



# 临近桩基础吊装作业的影响分析

季 想

(中交西南城市开发有限公司, 四川 成都 610041)

**摘要:** 针对吊装作业引起的超载对临近桩基础的影响问题, 进行吊装作业稳定性和桩基础受力分析。采用经验公式计算吊装稳定性, 并对桩身受力情况进行有限元分析。结果表明, 吊装作业稳定性系数、桩身受力、桩顶水平和竖向位移均满足相关要求; 吊装工况下荷载大于设计值, 桩基础受力和位移虽然符合规范要求, 但内力和位移明显增大, 应复核超载对结构安全的影响。

**关键词:** 吊装作业; 超载; 临近桩基; 稳定性分析

中图分类号: U 656.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2022)S2-0145-04

## Impact of hoisting operation on adjacent pile foundation

JI Xiang

(CCCC Southwest Urban Development Co., Ltd., Chengdu 610041, China)

**Abstract:** Regarding the problem that the overloading caused by hoisting operation can affect the adjacent pile foundation, this paper analyzes the hoisting operation's stability and pile foundation stress. The paper uses the empirical formula to calculate the hoisting stability and adopts the finite element method to analyze pile body stress. The results reveal that the stability coefficient of hoisting operation, pile body stress, and horizontal and vertical displacements of pile top all meet relevant requirements. The overloading exceeds the design value under the hoisting operation condition. Although the stress and displacement of the pile foundation meet the code requirements, the internal force and displacement increase significantly. Therefore, the impact of overloading on structural safety should be rechecked.

**Keywords:** hoisting operation; overloading; adjacent pile foundation; stability analysis

## 1 工程概况

某渔港码头在原有老码头基础上新建渔政码头, 该新建码头采用高桩梁板式结构, 见图1。桩基采用预应力高强度混凝土(PHC)管桩, 码头前沿长度120 m, 宽度30 m(其中前方桩台宽13 m、后方桩台宽17 m)。码头前方管桩排架间距为6.5 m, 后方排架间距为8 m(排架按现浇横梁划分), 上部结构采用梁板式结构, 横梁采用现场浇筑, 纵梁与面板采用预制构件。码头前方预制面板厚550 mm, 平面为正方形, 边长3.75 m, 其混凝土强度等级为C40、抗冻等级

F300, 起重质量为19.3 t。

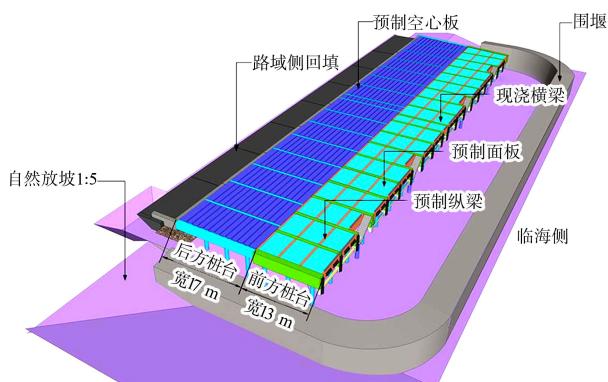


图1 高桩码头效果

根据工程总体部署, 借助现有场地条件, 临水侧修筑围堰挡水, 防止高潮时河水倒灌施工区, 形成干地施工条件。为了减少码头前方预制构件吊装难度, 先进行码头前方桩基与上部结构施工, 然后再进行码头后方桩基与上部结构施工。

## 2 吊装方案

### 2.1 设备选型

由于码头前方上部构件吊装时, 码头前方 PHC 管桩已施工完毕, 设备选型应考虑以下因素: 1) 确保履带吊离桩基安全距离, 复核吊装计算距离是否满足要求; 2) 在确保桩基安全情况下, 复核吊车性能参数是否满足吊装需求。从自有设备中初步选用 SCC1000C 履带式起重机, 从陆域侧进行预制构件安装。起重机质量 115 t, 配重质量 42 t, 主臂长 21 m, 工作性能见表 1。

