



前板桩高桩码头结构形式的应用

任增金, 只红茹

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 提出一种适用于陆域狭窄、码头悬臂段大、地震液化条件下的前板桩高桩结构形式, 主要结构特征为: 前板桩选用钢管型组合钢板桩, 其后结合PHC叉桩锚碇设高桩梁板结构, 高桩结构后方设挡土板和减压棱体, 钢板桩在极端低水位处设泄水孔; 可液化的粉砂层地基土进行水下振冲密实处理。

关键词: 前板桩高桩; 组合钢板桩; 地震液化; 叉桩锚碇

中图分类号: U 656

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)03-0107-04

Application of front sheet pile wall with rear piled platform

REN Zeng-jin, ZHI Hong-ru

(CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: This paper presents the structure of front sheet pile wall with rear piled platform, which can be used for narrow land area, large cantilever and silt foundation with serious liquefaction conditions. The main features of the structure are as follows: The front sheet pile wall is steel tube type combined steel sheet pile; The rear part is piled platform with PHC fork pile anchorage; The poling board is set at the back of the piled platform; The drainage hole is set in the steel sheet pile around the extreme low water level; The silt foundation is treated by vibration shock process under water.

Key words: front sheet pile wall with rear piled platform; combined steel sheet pile; seismic liquefaction; fork pile anchorage

1 工程概况

工程位于丹东港大东港区防沙导流堤外侧, 西水道末端。建设规模为2个1万吨级、1个5 000吨级和1个3 000吨级通用杂货泊位, 码头面顶高程为8.7 m, 前沿设计底高程分别为-9.5, -8.0和-6.5 m, 泊位总长度608 m。目前本工程正在进行施工图设计, 现场暂未施工。

2 结构形式选择及考虑因素

该地区目前已建码头均为栈桥式高桩梁板结构形式, 但由于本工程位于防沙导流堤的外侧, 码头后方陆域为三角地带(图1)。本工程陆域面积较小, 栈桥式梁板结构将浪费部分陆域, 特别

是西南侧靠近三角地带的位置, 采用高桩梁板结构与已建围埝处衔接难度大。采用满堂式高桩梁板结构的工程费用更大, 因此本工程放弃高桩梁板结构方案。

码头前沿设计底高程为-6.5~-9.5 m, 位于②₁层及③₁层, 两层均存在严重液化现象, 承载力较低。③₁层底高程为-10.01~-14.30 m, 其下为④₁粉质黏土层和⑤₁粉砂层, 均不适宜作为重力式结构的持力层。⑥₁卵石层顶高程为-18.51~-20.78 m, 分布连续, 承载能力强, 为重力式结构的良好持力层, 以⑥₁层为持力层基床厚度大多超过10 m, 从经济性分析不适宜采用重力式结构。

