



PHC管桩断桩加固处理技术

郭焯彤¹, 李前君², 耿耀民²

(1. 中交一航局第一工程有限公司, 天津 300456;

2. 中铁第五勘察设计院集团有限公司航务工程勘察设计院, 北京 102627)

摘要: 分析了某船坞工程软土地基中预应力PHC管桩的偏位、断裂的原因, 提出了对浅层或深层裂缝的Ⅲ类桩、Ⅳ类桩采用的纠偏加固措施, 并对纠偏效果进行检测。结果表明, 经纠偏加固处理后的Ⅲ类和Ⅳ类桩的单桩承载力极限值能够满足设计和施工要求, 这说明所采用的纠偏、加固处理倾斜和断裂的PHC桩的施工技术是成功的, 可为同类工程借鉴。

关键词: PHC管桩; 软土地基; 断桩; 加固处理

中图分类号: TU 473

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)10-0165-04

Reinforcement technology for broken PHC pipe pile

GUO Ye-tong¹, LI Qian-jun², GENG Yao-min²

(1. No. 1 Engineering Co. of CCCC First Harbor Engineering Co., Ltd., Tianjin 300456, China;

2. China Railway Fifth Survey and Design Institute Grop Co., Ltd., Beijing 102627, China)

Abstract: This paper analyzes the causes of the deviation and fracture of prestressed PHC pipe pile in soft soil foundation of a dock engineering, proposes reinforcement measures for the deviation of Ⅲ & Ⅳ type piles of shallow or deep cracks, and carries out inspection for the effect of the rectification. The results show that the single pile bearing capacity of Ⅲ & Ⅳ piles after reinforcement treatment can satisfy the design and construction requirements, which prove that the construction technology for treatment of the deviation and reinforcement of the PHC pile is successful, and thus may serve as reference for similar projects.

Keywords: PHC pipe pile; soft soil foundation; broken pile; reinforcement treatment

1 工程概况

某船坞工程陆上施打PHC管桩约19 315根, 主要分布在坞室底板、坞墙、水泵房、出水池、吊车道、顺岸码头、锚碇区等。设计要求PHC管桩桩身全断面需进入持力层第④层粉砂层3m(桩尖另计),

桩长为22~37m。该工程所处位置为吹填造陆区域, 地基加固处理效果较差。坞室土方开挖采用分阶梯分层开挖形式, 边坡坡度控制在1:2.0~1:3.5, 边坡留置适量反压土, 使反压土与基坑的地连墙帷幕结构共同抵抗墙后土压力(土压力、水压力等), 见图1。

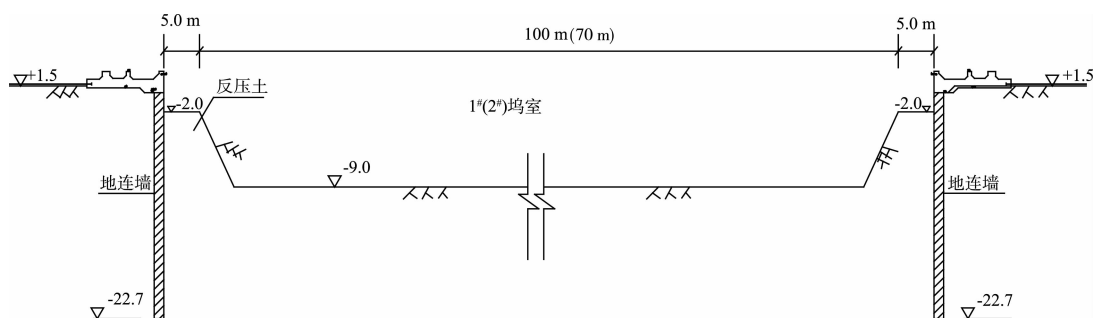


图1 坞室基坑开挖横向放坡示意

收稿日期: 2014-04-15

作者简介: 郭焯彤(1978—), 女, 工程师, 主要从事港口航道与海岸工程施工管理。

由于坞室开挖预留的反压土边坡失稳,造成很多桩基倾斜、断裂。初步统计:1#、2#坞室底板和水泵房四周出现倾斜管桩共计125根。经低应变检测共有40根损伤桩,即Ⅲ类桩;55根断桩,即Ⅳ类桩。其中纠偏加固技术处理的Ⅲ类桩中桩身损伤位置在2.0~10.0 m,Ⅳ类桩中断桩位置在1.5~17.0 m。

