洪泽湖大堤隐患成因与处理措施

韩成银¹, 陈 斌¹, 吴天宏², 钱 钧³, 付 兵¹

(1. 江苏省三河闸管理处, 江苏 洪泽 223126; 2. 江苏省工程勘测研究院, 江苏 扬州 225002;

3. 江苏省河道管理局, 江苏 南京 210029)

摘要:从洪泽湖防洪保安和南水北调工程的需要出发, 阐述水情、工情变化后洪泽湖大堤的隐患成因及处理的必要性与紧迫性, 对洪泽湖大堤滑移、渗漏、管涌等隐患成因与机理进行了分析, 提出加强检测、加固防浪林台、灌浆、实施地下连续墙等处理措施。工程实践表明, 对洪泽湖大堤的主要渗漏险工险段采用防渗墙和压密注浆处理后效果较好。

关键词:堤坝; 隐患成因; 处理措施; 洪泽湖大堤

中图分类号: TV698.2+3

文献标识码: B

文章编号: 1006-7647(2002)04-0049-03

我国五大淡水湖之一的洪泽湖, 原系淮河中游自然形成的一片湖荡群, 自公元 200 年, 陈登筑高家堰起, 便使这些湖荡群向人工湖泊转变。1194 年黄河夺淮后, 促使淮河入海故道逐渐淤高, 导致不能行洪, 为保漕运的畅通, 明清两代都采取了蓄清刷黄、济运、筑堤束水、以水攻沙的治水方略, 结果迫使湖底进一步淤积抬高, 湖底高程的增加又不得不加高培厚堤防以抵挡洪水, 如此洪泽湖大堤渐成规模, 并发展成锥形。直立式条石石工墙的出现加高了堤防, 同时洪泽湖的正常蓄水位也得到进一步提高, 最终使洪泽湖由过水型湖荡群发展成淮河流域的巨型平原水库。湖底逐步淤高后, 高出东部平原 5~8 m, 洪泽湖成为世界上有名的悬湖。湖水全赖东部的洪泽湖大堤作为防洪屏障。

2000 年至 2001 年 4 月, 洪泽湖大堤先后发现多处渗水管涌, 其最大渗漏流量达 260L/min。这一险情引起了各级政府的高度重视, 水利部、淮委及江苏省水利厅相继采用埋设测压管进行渗流场分析, 用堤坝管涌渗漏检测系统以及同位素示踪法进行检测, 均发现这些渗漏之水来自上游洪泽湖。为进一步查明洪泽湖大堤的隐患, 2001 年 8 月江苏省水利厅又对 32.5 km 的险工险段进行注水试验, 试验结果表明洪泽湖大堤渗透系数普遍较大。这些问题和试验数据说明洪泽湖大堤不但密实性差, 而且存在较多的隐患。

洪泽湖大堤是淮河下游的防洪屏障, 是国务院规定的全国四大重点确保堤防, 无论在何种情况下都要保证工程安全。一方面, 随着南水北调东线工程的实

施, 洪泽湖作为系统的中转站和黄金水道, 为了保证北方的生活和生产用水必须有相当的库容储水中转; 另一方面, 为了向北方输送较江水廉价的淮水, 洪泽湖需要积蓄更多的淮水。水情工情的改变, 使得洪泽湖大堤将长期遇到高水位的浸泡。由于洪泽湖大堤存在较为严重的隐患, 堤身的安全将面临新的更严峻的考验。因此应对堤身的结构进行认真分析研究, 从根本上找出隐患及其形成机理, 对症下药。

1 堤身结构及隐患

洪泽湖大堤的形成与发展是漫长和复杂的, 它既受水文地质条件的影响, 也受筑堤时社会环境及治水方略、经济条件、施工技术的制约。历史上洪泽湖大堤曾修建过减水坝等建筑物, 并多处决口, 堤身质量较差, 形成大量的工程隐患。

