

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 $\Phi 28$ 的锚筋 $@2.0\text{m} \times 1.5\text{m}$ 。

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。

表 1 主要材料设计指标

材料	弹性模量/MPa	密度/(t/m ³)	泊松比	粘聚力	内摩擦角
混凝土	2.8×10^4	2.5	0.17		
回填山皮石(水上)	500	1.8	0.3	0	28
回填山皮石(水下)	500	1.0	0.3	0	26
地基岩体	8.0×10^4	1.0	0.28	32	30
锚筋	1.96×10^5	7.85	0.3		

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 $180\text{kN} \cdot \text{m}$ 。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。

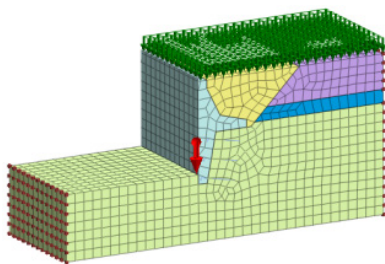


图 2 三维有限元模型

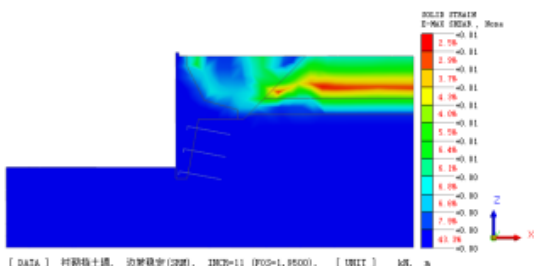


图 3 最大剪应变云图

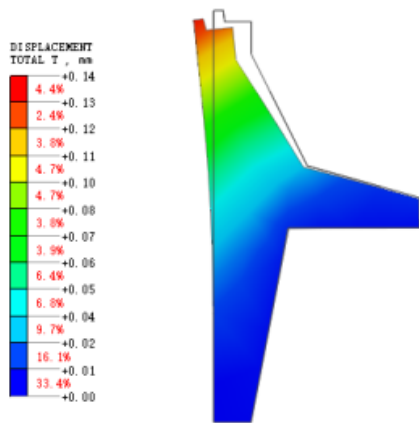


图 4 衬砌混合式挡土墙位移云图 (单位: mm)

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] 仝仝, 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 [J]. 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.