

基本MIKE21二维水动力模型基础的柔性护坡 在中小河流治理工程中的研究

杨 祎

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司 天津 300220

摘要: 随着现代社会经济不断发展,可持续发展理念逐渐受到整个社会的高度重视,而要想实现绿色发展目标,就必须加强水利设施建设工作,保证河道堤岸的稳固性与安全性。本文通过不同的计算软件对河道流速进行计算分析,从而以不同流速造成的冲刷数值的差异对中小河流治理工程护岸形式选择进行深入分析。

关键词: 中小河流; 治理工程; 护岸形式; 选用

1 模型计算原理

中小河流治理工作可选取护岸形式,部分护岸形式体现出了优异的生态环境理念^[1]。在实际的应用过程中,需严格按照中小河流地质条件以及水流特点,对护岸形式和齿脚埋深等设计内容进行合理选择。

地质条件受限于项目区基本情况无法更改,但流速由于计算软件的不同而存在差异。目前有许多成熟的业务流程软件的数学模型,如MIKE、HEC-RAS等。MIKE 21是丹麦水资源与水环境研究所(DHI)建立的二维数学模型,该软件广泛应用于国内外河流状态模拟。

HEC-RAS软件是由美国陆军工程兵团水文工程中心开发的水面线计算软件,适用于河道稳定和非稳定流一维水力计算。

本次以天津市某河流治理防护工程为例,分别建立基于MIKE 21和HEC-RAS的水面线计算模型。分析不同软件的计算成果的流速差异,为柔性护坡的选取和设计指标提供技术支持。

1.1 MIKE21模型计算原理

二维非恒定流数学模型主要依据动量守恒和能量守恒原理,其基本方法是求解圣维南方程组^[2]。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial(UM)}{\partial x} + \frac{\partial(VM)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_{xb}}{\rho}$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial(UN)}{\partial x} + \frac{\partial(VN)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_{yb}}{\rho}$$

(a) (b) (c) (d) (e)

动量方程中:(a)——加速度项;(b)——X方向惯性项;(c)——Y方向惯性项;(d)——水面坡降项;(e)——阻力项。

确定初始条件及边界条件,将计算域细划为一系列网格,即可逐单元逐时段求解方程组,求得每一网格的

水位、水深、流速、流量等水力要素值,从而模拟出水演进过程,其糙率等参数的选取也有成熟的可供借鉴的经验取值范围。本次计算,糙率值按地形、地貌条件和地面特点,并参照以往模拟计算的经验选取。

1.2 HEC-RAS模型计算原理

一维恒定非均匀流方法推求河道水位。其计算公式为:

$$Z_1 + \frac{(\alpha + \xi)V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{(\alpha + \xi)V_2^2}{2g} + \frac{Q^2}{K^2} \times \Delta L$$

式中: Z_1 、 Z_2 ——上、下游水位(m);

Q ——计算流量(m^3/s);

ΔL ——上、下断面间距(m);

V_1 、 V_2 ——上、下断面流速(m/s);

α ——动能校正系数(一般取1~1.05);

2 河道流速分析计算

2.1 工程概况

为确保河道防洪安全,拟对天津市某河进行综合治理。桩号H0+000至桩号H4+711段、桩号H4+711至桩号H7+067段,主槽底宽100m、130m,坡比1:4。桩号H7+067至桩号H10+500河段,纵坡1/6000~1/10000。复式断面底宽130m,坡比1:10,一级滩地高程4.80m。一级滩地总宽度介于130~195m之间;二级与一级滩地高差在1.77~1.96m之间,坡比1:6,二级滩地总宽度基本在160m左右。为确保疏浚扩挖后的河道能够满足防洪要求,需对河道边坡进行防护。

