

砂防ダム上流域の河床変動解析に関する研究

京都大学防災研究所 正員 芦田和男 京都大学防災研究所 正員 江頭進治
 京都大学防災研究所 正員 里深好文 京都大学大学院 学生員 〇矢島英邦

1. はじめに 砂防ダムの土砂調節機能を評価するためには、砂防ダム上流域の河床変動を予測することが必要であり、そのためには適切な境界条件のもとに河床変動解析を行なわなければならない。本研究は、上・下流端境界条件のうち特に下流端境界条件ならびにダム直上流のエネルギーロスについて考察し、これらをもとに砂防ダム上流域の河床変動の一次元解析を行なう基礎データを得ることを目的としている。

2. ダム上流のせき上げ高とエネルギー損失 実験水路は、長さ6m、幅20.5cmの矩形断面水路である。水路の下流部に水通し幅 B_d cm、厚さ2mmの砂防ダムを設置した。実験は2種類行なった。1つは、水通し部の流水幅縮小による河床せき上げ高に関するもので、この実験では流量と水通し幅を種々変化させて水位・河床位を測定した。給砂は行なわず、動的平衡状態であると判断した時点で測定を行なった。もう1つは、ダム直上流の局所流を解析するための実験である。給砂は行なわず、流量を4.2(l/s)、水通し幅を6.83(cm)とし、動的平衡状態が形成された後、給水を止めセメントで河床を固め再び給水を行なってダム直上流の流向・流速、水通し部の圧力分布を測定した。いずれも使用砂は粒径0.144cmの一様砂である。

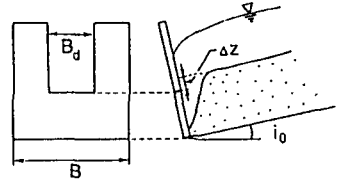


図-1

ダムの袖部によって流水の円滑な流下が阻害され、袖部近傍でエネルギーロスが発生する。このロスと流水のせき上げのために河床もせき上がる。河床せき上げ高 ΔZ は、

図-1 のようである。図-2 に ΔZ と Q の関係、図-3 に $\Delta Z/h$ と B_d/B の関係を示す。 h は上流域の等流水深である。

これより平衡状態における砂防ダム直上流の河床せき上げ高は、水通し幅縮小率 B_d/B に大きく依存し、 B_d/B が小さな範囲では流量にも依存していることがわかる。図-3の実線は、ダム地点とダム直上流で渦の影響がなくなる地点の両断面間において、流水の連続式、エネルギー式(静水圧近似)、流砂量式(芦田・道上式)を用い、また、両断面の抵抗係数が等しく、エネルギー損失を無視すると仮定したときの $\Delta Z/h$ と B_d/B の関係を示したものである。¹⁾エネルギーロスがあるにもかかわらず実験値がすべてこれより小さくなっているのは、ダム頂部において静水圧にならないことや掃流量式の適用に問題があることなどが考えられる。