收稿日期: 2013-07-15

作者简介: 任增金(1978—), 男, 高级工程师, 主要从事水运工程结构设计和科研。

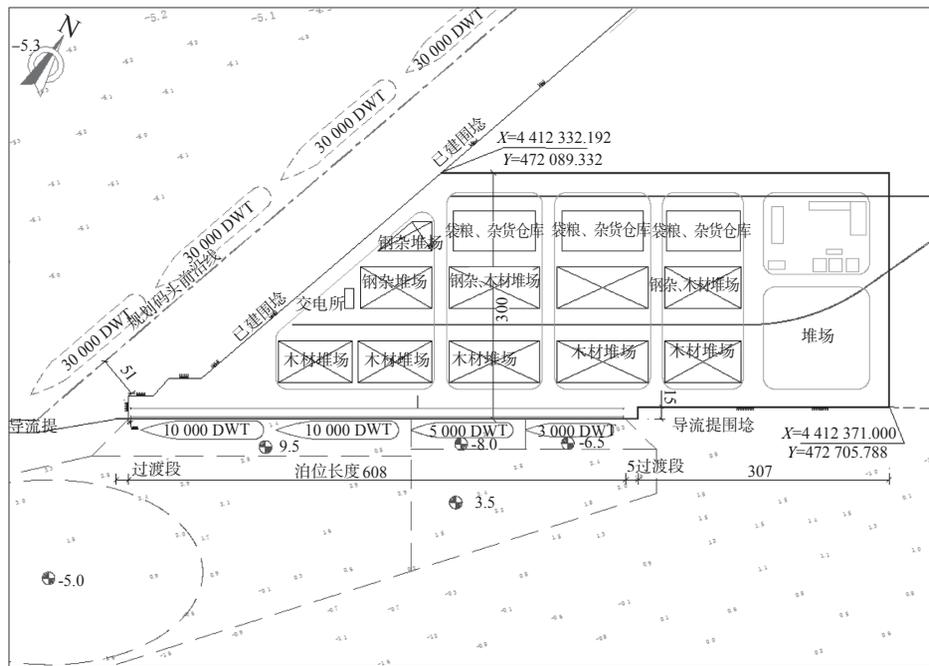


图1 码头总平面布置

根据以上分析,本次施工图设计推荐采用板桩结构。由于该工程区抗震设防烈度为8度,根据JTS 146—2012《水运工程抗震设计规范》的相关规定^[1],板桩结构宜采用叉桩锚碇并应适当加强帽梁。综合以上分析,码头结构选用前板桩高桩结构形式,结构设计应考虑以下因素:

1) 板桩墙悬臂段绝对高度达18.2 m,对板桩码头来说,已属超大型码头,应采取措施减小作用在板桩墙上的土压力;

2) 码头前沿底高程以下存在较厚的可液化粉砂层,该液化土层必须进行处理;

3) 在满足结构安全可靠的条件下,确保码头结构造价最省。

3 结构方案的确定

3.1 结构形式的确定

板桩结构多用在小型码头。本工程为万吨级泊位,且由于水位差大而使得本工程悬臂段达18.2 m,因此减小作用在板桩墙上的土压力以减小板桩墙内力从而降低工程造价是首要考虑的因素。结合采用叉桩锚碇及减小作用在板桩墙上土压力的要求,前板桩高桩结构成了本工程的必然选择。

3.1.1 钢板桩结构选型

从造价上来说,进口钢板桩是国产钢板桩价

格的1.5倍以上,根据业主降低工程造价的要求,本工程选用国产钢板桩。钢板桩可选择的形式多种多样,如U型、Z型、直线型以及组合型桩等。单一的U型、Z型及直线型等结构一般截面抵抗矩较小,多适用于中小型工程。根据本工程悬臂段大的特点,宜采用组合型钢板桩。

常用的组合型钢板桩有H型组合桩、箱型组合桩等形式,近年来逐渐发展起了钢管型组合桩的形式,在国外大中型码头结构中都有了一定的应用,典型的钢板桩结构断面如图2所示。

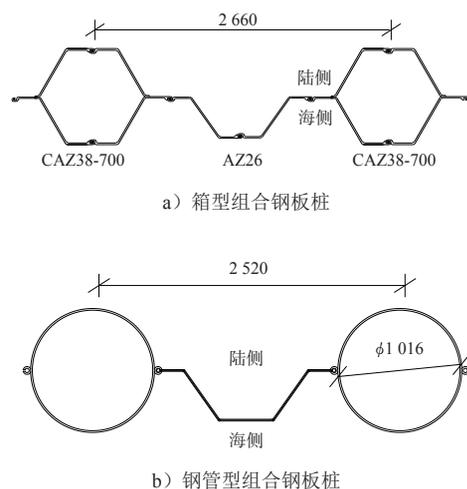


图2 典型组合型钢板桩断面

钢板桩形式的选择主要考虑锁口形式、单位

面积重力、截面惯性矩等参数。锁口是钢板桩结构的关键部位, 锁口的数量、位置等都是钢板桩选择考虑的主要因素。由于钢管型组合桩具有锁口数量少、钢管抗弯能力强等优点, 且该结构在巴基斯坦卡西姆港国际集装箱码头二期工程中有成功应用的先例, 因此本工程前板桩选用钢管型组合钢板桩。

3.1.2 桩基结构选型

桩基主要有钢管桩、大管桩、PHC桩和方桩等形式, 由于钢管桩具有施工速度快、抗弯性能好等优点, 且以前对混凝土抗冻融性能研究不足等原因, 目前在丹东港采用的均为钢管桩结构。钢管桩造价一般在大管桩造价的2倍以上, 大管桩较PHC桩的造价高10%~20%, 方桩的造价最低, 但方桩断面尺度较小, 一般在中小型工程中应用。根据现有混凝土抗冻融性能的研究成果, 丹东地区可以使用大管桩或PHC桩的, 且考虑到本工程桩基位于钢板桩后方, 本工程选用PHC桩。

