

床固め下流部における局所洗掘について

鳥取大学 工学部 正員 道上 正規

鳥取大学 工学部 正員 鈴木 幸一

鹿島建設(株) 正員 宇佐美栄治

1. はじめに 河床低下河川においては、河床低下の防止 軽減の目的で河川を横断して床固めを設置することが多いが、全体的な河床低下に加えてその直下流部の著しい局所洗掘のために、床固め基礎の安全性が脅かされている事例も少なくない。本研究はこのような床固め下流部の局所洗掘現象をとりあげ、その洗掘特性を実験的に明らかにしようとするものである。

2. 実験の概要 実験水路に床固めを設置し、その下流部の洗掘形状の時間的変化特性を自動測深器により記録する移動床実験と、洗掘形状をニス固めし、ピトー管と差圧計を用いて流速分布を測定する固定床実験を行なった。

3. 洗掘過程の分類 床固め下流部の局所洗掘過程は、洗掘機構の違いによって、前期と後期に概略的に大別できる。

①前期洗掘過程: 通水初期より潜り噴流による急激な洗掘が起こるまでの洗掘過程で、図-1にこの過程の流速を示している。

流れは河床にはほぼ沿って流れ、床固め上で剥離した拡散した水脈が河床に再接触し、洗掘は深さ方向にはあまり卓越せず、流下方向に洗掘孔がより大きく発達する。

②後期洗掘過程: 前期洗掘が進行すると、流れは、図-2に示すような潜り噴流に急変し水脈はあまり

拡散せず、深さ方向に卓越した急激な洗掘を起こす。洗掘孔下流には砂堆が形成され、洗掘の進行によりこの砂堆が大きくなり、洗掘孔下流側斜面勾配が水中安息角程度になると、流れは潜り噴流から、上向き

の波状跳水に変化する。この時、水面付近と流れる主流の下に形成されるローラーによって洗掘孔の埋め戻しが行われ、図-3に示すような流速となる。

埋め戻しが徐々に進行し砂堆が消え、洗掘孔がなめらかな形状となると、流れは再び潜り噴流となり、以後、急激な洗掘と埋め戻しを繰り返す。このような洗掘過程を後期洗掘過程と名付ける。

4. 流速分布特性 ①前期洗掘過程: 図-4(a)、(b)は、前期洗掘過程における流速分布を各断面の水深 h と、各断面の最大流速 U_{max} を用いて無次元化して表わしたものである。

床固め上では河床付近に最大流速をもつ流速分布形であるが、洗掘孔内では水面近くに最大流速が移動し、河床に再接触する部分の水脈の流速はかなり小さくなっている。

②後期洗掘過程 図-5は潜り噴流時における無次元流速分布を示したもので、前期洗掘過程の流速分布と異なり、断面の最大流速はかなり河床に近い点に現われる。

また、洗掘孔内の水面付近では潜り込んだ水脈上にローラーが形成されるため、逆流が測定されている。図-6は埋め戻し過程における無次元流速分布を示したもので、各断面における最大流速は水面近くに現われ、主流はこの部分を流れていることがわかる。

また、洗掘孔内では主流水脈の下

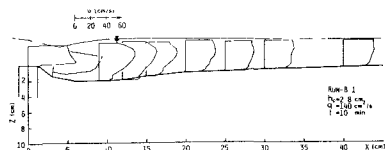


図-1 前期洗掘過程

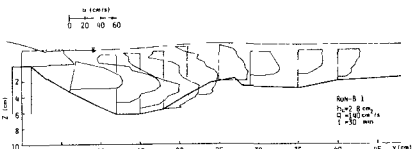


図-2 後期洗掘過程 (潜り噴流)

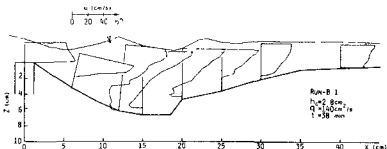


図-3 後期洗掘過程 (埋め戻し)

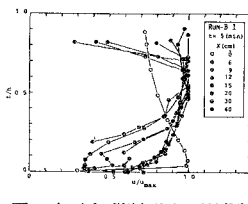


図-4 (a) 流速分布 (前期)

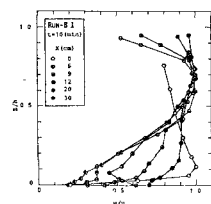


図-4 (b) 流速分布 (前期)

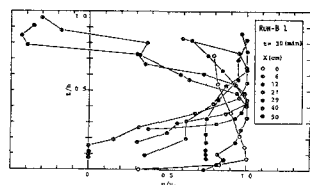


図-5 流速分布 (もぐり噴流)

