

潮汐对南通长江堤防渗流影响试验分析

张秀勇¹, 曹 陈², 刘汉龙¹, 杜玉海³, 喻福涛²

(1. 河海大学岩土工程研究所, 江苏 南京 210098; 2. 南通市水利局, 江苏 南通 226006;
3. 山东黄河河务局, 山东 济南 250013)

摘要 通过对南通市长江堤防渗透试验 17 个断面 7 次主汛期潮汛的实测资料分析, 研究了堤防内部测孔水位随不同潮位的变化规律, 分析了江水位与测孔水位相关性等问题. 试验结果表明, 尽管堤基结构和堤身质量不同, 潮水位变化对堤内水位没有明显的影响.

关键词 堤防渗流, 潮水位, 相关分析, 长江南通段

中图分类号: TV223.4 文献标识码: A 文章编号: 1006-7647(2005)02-0026-03

Experimental analysis of influences of tides on seepage through Nantong section of Yangtze River Levee//ZHANG Xiu-yong¹, CAO Chen², LIU Han-long¹, DU Yu-hai³, YU Fu-tao²(1. Geotechnical Research Institute of Hohai Univ., Nanjing 210098, China; 2. Nantong Bureau of Water Resources, Nantong 226006, China; 3. Shandong Yellow River Engineering Bureau, Jinan 250013, China)

Abstract: Based on an analysis of the measured data of penetration tests about 17 sections during 7 main flood periods performed for Nantong section of the Yangtze River Levee, the regularity of the water level in gauge wells varying with tidal level was studied, and the correlation between river water level and the water level in gauge wells was analyzed. The result shows that, although the structure of levee foundation and quality of levee body of 17 sections are different, tides are of little influence on water level inside the levee.

Key words: levee seepage; tidal level; correlation analysis; Nantong section of the Yangtze River

我国是一个水患发生频繁的国家. 1998 年的特大洪水之后, 沿江各级政府均对长江堤防安全极为重视, 先后完成堤身加高、培厚、护坡、填塘固堤等工程任务. 南通市东临黄海、南濒长江, 地处黄金海岸线和黄金水道的交汇处, 全区防汛主江堤长 167 km, 港支堤长 63 km, 它与海堤共同保护着南通市 8 001 km² 辖区内人民生命财产的安全.

南通市长江堤防主要受台风、高潮影响, 从多年来的实际情况看, 堤防的破坏主要有两种情况: 一是风浪, 二是崩岸险情. 堤身渗漏及防渗是一项复杂的技术问题, 仅靠地质勘探很难判别地质差异很大的土堤渗透问题, 难以进行防渗设计. 此外, 南通市长江段为潮汐河段, 瞬态高水位与稳态高水位有着明显差别. 如何客观地分析、较准确地计算和有效地设计南通市江堤防渗工程是一项值得研究的课题. 为此, 南通市水利局组织了本次规模较大的试验.

本次试验根据南通市长江堤防的土质、受潮汐影响和临江滩面等方面的实际情况, 选择有代表性的测试点, 获取不同潮位变化情况下堤防的渗透、地质资料.

1 试验目的及方法

本次试验主要目的是: ①通过测试不同地形状况、地基、堤身土质的江堤在洪水、潮汐共同影响下的实际渗透状况, 掌握洪、潮对堤防渗透影响的程度及相关参数, 为防渗设计提供依据. ②对比防渗工程措施前后渗透变化状况, 研究防渗工程方案. ③找出堤防在瞬态高水位下的渗流变化规律, 供堤防工程设计、管理、维修参考.

1.1 观测断面的选择

共布置 17 个测点, 测点布置时分别考虑了以下情况: 在南通长江段上、中、下游不同地段, 各县(市)市区都选取有特征性堤段(河段地质条件防渗薄弱的堤段, 选择堤外滩面较低、堤内为水塘等不良地形条件的堤段).

1.2 试验孔设置

试验孔布置(如图 1 所示): 每测试点设 8 孔, 设置工艺: 采用 30 型地质钻机成孔, 成孔后埋管(加工好的塑料管), 管周灌砂后灌水清洗, 然后进行顶部封孔.

