

東北大学大学院 学生員 張 旭紅
 鹿島建設 正員 田村廣文
 東北大学工学部 正員 首藤伸夫

1. はじめに 北上川四十四回ダム貯水池末端部の船田橋—岩櫃橋の間は、通常水位時は水深の深い貯水池となり、洪水期制限水位時には河川となる区間である。通常水位期にそこに堆積した底泥は、水位が下がると、洗掘され再浮上して流下する。この再浮上分の故に、流入の濁度より、放出水の濁度の方が大きい事もある。ダム貯水池も通過する流れの濁度変化を推定する上で、この洗掘再浮上の機構を解明することは極めて重要である。本研究では、濁度実測値と底泥の物理的諸性質を用い、粘性底泥の再洗掘過程を推定する。

2. 堆積土の物理的諸性質

(i) 限界掃流力: 砂粒子と異なり、粘性底泥では一粒子に働く力のバランスから限界掃流力を論ずることができない。コーン支持力を底泥強度として採用し、これと水理実験による限界掃流力の関係を求めると、図-1の通りであった。不攪乱試料は制限水位時に露出する高水敷部分のものであるため、強度が大きい。このため、軟いものは、攪乱試料とならざるを得なかった。図中黒丸がそれである。不攪乱試料にはバラツキが多いが、低強度から高強度まで、 q_c と τ_c とには一定の関係があるとみなしても良いであろう。

(ii) コーン試験結果と含水比: 粘性底泥の強度は、その物理的・化学的性質によって支配されるが、ここでは、含水比との関係をとりあげてみる。低含水比の方が明らかに強度が大きいことが図-2より明らかである。

(iii) 掃流力と洗掘率: 実験室内で現地試料を水中で攪拌沈澱させて作成した含水比の大きい堆積土については

$$P_m = C (\tau_f / \tau_c - 1) \quad (1)$$

の関係があることが知られている。ただし、実験室内で作成したものの堆積厚は最大で7cm程度で、現地河床のものに比べ、極めて薄い。また、実験室では $\tau_c = 0.3$ g/cm² 程度で、現地では、これより大きい掃流力が常に働いている。

3. 現地観測 水位を低下させて行く時期に1時間おきの採水を実施した。水深の深い場合には、水深方向にも数箇所採水を行ない、断面平均値を求めた。その結果が図-3、図-4である。出水がない限り、船田橋での濁度は安定している。水位が低下す

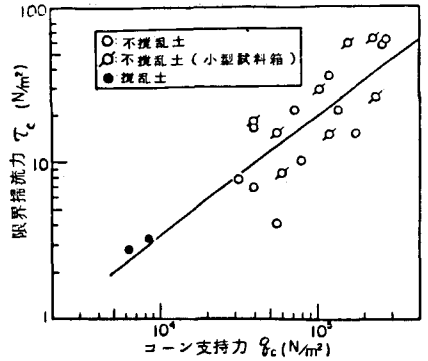


図-1 不攪乱試料の洗掘限界掃流力とコーン支持力

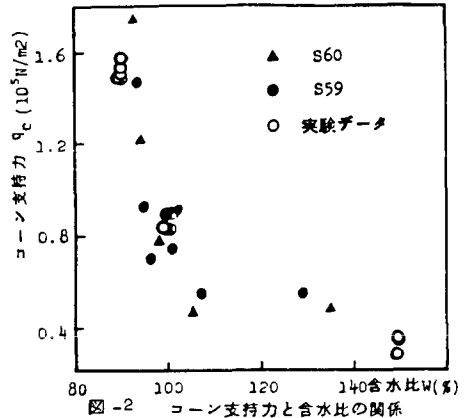


図-2 コーン支持力と含水比の関係

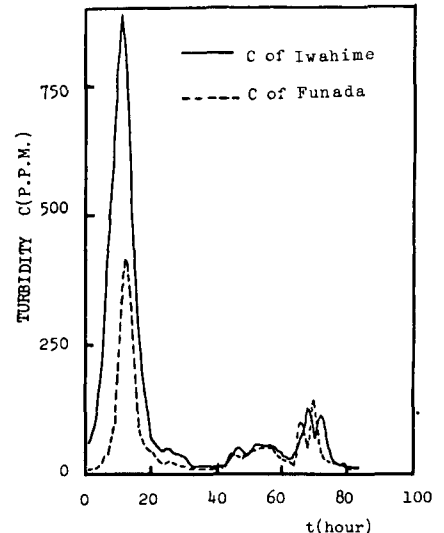


図-3 86年 濁度の時間変化

ると、低水路部の底泥が洗掘再浮上されるため、岩楯橋の濁度が増加する。出水のため、船田橋での濁度より、下流である岩楯橋の濁度が大きく存る事例には、図-1の第一の出水がある。船田橋で最高417PPMであるのに対し、岩楯橋では、約半時間前には930PPMの濁度となり、大量の洗掘が生じた事を物語っている。第二、第三の出水はあまり日をおかずに発生し、その大きさは第一のものにくらべて小さい。そのため、新たな洗掘再浮上は生ぜず、流入濁度と流出濁度は同程度となっている。

