

II - 101

河床への伏流現象に伴う河道の流量変化に関する現地観測

名城大学理工学部 正員 ○ 原田守博

名古屋大学工学部 正員 高木不折

1. はじめに

わが国の多くの河川では、ダム下流部の減水区間において河道が枯渇状態にあるところが多く、河川環境として種々の問題を生んでいる。近年、水利権更新などに際して貯水池から環境維持流量が放流されてつつあるが、河谷内に厚い堆積層をもつ河川では伏流現象が卓越し、下流では期待されたほど流況が改善されない場合がある。著者らは、こうしたダム下流部の伏流過程について、現象の支配要因を明確にするために種々の理論的解析を行ってきた¹⁾が、解析結果の検証は単純な室内実験と比較したのみで不十分であった。そこで本研究では、実際の山地河川において、伏流に伴う河道流況の場所的変化を現地観測し、筆者らの理論解が実現象に対してどの程度有効であるかを検討しようとしたものである。

2. 伏流過程と河道流況変化の理論解析

本研究の対象とする河川形態は、河谷内に多量の土砂が堆積して、幅広い浸透性河床が形成された山地河川（図-1）であり、ダムあるいは狭窄部を通して流下する河道流量 Q が、河床堆積層への伏流浸透によって減少する過程を考える。とくに、堆積層中の伏流水のポテンシャル分布と河道からの伏流強度 q の場所的変化を、堆積層の透水係数 k と層厚 H_0 および河道から側岸までの河床の幅 w と河谷勾配 I を媒介として議論する。理論展開の詳細は文献¹⁾に記述されているので、ここでは解析結果のみを示すことにすると、河道から堆積層への伏流強度 $q(y)$ および流下距離 L における河道流量 $Q_r(L)$ は次式で表される。

$$q(y) = \frac{2kH_0I \cdot \cos I}{w} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-P_n y}}{P_n} \quad (1)$$

$$\text{ここに、} P_n = \frac{1}{2} \left[-\frac{I}{H_0} + \left\{ \frac{I^2}{H_0^2} + \left(\frac{(2n-1)\pi}{w} \right)^2 \right\}^{1/2} \right]$$

$$Q_r(L) = Q - 2 \int_0^L q(y) dy = Q - \frac{4kH_0I \cdot \cos I}{w} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(1 - e^{-P_n L})}{P_n^2} \quad (2)$$

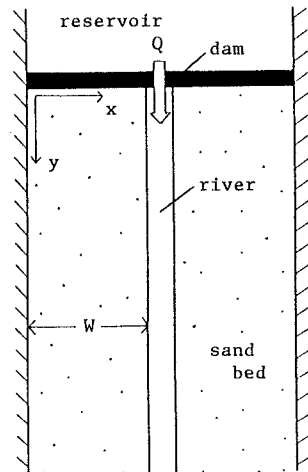


図-1 理論解析における河川形態

3. 山地河川における河道流況の現地観測

河道流量の現地観測は、静岡県の安倍川支流三郷川において1994年3月および7月～9月に行われた。安倍川流域では、フォッサマグナの影響を受けて土砂生産が盛んであり、山間の河谷には膨大な河床堆積物が蓄積されている。今回の調査地域は、図-2に示すように、岩盤の露出した狭窄部を上流端とする流下距離400mの区間である。狭窄部の河谷幅はわずか8m程度であるが、その下流では河谷は50m以上にまで広がり、河床には粗砂を中心とする土砂が堆積しているので、河道からの顕著な伏流現象が予想された。

流量観測は、伏流の影響を評価することが目的であるため、高い観測精度が要求される。そこで今回は、(株)東邦電探製電気流速計CM-1B型（プロペラ径13cm）および三光精密工業(株)製小型プロペラ流速計SV-101型（プロペラ径2.5cm）の2種類の流速計（それぞれ流速計A、Bと呼ぶ）を併用し、測定値の比較検討を行なった。流速の観測地点は、図中にA～Eで示す5箇所であり、各地点において川幅方向に20cm間隔で測線を設け、水深および流速を測定した。

