

II-163

貯水池の排砂に関する河床変動計算について

(株)建設技術研究所  
建設省土木研究所

正員 太田達雄  
正員 高須修二

1. はじめに

現在、貯水池内の土砂を排除する対策工法のひとつとして、貯水位を低下させることによって掃流力を限界掃流力以上に回復させると言った自然の営力を利用する方法が考えられている。そこで、本検討では既応資料を基に排砂操作を考慮した河床変動計算方法について整理を行なうとともに、水位低下時及び排砂時の河床変動について、実験による検証またその精度を均一粒径の掃流砂を対象に検討した。

2. 河床変動計算方法

計算には、1次元河床変動計算(差分法)を用いた。

1) 不等流計算 一般に用いる不等流計算は、常流のみを対象として計算され射流域を便宜的に限界水深で与える場合が多いが、ここで取扱う排砂計算においては、河床変動量が大きくなる射流域の流況を忠実に再現することが計算の精度を上げるうえで重要となる。よって、ここでは常流・射流が混在する区間の不等流計算法<sup>1)</sup>を用いた。

2) 粗度係数 排砂過程における河床は、緩勾配より急勾配河床へと遷移し、その間で流れのFr数また無次元掃流力の増加に伴って河床形態の変動をもたらすが、この河床形態による抵抗の増減を反映し得る移動床流れの相当粗度を把握することが水理量の算定を行なう上で重要となる。本検討では、尾崎・石橋・白砂<sup>2)</sup>により与えられたマンギの粗度係数について実験検証を行ない、緩勾配河床において比較的良好な一致性を示したことから、本計算の目安として設定を行なった。

3) 掃流砂量式 従来、多くの流砂量式が提案されてきたが、移動床における砂礫の運動特性を完全に示すには至っておらず、そのほとんどが緩勾配河床を対象としており、河床勾配が急な場合での掃流砂量式に関する研究は少ない。ここでは、芦田・高橋・水山<sup>3)</sup>による緩勾配平坦河床における掃流砂量式を用いた。

4) 河床変動計算 河床高の擾乱の伝播方向について特性曲線上で表わせば、 $Fr < 1$ で擾乱は下流に伝播し $Fr > 1$ で上流に伝播することが説明され、解の安定性を考慮して差分スキームによって規定される計算上の変動の伝播方向を同様に与える<sup>4)</sup>。しかしながら、この伝播方向を $Fr = 1$ で与えることは、限密に言えば土砂水理学上でこの結論は妥当でないと考えられ、今後の課題とされる。

5) 差分安定条件 河床高の伝播速度の向きについて、 $Fr$ 数1を境にして与えることを示したが、河床変動差分はある区間における計算時間間隔内で、河床の微小擾乱を繰り返し現実と異にした解を与える場合を示す。これは、砂礫の流送と河床形態の変化等複雑な問題と関係しており、差分安定条件として伝播方向を $Fr$ 数により説明される場合があるが、現段階では計算された河床変動に対し、河床の上昇低下により伝播速度の向きを与えた方が良いと考えられる。

- a. 河床上昇の場合  $0 < \Delta t / \Delta x \leq (dx/dt)_z^{-1}$
- b. 河床低下の場合  $0 < \Delta t / \Delta x \leq |(dx/dt)_z|^{-1}$

また、このような差分の擾乱は、常射流の混在した流れにおいて実現象と異なった解を与えることは不自然であり、ここでは制限の1方法として(t)時の河床高により計算される水位に対し(t+1)時の河床変動高を(t)時水深による定数で制限することとし、検証実験検討により、 $\alpha = 1/3 \sim 1/5$ 程度で比較的良好な結果を得た。

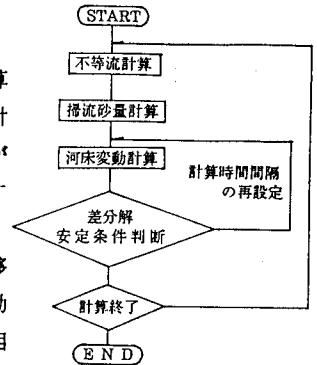


図-1 計算の手順

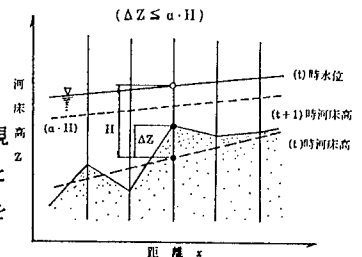


図-2 河床変動高の制限

3. 排砂実験

実験は、 $B=0.5m, L=20m$ , 水路勾配 $1/200$ の直線水路に対し、上流に量水槽及び整流池また下流に沈砂池及び低水槽を接続し、排砂門より $1/10$ 河床勾配に堆積層厚 $15cm$ 程度のデルタ肩を設け、これより上流へ $1/100$ の河床勾配で均一砂を敷きつめ( $l=14m$ )、一定給水無給砂にて排砂実験を行なっている。実験ケースは、排砂門を設ける場合と設けない場合の2ケースで行ない、計算時における下流水位設定は、測定結果を考慮して平均水位で与えている。

