

钻孔桩基础的一个失败实例<sup>①</sup>

杨世忠 屠厚泽

赵晓炯

(中国地质大学·武汉·430074)

(湖北华龙特种基础工程公司·武汉·430074)

列举了一个显然是按照正常施工过程步骤成桩的败例。以对整个成桩过程全面调查和详细试桩结果为基础,对该桩质量所存在的问题作了深入细致分析,提出了改进施工工艺、改善无循环钻孔灌注桩成孔工艺,对混凝土各个环节质量控制手段也提出建议。

关键词 基础, 失败, 钻孔桩, 实例

成桩指在地下打一深浅不一的孔,确定好钢筋笼的位置,并灌注混凝土。成孔工艺是野外油田钻井经验的结果,在成孔过程中,必须将岩土层破碎,然后通过孔内膨润土泥浆循环将岩屑带出孔外。以前已形成两种工艺,即泥浆正循环和反循环。但现在一种新型的无循环旋挖桩技术已在我国广泛应用。文中列举了一个采用无循环旋挖桩作桩基础的不成功的例子。

武汉长江大桥管理中心位于武汉长江东5 km处,楼高8层。

作为建筑物基础支撑,设计采用钻孔灌注桩。Φ600 mm的桩有178根,Φ800 mm的桩有36根。采用旋挖钻机成孔,用静态泥浆护壁。为了缩短工期,在无前期试桩的条件下直接打工程桩。

桩施工约3个月,为了检查桩的质量,在

整个214根桩完成后,随机抽取4根Φ600 mm桩和2根Φ800 mm桩作静载试验。

试验结果为2根Φ800 mm的桩效果可以,但4根Φ600 mm的桩其承载力只达到桩基础设计要求的50%~75%。

## 1 地下地质条件

为了获取桩基设计所需资料,前期进行了地质勘察,包括6个勘探孔,4个静力触探和SPT。从地表到桩设计的承载力层,可大概分为浮土层、粘土、粉质粘土、粉砂、强风化层和中风化层,最深勘探孔为37 m。

同时也做了室内土力试验,包括自然含水量、粒径分析、Atterberg极限和直接剪切等,勘探结果如表1示。

## 2 成桩过程

表1 野外勘测结果

| 深度<br>(m) | 土层      | W<br>(%) | r<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | e    | I <sub>p</sub> | I <sub>c</sub> | C<br>(kPa) | φ   | f <sub>ts</sub><br>(kPa) |
|-----------|---------|----------|---------------------------|------|----------------|----------------|------------|-----|--------------------------|
| 0~1       | 浮土      | 45.8     | 17.5                      | 1.34 | 21.0           | 1.03           | 28         | 2.8 | 15                       |
| 1~5       | 软粘土     | 43.8     | 17.8                      | 1.20 | 20.4           | 1.04           | 28         | 12  | 18                       |
| 5~13      | 粉质粘土    | 30.0     | 18                        | 0.86 | 16             | 0.58           | 24         | 18  | 24                       |
| 13~30     | 粉砂、粉质粘土 | 22.0     | 19.0                      | 0.53 |                |                | 16.0       | 22  | 32                       |
| 30~33     | 强风化层    |          |                           |      |                |                |            |     | 40                       |
| 33~37     | 中风化层    |          |                           |      |                |                |            |     | 80                       |

桩设计成由摩擦阻力和端承力共同作用来支撑结构的载荷。

桩顶在原始地表下4 m处,承载力位于中风化层。Φ600 mm桩单桩设计原始承载

本文1997年8月收到,王梅编辑。

①本文为1997年新加坡工程事故国际研讨会会议论文。

力为 4800 kN,  $\Phi 800$  mm 桩为 7200 kN, 其有效长度为 33 m。

桩的现场施工是由一台 R412 液压旋挖钻机完成的, 该钻机配备液压动力系统。挖掘过程是由挖斗完成, 挖斗与方钻杆相连, 用来传递扭矩, 并在成孔时上下移动, 膨润土泥浆用来稳定井壁, 防止坍塌。

当成孔到设计深度后(或到很难切割的深度), 在孔内下入钢筋笼, 用外径 250 mm, 单根长 2 m 的钢管联接成的混凝土导管将混凝土浇入。

一个工作日能完成 2~3 根桩。但由于工期内天气不好, 30%~40% 的工作时间在雨天, 现场施工有时由于大雨而中止。

### 3 桩试验

在所有工程桩完成后, 抽取了 4 根  $\Phi 600$  mm 和 2 根  $\Phi 800$  mm 的工程桩作静载试验, 具体结果如表 2 示。

对 A 和 B 桩, 其最大单桩承载力满足设计要求, 表明两根桩桩身摩擦力和端承力是完全可支撑加载在桩顶的载荷。但最后, 结果却不理想,  $\Phi 600$  mm 桩存在严重问题。

在试验载荷达到设计荷载之前, D、E、F 桩就完全失败。根据对  $\Phi 600$  mm 桩承载力的理论计算, 可以肯定桩身摩擦阻力没有起作用。

表 2 载荷试验结果

| 桩号 | 桩径<br>(mm) | 桩长<br>(m) | 混凝土充盈 | 设计载荷<br>(kN) | 测试载荷<br>(kN) | 最终沉降<br>(mm) | 备注   |
|----|------------|-----------|-------|--------------|--------------|--------------|------|
| A  | 800        | 37.18     | 1.18  | 7200         | 7200         | 30           |      |
| B  | 800        | 36.80     | 1.15  | 7200         | 7200         | 35           |      |
| C  | 600        | 36.28     | 1.23  | 4800         | —            | 40           | 停止测试 |
| D  | 600        | 37.64     | 1.34  | 4800         | —            | —            | 桩失败  |
| E  | 600        | 35.80     | 1.38  | 4800         | —            | —            | 桩失败  |
| F  | 600        | 36.05     | 1.30  | 4800         | —            | —            | 桩失败  |

