

# Settlement Observation and Effect Analysis of Preloading during Construction of Block Wharf

Mingming Liu

China Harbour Engineering Co.,Ltd., Beijing, 100027, China

## Abstract

Taking the container terminal of the commercial port of Jizan Economic City in Saudi Arabia as an example, this paper introduces the foundation treatment technology and layout form of the block wharf, the main blocks of project are used to carry out the preloading of the wharf, and settlement observation and analysis of the loading effect are conducted. The measured data show that the wharf settlement presents a certain rule under the condition of preloading, and the settlement tends to be stable after 15 days of preloading. The main block preloading methodology adopted under the foundation treatment technology and block layout is feasible, which can effectively accelerate the foundation settlement and shorten the construction time, and the superstructure can be constructed after 15 days of preloading. The analysis results can provide data reference and experience reference for the construction of similar block wharf.

## Keywords

block wharf; foundation treatment; preloading; settlement observation; effect analysis of preloading

## 方块码头施工期堆载预压沉降观测及效果分析

刘明明

中国港湾工程有限责任公司, 中国·北京 100027

## 摘要

以沙特吉赞经济城商业港集装箱码头为实例,介绍了方块码头基础处理工艺及方块布置形式,利用项目主体方块开展码头堆载预压,并进行沉降观测及堆载效果分析。实测数据表明堆载条件下码头沉降呈现一定规律,码头沉降在堆载预压15天后趋于稳定,所述基础处理工艺及方块布置形式下采用的主体方块堆载预压方案可行,可有效加速基床沉降,缩短施工时间,码头上部结构施工可在堆载预压15天后进行。分析结论可为类似方块码头的施工提供数据参考及经验借鉴。

## 关键词

方块码头;基床处理;堆载预压;沉降观测;效果分析

## 1 引言

码头作为重要的水工建筑物,在建设及运营过程中通常会发生位移及沉降,一旦超出一定界限,将会影响结构正常使用<sup>[1]</sup>,并带来很大的安全隐患,尤其对于整体性较差的重力式方块码头,常伴随的是不均匀沉降,带来的安全隐患更大,因此施工期间对码头开展沉降位移观测是码头上部结构进行施工的重要依据<sup>[2]</sup>。为加速码头基床沉降,达到减小工后不均匀沉降的目的,通常在建设期采用堆载预压的方式。本文以实际工程为例,介绍了码头基础施工、方块安装及堆载预压等施工工艺,并对实际沉降位移数据进行监测及压载效果分析,分析结论可为类似重力式码头施工提供数据参考及经验借鉴。

【作者简介】刘明明(1988-),男,中国河北沧州人,硕士,工程师,从事防灾减灾及防护、国际工程管理方向的研究。

## 2 概述

该集装箱码头设计标准采用阿美石油公司标准,部分采用中国承包商推荐的中国标准,码头岸线长540米,整体采用重力式方块结构,上部结构为现浇混凝土胸墙,基础采用抛石基床。

由于码头岸线较长,结构自然沉降稳定时间长,项目工期紧,因此本工程采用堆载预压的方式加快码头结构沉降,施工过程中对堆载预压段开展严格的沉降位移观测,依据实际观测数据对堆载效果进行分析,分析结论将作为码头上部结构施工的重要依据。

## 3 码头概况

### 3.1 工程地质

码头基床位置施工海床面以下第一沉积层为非常松散的松散细砂,厚约5到6m,SPT标贯小于10击,达到标高-10m左右。海床面以下第二层(-10m~-19m/-24m)为厚约9m到14m中密到密实的粉土质或粘土质中细砂,该层SPT标贯

击数 10~50, 在标高 -16m 以下约大于 20 击。砂层底部为强风化砂岩, 且夹强风化砂质粉砂岩与粉质砂土薄层。基岩面标高在 -19m 到 -26m 之间。

### 3.2 基础处理

#### 3.2.1 基槽开挖

本工程基槽开挖底标高为 -20.5m~-22.0m, 原泥面高程为 -15.2m~-17.5m, 挖泥深度最大 6m, 开挖土层主要为淤泥和松散砂及粉细砂层。开挖底高程按照开挖至持力层进行控制, 需开挖至岩面或密实砂。

#### 3.2.2 基床抛石和夯实

基床设计底标高 -20.5m, 设计基床顶标高 -17.5m, 而此处疏浚底标高 -21.8m, 抛石基床采用 1~25kg 块石, 级配良好, 为有效降低后期不均匀沉降, 避免因基床沉降导致方块断裂侧倾, 中国承包商说服当地业主及设计方, 将我国国内的重锤夯实工艺<sup>[3]</sup>首次引入中东市场, 采用中国标准<sup>[4]</sup>及工艺对抛石基床进行夯实处理, 强夯完成后顶层预留 20cm 进行细抛, 因此抛石设计顶标高 -17.7m, 夯后抛石厚度应为 4.1m。