表 1 SCC1000C 履带式起重机工作性能

工作半径/m	14	16	18	20
起重能力/t	29.8	25.0	21.5	19.4

注: 最大起重力矩 5 565 kN·m, 整机安装后平面尺寸为 7.78 m×6.35 m(长×宽)。

### 2.2 现场布置

从安全性考虑, 吊车应尽量远离边坡, 但不能超出吊车臂长范围, 否则需要选用其他大型吊车, 增加施工成本。经计算分析, 本工程起重机位置与最近桩基础应保持 5 m 安全距离, 见图 2。

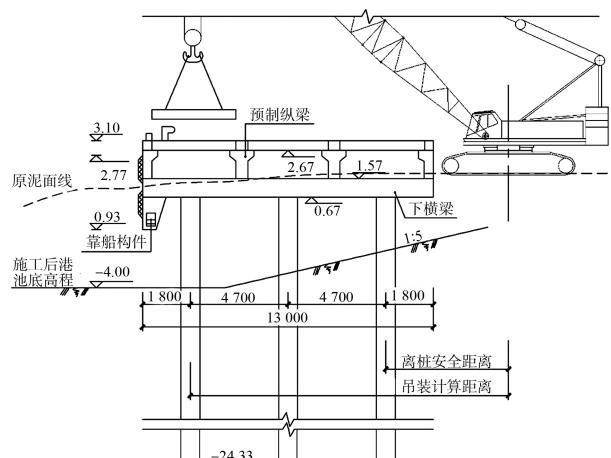


图 2 吊车位置 (高程: m; 尺寸: mm)

### 2.3 起重机稳定性验算

为保证机身稳定, 应使履带中点的稳定力矩  $M_r$  大于倾覆力矩  $M_{ov}$ , 在只考虑吊装荷载, 不考虑附加荷载时的稳定性安全系数  $K_2$  按下式计算<sup>[1]</sup>:

$$K_2 = \frac{M_r}{M_{ov}} = \frac{G_1 l_1 + G_2 l_2 + G_0 l_0 - G_3 l_3}{Q(R - l_2)} \geq 1.4 \quad (1)$$

式中:  $G_1$  为起重机机身可转动部分的重力 (kN), 取 435.0 kN;  $G_2$  为起重机机身不转动部分的重力 (kN), 取 428.9 kN;  $G_0$  为平衡重的重力 (kN), 取 420 kN;  $G_3$  为起重臂重力 (kN), 取 46 kN;  $Q$  为吊装荷载 (包括构件重力和索具重力, 并考虑动荷载系数 1.1) (kN), 取 223 kN;  $l_1$  为  $G_1$  重心至履带中点的距离 (m), 取 4.2 m;  $l_2$  为  $G_2$  重心至履带中点的距离 (m), 取 2.7 m;  $l_3$  为  $G_3$  重心至履带中点的距离 (m), 取 7.65 m;  $l_0$  为  $G_0$  重心至履带中点的距离 (m), 取 7.05 m;  $R$  为起重半径 (m), 取 18 m。经计算,  $K_2$  为 1.64, 大于稳定性安全系数允许值 1.40, 满足稳定性要求。

## 3 边坡稳定分析

### 3.1 土层参数

根据勘察报告, 对地基土层、桩体材料属性赋值。土体物理力学性质指标见表 2。

表 2 土体物理力学参数指标

土层	密度 $\rho/(t \cdot m^{-3})$	固结快剪		压缩模量 $E_{s,0.1-0.2}/MPa$
		黏聚力 $c/kPa$	内摩擦角 $\varphi/(^\circ)$	
①素填土	1.83	12.70	18.62	5.25
②淤泥质黏土	1.76	8.23	2.68	3.22
③粉质黏土	1.88	23.00	19.62	6.24
④粉土	2.01	14.13	31.66	10.34

桩体材料为 C60 混凝土, 弹性模量取 36 GPa, 泊松比为 0.2。根据厂家提供的 PHC 管桩检测报告, 桩身的极限受弯承载力为 582 kN·m, 受剪承载力为 431 kN。

