

中小河川を対象とした 護岸前面の洗掘深の評価手法と その傾向

REPORT 技術第1部 河川海岸課 後藤 謙二 (技術士補:建設部門)
藤平 雅之 (RCCM:河川、砂防及び海岸・海洋)
河川砂防課 水落 彰宏 (RCCM:河川、砂防及び海岸・海洋)



後藤 謙二



藤平 雅之



水落 彰宏

概要

護岸前面の洗掘深の評価手法には、「護岸の力学設計法¹⁾」や「美しい山河を守る災害復旧基本方針²⁾」等がある。

本稿では、これらの評価手法に加えて、「一般財団法人 北海道河川財団」が開発した無償の河川シミュレーションソフトiRIC (International River Interface Cooperative)を用いた数値計算を取り入れ、中小河川における洗掘深の評価手法について各種の検討およびその傾向の把握を行った。

キーワード 護岸の力学設計法、美しい山河を守る災害復旧基本方針、iRIC

1. 背景と目的

北海道の河川事業設計要領³⁾では、中小河川の護岸設計を行うにあたり、護岸の力学設計法により護岸前面の洗掘深を算出するものとしている。護岸の安定性の検討を行う上で洗掘深の推定は非常に重要である。洗掘深の評価を誤った場合、護岸基礎周辺の河床の局所洗掘により、護岸基礎部に空洞が発生し、護岸裏の土砂の流出にともない護岸が被災する原因のひとつになる。

護岸の力学設計法における洗掘深の評価方法には、以下の4つがある。

- 経年的な河床変動データからの評価
- 既往研究成果からの評価
- 数値計算による評価
- 移動床水理模型実験による評価

上記のうち、「経年的な河床変動データからの評価」については経年の河床変動データが不足していること、「数値計算による評価」および「移動床水理模型実験による評価」については、高度な技術力が必要なことやそれによるコスト増等が制約となって、実務では使用できないことが多い。このため、多くの護岸設計においては、「既往研究成果からの評価」を用いて洗掘深の評価を行っているのが実情である。しかしながら、この方法を用いた場合、河川の規模によっては洗掘深が非常に大きな値となり、現地状況との比較から過大と思われる事例が確認されている。

このような場合、上記の方法とは別に、中小河川の災害復旧事業等で実績のある「美しい山河を守る災害復旧基本方針」を用いて洗掘深の評価を行っている事例が見られる。その適用にあたっては、明確な基準はなく、設計者の判断に委ねられている。

一方、最近では各機関においてiRICによる河床変動計算が行われており、河川の洗掘・堆積等を把握する目的で幅広く利用されている。この手法は、「護岸の力学設計法」の中では「数値解析によ

る評価」に分類されるが、これまでの評価手法による洗掘深とどのような傾向にあるのか検討されている事例は少ない。

このような背景から、本稿では、「護岸の力学設計法」および「美しい山河を守る災害復旧基本方針」を用いて洗掘深の評価を行い、採用する洗掘深の評価手法を合理的・客観的に判断し、その妥当性を探るために、それぞれの手法においてどのような傾向が見られるのかを把握することを目的とした。

2. 検討方法

以下の①～③の検討を試みることにした。

なお、表中の評価流量については、「3. 評価流量の設定」を参照して頂きたい。

ケース①:既往研究成果(手法〔1〕)において、洗掘深が過大と想定される事例を確認できるか検討する。

ケース②:iRIC(手法〔2〕)と既往研究成果(手法〔1〕)による洗掘深の評価を行い、両者の間にどのような傾向がみられるか検討する。

ケース③:iRIC(手法〔3〕)と美しい山河を守る災害復旧基本方針(手法〔4〕)による洗掘深の評価を行い、両者の間にどのような傾向がみられるか検討する。

※手法〔1〕～手法〔4〕の名称設定については、後述の「4. 評価手法の名称」を参照。

表-1 検討ケースと検討対象流量

ケース	検討内容	評価流量
①	手法〔1〕による洗掘深の傾向把握	平均年最大流量
②	手法〔2〕と手法〔1〕による洗掘深の比較	平均年最大流量
③	手法〔3〕と手法〔4〕による洗掘深の比較	計画高水流量

3. 評価流量の設定

洗掘深を評価するための流量として、護岸の力学設計法の既往研究成果からの評価では「平均年最大流量」を対象としているのに対し、美しい山河を守る災害復旧基本方針では「計画高水流量」を対象としている。

そのため、iRICによる数値計算を行うにあたって、ケース①および②の検討を行う場合は「平均年最大流量」、ケース③の検討を行う場合は「計画高水流量」を用いた(表-1)。

