

2. 急流河川における洗掘・側方侵食に対する安全評価方法（案）

（別途検討中のため、今後変更する場合があります。）

2.1 堤防抵抗力評価の目的

急流河川における出水時の侵食・洗掘の発生状況は現在のところ十分に把握されておらず、どこで侵食・洗掘が生じるかわからないのが現状である。河川整備においては、被災箇所の復旧という対処療法ではなく計画的・段階的な河岸侵食・洗掘防止対策が必要となる。そこで、既往の被災実績から洪水時に想定される侵食・洗掘量を算定し、現在の堤防・護岸の持つ抵抗力の評価を行い必要箇所と対策の優先順位を決定するための指標とする。

2.2 安全評価方法

（1）評価方法の概要

流水による洗掘・側方侵食に対する河道の安全評価は図 2.1 のフローに従い行う。洗掘深の予測は洪水前後の横断面図を重ね合わせ、細分セグメントごとの局所洗掘深と平均水深の関係、計画流量流下時の平均河床高を求め、これより各断面での局所洗掘標高を求め、既設護岸基礎高と比較し、その差をもって洗掘評価とする。

側方侵食の予測は洪水前後の横断面図を重ね合わせ、細分セグメントごとの側方侵食幅と平均水深の関係より侵食幅を求め、これと現有高水敷幅を比較し、その差をもって側方侵食評価とする。

洗掘評価と側方侵食評価をあわせ、河道の安全評価を行う。

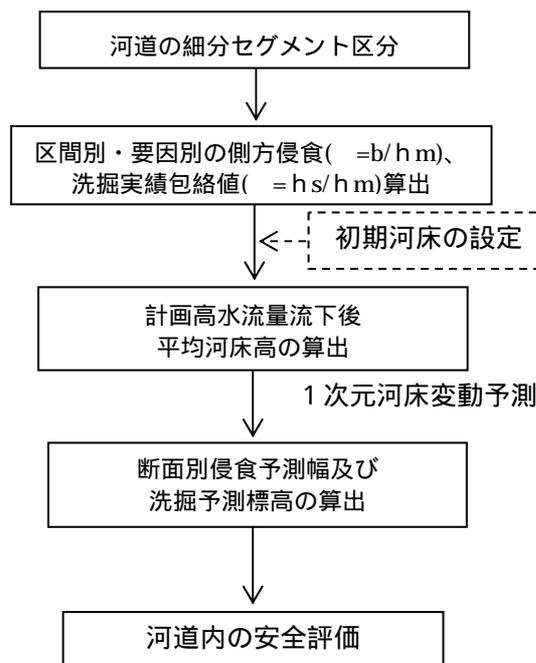


図 2.1 安全評価のフロー

2.3 洗掘深の評価手順

1) 細分セグメント区分

河床勾配、河床材料、水深、水面幅をもとにセグメントを更に細分し、細分セグメント区分を行う。また、わん曲部は細分セグメントとは別に区間を抽出し検討する。

わん曲部とはわん曲角が 20° 以上のものは砂州の移動が停止しわん曲部として固定するので、 20° 以上のものと定義する。(水理公式集 P185 参照)

