

高桩码头端部悬臂板受力分析

宁庆臣, 马煜佳

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510000)

摘要: 现行的 JTS 167-2018《码头结构设计规范》中高桩梁板码头面板一般都按照单向板或双向板进行计算, 但规范中对高桩梁板码头悬臂端面板计算无明确规定, 常规设计中多按照悬臂板进行计算, 但悬臂板计算忽略了横梁、纵梁刚度对面板的约束作用, 其计算结果存在一定缺陷。本文采用有限元法对高桩梁板码头悬臂板内力进行计算, 结果表明常规计算方法未能算得悬臂板沿纵梁方向弯矩, 而该方向弯矩对悬臂板结构设计起控制作用。

关键词: 高桩码头; 悬臂端; 面板设计; 有限元

中图分类号: U656.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2023) 03—0029—03

1 引言

高桩码头是一种典型的码头结构型式, 其主要由码头面板、纵梁、横梁、桩基组成。现行的《码头结构设计规范》(JTS 167—2018)^[1]中码头面板根据其支撑状态及长宽比分为单向板或双向板进行计算, 但对于高桩码头一个结构段两端的悬臂板, 规范中未明确其受力计算方法。在实际工程中, 对于结构段两端的悬臂板设计人员多按照悬臂板受力进行计算, 有时也按照《建筑结构静力计算手册》中三边固定一边自由的板进行计算^[2]。

按照悬臂板受力进行计算时, 忽略了纵梁刚度对板约束的影响, 其计算结果中只能算的悬臂板根部顶部沿纵梁方向的弯矩 M_y^0 。而悬臂板底部两个方向因无计算结果, 一般只能参照顶部配筋进行构造配筋, 承受均布荷载时, 横向分布钢筋不少于主筋 15%, 承受集中荷载时, 横向分布钢筋根据宽跨比不同, 横向分布钢筋不少于主筋的 20%~35% 不等^[3]。

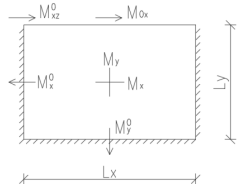


图 1 三边固定一边自由板示意图

按照三边固定一边自由的板计算时, 即假定横梁和纵梁对板的约束均为固定约束, 最外侧为自由边, 如图 1 所示, 其计算结果可以算的横梁约束处顶部沿纵梁方向弯矩 M_y^0 , 纵梁约束处弯矩 M_x^0 , 板中心处弯矩 M_x 、 M_y , 自由边沿横梁方向跨中弯矩 M_{0x} 、支座弯矩 M_{xz}^0 。由于横梁和纵梁截面尺度相差较大, 其刚度差异会更大, 以横梁对板的约束能力作为比较, 纵梁对板的约束能力会大幅减小, 即梁和板的刚度之比对面板内力影响较大^[4], 故按照三边固定一边自由的板计算也存在一定的局限性。

本文以某高桩框架码头为例, 采用常规悬臂板计算方法、三边固定一边自由计算方法以及 MIDAS 有限元软件对码头端部悬臂段面板进行计算, 对比分析常规算

法和有限元算法下面板内力分布, 并探讨纵梁间距、纵梁刚度对高桩码头悬臂板内力的影响, 研究成果对高桩码头面板结构设计具有一定的指导意义。

2 工程概况

某码头采用高桩框架结构, 码头面宽度 25m, 纵梁间距 3.0m (3.2m), 单个结构段长度 36.5m, 结构段两端悬臂长 2m, 排架间距 6.5m。码头结构断面图如图 2 所示。

码头设计荷载: ①恒载: 结构自重; ②均布荷载: 40kpa; ③ 70t 汽车式起重机打支腿作业, 最大支腿荷载 424kN, 作用面积大小 $0.6 \times 0.6\text{m}$ 。