4. 評価手法の名称

ケース①～③を行うにあたり、評価手法の名称を以下のように設定した。

手法(1):護岸の力学設計法の既往研究成果からの評価

手法(2):iRIC(平均年最大流量による評価)

手法(3):iRIC(計画高水流量による評価)

手法(4):美しい山河を守る災害復旧基本方針

5. iRICについて

iRIC(International River Interface Cooperative)は、「一般財団法人 北海道河川財団」が開発した無償の計算ソフトであり、これまでUSGS(アメリカ地質研究所)で開発してきたMD_SWMSと(財)北海道河川防災研究センター(現、一般財団法人 北海道河川財団)で開発してきたRIC-Naysの機能を統合した河川の流れ・河床変動解析ソフトウェアである。

iRICでは、『計算データの読み込み → 計算モデルの作成 → 計算 → 計算結果の可視化』までをこのソフト一つで行うことが可能である。

河床変動計算、津波計算等が可能であり、大学や研究機関、コンサルタント等において、幅広く利用が進められている。iRICでは表-2に示したような計算が可能である。

なお、本稿では「Nays2DH」を用いている。

表-2 iRICに組み込まれている計算モデルの一例

ソルバー	可能な計算の内容
Nays2DH	河川の流れ、河床変動、河岸浸食の計算が可能
Nays2D Flood	氾濫流解析が可能
NaysCUBE	河川流、河床変動の三次元計算が可能
CERI1D	河川の1次元不定流計算のためのソルバーで、河川の流れ、河氷の変動、津波の遡上計算が可能
Mflow-02	非構造格子による非定常平面2次元流れと河床変動計算が可能
SRM	貯留関数モデルを用いた流出計算が可能
ELIMO	津波計算が可能

6. 実河川への適用事例

本稿では、流量や川幅、砂州発生の有無等の様々な河川形態を有する中小河川において検討を行うため、表-3に示すような河川条件(流域面積、砂州の発生状況等)の異なる3河川の比較検討を行う。

表-3 対象河川一覧

事例	河川名	流域面積A 流量Q	砂州発生 の有無	河床勾配	セグメント 区分	川幅	断面 (単or複)
事例①	N川	A=48.0km ² Q=210m ³ /s	発生しない	I=1/160~ 1/125	セグメント1	約30m	複断面
事例②	F川	A=154.7km ² Q=700m ³ /s	発生する	I=1/350~ 1/135	セグメント1	約100m	複断面
事例③	M川	A=4.3km ² Q=60m ³ /s	発生する	I=1/500~ 1/125	セグメント1	約15m	単断面

6-1. N川への適用事例

(1) iRICの計算諸元とモデル図

N川におけるiRICの計算諸元を表-4に示す。流量は、平均年最大流量16.5m³/sを一定流量で、計画高水流量210m³/sを三角形のハイドログラフでそれぞれ24時間通水した。

表-4 N川におけるiRICの計算諸元

項目	諸元
メッシュサイズ(m)	10×5
流量(m ³ /s)	平均年最大流量16.5 計画高水流量210
粗度係数	0.035(低水路)、0.050(高水敷)
河床材料(mm)	50

(2) 洗掘深の評価手法の違いによる比較結果

手法(1)～(4)による洗掘深の評価結果を図-1に示す。なお、N川は砂州が発生しない河川のため、直線河道の区間については、本検討の対象外としている。

4つの手法で湾曲部の洗掘深の比較を行った結果、N川においては手法(4)による洗掘深が他の手法と比較して最大で2倍程度大きくなる結果となった。

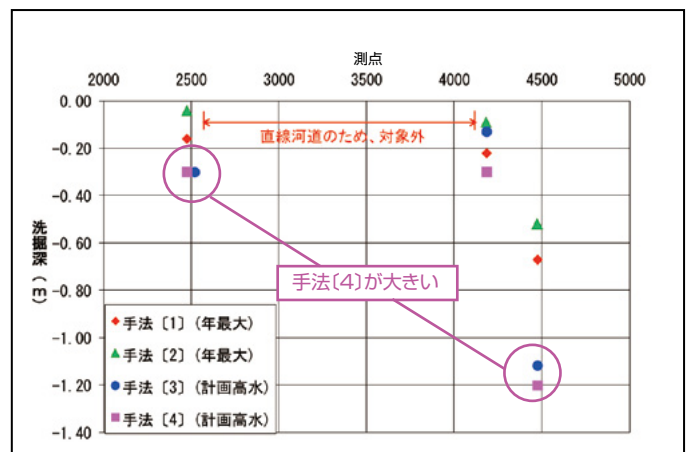


図-1 N川の洗掘深の計算結果

6-2. F川への適用事例

(1) iRICの計算諸元とモデル

F川におけるiRICの計算諸元を表-5に示す。流量は、平均年最大流量203m³/sを一定流量で、計画高水流量700m³/sを三角形のハイドログラフでそれぞれ24時間通水した。

