



重力式方块卸荷板大型构件出运码头升级改造

许 峰, 孙荣峰

(中交天津港湾工程设计院有限公司, 天津 300461)

摘要: 以工程实例介绍了重力式方块卸荷板码头的改造设计方案。由于原有码头卸荷板悬臂较大, 在码头前沿均布荷载增大的情况下, 使得基床顶面产生较大的后倾应力, 基床承载力不满足规范要求。改造方案通过在后方设灌注桩及现浇钢筋混凝土板, 减少码头卸荷板悬臂部分上部荷载, 防止基床顶面产生较大的后倾应力, 为类似的码头改造设计提供了借鉴。

关键词: 重力式方块卸荷板码头; 改造; 出运荷载; 后倾; 基床应力; 灌注桩

中图分类号: U 656.1⁺1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2015)09-0090-04

Innovative construction design of gravity block quay wall with relieving slab for large component shipment

XU Feng, SUN Rong-feng

(CCCC Tianjin Port Engineering Design & Consulting Co., Ltd., Tianjin 300461, China)

Abstract: This paper mainly describes the innovation design of the gravity block quay wall with relieving slab combining some project cases. Since the relieving slab of existing quay is longer than usual, the increasing apron uniform load causes a greater stress backward on the top surface of the foundation bed, whose bearing capacity cannot meet the requirements of relevant codes. The transformation scheme reduces the load of relieving slab cantilever and prevents a greater stress backward through driving cast-in-place piles and casting reinforcement concrete slabs, which can provide a reference for similar quay transformation in the future.

Keywords: gravity block quay with relieving slab; innovative construction; shipment load; backward stress; foundation bed stress; cast-in-place pile

随着我国交通水运事业的蓬勃发展及港口朝着大型化、专业化发展的趋势, 除了新建码头岸线外, 对已建码头设施进行升级改造达到新的使用要求, 是一条经济、实用、简单易行的途径。

本工程待改造码头为 5 000 DWT 杂货泊位, 码头前沿原设计使用均布荷载为 30 kPa^[1]。根据需要, 码头需要改造为大件出运码头, 其主要用途是供半潜驳船停靠, 进行大型构件的转运, 而随着码头前沿使用荷载的增加, 需要对现有码头进行改造升级, 确保码头结构及基床承载力、地基承载力满足规范要求。

1 设计条件

1.1 码头现状

待改造码头为带卸荷板的重力式方块结构。

码头前沿顶高程为 5.3 m, 基础持力层为风化岩, 10~100 kg 块石基床顶高程 -8.0 m, 其上为混凝土方块, 分 3 层, 方块顶高程为 0.7 m, 方块上部为预制安装钢筋混凝土卸荷板, 卸荷板悬臂 2.5 m, 顶高程为 2.0 m, 上为现浇钢筋混凝土胸墙。码头后方回填 10~100 kg 块石棱体, 棱体后抛理二片石及混合碎石倒滤层, 陆域回填采用回填砂。

码头面层为混凝土路面, 前沿设钢筋混凝土护轮坎, 后方设钢筋混凝土门机轨道梁。码头上部设施采用 350 kN 系船柱, 护舷采用 DA-A400 型橡胶护舷。码头结构见图 1。

