

The Detection of Seepage Pressure in High-Head Navigation Lock Area and Result Analysis

Gonglue Zhang¹, Guohong Sun¹, Guoqiang Jin¹, Lei Zhang^{2,3}, Yang Wu^{2,3}

¹Zhejiang Provincial Planning, Design & Research Institute of Communications, Hangzhou Zhejiang

²Jiangsu Transportation Institute Group Co, Ltd., Nanjing Jiangsu

³Jiangsu Underground Reconnaissance Technology Engineering Laboratory, Nanjing Jiangsu

Email: zgllyl@qq.com

Received: Jan. 8th, 2018; accepted: Jan. 22nd, 2018; published: Jan. 30th, 2018

Abstract

The rational seepage force and bearing capacity of high-head navigation lock area's batholith are important to the safety of ship lock. Taking reconstruction and extension project of Fuchun River navigation lock as the example, the observation and analysis in the seepage force inside the batholith under the ship lock baseboard are established. Based on this, the features of osmotic pressure value under baseboard within batholith closed region are understood, including direct osmotic pressure from external water body and hydraulic pressure in rock gap caused by upper structure loads. During the ship lock operating period, the raise of seepage force value is advantageous for the lock by increasing bearing capacity of batholith. On the other hand, during the overhaul period, uplift pressure of ship lock baseboard could be reduced efficiently through the anti-seepage drainage decompression system of high-head navigation lock area's batholith.

Keywords

Lock, Osmometer, Osmotic Pressure, Monitor, Batholith

中高水头船闸渗压力监测及成果分析研究

张公略¹, 孙国洪¹, 金国强¹, 张磊^{2,3}, 武杨^{2,3}

¹浙江省交通规划设计研究院, 浙江 杭州

²苏交科集团股份有限公司, 江苏 南京

³江苏省地下空间探测技术工程实验室, 江苏 南京

Email: zgllyl@qq.com

收稿日期: 2018年1月8日; 录用日期: 2018年1月22日; 发布日期: 2018年1月30日

摘要

中高水头船闸岩基合理的渗透力及承载力是船闸安全的基础。以富春江船闸扩建改造工程为例,通过对船闸底板下岩基内渗压力的观测分析,得出了岩基封闭区域内底板下的渗压值包括外界水体直接渗透压力和上部结构荷载引起的岩隙水压两部分组成的特性。在船闸运营期,渗压值增加会提高岩基的承载力,对船闸有利,在检修期,通过中高水头船闸岩基防渗排水减压体系,能有效降低船闸底板的扬压力。

关键词

船闸, 渗压计, 渗压力, 监测, 岩基

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

中高水头船闸主要建于山区河流的岩基上,其中有些船闸因边界条件限制,无法选择在良好的地基上。对于中高水头枢纽船闸,其四周均为持续的或间断性的高水位状态,检修期间对船闸底板抗浮不利。在富春江船闸扩建改造工程中,提出了中高水头船闸弱透水性岩基防渗排水减压结构,本文针对该结构实施后的情况进行了相关监测和分析。

2. 中高水头船闸岩基防渗排水减压体系

以富春江船闸扩建改造工程为例,本实施例是一种中高水头船闸岩基封闭防渗区域内的减压排水系统,减压排水系统布置如图1所示,在上、下闸首及闸室四周设置防渗帷幕(防渗墙),形成完整的封闭防渗体系。其中岩基部位采用灌浆防渗帷幕,为单排孔,帷幕深度至 $\omega = 0.05$ 等值线下3 m(约10 m),孔距1.5 m;对于砂卵石覆盖层较厚部位采用防渗墙,墙厚0.6 m,深至 $\omega = 0.05$ 等值线下3 m(约10 m)。另外,配合船闸主体防渗帷幕布置,满足检修期及止水破坏情况下防渗减压需要,在船闸防渗帷幕后侧布置排水系统,排水系统包括双排排水孔,排水孔间距为2 m,深度为6 m,孔径为15 cm,排水孔通入闸墙底板内的纵横向检修排水廊道,并在每侧闸墙内设置3座检修排水井[1][2],见图1。

3. 渗压力监测方案

3.1. 监测目的

1) 新建船闸因船闸冲泄水、大坝泄洪等原因,周期性的受到中高水头影响,因此需要掌握封闭防渗排水区施工期的结构状况、保证施工质量;检测施工作业的安全运行,在发现异常现象时,及时分析原因,采取措施,保证工程安全。