1.1 土层土质隐患

1.1.1 堤基土隐患

洪泽湖大堤堤基的隐患主要由第 1₁ 层软淤土和第 2₂ 层粉质粘土及第 6 层砂土层形成。第 1₁ 层软淤土力学强度低, 极易在重压下产生滑动, 对堤身的抗滑稳定影响较大。钻探发现, 九龙湾险工段堤身下有厚达 6 m 的软淤土, 致使筑堤加固十分困难, 堤身产生下沉和滑移, 精心处理后形成今天的九龙大湾。人们常说洪泽湖大堤九曲十八湾, 这不仅反映了大堤的真实面貌, 也恰恰说明了第 1₁ 层软淤土的力学作用。洪泽湖大堤的土层土质组成见表 1。

第 2₂ 层为灰绿色粉质粘土, 是湖沼浅滩沉积。这是洪泽湖早期湖荡群的沉积物, 富含较多腐殖质,

表层有大量贝壳碎屑呈层分布,筑堤时未清除,极易形成渗水通道.如 52K 段三坝防浪林台下堆土与第 2₂ 层结合部存在一贝壳碎屑和腐殖质弱面,透水性好,测得其渗透系数 $K = 5.8 \times 10^{-4} \text{m/d}$.最终导致渗漏.

表 1 洪泽湖大堤土层土质剖面分布

地层时代	沉积环境	层号	土层特征
Q4	黄泛沉积	1	黄、灰黄色重粉质砂壤土,轻粉质壤土
	湖泊河流	1 ₁	深灰、灰黑色淤泥质粉质粘土
	冲洪积	2 ₁	黄夹灰白色粉质粘土
	湖沼浅滩	2 ₂	灰、灰绿色粉质粘土,重粉质壤土,富含腐殖质及贝壳
Q3	河流	3 ₁	褐黄、棕黄色粉质粘土,重粉质壤土
	河流	3 ₂	黄色轻粉质砂壤土
	河流	4 ₁	棕红、棕黄色粉质粘土,局部夹砂壤土含铁锰质结核及砂矸
	河流	4 ₂	黄色重粉质砂壤土
	河流	5	褐黄、棕黄色粉质粘土,重粉质壤土含铁锰
	河流	6	黄色砂壤土、粉沙、细砂
	滨海	7 ₁	灰色粘土
	滨海	7 ₂	灰色砂壤土
河流	8	棕黄夹灰白色粘土,含砂矸及铁锰质结核	

第 6 层为古淮河河床沉积,是洪泽湖地区的承压水层,渗透性仍较强,测得其渗透系数 $K = 3.4 \times 10^{-4} \text{m/d}$.其上覆盖的第 2₂ 和第 3₁ 层粘性土为它的隔水顶板.例如 20 世纪 80 年代在凌角塘段钻探时发现,当钻至第 6 层以下深度时,拔去套管后,湖水快速下渗见湖面成旋涡状,尔后在青坎地钻探遇第 6 层时,承压水冒出地表 2 m 左右,而当地的承压水很难出现这样大的压力,这说明第 6 层与湖水连通,第 6 层的隐患不仅有可能造成承压水层顶穿殃及大堤安全,而且形成的渗漏通道可能使堤身滑移倾覆.

1.1.2 堤身堆土隐患

洪泽湖大堤经过无数次的人工堆筑,受到当时社会环境及施工技术的制约,筑堤质量较差.特别是堤身内存在严重的不密实、压密不均及裂缝,甚至存在架空现象,此外新老堤接触面处理不良也易形成渗水通道.如在堤身土中冲洗钻进时常发生漏水现象,漏水量大,测得 $K = A \times 10^{-1} \sim A \times 10^{-5} \text{m/d}$,具有中或强透水性,在 52.2K 处的一段渗水窖潮堤后形成的水沟和沼泽化,正是由于这一原因造成的,测得其渗漏量为 3 L/min.

1.2 古决口、古建筑及埽工隐患

1.2.1 历史决口隐患

据统计,洪泽湖大堤历史上共发生决口 1440 余次,规模大小不一,并在堤后形成深塘.决口处的抛石及人工回填土等由于堆筑不实,多有缝隙,形成渗水通道.而人工回填土力学强度低,易产生滑移,在

47K 处黄岗寺段有较多的抛石和水土腐殖质,在堤内形成上高下低陡坎状渗径,测压管水位浸润线也形成上高下低两边扁平的陡坎状.此处堤后严重窖潮,这是形成隐患的一个重要因素.