### 3.2 模型建立

模型建立过程中, 由于桩间距较大, 忽略桩基础对土层的加固效应, 仅分析离起重机最近处的桩基础, 并用理想弹性体进行模拟<sup>[2]</sup>。桩与土体之间设置接触面单元, 并考虑黏聚力与内摩擦

角折减系数。地基土体采用修正 Mohr-Coulomb 模型进行模拟, 设置初始应力平衡和超载应力分析 2 个工况<sup>[3]</sup>。将起重机自重和吊装荷载考虑动荷载系数后, 等效为均布线荷载 30.12 kN/m。荷载距离桩基础 5 m。

### 3.3 结果分析

土体的竖向和水平位移云图见图 3。可以看出, 吊装机械施工时, 起重机底部土体承受上部荷载, 土体变形最大为 23.1 mm。临近起重机桩体水平位移为 4.1 mm。满足土体累计变形 30 mm、水平位移 10 mm 的规范要求<sup>[4]</sup>。

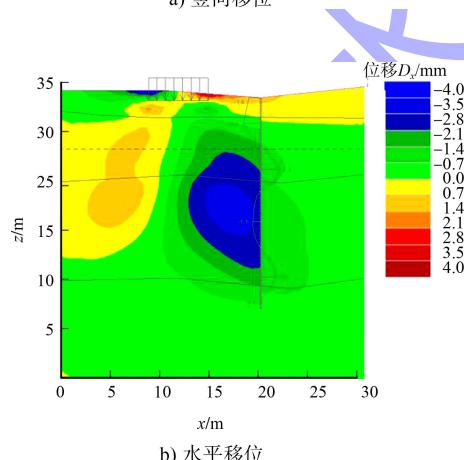
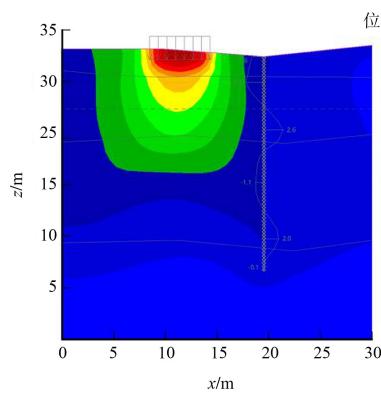


图 3 十体位移云图

将位移 4.1 mm 以荷载形式施加于桩顶<sup>[5]</sup>，桩身受力分析结果见图 4。可以看出，弯矩最大值为 142.86 kN·m，桩端设计荷载作用下为 322.77 kN·m，桩身弯矩受力小于设计值，满足设计要求。吊装作业时桩身剪力 119.94 kN，小于桩端设计荷载作用下剪力设计值 137.97 kN，满足设计要求。

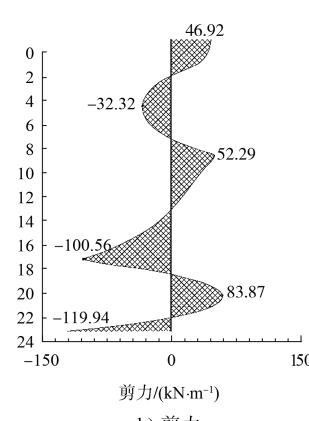
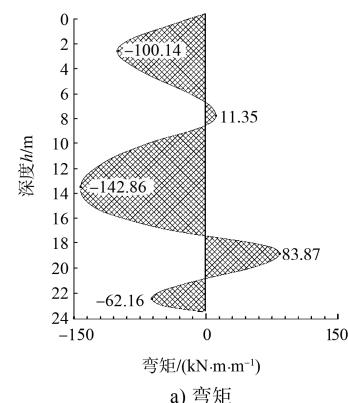


图 4 水平位移以荷载形式作用下的桩身弯矩和剪力

## 4 安全保证措施

#### 4.1 临时道路硬化

为了保证起吊作业和起重机行走过程中集中力的充分扩散,起重机活动范围内进行面层硬化,综合考虑安全文明施工、施工成本、施工工期,对原素土层先进行夯实,然后加铺砂石作为垫层并进行碾压,吊装点位在吊装施工前铺设厚15 mm钢板<sup>[6]</sup>。