收稿日期: 2015-01-09

作者简介: 许峰 (1982—), 男, 工程师, 从事港口与航道工程设计。

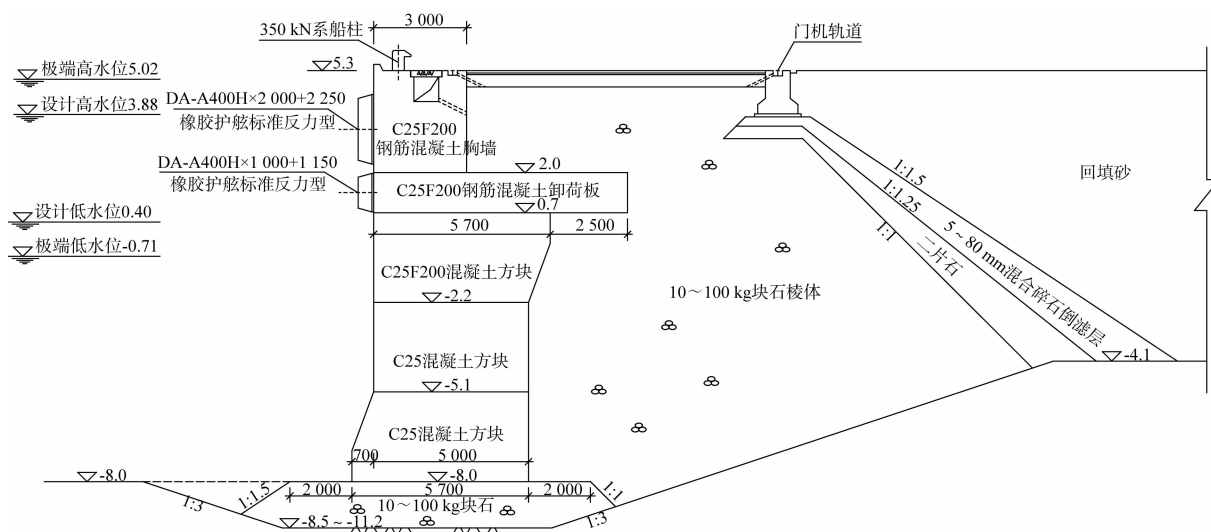


图1 码头断面 (尺寸: mm, 高程: m, 下同)

1.2 设计水位

设计水位的基准面为当地理论深度基准面,设计高水位 3.88 m,设计低水位 0.4 m,极端高水位 5.02 m,极端低水位 -0.71 m。

1.3 设计波浪

50 a 一遇设计波浪要素见表 1。

表 1 50 a 一遇设计波要素

水位	波向	$H_{1\%}$ /m	T /s
极端高水位	SE	5.7	13.9
	SW	4.1	8.4
设计高水位	SE	4.2	13.9
	SW	3.9	8.4

1.4 工程地质

工程区地层简单, 区域地质构造不发育, 场区内无大的地质构造通过, 经钻探揭露岩土层为: ①淤泥质粉质黏土 (Q_4^m); ②中砂 (Q_4^m); ③砾砂 (Q_4^m); ④砂岩 (K_1L)。码头基础持力层为 ④砂岩 (K_1L)。

2 出运工艺及荷载分析

2.1 大型构件出运工艺

改造后的码头为大型构件的出运码头，其主要用途是供半潜驳船停靠，进行大型构件的转运。

承建的大型构件在建造时就预先置于下水用滑道上,待建造完成后,利用绞车将模块牵引到半潜驳船上。出运工艺见图2。

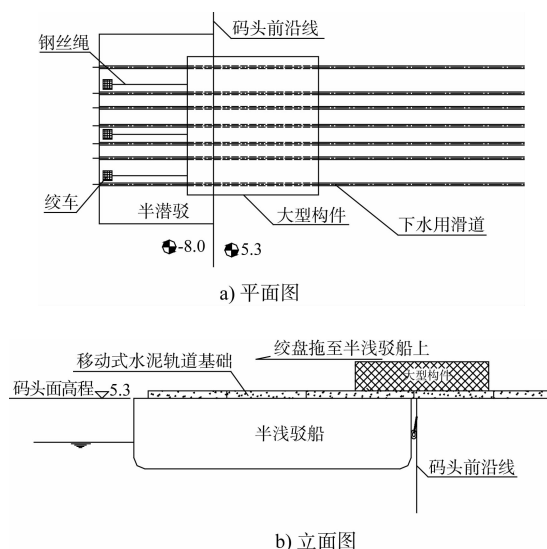


图2 出运工艺

下水用滑道基础为混凝土条形梁, 条形梁底宽 1.6 m、高度 0.6 m, 其上依次为钢板滑道、下水小车 (图 3)。

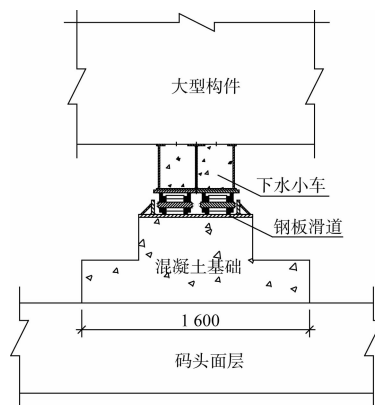


图3 下水用滑道断面

2.2 出运工艺荷载

出运码头后方建造的最大构件为海洋石油深海半潜钻井平台甲板模块, 模块长 77 m、宽 81 m, 质量为 2 万 t, 完工后移至半潜驳船上, 拖航至总装船厂后安装。出运时动摩擦系数为 0.035, 最大静摩擦系数为 0.05。甲板模块出运滑道布置见图 4。