1.2.2 埽工隐患

洪泽湖大堤共发现埽工 260 余处,大小不一.主要由芦柴、稻草、树枝、木桩等与块石、粘土层交错堆筑而成.埽工大多偏于上游,其后有抛石、填土等,部分埽工上、下游连通,渗水性强,形成渗水通道,绝大部分由于年代久远已霉烂,产生沼气在堤内形成孔隙及空洞,它们还在堤内形成滞水包气带,使得堤防变软.埽工周围的土质较差,力学强度低,易产生滑动.例如在凌角塘以南 38.3K 处,埽工上、下游连通,由于此处决口深,厚 2 m 的埽工分布高差悬殊,它们主要是芦柴与粘土层交错分布,呈月牙形,渗透系数为 $A \times 10^{-2} \text{m/d}$,具有强透水性,致使堤后青坎地严重窖潮渗水.此外,为了进一步查清洪泽湖大堤的隐患,在险工险段曾埋设 7 组测压管,从灵敏度试验发现,大部分测压管水位稳定时间小于 10 h,有的只有几分,这说明堤身透水性极强,甚至存在空洞、暗河.

1.3 历史减水坝与天然减水坝隐患

洪泽湖大堤历史上曾修有仁、义、礼、智、信等 26 个减水坝,它是封建统治者为了汛期泄洪而建.减水坝大多由条石、块石砌筑成,其宽度一般为 200 m 左右.每逢汛期来临,如有溃坝之危,这些条石减水坝将开坝漫溢行洪.

条石减水坝由于年代久远,石块已形成裂隙,块石之间的砌物已剥落形成裂缝,堆土与减水坝面之间由于处理不当已形成渗水通道,渗水严重.在 52K 处的智坝(三坝)段,测得堆土与坝面间的渗透系数 $K = A \times 10^{-2} \text{m/d}$,具有强透水性,同时由于该处防浪林台与堤基土接触面渗水严重,故上、下游连通,致使湖水快速下渗,通过减水坝面,在堤后排涝河形成多处泉眼,最大渗漏流量达 260 L/min,从该处浸润线也发现堤身内水位随湖水位的升降而相应升降,说明堤身含水与湖水及排涝河水水力联系密切甚至连通^[1],经同位素示踪和 DB-3¹ 堤坝渗流管涌检测仪检测,进一步证明了这一事实.

天然坝为自然冲击形成,在其上稍作处理即成为人工减水坝,其坝底有抛石、埽工、填土及石工等,筑堤加固时处理不当形成缝隙,进而形成渗径.在 52.2K 老天然南坝处,由于堤内渗水严重,在青坎地溢出地表,形成大面积严重窖潮、积水、沼泽地.

1.4 深塘隐患

洪泽湖大堤堤后深塘均系大堤决口或减水坝泄洪冲击而成,其深度大、面积广.现深塘为排涝河,它

大都是块石堆填,极易与上游决口处理不良处或古减水坝面连通,形成渗水通道.深塘的存在使大堤两侧水压力相差过大,易使堤防倾覆.此外,深塘存在以下隐患:①塘内积水清澈,有一定流速,说明可能得到湖水的补给;②在 52.3K 处理设测压管钻探时就发现,第 6 层承压水与排涝河水连通,根据凌角塘处的钻探结果发现第 6 层承压水又与湖水连通,由此可见湖水确实通过第 6 层承压水与排涝河连通;③根据同位素示踪和隐患探测,同时得出了堤后冒水来自洪泽湖的结论,因此堤后深塘的存在形成出水点,构成渗漏通道,危及大堤安全.