## 4.2 试吊与带载行走

起吊重物时，先吊起重物离地约 0.5 m，判定被吊物是否捆绑紧固，查看起重机仪表盘，确定设备运行状态良好后，方可继续起吊。

若不可避免需要短距离带载行走时，被吊物应控制在允许起重质量的 70% 内，重物应位于起重机正前方，且离地距离控制在 0.5 m 内。此外，行走道路应平整坚实，控制车速缓慢前行。

### 4.3 构件牵引定位

为避免吊装过程中构件发生磕碰，影响表观质量，增加二次修补的费用与工期，现场吊装时

分别设专人负责吊重牵引，避免其发生磕碰。

#### 4.4 边坡变形实时监测

在码头前方结构横梁和边坡上设置观测点，采用全站仪在吊装过程中实时监测，并定期与第三方监测和监理单位保持有效沟通，并加强监测分析。若累计变形超过报警值 10 mm，应停止吊装作业，启动应急预案。

### 5 结语

1) 虽然本工程被吊构件最大质量仅 19.3 t，为避免土压力扩散，造成桩身剪断或位移过大，吊装点与桩基础净距应不小于 5 m，故其作业半径达到 18 m，选用 SCC1000C 履带式起重机，吊装安全稳定性能满足要求。

2) 桩基础设计过程中未考虑临近桩基吊车荷载对桩基础影响，设计超载一般为  $20 \text{ kN/m}^2$ ，本次吊装施工中，吊装计算荷载最大为  $30.12 \text{ kN/m}^2$ ，超过了设计超载值约 50%。超载过大容易导致桩身抗剪不足，严重时导致桩身剪断。分析认为，吊装作业过程中桩身剪力迅速增大，已逼近剪力设计承载力，因此在类似工程中，应复核桩身受力状况。

3) 吊装点位竖向位移达到 23.1 mm，施工采取“砂石垫层碾压+钢板”对临时道路进行加固，确保地基承载力符合要求。同时避免起重机械两侧不均匀沉降，导致起重机两侧附加应力差异较大。

4) 吊装过程中，临近桩身水平位移达到 4.1 mm。

采用水平位移作为桩身位移荷载是基于变形控制理论，以位移传递确保土体变形与桩身受力协调一致，真实反映桩身的内力和变形。

5) 质量 100 t 以上的起重机临近边坡进行吊装施工属于危险性较大的分部分项工程，在实施过程中进行实时监测及时反映边坡变形，为确保吊装施工顺利进行提供了重要的安全保障。经过前期充分论证与准备，顺利完成了上部结构的全部吊装。

#### 参考文献：

- [1] 卜一德. 起重吊装计算及安全技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.
- [2] 周宸, 王健, 李宝强. 工程吊装对桩基础的影响有限元分析[J]. 岩土工程技术, 2015, 29(6): 311-315.
- [3] 黄福云, 钱海敏, 付毳, 等. 基于位移的 PHC 管桩-土相互作用计算方法[J]. 中国公路学报, 2018, 31(3): 68-79, 88.
- [4] 中国建筑科学研究院. 建筑桩基技术规范: JGJ 94—2008[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.
- [5] 蔺金龙, 张明义, 瞿芸. 大型吊装场地换填垫层应力扩散试验研究[J]. 青岛理工大学学报, 2016, 37(3): 14-17, 23.
- [6] 李琰, 顾汇峰, 陈韵兴. 300t 汽车吊临近深基坑坑边吊装作业施工技术[J]. 建筑施工, 2008, 30(11): 954-956.

(本文编辑 王璁)

### 著作权授权声明

本刊已许可《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司、北京万方数据股份有限公司、重庆维普资讯有限公司、北京世纪超星信息技术发展有限责任公司以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。本刊支付的稿酬已包含上述公司著作权使用费，所有署名作者向本刊提交文章发表之行为视为同意上述声明。

《水运工程》编辑部