2) 最深河床高の算出

既往の大出水 2 洪水に対し、洪水前後の横断面の重ね合せにより図 2.2 に示すように最深河床高 H_{min} を算出する。

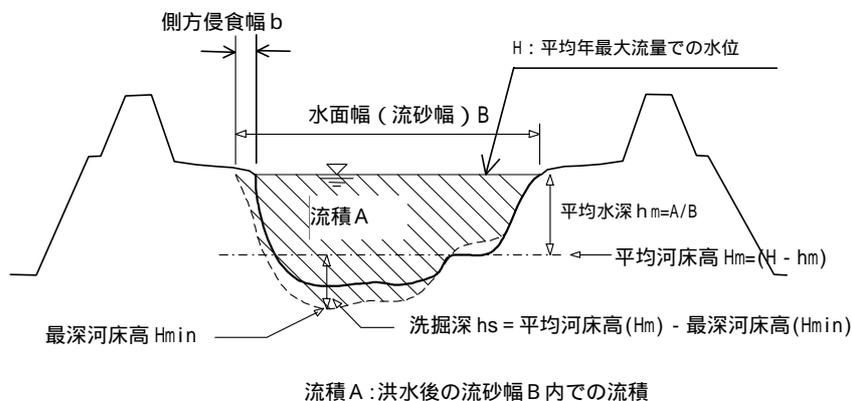


図 2.2 洗掘深等について

3) 洗掘実績包絡値の算出

平均河床高 - 最深河床高 = 洗掘深 h_s と定義する。

細分セグメント内の平均年最大流量での水深 h_m の区間平均を h_{mm} とし、細分セグメント内の h_s/h_{mm} の最大値 = を図 2.3 に示すように算出する。

ただし、砂州要因以外のわん曲部については細分セグメント区分を行う際にこれを考慮して選定し、わん曲部での洗掘、侵食特性を検討するものとする。

構造物等による局所洗掘は対象外とする。構造物による局所洗掘の予測は今後の課題とするが、構造物周辺では既往の経年的な最深河床の最小値を基に選定する方法が考えられる。

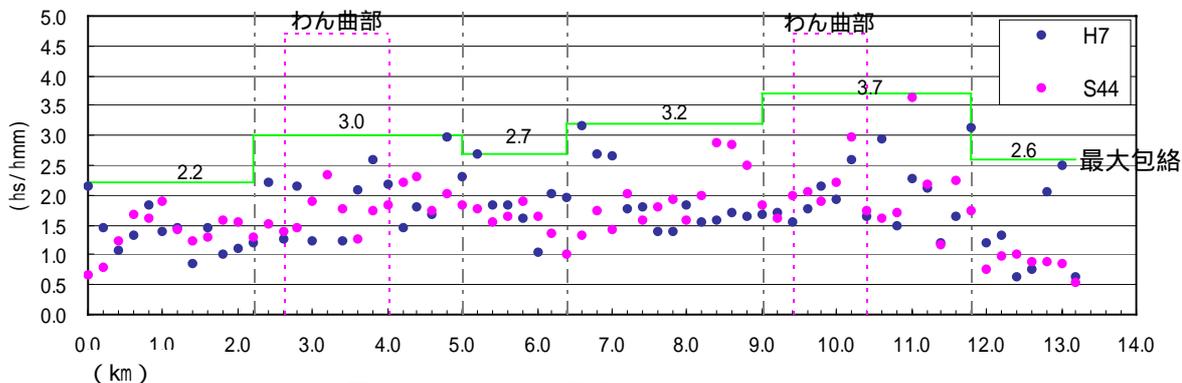


図 2.3 実績洗掘深 h_s と の特性

4) 洗掘予測深の算定

最新(検討対象)年度の平均水深 h_{mm} に α を乗じ、洗掘予測深 h_s を算定する。

$$\text{洗掘予測深 } h_s = \alpha \cdot h_{mm} \quad (\text{式 2.1})$$

は現地実績をもとにした値であり、急流河川では洪水波形がシャープであり大流量が流れる時間が短く、1洪水ハイドロでは砂州は大きく変形しないので、ピーク流量の違いにより変化はないと仮定する。



図 2.4 $(=h_s/h_m)$ とピーク流量の関係

5) 洪水時平均河床高の算定

図 2.5 に示すように検討対象河道に対して計画高水流量ハイドロの最も低い河床高を 1次元河床変動計算により求め、これを各流量における局所洗掘の基準としての平均河床高(H_m)とする。

