



轨道板结构在码头改造工程中的应用

张宏志, 毛利进

(中国港湾工程有限责任公司, 北京 100027)

摘要: 阿联酋富吉拉港某码头通用泊位改造成专业散粮泊位并新设装卸船机基础, 现有钢板桩码头岸壁后方存在大量抛石棱体, 常用的轨道基础支撑结构施工困难, 而且桩基施工还会对现有钢板桩结构造成破坏。针对项目特点提出钢筋混凝土筏型轨道板基础结构形式, 并通过Axis VM和PLAXIS有限元软件对轨道板结构现有钢板桩码头结构进行核算。该码头改造和装卸船机使用效果良好。

关键词: 码头改造; 钢板桩; 装卸船机基础; 轨道板

中图分类号: U 65

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)03-0111-03

Application of raft slab on reforming works of sheet pile quay wall

ZHANG Hong-zhi, MAO Li-jin

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

Abstract: As per the requirements of reforming the existing generic bulk berth to specialized bulk grain and new grain loader/unloader, foundation shall be constructed on the existing quay wall in the Port of Fujairah in UAE. Considering the rock mount behind the existing sheet pile wall, the construction of common rail foundation structures is difficult and the piling works will damage the sheet pile. According to the feature of the project, we put forward the raft slab foundation type structure and analyze the raft slab structure & existing sheet pile wall with finite element software Axis VM and PLAXIS. The effect of wharf renovation and installation of grain loader/unloader are satisfactory.

Key words: wharf renovation; steel sheet pile; foundation of ship loader/unloader; raft slab

1 工程概况

1.1 原码头结构介绍

阿联酋富吉拉港南堤顺岸码头为钢板桩码头结构, 主要由板桩墙、锚杆、锚碇墙3部分组成。板桩墙为H型钢中柱与钢板桩组合墙, 中柱为双H型钢拼接柱, 型号为H70/30A-2-F, H型钢截面尺寸为腹板692 mm×13 mm, 翼缘300 mm×20 mm, 中柱长度是变化的, 以嵌入下方岩层, 钢板桩为U形板桩, 型号为ESC-S10 a, 板桩嵌入海床深度为2 m, 板桩墙由锚杆与后方锚碇墙结构系统连接。在-6.75~1.0 m高程范围内铺设了1~500 kg的抛石棱体结构, 抛石棱体上面覆盖了500 mm厚的碎石倒滤层^[1]。

原码头建成于2008年12月, 已完成初始沉降。海床高程为-15.0 m, 码头顶高程为4.75 m。原钢板桩码头设计施工过程中, 为防止液化情况, 码头后方20 m范围内采用了换填的方法对-13.5 m高程以上的松散细粉沙进行了处理, 并对锚杆高程以上的回填土进行了分层震动压实处理。-13.5 m高程以下为密实粉沙层, 以及位于基岩上的3层共5.5 m厚的灰屑岩层^[2]。

1.2 改造方案的提出^[2]

根据工程要求, 需将该钢板桩码头改造成专业散粮装卸码头, 改造后码头上需安装2台产量为600 t/h的粮食装卸船机, 单台装卸船机质量约为370 t。故需在原码头上安装轨道及相应的基

收稿日期: 2013-05-29

作者简介: 张宏志(1980—), 硕士, 工程师, 从事国际工程项目管理工作。

基础结构。

码头装卸船机设备的轨道基础支承结构的设计施工,对装卸船机投产后的正常运行影响至关重要,根据不同的码头基础条件,目前普遍使用的轨道基础支撑结构有轨枕道渣,轨道梁,以及灌注桩轨道梁等几种形式^[3]。

根据本码头改造工程实际条件分析,若采用轨道梁或轨枕道渣基础结构,无法满足地基承载力及沉降变形条件要求;若采用灌注桩或打入桩支撑轨道梁结构,虽然承载力和沉降满足要求,但受现有钢板桩码头结构和后方抛石棱体结构形式的限制,导致灌注桩和打入桩施工几乎不可能实施。

