



# 粉土地基钢筋混凝土板桩 沉桩问题原因分析及对策研究

杨杰<sup>1</sup>, 周鲲鹏<sup>2</sup>, 陈虹<sup>1</sup>

(1. 中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 上海 200120;  
2. 上海高波工程咨询监理有限公司, 上海 200120)

**摘要:** 简述某内河码头工程板桩沉桩过程中遇到的问题, 进行原因分析, 并针对未沉入的板桩和已沉入的问题板桩, 分别提出相应的解决措施。通过施工方和设计方对原方案进行优化、实践和再优化, 后续的施工步入正轨, 沉桩质量提高, 进度加快。为类似工程提供了宝贵经验。

**关键词:** 粉土地基; 钢筋混凝土板桩; 沉桩; 桩锤选用; 预钻孔; 高压旋喷桩

中图分类号: TU 473

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972 (2012) 12-0234-04

## Cause and countermeasure of problem in RC sheet-pile sinking in sandy silt

YANG Jie<sup>1</sup>, ZHOU Kun-peng<sup>2</sup>, CHEN Hong<sup>1</sup>

(1. Shanghai Waterway Engineering Design and Consulting Co., Ltd., Shanghai 200120, China;  
2. Shanghai Gao-bo Engineering Supervision Co., Ltd., Shanghai 201901, China)

**Abstract:** This paper describes the problem of sheet-pile sinking in some inland channel dock engineering construction, and analyses the cause. To counter problems of sheet-piles sunk or not, this paper gives corresponding solutions. Upon the optimization of the scheme, the sinking quality is improved and the efficiency is promoted.

**Key words:** sandy silt foundation; RC sheet pile; pile sinking; pile hammer selection; pre-drilling; high-pressure rotary jet grouting pile

大芦线航道整治一期工程(临港新城段)是十一五期间开工建设的上海市重大工程。该航道布置有一段总长为2 km左右的停泊区码头及监督站码头, 码头均采用前板桩后矩形桩高桩承台结构形式, 可停靠1 000吨级船舶。码头面设计高程4.30 m(高程基面: 佘山吴淞零点, 下同), 泊位设计底高程-2.00 m。码头结构见图1。

该码头预制板桩断面尺寸为250 mm×490 mm, 桩长为13 m, 混凝土强度等级为C35, 板桩结构见图2; 后面两排预制矩形桩断面尺寸均为300 mm×400 mm, 桩长均为13 m, 混凝土强度等级均为C35。板桩和矩形桩均在预制场预制, 通过水路运至工程场地。码头桩基设计采用锤击法沉桩,

要求以桩顶高程严格控制, 另外, 要求矩形桩沉桩必须领先板桩10 m以上。

### 1 地质情况

码头施工场地天然地面平坦, 高程4.2~4.3 m, 地下水位高程约2.8 m。码头区域主要地层自上而下分布情况如下: ①<sub>1</sub>层填土, 厚度0.3~1.0 m, 以黏性土为主; ②<sub>1</sub>层褐黄-灰黄色粉质黏土, 厚度0.8~2.0 m, 很湿, 可塑, 高强度、高韧性, 中压缩性; ②<sub>3</sub>层灰色砂质粉土, 厚度7.8~9.5 m, 饱和, 中密, 低干强度、低韧性, 中压缩性, 标贯击数8~16击; ④层灰色淤泥质黏土, 厚度8.2~9.0 m, 饱和, 流塑, 高干强度、高韧性,

