

富士川水系における護岸整備の評価検討

馬目 理加¹

¹関東地方整備局甲府河川国道事務所調査第一課(〒400-8578山梨県甲府市緑が丘1丁目10-1)

河川事業において事業の効果算定に用いられる「治水経済調査マニュアル(案)」では、築堤や河道掘削による流下能力の向上が標準的な評価指標となっている。富士川における治水事業では護岸整備を重点的に実施してきているが、治水経済調査マニュアルでは護岸の整備効果の具体的な評価方法が示されていないため、被災実績や不等流計算、河床変動計算などを用いて、事業再評価において事業の必要性や整備効果を適切に評価するための具体的な手法を検討した。

キーワード 護岸整備, 便益, 事業再評価, 割引率

1. はじめに

富士川は直轄管理区間の平均河床勾配が1/240と急勾配で洪水時のエネルギーが大きく(図-1), 河岸や堤防が侵食されやすい特性がある。これまでも大規模洪水だけでなく, 中小規模の洪水でもたびたび河岸侵食や基礎

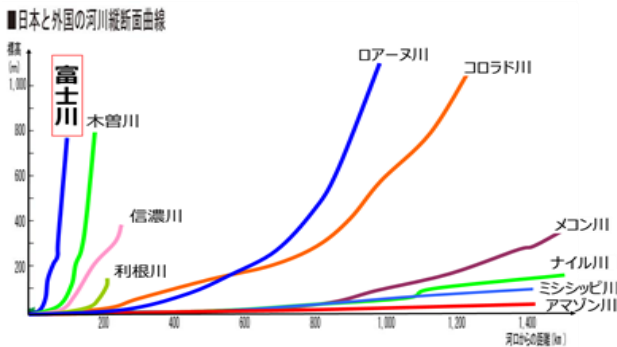


図-1 世界の河川の河床勾配



図-2 過去の被害写真

洗掘による被災が生じており(図-2), 河川改修事業として, 護岸整備を重点的に実施してきており, 事業の評価を行うにあたり, 護岸整備の効果を適切に評価する必要がある。

事業再評価での費用対効果の算定時に使用されている治水経済調査マニュアル(案)¹⁾での基本的な考え方は、「評価としては堤防の高さが大きな指標となるが, 浸透作用および水衝作用に対する堤防の安全度についても評価を行う必要がある。また, 水衝に対する安全性は高水護岸の有無によって評価を行うこととする。」とされており, 堤防自体を大きくする築堤や河道掘削により, 確実に流下させることができる無害流量が評価の基準になっている。また, 無害流量の評価については, 「河道計画において, 堤防の安全を確保する上で計画されている低水護岸, 高水護岸および漏水対策について, これらが未整備の場合には, 各々について適切に割り引いた流量を算定する。」とされており, 堤防を守る護岸に対する評価をすることとしている。しかし, 具体的な算出方法が示されていないため, 事業の必要性や効果を適切に評価できていないのが現状である。

そのため, 整備効果を適切に評価できるような侵食対策の便益評価手法に関する検討を実施した。

2. 検討内容

(1) 割引率の設定方法

治水経済調査マニュアル(案)の護岸等が未整備の場合に適切に割り引く方法について, 以下のとおり割引率を検討することとした。洪水により堤防の法面や高水敷の侵食を受けても被災に至らない限界時の外力に対応する流量(耐侵食無害流量)を実際に各距離標の断面毎

に算出し、スライドダウン天端高から余裕高を引いた堤防高さで評価した量的無害流量との比率を算出し、それらの比率を割引率として設定することを考えた。

(2) 耐侵食無害流量の算定

洪水時に侵食により堤防が被災を受ける場合としては、河川堤防の構造検討の手引き²⁾から次の3つが考えられる。まず、堤防や護岸に流水（流体力）が作用して破壊する場合、次に、低水路からの側方侵食により堤防まで被害が及ぶ場合、そして、護岸がある堤防において、基礎高以下まで下方洗掘を受けて護岸が被災し、他の作用と合わさって堤防が被災する場合である。（図-3）

