# 一种新型衬砌混合式内河码头结构设计

吴新田1,韩朋2,江浪3

(1. 安徽港口运营集团有限公司,安徽 芜湖 241000; 2.3. 安徽省交通科学研究院,安徽 合肥 230000)

摘 要:针对内河码头结构设计,综合考虑自然条件、施工条件、经济合理等因素,当码头区域地基基础较好,结构主体建基面普遍位于岩层体内时,选取衬砌式+重力式混合结构。结合 MIDAS GTS NX 有限元模型分析,对主体结构及边坡稳定进行计算。结果表明,对于地基为岩基的内河码头,采用衬砌式挡土墙结构,既能确保结构安全、工程质量,又能有效节省投资。

关键词: 内河码头; 衬砌式挡土墙; 结构计算

中图分类号: U65 文献标识码: A 文章编号: 1006-7973 (2022) 10-0108-02

近年来,我国对内河水运日益重视,内河水运事业发展已上升为国家发展战略。内河港口作为内河水陆交通枢纽,是区域经济社会发展的重要基础、城镇建设的重要保障、沿河产业发展的重要依托,促进了内河航道航运功能、沿河文旅产业融合发展、生态环境改善和航道沿线整体发展水平的提高<sup>11</sup>。

码头作为供船舶停靠、装卸货物和上下旅客的水工建筑物,要求结构选型安全可靠、经久耐用、经济合理<sup>[2]</sup>。在结构设计过程中,综合考虑自然条件、施工条件和使用要求等因素,确定码头结构型式。同时尽量利用当地的材料、施工条件和成熟的施工经验<sup>[3]</sup>。

本文通过分析水文、地质、施工等条件,经结构方案比选,拟采用一种新型衬砌混合式码头结构。基于MIDAS GTS NX 计算软件,建立码头结构有限元模型,对结构稳定性进行了验算,并提出了若干建议,可为类似工程设计提供参考。

#### 1 工程概况

拟建码头工程水工结构安全等级为二级,泊位等级为500t级,水工结构兼顾1000t级。码头长度为300m,前沿作业平台宽15m。码头顶面高程为11.5m,设计港池底高程为1.8m。

根据施工图设计阶段详细地质勘探资料,港区自上而下主要分布有:①杂填土,成分多为粉质粘土夹碎石、块石等尾矿杂物,高压缩性。厚0.8m~5.4m,全场地分布;②粉质粘土,局部夹杂薄层状粉土,干强度中等,中等韧性,摇震反应慢,无光泽,中等压缩性。厚0.6m~1.4m,局部分布;③中风化岩,岩质坚硬、岩体完整性较好,平均控制厚度为14.14m,层顶最低标高为6.05m,全场地分布。

#### 2 结构选型

内河码头主要有重力式、高桩、板桩、浮码头等结构形式。而在平原地区航道中,重力式码头是应用较为广泛的一种结构形式。其工作特点是依靠结构本身及其上面填料的重力保持结构自身的滑移稳定和倾覆稳定,由于自身重力大、地基承受的压力大,故重力式码头适用于较好的地基,它也是具有高耐久性和对超载、工艺变化适应能力最强的一种结构<sup>[4]</sup>。

本工程码头主体建基面均位于中风化岩体内,具有很好的地基基础,故而选用重力式挡墙结构形式。传统重力式挡墙结构形式具有基槽开挖面大的特点,针对本工程需爆破、凿除大量的岩体,施工难度大,工程造价高<sup>[5]</sup>。故本工程码头结构拟采用新颖的衬砌式挡墙结构,即上部为重力式,下部为衬砌式<sup>[6]</sup>。该结构具有基槽开挖面小、施工快、自重轻、造价低等优点。结构断面图见图 1。

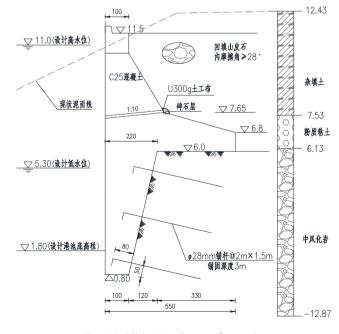


图 1 码头结构断面 (尺寸: cm; 高程: m)

