

河床演变导致码头岸坡变形滑移的分析与防治

袁和平¹, 柳亚²

(1. 中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007; 2. 浙江省交通规划设计研究院, 浙江 杭州 310006)

摘要: 绝大多数内河码头在建成使用初期岸坡处于稳定状态, 但在水流作用下岸坡前沿河床地形可能随时间发生改变, 导致岸坡变形滑移使码头结构发生变位甚至随岸坡发生整体滑移。结合某工程实例, 分析该高桩码头岸坡因河床演变导致变形并使码头结构发生变位的主要原因, 研究使该码头岸坡恢复稳定的工程措施, 并总结因河床演变导致码头岸坡变形滑移的预防和整治措施。

关键词: 河床演变; 码头岸坡; 变形滑移; 防治措施

中图分类号: U 656.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)08-0101-04

Deformation and sliding of dock slope due to bed evolution and countermeasure

YUAN He-ping¹, LIU Ya²

(1. CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China;

2. Zhejiang Provincial Communications Planning, Design and Research Institute, Hangzhou 310006, China)

Abstract: Most river dock slopes are steady at the early stage of its application, but the river bed topography in front of the slope may change over time under the action of current, resulting in the deformation and sliding of the slope, which leads to the displacement or even overall slipping of the dock structure. Based on an engineering case, this paper analyzes main causes of the deformation and structure displacement of a piled dock due to the bed evolution, probes into the engineering measures for restoring the stability of the slope, and studies the prevention and remediation measures for the deformation and sliding of dock slope due to the bed evolution.

Key words: bed evolution; dock slope; deformation and sliding; prevention and remediation measure

码头岸坡的稳定性是影响码头正常工作和结构安全的一个重要因素。多数内河高桩码头在建成使用初期时岸坡处于稳定状态, 随着时间推移, 码头岸坡河床在水流等外界作用下发生演变, 使岸坡形态较原设计时发生很大改变, 导致高桩码头桩基和上部结构向水侧发生变位, 轻者使码头结构产生开裂和桩基断裂, 影响码头的正常运营, 重者则导致码头岸坡发生整体滑移。本文根据长江下游河段某高桩码头因河床演变导致岸坡变形的工程实例, 分析其使用初期和后期岸坡发生河床演变各阶段的稳定状况, 研究使该码头岸坡恢复稳定的工程措施, 并总结了

因河床演变导致码头岸坡变形滑移的预防和治理措施。

1 工程概况

长江下游河段某码头建于20世纪70年代末期。总长约150 m, 其中钢筋混凝土栈桥长120 m, 钢引桥结构段长30 m。自1998年开始, 码头栈桥开始向江侧发生变位, 初期水平变位约1~2 cm, 随着时间推移, 变位逐年增加, 2004年达10 cm以上, 后期码头结构变位趋势又进一步加剧, 给码头安全生产带来很大隐患。码头平面布置见图1。

收稿日期: 2013-01-08

作者简介: 袁和平(1980—), 男, 硕士, 注册土木工程师(港航), 从事港口航道工程设计研究工作。

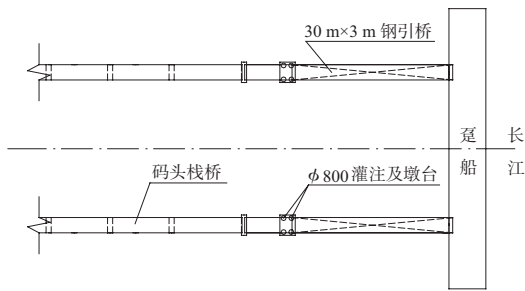


图1 码头平面布置

2 岸坡变形滑移原因分析

2.1 码头岸坡河床演变

从图2中可以看出，1978年岸坡前沿河底高程在-10 m左右，1999年岸坡前沿河底高程冲深至-18 m左右，2004年岸坡前沿河底高程冲深至-23.0 m左右，到2009年，码头前沿河底高程已冲深至-28 m左右，与此同时，码头岸坡坡顶发生淤积。坡顶面较使用初期增高了约8 m。根据码头岸坡冲淤情况初步分析，从1978年码头建成初期至2009年，码头前沿约100 m范围内地形发生了很大改变，岸坡前沿河底逐年冲深，同时岸坡顶部淤积严重。