表-5 F川におけるiRICの計算諸元

項目	諸元
メッシュサイズ(m)	10×25
流量(m ³ /s)	平均年最大流量203 計画高水流量700
粗度係数	0.035(低水路)、0.050(高水敷)
河床材料(mm)	70

(2) 洗掘深の評価手法の違いによる比較結果

先の4つの手法による洗掘深の評価結果を図-2に示す。この図から、F川においては手法〔1〕による洗掘深が3m以上と最も大きくなり、その他の3つの手法による洗掘深は概ね1m以下となることが確認された。

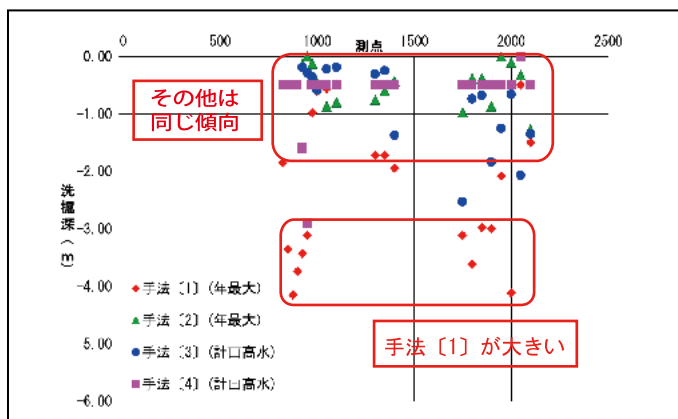


図-2 F川の洗掘深の評価結果

6-3. M川への適用事例

(1) iRICの計算諸元とモデル

M川におけるiRICの計算諸元を表-6に示す。流量は、平均年最大流量3.5m³/sを一定流量で、計画高水流量60m³/sを三角形のハイドログラフでそれぞれ24時間通水した。

表-6 M川におけるiRICの計算諸元

項目	諸元
メッシュサイズ(m)	1×2
流量(m ³ /s)	平均年最大流量3.5 計画高水流量60
粗度係数	0.030(河床部)、0.024(法面部)
河床材料(mm)	20

(2) 洗掘深の評価手法の違いによる比較結果

先の4つの手法による洗掘深の評価結果を図-3に示す。この図から、M川においてはF川と同様に、手法〔1〕による洗掘深が他の手法と比較して2～3倍程度大きくなる結果となった。

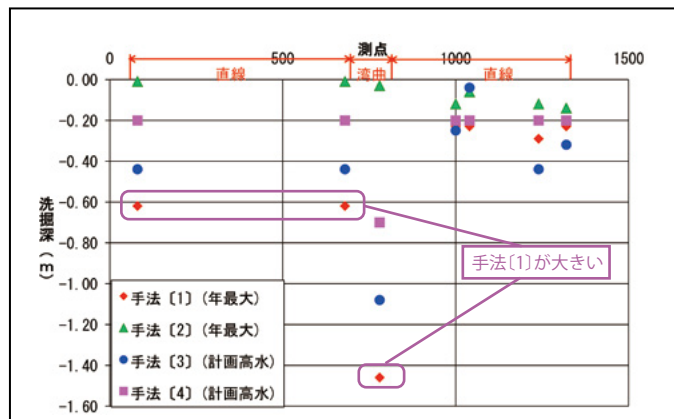


図-3 M川の洗掘深の評価結果

7.3河川における洗掘深の比較結果

今回対象とした3つの中小河川についての比較検討結果を以下に示す。

7-1. ケース①に対する検討結果(洗掘深の比較)

3河川における洗掘深の評価結果(図-1、図-2、図-3)から、図-2のF川および図-3のM川においては、手法〔1〕により評価した洗掘深が他の手法と比較して大きくなる傾向となった。

一方、図-1のN川は他の事例と異なり、手法〔4〕により評価した洗掘深が他の手法と比較して大きくなった。ここで、3河川の河川条件を比較してみると、N川は砂州が発生しない河川であるのに対して、F川とM川は砂州が発生する河川という条件の違いがあることがわかった。このことから、砂州の発生の有無が、洗掘深の評価手法に影響を与えていると考えられる。