2) 为使参建各方能够客观真实地把握工程质量,确保富春江船闸扩建改造工程施工期间扩建新船闸结构体本身的安全和稳定。

3.2. 监测内容

富春江船闸封闭排水区内的渗压力监测内容主要是新船闸的地基扬压力。主要采用扬压力计(渗压计)

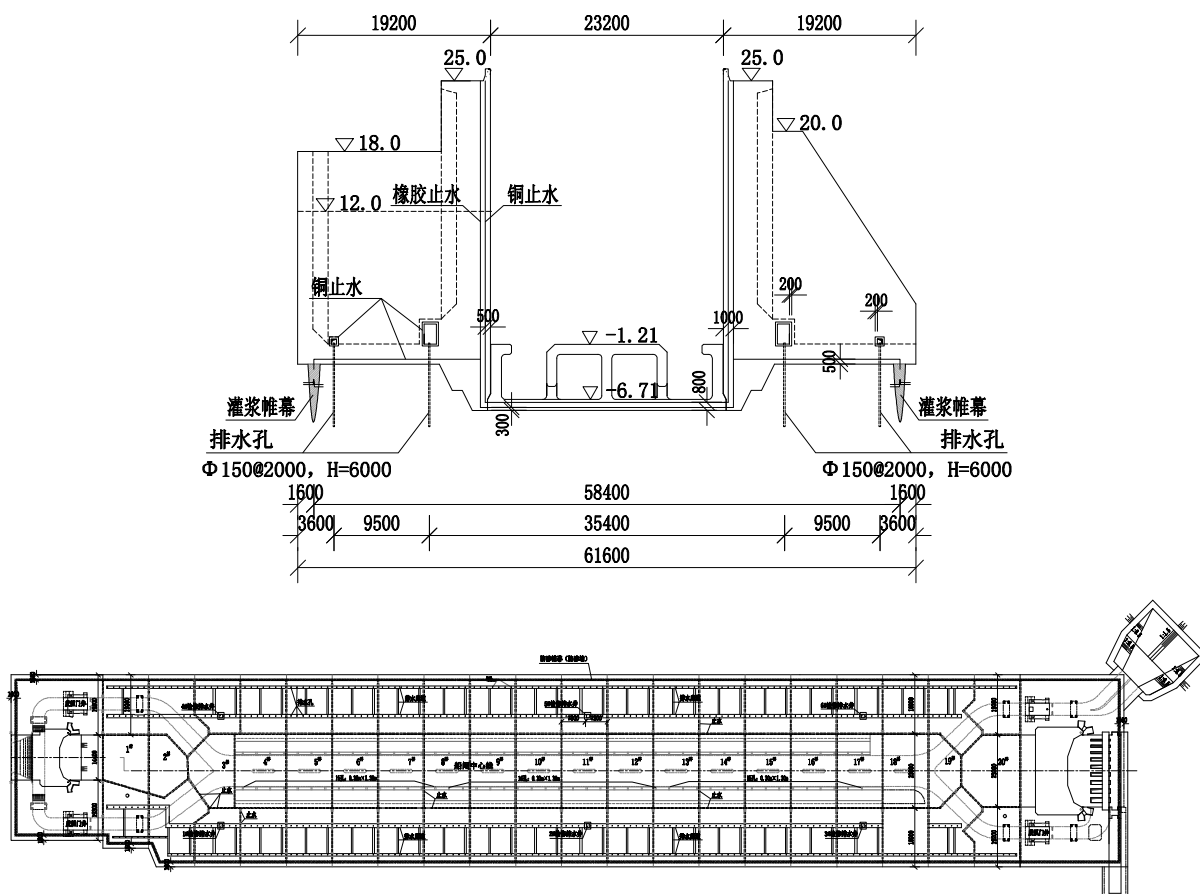


Figure 1. Rock foundation seepage drainage decompression system in high-head navigation lock area
图 1. 中高水头船闸岩基防渗排水减压体系示意图