にローラーが形成され、ローラーによる逆送部の最大流速は主流の最大流速の0.2~0.3倍程度にも達している。

5. 洗掘形状 水平噴流による洗掘などではある基準長をとって無次元化した洗掘孔形状は、時間的に相似性を保つことが指摘されている。図-7(a),(b)は、最大洗掘深 Z_{sm} を用いて無次元化した洗掘形状を示したもので、床面め下流部の局所洗掘においてもかなりの相似性を保ちつつ洗掘が進行することがわかる。しかし、通水開始後30分 ($t=30\text{min}$) までの形状と、 $t=60\text{min}$ 以後の形状が明らかに異なっている。これは、潜り噴流による深掘れが Z_{sm} を大きくするために、無次元洗掘形状が前期と後期で異なったものになることを表わしている。図-8は、最大洗掘点の床面めからの距離 L_1 の時間的な変化を、無次元表示したもので、 L_1 は前期洗掘過程では時間とともに増加するが、あるピークに達すると減少と増加をくりかえすようになる。これは、 L_1 のピーク付近で後期洗掘に移行し、潜り噴流に続く埋め戻しによって最大洗掘点が床面めに近づくため L_1 が減少することを表わしている。図-9は、最大洗掘深 Z_{sm} の時間的な変化を限界水深 h_c と重力加速度 g を用いて無次元化して表わしたものである。この図に示されるように、通水初期のデータを除けば、間歇的な洗掘によるデータも含めて、両対数グラフ上でこれらのデータは直線関係となり、パラメータ間に関係が得られる。

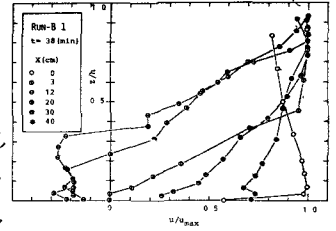


図-6 流速分布 (埋めもどし)

図-7(a)は、最大洗掘深 Z_{sm} を用いて無次元化した洗掘形状を示したもので、床面め下流部の局所洗掘においてもかなりの相似性を保ちつつ洗掘が進行することがわかる。しかし、通水開始後30分 ($t=30\text{min}$) までの形状と、 $t=60\text{min}$ 以後の形状が明らかに異なっている。これは、潜り噴流による深掘れが Z_{sm} を大きくするために、無次元洗掘形状が前期と後期で異なったものになることを表わしている。図-8は、最大洗掘点の床面めからの距離 L_1 の時間的な変化を、無次元表示したもので、 L_1 は前期洗掘過程では時間とともに増加するが、あるピークに達すると減少と増加をくりかえすようになる。これは、 L_1 のピーク付近で後期洗掘に移行し、潜り噴流に続く埋め戻しによって最大洗掘点が床面めに近づくため L_1 が減少することを表わしている。図-9は、最大洗掘深 Z_{sm} の時間的な変化を限界水深 h_c と重力加速度 g を用いて無次元化して表わしたものである。この図に示されるように、通水初期のデータを除けば、間歇的な洗掘によるデータも含めて、両対数グラフ上でこれらのデータは直線関係となり、パラメータ間に関係が得られる。

$$\frac{Z_{sm}}{h_c} = \alpha_1 \left(\sqrt{\frac{g}{h_c}} t \right)^{1/3} \quad \dots (1)$$

ここに、 α_1 : 比例定数 (≈ 0.043)

ただし、比例定数 α_1 は、実験条件によって若干変化するようである。また、図-8における L_1 のピークが、前期洗掘過程から後期洗掘過程への移行の限界と与えると考えると、この L_1 のピークに対応する (Z_{sm}/h_c) は図-9より、

$$\frac{Z_{sm}}{h_c} \approx 1.8 \quad (2)$$

が得られ、最大洗掘深が、限界水深の1.8倍程度になれば潜り噴流が発生することが考えられる。

6 おわりに 以上のように、床面め下流部における局所洗掘現象について実験を行ない、洗掘孔内部の流況を明らかにするとともに、洗掘形状等についての知見を得た。現在、これらの実験事実に基づき流況をモデル化し、非平衡状態の洗砂関数を導入することによって、解析的な考察を行なうことを試みており、次の機会に発表することにする。

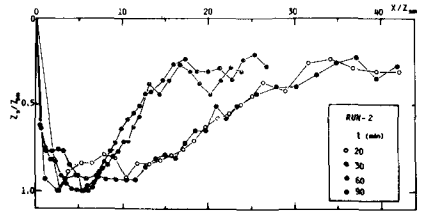


図-7 (a) 無次元洗掘形状

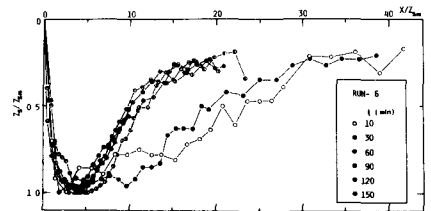


図-7 (b) 無次元洗掘形状

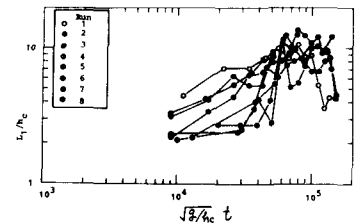


図-8 L_1 の時間的な変化

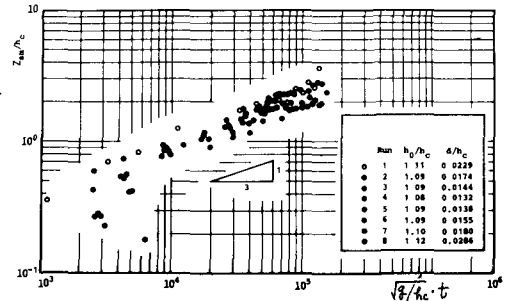


図-9 最大洗掘深の時間的な変化

(参考文献) 1) 鈴木, 道上, 香川: 第35回土木学会年次講演会 (1980)

2) 斎藤 隆: 土木学会論文報告集, 第282号 (1972-2)