各断面において、上記3つの作用のうち支配的なものをその断面の耐侵食無害流量と考えることとした。護岸の有無や河道の横断形状等により検討対象とすべき作用に違いがあるため、形状ごとに図-4のような場合分けを考え、それぞれの無害流量を算定した。以降より、3つ

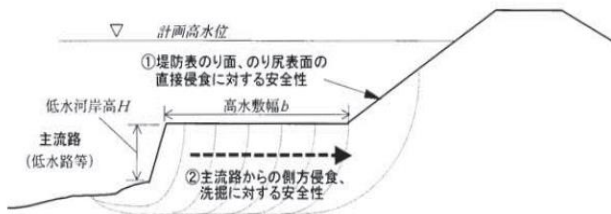


図-3 侵食による堤防破壊の模式図

の作用の無害流量の算出方法について述べる。

(3) 流体力（流速）に対する無害流量(Q1v')

流体力（流速）に対する無害流量は次の方法で算出した。まず、過去の侵食実績及び美しい山河を守る災害復旧基本方針³⁾に記載されている設計流速の最大値から、断面形状や護岸の有無・種類に応じて耐力（流速）の限界値を河川別、セグメント別に設定した。低水護岸が無い自然河岸では、過去の侵食実績より富士川・釜無川は4m/s、笛吹川は3m/sを限界値に設定し、高水護岸が無い場合は張芝相当の2m/s、コンクリートや石張り系の護岸がある場合は8m/s、整備途上の場合は蛇籠の5m/sを限界値に設定した。これらを組み合わせ、距離標毎に代表流速と流量の関係式を作成し（図-5）、限界値以上の流速となる無害流量を算出した。