上部重力式挡墙墙高 5.5m, 底宽 5.5m, 墙后回填 山皮石;下部衬砌墙墙高 5.2m, 底宽 1.0m。完建期工 况墙后水位 7.5m, 墙前水位 1.8m, 由于墙前后水位差 较大,墙后回填土较高,为保证下部衬砌墙与岩基牢固 连接及结构整体抗倾覆稳定性,在衬砌墙布置 Φ28 的 锚筋 @2.0m×1.5m。

## 3 混合式结构有限元计算分析

## 3.1 主要材料设计指标

本工程采用 MIDAS GTS NX 有限元软件对混合式结构整体建模分析,模型中各种材料设计指标取值见表 1。

	•				
材料	弹性模量/MPa	密度/ (t/m³)	泊松比	粘聚力	内摩擦角
混凝土	2.8×10 <sup>4</sup>	2.5	0.17		
回填山皮石 (水上)	500	1.8	0.3	0	28
回填山皮石 (水上)	500	1.0	0.3	0	26
地基岩体	8.0×10 <sup>4</sup>	1.0	0.28	32	30

表 1 主要材料设计指标

## 3.2 设计荷载

### 3.2.1 码头荷载

- (1)恒载:水工建筑物自重、土压力。
- (2)码头面均布荷载: 20kPa。
- (3) 流动机械荷载: 30t 牵引平板车。
- (4)工艺荷载: 弧形摆动式装船机: 基础正压力为 500kN, 水平力为 50kN, 倾覆力矩为 180kN·m。弧形轨道半径 12m,最大轮压 200kN。

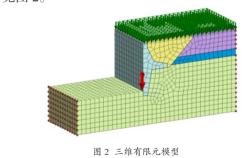
## 3.2.2 船舶荷载

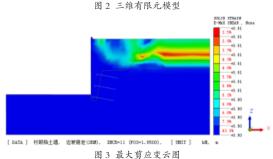
系缆力: 172kN;

撞击力: 412kN。

## 3.3 结构计算

采用 MIDAS GTS NX 有限元软件建立码头实体模型,见图 2。





DISPLACEMENT TOTAL T, max 4.4%+0.14 2.4%+0.13 2.4%+0.12 3.8% +0.12 3.8% +0.01 4.7% +0.00 3.0% +0.07 3.9% +0.06 6.4% 6.6% 9.7% 40.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00 10.00

图 4 衬砌混合式挡土墙位移云图 (单位: mm)

图 3、图 4 分别为码头结构最大剪应变云图和衬砌混合式挡土墙位移云图。

计算结果显示,边坡整体稳定性安全系数为 1.95,满足规范要求。

# 4 总结

## 4.1 结论

- (1)本文通过综合考虑自然条件、施工条件、经济合理、安全可靠等因素,码头结构选型采用衬砌混合式挡土墙结构。通过有限元计算分析,码头结构及边坡稳定均满足安全要求。
- (2)合理的结构设计不仅可以保证安全、便于施工,还可以有效减少工程投资。

#### 4.2 建议

码头施工期中应做好变位及变形观测,使用期严格 按设计限制荷载及使用要求运营。

#### 参考文献:

- [1] 仝佗, 刘慧芳, 禹化强, 丁永和, 宋振宁. 内河重力式 码头结构设计优化 [J]. 水运工程, 2021(10):173-178+183.
- [2] 惠阳鸿. 试析重力式码头抗滑、抗倾稳定性 [J]. 珠江水运,2021(12):53-54.
- [3] 黄立杰. 港口重力式码头施工关键技术 [J]. 珠江水运,2021(11):39-40.
- [4] 寇本川, 苏航, 孙冉. 重力式方块码头墙身结构最小宽度计算[]]. 水运工程, 2021(03):78-82.
- [5] 陆阳. 港口重力式码头施工技术要点分析 [J]. 中国水运,2018(08):76-77.
- [6] 王勤振,于忠涛,汤建宏.高水头混合式闸室墙衬砌锚筋的计算方法[J]. 水运工程,2018(02):117-122.