

II-124 洗掘孔がある状態における洗掘深の発達について

日本大学 大学院 学 小田 晃
日本大学 理工学部 正 栗津 清蔵

1. まえがき 河川中に設置された構造物周辺に発生する局所流によって引き起こされる局所洗掘は、流量一定のもとで時間と共に発達し、やがて平衡状態に達する。著者らは昨年までの研究で、洗掘発生限界時の水深 h_{n_0} が、このような洗掘現象に対して密接な関係を持っていることについて報告した。¹⁾ ²⁾ しかし、それらの結果は、いずれも平坦河床からの洗掘現象を対象としたものである。実際の河川

においては、構造物周辺に既に洗掘孔が形成されている状態から再び洗掘が発達する場合が多いと考えられる。そこで本研究では、洗掘孔が既に存在する状態からの洗掘深の発達、並びに平衡時間について、円柱橋脚を対象とした実験をもとに昨年までの結果との比較も含めて検討を行った。

2. 実験条件と実験方法 実験は、水路幅 $B=20\text{cm}$ 、40cm 橋脚径 $d=4\text{cm}$ 、8cm 河床物質の平均粒径 $d_m=0.242\text{cm}$ 、 0.342cm を使用した。橋脚周辺には、洗掘発達時の一定流量 Q よりも少ない流量で、前もって洗掘孔を形成しそのときの初期平坦河床からの洗掘深を h_{s_1} とした。その後、 Q により h_{s_1} からの洗掘深の発達について実験を行った。なおこの実験に先立って、 Q による平坦河床時における洗掘発生限界に関する実験も行った。

3. 実験結果と考察 1) 流量 Q に対応する平衡洗掘深 h_{se} は、 h_{s_1} の大小には無関係であることが実験より得られ、図-1 が示された。2) h_{se} と h_n の関係は、図-2 に示されるようにほぼ $h_n = h_{se} + h_n$ の関係が成立し、平坦河床からの洗掘現象と同じ結果が得られた。3) 洗掘深の発達について、a) 橋脚の場合における著者らが求めた次の関係式を用いて検討を行う。

$$\frac{T}{T_e} = \left\{ \frac{H_0 - H}{H_0 - H_e} \left(\frac{H}{H_e} \right)^{p+1} \times \frac{\ln \left(\frac{1 - H_e^{2p}}{1 - H^{2p}} \right)}{\ln \left(\frac{1 - H_e^{2p}}{1 - H_e^{2p}} \right)} \right\}^{1.5} \quad (1)$$

ここに、 $H=(h_n+h_s)/h_{n_0}$ 、 $H_0=(h_n+h_{s_1})/h_{n_0}$ 、 $H_e=(h_n+h_{se}-d_m)/h_{n_0}$ 、 $T=U_c \cdot t$ 、 $T_e=U_c \cdot t_e/h_{n_0}$ 、 p は対数則の指数式への近似に関する係数であり本実験では $p=1.192$ 、 U_c は、砂礫の限界掃流力であり、 t_e は平衡時間である。

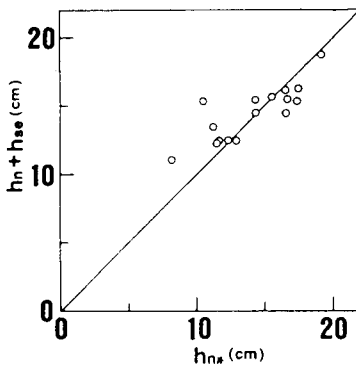


図-2 洗掘発生限界時と平衡洗掘深時の水深の関係

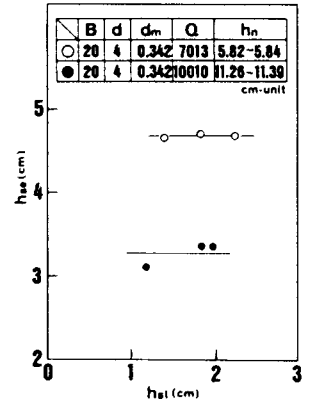


図-1 h_{se} と h_{s_1} との関係

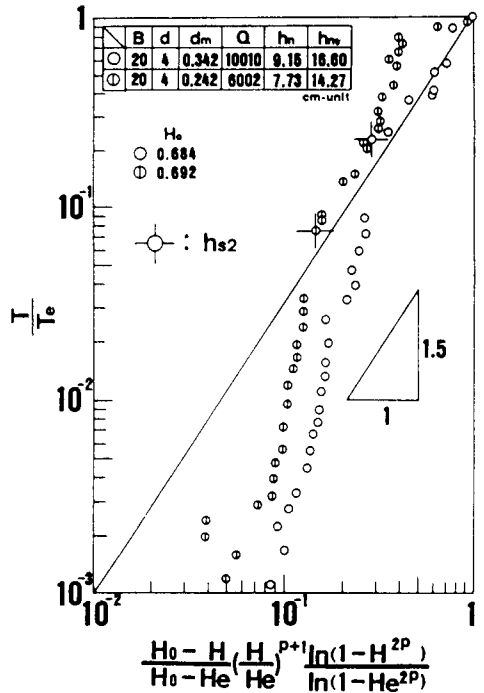


図-3 洗掘深の時間的発達

式（1）の関係で実験値を整理したところ図-3が得られ、洗掘深の発達のような式（1）で表される直線と交わることが示された。この直線と交わる点での洗掘深を h_{s2} 、時間を t_2 として、 h_{s1} を変化させて洗掘深と時間の関係を示したものが図-4である。この図から、 t_e 、並びに t_2 は h_{s1} によって変化することが示されている。b) h_{s2} 、 t_2 について、それぞれ平衡状態との関連について検討を行なった。その結果、図-5、6が得られ、次の実験式が求まった。

