

大型干船坞的加固及渗流问题分析

张磊磊¹, 顾美娟², 袁新明¹

(1. 扬州大学水利科学与工程学院, 江苏 扬州 225009;

2. 江苏省水利勘测设计研究院有限公司, 江苏 扬州 225009)

摘 要: 针对一大型干船坞使用过程中出现的问题列出拟采取的加固处理方案, 并重点对船坞加固前后的渗流进行了有限元分析和对比, 认为增设一道连续墙能够起到截渗和确保坞室墙稳定的作用, 另外加强坞室底板四周的排水可以有效地减少坞底的渗透水压力, 结论可为干船坞的加固改建提供一定参考。

关键词: 干船坞; 加固; 渗流分析; ADINA 软件

中图分类号: U673.331

文献标识码: A

文章编号: 1672—1144(2007)04—0090—03

Reinforcement Measures and Seepage Analysis of Large Dry Dock

ZHANG Lei-lei¹, GU Mei-juan², YUAN Xin-ming¹

(1. Hydraulic Science and Engineering College of Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009, China;

2. Jiangsu Investigation and Design Research Co. Ltd. of Water Conservancy, Yangzhou, Jiangsu 225009, China)

Abstract: The reinforcement measures are pointed out for the seepage problems of a large and old dry dock. To decrease the seepage discharge and strengthen the stability of the dock walls, an underground continuous wall is proposed to be constructed through the seepage analysis and comparison. And to increase the drainage area around the baseplate of the dock chamber may decrease the osmotic pressure under the bottom of the dock chamber efficiently. The conclusion above mentioned can provide references for the reinforcement and reconstruction of some other dry docks.

Keywords: dry dock; reinforcement; seepage analysis; ADINA software

1 工程概况

江苏大东造船厂3万吨级干船坞位于白塔河与长江交汇口东侧。船坞长248 m, 宽39 m, 深8.0 m, 坞室底板面高程为-2.5 m(以废黄河零点为基准), 坞室墙外地面高程5.5 m。该工程建成运行至今出现如下几个主要问题: 坞室墙面裂缝较多, 且有多处渗水、冒潮现象; 坞室底板下承压水较大, 承压水出口喷出水柱高度约0.5 m, 靠近坞尾100 m范围内出水量较大, 坞室底板全部处于潮湿状态; 坞室墙面无橡胶护舷; 坞室东墙外地面下沉, 混凝土地面裂缝较多; 坞室墙顶部砖砌挡浪墙裂缝较多, 尤其坞

首、坞尾裂缝宽度较大。由于上述问题的存在, 给船坞安全生产带来隐患, 经过论证后决定对船坞进行加固改建。

2 加固处理方案

2.1 坞室墙加固

由于坞室墙面裂缝较多、渗水严重, 为防止裂缝形成通缝, 将宽度大于0.3 mm的裂缝采用环氧树脂灌浆加固, 然后将墙面用0.2 m厚现浇钢筋混凝土护面, 混凝土内掺入改性聚丙烯纤维。具体做法是在墙面裂缝灌浆完成后, 将墙面清洗、凿毛, 并打锚筋孔, 埋设拉筋与护面钢筋网拉结, 锚筋孔间距为

收稿日期: 2007-06-06

修稿日期: 2007-07-14

作者简介: 张磊磊(1982—), 男(汉族), 江苏启东人, 硕士研究生, 主要从事工程水力学研究。

1.0 m × 1.0 m;侧墙护面竖向钢筋应打锚筋孔,锚入底板,使新老混凝土紧密结合,形成防护墙,可防止裂缝开展,阻挡墙面渗水;沉降缝渗水处理,拟在沉降缝渗水处用JSP膨胀橡胶嵌缝。

2.2 坞室底板加固

(1) 截渗措施

考虑在坞室内打地下连续墙,虽可减少坞室透水面,减少渗水量,但坞室墙底板下渗透力较大,不利于坞室墙稳定。而在距离坞室墙外侧18 m处增设一道0.22 m厚的连续墙,墙底高程为-19.0 m,形成地下围封屏障,拦截坞室墙后地下水,减少墙后地下水对坞室的补给;另外由于坞室墙外增设地下连续墙,降低了坞室墙后的地下水位,有利于坞室墙的稳定。

