

DOI:10.16198/j.cnki.1009-640X.2019.02.015

戴永琪, 李宏恩, 刘晓青. 里运河堤防险工险段典型失效模式分析[J]. 水利水电工程学报, 2019(2): 104-110. (DAI Yongqi, LI Hongen, LIU Xiaoqing. Analysis of failure modes for typical dangerous sections of Li Canal levee[J]. Hydro-Science and Engineering, 2019(2): 104-110. (in Chinese))

里运河堤防险工险段典型失效模式分析

戴永琪^{1,2}, 李宏恩², 刘晓青¹

(1. 河海大学 水利水电学院, 江苏 南京 210098; 2. 南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029)

摘要: 里运河作为南水北调工程东线的输水主干线,其堤防的渗流与结构安全对确保南水北调东线工程运行调度与沿线公众生命财产安全具有重要意义。针对里运河堤防工程主要险工险段存在的渗流和结构安全问题,系统分析了影响工程安全的主要风险因子,提出了里运河堤防工程土堤、水闸和穿堤涵洞等建筑物的可能失效模式。结合工程勘察与安全检测成果,对里运河堤防主要险工险段的典型断面进行渗流和稳定计算,根据计算结果并结合堤防工程安全评价导则,确定里运河东堤渗流和稳定的安全性等级,对典型险工险段进行了综合安全评价,里运河东堤存在严重安全隐患,综合评价为三类堤。研究成果可为里运河堤防加固与监测设计工作提供依据。

关键词: 堤防工程; 险工险段; 失效模式; 安全评价

中图分类号: TV871

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2019)02-0104-07

堤防工程作为我国防洪工程体系的重要组成部分^[1],能够有效抵御洪水的侵袭,但由于我国的堤防工程历史悠久,现有的堤防大多是在民埝或者旧堤基础上加高培厚逐渐形成的,没有经过专业的地质勘探和地基处理,也没有严格控制设计标准和施工填筑质量,并且在长期运行过程中历经多次加固、抢险和生物破坏,堤身和堤基的情况非常复杂,存在诸多安全隐患,严重威胁堤防工程的安全^[2]。因此,进行堤防工程险工险段典型失效模式分析十分必要。

随着计算机信息技术的快速发展,一些国家逐步建立起堤防工程的自动化监测系统^[3],对复杂繁多的堤防信息和监测资料进行有效管理和实时分析,并开发相应的监测资料安全评价系统,对堤防工程的重点堤段和问题堤段进行实时评估,为防汛查险争取了主动性,也为实现对整个堤防系统的科学化管理奠定了基础。例如,日本、荷兰等一些发达国家建立了基于堤防信息管理系统和工程风险分析的堤防工程安全评价体系^[4]。20世纪末,我国许多学者对大坝安全评价进行了较为深入的研究,近年来,堤防工程安全评价的重要性已引起有关部门的重视。《堤防工程设计规范》明确规定,堤防的安全鉴定是对所研究堤段防洪能力的综合检验和评价,是堤防加固设计前工作的重要组成部分。

里运河堤防工程沿线现存的清水潭、车逻坝、小蔡潭等13处险工险段不仅普遍存在不良地质、穿堤涵洞多、多次加固堤段资料不详等问题,更具有位于南水北调东线输水主干线、部分沿线建筑为文物保护单位等特殊性质。因此,开展里运河堤防险工险段失效模式分析与安全评价研究,为里运河堤防工程的设计加固工作提供依据,对确保南水北调东线工程运行调度与沿线公众生命财产安全具有重要的实际意义和实践价值。

收稿日期: 2018-07-10

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFC0401809, 2017YFC0405006);国家自然科学基金资助项目(51579154);中央级公益性科研院所基本科研业务费项目(Y717012, Y718001);江苏省水利科技项目(2017005)

作者简介: 戴永琪(1996—),女,江苏扬州人,硕士研究生,主要从事水工结构数值模拟与安全评价方面研究。

E-mail: 523176025@qq.com 通信作者: 李宏恩(E-mail:heli@nhri.cn)