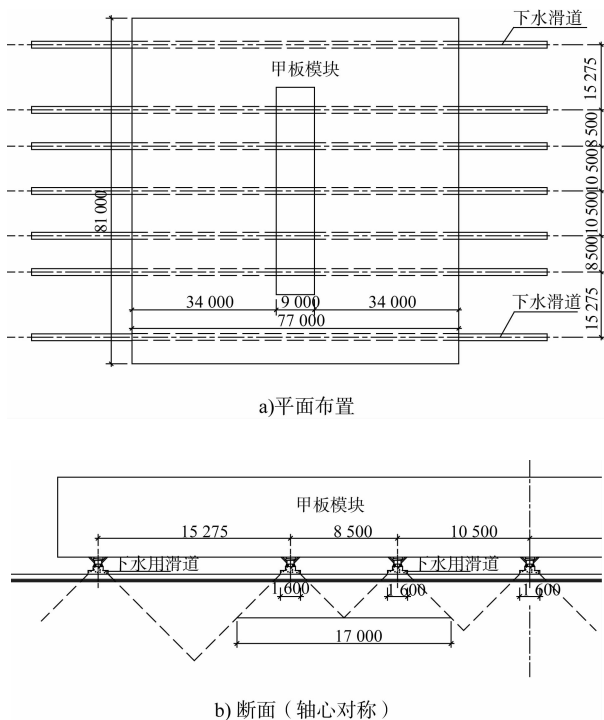


图 4 甲板模块与下水滑道

甲板模块质量为 2 万 t, 共设 7 条下水用滑道, 模块出运时下水用滑道设计荷载根据 CB/T 8523—2011 《机械化滑道设计规范》^[5] 计算。

$$p = \frac{kQ}{nl} \tag{1}$$

式中: p 为下水滑道单位长度的压力 (kN/m); Q 为下水构件重力 (kN), 取 20 万 kN; n 为下水滑道数目, 取 7 条; l 为下水滑道长度, 取 68 m; k 为不平衡系数, 取 2.0。计算得 $p = 840.34$ kN/m。

扩散后均布荷载为 98.9 kPa。

2.3 出运驳船挤靠力

本工程主要承担大型构件出运, 批量较小。构件由于体积大、质量大、固定工艺较为复杂, 采用驳船运输较为方便。采用的半潜驳船长 $L = 111$ m, 船宽 $B = 67$ m, 型深 $H = 8$ m, 满载吃水 $= 5.0$ m。

甲板模块质量 2 万 t, 出运时最大静摩擦系数

0.05, 依此计算出运时驳船的最大挤靠力。

$$F = \frac{Qf}{L} \tag{2}$$

式中: F 为出运驳船单位长度的压力 (kN/m); Q 为下水构件重力 (kN), 取 20 万 kN; f 为出运时最大静摩擦系数, 取 0.05; L 为驳船长度, 取 111 m。计算得 $F = 90.1$ kN/m。

3 出运码头改造方案

3.1 改造要求

码头前沿原使用荷载为 30 kPa^[1], 经过出运荷载计算, 要求改造后码头前沿均布荷载增大到 98.9 kPa, 同时要考虑到大构件出运时驳船的挤靠力 ($F = 90.1$ kN/m)。

3.2 码头结构计算

原码头为重力式卸荷板结构, 依据 JTS 167-2—2009 《重力式码头设计与施工规范》有关规定^[2], 按均布荷载 98.9 kPa 进行计算, 由于卸荷板悬臂 2.5 m, 码头存在后倾应力较大的情况, 经过计算, 出运时抛石基床承载力的大小成为结构安全的控制条件, 计算结果见表 2。

表 2 基床顶面应力计算结果

码头状况	荷载	前趾基床应力/kPa	后趾基床应力/kPa	基床承载力/kPa
原荷载	均布荷载 30 kPa	58.87	508.07	600
出运荷载	均布荷载 98.9 kPa 驳船挤靠力 90.1 kN/m	0	849.60	600

3.3 码头改造方案

改造方案依据 JTS 167-4—2012 《港口工程桩基规范》^[3] 及 JTS 151—2011 《水运工程混凝土结构设计规范》^[4] 有关规定, 通过码头主体后方设灌注桩及现浇钢筋混凝土板, 减少码头卸荷板悬臂部分上部荷载, 防止基床顶面产生较大的后倾应力。

拆除已有胸墙及后方回填, 在距离码头前沿线 9.4 m 处码头后方设一排 $\phi 1\ 200$ 钢筋混凝土灌注桩 (C40F350), 间距为 4.25 m, 桩底入中风化岩 2.5 m。然后现浇 C40F350 钢筋混凝土板及胸墙, 胸墙底宽为 3.0 m, 钢筋混凝土板厚 1.0 m, 胸墙后方回填 10 ~ 100 kg 块石, 回填高程至钢筋

混凝土面板底高程 4.3 m 处。

码头前沿线后方 30 m 范围内进行开挖, 回填 1 m 厚 10 ~ 100 kg 块石垫层并密实, 然后进行路面铺装。码头胸墙顶高程为 5.3 m, 码头前沿安装 750 kN 系船柱, 设置圆筒橡胶护舷。出运码头改造方案见图 5。

