

江苏省人民检察院办案技术楼试桩方案设计

郭宏智, 陈庆寿

(中国地质大学(北京), 北京 100083)

摘要:通过单桩承载力估算及分析,将原试桩方案进行了修改,经过对试桩进行自平衡检测,证实改良方案满足设计荷载要求,从而为新的工程桩参数设计提供了理论依据,降低了工程成本,缩短了施工工期。

关键词:钻孔灌注桩;试桩;承载力

中图分类号:TU473.1⁺4 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2008)03-0034-03

Testing Pile Designing on People's Procuratorates Office Building/GUO Hong-zhi, CHEN Qing-shou (1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: Based on stratum analysis and estimation on bearing capacity of single pile, a new design on testing pile is put forward in this paper. The data of pile testing also prove that it meets the designed value of subgrade bearing capacity, which support the new design of engineering pile parameters. With the new design, the cost can be lowered and the time limit can be shortened in this project.

Key words: cast-in-place pile; testing pile; bearing capacity

江苏省人民检察院办案技术楼工程设计为地上办公和地下停车场的综合建筑,属一类多层民用建筑。地上共 6 层,地下 2 层和夹层。基坑开挖深度为 12.45 m,基础桩采用钻孔灌注桩,开工前拟施工 3 根试桩作为设计依据。

1 工程地质概况

场地范围内岩土层按其岩性特征和物理力学指标差异可分为 4 个工程地质层、10 个亚层,地层变化较大,地层分布及土性特征自上而下为:

- ①₁ 杂填土层;
- ①₂ 素填土层;
- ②₁ 粉质填土层,层厚 0.60 ~ 4.00 m,局部缺失;
- ②₂ 淤泥质粉质粘土层,层厚 0.90 ~ 4.50 m;
- ②₃ 粉质粘土夹粉土层,层厚 1.70 ~ 9.70 m;
- ③₁ 粉质粘土层,层厚 2.00 ~ 6.00 m,局部缺失;
- ③₂ 粉质粘土夹粉土层,层厚 3.00 ~ 11.60 m;
- ④₁ 强风化砂砾岩层,层厚 4.30 ~ 11.30 m;
- ④_{2a} 中风化砂砾岩层(破碎),棕红~紫红色,岩心呈碎块夹碎石状,碎裂状结构,钙泥质胶结,胶结度较差,节理裂隙十分发育,砾石含量约 30% ~ 60%,粒径 0.5 ~ 6 cm,主要成分为石英砂岩、灰岩、

凝灰岩等,多呈次棱角~棱角状,岩心锤击易碎,浸水软化,岩体基本质量等级为 V 级,层厚 2.20 ~ 9.80 m,局部缺失;

④₂ 中风化砂砾岩层,棕红~紫红色,岩心呈短柱、柱状,间夹碎块,砂砾结构,块状构造,钙泥质胶结,胶结度较好,节理裂隙较发育,砾石含量约 40% ~ 60%,粒径 0.5 ~ 6 cm,主要成分为石英砂岩、灰岩、凝灰岩等,多呈次棱角~棱角状,岩心锤击可碎,浸水软化,岩体基本质量等级为 IV 级,此层勘察时未揭穿,最大揭露厚度 7.40 m。

主要地层承载力特征见表 1。

表 1 桩基工程设计参数一览表

层号	土层名称	钻孔灌注桩		抗拔系数 λ_i
		桩端极限阻力标准值 q_{pk}/kPa	桩周土极限侧阻力标准值 q_{sik}/kPa	
② ₁	粉质填土		40	0.70
② ₂	淤泥质粉质粘土		16	0.65
② ₃	粉质粘土加粉土		30	0.70
③ ₁	粉质粘土		64	0.75
③ ₂	粉质粘土加粉土		40	0.70
④ ₁	强风化砂砾岩	2000	70	0.65
④ _{2a}	中风化砂砾岩(破碎)	$f_{tk} = 5.8 \text{ MPa}$		0.70
④ ₂	中风化砂砾岩	$f_{tk} = 8.6 \text{ MPa}$		0.70

2 原设计试桩方案

本工程设计试桩 3 根,试桩兼做工程桩,持力层

收稿日期:2007-04-06

作者简介:郭宏智(1968-),男(汉族),河南灵宝人,中国地质大学(北京)博士在读、高级讲师,岩土工程专业,硕士,从事岩土工程方面的研究工作,北京市海淀区学院路 29 号,guo.hongzhi@163.com。

为④₂层,设计要求桩端进入④₂层不少于1500 mm。2根桩径1000 mm的桩设计抗压承载力特征值(标准值)为4000 kN,一根桩径1000 mm的桩设计抗压承载力特征值(标准值)为3000 kN。由于采用旋挖钻机成孔,钻进进入④₂层前需钻穿厚达2.20~9.80 m的④_{2a}层,施工困难较大,现依据工程地质勘察报告对本工程桩承载力作如下评估。