1 里运河堤防工程概况

里运河是京杭大运河最早开凿的河段,自古“盐运”、“南粮北运”及“北煤南运”等通航作用巨大。南水北调东线工程全线贯通后,里运河作为输水主干线肩负了重要的提水北送任务。里运河位于南水北调东线江苏省内,介于长江和淮河之间,北接中运河,南接江南运河,是输水河道和通航河道,同时也是淮河入江水道的一条泄洪通道。里运河设计水位为 8.5 m,两岸地面高程较低,因此水位一直高于两侧地面。扬州市管辖的高邮、江都段内的里运河堤防为国家一级堤防,东堤全长 74.4 km,防洪标准为 100 年一遇。里运河东堤自北向南分为里运河高邮段、里运河江都段和江都高水河 3 个堤段,沿线的堤防及穿堤建筑物大部分建设年代久远,最早涵闸(如子婴闸)为文物。里运河东堤目前普遍存在堤防超高不足、堤身单薄、管涌渗漏、堤后深塘、堤基深淤、护坡损坏和沿线建筑物老化严重等安全隐患。里运河东堤是高邮和江都两地的防洪安全屏障,是沿线群众生产生活的安全保证。

2 里运河东堤典型失效模式分析

2.1 土堤失效模式

根据堤防破坏的现场调查资料和历史文献资料,土堤的失效模式可分为水文破坏和结构破坏。水文破坏是指堤防由于水文因素的不确定性造成的堤防失事,水文因素的不确定性主要考虑实际水位或流量超过设计标准的情况,因此水文破坏主要为漫堤破坏。结构破坏则是指堤防由于材料和组成等各种结构因素的不确定性造成的堤防失事,主要包括渗透破坏和失稳破坏^[5]。

2.1.1 漫堤破坏 漫堤破坏可分为洪水漫溢和洪水漫顶两种形式^[6]。漫堤破坏通常是由于堤防高度不足(堤顶未达到设计高程或堤防设计标准过低)或者堤前水位过高(发生超标准洪水)而造成的。里运河江都段共有邵伯临镇和昭关船厂北两处堤防超高不足,江都高水河沿线有邵伯烈士陵园南人字坝一处堤防超高不足。若河道实际发生超标准洪水,这 3 处堤段很可能由于堤顶高程不满足设计要求而引起堤防漫堤破坏。

通过上述对里运河东堤漫堤破坏机理的分析可知,堤防工程漫堤破坏的内部因素主要是堤防高度不足,外部因素主要是超标准洪水。

2.1.2 渗透破坏 渗透破坏是堤防工程的主要破坏形式,我国历史上的堤防决口绝大多数都与堤防的渗流有关^[7]。渗透破坏是指堤身或堤基由于渗流时产生的渗透力而导致的堤防破坏,可分为管涌、流土、接触冲刷和接触流失 4 种形式。

江都高水河东堤沿线共有土山洞北和人字坝两处堤身单薄,急需加宽堤身处理。由于这些堤段的堤身单薄(堤身断面不足),堤防背水坡会出现渗水现象,随着汛期洪水位的升高,当堤身的实际渗透坡降大于堤身土层的允许坡降时,渗透水流会将堤身透水层的细颗粒冲刷带走,可能引起堤防管涌破坏。

里运河高邮段的车逻坝背水坡在里运河高水位运行时曾出现多处渗漏点;里运河江都段共有崇湾斜路南、崇湾油码头、戚运公路北、小六堡、戚运公路南、小蔡潭南、新庄路北、王庄路北、昭关坝、宋家浅、昭关闸、江港作业区、铜材厂院内和万寿宫等 14 处管涌渗漏段,部分堤段的渗漏情况经历年防渗、导渗处理有所缓解,但仍存在管涌渗漏现象;江都高水河共有江都老船厂段、原刘庄小桥北段、谈庄洞南和邵伯临镇大王庙段背水坡等 4 处管涌渗漏段。管涌渗漏是指运河高水位运行时堤防背水坡渗水的现象,可能造成堤坡冲刷和堤身漏洞等险情,容易引起堤防渗透破坏。

