

老码头结构改造中采用有限元方法进行精细化计算的研究

 刘红涛¹ 王志瑜²

(1.威海市双岛湾开发投资有限公司, 威海 264200; 2.中交第一航务工程勘察设计院有限公司, 天津 300222)

摘要: 本文基于秦皇岛港煤码头一期工程, 对码头沉箱外墙抹角对支座位置配筋的影响进行研究。为本项目的结构核算提供依据。同时也可今后沉箱配筋提供参考依据。

关键词: 抹角; 配筋

Research on Fine Calculation by Finite Element Method in Old Wharf Structure Reconstruction

Liu Hongtao¹ Wang Zhiyu²

(1.Weihai shuangdaowan development and Investment Co., Ltd, Weihai,264200; 2.CCCC First Harbor Consultants Co., Ltd., Tianjin 300222)

Abstract: Based on the Qinhuangdao Port Coal Terminal Phase I project, this paper studies the influence of the rubbing angle of the external caisson of the terminal on the reinforcement of the bearing position. Provide a basis for the structural accounting of the project.

At the same time, it can also provide a reference for the future caisson reinforcement.

Key words: Wipe corner Reinforce

引言

近几年建设年代久远的码头由于设备老化等原因导致故障频繁, 维修成本高, 维修时间长, 越来越难于保证正常生产的需要, 同时也存在一些无法根除的安全隐患。根据生产需要, 老码头的设备更新成为了近几年常见的课题。现有设备的重量一般超过原码头设备, 需对原码头构件进行核算。由于这些码头均在国家贫弱时期建设, 缺乏经验, 资金短缺, 构件安全度较小, 随着近年来国家全方位的迅速发展, 积累了丰富的工程经验, 不断完善相关规范, 原设计的构件在荷载不变的情况下很慢满足现行规范要求, 这就要求我们在进行构件核算时候做到精细化计算。

1 工程概况

秦皇岛港煤码头一期工程位于秦皇岛港东港区, 为专业化煤码头, 共有四台装船机, 煤一期始建于 1977 年, 于 1983 年投产运营, 至今已经 37 年。煤一期共 2 个泊位, 全长 507m, 前沿底高程-14.0m, 码头顶高程 5.0m。码头设计船型为 5 万吨级散货船, 经泊位吨级升级改造后, 可减载靠泊 7 万吨级散货船。

煤一期码头主体结构为重力式开孔沉箱结构, 分为靠船沉箱和非靠船沉箱, 靠船沉箱上部为系船块体, 非靠船沉箱上部为预制混凝土空心方块。由于当时国家经济贫困、缺少经验、缺乏资金, 设计过程中本着最大限度节约投资的目的, 码头结构安全储备较低, 随着经济发展, 国力的增强, 工程经验的丰富, 规范根据实践经验进行了相应修改。导致了现在很多已建工程在改造过程中发现原设计很难满足现行规范的要求。本项目在查阅了原计算书的过程中发现沉箱的受力计算及荷载组合与现行规范基本一致, 但沉箱支座位置的配筋都考虑了 1/3 抹角的高度, 为验证该设计经验的正确性并为今后类似构件的计算提供依据, 故做此研究。

2 设计条件

1) 设计水位 (当地理论最低潮面):

设计高水位: 1.76m

设计低水位: -0.15m

极端高水位: 2.66m

极端低水位: -1.71m

2) 码头前沿采用设计波浪见表 1 (SE 向 50 年一遇):

表——1

极端高水位				设计高水位				设计低水位			
H1% (m)	H5% (m)	H13% (m)	T (s)	H1% (m)	H5% (m)	H13% (m)	T (s)	H1% (m)	H5% (m)	H13% (m)	T (s)
3.5	2.9	2.4	6.4	2.9	2.4	3.3	6.4	2.3	3.5	2.9	6.4

3) 码头均载:

工作状态: 码头前沿 40m 范围内为 5kPa。

非工作状态: 如遇 50 年一遇大浪, 码头前沿 40m 范围内不应堆放任何货物;

其他非工作状态, 码头前沿 40m 范围内为 5kPa。

4) 装船机荷载: 前轨距码头前沿线为 3.5m

装船机: 轨距 10.5m, 基距 10.5m, 额定能力 2500t/h。轮距 0.765m, (海侧/陆侧) 每腿轮数 5 个, 轮压 230kN/轮, 垂直于轨道的水平力为轮压的 10%。

