

PII-37 砂防ダムの堆砂形状の実態とその推定式について

(富士川砂防工事事務所管内を事例として)

パシフィックコンサルタンツ株式会社 青柳 泰夫 ○堂ノ脇将光
国土交通省富士川砂防工事事務所 中村 良光 佐藤 保之

1. はじめに

従来、砂防ダムの調節効果は、満砂後の安定勾配(平常時堆砂勾配)とその上に形成される洪水後の洪水勾配(計画堆砂勾配)との間の容量として算定され、一般に平常時堆砂勾配は元河床勾配の1/2、計画堆砂勾配は2/3に設定されている。しかし、この勾配の根拠となった式の適用限界が考慮されずに使用されているのが現状である。

富士川砂防工事事務所管内においては、昭和10年より現在に至るまで、ダム堆砂測量146箇所及び河床変動測量63区間が実施されており、昭和57年災害時には元河床勾配に近い堆砂勾配を形成した記録も残されている。

本検討では、富士川砂防工事事務所管内の豊富な測量成果より、長期間にわたって測量が実施されデータの存在状況が良好であった93箇所を対象として、堆砂勾配や変動量等の土砂堆積実態を把握し、従来の計画堆砂勾配及び計画貯砂量との比較を行った。その結果、実際の堆砂勾配は、単純平均では計画堆砂勾配よりも急勾配を形成しているが、箇所毎に様々な値を示していることが明らかとなったので、その実態を報告する。また、このような実態を踏まえ、箇所毎に異なる堆砂勾配に対し、その流域特性に応じた計画堆砂勾配を設定し、施設の効果(特に調節量)を評価し直すことが必要と考え、従来のように元河床勾配という1指標のみから計画堆砂勾配を決定するのではなく、流域特性を反映し、様々な堆砂要因(流域面積や降雨、地質、河床勾配、粒径等)から決定される計画堆砂勾配を推定し得る簡便式を作成した。

2. 砂防ダムの堆砂実態

2.1 計画堆砂勾配と実際の堆砂勾配

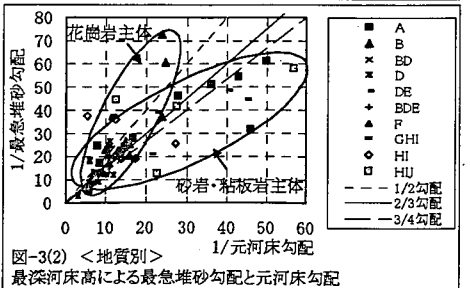
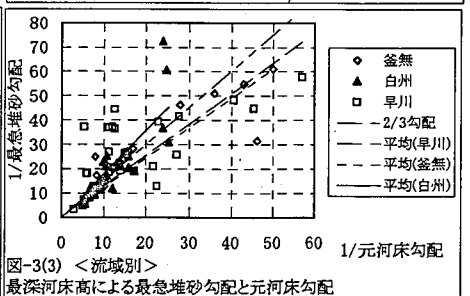
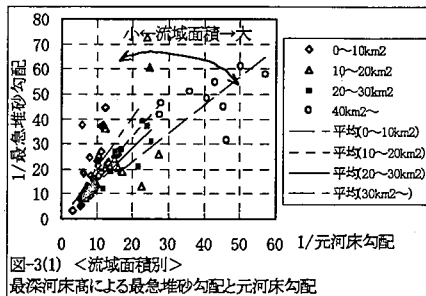
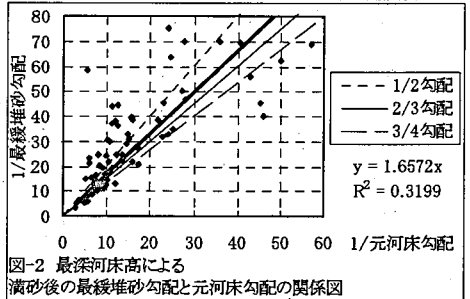
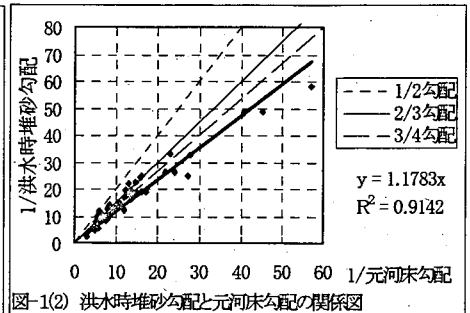
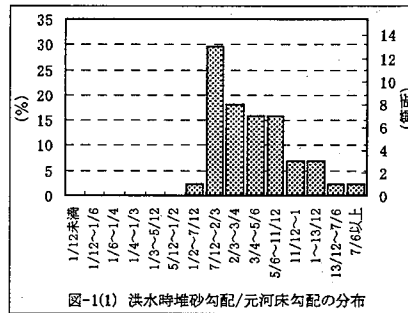
検討対象93箇所のうち満砂後のデータが存在する74箇所において、縦断データより満砂後の最深河床高による(測量期間中の)最急堆砂勾配及び最緩堆砂勾配を算出するとともに、平面及び横断データより洪水時堆砂面の堆砂勾配を算出し、これらの堆砂勾配から推定される計画堆砂勾配(洪水時堆砂勾配、動的安定勾配)及び平常時堆砂勾配(静的安定勾配)が、従来値(元河床勾配の1/2勾配、2/3勾配あるいは3/4勾配)に対してどのような値をとるのかを整理した。

