

鳥取大学 大学院 学生員 ○ 川津 幸治
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

1. はじめに

河床低下河川では、河床低下の防止・軽減のため河川を横断した床固め工が設置されることがあるが、その機能を発揮するには床固め自体が安定している必要がある。しかし、移動床の上に建設を命ぜりなされる河川構造物については、その周辺河床の局所洗掘の問題は避け難く、床固めに関してもその基礎の安全性が脅かされている事例も少なくない。本研究では、床固め直下流部の局

所洗掘現象の内部機構を明らかにし洗掘過程のモデル解析を進める上で必要な洗掘形状あるいは洗掘孔内の流況特性が実験によってある程度明らかになったのでここに報告する。

2. 洗掘過程の概要

図-2は限界水深 h_c で無次元化した最大洗掘深 z_{sm} の時間 t による変化を対数グラフ上に示したもので、 z_{sm} は各実験ごとに相違はあるが、ほぼ $\sqrt{\frac{g}{h_c}} t \approx 3 \times 10^4$ 程度までは徐々に洗掘進行速度は小さくなるものの単調に増加する。しかし、それ以降の z_{sm} は増加と減少を繰り返しながら、つねに洗掘と埋め戻しを繰り返しながら全体的には徐々に大きくなっていくことがわかる。このように、洗掘深が単調に増加して洗掘が進行する状態と、埋め戻しと洗掘の繰り返しが続く状態では洗掘機構が明らかに異なっており、前者を前期洗掘過程、後者を後期洗掘過程と呼び、さらに後期洗掘過程は潜り噴流による洗掘過程と埋め戻し過程とを付ける。なお、最大洗掘深については、図-2から通水初期のデータを除けば、後期の間歇的な洗掘現象をも含めて、巨視的には、

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

の関係が認められる。ここに、 α は比例定数でここでは $\alpha \approx 0.043$ であるが、主に砂粒径の大きさによって変化すると考えられる。

3. 洗掘孔形状特性

図-3は、最大洗掘深 z_{sm} で無次元化した洗掘孔形状の一例を示しているが、他の実験ケースでもほぼ同じ特性を示していた。なお、 x は床固め下流端を起点とする流下方向距離である。この場合、 $t \approx 40$ 分に後期洗掘過程に移行したが、巨視的には、前・後期それぞれ異なった形状ではあるが洗掘孔は時間的にいかなる相似性を保っていることが認められる。すなわち、前期洗掘過程における洗掘形状は流下方向に卓越し、