里运河高邮段沿线有多处堤后深塘和鱼塘,严重侵蚀堤防土体,且堤防两侧水位差很大,导致堤防渗漏严重;里运河江都段共有来圣庵、小六堡、小蔡潭、荷花塘、昭关坝和宋家浅等 6 处堤后深塘,这些深塘大都是人工养殖的鱼塘,对堤脚的侵蚀不容小视;江都高水河共有黑鱼塘、南塘和人字头坝等 3 处堤后深塘,加之这

些堤段堤身质量较差,渗漏情况严重。这些堤段的堤后深塘使得堤基长时间浸水,导致堤基及其附近土壤变得潮湿松软且透水性强,渗漏严重,容易引起渗透破坏。随着汛期洪水位的升高,当堤基的实际渗透坡降大于堤基土层的允许坡降时,渗透水流会将堤基透水层的细颗粒冲刷带走,引起堤防管涌破坏。同时,堤后深塘堤段的堤防两侧水位差较大,在渗透动水压力的作用下,使得堤脚局部土体浮动流失,引起堤防流土破坏。

通过上述对里运河东堤渗透破坏机理的分析可知,堤防工程渗透破坏的内部因素主要与堤身断面形式、堤身和堤基的材料及力学特性,如堤防填筑材料的级配、密实度以及土层的渗透特性等条件有关。除此之外,洪水期间波浪对堤防迎水面强烈的冲击作用和对堤基产生的淘刷作用等外部因素也是引起堤防渗透破坏的原因。

2.1.3 失稳破坏 失稳破坏也是堤防工程中常见的破坏形式。失稳破坏是指堤防由于局部岸坡土体的滑动或崩塌而造成的堤防破坏,可分为滑坡和崩岸两种形式^[8],通常发生在暴雨、长期降雨以及退水期。

里运河高邮段共有邵家沟至头闸段和清水潭段两处堤基深淤,堤基淤土最深处达 30.8 m,堤身不稳定存在安全隐患;里运河江都段共有东堤小六堡塘北、蔡家潭、宋家浅和淤溪河口等 4 处堤基深淤,最大淤深 23.8 m,最小 7.5 m。这些堤段堤基深淤中的淤泥属于软土,具有含水量大、压缩性高、抗剪强度和承载力低的特点,在堤身自重和堤顶动荷载的作用下,易使堤防产生不均匀沉降变形,严重时可能导致堤身下陷和裂缝,在汛期暴雨的影响下,雨水充满裂缝并沿裂缝渗入堤身内部,使得堤防土体强度降低,引起堤防失稳破坏。堤基淤泥层性质软弱、强度低且抗冲性差,堤防临水面的堤基深淤在河流冲刷和高水位时水压力的作用下,易使淤泥层受到水流侵蚀并产生侧向挤压流动,堤防岸坡的上部土体前缘临空失去稳定,引起堤防失稳破坏。

里运河高邮段东堤界首段迎水面块石护坡出现多处浪窝、浪洞(单个面积约为 10~20 m²),高邮船闸以北的东堤浆砌石护坡由于船行波和河水冲刷导致护坡淘刷损坏严重;里运河江都段共有东堤露筋渡口、联盟庄码头、王庄段、邵伯临镇段等 4 处护坡损坏,也是由于靠船及河水冲刷造成护坡损坏。船行波和河水风浪的冲击淘刷作用使得堤防护坡不断受到侵蚀损坏,易造成护坡塌陷,引起堤防失稳破坏。

通过上述对里运河东堤失稳破坏机理的分析可知,堤防工程失稳破坏的内部因素主要与堤防岸坡条件有关,如堤防土体的组成、土体的物理力学性质、土层的渗透特性等。除此之外,高水位作用、暴雨、船行波和河流冲刷等外部因素也是引起堤防失稳破坏的原因。