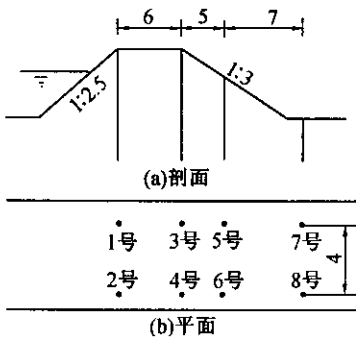


图1 断面布置概化图(单位:m)

1.3 测试方法

a. 对17处测点进行了详细的地质勘察,并绘出测点地质剖面图,每个孔位都埋设了测压管,采用简易电测法测量渗透水位。

b. 埋设了136根测压管,设置了34个渗透断面,每个测点每次同步测量潮位与测压孔水位,测量基本时段为1~2h,洪峰(潮峰)段加密测量。

c. 大量测试工作从2000年7月4日起至2000年9月30日止,共7个天文大潮,记录潮位测试数据800多个,渗透水位测试数据10144个。

2 堤身土质

本文选取3个代表性断面进行分析,各断面土

质类型如下:水山船厂堤身土质为砂土与粉土,渗透系数为 8.66×10^{-4} cm/s;三角圩堤身土质为砂土夹轻砂壤土,渗透系数为 1.69×10^{-4} cm/s;老营船港堤身土质为砂土夹轻砂壤土,渗透系数为 7.32×10^{-3} cm/s。

3 观测资料的整理分析

3.1 过程线分析

按测孔水位与江水位的相关性小、中、大划分,选择三角圩、水山船厂、老营船港3个代表性断面。图2~4给出了3个观测断面在3个代表性测期中的水位过程线,每个测期各断面按照1、3、5、7号和2、4、6、8号测孔分为两组,每组绘出1幅水位过程线图。由于两组过程线变化趋势一致,本文仅给出2、4、6、8号测孔的水位过程线图。

由图2~4可以看出:各测点的渗流规律基本正常,水位过程线变化趋势与江水位过程线变化趋势基本一致,测孔水位稍滞后。此外还可以看出,同一测点测值变化幅度不大,不同测点之间测值相差较大。2号和4号测孔随江水位的变化测值变化较明显,水位过程线的形状和江水位的过程线比较相似;6号和8号测孔的测值变化不明显,由此可以看出:江堤内渗流变化比较缓慢,距临江堤坡越远,渗流变