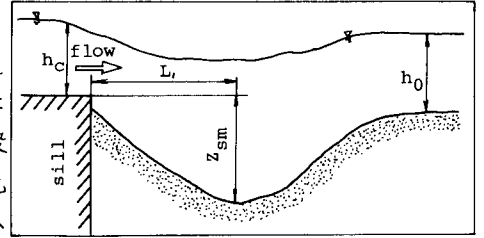


図-1 記号図

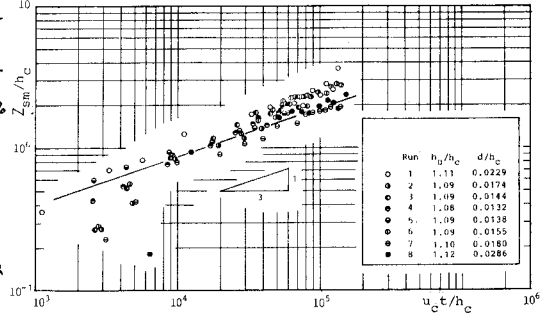


図-2 最大洗掘深の時間的変化

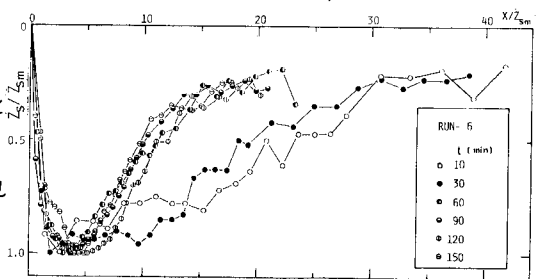


図-3 洗掘形状の無次元表示

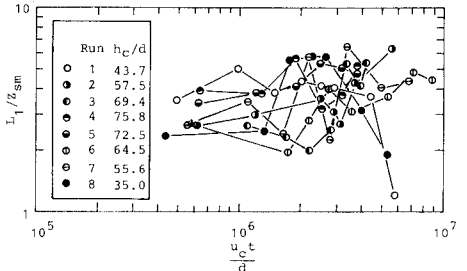


図-4 最大洗掘深の水平位置の時間的変化

後期洗掘過程においては、潜り噴流によって鉛直方向の洗掘が卓越している。ただし、前後期過程を通して最大洗掘深 z_{sm} の生じる位置は図-4からもわかるように、 z_{sm} の2~6倍程度で時間的には一定している。

4. 洗掘孔内の流況および流速分布

図-5は、各洗掘過程における流速分布の状況の一例を示したものである。また、図-6は図-5の各断面における最大流速で無次元化した流速分布である。これらの図から、前期洗掘過程においては、主流は床面め下流端で剥離し、下流(図の例では $x \approx 20$ cm)で再接触するが、水脈はほぼ水平に近い。また、床面めと再接触点間の河床近くには弱い逆流域が形成される。最大流速は水面近くにあるが、再接触点よりやや下流では河床近くの流速が比較的大きくなっている。後期洗掘過程の潜り噴流時には、主流水脈は洗掘孔河床に沿って流れており河床に大きな掃荡力を加えていることがわかる。潜り噴流になった主流水脈上にローラーが発生し、水面では逆流となっている。ローラーの中心の高さはほぼ最大洗掘深の1/2程度となっており、ローラーとなっている部分の流量は $x=15$ cmの流速分布から推定すると35~40 cm/secとなり、上流からの流量の約1/4程度に達している。また、この主流水脈は洗掘孔内に砂堆も形成し、その頂部付近で剥離しそのやや下流で河床に再接触している。砂堆と剥離するまでは、最大流速は河床に近いところにあることが認められる。一方、後期洗掘過程の埋め戻し時には、主流水脈は再び水面付近にあり、洗掘孔底部にローラーができ、洗掘孔内の一部ではかなり強い逆流が生じている。図-7は、各断面の最大流速 U_{max} を限界水深 h_c で無次元表示したものである。各断面の最大流速は床面め直下流部で最大となり、 $x/h_c \approx 7 \sim 9$ の位置で再び増加した後さらに減少しその後はほぼ一定となるようである。各洗掘過程で河床形状あるいは流況が著しく異なるけれども、最大流速の流下方向分布特性にはあまり差異はないようである。

図-5は、各洗掘過程における流速分布の状況の一例を示したものである。また、図-6は図-5の各断面における最大流速で無次元化した流速分布である。これらの図から、前期洗掘過程においては、主流は床面め下流端で剥離し、下流(図の例では $x \approx 20$ cm)で再接触するが、水脈はほぼ水平に近い。また、床面めと再接触点間の河床近くには弱い逆流域が形成される。最大流速は水面近くにあるが、再接触点よりやや下流では河床近くの流速が比較的大きくなっている。後期洗掘過程の潜り噴流時には、主流水脈は洗掘孔河床に沿って流れており河床に大きな掃荡力を加えていることがわかる。潜り噴流になった主流水脈上にローラーが発生し、水面では逆流となっている。ローラーの中心の高さはほぼ最大洗掘深の1/2程度となっており、ローラーとなっている部分の流量は $x=15$ cmの流速分布から推定すると35~40 cm/secとなり、上流からの流量の約1/4程度に達している。また、この主流水脈は洗掘孔内に砂堆も形成し、その頂部付近で剥離しそのやや下流で河床に再接触している。砂堆と剥離するまでは、最大流速は河床に近いところにあることが認められる。一方、後期洗掘過程の埋め戻し時には、主流水脈は再び水面付近にあり、洗掘孔底部にローラーができ、洗掘孔内の一部ではかなり強い逆流が生じている。図-7は、各断面の最大流速 U_{max} を限界水深 h_c で無次元表示したものである。各断面の最大流速は床面め直下流部で最大となり、 $x/h_c \approx 7 \sim 9$ の位置で再び増加した後さらに減少しその後はほぼ一定となるようである。各洗掘過程で河床形状あるいは流況が著しく異なるけれども、最大流速の流下方向分布特性にはあまり差異はないようである。