综上,里运河东堤的失效模式见表 1。

表 1 里运河东堤失效模式
Tab. 1 Failure modes of the Li Canal East Levee

破坏形式		表现形式	影响因素		里运河东堤 安全隐患
			内部因素	外部因素	
水文破坏	漫堤破坏	洪水漫溢 洪水漫顶	堤防高度不足	超标准洪水	堤防超高不足
	渗透破坏	管涌 流土 接触冲刷 接触流失	堤身断面形式、堤身和堤基的材料及力学特性、土层的渗透特性。	洪水期间波浪的冲击作用和淘刷作用	堤身单薄 窖潮渗漏 堤后深塘
	失稳破坏	滑坡 崩岸	堤防土体的组成、土体的物理力学性质、土层的渗透特性。	高水位作用、暴雨、船行波和河流冲刷。	堤基深淤 护坡损坏

2.2 水闸失效模式

根据有关水闸破坏的现场调查资料和历史文献资料,里运河东堤沿线水闸的失效模式可分为渗漏破坏、冲刷破坏和裂缝破坏。

渗漏破坏有两种情况:一是水闸基础的闸下渗漏;二是水闸与堤防边坡连接处的绕闸渗漏。水闸的渗漏破坏主要由地基本身存在安全隐患以及水闸的防渗排水设施失效等因素造成。里运河部分水闸存在闸门底漏水的问题,长期渗漏会引起闸基和堤防边坡土体的渗透变形,甚至导致闸室倾斜和倒塌,严重威胁水闸的安全。

冲刷破坏是水闸破坏中常见的破坏形式,包括闸基、闸室底板、翼墙、护坦等部位的冲刷。冲刷破坏主要是由闸基软弱、水流流速过大、产生波状水跃等自然和人为因素造成的。水流冲刷会导致水闸各组成结构的剥蚀、磨损和毁坏,是里运河部分水闸存在翼墙块石脱落问题的原因。

裂缝破坏可分为温度裂缝和沉降裂缝^[9]。温度裂缝主要是由于温降时混凝土的温度应力过大,是里运河部分水闸存在混凝土胀裂问题的主要原因;沉降裂缝是由闸基的不均匀沉降引起的。需要注意的是,裂缝往往会引起水闸其他形式的破坏,并形成恶性循环,对水闸的安全造成严重危害。

2.3 穿堤涵洞失效模式

根据有关涵洞破坏的现场调查资料和历史文献资料,穿堤涵洞的失效模式主要为渗漏破坏,即由于渗漏引起的穿堤涵洞破坏。由于里运河东堤沿线部分穿堤涵洞长期运行,老化和损坏问题严重,且存在多处渗漏点,对堤防安全造成严重影响。里运河东堤穿堤涵洞的施工过程中,由于施工条件的限制,穿堤涵洞周围回填土填筑质量差,洞身与堤身的接触面不密实,在上、下游水位差的作用下,造成洞身和堤身之间的接触渗漏^[10]。高水位运行时,渗水流经堤身进入涵洞及其周边孔隙,在长期渗流的作用下,易在穿堤涵洞周围形成渗漏通道,不断冲刷涵洞外壁及其周边土壤,从而导致洞身局部沉陷,产生错位裂缝,引起洞身渗漏,严重时将造成堤防渗透破坏。除此之外,里运河东堤还有多处堤段存在堤基深淤的安全隐患,其中的淤泥属于软土,具有含水量大、压缩性高、抗剪强度和承载力低的特点,在堤身自重和堤顶动荷载的作用下,易使堤防产生不均匀沉降变形,洞身挤压变形,从而导致穿堤涵洞的断裂漏水。

3 里运河堤防工程安全评价

选取里运河东堤险工险段中的清水潭、车逻坝和小蔡潭共3个典型断面,运用 AutoBank 软件对上述典型断面进行渗流安全和稳定安全分析。其中,边界条件根据计算工况确定,计算参数根据里运河堤防工程地勘报告和现场检测结果综合选择。

3.1 渗流安全分析

求解渗流场的关键是确定浸润线位置,AutoBank 采用节点流量平衡法通过迭代计算自动确定浸润线位置和渗流量^[11]。经过渗流计算,根据 AutoBank 软件的渗流场后处理分析,可得堤防各典型断面在设计水位 8.5 m 下的渗流量,再在图中出逸点处插入等值线,可以得到出逸点的高程和水力比降,里运河东堤险工险段典型断面渗流计算成果见图 1。

