

Ⅱ-11 ダムの背砂に関する研究

京都大学防災研究所 正員 工博 矢野勝正

〃 〃 工博 芦田和男

〃 〃 〇 田中祐一朗

1. はしがき.

貯水池内での堆砂には掃流によるものと浮遊によるものがあり、両者はその残積を全く異にするため、その現象は別個に研究されなければならない。しかし背砂現象(堆砂の上流への溯上)に果す役割は前者の方が大きいと思われるため、ここでは掃流と砂に限定して考えることにする。

堆砂が始まってから、貯水池が上砂で埋め尽されてしまうまでの過程については、昨年の関西支部および今年の土木学会年次学術講演会において、砂堆による河床の不連続性を考慮した力学的解析法を提案した。そこで今回は、満砂後の堆砂の上流への溯上という点に着目して実験を行ない、その実用的解析を試みた。しかしまだ十分な結論を得るに至っていないが、ここにその考え方の一端を報告して大方の御教示を得たい。

2. 実験装置および実験方法.

この種の現象を調べるには長大な実験水路を必要とする。幸い、今度京大防災研究所に長さ150mの長水路が新設されたので、これを用いて実験的にこの現象の性質を調べてみた。この水路の概要は次のようである。

長さ:150m, こう配:0~1/150, 断面:60×60cm, 流量:0~100 l/s, 給砂量:20~2670 g/s

まず、水路を正確に1/300のこう配に設置した後、河床面に約4.5cmの厚さに砂を敷き均した。上流から一定の流量29.3 l/sおよびそれに見合う給砂量41.7 g/sを与え、約8時間通水して河床を自然の状態に落ち着かせた後、上流から130mの位置に河床面上約13cmの堰を設け、これを時間の原点として実験を開始した。

ポイントゲージにて、水位は2時間々隔に測定し、河床は2~4時間々隔に、縦断方向に3m間隔で、横断方向に3点を、砂面を崩さないように注意深く通水を停止した後に測定した。実験に用いた砂は網野産の海岸砂で、その平均粒径は $d_m = 0.26 \text{ mm}$ である。

3. 実験結果とその考察.

実験結果の一例を示したものが図-1である。砂連の発生のため水面は波立つが、これを平均した滑らかな曲線で代用して示してある。この図からも、水面この配の急変点付近に最も多く土砂が堆積し、したがってこの付近の水位の変化が最も顕著であり、時間の経過とともにこうした水面形の中カルミが徐々に消えて

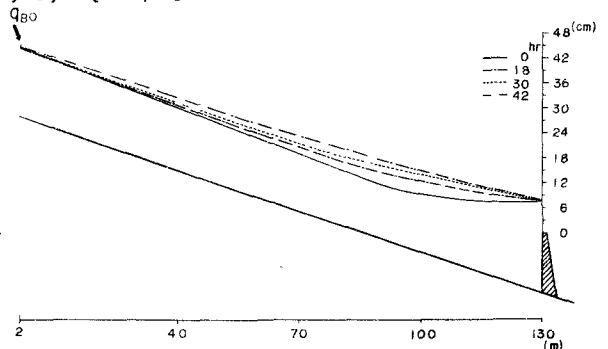


FIG-1. Variation of Water Surface Profile with Time

ついに平衡等流こう配に近づいて行く傾向が認められる。

水の運動方程式および連続式，流砂量式および上砂の連続式ならびに抵抗法則式の五つを連立に解けば，こうした掃流砂による河床変動機構は原理的に説明されるはずである。しかし計算が極めて複雑となるので，何らかの近似的な実用的解析法が要望される。

こうした意味から，上に述べたような現象の性質を参考にして図-2に示すような背砂現象のモデルを想定した。ここで，(1)満砂後のダム地真での河床は変化しない。(2) Δt 時間内では，こう配は一定である。すなわち，河床形状は初期こう配 i_0 および i_n という二本の直線で近似できる。(3)上流からの流砂量とダムを越流する流砂量との差が直線的に堆積し，これが Δt 時間後のこう配を变化させる。という三つの仮定を用いることにする。

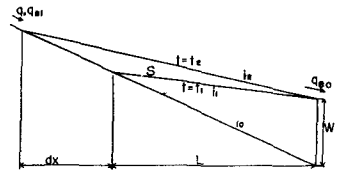


FIG-2 Definition Sketch

以上のような仮定を用いて，図-2のようなモデルを考えると，流砂量式としてBrown型式のものを用い， $m=2$ とすることにより，次のような i_n についての微分方程式が得られる。

$$\frac{1}{2} \left(\frac{W}{i_0 - i_n} \right)^2 \frac{di_n}{dt} = \frac{1}{1-\lambda} \left\{ q_{02} - \alpha \cdot n^{3/2} \cdot g^{3/2} \cdot i_n^{3/2} (n^{3/2} \cdot g^{3/2} \cdot i_n^{3/2} - u_{*c}^2) \right\}$$

この微分方程式は解析的には解くことができないが， g ， q_{02} ， i_0 ， n ， α などが与えられれば，step-by-stepにより数値的に容易に解くことができ，したがって背砂の溯上速度なども知ることができる。

砂運の発生のために河床も水面も凹凸が激しく，こう配の変化量の時間的推移を明確に知ることができない。そこで図-3のように水深の変化を調べてみると，バラツキは激しいが，上流と下流で水深の変化が認められ，この変化量は時間的に上流へ移動している。この量は河床の変曲量と必ずしも一致しないが，こうした水深の変化量の移動も堆砂の溯上によってもたらされると思われ，この移動によって堆砂の溯上の様相を推察し得ると考えられる。図-3では12時間で約15mの移動が認められるが，これは前述のようにして計算した値12mにほぼ近い。このことから前述のようなモデルは定量的にもある程度現象の説明をなし得るものと思われる。

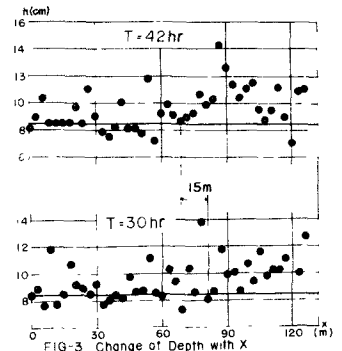


FIG-3 Change of Depth with X

しかし，上流部ではこうした堆砂の溯上の影響が現われる前にわずかながら等流状態のまま河床の上昇が見受けられるが，こうした量は上のモデルからは説明できない。これはダムによる影響によって生ずるのか，又上流の条件の変化によって生ずるのかは現在の所十分に識別し得ない。こうした河床変動の現象は上流の流量，流砂量および，下流のダムなど二つの境界条件によって規定される境界値問題と解すべきであり，実験技術上，上流の条件を一定に保持するのが困難なことから，上流での境界条件の変動をも考慮した考察の中から下流条件による現象の推移の性質を抽出すべきものと思われる。こうした意味において今後とも，実験技術の改良とともに更に考察を進めて行く必要があると思われる。