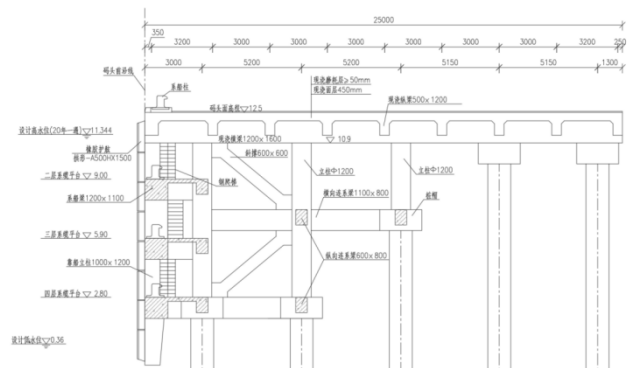


图 2 码头结构断面图

3 高桩码头悬臂板内力计算

3.1 计算方法

方法一: “悬臂板”, 即按照悬臂板计算, 可以算的悬臂板根部顶部沿纵梁方向的弯矩 M_y^0 。

方法二: “三边固定一边自由板”, 即按照三边固定一边自由的板计算^[2], 如图 1-1 所示, 可通过查表计算均布荷载作用下横梁约束处顶部沿纵梁方向弯矩 M_y^0 , 纵梁约束处弯矩 M_x^0 , 板中心处弯矩 M_x 、 M_y , 自由边沿横梁方向跨中弯矩 M_{0x} 、支座弯矩 M_{xz}^0 ; 局部均载 (支腿荷载) 无相应表格查询, 无计算结果。

方法三: “有限元 (无纵梁)”, 即采用有限元进

行计算,根据上述工程案例采用 MIDAS GTS NX 建立有限元模型,其中,面板采用板单元模拟,横梁采用梁单元模拟,桩基采用梁单元模拟,桩端按照嵌固点进行约束,不建立纵梁模型,验证方法一计算结果,计算结果中可根据设计需要提取任意部位内力。

方法四:“有限元(有纵梁)”,即采用有限元进行计算,根据上述工程案例采用 MIDAS GTS NX 建立有限元模型如图 3 所示,其中面板采用板单元模拟,横梁、纵梁采用梁单元模拟,桩基采用梁单元模拟,桩端按照嵌固点进行约束,计算结果中可根据设计需要提取任意部位内力。

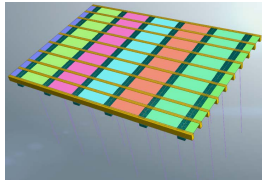


图 3 码头悬臂板有限元模型

3.2 计算结果

计算结果中提取悬臂板主要部位的内力结果,计算结果详见表 1。

表 1 码头悬臂板内力计算结果 单位(kN·m)

项目	均载			支腿		
	M_y^0	M_{0x}	M_{0z}^0	M_y^0	M_{0x}	M_{0z}^0
方法一:“悬臂板”	80.0	/	/	180.2	/	/
方法二:“三边固定一边自由板”	19.9	12.4	30.6	/	/	/
方法三:“有限元(无纵梁)”	80.0	/	/	174.6	128.4	/
方法四:“有限元(有纵梁)”	32.7	9.7	22.2	89.0	132.6	85.1

注:上述内力结果位置详见图 1。

3.3 计算结果分析

按照方法三、方法四,可提取任意部位内力,表 1 中提取了主要受力部位弯矩。

按照方法一,仅算出悬臂板根部顶部沿纵梁方向的弯矩 M_y^0 ,均载作用下最大弯矩为 $80.0\text{kN}\cdot\text{m}$,支腿荷载作用下最大弯矩为 $180.2\text{kN}\cdot\text{m}$;按照方法三计算结果分别为 $80.0\text{kN}\cdot\text{m}$ 、 $174.6\text{kN}\cdot\text{m}$,计算结果基本一致,说明方法一计算所得 M_y^0 结果可靠;但方法三可计算求得宽度方向跨中弯矩 M_{0x} ,如图 4 所示,悬臂板外缘单位宽度范围内平均弯矩约 $82.8\text{kN}\cdot\text{m}$,而方法一无法算得该部位弯矩。

