 有库仑定律^[2]:

$$q_{sui} = \sigma \tan \varphi_i + c_i \quad (2)$$

式中: q_{sui} ——第 i 层桩侧土对桩的极限侧阻力标准值;

σ ——正应力, 对于竖直桩等于桩侧的水平应力;

φ_i, c_i ——第 i 层桩侧土的内摩擦角和粘聚力。

2.2 细粒土和砂中水下钻孔灌注桩极限侧阻力的机理与计算方法探讨

水下钻孔灌注桩要比预制桩复杂得多, 一是桩与桩侧土之间有一层泥皮, 泥皮一般厚 1 ~ 5 mm, 有的厚达 10 ~ 20 mm^[3], 其强度普遍很低, 在桩和桩侧土之间起着润滑剂的作用; 二是钻孔灌注桩桩身不是典型的柱体, 其桩径在深度方向上有凹凸变化, 见图 2a, 其变化大大超过了泥皮的厚度. 桩径的变化在桩侧形成许多类似直剪试验的剪力盒, 见图 2b, 这些剪力盒约束剪切破坏面不能完全沿最薄弱的泥皮中发生, 而是部分发生在桩侧土中。

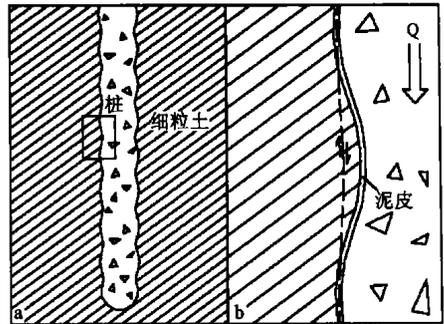


图 2 细粒土中钻孔灌注桩示意图

取穿过第 i 层土厚度为 l_i 的的桩段计算, 环状剪切面的平均周长为 u , 面积为 $u l_i$, 其中穿过桩侧土的面积占 a ($0 \leq a \leq 1$) 穿过泥皮的面积占 $1-a$, 那么该桩段的总极限侧阻力有:

$$q_{subi} u l_i = q_{sui} a u l_i + q_{sumi} u l_i (1-a) \quad (\text{当 } q_{sui} > q_{sumi})$$

该桩段单位面积上的极限侧阻力为:

$$q_{subi} = q_{sui} a + q_{sumi} (1-a) \quad (3)$$

$$q_{sui} = \sigma \tan \varphi_i + c_i$$

$$q_{sumi} = \sigma \tan \varphi_m + c_m$$

式中: q_{subi} ——第 i 层土钻孔灌注桩的平均极限侧阻力;

q_{sui} ——第 i 层土桩侧土的极限侧阻力标准值;

q_{sumi} ——第 i 层深度范围内泥皮的平均极限侧阻力标准值;

σ ——正应力, 对于竖直桩等于桩侧的水平应力;

φ_i, c_i ——第 i 层桩侧土的内摩擦角和粘聚力;

φ_m, c_m ——泥皮的内摩擦角和粘聚力。

的比例系数 a , 先要选桩侧土全为细粒土和砂的钻孔灌注桩的静载试验资料, 通过荷载函数传递法求得桩的总极限侧阻力 Q_{su} 。

$$Q_{su} = u \sum [q_{sui} l_i a + q_{sumi} l_i (1 - a)]$$

$$a = (Q_{su} / u - \sum q_{sumi} l_i) / (\sum q_{sui} l_i - \sum q_{sumi} l_i) \quad (4)$$

在当用有效应力计算 q_{sumi} 时, 泥皮的内摩擦角和粘聚力分别采用 1.5 度和 10 kPa。浙江地区部分非嵌岩桩的系数 a 计算结果见表 3。

2.3 比例系数 a

要取得细粒土和砂中桩侧土占总侧面积

表 2 浙江地区部分非嵌岩桩的 a 值计算结果

桩名	桩长 l/m	砼充盈系数 e	设计桩径 d/m	平均桩身周长 u/m	系数 a
湖州 1	43.2	1.16	1.00	3.38	0.590
湖州 2	42.4	1.16	1.20	4.06	0.600
湖州 3	43.6	1.06	0.80	2.59	0.504
湖州 4	42.7	1.08	1.10	3.62	0.535
桐乡 1	42.6	1.17	0.80	2.72	0.597
桐乡 2	42.7	1.05	0.80	2.58	0.507
杭州 3	39.8	1.16	0.60	2.03	0.650
杭州 4	46.0	1.15	0.90	3.05	0.510
杭州 5	46.7	1.29	1.00	3.57	0.587
绍兴 1	46.4	1.12	0.80	2.65	0.547
余姚 1	47.0	1.01	1.00	3.16	0.502
余姚 2	45.7	1.03	1.20	3.83	0.513

a 平均 0.553, 标准差 0.049 6, 95 %置信率 $a=0.522$ 。 a 与砼充盈系数 e 的关系式为 $a=0.448e+0.051$ 相关系数 $r=0.701$ 施工前砼充盈系数是未知, 可按 95 %置

