

宝钢马迹山港卸船码头嵌岩桩钢套管的稳定性试验

赵 晖^{1,2}, 陈德春¹

(1. 河海大学交通学院, 江苏 南京 210098 2. 中交第三航务工程局有限公司, 上海 200032)

摘要: 根据宝钢马迹山港卸船码头岩基段的地质特点, 桩基础设计采用全直桩嵌岩方案. 为保证施工期钢套管的稳定, 用抛填碎石层形成人工基床. 为了验证该施工方案的可行性, 进行了波浪和水流共同作用下, 嵌岩桩施工期钢套管的稳定性试验, 并对试验与理论计算结果进行了对比分析. 结果表明, 8.0 m 基床厚度可以保证钢套管的稳定.

关键词: 马迹山港 嵌岩桩 人工基床 钢套管 稳定性
中图分类号: U656.109 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1980(2008)04-0563-03

宝钢马迹山港位于浙江省嵊泗县泗礁岛西南约 1.5 km 处的马迹山岛. 嵊泗本岛距上海吴淞口约 110 km, 距南汇芦潮港约 57 km, 距舟山定海约 137 km, 距日本长崎约 740 km. 嵊泗海域是国际航线和沿海南方航线进出上海和长江的水道, 居于我国海上运输最繁忙的南北运输大通道和长江黄金水道进出口航线必经之地.

马迹山港为典型的外海开敞式深水港口, 卸船码头长 431 m (包括系缆墩)、宽 37 m. 码头段约有 370 m 长的岩基段, 岩面裸露^[1], 且为强风化层或中等微风化层.

比较同类地质条件桩基形式^[2], 岩基段卸船码头桩基础采用全直桩嵌岩方案. 因岩基出露, 采用抛填碎石层形成的人工基床来保证施工期钢套管的稳定.

由于钢套管的稳定性与外荷载和嵌岩深度有关^[3-5], 通过波浪和水流物理模型试验来研究施工期钢套管在波流共同作用下的稳定性. 同时, 采用有关规范计算公式推算满足单桩钢套管稳定的人工基床厚度, 并经试验与计算结果的比较, 提出稳定人工基床厚度.

1 试验桩位和内容

1.1 试验桩位

根据岩基段卸船码头桩基所在位置, 试验桩位采用第 19 号桩位(图 1).

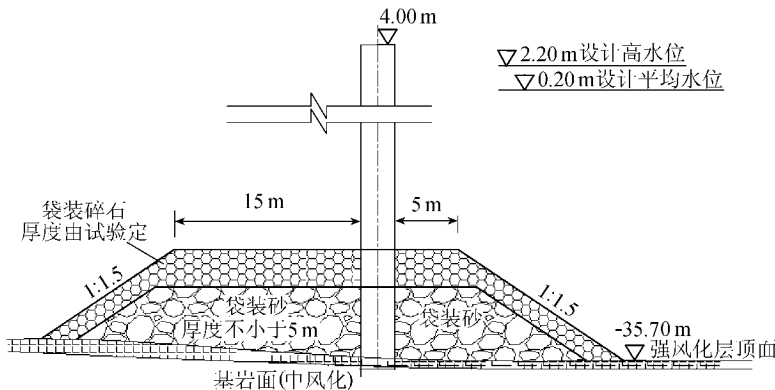


图 1 第 19 号桩位人工基床断面

Fig.1 Artificial bed section of the 19th pile

第 19 号排架嵌岩桩钢套管底标高为 -35.70 m. 稳桩的基床尺度为: 人工基床顶高程 -23.50 m, 顶宽约

30 m,底宽约 37 m.边坡系数 $m = 1.5$.基床由袋装碎石、袋装砂和碎石粉性黏土组成.

1.2 试验内容

- a. 观察不同基床厚度时钢套管的稳定情况.钢套管外径为 2 800 mm,钢板厚度为 20 mm.
- b. 测定钢套管承受的波、流共同作用力,推荐人工基床抛填的最小厚度.

2 模型设计与量测方法

- a. 稳定性试验严格按 JTJ/T—2001《波浪模型试验规程》^[6] 进行.
- b. 波浪水槽尺度为 60.0 m × 1.0 m × 1.5 m.为减少波浪反射,将水槽分隔为 2 部分,宽度均为 0.5 m.
- c. 模型按重力相似准则设计.选用正态模型,模型长度比尺为 1:48.钢套管采用有机玻璃管模拟,袋装碎石采用袋装粗砂模拟,袋装砂采用袋装细砂模拟,袋装泥和碎石混合物采用袋装黄泥与细砂混合物模拟.
- d. 水流流速以水面下 0.6 水深处流速 $V_{0.6h}$ 代表,且以桩前实测流速值为准.
- e. 沿单桩钢套管垂直轴线水平安放标尺,并测定钢套管桩顶轴线中心偏移量.
- f. 稳定性判别按 JTJ 285—2000《港口工程嵌岩桩设计与施工规程》^[7] 进行.

3 试验结果分析

在设计高水位 2.22 m 和平均水位 0.20 m,水流流速 2.0 m/s,施工期波高 $H = 1.00$ m,1.20 m,校核波高 $H = 1.50$ m,波周期 $T = 5.6$ s,第 19 号桩位基床底标高 - 35.70 m,人工基床厚度分别取 7.0 m,8.0 m 和 9.0 m 的条件下,进行了单桩钢套管波流同向稳定性试验.其中,水槽中同向波流作用下,不同人工基床厚度时所测定的单桩钢套管桩顶轴线中心位移量如表 1 所示.