流砂は、ほぼ全幅一様な流れを示し、遷移断面を徐々に上流に進行させながら安定な平坦河床を形成している。排砂量は、初期に多く時間の経過とともに減少し、また河床勾配は下流より上流へ向い漸次緩勾配となり、最終的にはほぼ動的平衡河床勾配を形成している。図-3に河床変動図を示すが、実験値と計算値は比較的良く一致している。

4. 下流水位低下実験

本実験は、貯水池水位低下時の河床変動について検討を行なったもので、先の排砂実験水路下流 $5m$ 間を改造し、下流に排砂門及び水位調節ゲートを設置し、水位低下量約 $50cm$ またデルタ肩の移動観察可能な模型としている。実験砂は均一砂とし、排砂門上流 $2.5m$ の位置に安息角 $32^\circ$ でデルタ肩を設け、これより上流に $1/100$ の河床勾配で砂を敷きつめ、一定給水無給砂一定量の水位低下速度により実験を行ない、流砂の排砂門到達時点を実験終了とした。

水位低下に伴うデルタ肩の進行は、水位低下に追従しデルタ肩における流水の跳水現象により噴流拡散状に流砂を下流部に堆砂させ、安息角を形成しながら前進を行なう。上流部の河床変動は、デルタ肩の進行低下に伴ない遷移断面を徐々に上流へ進行させるとともに、遷移区間で反砂堆または遷移河床を形成し、その上下流ではほぼ平坦河床を示している。河床勾配については、水位低下速度が大きいほど急勾配河床を形成しており、このことはデルタの進行低下速度に比べて河床高擾乱の伝播速度が遅い影響によっている。図-4に河床変動図を示すが、実験値と計算値は比較的一致している。

なお、排砂操作に対しては、貯水位を速みやかに下げることが排砂対象河床勾配を急とし、有効な排砂効果を生むとともに円滑な排砂操作が可能であることが想定される。

(参考文献) 1)石川・林:常流・射流が混在する区間の不等流計算法、土木技術資料、25-3 2)尾崎・石橋・白砂:移移床流れの抵抗則に関する研究、土木学会論文報告集、No.342 3)芦田・高橋・水山:山地河川の掃流砂量に関する研究、新砂防、No.107 4)黒木・岸・清水:河床変動の数値計算法に関する研究、第17回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集

ケース	排砂門設置	水路幅	平均粒径	流量	排砂時間
CASE-1	無	0.50(0.50)m	1.265mm	3.99ℓ/s	60分
CASE-2	有	0.50(0.15)	1.265	3.95	60

表-1 実験ケース

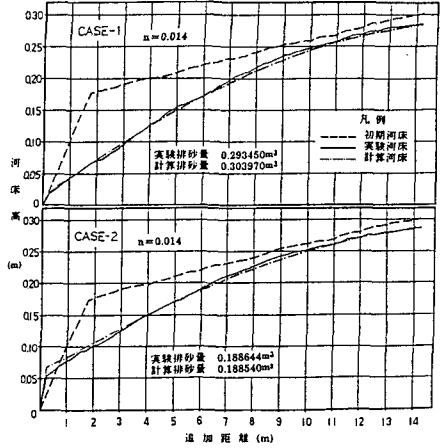


図-3 河床変動図

ケース	水路幅	平均粒径	流量	水位低下速度	水位低下幅	実験時間
CASE-1	0.5m	1.2mm	8ℓ/s	1cm/分	$h=80-34cm$	48分
CASE-2	0.5	1.2	8	3	$h=80-26.5$	17分50秒
CASE-3	0.5	1.2	8	5	$h=80-25$	11分

表-2 実験ケース

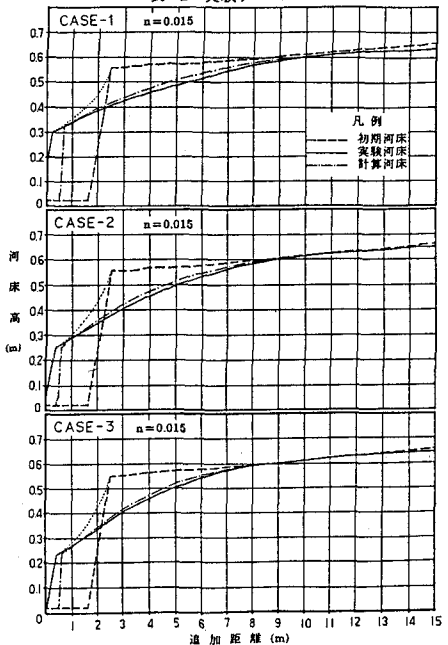


図-4 河床変動図