收稿日期: 2012-09-27

作者简介: 杨杰(1978—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事港航工程设计。

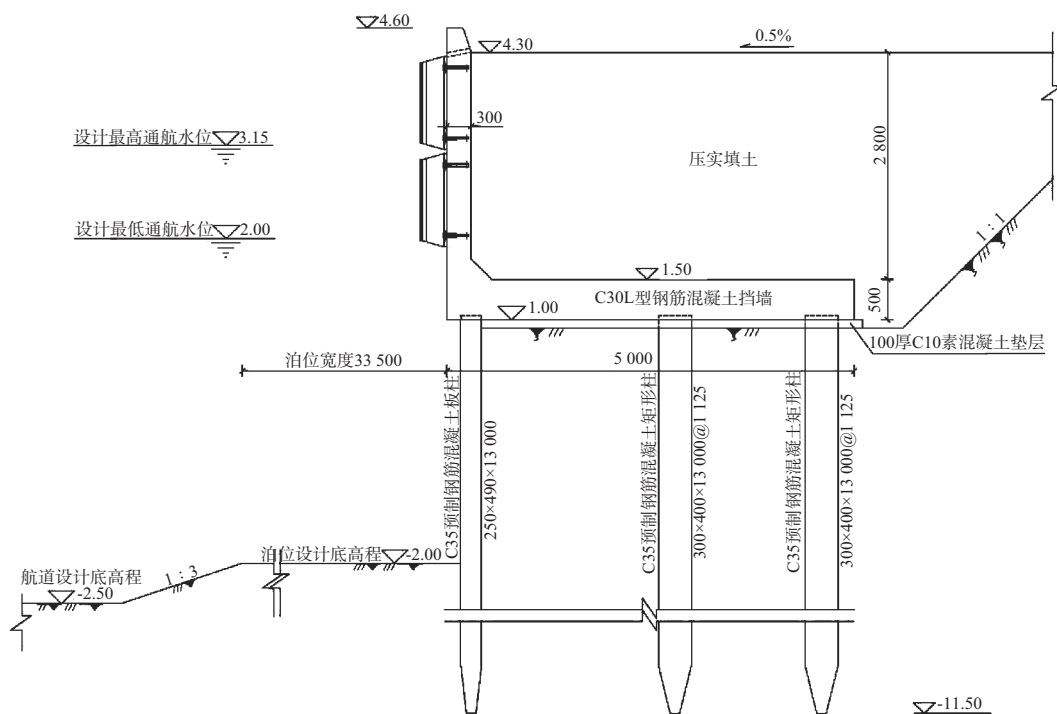


图1 码头结构断面

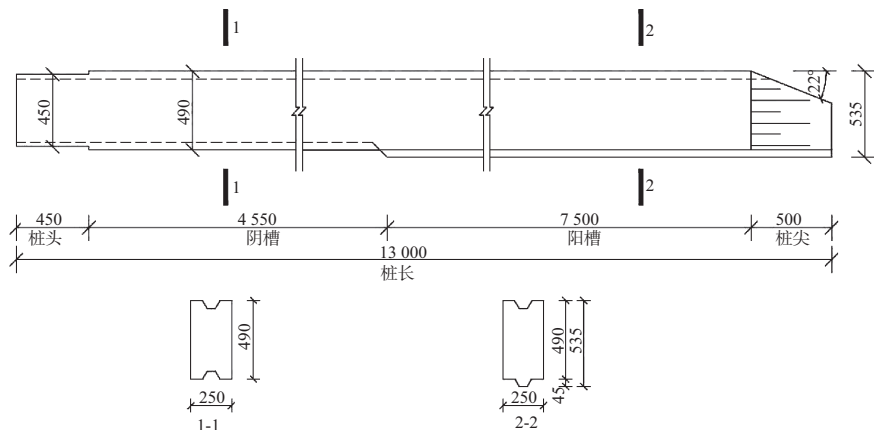


图2 钢筋混凝土板桩结构

高压缩性。标贯击数高的②<sub>3</sub>层在码头纵向起伏较大,呈波浪形分布。

## 2 沉桩中遇到的问题

承接码头工程建设任务的施工单位按照设计的要求先沉矩形桩后沉板桩,采用导杆式柴油打桩机施打。矩形桩沉桩过程比较顺利,也出现桩头破损的情况,数量较少。但是,在板桩沉桩伊始就遇到很多问题,桩头破损严重、沉桩不到位。

因推进困难,施工单位采用水冲法辅助沉桩,又出现偏离纵轴线情况,偏离最大达1 m,同时脱樁情况严重。

## 3 原因分析及解决措施

### 3.1 原因分析

1)工程场地砂质粉土层较厚,达7.8~9.5 m,而且韧性低、压缩性中等,最大标贯击数16击;再加上施工单位未选用“重锤低击”的施工方法,沉桩前预估不足,仅采用3.2 t的桩锤,导致沉桩困难,单根板桩锤击数最多达563击,最终引起较为普遍的沉桩不到位,桩头破损的情况。

2)桩就位插入倾斜,桩头受击面不是水平面,导致偏打,桩产生较大的横向振动,引起桩头破损、沉桩困难或者桩头脱樁。

3)考虑到工程场地砂质粉土层较厚,该层土土质硬,为了加快施工进度,施工单位在沉板桩

过程中采用高压水枪在桩侧面下冲,扰动桩周土层以减少桩周摩擦力和桩端阻力。由此,沉桩确实比较顺利,但是因为高压水枪对桩周土扰动不均匀,导致桩身容易向弱侧偏离,脱榫情况非常严重。