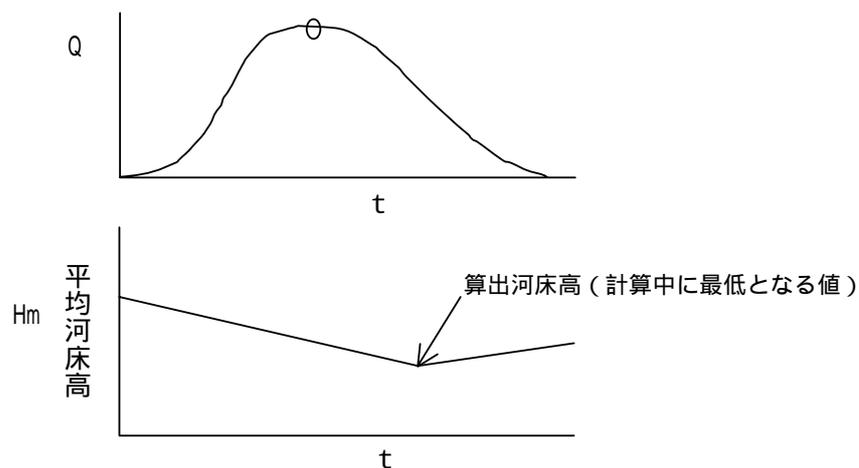


図 2.5 洪水時平均河床高 H_m 算定の概要

6) 洗掘深標高の予測

式-2.1 で求めた洗掘予測深 h_s と図 2.6 の洪水時平均河床高 H_m を重ね合わせて、洗掘予測河床高（標高）を算定する。

洗掘予測河床高とピーク流量との関係は図 2.6 のようにピーク流量増加とともに低下する。

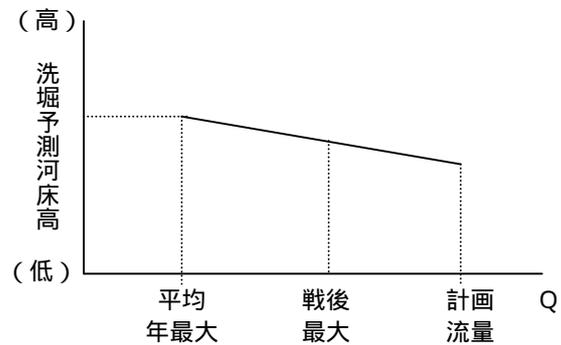


図 2.6 洗掘予測河床高とピーク流量の関係

7) 洗掘予測河床高（標高）と護岸基礎高との比較

図 2.7 に示すように 6) で求めた洗掘予測河床高（標高）と護岸基礎高と比較する。