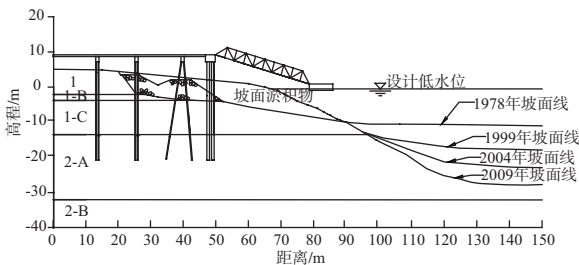


图2 码头横断面及历年坡面线

2.2 岸坡地质条件

根据该工程的岩土工程勘察报告，该场地属长江漫滩地貌单元，地基成层分布，如图2所示。图中1-C层为淤泥质粉质黏土，层厚约10 m，直剪快剪指标：粘聚力 $C_q=14.6$ kPa，摩擦角 $\phi_q=10.8^\circ$ 。其余土层为粉质黏土。

基于上述条件，码头岸坡出现变形并导致结构变位的主要原因为：

1) 码头岸坡前沿河床被水流逐年冲深，使坡岸变陡，圆弧滑动条分法中维持岸坡稳定的稳定力矩在不断减小，码头岸坡稳定随着岸坡前沿河床的下切演变也逐年恶化。

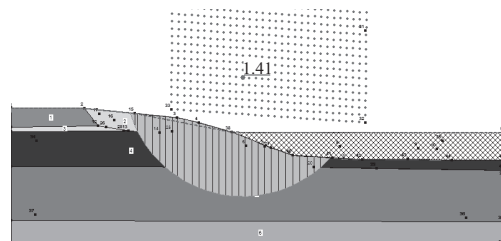
2) 岸坡顶部泥沙随时间淤积严重，枯水期码头前沿水位消落后坡顶堆土太高，圆弧滑动条分法中使岸坡产生圆弧滑动的滑动力矩不断增加。

3) 岸坡土层中分布一层较厚的淤泥质粉质黏土，该土层的粘聚力和内摩擦角均较小，孔隙比较大，不利于边坡稳定，这类土质是码头岸坡容易产生变形滑移的因素之一^[1]。

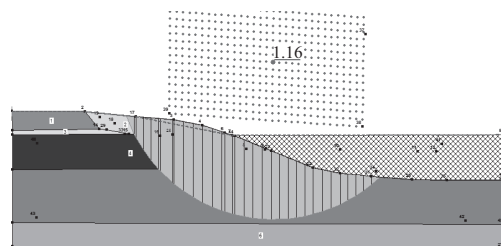
综上，码头岸坡由于上述不利因素发生变形滑移，使码头桩基产生水平挤压并沿滑动面水平受剪^[2]，导致码头桩基和上部结构发生变位。

3 码头岸坡稳定分析

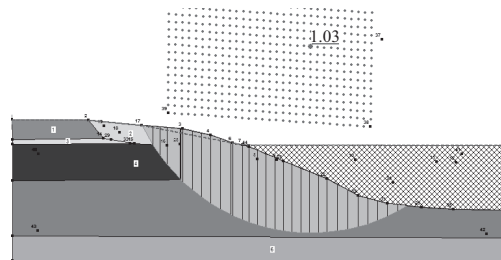
分别采用1978，1999，2004，2009年的地形对码头岸坡进行稳定计算分析，根据岸坡地基各土层的厚度和力学指标，采用JTS 147-1—2010《港口工程地基规范》6.3节中圆弧滑动简单条分法验算码头岸坡历年稳定状况^[3-4]，计算时采用GEO-SLOPE/WTM软件^[5]，最危险滑动面及抗力分项系数计算结果如图3所示。