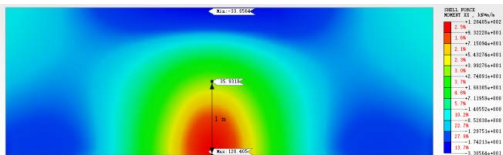


图 4 支腿荷载作用下悬臂板宽度方向跨中弯矩(M_{0x})计算结果

按照方法二,可计算得出均布荷载作用下主要受力部位弯矩,其最大弯矩 $30.6\text{kN}\cdot\text{m}$ 是自由边沿横梁方向支座弯矩 M_{0z}^0 ,而相应有限元计算结果中最大弯矩 $32.7\text{kN}\cdot\text{m}$ 是横梁约束处顶部沿纵梁方向弯矩 M_y^0 ,二者最大弯矩出现部位不同,且同一部位计算结果也有差

异。主要原因是“三边固定一边自由板”中认为横梁和纵梁对面板的约束效应是一样的,而有限元模型中则能考虑梁的刚度,由于梁刚度不同对面板的约束效应不同,导致方法二与方法四计算结果有差异。

方法一与方法四计算结果相比,结果差异也较大,且按照方法一无法算得顶部沿横梁方向弯矩(M_{0x} 、 M_{0z}^0),只能按照 15%~35% 主筋面积进行构造配筋。而通过有限元计算结果可知,沿横梁方向支座弯矩 M_{0z}^0 约 $132.6\text{kN}\cdot\text{m}$,比沿纵梁方向弯矩 M_y^0 约 $89.0\text{kN}\cdot\text{m}$ 还大,起控制作用,若按照构造配筋则不能满足承载力要求。因此高桩梁板码头悬臂板按照常规悬臂板计算方法存在一定缺陷。究其原因,主要是横梁、纵梁刚度比面板刚度大,对面板内力的分布产生较大影响。

4 纵梁刚度对悬臂板内力影响分析

为了研究横梁、纵梁刚度对面板内力的影响效应,码头按照 2m、3m、4m、5m、6m、无穷大(即无纵梁)几种不同纵梁间距进行有限元计算,分析纵梁间距对高桩梁板码头悬臂板内力的影响,计算结果详见表 2。

表 2 不同纵梁间距下码头悬臂板内力计算结果 单位(kN·m)

项目	均载			支腿		
	M_y^0	M_{0z}^0	M_{0x}	M_y^0	M_{0z}^0	M_{0x}
2m	19.5	12.7	5.8	53.1	60.8	112.3
3m	32.7	21.9	9.7	89.0	85.1	132.6
4m	39.2	32.7	10.1	123.0	87.6	138.5
5m	48.9	38.7	10.4	146.4	77.6	137.6
6m	59.1	40.7	8.4	159.9	63.4	134.9
无穷大(无纵梁)	80.0	/	/	174.6	/	128.4

以上计算结果中基于码头结构两端悬臂板长度 L 为 2.0m,以纵梁间距 B 与悬臂板长度 L 之比作为 x 轴,各部位弯矩为 y 轴,各部位弯矩随 B/L 变化如图 5、图 6 所示。

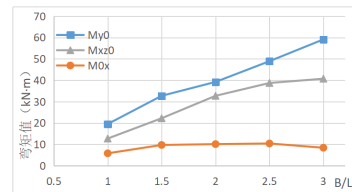


图 5 均布荷载作用下各部位弯矩随 B/L 变化图

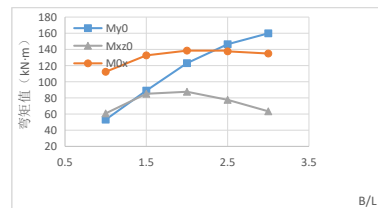


图 6 支腿荷载作用下各部位弯矩随 B/L 变化图

由图 5 及图 6 可以看出,在均布荷载和支腿荷载作用下,面板顶部沿纵梁方向弯矩 M_y^0 均随纵梁间距变大而增大,当纵梁间距无限大即不考虑纵梁刚度影响时,弯矩则达到最大值,最大值分别为 $80\text{kN}\cdot\text{m}$ 、 $174.6\text{kN}\cdot\text{m}$,其变化规律与纵梁刚度对面板约束效果一致。

基于水文气象预报的 大连港船舶安全进出港时间窗口分析

王辉, 柯文文

(大连海事大学, 辽宁大连 116026)