鉴于上述实际情况,本工程中提出并采用了混凝土筏板结构作为轨道基础支撑结构,实践证明该结构形式适用于本工程。

1.3 轨道板结构形式

该钢筋混凝土轨道板基础结构,为钢轨直接固定在连续的混凝土筏板基础上,混凝土板基础下方不再需要其他桩基础来支撑。混凝土板厚500 mm,沿轨道位置处设置了2条纵向肋板,以加强大板的刚度。前轨下方的肋板厚度为1 000 mm,后轨下方的肋板厚度为500 mm。

前后轨轨距为10.5 m,前轨距码头前沿线4.0 m,混凝土胸墙宽度为1.7 m,大板基础外延距前轨2.3 m,距后轨2 m,混凝土大板总宽度为14.8 m。码头总长度为250.71 m,被分成6块,每块混凝土轨道板长度为41.76 m,不同区块中间用传力杆连接,以传递竖向力。安装轨道板基础后,码头结构形式见图1。

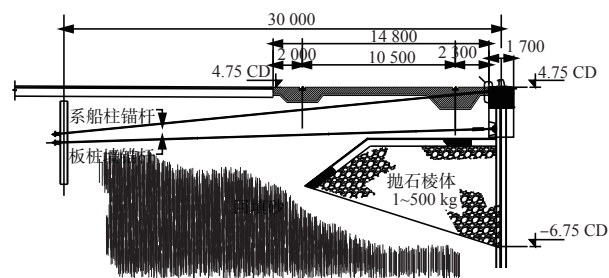


图1 轨道板安装后码头结构断面

2 混凝土轨道板结构设计

2.1 堆载试验

为检验原码头的地基承载能力情况,混凝土

轨道板结构设计前,在原有码头上进行了静力堆载实验。在原码头上选取了3处实验点,根据码头设计荷载情况,在每处实验点14 m×14 m实验区域内,利用混凝土方块施加了6 660 kN压力,产生堆载34 kPa,接近原码头设计堆载35 kPa。

根据实验观测点沉降观测数据结果分析,发现每处实验点平均沉降不超过5 mm,不均匀沉降最大为4.2 mm,同一码头断面上不均匀沉降最大值为1.1 mm,码头胸墙的水平侧移不超过1 mm,实验结果证明原码头承载力满足设计要求,码头初始沉降已完成,在设计荷载作用下,产生的沉降变形对码头的的影响非常小。

2.2 轨道板结构受力计算

轨道板结构计算分析前,根据上述现场堆载试验沉降观测结果,用Axis VM有限元软件先对该堆载试验进行了模拟,通过调整模型中地基弹簧参数的取值,使有限元模型计算得出的堆载试验最大沉降量,与现场堆载试验观测的最大沉降量相同,从而校核出等效地基弹簧取值。

采用弹性地基法,用Axis VM三维有限元软件对轨道板结构进行了建模分析,并将该上述地基弹簧的校核结果用于轨道板码头结构三维有限元模型中。根据材料实际使用情况,在有限元软件中输入相应的材料、尺寸参数,在模型中施加了轨道板自重荷载以及两台装卸船机的支腿荷载,进行了轨道板结构的静力计算分析。

经过该轨道板有限元模型计算分析,得出轨道板结构不同部位的沉降量如下:前轨4.9 mm,混凝土板中部3.2 mm,后轨3.5 mm,结果显示沉降变形在允许范围内。并得出在此装卸船机以及混凝土轨道板自重荷载作用下,在地基上产生的等效分布荷载最小值为20 kPa,最大值为34 kPa,平均值为30 kPa。而原钢板桩码头的设计堆载为35 kPa,说明码头改造后,由装卸船机以及混凝土轨道板产生的等效堆载并未超过原码头荷载设计值,满足静力受力条件,证明此轨道板结构方案可行。

3 改造后码头结构整体动力分析

3.1 建模

码头结构整体动力计算分析,采用的是2D有

限元土工专业分析软件PLAXIS。采用标准15节点三角元, 沿基础底部边界条件设置为刚性, 两侧边界在地震反映分析中选用消能边界, 边界设置距钢板桩一定的距离, 以避免边界效应影响结果。