码头基床按照三遍(初夯、复夯以及再夯)进行强夯施工, 三遍夯实后, 根据夯前、夯后基床面地形数据计算平均夯沉量。基床夯沉率须大于 10% 方可收锤。

#### 3.2.3 基床整平

基床夯实后顶层进行细抛, 石料用 20~40mm 碎石, 整平厚度为 20cm, 宽度超出底层方块前后沿各 1m, 为 11.4m, 由于本项目单件方块底面积较小, 对基床整平质量要求较高, 整平完成后表面高差控制在 +20mm 以内, 高于国内《重力式码头设计与施工规范》要求的精细平标准 +30mm<sup>[5]</sup>。

## 4 码头结构形式

码头布置形式为顺岸式, 整体由九层方块组成, 从下到上分别编号为 B1-B9, 共 2087 件, 各方块型号如表 1 所示, 现浇胸墙高 2.7m, 方块设计宽度 2.3m, 交错叠加, 设计缝宽 2cm。

表 1 码头方块型号

序号	方块型号	规格尺寸 (m)			单件重量 (t)
		长	宽	高	
1	B1	9.4	2.31	2	106
2	B2	7.65	2.31	2.125	91.7
3	B3	6.5	2.31	2.125	79.8
4	B4	6.5	2.31	2.125	79.8
5	B5	6.5	2.31	2.125	79.8
6	B6	6.5	2.31	2.125	79.8
7	B7	6.5	2.31	2.125	79.8
8	B8	7.65	2.31	2.125	91.7
9	B9	9	2.31	2.125	107.7

## 5 堆载预压及沉降观测方案

码头堆载预压在第 9 层方块安装出一定数量后进行, 根据设计规范要求, 压载试验段压载长度 50m, 压载物采用项目主体方块 B3-B7, 其中 B5、B4、B7 依次由下到上压载至码头前沿, 总重量 239.4 吨, 达到设计规范要求: 码头预压产生的静荷载前趾压力应等于最大静荷载工况压力的 100%。B3、B6 由下至上压载至码头后方棱体上, B3 压载块前沿与 B9 方块后沿平齐, 如图 1 所示。

前沿压载一次性安装三层, 于压载的第 40 天完全卸载, 并于第 42 天又开始重新加载。而后方棱体的压载分两次加载, 前沿压载开始后的第 9 天, 安装第一层压载块, 开始后的第 13 天, 安装第二层压载块。

沉降观测点分别设置于码头顶层方块 B9 的前沿、后沿及近方块后沿的棱体上, 以此来检测码头前沿、后沿以及近方块处棱体的沉降及位移情况, 共 12 个, 编号 H1-H12, 其中 H1、H3、H5、H7 为后沿观测点, H2、H4、H6、H8 为前沿观测点。

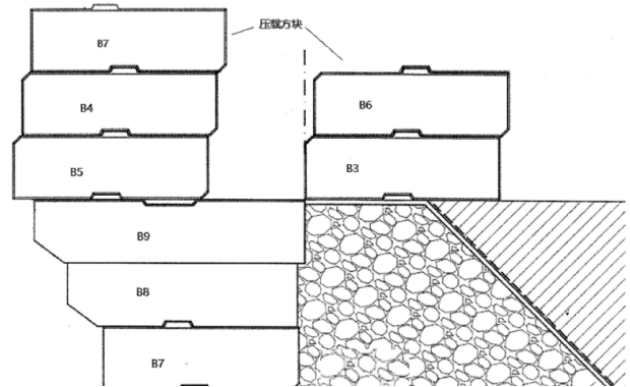


图 1 码头预压载示意图

## 6 沉降观测及数据分析

沉降观测从 6.15 日持续到 8.14 日, 历时两个月, 每日进行两次观测并记录, 每个控制点进行三个数据的观测, 分别为东西坐标、南北坐标及高程, 因码头岸线东西走向, 因此分别表明控制点在压载作用下的左右位移、前倾位移以及沉降。

依据实际观测数据, 以 6.14 日观测值为初始值, 记为 0, 位移前倾取正, 沉降向下取正, 按照时间关系绘制沉降位移曲线, 如图 3 所示, 分别为方块上前沿控制点的前倾位移、前沿沉降及后方棱体沉降随时间变化的曲线。

图中可以看出, 整个观测过程中, 控制点最大前倾位移 145mm, 方块前沿最大沉降 55mm, 棱体最大沉降 91mm。

曲线呈现一定的规律, 各点位移及沉降变化规律一致。

## 7 压载效果分析

从图 2 可以看出, 方块在压载作用下均发生前倾现象,

且四个控制点曲线的前倾过程规律较为一致,均存在三个阶段,即上升—平台—上升—平台—上升—平台。H4与H6曲线较为接近,均大于H2与H8, H4与H6位于压载的中间部位,而H2与H8位于边侧,由于荷载的传递作用,作用于基床中间部位的压力显然要大于边侧,且码头后沿并未压载,从而使基床发生不均匀沉降而产生前倾角,导致码头前沿中间部位前倾也相应增大,即发生图1中H4与H6数值接近,且均大于H2与H8的现象。因此为保障码头前沿位移均匀,前沿及后沿压载应同时开展。