$$h_{s2} = 0.8 h_{se} \quad , \quad t_2 = (0.02 t_e)^{1.3} \quad (2)$$

なお、1)より h_{se} は h_{s1} には無関係であるので h_{s2} は h_{se} のみによって支配されることが理解される。4) 平衡時間 t_e について、無次元時間 T_e をもとに検討を行ったところ、図-7が得られ次式が求まった。

$$\frac{U_c t_e}{h_n} \cdot \frac{d_m}{h_n} = \{ 50.4 (1 - H_o) \}^{3.29} \quad (3)$$

ここに、 $0.638 \leq H_o \leq 0.987$ である。これより、平衡時間は、平坦河床の場合と同様に h_n をもとにした無次元因子 H_o によって支配されることが理解される。

4. まとめ 以上の結果、洗掘深 h_{s1} の洗掘孔が存在する状態からの洗掘現象について次のことが分かった。

1) h_{s1} は t_e にのみ関係し、 h_{se} は平坦河床からの洗掘現象と同様に洗掘発生限界時の水深 h_n に支配される。

2) 平坦河床からの洗掘深の発達を表す直線と比べて、洗掘孔がある状態からの洗掘深の発達は、異なる状態で進行し続け、発達の途中からは、その直線にほぼ一致する傾向が見られた。このことより、洗掘現象は、発達の開始時における洗掘孔の有無に影響され、洗掘孔がある場合には、洗掘深が発達するにしたがって平坦河床からの洗掘現象に近づくことが理解される。

3) 平坦河床からの発達を表す直線と交わる点における洗掘深 h_{s2} と時間 t_2 は、それぞれ式（2）に表されるように h_{se} と t_e によって支配される。また、 t_e は式（3）に表されるように h_{s1} の関数でもあることから、 t_2 は h_{s1} によって変化し、洗掘開始時の諸条件が与えられれば h_{s2} 、 t_2 の推定は可能であることが理解される。

今後は、このような状態での洗掘深の発達について、より明確にするとともに、 h_{s2} の物理的意味についても検討を行ってゆくつもりである。

〈参考文献〉 1) 小田・栗津：橋脚周辺における洗掘深の発達について，第40回土木学会年講，昭60． 2) 小田・栗津：局所洗掘の発達について（第2報），第41回土木学会年講，昭61．

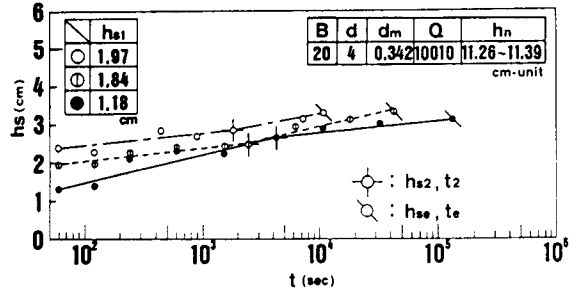


図-4 洗掘深の時間的発達

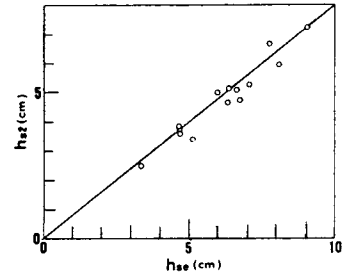


図-5 h_{s2} と h_{se} の関係

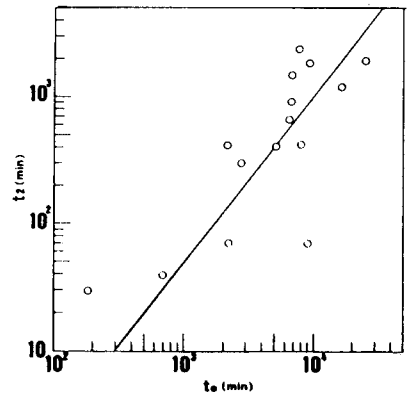


図-6 t_2 と t_e の関係

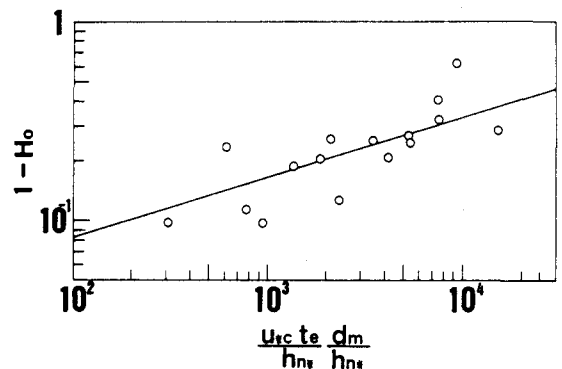


図-7 平衡時間