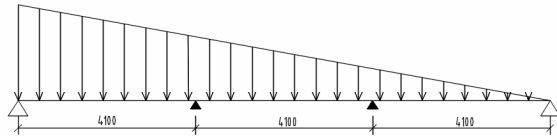
5) 流动机械:

70t 汽车吊 (设备安装维修荷载) 打支腿吊 40T 作业、55t 汽车满载作业, 5m³ 单斗装载机满载作业、25t 叉车满载运行。

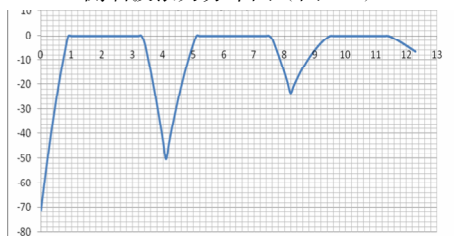
3 计算结果及分析

本工程中沉箱高 15.3m, 断面方向长度为 13.5m, 纵向长度为 9.9m, 沉箱仓格尺寸为 4.5mX4.1m, 沉箱隔墙、前墙、后墙及侧墙厚度均为 0.3m, 两墙交界处均设置抹角, 抹角尺寸均为 200mmX200mm, 沉箱混凝土强度等级为 R250 (相

当于现行规范中 C17 混凝土的强度), 钢筋抗拉强度设计值为 260 N/mm^2 , 钢筋净保护层 40mm 。本工程中侧墙 $1.5L$ (L 为断面方向仓格宽度, 4.1m) 以上范围只有波浪力作用, 本次以该工程沉箱的侧墙为基础进行验证并且做相应拓展研究, 侧墙 $1.5L$ 以上波浪力分布为三角形, 波浪力分布图见图 1, 最大荷载为 35kN/m , 图 2 为按照三跨连续板计算得到的侧墙弯矩分布图。



侧墙波浪力分布图 (图—1)

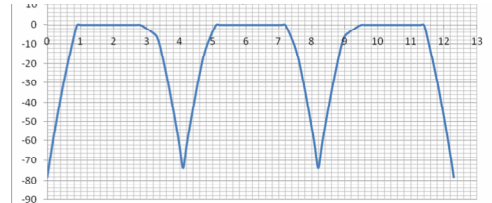


三角形荷载作用下弯矩分布图 (内力值为 $\text{kN}\cdot\text{m}$) (图—2)

从图 2 中可以看出海侧支座最大弯矩为 $71.8\text{kN}\cdot\text{m}$, 负弯矩的分布宽度为 0.9m , 负弯矩降低迅速, 到抹角边缘 (抹角共 0.2m) 位置负弯矩为 $52.22\text{kN}\cdot\text{m}$, 降低幅度为 27% , 抹角尺寸为 0.2m , 计算跨度为 4.1m , 仅用了 $1/20.5$ 的跨度就将弯矩降低了 27% 。本工程中配置支座钢筋时考虑 $1/3$ 的抹角尺寸, 即计算钢筋面积时采用 $71.8\text{kN}\cdot\text{m}$ 的弯矩, 板厚采用 $0.3\text{m}+0.0667\text{m}$, 在这种情况下计算得到的钢筋面积为 886mm^2 。为了验证这种计算方法是否能够满足实际要求,

还应计算抹角边缘位置钢筋是否满足需要, 抹角边缘钢筋应为满足 $52.22\text{kN}\cdot\text{m}$ 的弯矩需要, 计算厚度取为 0.3m , 计算得到的钢筋面积为 825mm^2 。通过以上计算结果可知配置支座钢筋时考虑 $1/3$ 厚度的抹角尺寸可以满足沉箱配筋的需要, 这主要是由于支座位置弯矩降低速度很快导致的。

以上计算是按照三角形荷载分布进行计算的, 而前后墙所受外力均为矩形分布, 分布荷载为 35kN/m , 下图为矩形荷载分布情况下墙体弯矩分布图。



矩形荷载作用下弯矩分布图 (内力值为 $\text{kN}\cdot\text{m}$) (图—3)