3 单桩承载力估算及分析

3.1 试桩一

设计桩径800 mm,桩顶标高-13.80 m,按钻孔编号G8计算,无④_{2a}层,主要地层参数如下:

$$\textcircled{3}_1: h_1 = 1.22 + 0.3 = 1.53 \text{ m}$$

$$\textcircled{3}_2: h_2 = 3.3 \text{ m}, q_{sik} = 20 \text{ kPa}$$

$$\textcircled{4}_1: h_3 = 9 \text{ m}, q_{sik} = 35 \text{ kPa}$$

$$\textcircled{4}_2: h_4 = 1.5 \text{ m}$$

由于 $\sum l_1 = 1.53 + 3.3 + 9 = 13.83 \text{ m} > 10 \text{ m}$,故取 $\zeta_s = 1.15$ 。

(1)原设计 $h_r = 1.5 \text{ m}$, $h_r/d = 1.5/0.8 = 1.875$ 。查《建筑桩基技术规范》(JGJ 94-94)表5.2.11,经插值计算得: $\zeta_r = 0.052$, $\zeta_p = 0.28$

单桩抗压承载力特征值估算为:

$$\begin{aligned} R_a &= 3.14 \times 0.8 \times 1.15 \times (1.53 \times 32 + 3.3 \times 20 + \\ & 9 \times 35) + 3.14 \times 0.8 \times 1.5 \times 0.052 \times 8600 + \\ & 0.7 \times 0.503 \times 0.28 \times 8600 \\ & = 3774 \text{ kN} > 3000 \text{ kN} \end{aligned}$$

满足设计要求。

(2)若取 $h_r = 0.4 \text{ m}$, $h_r/d = 0.4/0.8 = 0.5$,则得:

$$\zeta_r = 0.023, \zeta_p = 0.43$$

$$\begin{aligned} R_a &= 3.14 \times 0.8 \times 1.15 \times (1.53 \times 32 + 3.3 \times 20 + \\ & 9 \times 35) + 3.14 \times 0.8 \times 0.5 \times 0.023 \times 8600 + \\ & 0.7 \times 0.503 \times 0.43 \times 8600 \\ & = 2792 \text{ kN} < 3000 \text{ kN} \end{aligned}$$

不能满足设计要求。

(3)若 $h_r = 0.8 \text{ m}$, $h_r/d = 0.8/0.8 = 1$,则得:

$$\zeta_r = 0.045, \zeta_p = 0.37$$

$$\begin{aligned} R_a &= 3.14 \times 0.8 \times 1.15 \times (1.53 \times 32 + 3.3 \times 20 + \\ & 9 \times 35) + 3.14 \times 0.8 \times 0.8 \times 0.045 \times 8600 + \\ & 0.7 \times 0.503 \times 0.37 \times 8600 \\ & = 3140 \text{ kN} > 3000 \text{ kN} \end{aligned}$$

满足设计要求。故建议本试桩桩端进入④₂层不少于0.8 m。

3.2 试桩二

设计桩径1000 mm,桩顶标高-14.00 m,按钻孔编号G8计算,桩端进入④₂层1.5 m。

本钻孔位于钻孔编号XB₂附近,由于此处的④_{2a}层勘察报告中勘察孔未穿透,根据附近勘察孔资料:J₄处④_{2a}层厚6.2 m,J₂处④_{2a}层厚2.7 m,取其平均值4.5 m为XB₂附近④_{2a}层厚。

$$\textcircled{3}_1: h_1 = 1.33 + 0.1 = 1.43 \text{ m}, q_{sik} = 32 \text{ kPa}$$

$$\textcircled{3}_2: h_2 = 7.5 \text{ m}, q_{sik} = 20 \text{ kPa}$$

$$\textcircled{4}_1: h_3 = 7.8 \text{ m}, q_{sik} = 35 \text{ kPa}$$

$$\textcircled{4}_{2a}: h_4 = 4.5 \text{ m}, h_{4r}/d = 4.5/1 = 4.5, \text{计算得: } \zeta_r = 0.077$$

$$\textcircled{4}_2: h_5 = 1.5 \text{ m}, h_{5r}/d = 1.5/1 = 1.5, \text{计算得:}$$

$$\zeta_r = 0.045, \zeta_p = 0.37$$

由于④_{2a}层较破碎,取折减系数0.6。

又: $\sum l = 1.43 + 7.5 + 7.8 = 16.73 \text{ m} > 10 \text{ m}$,故取 $\zeta_s = 1.15$ 。

$$\begin{aligned} R_a &= 3.14 \times 1 \times 1.15 \times (1.43 \times 32 + 7.5 \times 20 + \\ & 7.8 \times 35) + 3.14 \times 1 \times 4.5 \times 0.077 \times 0.6 \times \\ & 8600 + 3.14 \times 1 \times 1.5 \times 0.045 \times 8600 + \\ & 0.785 \times 0.7 \times 0.37 \times 8600 \\ & = 9049.5 \text{ kN} \gg 4000 \text{ kN} \end{aligned}$$