2 隐患处理措施

a. 继续引进同位素示踪、电测法、DB-3¹ 堤防管涌渗漏探测技术,以及地震波法等高科技探测技术,对 67.25 km 的洪泽湖大堤进行全面检测,全面彻底地掌握大堤的隐患现状,以便于采取相应的工程与非工程措施.

b. 引进 3S,4D 等监测技术与管理手段对洪泽湖的水情、工情和资源及洪泽湖大堤的垂直、水平位移、浸润线进行监测,对可能出现的险情进行预警、预报.

c. 由于大部分堤段防浪林台的高程不足,当湖水水位超过 14.00m 时(其中 66K 处仅 13.5m),防浪林台下水,堤防渗径长度减小近一半,极易造成渗漏.同时,当出现高水位时由于防浪林台下水,堤身单薄,堤防稳定性偏低,消浪能力不足.因此,考虑将来对洪泽湖的规划宜将目前高程 14.00m 左右的防浪林台增加到 15.00m,以增加渗径长度.对九龙湾和 60K+515 和 64K+470 段及 37K+800,40K+350,60K+770 等快剪强度较低的堤段,还应加高加厚,

以保证其稳定性.

d. 针对上述堤基土隐患,宜在防浪林台处有针对性地对部分工段灌注地下连续墙以截断堤基和堆土渗流通道,增强大堤抗渗稳定性.

e. 针对上述堤身堆土和古决口、古建筑等隐患,宜在堤顶采用压密注浆等手段提高堤身密实度,减少堤身空隙,截断堆土渗流并增强堤身稳定性.

f. 根据检测情况堵截洪泽湖渗水入口,将渗漏严重的 52K,53K,56K 等堤段上游条石护坡改为混凝土护坡,同时填平九龙大湾、52K 和各古减水坝处等堤后深塘,封堵冒水孔.

3 结 语

2000 年和 2001 年汛前,在 52K 处采用振动沉模防渗墙及压密注浆后,渗漏量减少 61.5%,浸润线下降 32.5%,只剩下部分绕渗的影响(由于施工长度偏短相邻堤段产生的渗流),53K 与 56K 处实施压密注浆工程后,渗漏和堤后管涌状况明显好转,达到了预期的目的.由此可见,压密注浆和地下连续墙这两种工程措施产生了较好的效果,只是 52K 段由于施工长度偏短而产生了绕流现象,因此宜在两端继续延伸,增加施工长度.然而,由于洪泽湖大堤隐患较为严重,且其成因复杂,隐患种类也五花八门,有些隐患还与历史背景和古代治水方略相关,因此,应针对各段的特点辩证施治和管理.

参考文献:

- [1] 韩成银,陈斌,徐铭,等. DB-3¹ 型堤坝管涌渗漏检测系统在洪泽湖大堤渗漏检测中的应用[J]. 水利水电科技进展,2002,22(3):51~53.

(收稿日期:2002-03-01 编辑:张志琴)

(上接第 35 页)通过插值得 $m = 27$;同理,对于织物 B,曲线 $\frac{\mu_g}{\rho_f d_f} = \frac{410 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^2}{1140 \text{ kg/m}^3 \times 45 \times 10^{-6} \text{ m}} = 8$ 与曲线 $n = 0.8$ 相交于点 b(见图 2),该点 m 值为 19.

由此可见,织物 A 的 m 值在 25~30 范围内,而织物 B 的 m 值不落在该区间,因此织物 A 比织物 B 更优.

4 结 语

通过以上讨论可以看出特征孔径相同而孔洞曲线和瓶颈曲线不同的土工织物其渗滤性能是不同的.为此,本文提出了滤层设计中应注意的一个参数

——渗径孔洞数 m ,建议在设计中将 m 值控制在 25~30 之间.通过同时考虑 O_{100} 和 m 两个参数,还可以解决具有相同或相似特征孔径织物的优选问题.

参考文献:

- [1] 庄艳峰,王钊.土工织物的孔径测试方法[J].长江科学院院报,2002,19(3):33~36.
[2] Giroud J P. Theoretical basis for the development of a two-layer geotextile filter[A]. In: Rowe R K. Sixth International Conference on Geotextiles Geomembranes and Related Product[C]. Georgia USA: Industrial Fabrics Association International, 1998. 1037~1044.

(收稿日期:2001-04-27 编辑:熊水斌)