a) 1978年



b) 1999年



c) 2004年

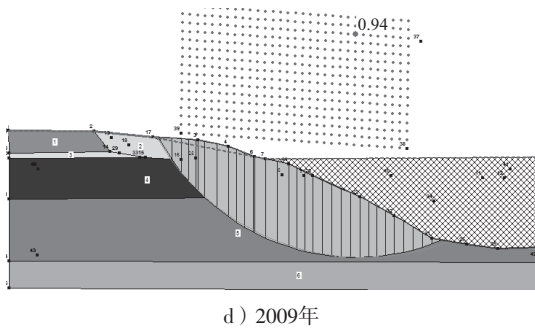


图3 岸坡最危险滑动面及抗力分项系数

根据计算结果可以判断, 码头建成初期岸坡处于稳定状态, 到1999年, 码头岸坡最危险滑动面的抗力分项数已经小于规范要求的最小抗力分项系数1.2, 与此阶段码头岸坡变形开始导致码头上部结构微小变位的实际情况相吻合, 随着岸坡前沿河床不断冲刷演变, 码头岸坡稳定抗力分项系数不断降低, 码头结构变位也越来越大, 若不采取工程措施任其继续发展, 码头结构将存在随岸坡一起向江侧发生整体滑移的危险。

4 整治措施

为防止码头结构进一步偏位和岸坡向江侧发生整体滑移, 结合影响岸坡稳定的主要因素分析, 通过采取如下工程措施使码头岸坡恢复稳定:

1) 削坡和清除坡顶淤积物。削坡和清除岸坡顶部淤积物可以使码头的坡岸变缓, 有效减小坡顶荷载, 从而减小岸坡圆弧滑动时的滑动力矩。由于过度削坡后会使得码头桩周土变薄, 桩基侧摩阻力将减小导致桩基竖向承载力减小, 因此确定削坡的范围和厚度时必须保证不降低码头桩基的竖向承载力, 对于本工程, 削坡以后的坡面见图4, 基本不影响桩基的竖向承载力。

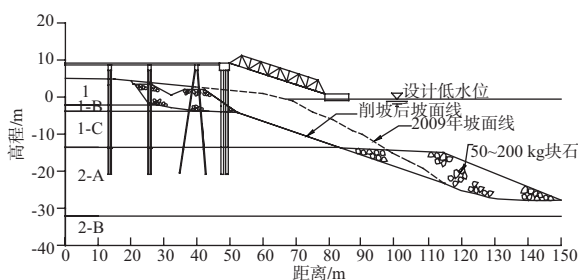


图4 码头岸坡滑移整治示意图

削坡和清除坡顶淤积物后再次对岸坡进行圆弧滑动稳定验算, 最危险滑动面抗力分项系数 $\gamma=1.17$, 港口工程地基规范要求 $\gamma>1.2$, 岸坡仍可能处于不稳定状态。

2) 坡脚块石抛填。由于削坡和坡顶除淤一种措施不能完全使码头岸坡恢复稳定, 削坡后需同时采用坡脚块石抛填块石压载的工程措施进行处理。

前面分析了码头岸坡变形滑移的主要原因是岸坡前沿河床冲深下切, 坡面变陡。因此对岸坡坡脚进行抛填块石, 可使码头岸坡放缓, 块石摩擦角较大, 增加了岸坡圆弧滑动的抗滑力矩, 增加岸坡的抗滑稳定, 同时可以一定程度上恢复河床的原貌, 块石的抗冲刷能力大于原始岸坡, 可防止水流对河床冲刷的进一步加剧。对码头岸坡进行坡脚块石抛填后的坡面见图4, 抛填块石料的粘聚力 $C=0\text{ kPa}$, 摩擦角 $\varphi=45^\circ$, 密度 $\rho=1\ 700\text{ kg/m}^3$ 。

同时采取坡面削坡除淤和坡脚抛填2种工程措施时对码头岸坡进行圆弧滑动稳定验算, 最危险滑动面及抗力分项系数计算结果见图5。

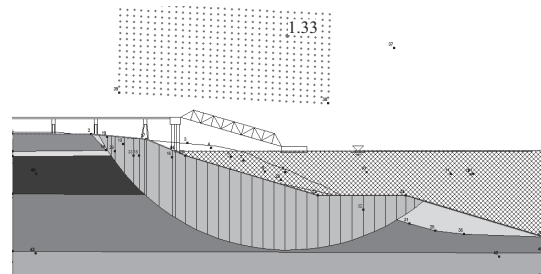


图5 整治后岸坡最危险滑动面及抗力分项系数

从图中计算结果可以看出, 由于采取了坡面的削坡除淤和破脚块石抛填两项工程措施, 岸坡的最危险滑动面抗力分项系数 $\gamma>1.2$, 理论上码头岸坡已经处于稳定状态。