検討の結果、洪水時堆砂面の堆砂勾配(図-1)は、7/12~3/4が全体の約5割を占めているものの、その値は元河床勾配の1/2から元河床勾配以上の勾配(7/6)まで分布しており、一概に従来の値で代表できない結果となった(一次近似では概ね9/10程度)。また、最深河床高による最急堆砂勾配・最緩堆砂勾配は、単純平均ではそれぞれ元河床勾配の約3/4(図略)、約3/5(図-2)となるが、かなりばらつきがみられることがわかった。

2.2 堆砂勾配と各因子の関係

堆砂勾配と元河床勾配の比が様々な値を示す要因として、箇所毎に異なる土砂流出特性(地形、地質、流域面積、土砂流出頻度、出水履歴等)が複雑に作用していることが考えられるが、この中で①流域面積別、②地質及び流域別といったグループ毎にある程度まとまった傾向が認められた。

図-3(1)に示した流域面積別の最深河床高による最急堆砂勾配と元河床勾配との関係では、堆砂勾配は流域面積が小さいほど元河床勾配に比して緩くなり、流域面積が大きくなるに従って元河床勾配に近い勾配になる傾向が認められた。また、同様に図-3(2)の地質別の関係を見ると、特に花崗岩主体のB(御岳型、鳳凰型、黒雲母花崗岩)では堆砂勾配が緩い傾向にあり、粘板岩や砂岩主体のA(赤石層群)やHIJ(三倉層群、小仏層群、白根層群)では急勾配を示す傾向が見られた。同様に図-3(3)の流域別の関係を見ると、花崗



岩を基盤とした白州流域においては元河床勾配に比して緩勾配を形成し、粘板岩や砂岩を主体とした早川流域においては元河床勾配に近い急勾配を形成する傾向が認められる結果となった。

2.3 堆砂縦断形状の推定式の検討

堆砂縦断形状の整理結果をもとに、その資料の存在状況等を考慮して対象を選定し、重回帰分析により堆砂縦断形状の影響因子の絞り込みを行って主要因子を決定した。そして堆砂縦断形状の推定式を検討するとともに、この式より推定される堆砂縦断形状と実績資料による堆砂縦断形状を比較検討することにより、その妥当性について検討した。

検討対象箇所は、測量データ及び全ての堆砂因子データが存在する 33 箇所とした。ここでは特に洪水時堆砂勾配の推定式について記述する。推定したケースは、①管内全域、②流域別(②-1 釜無・白州、②-2 大武川・小武川、②-3 早川)、③地質別(③-1 花崗岩地帯)の 5 ケースである。

(1) 堆砂縦断形状の推定式

堆砂縦断形状の推定式は、様々な堆砂因子より、どの因子が堆砂勾配の推定に寄与しているかという視点から要因分析に有効な手法である重回帰分析を用いた。その推定式は、具体的には、目的変数 y (堆砂勾配) とそれに影響を及ぼすと考えられる他の説明変数 x_1, x_2, \dots (元河床勾配、流域面積、) との相関関係を十分に考慮した上で、堆砂形状形成に強い影響を与える因子を抽出し、 y を予測する最適な重回帰式 ($y = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots$) を見いだすことによって設定した。

(2) 堆砂因子データの整理

多変量解析に用いる堆砂因子データは、想定される様々な要因の中から、現時点で収集可能である元河床勾配、流域面積、ダム高、雨量(年総降水量、年最大日雨量、年最大時間雨量)、流量、粒径(d_{max}, d_m)のデータを用いた。