(2) 坞室排水

原坞室底板下排水系统为小石子、中石子、黄砂各0.15 m的反滤层,纵向设8道直径为5 cm的聚氯乙烯波纹管,两侧坞室墙前齿面设0.3 m × 0.3 m排水沟,从目前现状看,排水效果并不理想。为解决坞室底板排水问题,拟将坞室底板0.3 m厚混凝土全部凿除,重做排水系统,结合建造8万吨级船舶的荷载要求,重做坞室底板。反滤层自上而下为小石子、中石子、黄砂各0.2 m,其下铺0.350 kg/m²土工布一层;根据底板下格梁布置,横向每块底板下设置4根直径为0.2 m的透水软管,底板东、西侧各设一道0.5 m × 1.0 m排水沟,透水软管与排水沟连通,地下水和地表水通过排水沟排入集水坑,由机泵抽排出坞室。

(3) 船坞改造

原船坞设计为3万吨级,实际船坞净空可建造8万吨级船舶,为充分发挥船坞效益,将坞室底板按8万吨级船坞进行改造。为此需根据建造8万吨级船舶的荷载要求,在坞室中龙骨墩下增设两排直径为0.8 m的灌注桩基础,边龙骨墩下增设一排直径为0.8 m的灌注桩基础,灌注桩间距为6.0 m,桩顶设1.2 m × 1.5 m纵梁。灌注桩同时具有抗拔作用,可增强坞室底板抗浮性能。原坞室底板纵横梁上部钢筋保留,与现浇混凝土底板、纵梁连成整体。新建坞室底板板缝间均设置橡胶止水,为满足止水布置要求,需凿除原坞室墙前趾处的底板边梁,坞室墙前趾与底板间水平止水采用JSP膨胀橡胶止水。

2.3 其他

为满足船坞安全生产需要,拟增做坞室墙面橡

胶护舷。坞首门后两侧边墙各布置一个滚动橡胶护舷,护舷中心高程为3.5 m。坞室墙面间隔约30~50 m设一组,每组二道竖向橡胶护舷,护舷底部高程3.5 m,长度为2.0 m,每侧橡胶护舷为6组。

坞室东墙至吊车轨道梁之间的地面下沉较严重,主要是施工期间回填土不密实所致,拟将该处路面拆除重建,新建路面下采用0.3 m厚20%灰土路基,路面现浇0.3 m厚的混凝土。

坞室墙顶部砖砌挡浪墙裂缝较多,拟拆除重建。考虑到坞室墙建成至今,沉降基本稳定,新建挡浪墙仍采用0.37 m厚砖砌,墙高1.0 m,墙面外侧用水泥砂浆粉刷。

3 加固前后渗流分析

3.1 渗流计算原理

本文渗流计算采用ADINA软件,该软件中热传导模块的控制方程与稳定渗流的基本方程表达式一致,因此只要把热传导模块中的温度变量看成渗流计算时的水头,把热传导系数看成渗透系数,便可以用ADINA软件提供的热传导分析模块来求解渗流问题^[1~3]。

3.2 加固前渗流分析

3.2.1 模型计算区域和计算参数

模型尺寸取为252.44 m × 788.66 m,其中在坞室宽度方向两侧计算长度均取了坞室宽度的3倍宽度,在坞室长度方向取了坞室长度的2倍。加固前只设置了一道连续墙,且坞室只在坞首和距坞尾30 m处设置排水。

整个模型划分了101 136个八结点六面体单元。防渗墙和坞首设为不透水单元,排水处设置水头边界条件。模型中各土层渗透系数按勘测试验所得加到模型各层土的材料特性上面,渗透系数见表1。

表1 各土层渗透系数

层号	土层性质	$k/(\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$
0	粘土夹砂土粉砂	1.5×10^{-6}
1	褐黄色粘土	1.0×10^{-6}
2	粘土质淤泥夹砂层	1.2×10^{-6}
3	细砂夹粘土薄层	2.9×10^{-4}
4	细砂夹粘土薄层	8.0×10^{-4}
坝体	粘土	2.0×10^{-6}
反滤层	上中下分3层	6.0×10^{-2}