根据《堤防工程设计规范》,计算得里运河东堤险工险段各典型断面堤身土体的允许水力比降见表 2。

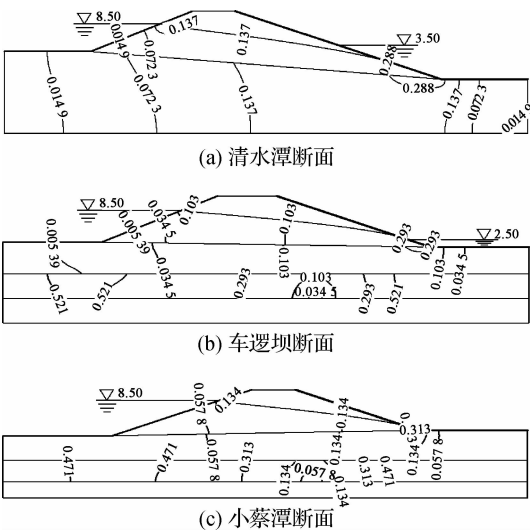


图1 水力比降等值线(单位:m)
Fig. 1 Hydraulic ratio drop contour maps (unit: m)

表 2 里运河东堤险工险段典型断面渗流计算结果

Tab.2 Calculation results of seepage flow in typical dangerous sections of Li Canal East Levee

典型断面	计算水位/ m	渗流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	出逸点高程/ m	出逸点 水力比降	临界 水力比降	允许 水力比降
清水潭	8.5	$3.238\ 70 \times 10^{-5}$	0.44	0.288	0.926	0.463
车逻坝	8.5	$2.994\ 57 \times 10^{-5}$	2.89	0.293	0.926	0.463
小蔡潭	8.5	$9.522\ 76 \times 10^{-8}$	3.62	0.313	1.006	0.503

由表 2 可知,堤防各典型断面背水侧堤坡的出逸点水力比降均小于允许水力比降,在设计水位运行条件下,堤防的渗透稳定满足规范要求。按照《堤防工程安全评价导则》SL/Z 679—2015,虽然土堤的渗透坡降满足相关标准要求,但是由于运行中存在局部渗流异常现象,故渗流安全性定为 B 级。

3.2 稳定安全分析

采用 AutoBank 软件的稳定计算并结合有效应力法和毕肖普法求解里运河东堤的边坡稳定。在 $t=0$ 处输入设计水位高程 8.5 m,在 $t=24$ h 处输入正常水位 6.5 m。经稳定计算,可得堤防各典型断面在不同工况下的最危险稳定滑弧面及其安全系数,里运河东堤险工险段典型断面稳定计算成果见图 2。

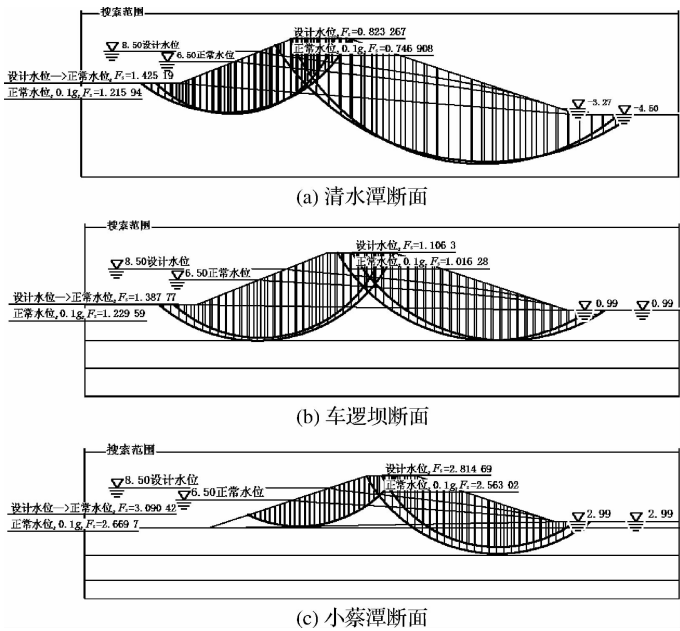


图 2 各段面最危险滑弧面(单位:m)