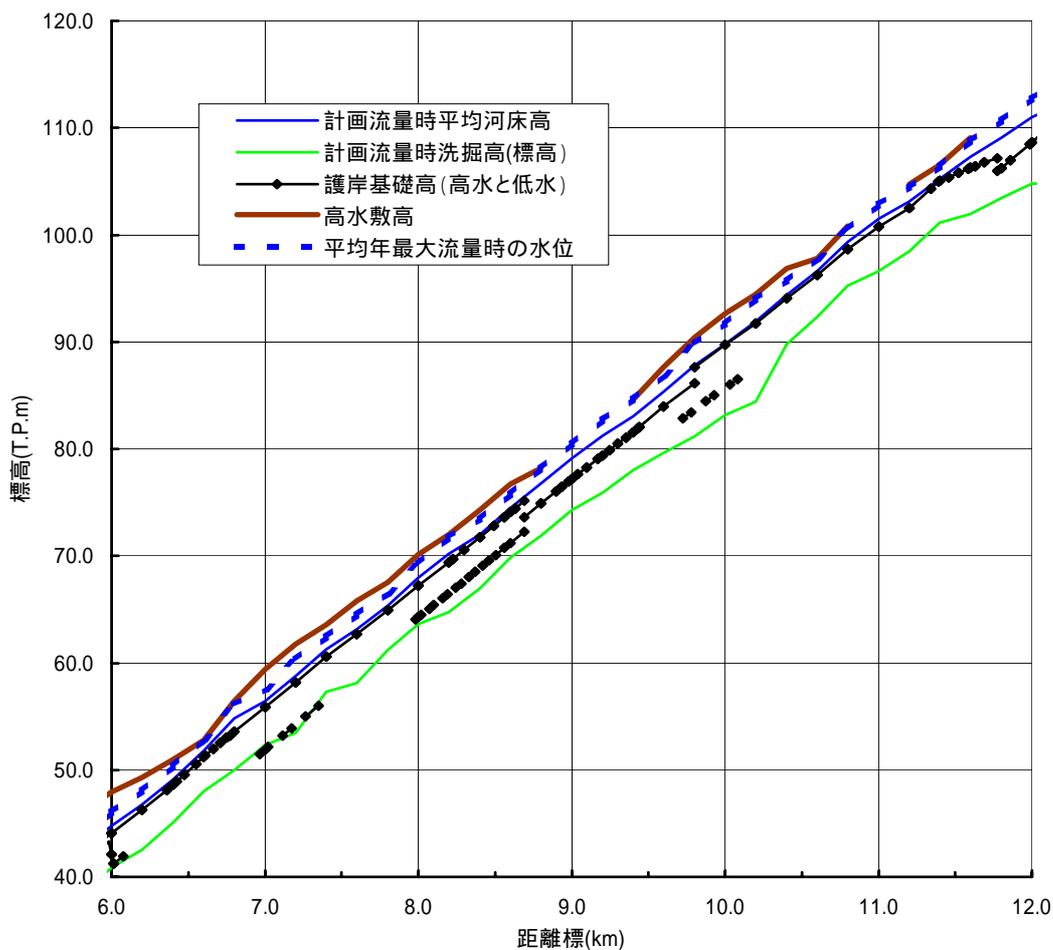


図 2.7 洗掘予測河床高と護岸基礎高の縦断比較図の例

注：高水敷高の表示のない部分は高水敷がない部分である。

8) 洗掘に対する護岸基礎高の安全性評価

7) の洗掘予測河床高と護岸基礎高又は根固工が屈撓しても洗掘に対処できる高さを比較し、図 2.8 に示すように洗掘に対する護岸基礎高の安全性を a b c 3 段階で評価する。

洗掘予測河床高の状態	評価
護岸基礎高 > 洗掘予測河床高 (が高い。)	a (安全)
護岸基礎高 > 洗掘予測河床高 (が低いが、根固工が屈撓して対処可能な範囲。)	b
護岸基礎高 > 洗掘予測河床高 (が低く、根固工が屈撓しても対処できない範囲。)	c
護岸がない場合	c