4. 出水時前期の限界掃流力と洗掘率

実測値を使って、限界掃断力、洗掘率の推定を試みる。

まず、掃流力 τ_c については、船田橋、岩楯橋間(距離8km)では等流であると仮定し、船田地点での実測水位に対する径深を使用して算出する。

積分球式濁度計で計測した濁度 C (PPM)と $S.S$ (mg/l)の関係は別に求められて居り、 $S.S = 26C$ でおたえられるから、或る時間帯に両地点間で生産された濁度物質の総量を求める。これを両地点間の河床底面積で除すれば、単位時間、単位面積あたりの洗掘量 P_m (kg/m^2s)を計算できる。こうして得た P_m と τ_c とは図-5に示すように、出水前期は直線的に増加し、ピークをすぎると直線ではなくなり、ループを描く。

出水前期に対して、実験室で得られた(1)式の形の関係が成立するとしても良い。傾きと切片から C 、 τ_c が求められる。この時の τ_c を τ_0 とする、結果は表-1で示す。

5. 深さ方向の強度分布:

或る時刻の P_m は、或る深さ z の所で τ_c だけ洗掘されたために生じている。水中であるから飽和度100%とすると、含氷比の小さい程、同じ z に含まれる粘土の量は大きい。実験室内の結果から、 $w = \omega_0 e^{-Az}$ の形で深さ方向の含氷比が表現できることが判っている。

所で、ある深さの w が決定されたとしても、図-2の関係から対応する τ_c 、ついで図-1の関係から対応する τ_c が与えられる。この τ_c は式(1)の τ_c と一致をすればならない。結局、試行錯誤で w 、 A を変えて計算を繰返し、物理的性質と矛盾の少ないものを探せば良い。こうして深さ方向の底泥の強度分布をうることができ、その結果を図-6、7に示す。昭和59年、 τ_0 の値はほぼ同じであるが、それに対応する堆積厚さや対応する C には差があり、問題が残されている。

6. 結論 実測値から、物理的諸性質に矛盾の少ない様に考えて粘性底泥の限界掃流力 τ_c その深さ方向分布、粘性底泥の洗掘率を定めた。 τ_c は実験室内で沈殿堆積させしめて作成した土のより30倍程度大きい値となった。

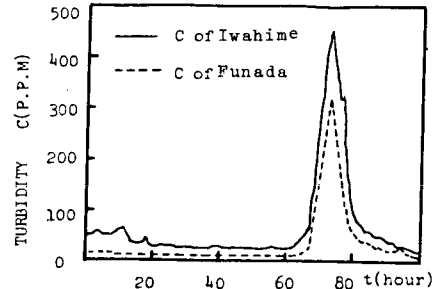


図-4 1979年 濁度の時間変化

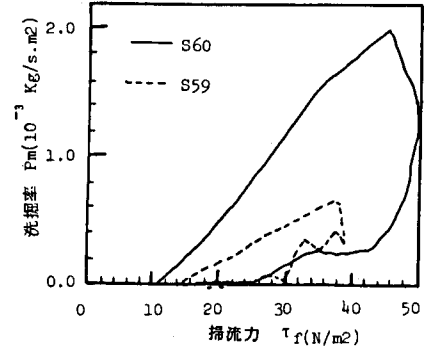


図-5 1979年と1960年の洗掘率の比較

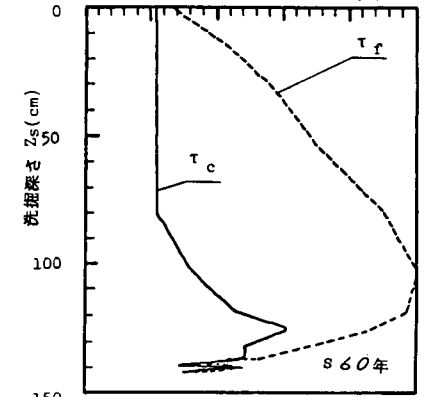


図-6 掃流力、限界掃流力と洗掘深

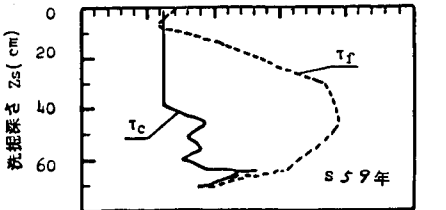


図-7 掃流力、限界掃流力と洗掘深
表1 掃流力と洗掘率の相関結果

year	C(kg/sm ³)	τ_0 (N/m ²)	相関係数
S59	3.08×10^{-4}	12.47	0.986
S60	9.22×10^{-4}	11.05	0.997