3.1 钢套管稳定性影响因素

a. 单桩钢套管承受的总水流力随着水位的增加而增大,同时,作用在钢套管桩底部的水流力力臂也会增大,由水流力产生的倾覆力矩也随之增大.可见,随着水位的增加,水流力对单桩钢套管稳定性的影响也越加明显.

b. 由于波能主要集中在水体表面,随着水位的增加,波浪水平力作用于钢套管底部的力臂也相应增大,由波浪水平力产生的倾覆力矩也随之增大.可见,随着水位的增加,波浪力对单桩钢套管稳定性的影响也越加明显.

c. 单桩钢套管在基床顶面以上的自由高度和水位变化决定了水流力和波浪力作用于钢套管底部力臂的大小,也决定了由波浪力和水流力产生的单桩倾覆力矩的大小,将直接影响到单桩钢套管的稳定性.

3.2 单桩钢套管稳定性

- a. 第 19 号排架地质剖面底标高 - 35.70 m,单桩钢套管桩顶高程 4.00 m,基床顶面以上单桩钢套管自由长度较长,在相同水位下,所受波流作用影响较大.
- b. 相同人工基床厚度时,水位越高,单桩钢套管的稳定性越差.
- c. 人工基床厚度越薄,越会增加单桩钢套管在基床顶面上的自由长度,钢套管的稳定性也越差.

3.3 稳定基床厚度

由文献[7]可知,在无掩护近岸水域,对于桩径大于 1 500 mm 的直桩,其允许偏差可以小于或等于 300 mm,所以第 19 号单桩钢套管维持波流作用下的稳定基床厚度取 8.0 m 是比较合适的.

4 单桩钢套管稳定基床厚度计算

在设计高水位 2.22 m,单桩钢套管基床厚度为 8.0 m 的条件下,测定了波流作用下(波高 1.50 m,流速 2.0 m/s)的总水平力,并据此采用文献[7-9]中的相关计算公式推算了总水平力作用下的第 19 号桩位单桩钢套管稳定基床厚度,结果如表 2 所示.

表 1 第 19 号排架单桩钢套管桩顶偏移量
Table 1 Top offset of the 19th steel pipe pile (unit : mm)

基床 厚度/m	水位/ m	偏移量/mm		
		波高 1.00 m	波高 1.20 m	波高 1.50 m
9.0	2.22	80	140	220
	0.20	65	100	150
8.0	2.22	130	270	320
	0.20	115	250	280
7.0	2.22	255	360	580
	0.20	230	320	490

表 2 第 19 号桩位单桩钢管套管稳定基床厚度
Table 2 Stable bed thickness of the 19th steel pipe pile

方 法	水平力/kN	倾覆稳定力矩/ (kN·m)	$\sigma_{h/3} \leq \frac{4}{\cos\varphi}(\frac{\rho g}{3} h \tan\varphi + c)$	基床厚度 /m
理论计算	224.0	< 725.2 稳定	66.6 < 84.24	8.0
模型试验	281.3	< 725.2 稳定	83.6 < 84.24	8.0

注： $\sigma_{h/3}$ 为水平压应力； ρ 为土的密度； g 为重力加速度； h 为桩的深度； φ 为土的内摩擦角； c 为土的黏聚力。

5 结 论

- a. 随着水位的增加,单桩钢管套管在基床顶面以上的自由高度会增加,波浪作用力对桩基的倾覆力矩会加大,单桩钢管套管的稳定性会受到影响.
- b. 人工基床厚度计算与稳定试验结果表明,第 19 号桩位单桩钢管套管人工基床厚度取 8.0 m,在校核波高 1.50 m、流速 2.0 m/s 的情况下,单桩钢管套管的稳定性可得到保证.
- c. 现场施工情况表明,8.0 m 的人工基床厚度满足了单桩钢管套管稳定性的要求^[10].

参考文献：

[1] 沈日庚,董教社. 宝钢马迹山港卸船码头泊位桩基工程地质条件分析[J]. 中国市政工程,2004(1) :19-28.
[2] 徐维钧. 桩基施工手册[K]. 北京 :人民交通出版社,2007.
[3] 刘卫东. 对嵌岩灌注桩嵌岩深度有关问题的探讨[J]. 西部探矿工程,1999,11(4) :57-59.
[4] 杜红志. 单根嵌岩桩在水平荷载作用下原型测试分析[J]. 土工基础,1999,13(3) :45-49.
[5] 曹称宇. 港口工程嵌岩桩轴向抗压承载力计算[J]. 水运工程,2002(1) :24-28.
[6] JTJ/T234—2001,波浪模型试验规程[S].
[7] JTJ285—2000,港口工程嵌岩桩设计与施工规程[S].
[8] JTJ213—98,海港水文规范[S].
[9] JTJ024—85,公路桥梁地基与基础设计规范[S].
[10] 王伟明,吕小勇. 外海深水裸露基岩大直径嵌岩桩套筒稳桩技术[J]. 水运工程,2007(11) :133-138.

Stability test for rock-socketed straight pile of
the Majishan ship unloading terminal at Baoshan Steel works

ZHAO Hui^{1,2}, CHEN De-chun¹

- (1. College of Traffic, Hohai University, Nanjing 210098, China ;
- 2. China Communication Third Investigation and Design Institute for Navigational Engineering, Shanghai 200032, China)

Abstract : According to the geological characteristics of the rock foundation of the Majishan ship unloading terminal at the Baoshan Steel works, rock-socketed straight piles were adopted for pile foundation. A manual foundation bed formed by filled ballast was employed to ensure the stability of the steel casing pipe during the construction period. Under the combined actions of waves and currents, the stability of the rock-socketed pile during the construction period was studied, and a comparison of experimental and theoretical results was made. The results show that the proper depth of the foundation bed is 8 m.

Key words : the Majishan Port ; rock-socketed pile ; manual foundation bed ; steel casing pipe ; stability