### 3.2 解决措施研究

#### 3.2.1 未施打板桩处理措施

未施打板桩处理措施主要针对剩余未施打板桩的沉桩工艺和桩结构设计进行改进和完善。设计单位会同各参建单位提出以下几种处理方案:

##### 1) 加强施工管理。

①施工前应认真检验打桩机导杆的垂直度,并在沉桩过程中随时校验和调正。

②加强施工技术管理,提高桩的就位精度。

③桩锤等设备配置正常,桩锤、桩帽、桩体应在同一轴线上,并经常保持缓冲垫的厚薄均匀,避免施工偏打<sup>[1]</sup>。

##### 2) 选择合适的桩锤<sup>[2]</sup>。

必须先对桩的形状、尺寸、质量、埋入长度、结构形式以及土质、气象作综合分析,再按照桩锤的特性选择合适的锤型和锤级,无论如何都必须使用锤击力能充分超过沉桩阻力的桩锤。该工程按两种方法进行选锤:按桩质量选锤和按桩锤冲击力选锤。

##### ①按桩质量选用桩锤。

锤质量一般应大于桩质量,对于钢筋混凝土桩,落锤施工中锤质量以相当于桩质量的1.5~2.5倍为佳,落锤高度通常为1~3 m<sup>[1]</sup>。该工程板桩自质量4.0 t,桩锤质量应至少达到6.0 t。

##### ②按桩锤冲击力选用桩锤。

桩的总贯入阻力 $P_u$ 的大小与土质、桩型、桩长等因素有关,只有当所选用的桩锤的冲击力 $P_k$ 大于总贯入阻力 $P_u$ 时,桩才能穿透土层打入到预定的深度。对于闭口桩:

$$P_u = K (SR_d + U_0 l_{Fi} f_0) \quad (1)$$

式中: $S$ 为闭口桩桩尖的截面积( $m^2$ ); $R_d$ 为桩尖处土体的动力强度,指端阻力(kPa); $f_0$ 为桩周土动力强度,指桩侧摩阻力(kPa); $U_0$ 为桩的

外周长(m); $l_{Fi}$ 为桩侧摩阻力集中区的高度,一般可取(7~8)倍桩的外径或最大边长(m); $R_d, f_0$ 与土质有关,取值可查《桩基工程手册》<sup>[3]</sup>表8.3-13“土体的动力强度”。该工程, $S=0.1225 m^2, R_d=4000 kPa, f_0=250 kPa, U_0=1.48 m, l_{Fi}=4.0 m$ ,从而可根据式(1)得 $P_u=1970 kN$ 。查《桩基工程手册》<sup>[3]</sup>表8.3-7“各种柴油锤的主要性能”,需至少选用质量6.0 t的桩锤。

综上所述,两种方法选锤的结果基本一致。根据选锤结论,施工单位重新引进打桩机,采用63锤(自质量6.3 t),并按重锤低击方法沉桩,沉桩情况有所改善,但是断断续续出现断桩的新情况。分析其中原因,就是因为桩锤加大,板桩长细比偏大,侧向刚度偏小,导致出现压屈失稳的情况。为了解决这一问题,对板桩结构进行了变更,并提出沉桩施工时采用预钻孔辅助措施。

##### 3) 提高板桩强度,改善长细比。

将板桩厚度调整为300 mm,桩身混凝土强度等级提高至C40,从而减小了板桩长细比,提高了桩身刚度和强度,可有效改善桩头破损、桩体压曲的情况。

##### 4) 预钻孔辅助措施<sup>[1]</sup>。

施打大面积密集桩群时,可采用预钻孔沉桩,预钻孔孔径可比桩径小50~100 mm,深度可根据桩距和土的密实度、渗透性确定,宜为桩长的1/3~1/2,施工时应随钻随打<sup>[4]</sup>。该工法适用地基土层软硬变化的能力强,能控制打桩应力、打入精度高、施工设备简单、操作简便、工效高,可显著减小地基变位的影响和减少噪音及振动等公害的影响。