3.1.3 板桩墙后棱体及泄水孔的设置

抛石棱体设置的原则是尽量减小作用在钢板桩上的土压力, 结合本工程前板桩高桩结构的特点, 充分利用高桩平台的宽度以降低棱体的高程。最终确定钢板桩后方棱体顶高程设在-1.5 m, 同时在极端低水位-1.2 m的位置每隔1.26 m设一组 $\phi 100$ mm排水孔以消除作用在钢板桩上的剩余水压力, 设置泄水孔后剩余水头按0.5 m计算。

3.1.4 粉细砂地基处理方案

本工程场区地震基本烈度为8度, ②₁及③₁粉细砂层均存在严重液化现象, 码头结构设计必须消除粉细砂的液化。消除粉细砂液化的主要措施是增加其密实性, 主要的方法有强夯法和振冲法等, 水下强夯法由于受到水阻力的影响, 效率较低, 同时处理深度也难以满足要求。振冲法在处理液化沙土方面已有大量成功应用的实例, 具有施工速度快, 处理效果较好等优点。经核算, 当粉细砂标贯达到20击以上时可消除液化现象, 振冲范围为自码头前沿线起向前5 m, 向后30 m总计35 m宽度。

3.1.5 码头结构断面的确定

综合考虑钢板桩、桩基、墙后棱体及泄水孔设置及地基处理方案等, 最终确定的码头断面见图3。

3.2 计算模式的确定

3.2.1 计算内容和计算原则^[2]

按照JTS 167-3—2009《板桩码头设计与施工规范》中相关作用于作用组合进行计算。

3.2.2 计算模型

本工程主要采用有限元软件STAAD进行计算, 结合结构断面特点, 拟采用平面杆系结构计算。由于钢板桩与后方桩基布置的不同, 采用杆系计算时考虑的主要问题是按单宽计算、桩基排架间距计算还是钢板桩两钢管桩的中心距计算。本次计算按桩基排架间距3.96 m为基本计算单元, 钢板桩及计算荷载均按此宽度范围内的参数取值。

从本工程结构断面图可知, 钢板桩后方桩基间距较小, 由于桩基遮帘作用而使得板桩墙上土压力有所减小, 在本工程计算模型中, 未考虑桩基遮帘作用, 钢板桩计算结果略偏于保守。

3.3 主要计算结果

码头前板桩踢脚稳定性计算结果见表2, 码头主要构件内力计算^[3]结果见表3。

表2 前板桩墙踢脚稳定性计算结果

力矩	压力	标准值/ (kN·m)	分项系数	组合值/ (kN·m)
	墙后主动土压力	18 299	1.35	
倾覆矩	剩余水压力	409	1.35	31 431
	堆载土压力	3 437	1.35	
	波浪力	1 181	1.30	
稳定矩	墙前被动压力	68 909	1.15	59 921

表3 码头主要构件内力计算结果

构件	弯矩/ (kN·m)	轴向 压力/kN	轴向 拉力/kN	应力/MPa
钢板桩	792	429		325
$\phi 800$ PHC桩	141	2 825		
$\phi 1 200$ PHC桩	916	6 517	-2 114	
横梁	4 710	625		

