

上海市一江一河堤防薄弱岸段安全评价体系 分析研究

田 源

(上海市水利工程设计研究院有限公司, 上海市 200232)

摘 要: 上海属于典型的平原感潮河网地区,受特定的地理环境和气候条件影响,一江一河(黄浦江、苏州河)沿岸堤防设施安全运行直接影响城市的防汛安全。2021年“烟花”台风引发黄浦江超高水位对江浙沪周边流域区域水情工情产生重要影响,而关于堤防薄弱岸段安全评价标准并未进行系统分析及梳理。现重点梳理上海市一江一河堤防薄弱岸段安全评价体系的研究背景、研究初探及应用成果,分析各种方法在不同考量角度下的得与失,总结适用性较强的薄弱岸段判定标准,便于运行管理单位制定安全度汛预案,加强薄弱岸段风险管控。

关键词: 堤防工程;薄弱岸段;安全评价

中图分类号: TV871

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2025)05-0183-05

Analysis and Study on Safety Evaluation System of Weak Embankments of Two Rivers in Shanghai

TIAN Yuan

(Shanghai Hydraulic Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Shanghai 200232, China)

Abstract: Shanghai belongs to a typical plain tidal river network area, and is affected by specific geographical environment and climatic conditions. The safe operation of embankment facilities along two rivers (Huangpu River, Suzhou River) directly affects the flood control safety of the city. The super high water level of the Huangpu River triggered by the "fireworks" typhoon in 2021 had an important impact on the regional water conditions in the surrounding river basins of Jiangsu, Zhejiang and Shanghai. However, the safety evaluation standard of the weak embankment section has not been systematically analyzed and sorted out. The research background, preliminary study and application results of the safety evaluation system of the weak embankment section of the two rivers in Shanghai are specially sorted out. The gains and losses of various methods under different consideration angles are analyzed, and the applicable criteria for determining the weak embankment section are summarized to facilitate the operation management units for formulating the safety flood plan, which strengthens the risk management in weak embankment sections.

Keywords: embankment engineering; weak embankment section; safety evaluation

0 引 言

黄浦江作为太湖流域骨干防洪河流,贯穿上海市中心城区。它不仅承担着流域、区域行洪除涝的重要作用,同时还具有供水、排水、航运、生态、景观、旅游等重要功能^[1],被誉为上海的“母亲河”。上海市防汛保安体系“四道防线”之一“千里江堤”指的是黄浦江两岸堤防设施,由黄浦江两岸干流防汛墙、沿江支流河口第一座泵闸及闸下堤防设施等共同组

成^[2]。黄浦江是太湖流域沿长江口唯一未建闸控的支流,特殊的地理位置,加上地势低平、潮汐和季风作用,又居热带气旋北上之要冲,上承太湖洪水、下受长江口潮水顶托,决定了黄浦江易受梅雨、暴雨、风暴潮、下泄洪水等综合影响^[3]。近年来黄浦江堤防防汛压力和风险呈增大趋势。

苏州河沿线两岸腹地多为人口集中的居民区,受上游来水影响,台风暴雨期间苏州河两翼频繁出现由内河水位过高引发堤防渗漏水、道路积水等防汛安全隐患^[4]。

2021年“烟花”台风强度强、移速慢,累计降雨量大,虽小时雨强不大,但“烟花”台风期间风雨潮叠

收稿日期: 2024-10-28

作者简介: 田源(1999—),女,本科,助理工程师,从事水利工程设计工作。

加,风暴潮增水幅度大,黄浦江和苏州河沿线水位普遍突破历史极值^[5]。黄浦江中上游多处岸段发生了堤身渗水、墙后管涌、墙顶漫溢及河水倒灌等险情,对黄浦江沿线的防御能力以及应急处置提出了更高的要求。

1 堤防薄弱岸段安全评价现状

“烟花”台风过后,上海市政府抓紧部署,推进黄浦江防洪能力总体提升的专题研究,确定了黄浦江河口建闸、中上游堤防全面加高加固等工程措施的推进工作^[6]。在实施新一轮黄浦江防御工程提升时期,除了制定完备的应急处置预案,也对上海市堤防工程的日常设施管理和防洪挡潮应急管理提出了新的挑战和要求^[7],加强上海市“一江一河”堤防薄弱岸段安全评价标准的梳理与研究迫在眉睫。在充分发挥现有防洪工程作用的前提下,如何通过日常巡查、管理维护和定期安全鉴定等手段,加强现状堤防薄弱岸段及重点关注岸段的梳理和掌握,以保证特殊工况下相关部门能够迅速精准响应,高效研判风险可控性及应对策略,对症下药,最大限度地减轻洪灾损失,保障经济社会稳定发展和城市整体安全,已成为上海这座超大滨海城市在堤防设施管理和防洪减灾领域亟需解决的重点问题。