7-2. 洗掘深の相関関係

(1) ケース②に対する検討結果

各河川における手法〔1〕および〔2〕で評価した洗掘深の相関関係を図-4に示す。

グラフ中央の赤斜線に近いほど、両手法の洗掘深が同程度となることを表している。

手法〔1〕と〔2〕により計算した洗掘深の関係を確認するため、相関分析を行った。相関係数は-1～+1までの値をとり、-1に近づくほど強い負の相関関係、+1に近づくほど強い正の相関関係がある。-1または+1のときにはデータの点はすべて1つの直線上にあり、逆に0に近づくほど相関関係が弱くなり、無相関となる。

図-4では手法〔1〕および〔2〕による洗掘深は、相関係数が0.05となり、ほとんど相関がない結果となった。

また、手法〔2〕による洗掘深は手法〔1〕による洗掘深よりも小さくなる傾向が確認された。

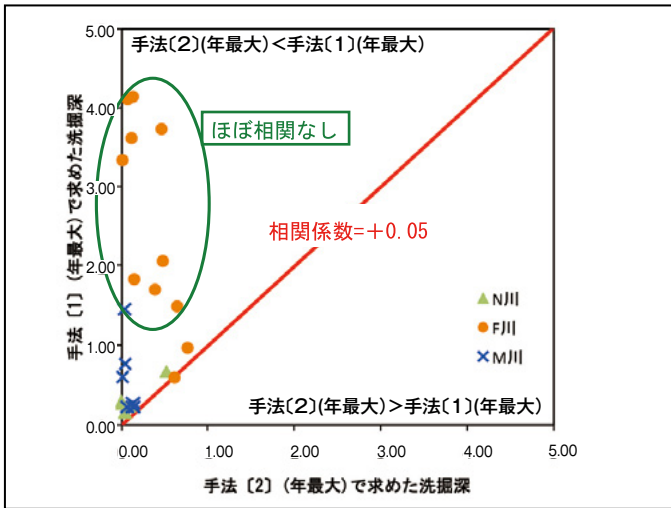


図-4 3河川の洗掘深の相関図
(手法(2)(年最大)と手法(1)(年最大))

(2)ケース③に対する検討結果

手法(3)および(4)で評価した洗掘深の相関関係を図-5に示す。

図-5では手法(3)および(4)による洗掘深は、相関係数が0.74となり、相関があるという結果となった。

なお、手法(4)による洗掘深が一定となっている箇所(F川とM川)があるが、これは川幅水深比が10未満になっていることに起因している。直線河道において、川幅水深比が10未満で、現況最大洗掘深が不明な場合は洗掘深が一定となる。そのため、相関係数は高いものの、今後の検討にあたっては、さらなるデータの蓄積が必要である。

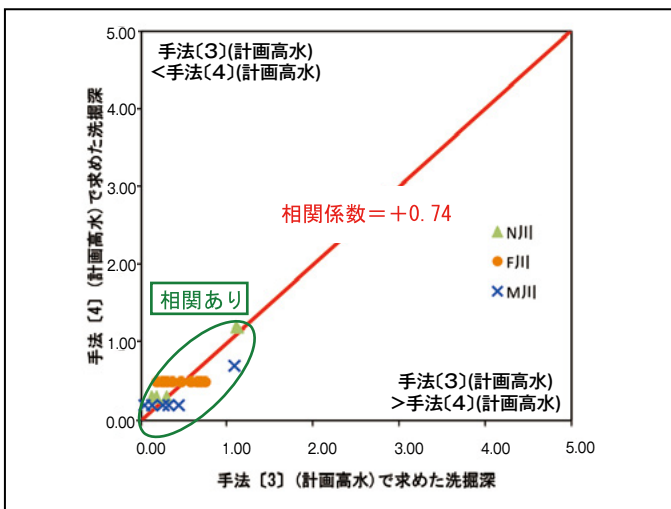


図-5 3河川の洗掘深の相関図
(手法(3)(計画高水)と手法(4)(計画高水))

8.まとめ

本検討の結果、砂州が発生する中小河川においては、手法(3)と手法(4)により評価した洗掘深は同じ傾向(相関関係がある)になることが確認された。

河川の条件によっては、その傾向も変わる可能性があることから、今後も引き続き同様の検討を行い、データの蓄積に努める。

今後は、現地の河道状況を踏まえた上で、「護岸の力学設計法」、「美しい山河を守る災害復旧基本方針」、「iRIC」を用いて、護岸前面の妥当な洗掘深の評価手法を検証していきたい。

参考文献

- 1) (財)国土技術研究センター 改訂 護岸の力学設計法
(財)国土技術研究センター編,平成19年11月.
- 2) 国土交通省 美しい山河を守る災害復旧基本方針,
平成26年3月.
- 3) 北海道建設部土木局河川砂防課 河川事業設計要領,
平成27年4月.