对船闸的闸底扬压力进行实时监测。

3.3. 测点布设

在上、下闸首各布置 1 处观测横断面，在闸室基面下各布置 10 处观测横断面。每观测横断面设 7~8 个观测点，埋设渗压计，见图 2。渗压计信号通过四芯双绞屏蔽电缆接入自动信号采集系统。新船闸共设渗压计 84 个，振弦式，量程 100PSI。左侧闸室渗压计电缆沿结构层向上走，电缆最终在顶板交汇接入自动采集仪。输水廊道中底板处渗压计从底板结构层走入右闸室，同闸室渗压计沿结构层向上走，电缆最终在顶部交汇接入自动采集单元。自助采集仪布置于左右闸室顶板，数据采集通过近程无线载波传送到无线收发仪[3]。

4. 渗压力监测成果及分析

富春江船闸扩建改造工程原型观测所埋设的渗压计主要针对新船闸地基扬压力。监测从 2016 年 1 月开始至今，2016 年 1 月至 7 月底为人工监测，之后采用自动化监测的方式，对新船闸的基底渗流进行了监测。

1) 人工监测成果[3]

通过与水位变化相对照分析，推断渗压计渗流(扬压力)的变化趋势与水位的变化呈正相关。在一至五月份大坝下水位较低也无较大变化时，渗压计监测数据表面此时渗压计的受力也较小。在大坝六七月

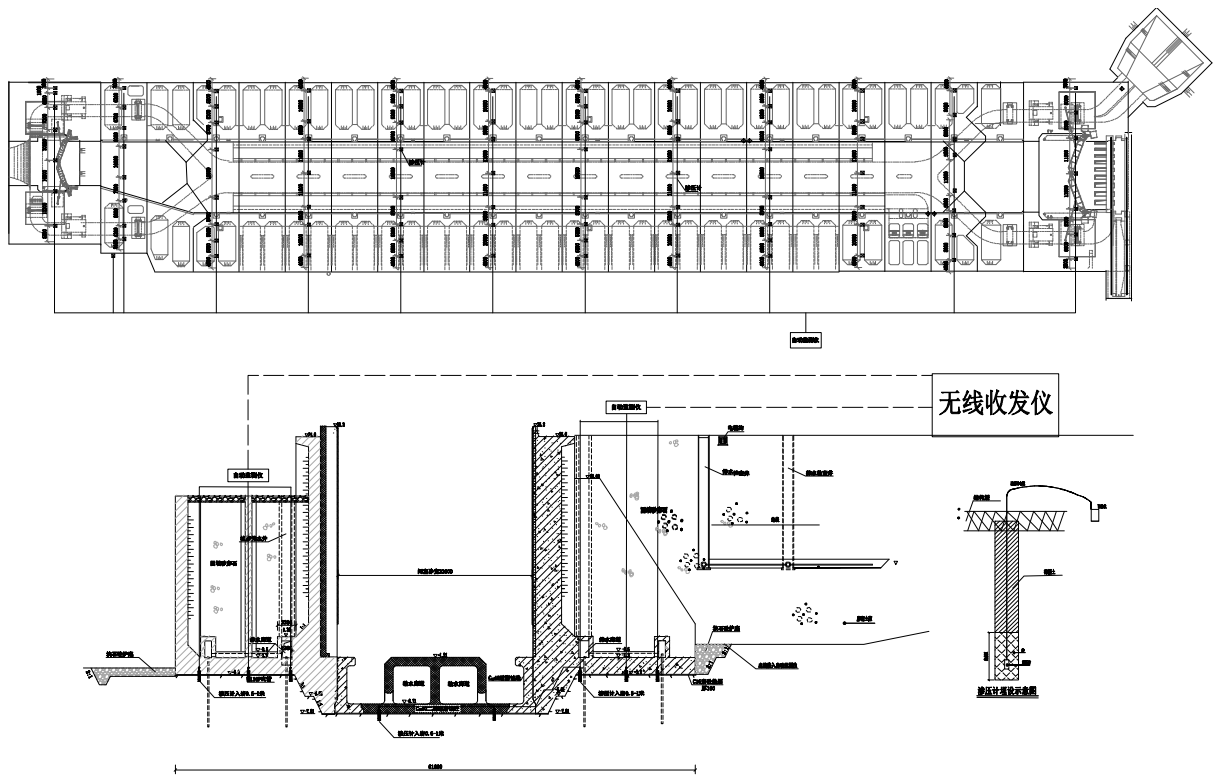


Figure 2. Osmometer design layout in ship lock floor

图 2. 船闸闸底板下渗压计布置图

份泄洪期间，下游水位升高，达到峰值，渗压计监测数据显示此时的渗压计受力也达到最大值。随着泄洪期结束下游水位降低，渗压计的监测数据也回归到受力较小的状态，小区间波动，见图 3~6。

