

床固めの水理機能に関する研究

出雲市役所 正員 〇香川 章
鳥取大学工学部 正員 鈴木 幸一
鳥取大学工学部 正員 道上 正規

1. はじめに ダム建設などにより、上流からの供給土砂が減少した場合に、河床低下の軽減および河床勾配の緩和を目的とした河川を横断して設置する床固めに関して、設置しない場合と比較し、その有効性を局所範囲をも含めて検討したものである。

2. 床固め上下流部の河床変動 床固めをその天端と現河床高と一致させて移動床水路中央に設置し、上流からの土砂の供給を停止して通水した場合の水面形状および河床形状の時間的变化の一例を示したものが、図-1である。これより明らかに、床固め上で射流が生じるまじは、床固め上下流と水位は連続的であり、河床低下量も連続的である。しかしながら、床固め上で射流が生じると、床固め上流で水面、河床とも不連続となる。すなわち、床固め上流側では、河床低下が緩慢になり、河床高が維持されるのに対し、床固め下流側では上流からの流入土砂が減少するため河床低下は促進され、静的平衡状態に漸進している。また、図-2および図-3は、昨年度一部発表したように、拡散型の河床変動式²⁾

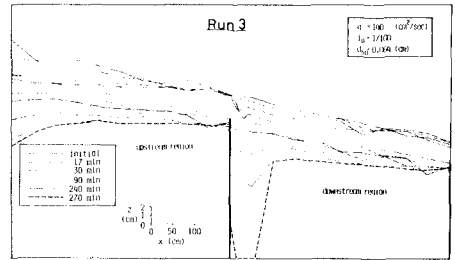


図-1 河床および水面形状の時間的变化

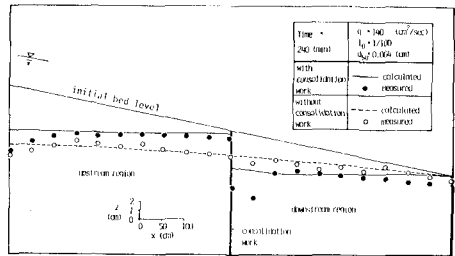


図-2 河床形状の理論値と実験値との比較

$$\frac{\partial z}{\partial t} = K \cdot \frac{\partial^2 z}{\partial x^2}, \quad K = \frac{21}{20} \cdot \frac{1}{1-\lambda} \cdot \varphi(n) \cdot F(\tau) \cdot \frac{\delta}{SA} \quad (1)$$

z: 河床高, t: 時間, x: 流下距離, λ: 砂の空隙率
P: 水の密度, S = γp - 1, φ(n): 粗度の関数, F(τ): τの関数, τ: 掃流力, τ_c: 限界掃流力, δ: 単位幅流量
A: 流速係数

を、境界条件および初期条件として、次に示す1)~5)仮定を与えて解析したものである。1)水路下流端では、河床低下は生じない。2)床固め上で限界水深が生じるまでは、床固め上下流の水位は連続的であり、河床高も連続的である。3)床固め上で限界水深が生じると、床固め上で水位は保たれるので、床固め直上流部での河床低下はほぼ停止する。4)上流から給砂のないダム直下流部での河床勾配は、砂の限界掃流勾配に等しい。5)床固め上で射流が生じた後の床固め直下流部の河床勾配は、床固めの上流部からの流入土砂量を掃流するのに必要な勾配となる。これらの図において、式(1)による解析結果は、上流端における深掘れおよび床固めの直下流部における局所洗掘を除き、実測結果とかなりの一致がみられる。また、床固め上で限界水深が生じるような水理量の下であれば、床固めを設置した場合は床固めを設置しない場合に対して、床固め上流部の河床低下阻止機能は十分に働いていると言える。

3. 床固め直下流部の局所洗掘 本実験においては、全体的な河床低下に加えて、床固め直下流部に局所洗掘が生じているが、その洗掘過程は、洗掘機構の違いにより、初期、中期、後期と概略的に大別できる。以下、そ