2 原因分析

1) 基坑开挖时造成的管桩断裂。处在未开挖土层中的管桩,尤其是临近土层高差位置的管桩,由于护桩边坡过大,引起土体位移,造成PHC管桩断裂,此种情况造成管桩断裂的概率达90%以上。

2) 沉桩挤土效应造成的管桩断裂。采用PHC管桩等挤土桩型,原有土体受扰动强烈,造成开挖时淤泥呈流泥状,对已有管桩威胁很大。当布桩密集,沉桩顺序不合理,受到负摩擦作用或沉桩速度过快时,也会造成管桩倾斜或断裂。

3 纠偏可行性分析

管桩有较好的桩身质量和桩身强度;管桩的缺陷部位仅在第1节管桩范围以内,且桩身未出现明显断裂;管桩的焊接质量有一定保证;施工场地能提供纠偏的反力结构。

本工程的断桩经巡查发现桩身质量较好,根据小应变检测结果,倾斜、损伤、断裂的管桩缺陷部位绝大部分在2.5~5.0 m,并且借助已施工的相邻的稳定的水泵房墙体或坞室底板等作为反力结构,因此具备纠偏的大部分条件。

4 Ⅲ类、Ⅳ类管桩加固处理技术

对Ⅲ类桩采取纠偏后至少浇筑至损伤处以下2 m的桩芯;对Ⅳ类桩断桩位置在3 m以内的可采取纠偏后现浇框架柱方式处理;对Ⅳ类桩断桩位置在3 m以上的可采取纠偏后管桩内施工 $\phi 380$ mm灌注桩,灌注桩桩底高程至少在断桩位置以下4 m。

5 断桩加固处理原理和施工方法^[1-5]

5.1 拉顶法纠偏原理

拉顶法(即桩顶施加水平拉力),类似于顶推

法。拉顶法是利用手拉葫芦在桩顶施加水平拉力,并卸除桩侧部分土压力,使此桩基复位的一种方法。该方法适用于某船坞的软土地基基础,且具有施工快捷、简便以及成本较低的优点。为满足验收要求并确保承载力,对管桩垂直度偏差和桩位偏差均大于规范的管桩,先进行拉顶法纠偏,再进行灌芯填筑。

桩顶水平拉力设计根据JGJ 94—1994《建筑桩基技术规范》5.4.2.5,当缺少单桩水平静载试验资料时,可按式(1)估算预制桩单桩水平承载力设计值:

$$R_h = \frac{a^3 EI}{v_c} \cdot c_{0a} \quad (1)$$

其中桩的水平变形系数:

$$a = \sqrt[5]{\frac{mb_0}{EI}} \quad (2)$$

对于软黏土, $m = 4 \text{ MN/m}^4$, $b_0 = 0.9225 \text{ m}$, $I = 92.6 \text{ MN} \cdot \text{m}^2$, $a = 0.525$, 取 $c_{0a} = 10 \text{ mm}$, $n_c = 2.441$, 则 $R_h = 54.9 \text{ kN}$, 故采用小于 R_h 的水平拉力对管桩的桩身是安全的。

5.2 断裂桩桩芯体的配筋量和长度计算原理

5.2.1 桩芯体配筋量计算

以 $\phi 600A$ 型的管桩为例,首先根据正常管桩的抗裂弯矩要求计算断裂桩桩芯体的纵向抗拉钢筋用量,抗弯构件截面配筋公式:

$$\alpha_1 f_c b \chi + f_y' A_s' = f_y A_s \quad (3)$$

$$M \leq \alpha_1 f_c b \chi \left(h_0 - \frac{\chi}{2} \right) + f_y' A_s' (h_0 - a_s') \quad (4)$$