2) 自动化监测成果[3]

2016 年 10 月~2017 年 4 月，渗压计自动化监测数据见图 7~9。

从自动化监测成果可知：船闸基底渗压处于小幅度波动变化状态，与下游每日水位的变化基本一致。由于新船闸处于封闭防渗排水区内，各测点渗压变化幅度不大，处于同一区间内。其中，江侧最大渗压力为 152 kPa；中底板最大渗压力为 168 kPa，；岸侧最大渗压力为 140 kPa。未出现异常水头差，见图 7~9。

3) 成果分析

为了研究船闸充泄水对船闸基地渗压力的影响，选取了 3 月 26 日至第二天凌晨的单日数据进行分析研究。

① 根据施工期观测结果可见，船闸底板封闭区地基渗压力受外界地下水位和渗流条件影响[4] [5]，与外江水位呈正相关性，其中江侧底板下岩基渗压力相对波动最大，见图 3、图 5，而中底板下岩基渗压力相对波动最小，见图 4，分析其原因是由于渗透压力传递路径导致，江侧和岸侧地基与外界水体的路径近，因而首先传递到，且受到岩石透水性的影响，渗透力的影响会沿程减弱，具有一定的空间性。

② 根据施工期观测成果及自动化原型观测数据可见，中底板渗压值在汛期较两侧闸室墙底板下偏大，见图 7~9，分析其原因，中底板及两侧闸室墙结构自重引起的地基附加岩石裂隙水应力在长时间内得到释放消散，而由于汛期水位突然抬升而引起的岩石变形所产生的岩石基内的裂隙水压力来不及释放消散，这反映出渗压力受附加荷载作用具有时效性，表现出渗压计压力增大，其中中底板受影响最大。