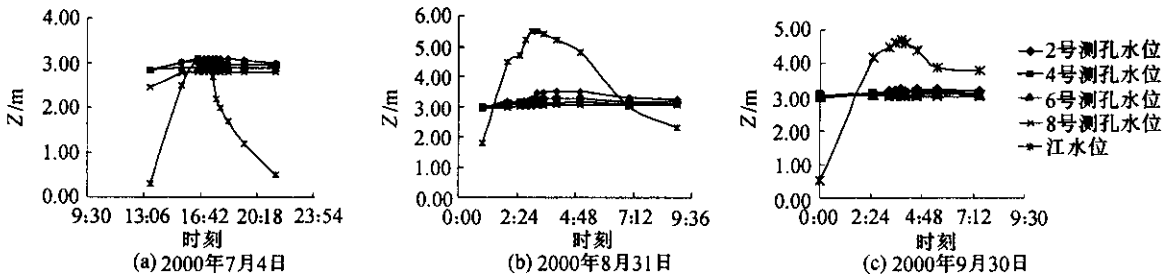


图2 水山船厂水位过程线

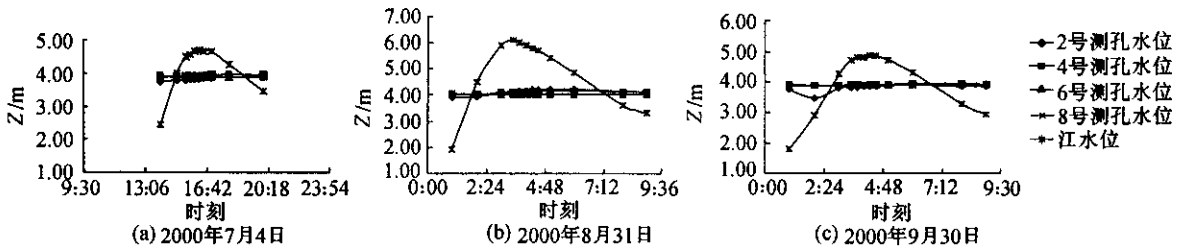


图3 三角圩水位过程线

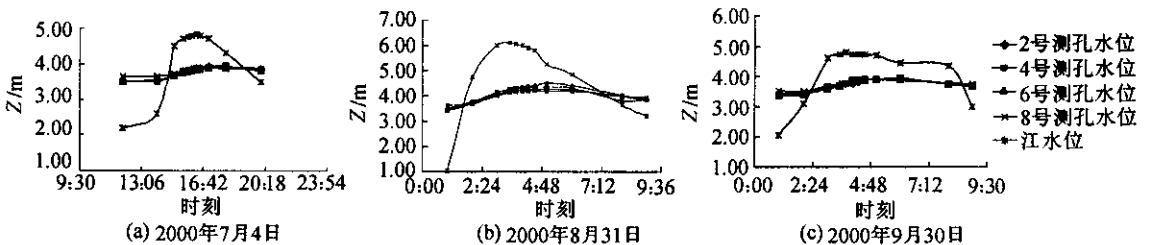


图4 老营船港水位过程线

化滞后时间越长. 在一些测孔的过程线中, 有一些测值起伏很大(图 2(a) 图 3(c)), 明显不同于其他测点的规律, 这可能是由于测量时有意外情况出现(如降雨将测孔灌满等)所致.

不同潮位江水位变化比较大, 水山船厂(图 2)断面在每一个大潮中测孔水位随潮位变化而基本保持平稳, 同一测点在不同的潮位中测孔水位略有升降, 只有在 8 月 31 日的天文大潮中测孔水位变化较明显, 说明这类断面: ①在低水位情况下防渗性能良好, 测孔水位主要受堤防内部水位的影响, 基本上不受江水位影响; ②在高水位下江水位对大堤内渗流状态稍有影响, 测孔水位略有改变, 也说明了大堤内部的渗流状态基本稳定, 该段大堤防渗性能比较好.

从图 3 可以看出: 三角圩围堤观测断面同一测点在 7 个潮位中测孔水位过程线保持平稳, 水位线平坦, 不随潮位的迅速变化而变化. 说明这类断面江堤本身有很好的防渗性, 潮水涨落期间内, 由于时间间隔较短, 这一过程在江堤内形不成稳定渗流, 只对临江堤坡处渗流场有轻微影响.

从老营船港断面(图 4)可以看出: 在几个大潮中随潮位变化而孔水位起伏比较明显; 在 8 月 31 日的天文大潮中, 潮水位变化最大, 对测孔水位影响也较另外两个潮位明显, 主要因为老营船港是新建堤防, 堤身渗透性较另外两个断面大, 潮位的变化改变了大堤内部的渗流状态, 但渗流变化幅度不是很大. 由于本次仅有 1 年的观测资料, 所测数据难以反映年际变化, 防渗措施主要是为了长江堤防的防潮, 故对该断面防渗效果的评价还需获取超高潮位下的观测资料后再进行.

从图中还可以看出: 所测断面在退水期, 当江水位降至一定高程时, 测孔水位高于江水位, 且呈现江堤后面的测点值(6 号、8 号测孔)高于前面测点值(2 号、4 号测孔), 这是由于在非稳定渗流作用下, 江堤内的水位随潮位变化有一定的波动, 但远滞后于潮位变化, 且潮涨潮落期间仅在靠近潮水侧近距离内变化明显.

从整体上看, 尽管潮水位变化明显且迅速, 除老营船港新建堤防外, 其他堤防内渗流状态在瞬态高潮位时变化不大, 基本上是稳定的.

3.2 相关性分析

3 个代表性观测断面各个测孔水位与江水位的相关性见表 1. 从总体上看, 3 个观测断面的相关性规律比较一致.