考虑到管桩断裂处的抗压能力并未由于裂缝的出现而消失或降低,在假定管桩壁与填芯体的粘结摩擦力足够大的情况下,可考虑此处截面抗压区按管桩与填芯体组合变刚度梁计算。假定受压、受拉区分布如图2所示,截面中性轴通过钢筋 a 、 b 的形心,这样式(4)改写为:

$$\frac{M}{\left(h_0 - \frac{\chi}{2} \right)} \leq \alpha_1 f_c b \chi \quad (5)$$

式中: $h_0 - \frac{\chi}{2}$ 为受压区混凝土形心与受拉钢筋形心的距离,按图2取 $h_1 + h_p$, 式(3)可转化为:

$$A_s = \frac{M}{f_y(h_1 + h_p)} \quad (6)$$

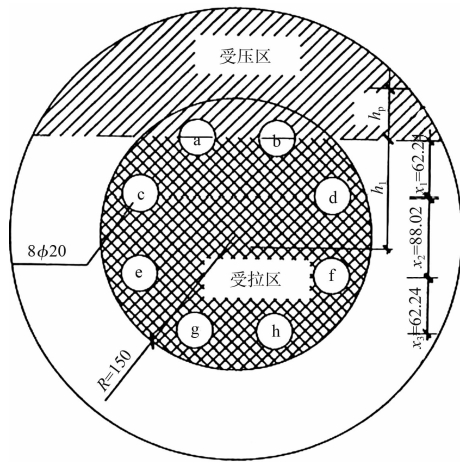


图 2 填芯体配筋计算

为了计算方便, 在截面中配 8 根纵筋(图 2), 式(6)变为:

$$\alpha_s = \frac{M}{f_y \left[\frac{(3\chi_1 + 2\chi_2 + \chi_3)}{3} + h_p \right]} \quad (7)$$

选用 II 级钢筋, 代入数值, 计算得 $A_s = 1\,914.9\text{ mm}^2$, 查表选 $\phi 22$ 螺纹钢, 箍筋为 $\phi 8@200$, 主要起支撑钢筋笼的作用。

5.2.2 桩芯体长度计算

桩芯体的长度按照下式计算:

$$L^3 = \frac{32 M}{3 p^2 d^2 t} \quad (8)$$

t 的取值方法为:

$$t = K_1 f_t \quad (9)$$

由于管桩内壁较粗糙, 故可考虑 K_1 取 0.5; f_t 为桩芯混凝土的抗拉强度。

由此可知, 桩芯混凝土的强度应尽可能高。一是为了得到更高的粘结力; 二是考虑两者性能尽可能接近, 有利于发挥材料的最佳性能。故桩芯体混凝土强度等级选用 C40, 并添加适量膨胀剂, 避免桩芯体与管桩间出现收缩裂缝。

根据式(8)和(9)计算填芯体的长度, $f_t = 1.8\text{ MPa}$, 代入式(9)得 $t = 0.9\text{ MPa}$, $L \geq 1.33\text{ m}$ 。

抗拉强度验算时, 桩芯体与管桩内壁摩擦力需小于管桩桩身材料的抗拉强度。预应力管桩的抗拉强度(开裂)由两部分组成, 即预应力和混

凝土的抗拉强度。

$\phi 600\text{A}$ 型的管桩的抗拉强度 $f_{t\max} = 9.98\text{ MPa}$, $f_{t\min} = 8.87\text{ MPa}$, 安全起见取 $f_t = 8.87\text{ MPa}$ 。