注: 按设计要求, 在设计载荷下, 桩的最终沉降量不超过 40 mm。

为了更深入地分析桩失败的原因, 对所有试验桩进行动载试验, 结果  $\Phi 800$  mm 桩其桩身良好, 而  $\Phi 600$  mm 桩在地下 12 m~15 m 处桩身有碎片, 该深度为软粘土到砂层的转换层。

### 4 对事故桩的讨论

通过全面分析整个桩施工过程其结果为: 造成该桩不合格是由于质量上偶然的失误。

(1) 在  $\Phi 600$  mm 和  $\Phi 800$  mm 桩中混凝土的过盈是很大的, 特别是对  $\Phi 600$  mm 的桩, 很显然在成孔时发生了孔塌。其原因主要是由于挖斗沿着孔壁快速上移而引起的活塞效应。

尽管挖斗是按其外周与桩横截面边沿之间的间隙 20 mm~30 mm 制造的, 但如果挖

斗直径越大, 则桩孔外部清洁率越高。 $\Phi 600$  mm 的桩的活塞效应比  $\Phi 800$  mm 更经常和严重。发生孔塌后, 若清孔不完全, 桩尖将残留着很松散的沉淀岩屑, 最终沉降可能就比正常值大得多。

(2) 按混凝土灌注质量控制原则, 混凝土导管应连续减短, 并保证至少 3 m~5 m 长的导管应插入混凝土中, 以避免混凝土桩身的不连续, 分析灌注记录后,  $\Phi 600$  mm 桩不连续段发生在离桩口 13 m~15 m 深处, 是由于采用不正确的缩短导管方法。同时在 13 m~15 m 土层中混凝土流失严重。

(3) 最后是因为在雨季施工, 且混凝土为现场搅拌, 使用的压碎砂石自然湿度比较高, 导致了实践中与实验室不同的水灰比, 在此时, 应对水灰比作一些调整。动测试验结果表明混凝土强度没达到设计要求。

## 5 建议

1)使用旋挖钻孔灌注桩技术取代以前的正反循环成孔技术是一个很重要的发展,为了获得高质量的钻孔桩,建议采用如下措施:

(1)在挖斗制造时,通过减少挖斗体的外径,排除活塞效应,环形间隙最好在 40 mm~50 mm。同时,增加在挖斗的底边一侧凸出切削刃尺寸,以保证成孔尺寸。

(2)挖斗应平缓移动,不论上或下移,特别是在非固结土或很软的土中,以避免活塞效应,影响钻孔的稳定性。

(3)在提升前,顺时针和逆时针小角度轮流旋转挖斗。

(4)在挖斗体内设计一装置,以减缓水压,为平衡当挖斗上移时,其上、下端泥浆压力的差别。

2)为了确保井壁稳定,使用膨润土泥浆时,合适的泥浆特性和必须的补充方法也很重要。

(1)泥浆必须有很好的悬浮特性,防止钻孔底部沉淀。

(2)在灌注混凝土前检查膨润土,若有必

要,则采用除砂措施,在一定限度内清除,以避免桩柱内的泥浆和砂包。

(3)在下入钢筋笼后和混凝土灌注前,采用新膨润土泥浆替代钻挖时用膨润土泥浆,进行再次清孔。

3)同时,正确的混凝土灌注也是保证桩体质量的必要手段。

(1)尽可能的缩短成孔完成后与灌注开始前的间隙时间。

(2)精确计算缩短导管的时间,以保证至少 3 m~5 m 长的导管浸没在混凝土上部平面下。

(3)准确记录每一规则间隙的混凝土灌注量,混凝土充盈量为灌注施工提供一直接指导。

4)最后,本文所讨论的这一桩事故之例,也提醒合同方不能在没有试桩结果之前,进行工程桩施工,特别是在甲方要求缩短工期的情况下。

### 参考文献

- 1 J. C. Jaeger. Fundamentals of Rock Mechanics. Chapman and Hall. London
- 2 Roy Wilcox, Jim Fisk. Tests show shale behavior, aid well planning. OGJ, Sept. 12, 1983

## A FAIL CASE OF A BORED PILE FOUNDATION

Yang Shizhong, Tu Houze, Zhao Xiaojiong

Excavated cast-in-place concrete piles, bored by bucket and with non-circulation of bentonite slurry, have had a successful application recently in China. Pile defects and failures have also been encountered by using this technique. A case of pile failure was presented in which piles were formed by an apparently normal construction procedure, but during which quality problems occurred. A deep analysis was made on the basis of fully investigating the whole procedure of making piles and the detailed results of pile tests. Improving the structure of the bucket body and technology for the excavation of cast-in-place bored piles with non-circulation bentonite mud, as well as the means of the quality control during all stages of the concrete placement were recommended.

**Key words** Bored Pile Foundation, non-circulation bucket body, pouring



### 第一作者简介

杨世忠 男, 1969年生。1991年毕业于中国地质大学(武汉)探工系, 1997年在中国地质大学(武汉)勘建学院获博士学位。现任中国地质大学(武汉)石油工程系讲师, 主要从事石油钻井、地基处理科研和教学工作。

通讯地址: 湖北武汉市武昌喻家山 中国地质大学石油系 邮政编码: 430074