由此可见,该桩承载力远大于设计值。其原因是该处存在约4.5 m厚的④_{2a}层。虽然④_{2a}层和④₂层相比较为破碎一些,但其他性状差别不大,尤其是其单桩嵌岩侧阻力仍然很大。

(1)若取嵌入④_{2a}层深度为2.5 m, $h_r/d = 1.5/1 = 2.5$ 。计算得:

$$\zeta_r = 0.0785 \times 0.6, \zeta_p = 0.385 \times 0.6$$

$$\begin{aligned} R_a &= 3.14 \times 1 \times 1.15 \times (1.43 \times 32 + 7.5 \times 20 + \\ & 7.8 \times 35) + 3.14 \times 1 \times 2.5 \times 0.0785 \times 0.6 \times \\ & 8600 + 0.785 \times 0.7 \times 0.6 \times 0.385 \times 8600 \\ & = 4572.9 \text{ kN} > 4000 \text{ kN} \end{aligned}$$

因此,该试桩若设计为桩端进入④_{2a}层不少于2.5 m,仍能满足设计要求的4000 kN。

(2)若将桩径改为800 mm,桩端进入④_{2a}层2.4 m,则 $h_r/d = 2.4/0.8 = 3$ 。计算得:

$$\zeta_r = 0.083 \times 0.6, \zeta_p = 0.34 \times 0.6$$

$$\begin{aligned} R_a &= 3.14 \times 0.8 \times 1.15 \times (1.43 \times 32 + 7.5 \times 20 + \\ & 7.8 \times 35) + 3.14 \times 0.8 \times 2.4 \times 0.083 \times 0.6 \times \\ & 8600 + 0.503 \times 0.7 \times 0.6 \times 0.34 \times 8600 \\ & = 3511.6 \text{ kN} < 4000 \text{ kN} \end{aligned}$$

由此可见桩径改为800 mm以后,单桩承载力不能满足上部荷载要求,但若选3根 $\varnothing 800 \text{ mm}$ 的桩取代原设计的 $\varnothing 1000 \text{ mm}$ 的两桩承台,则 3×3571.6

$= 10714.8 > 4000 \times 2 = 8000$ kN, 仍然可以满足设计要求。故本工程可用 3 根 $\varnothing 800$ mm 取代 2 根 $\varnothing 1000$ mm 的桩作为一组工程桩。

3.3 试桩三

试桩 3 位于勘察钻孔 J5 附近, 设计桩径 1000 mm, 主要地层参数如下:

$$\textcircled{2}_3: h_1 = 2.92 \text{ m}, q_{sik} = 15 \text{ kPa}$$

$$\textcircled{3}_2: h_2 = 4.9 \text{ m}, q_{sik} = 20 \text{ kPa}$$

$$\textcircled{4}_1: h_3 = 9 \text{ m}, q_{sik} = 35 \text{ kPa}$$

$$\textcircled{4}_{2a}: h_4 = 4.9 \text{ m}, h_r/d = 4.9/1 = 4.9, \zeta_r = 0.076, \zeta_p = 0.17, f_{rk} = 5.8 \text{ MPa}$$

$$\textcircled{4}_2: h_4 = 4.9 \text{ m}, h_r/d = 1.5/1 = 1.5, \zeta_r = 0.047, \zeta_p = 0.26, f_{rk} = 8.6 \text{ MPa}$$

计算得:

$$\begin{aligned} R_a &= 3.14 \times 1 \times 1.15 \times (2.92 \times 15 + 4.9 \times 20 + \\ &9 \times 35) + 3.14 \times 1 \times 4.9 \times 0.076 \times 0.6 \times \\ &5800 + 3.14 \times 1 \times 1.5 \times 0.047 \times 8600 + \\ &0.785 \times 0.7 \times 0.26 \times 8600 \\ &= 8848.68 \text{ kN} \gg 4000 \text{ kN} \end{aligned}$$

同试桩二一样, 试桩三穿过 4.9 m 厚的 $\textcircled{4}_{2a}$ 层, 此层的桩端极限阻力标准值 q_{pk} 仍然很高, 这是造成该桩抗压承载力远大于设计值的主要原因。