根固工が設置されていない場合は b 評価はなく、a 評価か c 評価である。

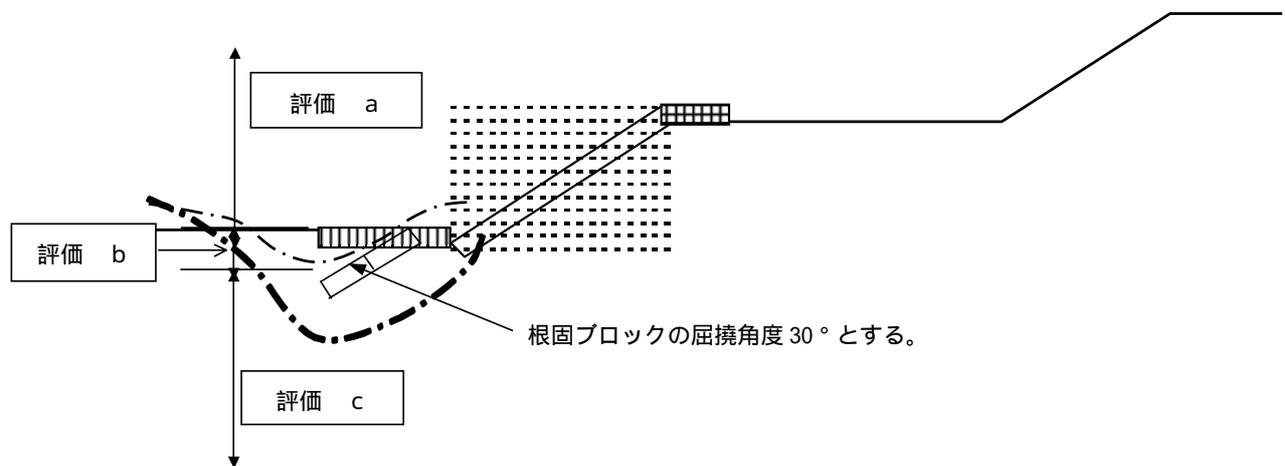


図 2.8 護岸基礎、根固工の屈撓と洗掘評価図

根固工の屈撓で対処できる深さ Z は以下の式による。

$$Bc = Ln + Z / \sin$$

ここに

Bc : 根固工敷設幅 Ln : ブロック 1 列の幅もしくは 2m 以上

: 傾斜角度 = 30°

(河川砂防技術基準(案)設計編 P36 参照)

2.4 側方侵食の評価手順

1) 側方侵食幅 b の算定

既往の大出水について、洪水前後の横断面図、災害復旧資料より側方侵食幅 = b を図 2.9 のように算定する。

側方侵食は平均年最大流量における水位以上の高さを高水敷と仮定し、これより高い部分において算定する。また、計画洪水流量における無次元掃流力 $* > 0.07$ 以上である場合、高水敷とは見なさないものとする。

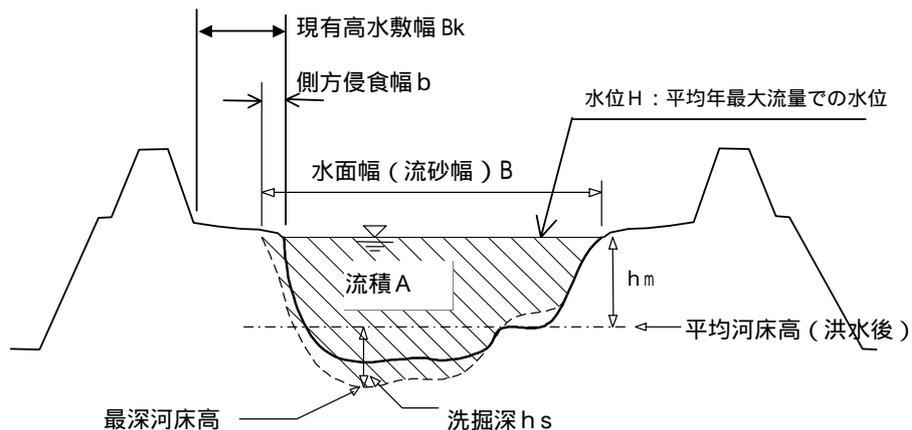


図 2.9 側方侵食幅等について

2) 包絡値の算出

細分セグメント内の平均年最大流量での水深 h_m の区間平均を h_{mm} とし、細分セグメント内の b/h_{mm} の最大値 = を図 2.10 に示すように算出する。

