

建設省土木研究所 ○大場章, 矢澤昭夫, 水山高久

1. 結論

砂防計画における計画許容流砂量の考え方は木村¹⁾に始まり、河川砂防技術基準(案)²⁾では、「計画許容流砂量とは、計画基準点から下流河川等に対して無害かつ必要な土砂として流送すべき量であり、流水の掃流力、流出土砂の粒径等を考慮して、河道の現況及びその計画に基づいて定めるものとする。掃流区域で計画基準点が複数ある場合は、計画許容流砂量は上下流間において整合のとれたものとしなければならない。」とされている。この他に、谷³⁾、柿⁴⁾、矢野⁵⁾、矢野⁶⁾、山内⁷⁾、平尾⁸⁾などによっても議論されているが、例えば河川の上流から下流まで土砂の動的平衡河道を保つといった無理なものも含まれており、言葉による定義としては河川砂防技術基準(案)で十分と考えられる。また、具体的に許容流砂量を求める方法は、木村¹⁾や柿⁴⁾らが提案しているが、どちらの方法も河川砂防技術基準(案)の定義を具体的に検討した結果でなく不十分であり、スリット砂防ダムやゲート付砂防ダムが検討されている現在、許容流砂量についてより具体的で定量的な研究が必要である。そこで、常願寺川扇状地部(0km~18km区間)を対象とし、上流からの給砂量(流出土砂量)の変化、粒径の変化が下流河道にどのような河床変動を引き起こすかを試算を行って検討し、許容流砂量について考察した。

2. 許容流砂量の検討方法

下流河道に発生する現象から許容流砂量を考えると、表一のようにまとめられる。長期(例えば一年間)の流砂量について許容流砂量 Y を求めるものとする。表一から貯水池上流を除いて、

$$V_{B6} + V_{B7} < Y < V_{B3} \quad \text{----- (1)}$$

となる。しかし、その他の現象については局所的な影響が強く、許容流砂量は問題が発生すると考えられる各地点で異なり、一つの河川としてある地点である法則に従って求めることは困難と考えられる。ここでは、特に2の条件について河床変動計算によって許容流砂量を検討する。

許容流砂量の検討は、河床変動計算から時々刻々変化する水位、河床高を求め、その断面の許容水位(ここでは計画高水位; H.W.L.)および許容河床変動高等と比較する形で行った。河床変動計算は、与えられた流量をレジーム則ヒマニングの等流公式を用いて水深に換算し、流砂量式は、検討区域の河床勾配が約1/60以下であることから、芦田、高橋、水山の掃流砂量式⁹⁾を用いる。

3. 対象河道の概要

常願寺川は流域面積361.0km²、幹川流路延長56kmで、河床勾配は河口部で約1/450、山地部で約1/20、

表一 現象から考えた許容流砂量

番号	許容流砂量決定の目的	制限パラメータ	許容流砂量の必要条件 (許容流砂量 無害流砂量)	備考
1	貯水池の埋没や流水の防止に係る河床地盤の維持	計画埋砂量 $V_{B1}(m^3/year)$	$Y_0 < V_{B1}$	河川貯水池は河床の崩壊が影響する。河川の自然的な河床の形成
2	河川の砂溜り 能力の維持	液砂能力 $V_{B2}(m^3/year)$	$X_{j2} < V_{B2}$	河川の河床には、時系列的な変化が必要
		液砂能力 $V_{B3}(m^3/year)$	$Y < V_{B3}$	
3	貯水池の埋没防止	液砂能力+貯砂係数 $V_{B4}(m^3/year)$	$X_{j3} < V_{B4}$	流水のローカル性の影響も強い
4	排水設備の埋没防止	液砂能力+許容埋砂量 $V_{B5}(m^3/year)$	$X_{j4} < V_{B5}$	同上
5	舟着陸の防止	波浪による侵食量 $V_{B6}(m^3/year)$	$V_{B6} < Y$	
6	砂利採取量の確保	年間許容採取砂利採取量 $V_{B7}(m^3/year)$	$V_{B7} < Y$	
7	橋脚水利の洗掘防止	液砂能力+許容洗掘量 $V_{B8}(m^3/year)$	$V_{B8} < X_{j7}$	ローカル性が強く、砂利採取の影響を受けやすい
8	護防堤岸の基礎の保護	液砂能力+許容侵食量 $V_{B9}(m^3/year)$	$V_{B9} < X_{j8}$	同上
9	治水設備の近接の洗掘防止	液砂能力+許容侵食量 $V_{B10}(m^3/year)$	$V_{B10} < X_{j9}$	同上