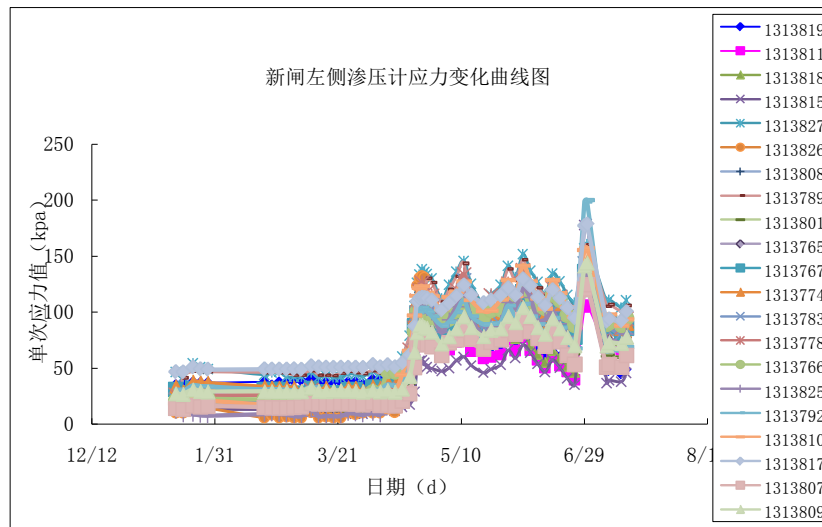


Figure 3. Left osmometer monitoring curve
图 3. 左侧渗压计监测曲线图

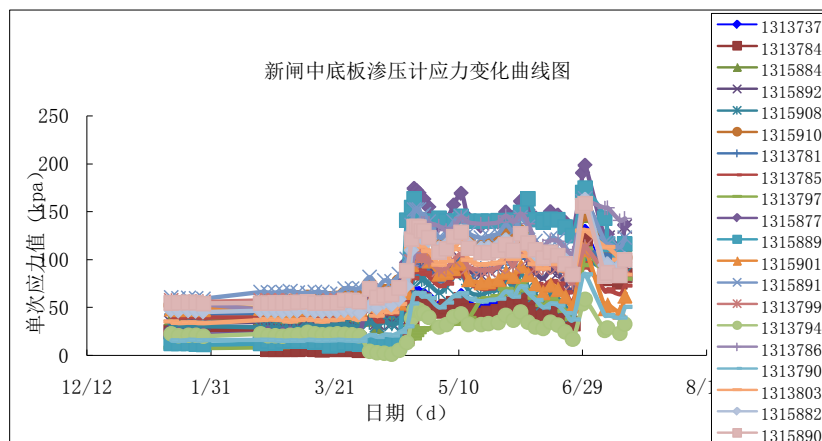


Figure 4. Bottom plate osmometer monitoring curve
图 4. 中底板渗压计监测曲线图

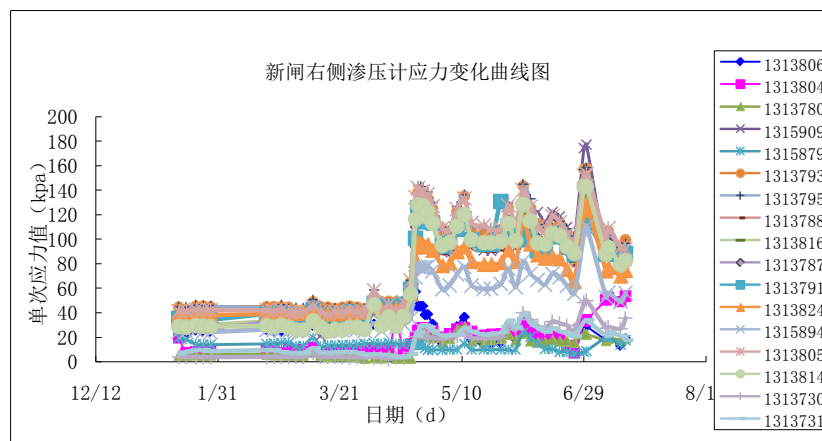


Figure 5. Right osmometer monitoring curve
图 5. 右侧渗压计监测曲线图

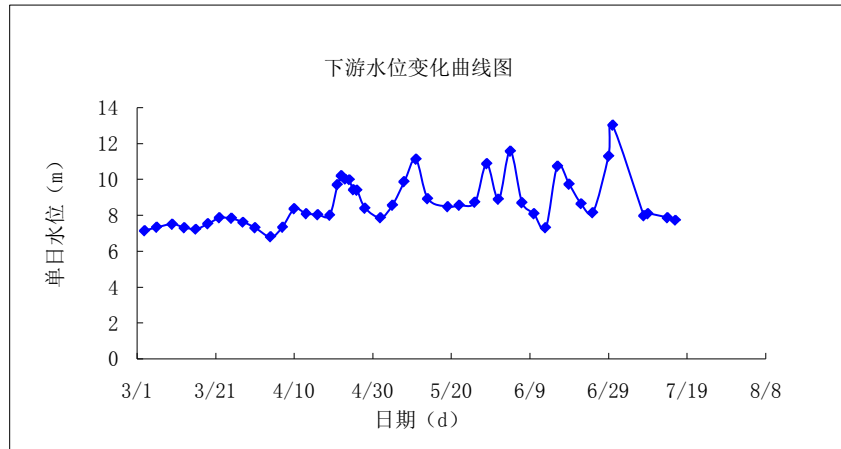


Figure 6. Curve of water level
图 6. 水位变化曲线图

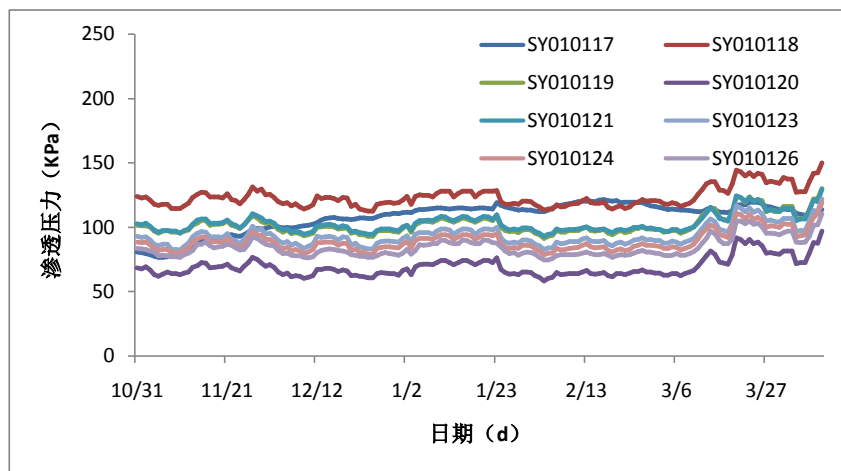


Figure 7. Lock chamber section monitoring results (river side)
图 7. 闸室监测成果图(江侧)