既往出水規模と計画洪水規模の違いに留意し、側方侵食予測幅は の最大値を用いる。

ただし、わん曲部については細分セグメント区分を行う際にこれを考慮して選定し、わん曲部での侵食特性をとりまとめるものとする。

構造物等による側方侵食の 算出は対象外とする。

また、中州など高水敷の侵食と見なされないものは除外するものとする。

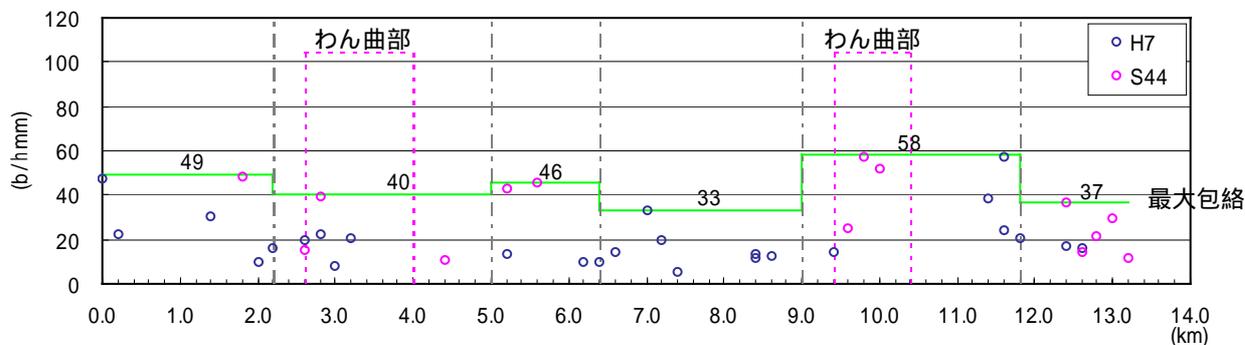


図 2.10 実績側方侵食幅 b と の特性

3) 側方侵食予測幅の算定

最新(検討対象)年度の平均水深 h mm に細分毎 k についての B を乗じ、側方侵食予測幅を算定する。

$$b \text{ (側方侵食予測幅)} = B \cdot k \cdot h \text{ mm} \quad (\text{式 2.2})$$

4) 側方侵食に対する高水敷の安全評価

既存の高水敷幅と側方侵食幅を比較し、高水敷の側方侵食に対する安全性を a b c 3段階で評価する。(表 - 2.1、図 2.11 参照)

評価	内 容
a	現高水敷幅 $B \cdot k$ が側方侵食予測幅 b より大
b	現高水敷幅 $B \cdot k$ が側方侵食予測幅 b の 0.5 ~ 1.0
c	現高水敷幅 $B \cdot k$ が側方侵食予測幅 b の 0.5 以下

ここで高水敷幅の評価は厳密には侵食予測幅以上あるかないかで評価するものであるが、あえて3段階に評価する場合 0.5 倍の幅を有するかどうかを区分の基準とした。

現高水敷幅が側方侵食予測幅の 0.5 倍以下では高水敷が多少あっても堤防保護の機能がはたせず、高水敷がないに等しいと考えた。0.5 倍以上ではある程度堤防保護の機能が期待できると考えた。

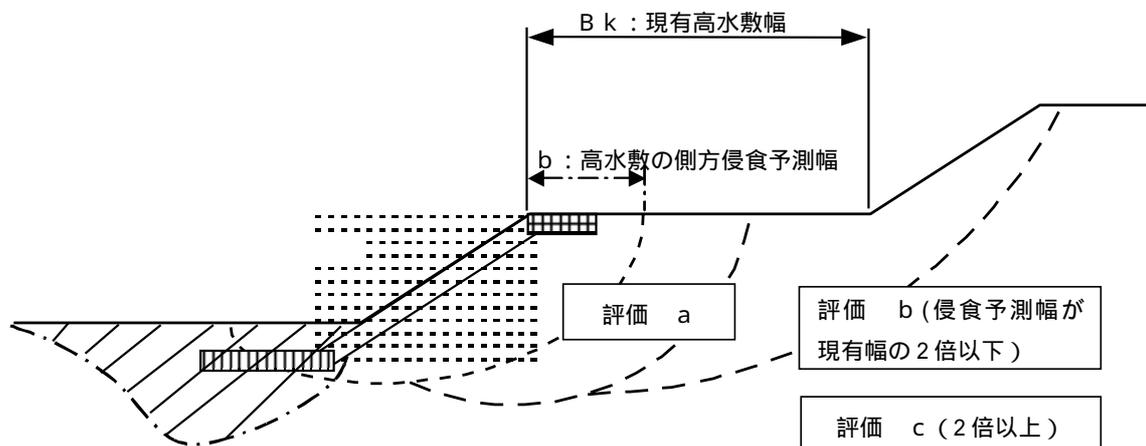


図 2.11 側方侵食幅 b の評価

2.5 高水敷の側方侵食評価の1ランクアップ及びダウン

次の項目に該当する場合は高水敷の側方侵食評価を割増し、割引きするのが合理的と考え、評価を1ランクアップ又はダウンするものとする。

(1) 高水敷の表面侵食に対する耐力

前述の高水敷評価が a、b であっても、計画高水流量における高水敷上の無次元掃流力が $\tau_* > 0.07$ であれば表面侵食の恐れがあり、高水敷とは見なさない。