断面平均流速は河道計画における流下能力算定手法と

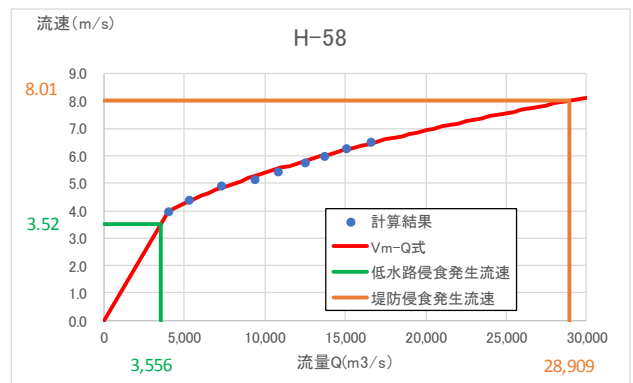


図-5 流速と流量の関係

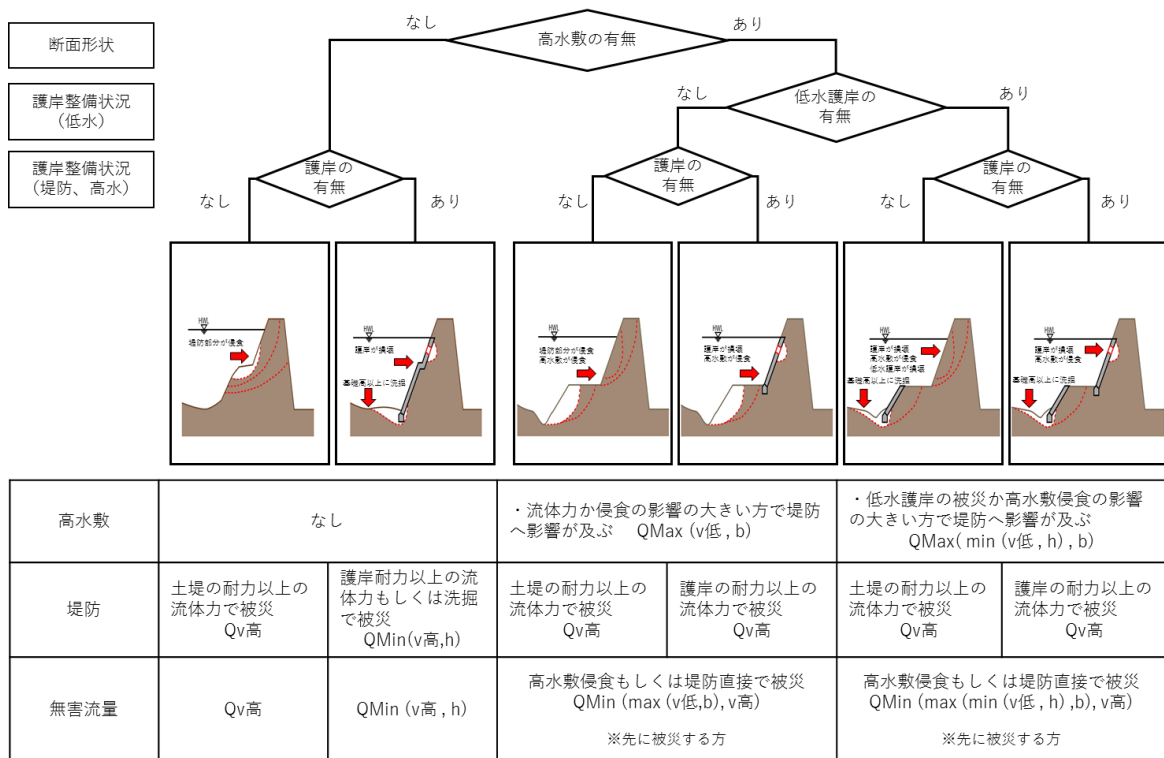


図-4 無害流量の算定ケース

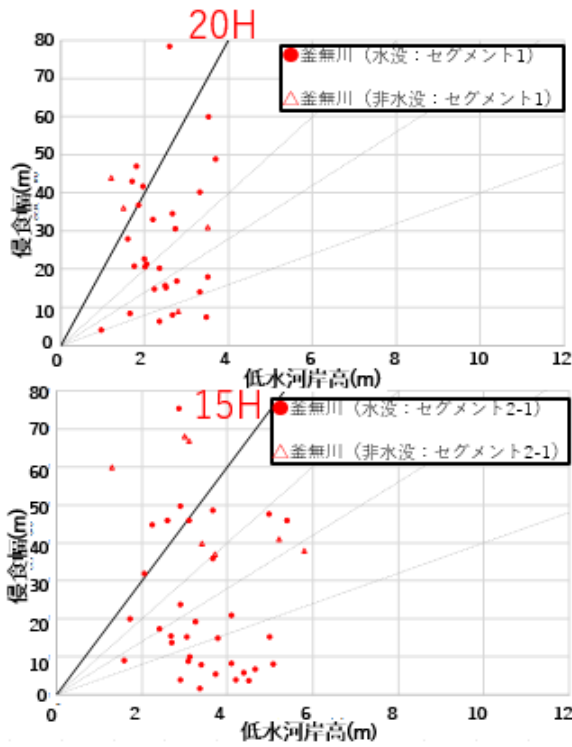


図-6 侵食幅と低水河岸高の関係（実績）

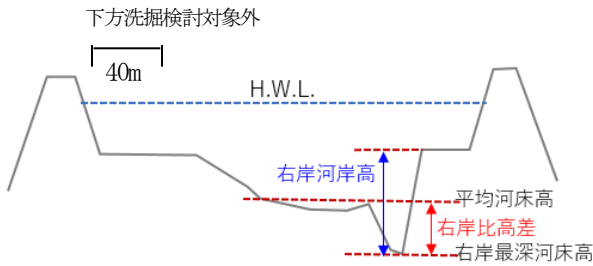


図-7 比高差の考え方

整合を図り、準二次元不等流計算を用いることとし、無害流量の算定に用いる流速は、護岸の力学設計法⁹⁾に基づき代表流速により評価することとした。

(4) 側方侵食に対する無害流量(Q1b')