注) X_{j} - 洪水流砂量, Y - 年間流砂量(m³)

河川改修区域(15.3km)付近で約 $\frac{1}{60}$ である。常願寺川の最近の河道変化を見ると、図-1に示すように2km~18km区間は河床低下の傾向にある。これは、主に礫利採取によるものと考えられ、この河床低下により、下流部2kmを除き現況河道の疎通能力は計画高水流量を大きく上まわっている。

4. 計算条件

(1) 河道断面形

昭和59年度の河川横断測量結果に基づき、200mピッチで河道の断面形(矩形とした)を与えた。

(2) 流量時系列

河床変動計算に用いる流量時系列は、昭和44年8月の洪水ハイドログラフをピーク流量に合わせて伸縮させた波形を使用し、洪水規模と許容流砂量の関係を調べるために、150年確率、50年確率、30年確率の出水について計算を行った。

(3) 代表粒径

流砂量式に代入する粒径は、その計算結果に大きく影響する。平時計測される河床材料は一般に粗であるが、多数の崩壊、土石流、浚岸侵食の発生する豪雨時には少量の細粒土砂が河道に流入し、流砂の粒径はかなり細かくなると考えられるため、大きな出水時の河床変動を推定する場合には、平時の河床材料よりは山腹土砂の粒径を対象とする方が良いと考えられるので、山腹土砂調査結果^⑩を計算に用いた。

(4) 給砂係数

計算上流端における土砂の供給は、上流端近傍の平均川幅及び平均河床勾配に対して流砂量式を適用して得られる値を基本とする。しかし、この方法では計算区域より上流で行なわれてきた砂防事業の効果が評価できないので、上記流砂量に1.0以下の値の給砂係数(α)を乗じて給砂量とし、計算区間に流入する土砂量が砂防施設の効果により減少する影響を調べた。

(5) 計算区間の河床

計算上は、上流端より流入する土砂量が流水の流砂能力を下まわる場合、計算区間上流部が強く荒掘されて流砂は平衡状態に戻る。しかし実際には、低位の古い堆積物は粘着性もあり、またアーモークートの形成などの影響もあって平衡状態に戻るにはかなりの距離を必要とすると考えられる。そこで、特に河床上昇の問題を取り扱う今回の計算では、ほとんどの計算を初期河床より低く荒掘されることは無い固定床として行ない、限られた条件についてのみ移動床として計算した。

5. 計算結果

(1) 洪水規模と許容流砂量

150年確率の出水は1回、50年確率、30年確率の出水はそれぞれ3回及び5回繰り返して与えて計算した結果を図-2に示す。計算結果から次のことが言える。①本計算条件のもとでは、10k 700地点が氾濫危険区間の上流端にあたり、4k 500地点が下流端に相当する。

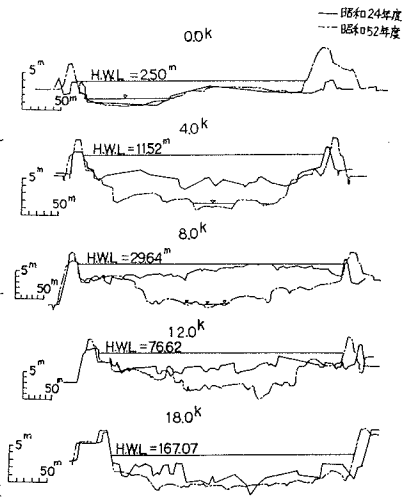
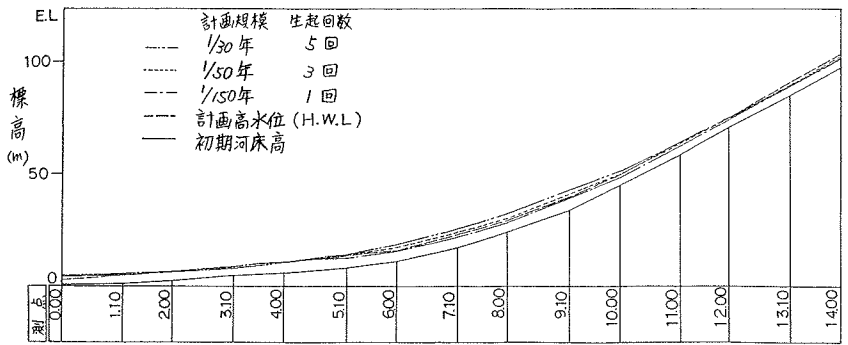