2003年10月15日起施行的上海市黄浦江防汛墙安全鉴定暂行办法(沪水务[2003]829号)^[8](以下简称暂行办法)明确了防汛墙安全鉴定范围包括护坡、桩基、墙身、挡潮闸门、承台、底板和墙后地坪、墙前覆土等。暂行办法自发布施行以来已得到运行管理单位广泛采用,也是防汛墙安全鉴定工作的重要基础,然而办法发布已经超过二十年,其中关于防汛墙安全鉴定周期及适用范围已不适合现今“一江一河”堤防安全鉴定工作,文本中对于鉴定内容的规定、评价结论等对于安全鉴定工作的具体开展也显得较为模糊,许多判定标准、判定流程较为繁琐,管理单位工作人员难以操作,每年汛前薄弱岸段统计漏项、上报延期等影响了防汛预案制定。

2015年4月21日开始实施的堤防工程安全评价导则(SL/Z679-2015)^[9](以下简称导则)提出堤防安全评价可分为现状调查分析、复核计算、综合评价三个阶段,并将堤防安全综合评价分为三类:一类为安全;二类为基本安全;三类为不安全。导则作为水利部批准的水利行业指导性技术文件,对全国堤防工程安全评价工作均具指导意义。导则提出的评价要

求较为全面,有适用性强的特点,但其中关于堤防安全综合评价分为三类的分类方式,与上海市堤防工程安全鉴定长期沿用的分类准则有所出入,并不能完全套用。

先前提到日常巡查、管理维护和定期安全鉴定等手段有利于现状堤防薄弱岸段及重点关注岸段的梳理和掌握,但堤防安全鉴定中各项评价手段及复核手段均对基础资料审查有所要求并涉及专业计算,仅适用于有专项资金落实的部分堤防岸段定期开展现场安全检测工作,无法覆盖“一江一河”全部堤防岸段,也无法通过日常巡查、管理维护这两种手段开展安全评价。

基于以上种种问题,对于一江一河堤防薄弱岸段安全评价标准的研究应聚焦于日常巡查工作和管理维护工作中能够观测的相关现象和数据,如:堤顶欠高、管涌渗水、墙体变形、护坡完整性及墙后腹地塌陷沉降开裂等^[10]。其中关于判定标准的具体数值规定应从上海市堤防工程历年安全鉴定的复核计算中总结经验。通过典型岸段计算,判断影响堤防安全的重要因素临界值,为制定判定标准提供依据。

为了更好地指导堤防管理维护人员对薄弱段的判别和认定,落实度汛安全措施,及时启动相应的应急工作程序,根据水利部《堤防工程险工险段判别条件》以及《上海市防汛条例》等有关文件规定,上海市堤防管理单位组织开展“一江一河”堤防薄弱岸段判定标准研究工作,形成评定打分表、评定流程等成果。

2 堤防薄弱岸段安全评价体系分析研究

2.1 堤防安全评价内容及等级判定

对堤防堤身(大堤结构)、墙身(防汛墙结构)、墙前滩面及护坡、墙后腹地和交叉建筑物等进行分项评定分级。堤防各部位主要分项评定内容如下。

(1)堤身(大堤结构):堤顶是否出现欠高、塌陷、沉降;堤身是否出现管涌、渗水。

(2)墙身(防汛墙结构):墙顶是否出现欠高;墙身是否出现贯穿缝或损坏;墙身是否出现倾斜或错位;地基基础是否出现管涌、渗水。是否出现浆砌石脱落、掏空。

(3)墙前滩面及护坡:滩面掏刷是否严重;护坡是否完整。

(4)墙后腹地:墙后是否存在违规堆载加载,是否存在塌陷、沉降、开裂。

(5)交叉建筑物:穿堤建(构)筑物部位是否出现

开裂、脱空、错位、渗漏;防汛闸门、活动式防汛墙结构是否出现缺失或损坏。

分析影响堤防安全性的因素,通过稳定验算、修复难度、数理统计及经验判断等方法确定影响堤防运行状态的各个因素安全阈值。对于多年来日常管理中普遍采用、基本符合现场实际、能够满足管理要