(2) 低水護岸の機能評価

計画高水流量における高水敷上の無次元掃流力が $\tau_* < 0.07$ より小さく、かつ、高水敷前面に低水護岸が設置されている場合は高水敷の側方侵食評価を1ランクアップする。

(3) 計画高水流量時に高水敷又は盛土部に洪水流が乗らない場合の評価

計画流量時において高水敷又は盛土部に洪水が乗らず、かつ侵食幅以上の高水敷幅又は盛土部があり、かつ高水敷前面に洗掘予測標高より深い低水河岸保護工がある場合、1洪水で堤防まで達する側方侵食の可能性は低いので、山付け堤に準じて評価を AA とする。

なお、洪水が乗らない高さとは計画流量時の水位に左右岸水位偏差を加えた高さ以上とする。

(4) 高水敷上に一部盛土を行う場合の評価

高水敷幅が侵食予測幅以上あり、かつ高水敷上の $\tau_* < 0.07$ 以下で、かつ高水敷上の一部盛土部の護岸基礎が高水敷高を基準とした洗掘深 h_s の予測値を満足する場合、堤防に至る侵食の可能性は低いので安全評価を AA とするものとする。

なお、高水敷幅が侵食予測幅以下の場合、高水敷河岸に低水路保護工が設置されておれば側方侵食評価を1ランクアップできる。また、低水河岸保護工の基礎を深くすることにより洗掘評価を a 評価にできる。

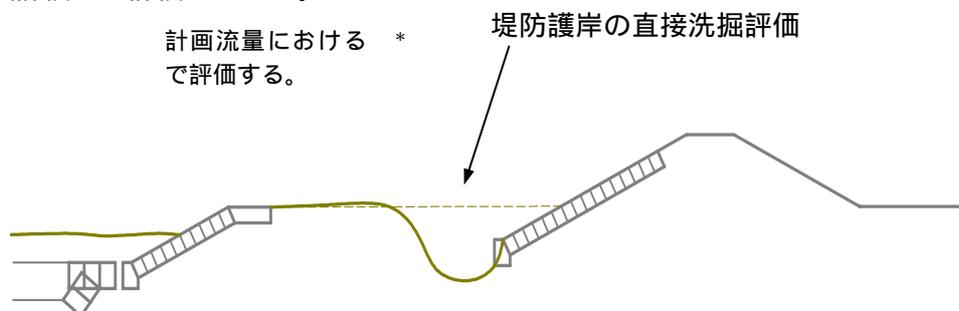


図 2.12 堤防護岸の直接洗掘に対する評価

2.6 その他

(1) 水制工の評価

巨大水制のような非越流型の水制工を想定する。水制工は堤防沿いの流速を減じ、洗掘、側方侵食を軽減する効果がある。

過去の急流河川の実験事例では堤防沿いの河床洗掘を軽減するための適切な水制間隔は水制突出し長の約3倍（約 20° ）である。

水制長、水制間隔、水制周りの根固工、取付護岸を適切に計画することにより洗掘評価を a 評価にできるものとする。

(2) 河岸侵食防止工の評価

縦工のような河岸侵食防止工を想定する。河岸侵食防止工は現有の高水敷を保全し、側方侵食を軽減する効果がある。

黒部川における実験事例では適切な縦工間隔は許容侵食幅を基に縦工下流方向へ $s=12^\circ$ 、上流方向 $f=20^\circ$ とすることにより求められる。