Fig.2 The most dangerous stable sliding surfaces(unit:m)

根据《堤防工程设计规范》的规定,采用毕肖普法时,在正常运用条件下,土堤边坡抗滑稳定安全系数不应小于 1.50;在非常运用条件下,土堤边坡抗滑稳定安全系数不应小于 1.20。里运河东堤险工险段各典型断面边坡抗滑稳定安全系数见表 3。

由表 3 可知,清水潭断面和车逻坝断面在前 3 种工况下的安全系数计算值均小于边坡抗滑稳定安全系数允许值,土堤的边坡稳定不满足规范要求,有发生稳定破坏的危险;小蔡潭断面在各工况下的安全系数计算值均大于边坡抗滑稳定安全系数允许值,土堤的边坡稳定满足规范要求。按照《堤防工程安全评价导则》SL/Z 679—2015,由于堤防结构安全性不满足有关标准要求,故结构安全性定为 C 级。

表3 里运河东堤险工险段典型断面稳定计算结果

Tab.3 Calculation results of stability in typical dangerous sections of the Li Canal East Levee

典型断面		计算工况	堤坡	边坡抗滑稳定 安全系数计算值	边坡抗滑稳定 安全系数允许值
清水潭	正常运用条件	设计水位 8.5 m	背水侧	0.82	1.50
		设计水位 8.5 m 骤降至正常水位 6.5 m	临水侧	1.43	1.50
	非常运用条件	平均水位 6.5 m + 地震 0.10g	背水侧	0.75	1.20
			临水侧	1.22	1.20
车逻坝	正常运用条件	设计水位 8.5 m	背水侧	1.11	1.50
		设计水位 8.5 m 骤降至正常水位 6.5 m	临水侧	1.39	1.50
	非常运用条件	平均水位 6.5 m + 地震 0.10g	背水侧	1.02	1.20
			临水侧	1.23	1.20
小蔡潭	正常运用条件	设计水位 8.5 m	背水侧	2.81	1.50
		设计水位 8.5 m 骤降至正常水位 6.5 m	临水侧	3.09	1.50
	非常运用条件	平均水位 6.5 m + 地震 0.10g	背水侧	2.56	1.20
			临水侧	2.67	1.20

3.3 安全综合评价

根据上述堤防渗流和稳定复核计算结果,经综合分析评价,里运河东堤运用指标无法达到设计标准,工程存在安全隐患。按照《堤防工程安全评价导则》SL/Z 679—2015,由于堤防渗流安全性定为 B 级、结构安全性定为 C 级,故里运河堤防综合评价为三类。

里运河东堤目前普遍存在堤防超高不足、堤身单薄、窖潮渗漏、堤后深塘、堤基深淤、护坡损坏和沿线建筑物老化严重等安全隐患,并且综合评价为三类堤,应尽快提出除险加固方案建议。

4 结 语

本文在研究南水北调东线里运河堤防工程现状隐患的基础上,分析里运河东堤典型失效模式,对里运河堤防主要险工险段的典型断面进行渗流和稳定计算,并对典型险工险段进行综合安全评价。经综合分析评价,由于堤防渗流安全性定为 B 级、结构安全性定为 C 级,故里运河东堤综合评价为三类。

参 考 文 献:

[1] 曹云. 堤防工程风险因子分析和风险计算模型研究[J]. 水利与建筑工程学报, 2006, 4 (4): 14-17. (CAO Yun. Research on risk factor analysis and risk computation model in levee engineering [J]. Journal of Water Resources and Architectural Engineering, 2006, 4 (4): 14-17. (in Chinese))

[2] 赵二峰,何晓洁,黄浩. 黄河下游堤防失事模式及识别方法[J]. 人民黄河, 2014 (11): 36-38. (ZHAO Erfeng, HE Xiaojie, HUANG Hao. Yellow river downstream dike failure mode and recognition methods [J]. Yellow River, 2014 (11): 36-38. (in Chinese))