侵食に対する無害流量については、まず、過去の侵食実績による侵食幅と低水河岸高の関係を各河川のセグメントごとにプロットし（図-6）、おおむね8割程度をカバーする関係式を設定した。すなわち、富士川セグメント1は10H、セグメント2-1は7H、釜無川セグメント1は20H、セグメント2-1は15H、笛吹川セグメント1は10H、セグメント2-2は7Hと設定した。この関係より、各断面で高水敷すべてが侵食される水深を算定し、その水深となる流量を準二次元不等流計算のH-Q式から求め、それを無害流量とした。

表-1 割引率算定結果

河川	セグメント	平均						全平均
		断面タイプ						
		I	II	III	IV	V	VI	
富士川	1	0.14 (22)	0.82 (55)	0.58 (31)	0.58 (41)	0.88 (20)	0.99 (15)	0.66 (184)
	2-1	0.12 (9)	0.82 (8)	0.24 (12)	0.40 (11)			0.37 (40)
	平均	0.13 (31)	0.82 (63)	0.49 (43)	0.54 (52)	0.88 (20)	0.99 (15)	0.61 (224)
釜無川	2-1	0.34 (16)	0.91 (23)	0.95 (13)	0.76 (26)	0.89 (25)	1.00 (11)	0.80 (114)
	1	0.28 (15)	0.95 (53)	0.90 (17)	0.90 (66)	1.00 (1)	0.96 (26)	0.87 (178)
	平均	0.31 (31)	0.94 (76)	0.92 (30)	0.86 (92)	0.89 (26)	0.97 (37)	0.85 (292)
笛吹川	2-2	0.38 (9)		0.46 (31)	0.42 (15)	0.56 (18)	0.37 (5)	0.46 (78)
	1	0.15 (10)	0.80 (54)	0.70 (7)	0.42 (69)	0.38 (3)	1.00 (1)	0.56 (144)
	平均	0.26 (19)	0.80 (54)	0.51 (38)	0.42 (84)	0.53 (21)	0.47 (6)	0.52 (222)
全平均		0.23 (81)	0.86 (193)	0.61 (111)	0.62 (228)	0.77 (67)	0.93 (58)	0.68 (738)

(5) 下方洗掘に対する無害流量(Q1h')

下方洗掘に対する無害流量については、断面毎に一次元河床変動計算により洗掘深と流量の関係を作成し、この関係式から洗掘深が護岸の基礎高以下となる流量を無害流量とした。このとき、一次元河床変動計算では断面の平均河床高について算出しているため、元の断面の最深河床高と平均河床高の比高差（図-7）が維持されると仮定し、洗掘深を算出することとした。ただし、護岸基礎高が評価河岸付近の最深河床高より高い場合は、洗掘に対する護岸の機能が確保されていないとみなした。また、これまでの河道の変動実績より、至近10年で護岸前面から一般的な必要高水敷幅40m以内に最深河床高が含まれていない場合や湾曲内岸区間などは評価の対象外とした。

3. 検討結果

上記2. (3)～(5)で算出した流量から支配的なものを耐侵食無害流量(Q1')とし、各断面のスライドダウン天端高から余裕高を引いた堤防高さで評価した量的無害流量(Q1)との比率から割引率を算出した。これを断面タイプごとに整理した結果が表-1である。概念的には複断面より単断面が、護岸ある場合よりも無い方が割引率が小さくなると考えられる。表-1の各河川のセグメント毎に割引率をみると、断面タイプの対象箇所数が限られるタイプもあり、概念的な傾向どおりの値にはならないが、全平均の割引率を比較してみると、断面形状や護岸の有無によって耐侵食の効果がある傾向が得られ、本検討の考え方が妥当であると考えられる。

4. 今後の課題

今回検討した評価結果および割引率をもとに、実際に

費用対効果を試算し，細かい条件設定をしながら今後の事業評価を行う手法として確立できるよう検討を進めていく必要がある。

参考文献

- 1) 国土交通省河川局：治水経済調査マニュアル(案)
- 2) 河川堤防の構造検討の手引き
- 3) 美しい山河を守る災害復旧基本方針
- 4) 護岸の力学設計法