縦工の諸元を適切に計画することにより側方侵食を a 評価にできるものとする。

(3) 山付け堤の評価

山付き堤区間は侵食に対し安全なので評価の対象外とする。

2.7 河道内の安全評価

以上、護岸基礎高と高水敷幅の2つの評価項目を組み合わせる河道の安全評価を行う。評価の概要は次表に示す。

なお、護岸基礎高評価、高水敷評価がともに c の場合が極めて危険であることから、評価を D とする。

		側方侵食（高水敷評価）		
		a	b	c
洗掘 (護岸基礎 高評価)	a	AA	A	A
	b	A	B	C
	c	B	C	D

表 2.1(1) 河道の安全評価のランク

()は1ランクアップしたことを示す。

模式図	護岸基礎高評価	高水敷幅評価	河道の安全評価	模式図	護岸基礎高評価	高水敷幅評価	河道の安全評価
<p>護岸評価 a</p> <p>BK/b 1.0 現有高水敷幅 BK 側方侵食予測幅 b</p>	a	a	AA	<p>護岸評価 b</p> <p>BK/b 1.0 現有高水敷幅 BK 側方侵食予測幅 b</p>	b	a	A
<p>BK/b 1.0 現有高水敷幅BK 0.5b 側方侵食予測幅 b</p>	a	a	AA	<p>BK/b 1.0 現有高水敷幅BK 0.5b 側方侵食予測幅 b</p>	b	a	A
<p>護岸評価 a</p> <p>1.0 > BK/b > 0.5 現有高水敷幅 BK 0.5b 側方侵食予測幅 b</p>	a	b	A	<p>護岸評価 b</p> <p>1.0 > BK/b > 0.5 現有高水敷幅 BK 0.5b 側方侵食予測幅 b</p>	b	b	B
<p>1.0 > BK/b > 0.5 現有高水敷幅BK 0.5b 側方侵食予測幅 b</p>	a	(a)	A	<p>1.0 > BK/b > 0.5 現有高水敷幅BK 0.5b 側方侵食予測幅 b</p>	b	(a)	A
<p>護岸評価 a</p> <p>BK/b < 0.5 現有高水敷幅 BK 0.5b 側方侵食予測幅 b</p>	a	c	A	<p>護岸評価 b</p> <p>BK/b < 0.5 現有高水敷幅 BK 0.5b 側方侵食予測幅 b</p>	b	c	C
<p>BK/b < 0.5 現有高水敷幅BK 0.5b 側方侵食予測幅 b</p>	a	(b)	A	<p>BK/b < 0.5 現有高水敷幅BK 0.5b 側方侵食予測幅 b</p>	b	(b)	B
<p>護岸評価 a</p> <p>BK/b < 0.5 側方侵食予測幅 b</p>	a	c	A	<p>護岸評価 b</p> <p>BK/b < 0.5 側方侵食予測幅 b</p>	b	c	C

表 2.1(2) 河道の安全評価のランク

()は1ランクアップしたことを示す。

模式図	護岸基礎高評価	高水敷幅評価	河道の安全評価
<p>護岸評価 c</p> <p>BK/b 1.0 現有高水敷幅 BK 側方侵食予測幅 b</p>	c	a	B
<p>BK/b 1.0 現有高水敷幅BK 0.5b 側方侵食予測幅 b</p>	c	a	B
<p>護岸評価 c</p> <p>1.0 > BK/b 0.5 現有高水敷幅 BK 0.5b 側方侵食予測幅 b</p>	c	b	C
<p>1.0 > BK/b 0.5 現有高水敷幅BK 0.5b 側方侵食予測幅 b</p>	c	(a)	B
<p>護岸評価 c</p> <p>BK/b < 0.5 現有高水敷幅 BK 0.5b 側方侵食予測幅 b</p>	c	c	D
<p>BK/b < 0.5 現有高水敷幅BK 0.5b 側方侵食予測幅 b</p>	c	(b)	C
<p>護岸評価 c</p> <p>BK/b < 0.5 側方侵食予測幅 b</p>	c	c	D

ランクアップ, ランクダウンの考え方

考え方	模式図
<p>低水護岸がある場合で、かつ計画流量での高水敷の $* < 0.07$ 以下の場合高水敷幅評価を1ランクアップする。</p>	<p>低水護岸がある場合で、かつ計画流量での高水敷の $* < 0.07$ 以下の場合高水敷幅評価を1ランクアップする。</p>
<p>$* > 0.07$ 以上の時高水敷評価を1ランクダウンする。</p>	<p>高水敷の表面侵食に対する耐力計画流量での高水敷の $* > 0.07$ 以上の場合高水敷幅評価を1ランクダウンする。</p>