

平面二维水流数学模型 在分散式亲水平台防洪评价中的应用

余乃旺, 陈 刚, 黄宏家

(江苏省水文水资源勘测局盐城分局, 江苏 盐城 224000)

摘要:根据射阳河河道特点,结合4座亲水平台分散建设的要求,采用平面二维水流数学模型,对拟建平台处的水位、流速等水力因素,利用上下游实测资料对壅水高度及流速变化进行求解和分析,为准确评价分散式亲水平台建设对河道行洪影响提供依据。

关键词:数学模型;分散式亲水平台;防洪评价

中图分类号:TV131.65

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2021)03-0070-03

Application of plane two – dimensional flow mathematical model on flood control evaluation of distributed hydrophilic platform

YU Naiwang, CHEN Gang, HUANG Hongjia

(Yancheng Hydrology and Water Resources Investigation Bureau of Jiangsu Province, Yancheng 224000, China)

Abstract: According to the river characteristics of the Sheyang River, combined with the requirements of decentralized construction of four hydrophilic platforms, the plane two – dimensional flow mathematical model was adopted to solve and analyze the backwater and velocity changes of the water level, velocity and other hydraulic factors at the proposed platform by using the measured data of upstream and downstream, so as to provide the basis for accurately evaluating the impact of decentralized hydrophilic platform construction on river flood discharge.

Key words: mathematical model; distributed hydrophilic platform; flood control evaluation

为推动阜宁县文明城市建设,打造宜人宜居的城市生活环境,提高城市品位,阜宁县实施县城射阳河沿河风光带建设工程,亲水平台工程是沿河风光带建设工程的重要组成部分。整个平台工程位于射阳河左(北)岸,于阜宁老大桥和新阜宁大桥之间长1.9 km的滨水岸线上。结合沿线河道岸线、桥梁、绿化及亮化工程,分散建设4座亲水平台,自上游向下游依次编号为I、II、III、IV号(位置见图1),均为水上建筑。平台平面布置以方形或圆形为主体,通过观光踏步由射河北路进入,其主体建设以人和水亲密接触的构思,营造集休闲、生态、观赏且具有都市魅力的滨水风光景观。

射阳河亲水平台主要涉水建筑物为平台下方灌注桩和上部的平台横梁、面板,以及平台上方与绿化带、沿河道路连接的踏步,其建设需要占用部分河道滩面和岸线。建设项目在进行防洪评价时,平台涉水部分对附近水位、流场的影响是分析评价的重点和难点,因此结合同类型项目的分析研究^[1],拟通过建立平面二维水流数学模型,分析比较不同设计水情下工程建设前、后水位和流场的变化,以准确评价平台建设对河道行洪的影响程度。

1 项目概况

平台总体依托射阳河北侧护岸(石驳岸防洪

收稿日期:2021-01-14

作者简介:余乃旺(1962—),男,高级工程师,本科,主要从事水文测验及调查评价工作。E-mail:1146820883@qq.com



图1 射阳河亲水平台及临近水文站点位置

墙)向河心及两侧方向展开,在现有河床上利用桩柱基础建设。4座平台共占用水域面积约 $5\,870\text{ m}^2$,起点的I号平台其西边缘顶点坐标为 $N33^{\circ}46'59''$, $E119^{\circ}47'04''$,终点IV号平台东边缘顶点坐标为 $N33^{\circ}46'40''$, $E119^{\circ}47'45''$ 。

I号平台:顺河方向长 276.7 m ,呈长条型布置,垂直水流方向距离现有护岸 10.5 m 。台下均采用 $\text{Ø}60\text{ mm}$ 灌注桩,桩柱共 150 根,西侧桩长 32.8 m ,东侧桩长 24.3 m 。

II号平台:西缘距离I号平台东缘 200 m ,呈圆弧型布置,顺河方向长 68.5 m ,圆弧顶端距现有护岸 15.9 m ,临水观光平台(廊道)宽 4.7 m 。台下采用 $\text{Ø}80\text{ mm}$ 灌注桩,桩柱共 83 根,桩长 24.3 m 。

III号平台:西缘距离II号平台东缘 130 m ,总体呈圆弧型廊道式布置,顺河方向长 76.7 m ,圆弧顶端距现有护岸 19.0 m ,廊道宽 2.5 m 。台下采用 $\text{Ø}80\text{ mm}$ 灌注桩,桩柱共 19 根,桩长 23.3 m 。

IV号平台:顺河方向自护岸向河心分前后两段,呈“品”字型布置,前段长 46.2 m ,宽 8.4 m ;后段长 68.2 m ,宽 10.9 m ,前、后段由2座 $3\text{ m}\times 3\text{ m}$ 的引桥连接。台下采用 $\text{Ø}60\text{ mm}$ (内台)与 $\text{Ø}80\text{ mm}$ (外台)结合方式,台下桩柱为 108 根,桩长 22.3 m 。