信率 $a=0.522$ 进行计算。

2.4 计算实例

计算实例仍采用本文工程实例, a 统一取 0.522, $q_{sui}, q_{sumi}, q_{subi}$ 计算见表 3。

表 3 桐乡某工程钻孔灌注桩技术参数计算表

土层名称	层底深度 Z/m	内摩擦角 $\varphi/(\circ)$	粘聚力 c/kPa	平均有效水平应力 $/kPa$	桩侧土极限侧阻力标准值 q_{sui}/kPa	泥皮极限侧阻力标准值 q_{sumi}	桩极限侧阻力标准值 q_{subi}/kPa	桩极限端阻力标准值 q_{pi}/kPa
素填土	1.9	8.8	22	4.2	22.6	10.2	16.7	
粘土	3.1	7.2	31	11.6	32.5	10.6	22.0	
淤泥质土	6.3	14.5	6	19.9	11.1	10.9	11.0	
粘土	10.3	14.9	71	37.1	80.9	11.8	47.9	
粉质粘土	14.1	17.5	39	51.3	55.2	12.8	34.9	
淤泥质土	25.7	6.6	22	92.1	32.7	14.3	23.9	
粘土	30.4	17.6	101	124.6	140.5	16.4	81.2	
粉质粘土	40.0	13.5	27	154.4	65.8	18.1	43.0	
粉、细砂	43.0	36.4	8	95.4	80.8	19.6	51.5	1 200~1 500

塞效应,二是稀释了砂,使粗骨料离析沉淀,从而产生堵管。

处理: 拔管后停止施工,待已灌入的砼终凝后,下入清孔钻具清除原砂上部浮渣和已离析的粗骨料,并用 $\phi 350$ mm 钻具在原砂中钻进 3 m(打一个小孔),然后下一个长 6 m,直径 300 mm 的小钢筋笼进入原砂小孔中,再下入导管,清孔后按正常程序进行水下砼灌注。该桩经此孔内接桩处理,无损检测表明质量符合要求。

6 结 语

1) 提高人的技术素质和管理水平的是防

止堵管事故发生的基本措施。

2) 控制好砼配合比、拌和质量、导管的埋深及串动导管是防止堵管事故发生的根本措施。

3) 发生堵管即意味着有断桩的可能,根据引起堵管的原因和类型来合理选择处理断桩的方法,完全能有效保证桩体的质量。

参 考 文 献

- 1 基础工程施工手册编写组. 基础工程施工手册. 北京: 中国计划出版社, 1996. 423
- 2 桩基工程手册编写委员会. 桩基工程手册. 北京: 中国建筑工业出版社, 669~680

收稿日期 2002-06-26

(上接第 363 页)

桩身周长取设计值 2.51 m, 用下式计算:

$$Q_u = u \sum q_{subili} + q_{pub} A_p \quad (5)$$

计算得到的单桩竖向极限承载力 $Q_u = 4\ 726 \sim 4\ 875$ kN, 与试验结果比较接近。

2.5 碎石类土中水下钻孔灌注桩极限侧阻力的机理与计算方法探讨

碎石类土的粗颗粒强度往往很高,其粒径较泥皮的厚度大得多。设置在这类土中的钻孔灌注桩,其土对桩的侧阻力机理与细粒土有很大的差别。由于混凝土和桩侧的粗大颗粒形成相嵌关系,坚硬的粗颗粒又难以剪断,剪切破坏面往往产生在桩侧附近土中强度相对较低、剪切面容易贯通的部位(见图3)。当碎石

类土中细粒含量较少时,相当一部分粗颗粒形成相嵌关系,剪切面不易贯通或波状曲折(见图3)。桩和土,土粒与土粒之间要产生较大位移,需通过粗颗粒的转动、部分易碎颗粒的剪断压碎或多个局部剪切面的转换来完成。从部分桩段在碎石类土中的钻孔灌注桩试验成果分析,碎石类土中水下钻孔灌注桩极限侧阻力标准值往往超过预制桩的极限侧阻力标准值,甚至超过很多。

3 结 语

钻孔灌注桩极限侧阻力标准值与预制桩的极限侧阻力标准值的关系不是单一折减系数关系。笔者认为对土粒较细的粘性土、粉土和粉细砂,不同强度的土应采取不同的折减系数。强度较低的土,其强度与泥皮较接近,可少折减;强度高的土,泥皮作用明显,应多折减;也可采用本文方法计算。对粘粒含量低的碎石类土可不折减,甚至可乘上大于 1 的系数。

参 考 文 献

- 1 JGJ94—94 建筑桩基技术规范
- 2 王建华. 用抗剪强度指标计算桩的侧阻力. 岩土工程技术, 2000(3): 180~182
- 3 王靖涛. 桩基应力波检测理论及工程应用. 北京: 地震出版社, 1999. 43

收稿日期: 2002-07-22

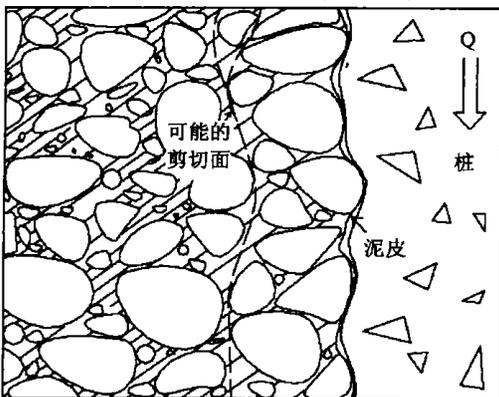


图3 碎石类土中钻孔灌注桩示意图