3.2 荷载情况

在新建的PLAXIS有限元分析地震反映分析中, 考虑了轨道板和装卸船机荷载35 kPa, 轨道板后方堆载5 kPa, 系船柱荷载1 000 kN, 潮汐荷载, 以及地震荷载。

地震荷载根据当地历史数据分析, 最大地震加速度取值0.15g, 采用时程分析法, 根据地震加速度时间记录, 作用于模型底部。

3.3 材料参数

摩尔-库伦模型被用于所有地基土体, 原码头设计中依据地勘结果给出了相应土体的参数取值。根据该参数取值, 用土工有限元分析软件PLAXIS, 对原码头结构在前述静载试验条件下的受力变形情况进行了模拟, 根据模拟计算结果与静载试验的实测结果进行对比分析, 证明原码头设计中地基土质强度参数取值较为保守。

故在进行改造后码头结构动力反映分析时, 采用了原码头设计中给定的土体参数值, 部分参数取值见表1。其他板桩墙, 锚杆, 混凝土板等也根据实际情况, 输入了相应的参数信息。

表1 土体主要参数取值

参数	c'/kPa	$\phi'/(\text{°})$	$\rho/(\text{t}\cdot\text{m}^{-3})$
锚杆下回填土	0.1	35	1.72
锚杆上回填土	0.1	36	1.86
底层粉沙	0.1	32	1.57
中间粉沙层	0.1	34	1.60
首层风化岩	20	33	1.70
次层风化岩	50	36	1.75
底层风化岩	80	38	1.85
基岩	120	40	1.90
抛石棱体	0.1	40	1.96

3.4 计算结果

经有限元软件计算分析, 在上述荷载和地震作用条件下, 码头各主要结构部件受力计算结果

见表2。

表2 码头主要构件动力计算结果 $\text{kN}\cdot\text{m/m}$

构件	计算结果	设计值
板桩H70/30A -2/10a-F	1 306	2 254
锚碇墙 ESC-14BP-6172	409	563
系船柱拉杆 56mm bar grade 700	1 000	2 111
主拉杆 50 mm bar grade 700	570	918

计算结果表明码头结构各主要构件都满足承载力设计要求。有限元模型计算结果见图2。

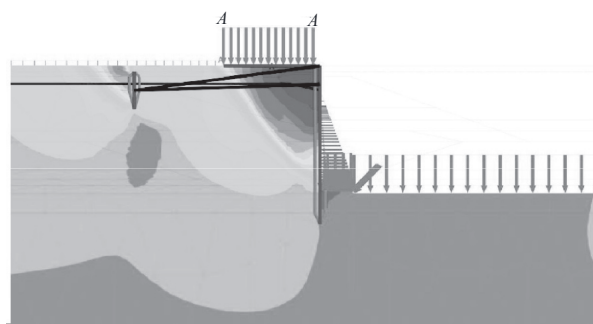


图2 码头结构有限元动力计算分析

4 沉降变形分析

1) 主沉降: 由装卸船机及混凝土轨道板荷载产生的不均匀沉降, 根据上述堆载试验结果分析, 由码头堆载产生的前后轨不均匀沉降极小, 可忽略不计。

2) 蠕降: 基于码头改造前, 在原码头表面及锚碇系统上实测的沉降数据, 统计分析得出码头在完成初始沉降变形后的蠕降趋势曲线, 从而分析得出设计周期内码头蠕降变形为: 前轨25 mm, 后轨11 mm, 故在设计周期内因蠕降变形产生的不均匀沉降为14 mm左右。

3) 地震过程中后方回填料变形: 基于前述对码头结构进行的地震反映分析, 计算得出多遇地震荷载下, 轨道板发生沉降为前轨6.8 mm, 后轨2.9 mm。

以上分析证明蠕降是码头设计周期内产生不均匀沉降的主要原因, 且由各种原因产生的不均匀沉降总值可达到约16.9 mm。设计周期内不均匀沉降值虽然超过装卸船机设备的要求, 但可通过安装可调节钢轨, 以满足设计使用要求。

(下转第118页)