注: 本工程钢板桩选用Q390钢材, 容许应力 $[\sigma]=350$ MPa。

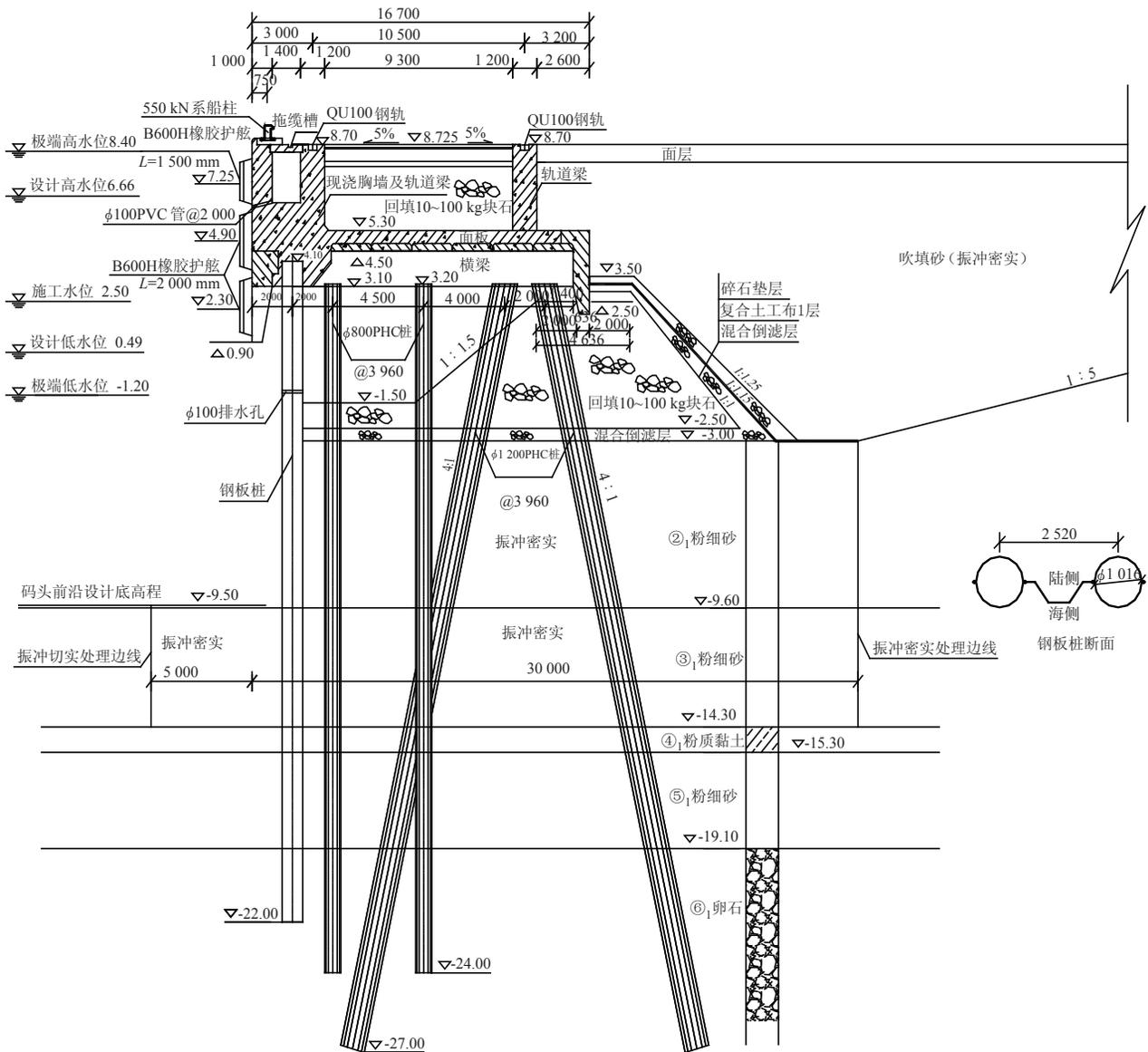


图3 前板桩高桩结构码头断面

4 结语

本文推荐的前板桩高桩结构作为一种较为新颖的结构形式，具有独特的优点：

- 1) 适用于陆域狭窄且地震烈度较大的地区；
- 2) 高桩承台及其后方挡土板减小作用在板桩上的土压力；
- 3) 钢板桩选用钢管型组合桩，充分发挥了材料抗弯性能；
- 4) 泄水孔基本消除了作用在钢板桩上的剩余水压力；
- 5) 振冲密实消除了地基的液化，确保结构安

全可靠。

由于本工程结构计算中未考虑桩基遮帘作用可能导致钢板桩断面偏大，建议下一步通过桩土相互作用的三维模型研究桩基遮帘的影响，进一步优化结构断面。

参考文献：

- [1] JTS 146—2012 水运工程抗震设计规范[S].
- [2] JTS 167-3—2009 板桩码头设计与施工规范[S].
- [3] 桂劲松, 孟庆, 李振国, 等. 基于PLAXIS的板桩结构非线性有限元分析[J]. 水运工程, 2011(6): 11-15.

(本文编辑 郭雪珍)