2.2 设计洪水

根据《北三河系防洪规划报告》,项目涉及段河道100年一遇流量为4460 m^3/s 。

2.3 MIKE21模型计算

(1) 计算方案:100年一遇洪水。

(2) 模拟范围及地形剖分

①模型范围：模型计算区西至桩号H7+820，东至桩号H17+000，南北以现状河道左右堤为界，模型区河长约9.18km，面积约6.2km²。

②地形资料：2020年实测1：1000比例尺地形图。

③糙率选取：主槽糙率0.0225，滩地糙率0.04。

④网格剖分：模拟区两侧按间距20m至1m的三角网格进行地形剖分，模拟区共采集地形点12374个，剖分37151个网格单元。

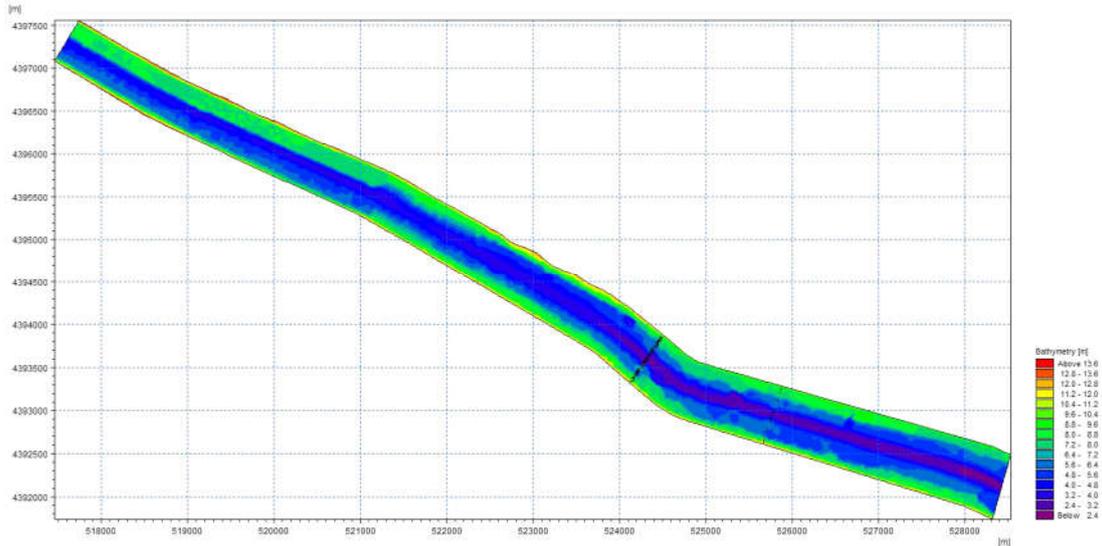


图1 模拟区地形图

(3) 模型的上、下边界条件

①上游边界条件：模型的上游边界为流量边界，即入流洪水，流量选取4460m³/s。

②下游边界条件：采用17+000处100年一遇洪水位为9.27m。

(4) 流速分析

根据二维模型计算成果，特征断面位置主槽以及主槽边坡脚位置流速为1.52m/s，主槽岸坡位置流速为1.36m/s，滩地和堤防岸坡脚位置流速为0.88m/s，堤防岸坡位置流速为0.72m/s。水流流速分布与滩槽分布基本一致。