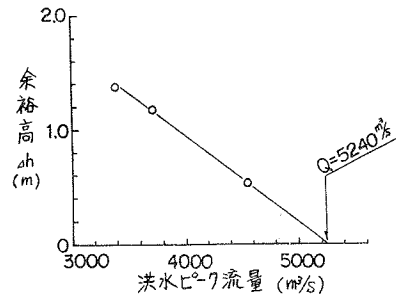
図-1 代表的な横断形状

②各規模の洪水を1回
年えた場合の計画高水
位に対する余裕高(Δh)
をまとめると図一三の
ようになる。1回の洪
水で余裕高が無くなる
のは、洪水ピーク流量
が5240 m^3/s 程度の出水
で、これは200年確率
に相当する。



図一三 計画洪水規模ごとの河床変動計算結果

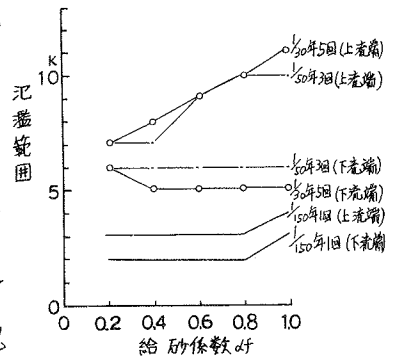
③小規模の出水が繰り返し生起すると、1回の計画規模の出水
よりも大きな河床上昇を引き起こす。したがって許容流砂量を
設定する場合、計画洪水に対して検討するだけでは必ずしも十
分とは言えない。



図一四 洪水ピーク流量と余裕高の関係(9K100線)

(2)給砂係数の影響

給砂係数は、砌防ダム、貯水池などにより流下する土砂が減少する影響を調べるために設定した。図一四に給砂係数による
氾濫範囲の変化を示す。150年確率の洪水では、下流部の2K~
4K区間で氾濫するのに対し、50年および30年確率規模の洪水では、
6K~7K区間に始まり、給砂係数が大きくなるとともに5
K~11K区間と氾濫区間が上流側へ大きく広がって行く。



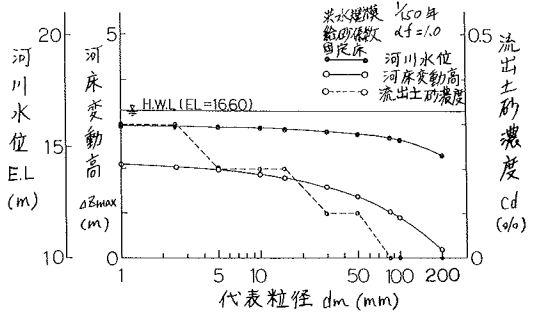
図一五 氾濫区域の給砂係数による変化

(3)代表粒径の影響

これまでの計算では、代表粒径を平均粒径である15 mm としていたが、ここでは洪水規模を150年確率規模として、代表粒径を中央粒径を含む1 mm ~200 mm 間で10種類変化させて、最高水位、河床変動高および土砂流出量に対する影響を調べた。代表的な勾配変化点である6K地点の代表粒径と最高水位 (H_{max})、河床変動高 (ΔZ_{max}) および流出土砂濃度 (cd) の関係を図一五に、代表粒径と河道内堆積土砂量 (ΔV) の関係を図一六に示す。

計算結果から次のことが言える。

- ①代表粒径を15 mm 以下としても、150年確率の洪水が1回生じただけでは河川水の氾濫は生じない。
- ②代表粒径を1 mm から200 mm と変化させると河床変動高の差は約2 m となる。
- ③代表粒径を25 mm ~85 mm に変化させると、河道内堆