(1) 若选桩径 1000 mm, 桩端进入 $\textcircled{4}_{2a}$ 层 3 m, $h_r/d = 3/1 = 3$ 。计算得:

$$\zeta_r = 0.083 \times 0.6, \zeta_p = 0.34 \times 0.6$$

$$\begin{aligned} R_a &= 3.14 \times 1 \times 1.15 \times (2.92 \times 15 + 4.9 \times 20 + \\ &9 \times 35) + 3.14 \times 1 \times 3 \times 0.083 \times 0.6 \times \\ &5800 + 0.785 \times 0.7 \times 0.34 \times 0.6 \times 5800 \\ &= 5020.5 \text{ kN} > 4000 \text{ kN} \end{aligned}$$

该桩承载力仍能满足设计要求。

(2) 若将桩径改为 800 mm, 桩端进入 $\textcircled{4}_{2a}$ 层 2.4 m, 单桩抗压承载力特征值为:

$$R_a = 1649.5 \times 0.8 + 2720.8 \times 0.8 + 650.2 \times 0.503 \div 0.785 = 3912.8 \text{ kN} \approx 4000 \text{ kN}$$

该桩承载力也能基本满足设计要求。

4 桩端持力层分析

本工程钻孔灌注桩由于 $\textcircled{4}_{2a}$ 层厚度为 2.2 ~ 9.8 m, 变化范围较大, 有些部位工程勘察孔尚未穿透 $\textcircled{4}_{2a}$ 层, 所以原设计将工程桩的桩端持力层一律打穿 $\textcircled{4}_{2a}$ 层放到 $\textcircled{4}_2$ 层并入岩 1.5 m。尽管 $\textcircled{4}_2$ 层 $f_{rk} = 8.6$ MPa 较 $\textcircled{4}_{2a}$ 层 ($f_{rk} = 5.8$ MPa) 稍高一些, 但岩层 f_{rk} 越低, 其桩侧阻力和桩端阻力发挥得愈充分, 况且性状上只是 $\textcircled{4}_{2a}$ 层较 $\textcircled{4}_2$ 层稍破碎一些, 仍属中风化

砂砾岩层, 也可作为桩端持力层。

若将桩端持力层都放在 $\textcircled{4}_2$ 层, 桩身穿越 $\textcircled{4}_{2a}$ 和 $\textcircled{4}_2$ 层, 由以上承载力估算分析知, 嵌岩深度过深, 桩长过大, 造成单桩抗压承载力特征值远远大于设计值, 施工工期长, 也无必要, 所以对 $\textcircled{4}_{2a}$ 层要有正确的认识, $\textcircled{4}_{2a}$ 层可以作为工程桩的桩端持力层, 只要适当增加嵌岩深度即可, 这是本工程的技术关键。

5 试桩结果分析

由于本文的计算和分析是在试桩三入岩钻进十分困难的情况下进行的, 此时 3 根试桩均已开始施工, 所以设计院根据本文分析将 3 根试桩的参数调整为:

试桩一: 桩径 1000 mm, 桩端进入 $\textcircled{4}_{2a}$ 层 0.5 m;

试桩二: 桩径 1000 mm, 桩端进入 $\textcircled{4}_{2a}$ 层 0.5 m;

试桩三: 桩径 1000 mm, 已达到原设计要求, 桩端进入 $\textcircled{4}_2$ 层 1.5 m。

3 根试桩施工结束后由东南大学应用自平衡试桩法进行了桩基检测, 检测结论如下:

试桩一: 极限承载力 9559 kN, 特征值 4780 kN;

试桩二: 极限承载力 9575 kN, 特征值 4787 kN;

试桩三: 极限承载力 9447 kN, 特征值 4723 kN。

均满足设计要求, 充分证明, 同 $\textcircled{4}_2$ 层一样, $\textcircled{4}_{2a}$ 层同样可以作为本工程桩的桩端持力层。

6 结论及建议

(1) 建议 $\textcircled{4}_{2a}$ 层也可作为工程桩的桩端持力层, 嵌岩深度适当增加, $h_r = (2 \sim 3)d$;

(2) 在无 $\textcircled{4}_{2a}$ 层处, $\textcircled{4}_2$ 层作为桩端持力层, $h_r = (0.5 \sim 1)d$;

(3) 建议桩径应尽可能减小, 一律采用 $\varnothing 800$ mm 为佳;

(4) 建议原设计 3 根试桩参数调整为:

试桩一: 桩径 800 mm, $\textcircled{4}_2$ 层为桩端持力层, 嵌岩深度 $h_r = 0.5$ m;

试桩二: 桩径 800 mm, $\textcircled{4}_{2a}$ 层为桩端持力层, 嵌岩深度 $h_r = 1.6$ m;

试桩三: 桩径 800 mm, $\textcircled{4}_{2a}$ 层为桩端持力层, 嵌岩深度 $h_r = 2.4$ m。

参考文献:

- [1] GB 5007-2002, 建筑地基基础设计规范[S].

注: 本文在编写过程中还参考了《江苏省人民检察院办案技术楼岩土工程勘察报告》。