



砂性地基中船坞基坑降水 对临近板桩码头位移影响分析

黄海云

(中船第九设计研究院工程有限公司, 上海 200063)

摘要: 在砂性场地中建造船坞时, 船坞基坑降水施工对临近板桩码头的位移有较大的影响, 甚至会出现板桩墙的位移向岸侧移动的现象。结合新加坡某新建船厂工程, 对船坞基坑降水施工过程中板桩位移的实际监测成果进行分析与研究, 并应用PLAXIS有限元程序进行数值模拟分析, 其计算结果进一步验证了监测结果位移趋势的正确性。

关键词: 砂性场地; 基坑降水; PLAXIS

中图分类号: U 656.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2012)11-0079-04

Effect on displacement of sheet-pile wharf due to nearby dock foundation pit dewatering in sandy site

HUANG Hai-yun

(China Shipbuilding NDRI Engineering Co., Ltd., Shanghai 200063, China)

Abstract: During dock construction in sandy site, the dewatering of dock foundation pit affects the displacement of sheet-pile wharf nearby. It can even appear the phenomenon that the sheet pile wall moves to the shore side. Based on a new shipyard project in Singapore, this paper presents the analysis and research for the results of the sheet pile wall displacement monitoring during the dewatering work, and also presents numerical simulation by the application of finite element program PLAXIS. The result of numerical simulation further verifies the correctness of the results of displacement monitoring.

Key words: sandy site; foundation pit dewatering; PLAXIS

在通常情况下, 拉锚式板桩码头在墙前开挖过程及开挖完成后, 板桩墙的位移值应该是向水域方向移动的, 根据经验一般在拉锚点以下开挖面以上出现向水域方向的位移最大值。但是, 在纯砂性地基且板桩墙后附近有大面积降水的情况下, 位移值就会明显减小, 甚至位移不向水域发展, 反而向陆域方向发展。这主要是由于板桩墙后的降水及砂的强透水性, 使板桩墙后的水位低于墙前水位, 产生向内的水压力, 在墙后回填不是很高的状态下, 向内的水压力就可能超过墙后土压力, 最终使板桩墙向岸侧位移。本文所引

用的实例就发生了板桩墙向岸侧位移的现象。应用PLAXIS对实例工程进行数值模拟分析, 计算结果与实测板桩墙位移趋势一致。

1 工程实例

1.1 工程概况

新加坡某新建船厂项目包括4个新建船坞和沿岸顺岸码头及突堤码头, 工程平面布置见图1。由于船坞施工的需要, 需对施工区域进行大面积开挖, 开挖深度14~16.5 m, 开挖面高程-9.5~-12.1 m, 分2个基坑开挖。1#顺岸码头和2#顺岸码头分别位

收稿日期: 2012-08-14

作者简介: 黄海云(1979—), 男, 工程师, 主要从事水工及特种工程、岩土工程等领域的工程设计工作。

于2个基坑两侧，顺岸码头前沿距基坑开挖顶边线均约57 m。

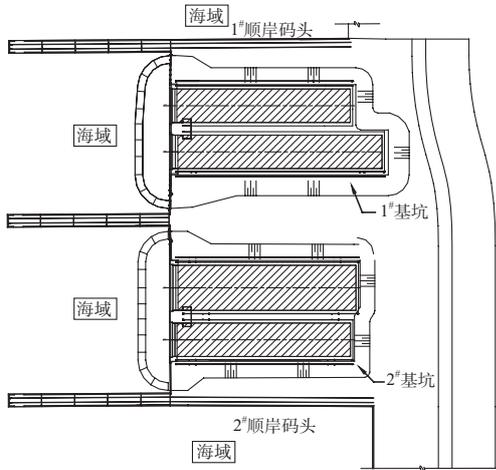


图1 工程平面位置

1.2 地质条件

本工程场地均为吹填砂，原始海床面高程在-20.0~-30.0 m，海床面以上均为吹填的中粗砂。吹填砂表层2~12 m为松散的中粗砂，以下为中密或密实的中粗砂。原始海床面以下主要为砂质粉土，粉质砂土，粉质黏土，局部有黏土夹层。吹填砂的渗透系数约为 $(3\sim 9) \times 10^{-2} \text{ cm/s}$ ，砂质粉土及粉质砂土的渗透系数约为 $(2\sim 4) \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ 。可见，上层吹填砂的渗透系数大，透水性强，原状土的渗透系数较小，透水性较弱。表1为整个场地的地质资料中选出的2个典型的钻孔资料。