该工程钻孔直径采用400 mm,钻孔中心距为500 mm(即钻孔净距为100 mm)。考虑到该码头结构承受竖向作用较小,主要承受水平作用,而工程场地土质较硬的②<sub>3</sub>层灰色砂质粉土层底起伏较大,钻孔深度考虑采用桩的全长。由于具备钻孔锤击双重性能的桩架市场上比较少,施工单位实施钻孔、锤击分离的施工工艺。经过工程实践探索,该工艺的实施应注意以下事项:对于该工程砂质粉土层厚的特点,钻孔机械不能领先沉桩机械太多,即

预钻孔后等待沉桩的时间不能太长,否则预钻孔的效果几乎不能体现,沉桩仍旧困难,仍会出现或多

或少的问题。根据实践,该工程预钻孔位领先沉桩桩位5~6个孔,施工工艺见图3。

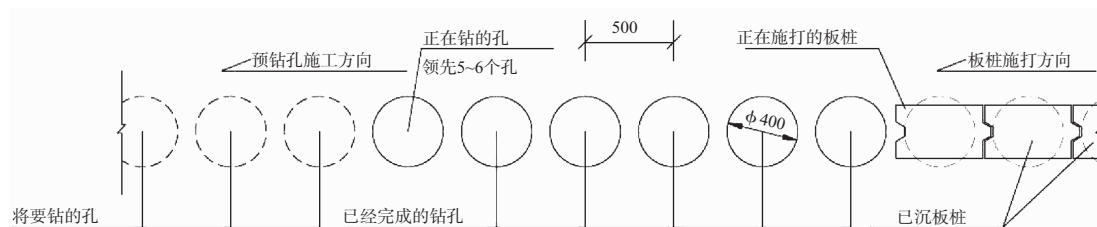


图3 预钻孔辅助沉桩工艺

当以上几种处理办法得以综合运用之后,沉桩明显顺利,施工质量得到有效控制,同时施工进度得以显著加快。

### 3.2.2 对于已施打问题板桩的处理

对于前期沉桩过程中出现的沉桩不到位、桩头脱榫等情况,按类别提出处理方案:

1) 对于沉桩不到位,桩底高程高于墙前泥面的情况,根据结构验算,需要补强的则后方补打矩形桩;此外,需在问题板桩处施工连排高压旋喷桩止水,并与问题板桩搭接,旋喷桩桩底位于码头前沿泥面以下2 m,以防止码头后方漏土情况发生。

2) 对于桩顶高程基本到位,只是桩头发生脱榫的情况,只需要在问题板桩处施工连排高压旋喷桩止水,并与问题板桩搭接。同样,旋喷桩桩底位于码头前沿泥面以下2 m。

## 4 结语

1) 粉土地基板桩沉桩过程中出现的沉桩不到

位、桩头破损、桩头脱榫等情况的诱因是很复杂的,需要从多方面进行综合分析,并提出解决措施。采用以上多种对策之后,该工程沉桩过程中出现的问题基本得到解决,沉桩质量满足了设计和规范要求。

2) 通过工程实践表明,桩锤选用、改善桩身长细比和预钻孔等措施对于板桩沉桩是成功的,为今后解决类似工程问题提供了宝贵经验;往往单一的措施并不能解决所有问题,需要选取多种措施综合运用才能达到预期的效果。

3) 对于已经施打的问题板桩,需要采取补强和止水措施,以满足板桩码头使用功能。

### 参考文献:

- [1] 《桩基工程手册》编委会. 桩基工程手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1995: 414-461.
- [2] JGJ 94—2008 建筑桩基技术规范[S].
- [3] JGS 167-3—2009 板桩码头设计与施工规范[S].
- [4] 张金虹, 蔡福旺. 混凝土板桩沉桩施工技术探讨[J]. 水运工程, 2004(6): 55-56.

(本文编辑 武亚庆)

## · 消 息 ·

### 湖北“十二五”第五批港航项目开工

2012年11月28日,湖北黄石港棋盘洲港区二期工程等12个港航重点项目正式启动,这是湖北省“十二五”港航建设的第五批项目。

12个港航重点项目包括黄石港棋盘洲港区二期工程、宜昌港宜都港区红花套作业区综合码头、武汉新港唐家渡港区临港新城综合码头工程、荆州港观音寺港区江陵石化码头工程等,总投资规模52.4亿元,建成后将增加64个泊位,货物年吞吐能力4 155.7万t,滚装车年吞吐能力16万辆,旅客年吞吐能力64.7万人次。

自“十二五”以来,湖北省先后5批开工启动了58个港航建设项目。

摘自《中国交通报》