图2中四个控制点的水平位移曲线均发生两次由平台期转入上升期的情况,发生的时间点正好与码头后方棱体分两次加载的时间点重合,后方棱体压载在前沿压载开始后9天开始安装第一层压载块,13天后压载第二层,45天后卸载,图2中可以看出,在第9天与第13天时,曲线均开始陡增,前倾位移增大,说明棱体压载增加了方块墙体的后方土压力导致前倾增大,因此曲线发生两次由平台期转入上升期的情况。说明后方棱体的压载增加了码头方块的前倾位移。同时由于后方棱体分阶段加载的原因,导致码头前倾位移趋于稳定的时间延长,因此为加速前倾位移的稳定,后方棱体压载应尽量提前并一次完成加载。

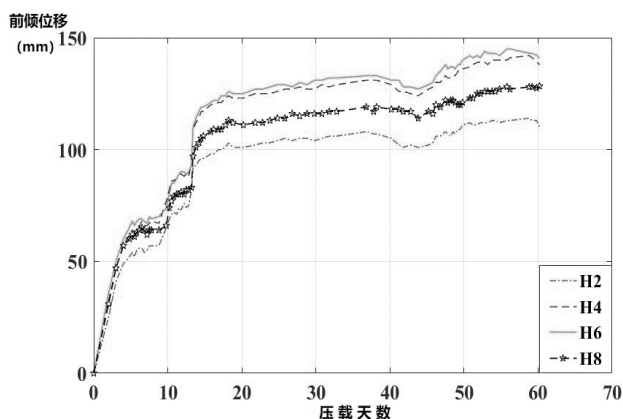


图2 码头前沿控制点的前倾位移-时间曲线

从图3可以看出,四个控制点的沉降规律基本一致,均同时经历增大—平缓—增大—平缓—增大—平缓,曲线到后期进入平缓阶段后又均发生下降再上升的过程,这是由于前沿压载40天时进行了卸载,地基发生回弹现象,沉降减小,曲线下降,第42天进行二次压载,沉降又开始增加,曲线上升,增加至第一次压载的沉降值后变得平缓,说明此时基床沉降值已经基本趋于稳定。同样地,由于受荷载传递影响,中间控制点H4与H6的沉降量要大于两侧控制点H2

与H8。数据显示,四条曲线均在压载进行15天后,变得较为平缓,说明此时沉降已经基本稳定。

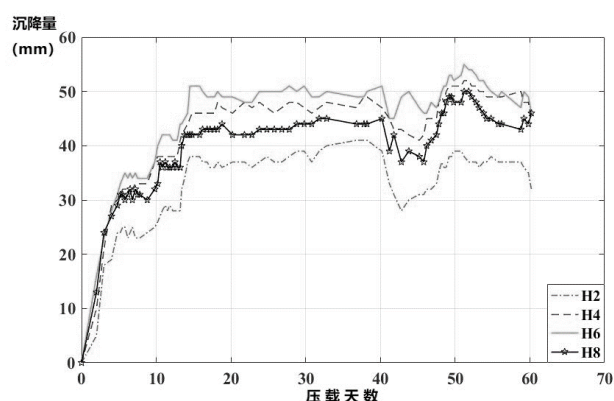


图3 码头前沿控制点的沉降-时间曲线

## 8 结论

1. 码头沉降位移规律呈现一定规律,并最终趋于稳定,说明码头基础处理方案可行,可满足设计及规范使用要求。
2. 观测数据表明,所述基础处理工艺及方块布置形式下,采用主体方块开展堆载预压的方案可行,压载在进行到15天后沉降位移曲线均开始变得平缓,并趋于稳定,以此为依据,码头上部结构施工可在堆载预压15天后进行。
3. 为加速方块码头前倾及后方棱体的沉降尽快完成,同一部位的压载尽量一次加载完毕,同时后方压载块的安装尽量与前沿压载同时进行,可减少压载时间,加快位移及沉降速度。
4. 本工程成功引入中国的重锤夯实工艺以及施工检验标准,中国标准在中东区域类似工程具备可行性。

## 参考文献

- [1] 交通部水运司.中国水运工程建设技术[M].北京.人民交通出版社,2003.
- [2] 陆云鹏,张华强,方育平.洛比托港重力式码头工程施工及沉降位移观测[J].中国港湾建设,2012(04):100-103.
- [3] LU Yun-peng, HANG Hua-qiang, FANG Yu-ping. Construction of Gravity Wharf in Lobito Port and Settlement and Displacement Observation[J]. China Harbour Engineering, 2012(04):100-103.
- [4] 中交第一航务工程局有限公司.港口工程施工手册[M].人民交通出版社股份有限公司,2014.
- [5] JTS257-2008.水运工程质量检验标准[S].
- [6] JTS167-2-2009.重力式码头设计与施工规范[S].