表1 地质资料

钻孔编号	泥面高程/m	土层名称	层厚/m	标贯击数
BH144	4.83	松砂	12	3~8
		中密-密实砂	13.5	16~24
		密实粉质砂土	4.5	69
		密实砂质粉土	>10	63~100
BH92	4.85	松砂	8	7~10
		中密-密实砂	20.5	11~24
		密实砂质粉土	>10	54~100

1.3 基坑及顺岸码头施工情况

船坞施工采用的是大开挖施工方案，由于上层吹填砂透水性强，故在基坑开挖后方增设一道临时止水钢板桩帷幕。钢板桩采用的是FSP-IV型钢板桩，锁口之间的缝隙较大，再加上局部区域可能存在钢板桩未打到相对不透水层的高程等原因，这道临时止水帷幕未完全发挥作用。由于基

坑内开挖降水，钢板桩帷幕后的地下水位比正常情况下的地下水位要低得多，根据现场实测，基坑开挖到底后，帷幕后地下水位约-1.00 m，原始场地的地下水位约为1.50 m。在基坑开挖施工的同时，顺岸码头也在施工过程中，并且顺岸码头钢板桩施工完成早于基坑开挖到底的工况。码头钢板桩深度虽未到不透水层，但是由于码头钢板桩采用的是Arcelor的热轧AZ型钢板桩，锁口比较紧密，码头钢板桩墙后的地下水位也比原始地下水位低，约为0.00 m，而且基本不受钢板桩外海水水位变化的影响。码头及基坑开挖剖面见图2。

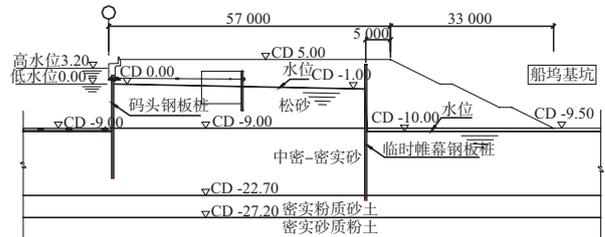


图2 码头及基坑开挖剖面

2 PLAXIS模拟计算

2.1 计算模型及模型参数

本文分别计算考虑基坑降水和不考虑基坑降水两个模型进行比较。考虑基坑降水的计算模型如图3所示，采用PLAXIS程序进行数值模拟计算，计算模型中材料模型采用排水条件下的摩尔-库伦模型。将基坑开挖、板桩码头施工及开挖等各工况进行模拟计算。土层参数及地下水位选择见表2及表3。不考虑基坑降水模型也采用排水条件下的摩尔-库伦模型，土层参数同表2，板桩码头的剩余水位，按英标BS 6349^[1]中的规定取1.3 m，计算模型见图4。

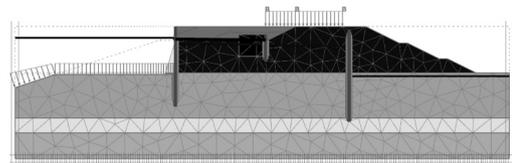


图3 考虑基坑降水的计算模型

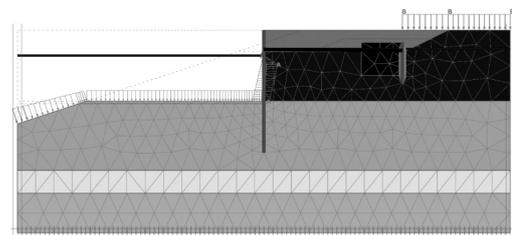


图4 不考虑基坑降水的计算模型

表2 土层参数

土层名称	材料类型	天然密度/(g·m ⁻³)	饱和密度/(g·m ⁻³)	泊松比	弹性模量/(kN·m ⁻²)	内聚力/(kN·m ⁻²)	内摩擦角/(°)
回填砂	排水	1.8	1.9	0.3	9 000	0.2	32
松砂	排水	1.8	2.0	0.3	11 900	1	32
中密-密实砂	排水	1.9	2.0	0.3	34 000	1	34
密实粉质砂土	排水	1.9	2.0	0.3	118 900	5	35
密实砂质粉土	排水	1.9	2.0	0.3	144 500	10	30
振冲密实砂	排水	1.9	2.0	0.3	25 500	1	34