整个项目施工顺序为平台下方灌注桩钻机支架布设、压桩,灌注桩钻孔、成桩,台面混凝土浇筑及踏步施工。

2 河道概况

射阳河又称射河、阳河,起自阜宁县永兴,至射

阳县射阳河闸入海,全长约 133 km ,河底宽 $70\sim 300\text{ m}$,堤顶距 $100\sim 400\text{ m}$,河底高程 $-3.5\sim -6.0\text{ m}$,最低处 -12.0 m 左右。射阳河既是里下河地区东部排水入海的最大干河,也是沿线地区灌溉、排涝、防洪、航运的动脉,是农田灌溉的主要水源之一。射阳河闸以上流域集水面积 $4\,036\text{ km}^2$,多年平均入海水量 40.54 亿 m^3 ,与新洋港、斗龙港、黄沙港合称“四大港”,其排水量约占四大港总排水量 40% 以上。

3 平面二维水流数学模型的建立

3.1 基本方法

项目段位于平原水网区域,该区域具有河道宽阔、水面落差小、水流平缓等特点,水体在流动过程中,水流在垂直方向上的数值变化,对于平面其他两个方向相对较小。因此,可以采用平面二维浅水方程^[2]作为水流计算的控制方程。

3.2 求解过程

利用有限体积法(finite volume method)求解基本方程的数值解,该法是基于有限单元法和有限差分法的一种数值方法,其基本过程为:

(1)将计算区域划分为一系列不重复的控制体积,并使每个网格点周围有一个控制体积。

(2)将待解的微分方程对每一个控制体积积分,得出一组离散方程,其中的未知数是网格点上因变量的数值。

(3)根据给定的初始条件和边界条件,求解代

数方程组,得到基本方程的数值解。

3.3 条件选取

(1) 地形与网格剖分

所建数学模型全长 3.4 km,其范围从 I 号平台上游 2.1 km 起,至 IV 号平台下游 400 m,地形采用近期施测的水下地形资料。

根据地形特征对计算域进行网格剖分,计算网格由无结构三角形网格单元构成。整个河段单元网格尺寸一般 15 m。为提高平台附近水流流态的计算精度,平台附近采用网格加密技术,局部网格加密至 0.2 m×0.2 m,桩基按出水边界处理。模型网格节点共 58 520 个,单元 115 510 个。

(2) 定解条件和计算参数

模型上游采用流量边界,下游采用水位边界,以 I 号亲水平台上游 550 m 处的阜宁(射)水文站水位进行控制。

初始水位条件采用各边界的初始水位,初始流速则采用假定值 0 m/s。因初始条件的偏差在计算中会很快消失,因而任意给定的初始流速值不会影响计算结果的精度。

河段内糙率选择:主槽 0.02 ~ 0.022,边滩 0.022 ~ 0.025。

(3) 水流条件选取

选取阜宁(射)水文站 20 年一遇水位 2.26 m,相应流量 465.6 m³/s;50 年一遇水位 2.49 m,相应流量 495.7 m³/s;100 年一遇水位 2.70 m,相应流量 523.9 m³/s,作为洪水条件进行计算。

4 计算结果分析

4.1 水位影响分析

亲水平台的建设,对工程河段水位、流速的影响主要是桩基和侧面(包括部分台阶)的阻水影响,其中桩基影响占主要因素。

从 I 号平台上游 150 m 到 IV 号平台下游,工程前后平台所在左岸水位的变化可以看出,近岸水位变化主要集中在平台前沿和尾部,主要表现为前沿的水位壅高和尾部的水位下降,壅高或跌落值在 0.006 ~ -0.006 m 之间,显然水位壅高或跌落值都非常小。

不同洪水条件下,由于阻水而形成的各平台台前壅水长度分别为 100 m、65 m、60 m 和 80 m。

4.2 流速影响分析

工程实施后,受左岸亲水平台桩基以及顶面(包括台阶部分)的影响,河道过水面积有一定的减小,总体流速有所增加,但增幅较小,一般不超过 0.02 m/s。

工程附近近岸受到桩基的阻水作用,流速呈普遍下降趋势,各平台内部流速降低明显,流速绝对值一般不超过 0.2 m/s。平台后部受平台台体的掩护作用,出现一定范围的缓流区。

根据计算统计,从 I 号平台上游 150 m 到 IV 号平台下游工程前后平台所在左岸的近岸流速普遍呈下降趋势。不同洪水频率下,流速大小和流速变化总体相似。工程实施前近岸流速一般在 0.36 ~ 0.63 m/s,工程后流速降低至 0.05 ~ 0.53 m/s。流速降幅最大的区域一般在平台的尾部,最大下降了 0.4 m/s。

5 结 语

平面二维数学模型可广泛应用于潮汐、水流、风暴潮等二维水力学研究^[3-4]。本次针对射阳河分散式亲水平台建设,利用高水水情组合,模拟计算平台建设后河道水位、流量的变化特点。三级特征水情条件(设计水位、流量)的计算结果表明,亲水平台的建设对河段总体水位和流速的影响均较小,对近岸流速的阻蔽作用明显。总体看来,亲水平台的建设不会对河段流态及河势造成明显影响。

参考文献:

- [1] 张细兵,余新民,金琨.桥渡壅水对河道水位流场影响二维数值模型[J].人民长江,2003(4):23-24.
- [2] 杨国录.河流数学模型[M].武汉:武汉水利电力学院,1992.
- [3] 袁雄燕,徐德龙.丹麦 MIKE21 模型在桥渡壅水计算中的应用研究[J].人民长江,2006,37(4):31-32,52.
- [4] 陈秀英,余乃旺,杭庆丰.平面二维水流数学模型在某项目防洪评价中的应用[J].人民珠江,2011(2):9-12.