由表 1 可以看出, 整体上江水位和孔水位相关性不是很大, 只有极少数测孔的孔水位和江水位相关系数大于 0.5, 多数都小于 0.5, 有的甚至很小. 这一方面是由于堤防土质渗透系数小, 堤防的防渗性较好, 另一方面测孔布置在江堤的中后侧, 江水的涨

表 1 3 个观测断面的测孔水位与江水位的相关性

测孔	断面	相关系数	相关方程
2 号	水山船厂	0.2315	$y = 0.086x + 2.84$
	三角圩	0.2714	$y = 0.079x + 3.56$
	老营船港	0.5796	$y = 0.200x + 3.04$
4 号	水山船厂	0.1582	$y = 0.060x + 2.86$
	三角圩	0.1119	$y = 0.036x + 3.83$
	老营船港	0.5657	$y = 0.192x + 3.06$
6 号	水山船厂	0.1347	$y = 0.047x + 2.82$
	三角圩	0.0668	$y = 0.024x + 3.84$
	老营船港	0.5548	$y = 0.165x + 3.15$
8 号	水山船厂	0.1349	$y = 0.044x + 2.76$
	三角圩	0.0409	$y = 0.017x + 3.87$
	老营船港	0.4543	$y = 0.127x + 3.33$

落过程对江堤中、后部的影响较小, 所以观测到该位置的孔水位和江水位的相关性不大.

水山船厂、三角圩围堤断面各个测孔的孔水位与江水位相关性较老营船港小, 相关系数大多数小于 0.5, 有的测点基本上不存在相关性. 其中, 2 号测孔的孔水位与江水位相关性较大, 相关系数大都大于 0.25, 后面的测孔相关系数较小, 大多数相关系数小于 0.1. 背水坡处的测孔水位与江水位的相关系数较小, 说明长江大堤内渗流状态比较复杂, 这类断面堤防自身的抗渗性较大.

水山船厂和三角圩围堤断面 2 号测孔的孔水位与江水位相关性较同断面其他测孔大, 但相关系数都小于 0.3; 4 号、6 号、8 号测孔的孔水位与江水位相关系数都很小, 大多数相关系数在 0.1 左右. 这说明这两个断面较老营船港断面防渗性强, 孔水位基本不受潮水位迅速变化的影响, 由于堤防自身具有较强的防渗性, 且高潮位持续时间短, 堤防本身能够满足高潮位下的稳定要求, 反映了这类堤段防渗性能良好, 江水位的迅速变化对孔水位没有影响.

老营船港断面各个测孔的孔水位与江水位相关性比较大, 相关系数大多数在 0.4 ~ 0.6 之间, 但背水坡处的测孔水位与江水位的相关系数较小. 这说明老营船港断面土质渗透性强, 临江侧孔水位随潮水位的迅速变化而变化. 但由于大潮高潮位持续时间较短, 对大堤构不成太大的影响, 这一点可以从越远离临水侧的测孔其水位与江水位的相关系数越小看出. 分析其原因, 可能与此处堤防新建不久、土质渗透性比较强有关.

4 结论与建议

通过南通市长江堤防防渗试验 17 个断面(本文主要分析 3 个断面) 7 次主汛期潮汛的实测资料分析, 实测堤身渗透线随潮汛水位变化情况归纳结果如下:

(下转第 61 页)

略有增大,但最大值均未超过 0.0125。

c. 1985 年实测全洞不同流量级糙率平均值(表 2)随流量增大略有减小(由 0.0123 减小到 0.0120)。笔者曾据此分析,底板部分的糙率若取为 0.014,边墙部分的糙率则为 0.0105。然而 2000 年的观测结果(表 5)则正好与此变化相反,即糙率随流量增大而略有增大,由 0.0120 增大到 0.0125。究其原因,是由于十几年来管理者对隧洞底板 2/3 长度内的冲坑、麻面和裂缝上鼓等进行了修补,使底板糙率相对降低,而边墙裂缝处理后却遗留下了“补疤”突出约 1~2 cm,加之隧洞进口侧门洞局部阻水干扰影响,致使大流量时的糙率略增大到 0.0125^[3]。