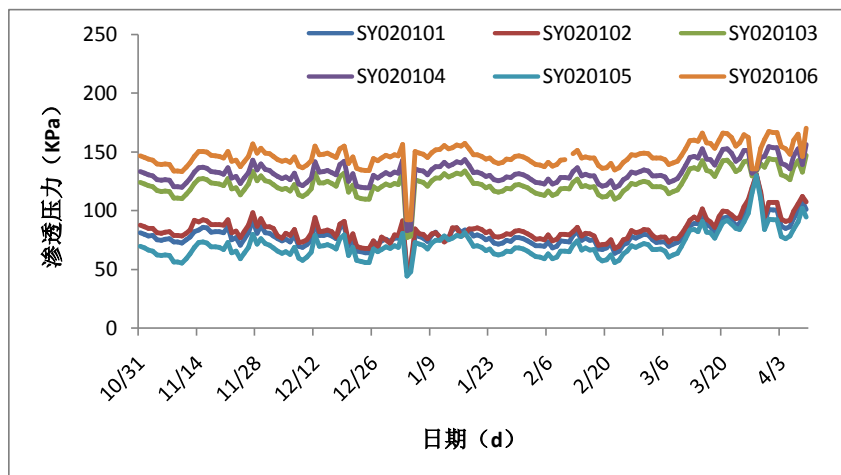


Figure 8. Lock chamber section monitoring results (bottom plate)
图 8. 闸室截面监测成果图(中底板)

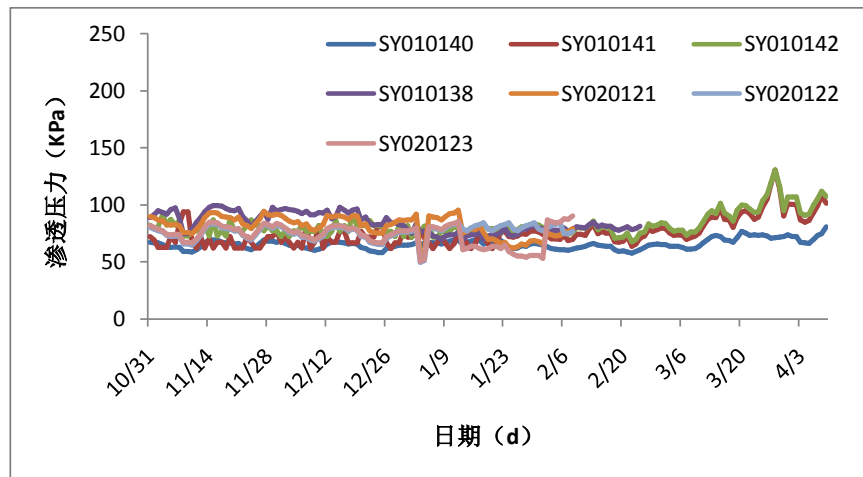


Figure 9. Lock chamber section monitoring results (shore side)

图 9. 闸室截面监测成果图(岸侧)

③ 如图 10~13, 在船闸灌水过程中整个封闭区闸底板地基渗压力值均随着灌水过程明显增大; 在船闸灌水完成, 闸室水位保持阶段, 闸底板地基渗压力值达到一个峰值平台; 而随着闸室泄水, 闸底板地基渗压力值开始急剧跌落至灌水前的测值, 其中中底板增加最为明显。

这主要是中底板直接受上部水体作用, 船闸地基受周边岩体约束, 岩基以竖向弹性受压为主, 而岩隙水受到防渗帷幕封闭, 无法及时消散排出, 岩隙水表现出超压状态, 而随着泄水, 上部水体荷载降低, 岩基在弹性作用下回弹, 为岩隙水释放提供了空间, 岩隙水超压状态消除; 对于两侧闸室墙底板下部岩基, 在闸室灌水作用下, 岩隙水传递路径较长, 存在渗压力传递的时效性和空间性, 为此其变化相对底板小, 且因底板下岩基内设有竖向排水孔, 岩石水有良好的释放通道, 因而增大幅度较中底板小。