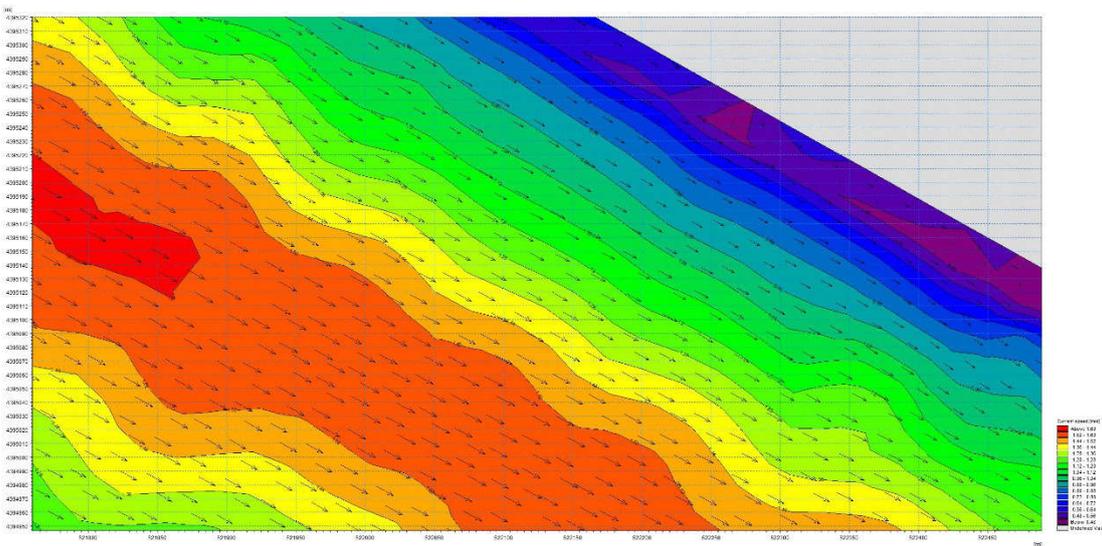


图2 滩槽局部流速分布图

2.4 HEC-RAS模型计算

模型计算边界同前述，根据模型计算成果，特征断面位置主槽以及主槽边坡脚位置流速为2.28m/s，滩地

和堤防岸坡脚位置流速为0.88m/s，断面平均流速为1.51m/s。水流流速分布与滩槽分布基本一致。

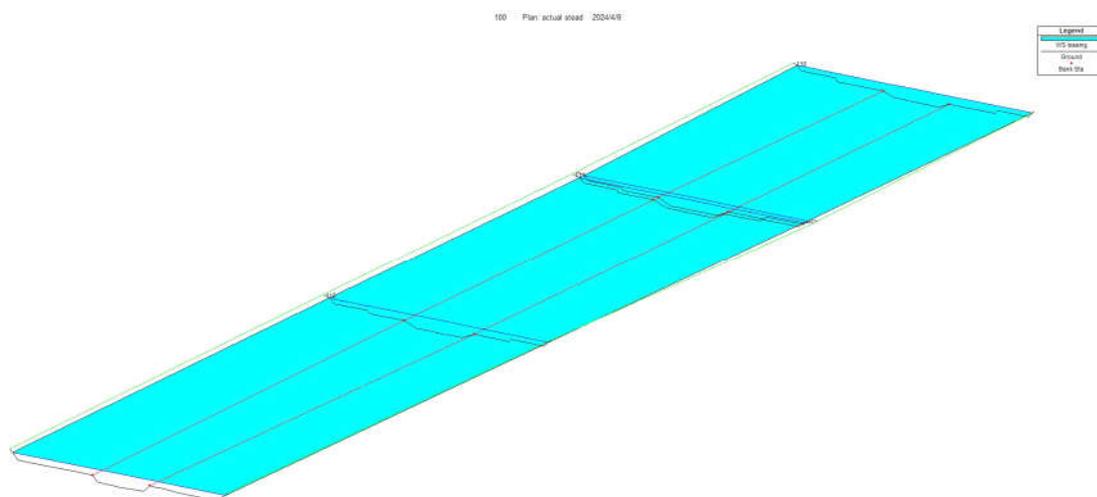


图3 HEC-RAS模型计算河道水位示意图

File Options Std. Tables Locations Help

Reach	River Sta	Profile	Vel Chnl (m/s)	Vel Head (m)	Vel Left (m/s)	Vel Right (m/s)	Vel Total (m/s)
up	202	lossing	2.53	0.21	0.99	1.06	1.57
up	201.6	lossing	2.47	0.20	1.03	0.98	1.52
up	201	lossing	2.48	0.20	1.02	0.98	1.52
up	200.2	lossing	2.43	0.20	0.89	1.03	1.50
up	119	lossing	2.20	0.17	0.80	1.00	1.45
up	118.5	lossing	2.35	0.20	0.87	0.97	1.54
up	118.4	lossing	2.38	0.21	0.88	0.98	1.56
up	118	lossing	2.40	0.21	0.81	1.00	1.57
up	117	lossing	2.45	0.22	0.86	0.94	1.58
up	116.8	lossing	2.48	0.23	0.86	0.94	1.60
up	116	lossing	2.27	0.18	0.79	1.00	1.44
up	115	lossing	2.28	0.18	0.81	0.98	1.43
up	114	lossing	2.40	0.21	0.88	0.88	1.51
up	113	lossing	2.38	0.20	0.88	0.86	1.50
up	112	lossing	2.24	0.20	0.78	0.78	1.49
up	111	lossing	2.24	0.20	0.78	0.77	1.49

图4 HEC-RAS模型计算流速成果表

2.5 成果分析

根据两模型成果可知,滩地流速分析成果基本一致,主槽流速HEC-RAS明显高于MIKE21。数据成果差异在于直接导出成果中HEC-RAS提供了断面平均流速,而MIKE21可根据断面网格有针对性的提取各节点流速数值,使流速成果更具准确性。但在实际应用中HEC-RAS一般情况下提取的是断面平均流速而不是主槽流速,设计人员应仔细甄别数据含义,避免计算引用数据有误。

2.6 防护方案分析

河道护岸工程划分为护脚工程与护坡工程两种形式。护岸工程可分为垂直护岸和铺砌护岸。垂直护岸涉及砼挡墙、砌石挡墙以及支护桩等^[3]。铺砌护岸涉及格宾石笼、雷诺护垫、生态砌块、连锁砖等。项目区地质条件为软基河床,适合选用集中荷载比较轻的铺砌护岸^[4]。河道常水位比较稳定,堤脚位于常水位之下,本次主要

以护坡+齿脚防护为主,可以选用雷诺护垫、连锁块或者是植草砖等护岸形式。在常水位以上的滩地,建设亲水步道或者是观光节点等,可实现人水和谐。

根据Mike21和HEC-RAS计算成果可知:Mike21可分区带状提取项目区流速数值,可依次提取堤防内边坡、滩地、主槽岸坡以及主槽位置流速数据,分区域进行防护方案冲刷计算;HEC-RAS可分滩地、主槽提取区域平均流速用于防护方案冲刷计算。相比较而言Mike21可精准提取主槽岸坡坡脚流速、水深等用于护脚深度计算,提取边坡流速用于柔性防护块石粒径计算,针对项目更具备针对性和可操作性。合理的采用流速数据作为护脚与护坡计算依据可提供柔性防护方案的准确性,确保护岸形式的合理可靠,有效保护堤岸稳定性。

3 结语

Mike 21模型能更准确、直观地反映堤防内边坡、滩地、主槽岸坡以及主槽位置流速数据。Mike21可精准提取局部细化数据用于护脚和护坡的结构计算,针对项目更具备针对性和可操作性,为合理设计提供技术支持。

参考文献

- [1]朱国康.关于中小河流治理工程护岸形式选用的探讨[J].珠江水运,2021(21):114-116.
- [2]杨祎.MIKE21模型在高速铁路桥梁跨越蓄滞洪区洪水影响分析中的应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022,12:164-168.
- [3]陈济钊.探索中小河流治理工程融入生态功能建设方案的选择与应用[J].水利科学与寒区工程,2021,4(02):77-81.
- [4]付敏.中小河流治理工程施工质量管理评价[D].南昌大学,2020.DOI:10.