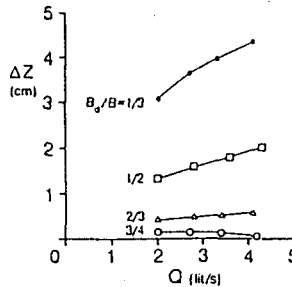


図-2

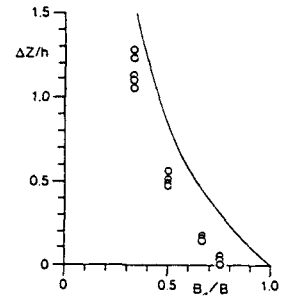


図-3

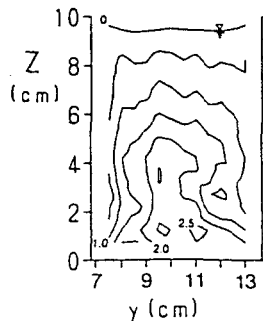


図-4

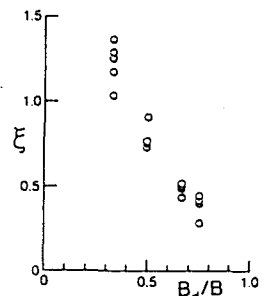


図-5

本実験で用いた厚さのうすいダム(2mm)では、水通し部において静水圧分布にならない。図-4は、水通し部における圧力の測定結果の一例である。図中の数値は圧力水頭(cm)である。このように圧力分布は、静水圧のそれとはかなり異なったものになっている。これはダム頂部におけるエネルギーの設定やダム直上流におけるエネルギーロスの推定に際して重要な問題となる。ダム直上流の渦によるエネルギーロスを算定するため、厚さ3cmのダムを用いた追加実験を行い、その結果ならびに堰流量やナップ形状に関する従来の研究成果を参考にした。図-5は、前述の実験において求められる損失係数 ξ ($h_l = \xi v_d^2 / 2g$, v_d : 水通し部の断面平均流速)と B_d/B の関係を示したものである。 ξ は、主として渦の幾何学的大きさ(例えば B_d/B)に依存するものと考えられるが、図はこのことをよく物語っている。

3. 河床変動に関する数値シミュレーション 流水の連続式、流水のエネルギー方程式、流砂の連続式、流砂量式を用いて、一次元の河床変動解析を行なう。一次元河床変動解析において下流端境界条件は重要である。従来の解析では、エネルギーの設定など曖昧な点が多く、ダム地点で静水圧近似とすることが多い。本研究においてもエネルギー等を定量的に評価するには至っていないので、下流端境界条件として実験値より求めたダム地点のエネルギーを与えた。また、 ξ は実験値を用いた。今回の計算では、下流端におけるスカーホールの長さを1として、この区間においてエネルギーの局所損失を与える。図-6に計算結果を示す。図中の点線は実験値である。両者はほぼ一致しており、下流端境界条件の取り扱いについての妥当性が伺える。次に、この方法を用いて、図-7に示すような給水(Q)・給砂(Q_{Bin})を時間的に変化させた場合の計算を行なった。この図には流出土砂量(Q_{Bout})の計算結果も示してある。下流端境界条件は、ダム天端が十分に厚いものとしてダム地点のエネルギーを $3/2 \cdot hc$ とした。図-8は $0 \leq t \leq 2$ (hour)における河床形状である。下流端境界条件の与え方に問題があるものの、これを改善することにより土砂調節量の評価に関して有効な手法になるとと思われる。

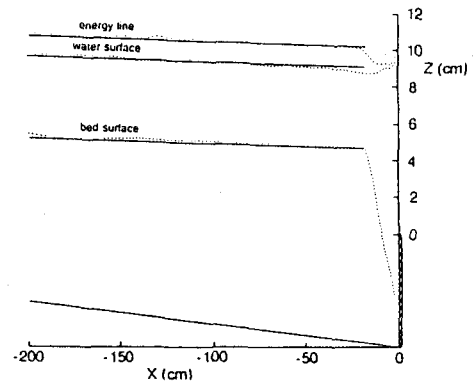


図-6

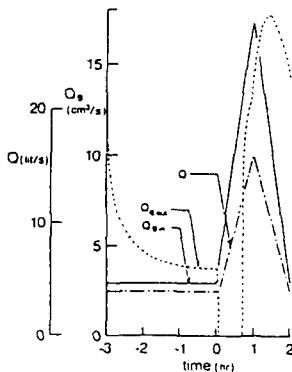


図-7

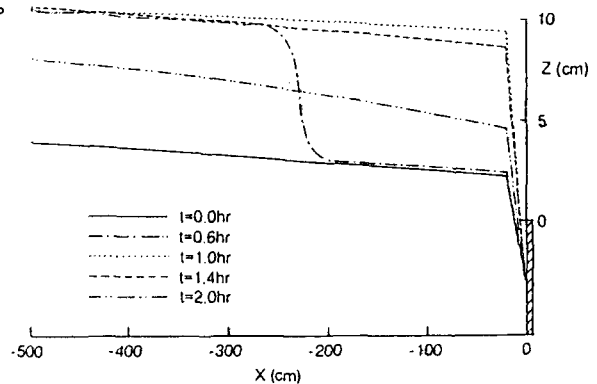


図-8

4. おわりに 砂防ダム地点の境界条件について検討したが、ダム地点におけるエネルギーやダム直上流でのエネルギーロスを一般的に評価するには至っていない。今後、これらについて検討を深めたい。

参考文献 1) 芦田和男・江頭進治・村岡猛・里深好文：砂防ダムの流出土砂調節機能に関する研究，京都大学防災研究所年報，30号，B-2，1987