④ 通过以上分析, 可见渗压计工作原理与渗压管存在一定差异, 测压管对于测区内岩石裂隙水压增加会得到相应释放, 外部荷载引起的地基附加应力所产生的高岩石裂隙水压可以得到适当消散, 而渗压计则没有此功能, 其高岩石裂隙水压测值需要较长时间才会消散释放。

⑤ 底板下通过渗压计所测得的渗压值包括两部分, 一部分由于外界水体相应的渗透压力直接产生, 该部分压力随着时间增加会逐渐增加, 直至与外侧水头相当; 另一部则由上部结构等的荷载引起的地基附加应力所产生的高岩石裂隙水压产生, 该部分压力随着时间增加会逐渐降低, 直至附加应力产生的岩隙全部消散。

⑥ 根据观测结果可见, 对于岩基封闭区域内在船闸运营期, 随着船闸灌水, 闸室内水位大幅度抬升, 闸底板下地基内产生附加的岩石裂隙水压力, 会增加岩基的承载力, 对船闸有利; 而随着泄水, 闸底板下地基内产生附加的岩石裂隙水压力会迅速消失, 而外部荷载也同步减少, 不会产生不利影响。

⑦ 对于船闸检修期, 随着闸室内水体的全部排空, 以及两侧闸墙底板下地下水的降水工作, 整个船闸地板下的渗压力值会明显降低, 有利于检修期中底板的抗浮稳定。

5. 结语与展望

通过中高水头封闭防渗排水区内渗压力监测方法及分析的研究, 可以得出以下结论:

1) 岩基封闭区域内底板下的渗压计测值包括两部分, 一部分由于外界水体相应的渗透压力直接产生, 另一部则由上部结构等的荷载引起的地基附加应力所产生的高岩石裂隙水压产生, 岩基渗压计测值与外江水位和上部交变荷载均呈正相关性。

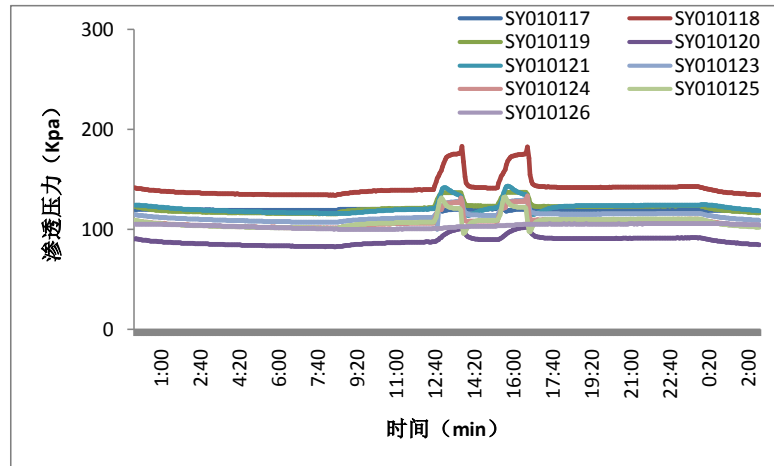


Figure 10. Lock chamber section monitoring results (river side)

图 10. 闸室截面监测成果图(江侧)

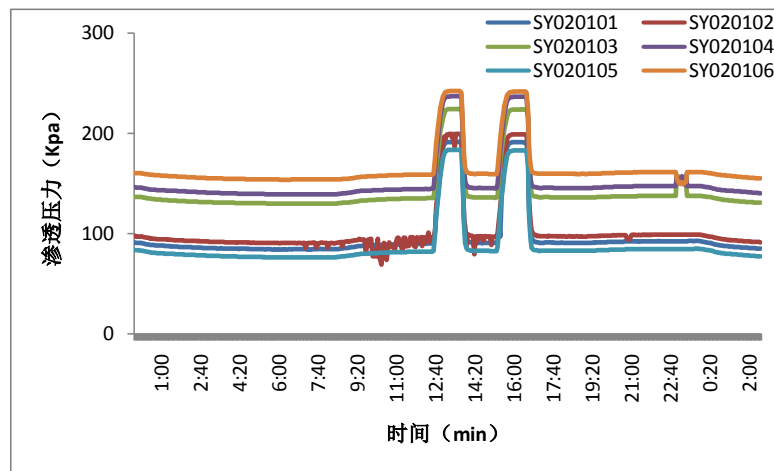


Figure 11. Lock chamber section monitoring results (bottom plate)