図一六 代表粒径と河川水位、河床変動高および流出土砂濃度の関係(6K地点)

積土砂量は約2倍 ($2^2 \times 10^6 \text{ m}^3$) 異なり、許容流砂量を決定する際、代表粒径の設定は重要な要素となる。

6. 計算結果の考察

ここでは、許容流砂量を「河川水位が計画高水位を越えない上限」の砂防基準点（計算区間の上流端）の通過土砂量と定義する。これによると、前節で述べた計算結果の(1)から 650 万 m^3 程度がそれに相当する。類似の定義であるが、河床変動高を一定値以下に抑えるような土砂量として定義してみる。図-7は氾濫危険区間の中で代表的な勾配の変化点である6K地点の河床変動高と計算区間上流端（18K地点）の流入土砂量の関係を示したものである。例えば、30年確率規模で給砂係数1.0の洪水が発生した場合に、この断面における河床上昇を3m以下に抑制するという条件を与えると、現河床高では 980 万 m^3 、計画河床高では $1,060 \text{ 万 m}^3$ が上流端の許容流砂量となる。しかし、構造物等によって上流端の流入土砂量を減少させると流入土砂量の減少率（給砂係数）とほぼ等しい割合で許容流砂量も減少し、また、洪水規模、給砂係数によっても許容流砂量は大きく変化するので、許容流砂量は種々の条件で計算を行ない検討することが必要である。

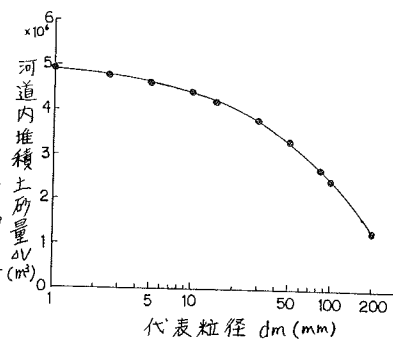


図-6 代表粒径と土砂収支量の関係

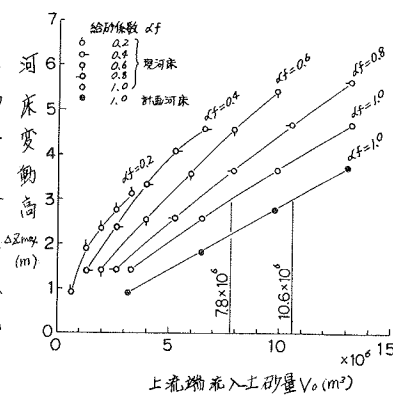


図-7 上流端流入土砂量と最大河床変動高の関係

上記の許容流砂量がずいぶん大きな値となるのは、砂利採取によってかなり低下した河床を初期河床高として計算していることによる。また、ここでは掃流砂のみをとりあげたが、浮遊砂を含めて検討することも必要である。

参考文献

- 1) 木村弘太郎；砂防計画樹立に対する構想，河川，昭和29年3月
- 2) 河川砂防技術基準（案），昭和51年
- 3) 谷 勲；わが国における山地の荒廃と砂防計画，水利科学19号，昭和36年6月
- 4) 柿 徳一；流砂量と砂防計画，新砂防31号，昭和33年11月
- 5) 矢野義男；砂防調査及び計画，山海堂，昭和37年8月
- 6) 矢野勝正；砂防工学の研究課題，新砂防83号，昭和47年4月
- 7) 山内 彪；許容流砂量について，第10回砂防学会ミニボジウム概要，新砂防107号，昭和53年4月
- 8) 平尾公一；山地河川の土砂物動モデルに関する研究，京都大学学位論文，昭和53年12月
- 9) 芦田和男，高橋 保，水山高久；山地河川の掃流砂量に関する研究，新砂防107号，昭和53年4月
- 10) 芦田和男，高橋 保，水山高久；流路工計画に関する水理学的研究，新砂防99号，昭和50年11月
- 11) 建設省北陸地方建設局立山砂防工事事務所；砂防河川の土砂動態に関する研究，資料集，昭和51年3月