从图-3 中可以看出支座位置最大弯矩为 $78.4\text{kN}\cdot\text{m}$, 负弯矩的分布宽度为 0.9m , 负弯矩降低迅速, 到抹角边缘 (抹角共 0.2m) 位置负弯矩为 $57.22\text{kN}\cdot\text{m}$, 降低幅度为 27% , 抹角尺寸为 0.2m , 计算跨度为 4.1m , 仅用了 $1/20.5$ 的跨度就将弯矩降低了 27% 。由此可见支座位置的弯矩只需要 20.5 分之 1 的长度即可降低 27% 。

由以上计算可知荷载分布形式不影响支座弯矩变化的速率, 即在远离支座的过程中, 弯矩值减小的速率基本一致。为了搞清楚不同跨度以及不同厚度的墙体在计算支座弯矩过程中是否能够考虑 $1/3$ 抹角的厚度来进行配筋计算, 对常用仓格跨度及沉箱壁厚进行内力及配筋计算, 计算中沉箱抹角均取 0.2m (沉箱外壁抹角基本为 0.2m)。沉箱壁厚取 $0.25\text{m}\sim 0.4\text{m}$ (计算梯度 0.05m), 计算跨度取 $3.8\text{m}\sim 5.0\text{m}$ (计算梯度取 0.3m), 均布荷载为 35kN/m , 计算结果见表-1。

计算成果表

表-1

壁厚(m)	跨度(m)	最大弯矩(kN.m)	抹角与沉箱壁交点弯矩(kN.m)	最大弯矩(壁厚+1/3抹角厚度)计算配筋面积(m^2)	抹角与沉箱壁交点弯矩(壁厚)计算配筋面积(mm^2)
0.25	3.8	42	30	607	578
	4.1	49	36	709	695
	4.4	56	42	817	817
	4.7	64	49	933	956
	5.0	73	56	1071	1102
0.3	3.8	42	30	509	460
	4.1	49	36	594	552
	4.4	56	42	680	645
	4.7	64	49	783	760
	5.0	73	56	894	871
0.35	3.8	42	30	438	382
	4.1	49	36	513	460
	4.4	56	42	586	537
	4.7	64	49	675	632
	5.0	73	56	770	723
0.4	3.8	42	30	385	327

	4.1	49	36	450	393
	4.4	56	42	516	460
	4.7	64	49	593	540
	5.0	73	56	677	618

注：①. 表中计算采用强度等级为 C35 的混凝土，抗拉强度为 360N/m²的钢筋，钢筋净保护层 40mm，均载 35kN/m。

②.墙厚对内力影响很小，影响的数值均在小数位置可忽略不计。

计算结果显示当壁厚在 0.3m~0.45m，计算跨度在 3.8m~5.0m 之间时支座位置配筋时考虑抹角 1/3 的高度是可以满足沉箱的受力要求的；当壁厚为 0.25m 时计算跨度在 4.4m 以下支座位置配筋时考虑抹角 1/3 的高度是可以满足沉箱的受力要求的；其它情况应进行有限元分析再行计算。

根据本文的成果在核算老码头改造时只要沉箱结构满足本报告中对于尺度的限制条件，即可利用 1/3 的抹角高度核算支座配筋，在新建工程中利用 1/3 的抹角高度计算支座位置配筋，可以大量的节约钢筋，降低造价。

4 结论

第一：秦皇岛港煤码头一期工程中的沉箱墙体支座位置配筋计算可考虑 1/3 的抹角高度。

第二：墙体厚度在 0.3m~0.4m 之间，计算跨度在

3.8m~5.0m 之间时，沉箱墙体支座位置配筋计算可考虑 1/3 的抹角高度。基本上涵盖了大多数沉箱的外墙厚度及仓格尺寸。

当墙体尺寸和仓格尺寸不在本文计算的范围之内时，应做充分论证之后再决定是否考虑 1/3 的抹角尺寸。

参考文献：

[1]水运工程混凝土结构设计规范 [JTS 151-2011]，人民交通出版社. 2011

[2]码头结构设计规范 [JTS 167-2018]，人民交通出版社股份有限公司 2018..

[3]码头结构设计规范 [JTS 167-2018]，人民交通出版社股份有限公司 2018..