总而言之,引滦入津隧洞的两次糙率原型观测成果表明,平顺而光滑的钢模板浇筑良好的混凝土壁面糙率可以达到 $n = 0.011$ 。就该隧洞而言,考虑个别局部阻力加糙和各段粗糙度情况的差异,选取综合糙率 $n = 0.013$ 是完全可行的。云南以礼河二级电站尾水道原型观测成果^[4]建议对底坡、边壁顺直,采用钢模且拼接良好者,糙率可取 0.012~0.013。澜沧江大朝山水电站导流洞混凝土衬砌原型观测成果 $n = 0.012$,碧口电站溢洪道混凝土衬砌原型观测成果 $n = 0.0116$ ^①。

引滦入津隧洞运行 15 年之后,糙率系数略有变化,但基本上没有增大。云南以礼河二级电站尾水道(长 4.4 km)降糙处理后,已运行 30 余年,亦未发现异常情况。以上事实表明,在进行混凝土衬砌输水隧洞或明渠的水力设计时,随运行时间加长糙率会加大的疑虑可以消除。当然,加强输水工程的维修管理,对于保证其输水能力是非常重要的。

4 结 语

目前,国内设计混凝土衬砌糙率多采用 0.014 或 0.015。这显然与当前已能做到的迎流面施工质量水平不符。假如本工程设计采用糙率 $n = 0.013$ (原设计 $n = 0.015$),则隧洞断面的宽度可由 5.7 m 缩窄到 5.2 m。再如,大朝山电站导流隧洞(长 688 m,原设计 0.015),若设计糙率取 0.012,则施工期上游碾压混凝土拱围堰的高度可降低 8 m 左右。

糙率的取值是水力计算中的一个常规问题,但对于大而长的输水工程,如以百公里计的调水工程,乃至以千公里计的“南水北调”工程,糙率的取值就非同一般。因此,逐步积累糙率的原型观测成果资料,适时修订现行的水力糙率系数建议表,具有十分重要的实际意义。

参考文献:

- [1]董槐三,陈耀忠.引滦入津隧洞糙率的原型观测[J].水力发电,1987(3):46—52.
- [2]陈耀忠,董槐三.引滦工程锚喷隧洞糙率原型观测综述[J].水利工程技术,1991(1):18—23.
- [3]陈耀忠.引滦入津隧洞糙率第二次原型观测结束[J].水利水电科技进展,2000,20(3):14.
- [4]董槐三,潘永贤,陈耀忠.几种衬砌渠道糙率的原型观测[J].水力发电,1981(12):39—43.

(收稿日期 2004-04-01 编辑 高建群)

(上接第 28 页)

a. 通过过程线和相关性分析,长江水位随潮水位的急剧变化对堤防内的测孔观测水位无显著影响,长江水位与大堤内水位相关性比较小。

b. 长江潮水位对堤防内的渗流场略有影响,对临水坡处影响较明显,对堤防中、后部没有影响。

c. 在高水位范围内南通市防汛堤身渗透基本不受外江水位变化影响,这与潮汐性河段特性相一致,因而南通市堤防防渗问题可按潮汐河段挡潮堤来考虑。

根据观测资料的分析结果,提出以下建议:①鉴于潮水位对堤防的渗流状态影响不大,在大堤后无明显出现渗水的情况下,可不进行防渗处理。②继续加强薄弱堤段的观测,观测其在大潮时段的渗流变化,如果变化明显,可考虑进行防渗处理。

参考文献:

- [1]钱家欢,殷宗泽.土工原理与计算[M].第 2 版.北京:中国水利水电出版社,1996.
- [2]毛昶熙,段祥宝,李祖贻,等.渗流数值计算与程序应用[M].南京:河海大学出版社,1999.
- [3]徐卫军,李刚.长江堤防防渗墙对堤内地下水位的影响分析[J].长江科学院院报,2003,20(5):51—54.
- [4]赵坚,张祝添,速宝玉.用于闸基防渗深层搅拌桩墙的渗透特性[J].河海大学学报(自然科学版),2001,39(2):54—58.
- [5]石军林.劈裂灌浆技术在水中倒土坝防渗处理中的应用[J].水利水电科技进展,2002,22(2):48—49.
- [6]刘维周,张振永,季生.复合土工膜在滨州黄河堤防防渗加固中的应用[J].水利水电科技进展,2002,22(5):53—54.

(收稿日期 2004-05-18 编辑 高建群)

①韩立.大直径混凝土隧洞的糙率问题.云南水电技术,2000(4):64—68.