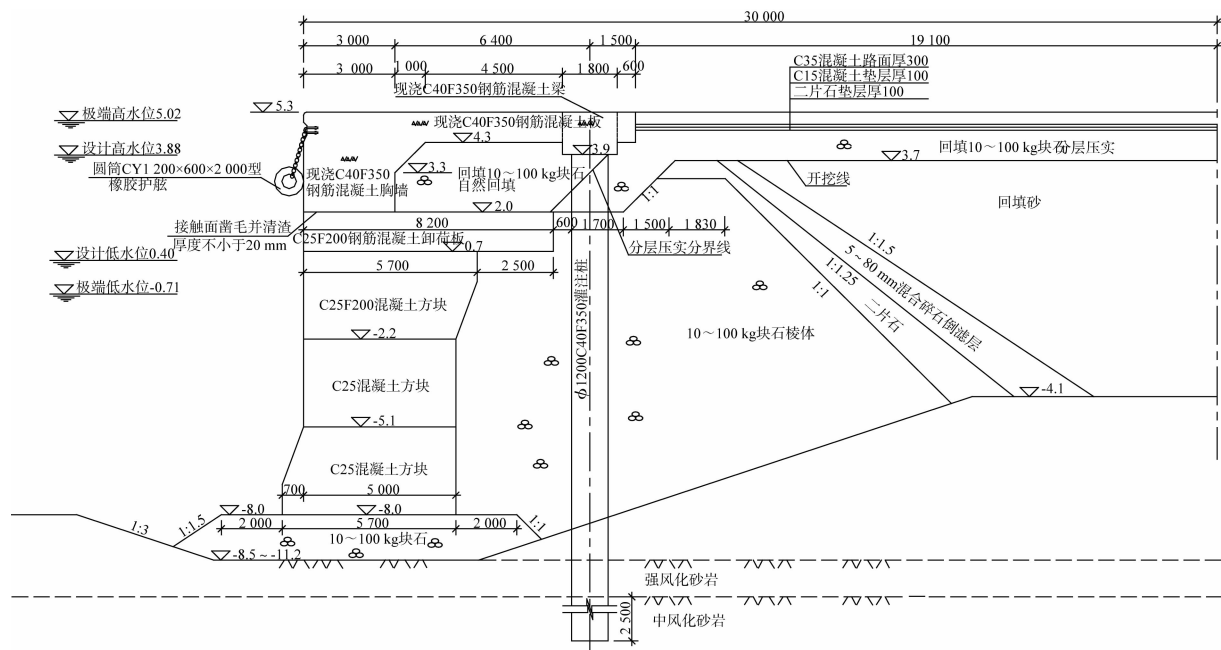


图 5 出运码头改造方案

4 改造方案计算

4.1 出运码头荷载

1) 由于码头主体存在后倾现象, 后方棱体土压力按静止土压力计算; 2) 卸荷板上部出运构件荷载通过钢筋混凝土板传递至前方 3.0 m 宽胸墙及后方灌注桩; 3) 构件摩擦力通过绞车滑轮组转换为驳船的水平挤靠力; 4) 码头主体自重。

4.2 计算结果

本改造方案通过后方设灌注桩及现浇钢筋混凝土板, 将出运荷载前移。经过计算, 码头主体结构稳定性满足规范要求, 而且对减少基床顶面应力有了显著的作用, 使得基床承载力及地基承载力满足了规范要求。基床顶面应力计算结果见表 3。

表 3 基床顶面应力计算结果				
码头 状况	出运 荷载	前趾基床 应力/kPa	后趾基床 应力/kPa	基床承载 力/kPa
改造后	均布荷载:98.9kPa 驳船挤靠力:90.1 kN/m	13.32	504.95	600

5 结语

1) 本工程难点在于解决重力式方块卸荷板码头

的后倾应力过大、基床顶面应力不满足规范要求的问题, 通过后方设灌注桩及现浇钢筋混凝土板, 将出运荷载前移, 防止基床顶面产生较大的后倾应力。

2) 带卸荷板的块体码头具有减少土压力和质心靠后的优点, 但通过本次码头改造设计可以看出, 卸荷板悬臂长度不宜过大, 以免影响方块码头的升级改造, 卸荷板长度使得块体底面基床应力呈矩形分布为宜。

3) 由于桩基位于码头后方 10 ~ 100 kg 块石棱体范围内, 对灌注桩的施工造成了很大的困难, 在本项目的灌注桩施工过程中, 采用了 3 层钢护筒稳定孔壁, 确保了灌注桩的施工质量。

参考文献:

[1] JTS 144-1—2010 港口工程荷载规范[S].
[2] JTS 167-2—2009 重力式码头设计与施工规范[S].
[3] JTS 167-4—2012 港口工程桩基规范[S].
[4] JTS 151—2011 水运工程混凝土结构设计规范[S].
[5] CB/T 8523—2011 机械化滑道设计规范[S].

(本文编辑 武亚庆)