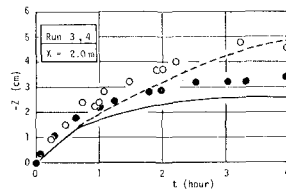


図-3 河床低下の時間的变化

の過程の特性を定性的に述べる。i)初期洗掘過程：床固め上で流れが射流となって、もぐり噴流に移行するまでのものであり写真-1に示すように、ほぼ河床面に沿う流れによく洗掘される過程である。ii)中期洗掘過程：初期洗掘の進行に伴って、床固め上で射流が生ずるようになり、床固めを通過した流れは下向きに弯曲し、浪状跳水を起すが、その後、写真-2に示すように流れはもぐり噴流に移行し、深さ方向の洗掘が卓越する過程である。また、この過程においては、洗掘泉もそれほどよくない時に起こり、噴流の主流水脈もあまり拡散されずに掃流力も強いので、急激な洗掘を起こすとともに、洗掘した砂を下流へ流送する働きもしている。iii)後期洗掘過程：中期洗掘の進行に伴って、洗掘孔下流側斜面の傾斜が増大するとともに、主流水脈も拡散し洗掘した砂を下流へ流送する能力も弱まるため、洗掘孔下流側に砂堆部が生じ通水を阻害するようになる。通水を阻害されると、流れはもぐり噴流から再び浪状跳水へ急変し、埋め戻しが始まる。その後は、写真-3および写真-4に示すように、洗掘と埋め戻しを交互に繰り返すようになる。一般に、浪状跳水からもぐり噴流に急変する時は、洗掘孔内に生ずる強いローワーによる渦形成された埋め戻し部先端が、洗掘孔上流側斜面に接続する時であり、逆にもぐり噴流から浪状跳水に急変するのは、洗掘された砂は下流部に堆積するが、その砂堆部が洗掘孔へ崩落するのと同時に起こることが観察された。また、一般に洗掘は一方向的に進行するが、例外的に一方の側壁の付近に噴流が起こり、これが反対側に移行したり、水路半分では洗掘、残り半分では埋め戻しといった二つの現象の共存も観察された。以上、定性的に洗掘特性を説明したが、解析に関しては、青藤³⁾による水門下流部における局所洗掘の解析と同様、次に示す非平衡な流砂関数を用いることによって解析が可能である。

$$\frac{\partial z(x,t)}{\partial t} = \frac{1}{1-\lambda} \cdot \frac{1}{L} \left\{ z_{00}(x) - \int_0^x z_0(x-\xi) \cdot \frac{1}{L} \exp\left(-\frac{\xi}{L}\right) d\xi \right\} \quad (2)$$

z: 河床高, x: 流下距離, t: 時間, λ: 空疎率

L: 平均的step length, z_{00} : 平衡状態の流砂量,

ξ: 地点xにdepositする砂粒子のstep length

しかしながら、流れのモデル化が未だ不十分なため、今回は、床固め直下流部における局所洗掘に対して定性的な説明のみにとどめ、解析結果は次の機会に発表することにする。

(参考文献) 1) 奥田・鈴木・道上: 土木学会中国四国支部年講(1979). 2) 道上正規: 京都大学学位論文, 1971, pp.121-128. 3) 青藤隆: 土木学会論文報告集, 第282号, 1979-2.

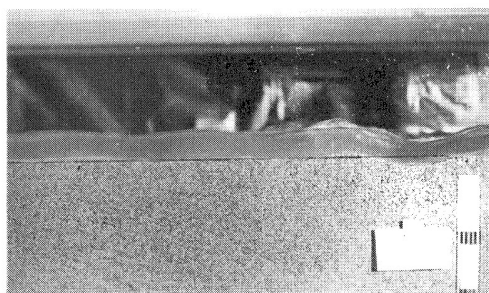


写真-1 初期洗掘過程

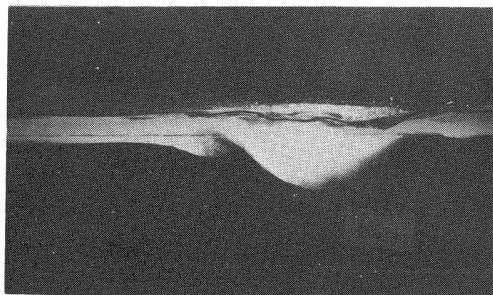


写真-2 中期洗掘過程

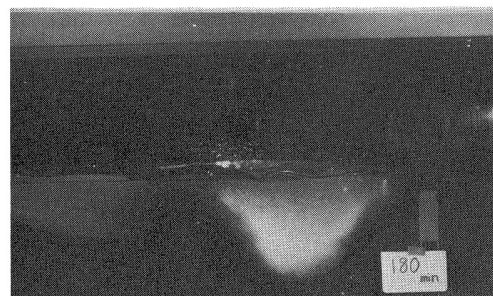


写真-3 後期洗掘過程 (洗掘)

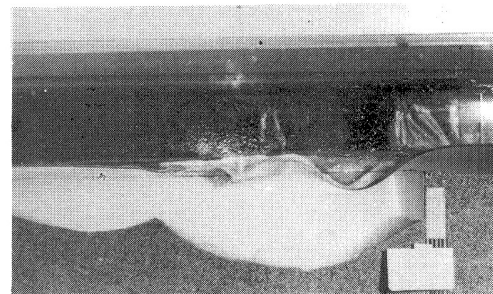


写真-4 後期洗掘過程 (埋めもどし)