求,但没有具体判断方法的控制指标,可采用经验判断法确定阈值。堤防各部位评定内容中,有一项分项评定内容符合某风险等级对应的评定指标或评定阈值,则判定堤防该部位达到该不利风险等级(即部位评定等级为各分项内容评定等级取低)。各部位评定内容、指标及对应分级详见表1所列。

表1 堤防各部位分项评定内容及等级打分表

堤防部位	分项评定内容	评定指标	对应等级	是(打√)	备注
堤身 (大堤结构)		无堤顶欠高、塌陷、渗水等异常	A		
	堤顶欠高 (堤顶设防时)	10 cm≤设防高程-实测堤顶高程<30 cm	B		
		设防高程-堤顶高程≥30 cm	C		
	堤顶塌陷	一旦出现即列为高风险	C		
	管涌渗水	高水位堤后渗水,水量较小且较清澈	B		重点关注
		高水位堤后管涌或渗水浑浊、低水位墙前冒水	C		
墙身 (防汛墙结构)		无沉降、薄弱、变形等异常	A		
	墙顶沉降 (墙顶设防时)	10 cm≤设防高程-墙顶高程<30 cm	B		
		设防高程-墙顶高程≥30 cm	C		
	墙身薄弱	墙体结构基本完整,但单幅墙体贯穿缝超过3条或单条裂缝宽度超过2 mm;浆砌石局部脱落	B		
		墙体损坏严重、断裂、孔洞;浆砌石普遍脱落、掏空	C		
	墙体变形	沉降、倾斜、错位,相邻防汛墙错位<50 mm	B		重点关注
		相邻防汛墙错位≥50 mm	C		
墙前滩面 及护坡		无淘刷且完整	A		
	滩面淘刷	0 m<设计泥面-墙前泥面<0.5 m;	B		
		设计泥面-墙前泥面≥0.5 m,且综合坡比缓于1:2.5	C		
		设计泥面-墙前泥面≥0.5 m,且综合坡比陡于1:2.5	C		
	护坡完整性	存在局部开裂、错位、下滑、土方流失等现象	B		重点关注
出现大范围土方流失及掏空		C			
墙后腹地		无违规加载等异常	A		
	墙后违规堆载 加载	超过设计运行墙后荷载20 kPa 以内(15 m 范围内)	B		
		超过设计运行墙后荷载20 kPa 以上(15 m 范围内)	C		
	塌陷沉降开裂	轻微沉降、开裂、塌陷,状态稳定	B		
		沉降、塌陷、开裂严重,或持续发展	C		
交叉建筑物		无脱开、渗漏、失灵等异常	A		
	穿堤建(构)筑物	存在开裂、脱空、错位、轻微渗漏现象,潮拍门损坏	B		
		出现严重渗漏或土方流失	C		
	防汛闸门、活动式 防汛墙	闸门、门轨、连接件严重锈蚀;门轨受压变形,影响闸门启闭;闸门墩柱与防汛墙连接部位存在错位、脱开现象;闸门墩柱表面破损深度在10cm 以内	B		
		防汛闸门缺失、倾覆;闸门墩柱断裂	C		

2.2 薄弱岸段评价指标及评定准则研究

根据堤防存在隐患的严重程度,分为达标段、基本达标段、重点关注岸段、薄弱段和疑似险工段五个类别。达标段堤防是指堤防各部位评定分级结果均为A级的堤防;基本达标段堤防是指堤防各部位评定分级结果有一项至两项为B级(不含C级)的堤防;重点关注岸段是指对于管涌渗水、墙体变形和护坡完整性出现B类评价的岸段(非薄弱段),应列为重点关注岸段,便于后续管理工作的开展;薄弱段堤

防是指堤防各部位评定分级结果有三项以上(含三项)为B级,或有一项以上(含一项)为C级的堤防,该段堤防判定为“薄弱段”;疑似险工段是指在“薄弱段”中,有两项以上(含两项)为C级的堤防,或由于堤顶塌陷、管涌渗水、墙身薄弱、墙前滩面及护坡、墙后违规堆载加载、墙后塌陷沉降开裂或交叉建筑物中某一项问题被评定为C级的堤防。

在堤防现状检查的基础上,分项评定堤防各部位的隐患等级,再综合堤防各部位评定分级结果,作

出上述五类堤防判定。列出“重点关注岸段”主要为了便于日常管理工作和应急工作的开展,而并非传统意义上堤防风险等级的“扩充”。

2.3 堤防薄弱段应对措施及数据管理

经判定为“薄弱段”的堤防但尚不至于短期内引发严重危害,严重危及堤防安全,应加强观测与巡视并上报堤防管理单位。经判定为“险工段”的堤防,堤防已出现灾情,或者发现险情可能引发严重危害,应当立即开展应急抢险和设施修复。