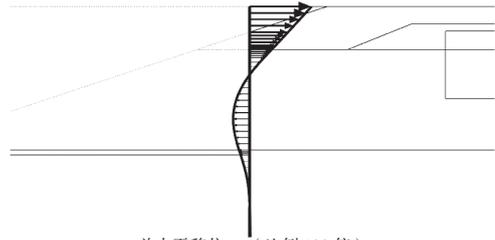
表3 地下水位选取

位置	地下水位/m	备注
码头钢板桩前	1.60	取平均潮位
码头钢板桩后	0.00	实测地下水位
基坑帷幕钢板桩后(指基坑后)	-1.00	实测地下水位
基坑内	-10.00	基坑降水水位

2.2 计算结果

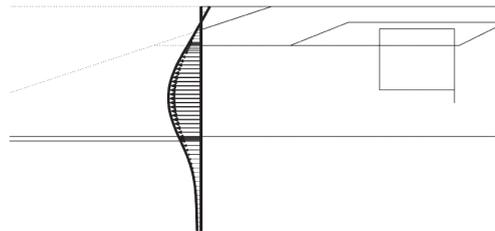
分析PLAXIS有限元计算结果可知,考虑基坑降水的模型,当计算工况为码头及基坑均开挖至设计高程,水位为表3中各高程时,计算的板桩墙的最大位移位于板桩墙顶,并且位移为向岸侧移动,向海侧的位移仅发生在开挖面以上一段区域,此模型的位移结果见图5。而不考虑基坑降水的模型,计算工况为码头开挖至设计高程,剩余水位为1.3 m,此工况计算的位移结果为正常情况下的位移趋势,最大位移发生在开挖面与拉杆中间部位,模型的位移结果见图6。

在考虑基坑降水的模型计算时,增加计算了码头开挖至设计高程、坞墙回填、地下水位恢复为正常地下水位(剩余水位为1.3 m)时的工况,此工况的计算板桩墙位移与不考虑基坑降水模型计算的板桩墙位移基本相同。此工况的计算位移结果见图7。各计算模型的位移结果见表4。



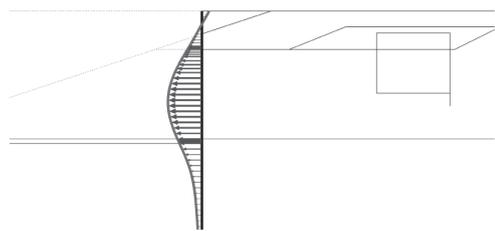
总水平移位 u_x (比例 100 倍)
最大位移 = 0.060 06 m (单元 11 在节点 793)
最小位移 = -0.016 06 m (单元 4 在节点 876)

图5 考虑基坑降水模型的板桩位移



总水平移位 u_x (比例 50.0 倍)
最大位移 = 0.018 51 m (单元 15 在节点 2 595)
最小位移 = -0.069 88 m (单元 9 在节点 2 993)

图6 不考虑基坑降水模型的板桩位移



总水平移位 u_x (比例 125 倍)
最大位移 = 0.014 79 m (单元 11 在节点 3 793)
最小位移 = -0.070 07 m (单元 4 在节点 3 874)

图7 考虑基坑降水后地下水位恢复模型的板桩位移

表4 PLAXIS模型计算位移结果

计算模型	计算工况	板桩墙最大位移/mm	板桩墙最大弯矩/(kN·m·m ⁻¹)	拉杆拉力/(kN·根 ⁻¹)
考虑基坑降水模型	码头及基坑均开挖至设计高程,水位为表3中各高程	-60.06	351	291
	码头开挖至设计高程、坞墙回填、地下水位恢复为正常地下水位(剩余水位为1.3 m)	70.07	577	434
不考虑基坑降水模型	码头开挖至设计高程,剩余水位为1.3 m	69.88	595	413