(3) 重回帰分析による主要因子の選定 (多重共線性の確認)

互に相関の高い指標を両方ともモデルに取り込むと、モデルの有意性が減少する(多重共線性)。よって重回帰分析を実施する前に、モデル構築に考慮する変数同士で相関を確認した。その結果、堆砂影響因子のうち年最大日雨量を除いた 8 指標に重回帰分析を適用し、洪水時堆砂勾配を推定した。

(4) 推定式の設定

図-4 に、各々のダムの堆砂因子を重回帰式に代入することで得られた堆砂勾配(理論値)を◆プロットで示し、実測値を□プロットで示す。

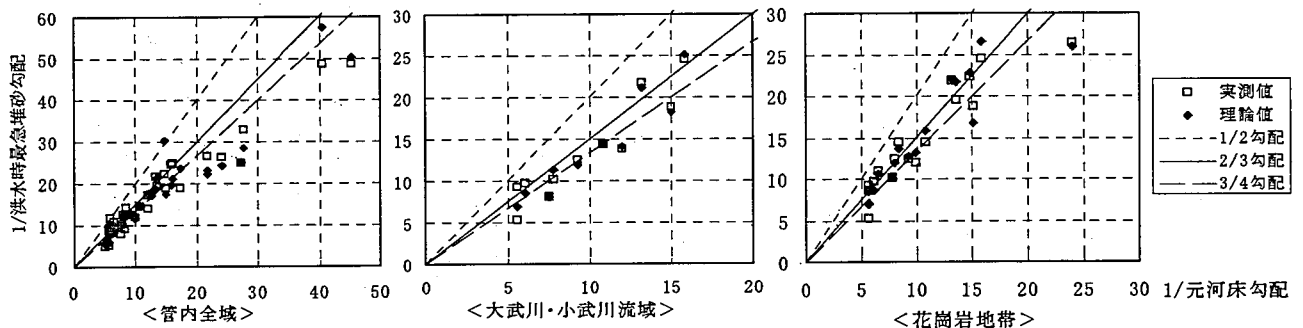


図-4 重回帰分析による洪水時堆砂勾配の推定

検討の結果、各ケースの有意性は修正決定係数で 0.67~0.91 と高いものとなった。特に適合度の良いケース③-1 花崗岩地帯の堆砂勾配の推定式を示すと、 $y = 0.29(\text{元河床勾配}) + 0.18(1/\text{流域面積}) - 2.1 \times 10^{-3}(\text{ダム高}) + 5.7 \times 10^{-5}(\text{年総降水量}) + 2.1 \times 10^{-3}(\text{年最大時間雨量}) - 2.0 \times 10^{-5}(\text{流量}) + 1.1 \times 10^{-4}(d_{max}) - 2.3 \times 10^{-4}(d_m)$ となる。また、各因子の標準偏回帰係数を比較した結果、元河床勾配が堆砂形状に最も強い影響を与え、次に流域面積の順に影響が強いことがわかった。逆に年総降水量等は堆砂形状にあまり影響を与えない結果となった。

3. まとめ

富士川砂防工事事務所管内の 93 箇所の砂防ダム堆砂測量資料を整理した結果、単純平均をとると、洪水時勾配が概ね元河床勾配の 9/10 程度、また平常時堆砂勾配が概ね 3/5 勾配程度で堆積していることが明らかとなったものの、箇所によってかなりのばらつきが見られた。また、このようなばらつきのある堆砂勾配を種々の堆砂因子によって推定可能とする推定式を重回帰式により作成した結果、花崗岩地帯においては実測値と理論値(計算値)がほぼ一致し概ね良好な結果が得られた。しかしながら、一部実測値と理論値に相違が見られた。このような結果を示した理由は、時事刻々と変化する堆砂形状を決定づけている種々の因子(降雨、流量、粒径)データを精度良く得られていないためである。現在富士川砂防工事事務所では、土砂生産・流出の活発な流域から土砂移動のモニタリングを目的とし様々な観測機器を設置している。このような観測機器から得られた種々のデータを活用し堆砂形状推定式の精度向上を図ることによって、より効果的な施設配置が可能となるものと考えられる。

今後は、土砂生産流出の活発でない流域に対しても種々のデータを蓄積し推定式を作成するとともに、土砂生産・流出の活発な流域との相違を見だし、あらゆる流域に対して活用可能な推定式を確立することによって、土石流区域における効果的な施設配置の一助となることが望まれる。