图 11. 闸室截面监测成果图(中底板)

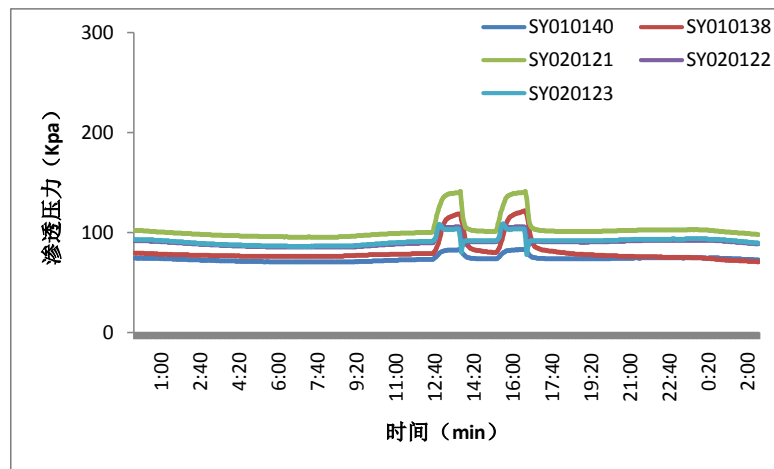


Figure 12. Lock chamber section monitoring results (shore side)

图 12. 闸室截面监测成果图(岸侧)

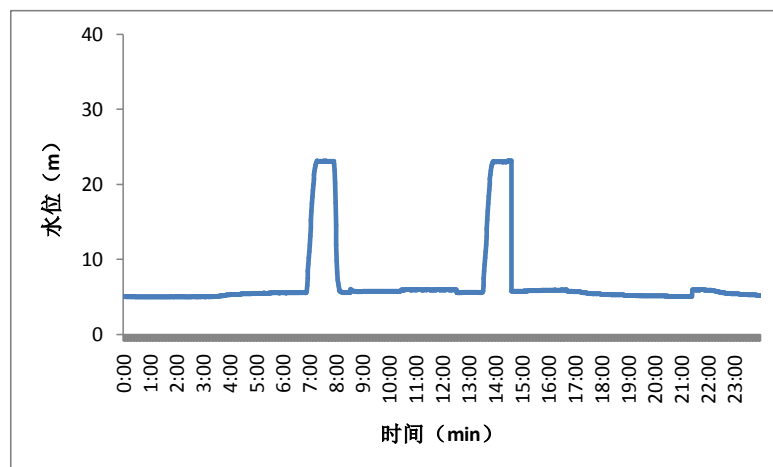


Figure 13. Curve of water level on March 26, 2017

图 13. 2017 年 3 月 26 日水位变化图

2) 外江水位变动和附加荷载作用所引起的渗压力的增加和消散均具有时效性和空间性。

3) 通过渗压力监测进一步证明了, 采用中高水头船闸中采用的船闸底板下岩基防渗减压排水结构是合理可行的, 在船闸运营期, 会增加岩基的承载力, 对船闸有利。在检修期, 通过中高水头船闸岩基防渗排水减压体系能有效降低船闸底板的扬压力。

参考文献 (References)

- [1] 金国强, 李浙江, 张公略, 等. 富春江船闸扩建改造工程施工图设计说明书[Z]. 杭州: 浙江省交通规划设计研究院, 2012.
- [2] 张公略, 金国强, 李浙江, 等. 一种中高水头船闸弱透水性岩基防渗排水减压结构[P]. 实用新型专利, ZL201520669766.9. 2016-1-6.
- [3] 金国强, 张公略, 李浙江, 等. 中高水头船闸扩建改造安全监测及原型观测关键技术研究报告[R]. 2014 年度浙江省交通运输厅科研计划项目, 研究成果报告, 2017-12.
- [4] 陈绪春, 胡新民, 冯兴常, 王向东, 等. 三峡双向五级船闸施工和运行监测成果分析[J]. 水力发电, 2009, 35(12): 43-45.
- [5] 任大春, 朱国胜, 陈劲松. 长江三峡水利枢纽永久船闸高边坡渗流监测及其规律性分析[C]//中国水力发电工程学会. 2004 年水工专委会学术交流会议学术论文集, 2004.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2326-3458, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjce@hanspub.org