工程整治措施实施后, 根据观测, 目前码头结构未进一步发生向水侧的变位, 码头岸坡已恢复至稳定状态。

尽管采取上述整治措施后码头岸坡已恢复稳定, 还应对因岸坡滑移导致开裂的码头结构进行修复, 并定期对码头岸坡坡顶淤积物进行清理, 同时设置观测仪器, 监测后续阶段码头岸坡的稳定状况。

5 结语

1) 绝大多数码头经过严格的设计, 在使用初期岸坡处于稳定状态, 但随着时间推移, 某些码头前沿岸坡在水流等外界作用下会发生河床演变, 对于下部透空的内河高桩码头, 在设计阶段应考虑未来码头前沿可能发生的河床演变及其对码头岸坡稳定带来的影响。

2) 对岸坡前沿河床演变比较剧烈的码头, 应密切关注码头岸坡稳定状况, 必要时设置各类观测仪器, 观测坡顶和码头前沿河床变化情况、码头结构和岸坡的变形及位移情况, 并定期对码头坡顶淤积物进行清理, 同时做好陆上排水措施, 降低浸润线, 减小渗流对码头岸坡稳定的不利影响。

3) 对于岸坡前沿河床冲刷演变较严重的的码头, 在保证码头前沿设计水深的情况下, 可对码头坡脚处河床底部采取抛填块石等护底措施, 一

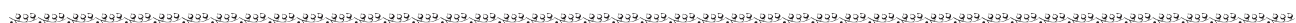
方面可以防止水流对河床冲刷的进一步加剧, 另一方面可以对坡脚进行压载, 使坡岸变缓, 增加抵抗岸坡圆弧滑动的抗滑力矩, 防止岸坡滑坡发生。

4) 削坡是岸坡滑坡治理中比较常用且有效的方法, 但对高桩码头岸坡进行削坡时应保证不降低码头的桩基设计竖向承载力, 采用多种治理措施相结合的办法。

参考文献:

- [1] 钱家欢, 殷宗泽. 土工原理与计算[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1996
- [2] JTS 167—1—2010 高桩码头设计与施工规范[S].
- [3] JTS 147—1—2010 港口工程地基规范[S].
- [4] 陈祖煜. 土质边坡稳定分析——原理·方法·程序[M].北京: 中国水利水电出版社, 2003.
- [5] GEO-SLOPE/W International Ltd. GEO -SLOPE/W[M]. Canada: GEO -SLOPE/W International Ltd, 2004.

(本文编辑 郭雪珍)



(上接第100页)

2.2 m, 相对于原沉箱前趾, 前移了2.2 m, 是岸线的相对外移), 船底与基床最小距离大于0.3 m, 满足规范要求; 在平时5万吨级及以下散货船靠泊时, 可将漂浮护舷拆除, 从而便于小型船舶靠泊作业。

3 结语

工程通过码头结构加固改造, 在不占用新的岸线、土地和水域的基础上提高了泊位靠泊等级, 提高既有设施通过能力和岸线资源利用率, 大大缓解了港口深水泊位严重不足的矛盾, 适应船舶大型化的需求。目前全国进行结构加固改造的码头多为老旧码头, 情况比较复杂, 受码头已有结构、设备和生产的制约, 必须根据码头实际情况, 在保障安全的前提下, 充分利用原码头结

构的预留能力, 对泊位长度、宽度、码头前沿设计水深及港池水深、回旋水域尺度等进行核算, 同时, 进行码头稳定性复核, 对靠泊船型系缆力及船舶靠岸时的有效撞击能进行复核, 对不符合船舶靠泊要求的项目则按照相应标准进行加固改造, 采取对原码头破坏小、技术成熟可靠的加固改造方案, 确保码头主体结构的安全。

参考文献:

- [1] 交通运输部. 港口码头结构加固改造工作座谈会会议纪要[R]. 北京: 交通运输部, 2011.
- [2] JTJ 211—1999 海港总平面设计规范[S].
- [3] JTJ 167-2—2009 重力式码头设计与施工规范[S].
- [4] JTS 144-1—2010 港口工程荷载规范[S].

(本文编辑 武亚庆)