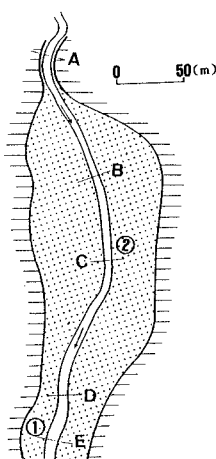


図-2 調査地域の概要

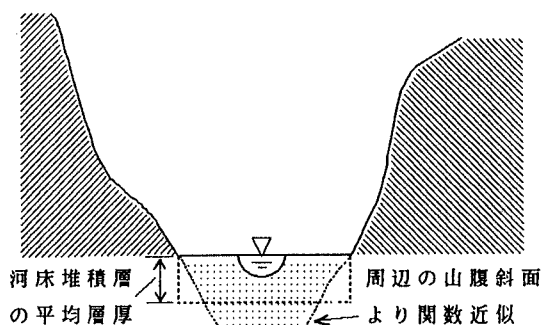


図-3 河谷の断面形状および堆積層厚の推定方法

また、河床堆積層の透水性を知るために、図-2の①～②地点において表層50cmまでの土砂を採取し、堆積物の粒径加積曲線を求めた。また、河床勾配Iなど河川形態を把握するために測量作業を実施した。

河床堆積層の層厚も伏流現象を評価する上で重要な要素である。ここでは、図-3に示すように、河川周辺の山腹斜面勾配から河谷の断面形状を推定する作業を複数の断面において行なった。それをもとに堆積物の全体積を算出し、河床の平面面積で除することで、平均的な堆積層厚 H_0 を求めた。

4. 観測結果および理論解との比較

各計測地点にて得られた河道流量の測定値を流下距離に対してプロットしたものが図-4である。図中の○は流速計A、●はBによるものである。両者の測定値は非常に接近しており、流量観測の精度は十分なレベルにあると考えられよう。

図中の曲線は、伏流過程の理論解(2)式を用いて求めた河道流量の流下方向変化である。式中のパラメータ H_0 およびIは上述の調査から求めた数値を採用している。河床の透水係数 k は、数値の変動幅が大きいため、ここでは理論解が観測値にできるだけ近づくように設定した。現地の河床幅はA地点より下流50m付近から広がり始めることから、図中の理論曲線は原点をその分だけ左へ移動してある。観測値のプロットと理論曲線を比較すると、両者はよく対応しており、理論解の有効性が認められる。

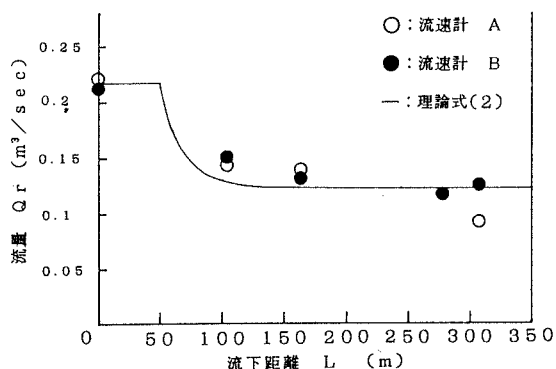


図-4 河道流量の観測値と理論解との比較
(観測日：1994.8.16, 安倍川支流三郷川)

5. 結 論

図-4において、流下距離が短い範囲で理論解と実測流量との間に若干の差異が認められる。この原因は、理論解の対象とする河川が、図-1のように狭窄部から急に河床幅が広がる形態であるため、図-2のような河川形態に対応できていないためと考えられる。この点については、今後、理論が河床幅 w の流下方向に変化する状況にも適用できるよう、理論解を拡張することが必要と考えられる。

参考文献 1) 原田守博：ダム下流部における伏流過程の解析，水工学論文集，第38巻，pp.813-816，1994。