堤防判定分类及薄弱岸段判定原则上每年进行一次,其结果应列为清单作为年度重要基础数据进行动态更新。发生较大工情、水情等边界条件变化后,应及时开展安全评价并更新评定结果。目前上海市防汛预案中已将运行管理部门每年汛前上报的一江一河堤防薄弱岸段列入城市防洪风险分布图库。

3 堤防薄弱岸段评价体系应用

3.1 应用范围

自一江一河堤防薄弱岸段安全评价标准研究工作开展以来,上海市堤防管理单位将安全评价标准

研究成果与黄浦江中上游超标洪水防御预案编制工作相结合,积极将成果转化应用,形成薄弱岸段清单作为年度防汛预案附件。

黄浦江中上游堤防,即徐浦大桥至三角渡的黄浦江干、支流(支流为河口至第一座水闸)堤防薄弱岸段评价成果已成为黄浦江中上游堤防防洪能力提升改造工程立项的重要依据。

3.2 应用成果

2022年黄浦江中上游干流薄弱岸段涉及徐汇区、闵行区、奉贤区及松江区四区,其中徐汇区共计3段,闵行区共计35段,奉贤区共计22段,松江区共计72段。2023年黄浦江中上游干流薄弱岸段涉及浦东新区、闵行区及松江区三区,其中浦东新区1段,闵行区共计24段,松江区共计81段。隐患消除途径包括列入黄浦江中上游堤防防洪能力提升工程实施、列入年度堤防专项维修工程实施及列入应急抢险工程实施等。

对比图1和图2,即2022年黄浦江中上游薄弱岸段分布图和2023年黄浦江中上游薄弱岸段分布图,可以看出,随着堤防安全鉴定项目和堤防专项维修工程的推进,每年会有部分薄弱岸段被“销项”。



图1 2022年黄浦江中上游薄弱岸段分布图

4 总结与展望

总体来看,一江一河堤防薄弱岸段安全评价研究及评定标准中常规数据采集均能借助堤防巡查人员和维养人员在日常管理工作和安全监测工作中进行观测和记录。但是随着新技术发展及上海这座特

大型城市对于防洪应急响应能力要求的提升,堤防管理和安全监测逐步向实时、自动化及智能化方向发展^[11]。同时,将堤防薄弱岸段安全评价中的监测内容和各项成果进行自动化和数字化转型应用也符合水利部关于数字孪生水利工程和数字孪生流域的展望及要求。