搭接长度

$$L^3 = \frac{S_0 f_t}{C_n t} = 1.67\text{ m} \quad (10)$$

由于 $L \geq 1.33\text{ m}$, 按建筑模数取 $L = 2.0\text{ m}$ 。

$\phi 600\text{A}$ 型的管桩桩身缺陷补强桩芯体各项最终参数如下: C40 混凝土长度为 7.5 m, 以缺陷为中点, 上下与管桩搭接 2 m; 配纵筋为 $8\phi 22$, 箍筋为 $\phi 8@200$ 。根据钢筋等截面换算原理也可以配 $6\phi 25\text{ mm}$ 、 $10\phi 20\text{ mm}$, 配筋率不变。

5.3 加固处理施工要点

5.3.1 III类、IV类管桩加固技术

1) 对 III 类桩采取纠偏后浇筑至损伤处以下 2 m 的桩芯加固措施。

桩芯钢筋笼主筋采用 $6\phi 25\text{ mm}$ 、 $8\phi 22\text{ mm}$ 或 $10\phi 20\text{ mm}$ (图 3)。如管桩损伤位置在桩顶以下 5.5 m, 则灌芯桩长为 7.5 m, 灌芯钢筋笼长度为 8.25 m, 并且在损伤位置箍筋加密。

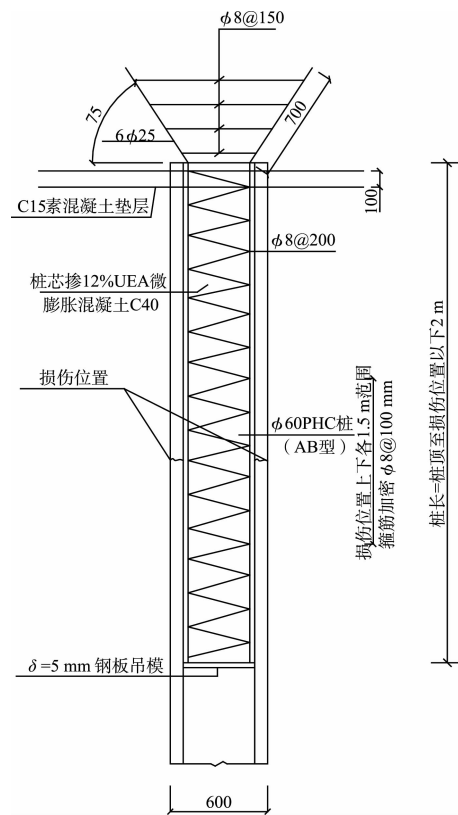
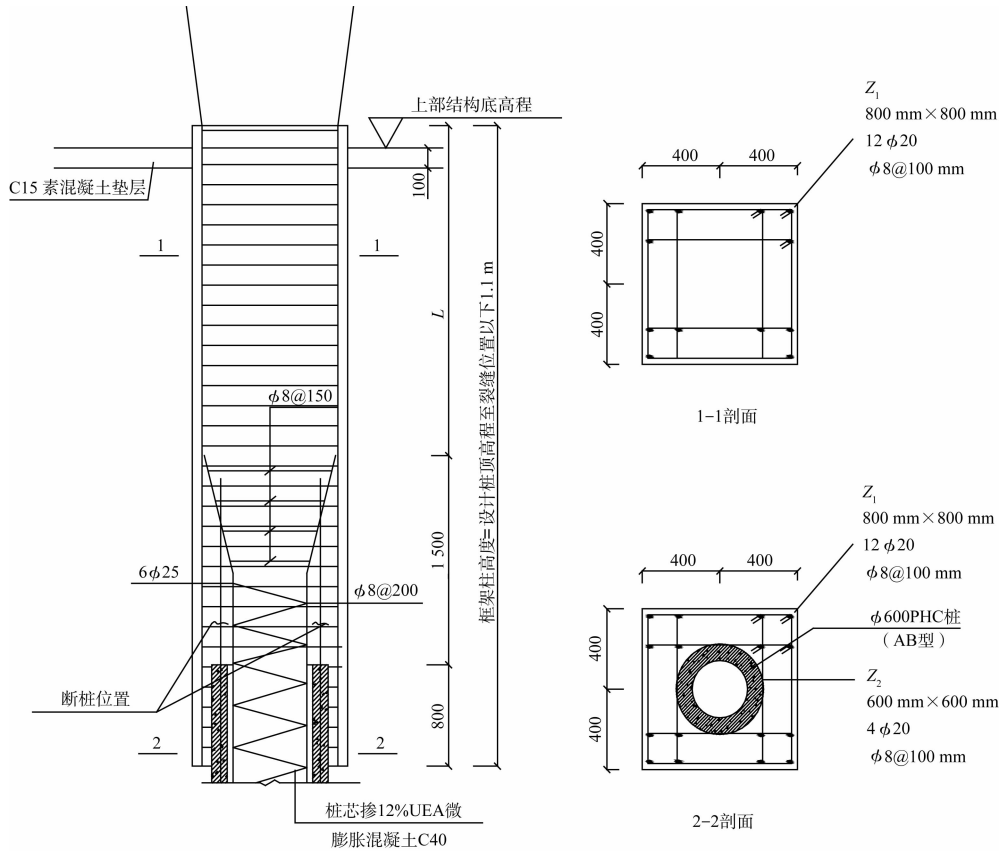