3.2.2 计算成果与分析

船坞上游的作用水头为6.40 m(百年一遇)、周

边地下潜水位经勘测约为 4.50 m。网格划分和等水头线如图 1 和图 2 所示。



图 1 计算网格划分图

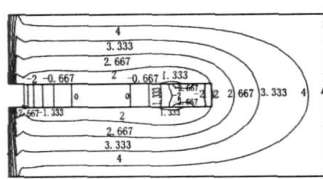


图 2 坞室底板底部渗流等水头线图

从图 2 坞室底部等水头线分布可以看出:船坞底部由于坞首和坞尾倒数第 2 段排水,故而坞首处约有 1.5 m 水头,坞尾有近 1.0 m 的水头,在坞室中部底板下则存在 2.8 m 的水头。坞首处距离上游水位距离较近,虽然有连续墙截渗并在坞首设置了排水,但还有 1.5 m 左右的水头;坞室中部底板处有较大的水头,受到承压水的顶托比较大,这可能是导致该段底板面形成负弯矩,从而导致底板拉裂的原因之一。坞尾倒数第二段设置了排水,由于受到 3 个方向的承压水补给,底板渗水量较为严重,坞尾处有约 0.8 m 的水头与实际测得的 0.5 m 水头相吻合。流量经计算约为 $40 \text{ m}^3/\text{h}$,而实测流量为 $80 \text{ m}^3/\text{h}$,两者不相吻合的原因可能是通过勘测点的渗透系数资料所建立的模型与实际不完全相符,另一方面坞室墙与底板裂缝多,也是造成渗流量大的另一个原因。

3.3 加固后渗流分析

3.3.1 模型计算区域和计算参数

加固方案拟在原来的防渗连续墙外四周 18 m 处增设一道连续墙,并在坞室底板四周设置排水沟。模型尺寸最后取为 $292.0 \text{ m} \times 810.0 \text{ m}$,其中在坞室宽度方向两侧计算长度也均取了坞室宽度的 3 倍宽度,在坞室长度方向也取了坞室长度的 2 倍。

整个模型划分了 57 753 个八结点六面体单元。两道防渗地下连续墙和坞首设为不透水单元,坞室四周排水沟设置水头边界条件。模型中各土层渗透系数按勘测试验所得加到模型各层土的材料特性上面。

3.3.2 计算成果与分析

加固后计算了两种工况:工况 1 为船坞上游水

位为 6.40 m(百年一遇)、周边地下潜水位为 4.50 m;工况 2 为上游水位 4.0 m(正常使用情况)、周边地下潜水位 4.0 m。

从图 3 和图 4 等水头图上可以看出:加固后由于在坞室底板四周都设置了排水沟,坞室底部水头几乎已经降至 0,对底板没有承压水顶托力作用。由于增加了一道防渗连续墙,坞室墙后水位降低,有利于坞室墙的抗浮稳定。工况 1 和工况 2 的流量计算结果分别为 $34.16 \text{ m}^3/\text{h}$ 、 $31.90 \text{ m}^3/\text{h}$,和加固前的渗流量比较,说明另外增设一道连续墙能够减少相当一部分的渗流量。

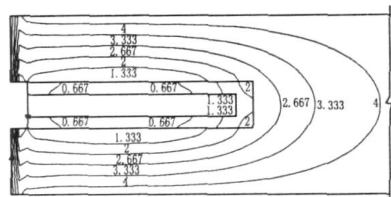


图 3 工况 1 坞室底板底部渗流等水头线

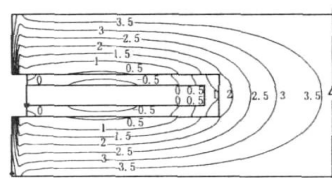


图 4 工况 2 坞室底板底部渗流等水头线

4 结 论

本文针对一个干船坞工程,叙述了该工程投入使用至今出现的问题,并根据实际情况列出了对该干船坞进行加固处理的方案,特别对其中加固前后的渗流进行了有限元分析。通过渗流计算认为:在船坞四周增设一道连续墙,能够起到一定的截渗作用,并能降低坞室墙后的水位,有利于坞室墙的稳定;另外改建方案重新设置的底板排水能够有效降低底板下的渗透压力,有利于底板的抗浮稳定。

参考文献:

- [1] ADINA R & D, Inc. Theory and Modeling Guide Volume II: ADINA - T[M]. 2003:57.
- [2] 毛昶熙. 渗流计算分析与控制[M]. 北京:水利电力出版社,2003:306-313.
- [3] 罗启北,郝方,肖良锦,等. ANSYS 在渗流场动态分析中的应用[J]. 贵州水力发电,2005,19(1):68-71.