5. 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れをモデル化し、非平衡状態の流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。

(参考文献) (1) 青藤 隆: 土木学会論文報告集 1979.2

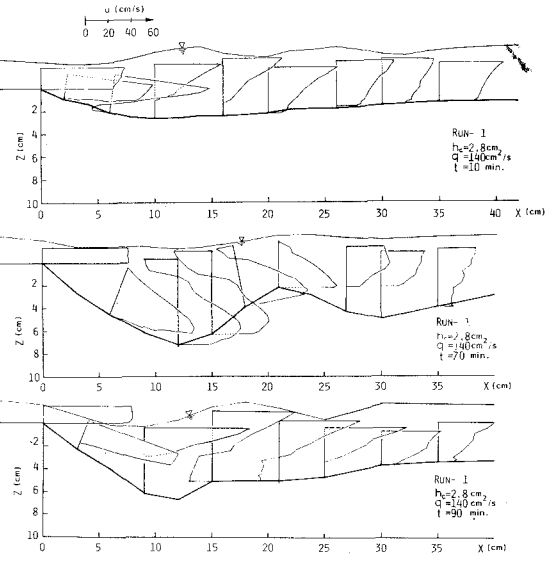


図-5 前期、潜り噴流、埋め戻し過程の流速分布

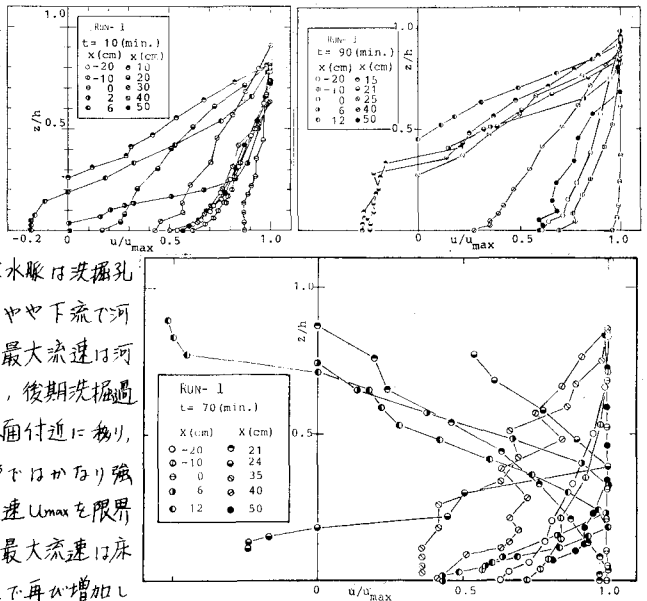


図-6 無次元流速分布

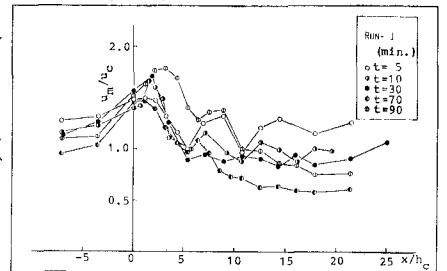


図-7 最大流速の場所的変化