摘要: 根据现有的船舶进出港要求和实际的调研分析数据, 以大连港三条典型的船舶进出港航道为例, 分析港口的水文气象数据, 并对船舶进出港通行窗口进行建模。模型根据水文气象预报, 结合航道和进港船舶信息, 预测船舶安全进出港时间, 辅助船舶及时有效地进行安排调度, 增强港口解决问题的能力, 在提高船舶经济和港口调度效率上具有重要意义。

关键词: 水文气象; 大连港; 港口调度; 时间窗口

中图分类号: U698

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2023) 03—0031—03

近年来, 随着我国各个港口船舶进出港数量日趋繁重, 进出港环境越加复杂, 难度和强度也不断增大。且由于极端恶劣天气频发, 天气因素船舶进出港航行的影响越来越大, 恶劣天气是影响船舶正常调度的重要原因。国内外学者对此做了大量的研究, 蔡文学等^[1]综合考虑时间约束、拖轮资源、航行安全和潮汐等影响因素, 建立了船舶疏散调度优化模型。李安^[2]根据船舶的大小、装载、吃水以及所执行的任务, 探究大风、浓雾、暴雨等天气下船舶的安全引航的技术和措施。许长彬^[3]通过研究天气影响下船舶延误恢复问题, 提出了港口船舶延误恢复多目标优化模型和基于数据挖掘的船舶进出港时间特征费逆袭方法。王志成^[4]等针对雾天能见度较低、视线不良等影响进出港船舶的通航安全的问题, 以大连

港为例提出了雾航的能见度标准、保障条件和应急措施。

通过实际调查研究发现, 港口船舶进出港调度大多是手动排班模式和依据经验的工作模式, 港口水文气象信息显示不够直观, 判断安全进出港时间时效率较低, 需要在此方面进一步研究, 通过有效的数据和结论为相关人员的决策进行支撑。

1 大连港水文气象概况

大连港位于北纬 $38^{\circ} 55' 44''$, 东经 $121^{\circ} 39' 17''$, 其自然情况如表 1 所示, 其中降雨、冰雹、雷暴等天气常常伴有大风大浪等特征, 因此在模型中不单独考虑, 使用风、浪的大小进行风险判断。

悬臂板自由边沿横梁方向支座弯矩 M_{xz}^0 随纵梁间距变大而增大, 均载作用下, 纵梁相当于面板的支座, 纵梁间距越大即跨度越大, 故沿横梁方向支座弯矩也有逐渐变大趋势。而在支腿荷载作用下, 悬臂板自由边沿横梁方向跨中弯矩 M_{0x} 和支座弯矩 M_{xz}^0 无明显变化规律, 该部位面板受力可简单看做是三边固定一边自由板, 受悬臂端长度、纵梁间距、横梁与纵梁刚度等因素影响, 难以给出极值出现位置。

5 结论

通过上文对高桩码头悬臂板内力的分析, 可得出以下结论:

(1) 按照常规“悬臂板”计算方法计算所得悬臂板顶部沿纵梁方向弯矩 M_y^0 结果可信, 满足该方向结构设计要求。

(2) 常规“悬臂板”计算方法无法算得悬臂板自由边沿横梁方向跨中弯矩 M_{0x} 和支座弯矩 M_{xz}^0 , 而该部位弯矩对面板配筋起控制作用, 结构设计中对此部位应特别注意, 建议采用有限元进行计算。

(3) 悬臂板自由边沿横梁方向跨中弯矩 M_{0x} 和支座弯矩 M_{xz}^0 , 受纵梁跨度、横梁刚度、纵梁刚度等因素影响, 其最大值出现位置还需进一步研究。

参考文献:

- [1] JTS 167-2018, 码头结构设计规范 [S].
- [2] 《建筑结构静力计算手册》编写组. 建筑结构静力计算手册 [M]. 2版. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998.
- [3] JTS 151-2011, 水运工程混凝土结构设计规范 [S].
- [4] 冯沛芸, 吴兵, 傅学怡. 梁板刚度比变化对板内力的影响 [J]. 广东土木与建筑, 2008(11):4.