图 3 桩芯钢筋笼

2) 对 IV 类桩断桩位置在 3 m 以内的可采取纠偏后现浇框架柱方式处理。

具体方法为开挖桩周土至裂缝以下，凿桩至裂缝以下 30 cm (桩身钢筋保留，桩身钢筋长度不足时用 $\phi 20$ 钢筋按规范要求接长)，框架柱主

筋采用 $\phi 20$ mm，箍筋采用 $\phi 8$ 圆钢，在裂缝所在位置 3 m 范围加密布置箍筋。现场绑扎框架柱钢筋，支立框架柱模板，现浇框架柱至设计高程 (图 4)。如断桩位置在桩顶以下 5.0 m，则框架柱高度为 6.1 m。



注：桩身混凝土强度同上部结构混凝土强度。

图 4 现浇框架柱结构

3) 对 IV 类桩断桩位置在 3 m 以上的技术处理措施。

对 IV 类桩断桩位置在 3 m 以上的可采取纠偏后管桩内施工 $\phi 380$ mm 灌注桩的措施。灌注桩钢筋笼外径 34 cm，主筋采用 ①号筋， $10\phi 20$ mm；

②号箍筋采用 $\phi 8$ mm 圆钢，上部间距 15 cm，下部间距 25 cm；③号加强筋为 $\phi 16$ mm，每隔 1 m 间距均布布置 (图 5)。灌注桩桩底高程至少在断桩位置以下 4 m，如断桩位置在桩顶以下 10.0 m，则灌注桩桩长为 14 m，钢筋笼长度为 14.75 m。

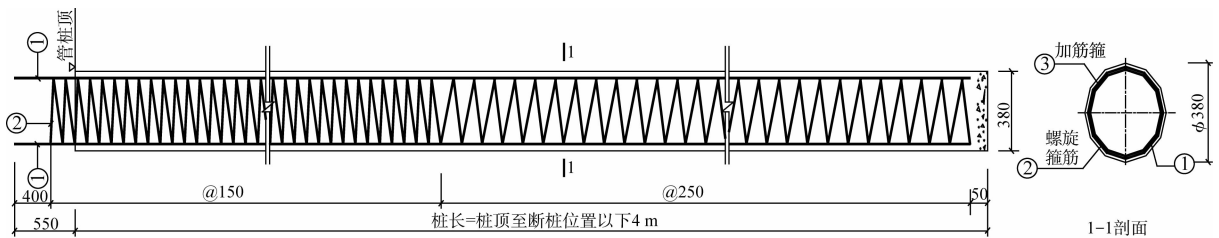


图 5 灌注桩钢筋笼结构

(下转第 183 页)