注:位移负值表示板桩墙向岸侧移动。

3 位移实测成果分析

本工程在施工工程中,实施了大量的监测项目,本文主要采用监测数据比较完整的2#顺岸码头的测斜监测结果进行分析。

3.1 码头测斜监测点布置

2#顺岸码头共布置4个测斜监测点I1~I4,见图8。

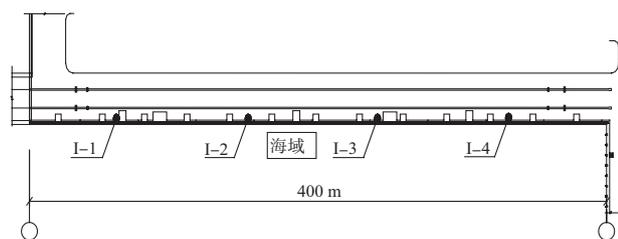


图8 2#顺岸码头测斜监测点布置

3.2 码头测斜监测成果

根据监测成果,板桩墙的整体位移都是往岸侧方向移动的,最大位移值为50 mm。各监测点位移累计值见图9。

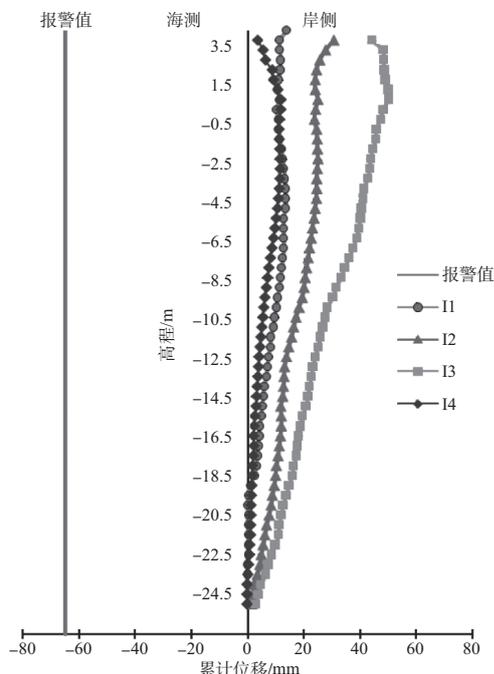


图9 2#顺岸码头测斜监测成果

3.3 监测成果分析与研究

2#顺岸码头共4个监测点,位于码头中间的监测点I2与I3向岸侧位移较大。其中监测点I3向岸侧

位移最大,位移值为50 mm,监测点I2向岸侧位移也较大,约为30 mm,监测点I1与I4向岸侧位移相对较小,约11 mm。4个监测点的位移均为顶部较大,底部较小,且基本呈线性分布,仅顶部回填范围可能受土体扰动的原因,实测位移值偏离线性分布较大。实测的板桩墙位移趋势与模型计算的结果基本相同,但是数值略有差别。这可能由以下2个原因造成:

1) 测斜监测点由于码头混凝土胸墙的原因,无法紧贴钢板桩设置测斜孔,实际测斜孔位于钢板桩后侧约1.5 m处。因此监测出来的测斜成果仅为钢板桩后侧1.5 m处土体的位移,并非钢板桩的实际位移。并且,从理论上分析,该土体的位移一般会小于钢板桩的位移,这也与实测位移相符。

2) 测斜监测孔的设置时间滞后。由于施工条件的限制,测斜孔是在码头混凝土胸墙、拉杆等都施工完成后才设置的,因此在安装之前产生的位移并没有计入测量成果中。

4 结论

1) 在强透水性的砂性地基中,板桩码头后方如有大面积基坑降水情况,在降水过程中码头的位移会有明显减小,甚至会出现板桩墙的位移整体向岸侧移动的现象;

2) PLAXIS有限元模拟计算的码头位移趋势与实测结果的位移趋势完全一致,可以说明,有限元计算模型的选取,工况、设计参数的设置与实际情况较相符合,可以为以后相似直立式驳岸工程计算提供较可靠的依据;

3) 板桩码头后方大面积基坑降水可作为施工期控制码头位移的措施,并提高施工期的安全系数。

参考文献:

- [1] BS 6349 Marine structures—Part 1: Code of practice for general criteria [S].
- [2] BS 6349 Marine structures—Part 2: Design of quay walls, jetties and dolphins [S].