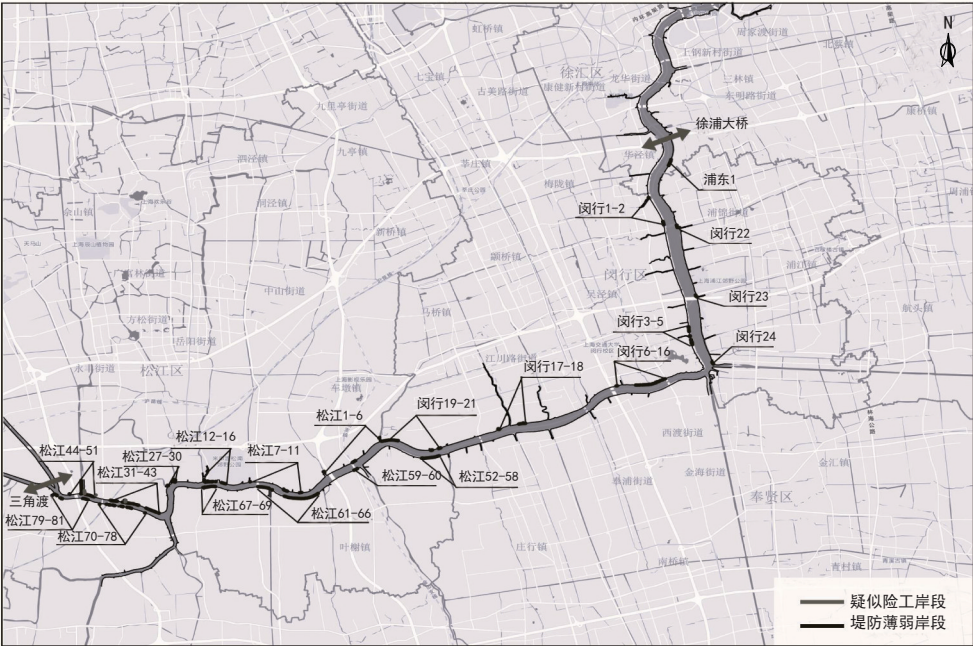


图2 2023年黄浦江中上游薄弱岸段分布图

(1)堤防薄弱岸段安全评价标准根据堤防存在隐患的严重程度,将一江一河堤防分为达标段、基本达标段、重点关注岸段、薄弱段和疑似险工段五个类别。

(2)薄弱岸段安全评价标准的研究成果已转化实际应用,能够帮助堤防管理单位建立堤防薄弱岸段清单,辅佐全市防汛工作的开展。

(3)堤防薄弱岸段安全评价工作应与数字孪生水利体系构建相结合。监测感知数据是构建数字孪生水利体系的前提和基础^[12]。自动化安全监测、薄弱岸段判定及自动监测报警系统三位一体,促进堤防设施管理工作向“3I”(即仪器化、网络化、智能化)发展。若能真正做到实时监控、数据收集、在线大数据分析并且实现智能决策和自动处理^[13],就能够在数字孪生黄浦江等模型底板上筑造有效数据库,支撑上海构建具有“四预”功能的数字孪生水利体系,确保一江一河堤防设施安全运行。

参考文献:

[1] 上海市规划和国土资源管理局.黄浦江、苏州河沿岸地区建设规划(2018—2035)[R].上海:上海市规划和国土资源管理局,2018.
[2] 田爱平.上海黄浦江上游干流段堤防安全风险分析与应对措施[J].中国防汛抗旱,2021(8):32-35.
[3] 卢永金.上海市防御台风战略对策探讨[J].中国防汛抗旱,2006(4):8-11.
[4] 韦浩,俞汇,李琪,等.上海市苏州河高水位成因分析及对策研究[J].中国防汛抗旱,2024,34(2):63-67.

[5] 丁国川.上海西部地区烟花台风期间高水位成因分析与对策[J/OL].长江科学院院报,2024:1-8(2024-06-27)[2024-08-18].https://kns.cnki.net/kcms_2/article/abstract?v=XMmmt_ij6VF6vn_Mqz5zMUj_bG-NNjftmr770gF2lQa4AcQvTQfNmVf2qroIemEUzFwASiTrigMriM5CaxwEoC1cm-kkBts_8bcLesMsiXTv8eIUhZqcNH721tm3z8ZzW38g2ZXIwW2JZ8gR639hszzLJLZgtX7zLBKby3uxBlmbKyJDjenumw=&uniplatform=NZKPT&language=CHS.
[6] 季永兴.黄浦江河口建闸研究40年回顾与展望[J].水利水电科技进展,2023,43(5):1-9;87.
[7] 上海市防汛指挥部办公室.上海市防汛指挥部办公室关于印发《黄浦江中上游超标准洪水防御预案》的通知(沪汛办[2022]41号)[Z].上海:上海市防汛指挥部办公室,2022.
[8] 上海市水务局.上海市黄浦江防汛墙安全鉴定暂行办法(沪水务[2003]829号)[Z].上海:上海市水务局,2003.
[9] SL/Z 679—2015,堤防工程安全评价导则[S].
[10] 上海市水务局.上海市水务局关于印发上海市第一次水旱和海洋灾害风险普查实施方案的通知(沪水务[2021]525号)[Z].上海:上海市水务局,2021.
[11] 沈建刚.基于一网统管的上海市防汛防风指挥系统建设[J].中国防汛抗旱,2021,31(6):21-26.
[12] 中华人民共和国水利部.数字孪生“天空地水工”一体化监测感知夯基提能行动方案(2024—2026年)(水信息[2024]178号)[Z].北京:中华人民共和国水利部,2024.
[13] 王忠静,沈文欣,石羽佳,等.数字孪生催动水利新质生产力与数字水利经济发展研究[J/OL].中国水利,2024:1-6(2024-08-15)[2024-08-31].https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=XMmmt_ij6VELX-TlAqjQ7FIMPYVP5JD55BawRjQS3sIKEAy4_KAlF0SamyAqDhnP0mZvWf_22keVQVGf5xzAdtp9mM4FNa_QvLlfPkpesZTCenG2vW74-NToB69DJEm7MWeS6C6Sma5L8o2PqUESv_YZ2kO8IWVOgdD3F-dw3Hz1g3hDnCeI3Q_Uw=&uniplatform=NZKPT&language=CHS.