[3] 李青云,张建民. 长江堤防工程风险分析和安全评价研究初论[J]. 中国软科学, 2001 (11): 113-116. (LI Qingyun, ZHANG Jianmin. On the risk analysis and safety assessment research of the yangtze river main levee [J]. China Soft Science, 2001 (11): 113-116. (in Chinese))

[4] 庞金龙. 宁夏黄河堤防风险分析及洪水影响评估[D]. 天津:天津大学, 2016. (PANG Jinlong. Risk analysis on the embankment of the Yellow River and the flood impact assessment in Ningxia[D]. Tianjin: Tianjin University, 2016. (in Chinese))

- [5] 邢万波. 堤防工程风险分析理论和实践研究[D]. 南京:河海大学, 2006. (XING Wanbo. Study on levee engineering risk analysis theory and practice [D]. Nanjing: Hohai University, 2006. (in Chinese))
- [6] 费小霞,李锋,李华. 堤防工程风险分析研究综述[J]. 河南水利与南水北调, 2009 (5): 64-65. (FEI Xiaoxia, LI Feng, LI Hua. Summary of risk analysis of levee engineering [J]. Henan Water Resources & South-to-North Water Diversion, 2009 (5): 64-65. (in Chinese))
- [7] 雷鹏,肖峰,张贵金. 基于 AHP 的堤防安全评价系统研究[J]. 人民黄河, 2013, 35 (2): 108-110. (LEI Peng, XIAO Feng, ZHANG Guijin. Study of levee safety assessment system based on AHP [J]. Yellow River, 2013, 35 (2): 108-110. (in Chinese))
- [8] 张秀勇. 黄河下游堤防破坏机理与安全评价方法的研究[D]. 南京:河海大学, 2005. (ZHANG Xiuyong. Study on failure mechanism and methodology of safety assessment of the lower Yellow River dike [D]. Nanjing: Hohai University, 2005. (in Chinese))
- [9] 张丽明. 水闸破坏形式与除险加固措施的研究[J]. 水利科技, 2001(2): 25-28. (ZHANG Liming. Study on damage forms and reinforcement measures of sluices [J]. Hydraulic Science and Technology, 2001(2): 25-28. (in Chinese))
- [10] 郑惠成. 浅议穿堤涵洞渗透破坏及其防治[J]. 江苏水利, 2001(7): 18. (ZHENG Huicheng. Preliminary discussion on seepage damage and prevention of culvert through dike [J]. Jiangsu Water Resources, 2001(7): 18. (in Chinese))
- [11] 舒楠. 基于 AutoBank 软件在堤防稳定计算中的应用[J]. 建筑工程技术与设计, 2017(21): 4076. (SHU Nan. Application of AutoBank in levee stability calculation [J]. Architectural Engineering Technology and Design, 2017(21): 4076. (in Chinese))

Analysis of failure modes for typical dangerous sections of Li Canal levee

DAI Yongqi^{1, 2}, LI Hongen², LIU Xiaoqing¹

(1. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China)

Abstract: As the main water-conveyance line of the east route of the South-to-North Water Diversion Project, the seepage and structural safety of the Li Canal are of great significance to ensuring the operation of the east route of the South-to-North Water Diversion Project and the safety of the lives and property of the residents along the line. In view of the seepage and structural safety problems existing in the main dangerous sections of the Li Canal levee project, the main risk factors affecting the project safety are systematically analyzed, and the possible failure modes of the earth levee, sluices and culverts of the Li Canal levee project are put forward. Based on the results of the project investigation and safety inspection, the seepage and stability calculation of the typical dangerous sections of the Li Canal levee is carried out in this study. According to the guidelines for the levee safety evaluation, the safety grade of seepage and stability of the Li Canal east levee is determined, and the comprehensive safety evaluation for the typical dangerous sections is carried out. There are serious potential safety hazards in the Li Canal east levee, which is comprehensively evaluated as the third type of levees. The analysis with research results can provide a basis for reinforcement, monitoring and design of the Li Canal levee.

Key words: levee project; dangerous section; failure mode; safety evaluation