

ブロック護床工周辺の局所洗掘

徳島大学工学部 正 員 岡部健士
徳島大学大学院 学生員 ○ 岩根定利

1. まえがき ブロック護床工は施工や管理が比較的容易であることからとくに我が国では多用されている。しかし、水工学的な観点より合理的な設計指針は未だ確立されておらず、過去の実績や現場の担当技術者の経験と勘を頼りに計画・設計・施工しているのが実情である。本報告は、床固め下流のブロック護床工を対象に、その周辺に生じる局所洗掘現象の諸特性を模型実験を通して明らかにしようとしたものである。

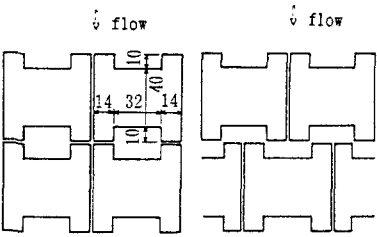
2. 実験概要 実験に用いた水路は、幅 0.6m、長さ14.6m、深さ0.4m、勾配1/490の矩形断面直線水路である。この水路の一部、約1.8mの区間を合板により13.5cm底上げして水たきなどの固定床のモデルとし、この下流側約5.5mの区間に平均粒径0.64mmのほぼ均一な砂を12cm厚さで敷き詰めて移動床のモデルとした。そして、図-1に示すような護床工ブロックのモデルを、相互に連結させず水路全幅にわたって設置し、砂の移動限界を少し越える程度の流量を通水し、無給砂の条件下において、水面形、砂面形、ブロックの変位、移動床下流端での流砂量などの経時変化を観察・計測した。

実験は、ブロックモデルの配列様式と設置列数を変化させて合計4 case行った。また比較検討のためにブロック無しの場合の実験も行っている。表-1に実験条件をまとめて示している。

3. 実験結果

3.1 洗掘過程： はじめに、ブロックがない場合について述べる。この場合においては、すでによく把握されているものと同様な洗掘過程¹⁾が観察された。ただし、床固めと移動床の境界部分に段差があるため、床固めの下流端付近で限界水深になった流れがその直下流で潜り噴流の状態になり、初期洗掘過程と呼ばれる段階はほとんど認められず、床固め直下流部には通水開始直後から急激な縦方向の洗掘が生じた。このあと時間が経過して洗掘深がある程度大きくなると、流れは潜り噴流と波状跳水の状態の間を周期的に移行しつつ、比較的遅い速度で洗掘孔が拡大していった。

つぎに、ブロックを置いた場合について述べる。通水直後の洗掘は、護床工下流端においてブロックがない場合とほぼ同様に生じた。これと同時にブロック間隙から上方に向かう砂の吸い出しや浸透流によるブロック下部からの砂の吐き出しによって個々のブロックが上流側に傾斜するような状態で、かなり急速に沈下した。このような沈下が、ある程度進行するとブロックが流れを上方に跳ね上げる効果を呈し、護床工下流部の洗掘深がさほど大きくならない段階で流れが波状跳水状態に移行しはじめた。ただし、この場合はブロックの間隙を通る流れのために逆流ローラーの強



格子状配列 千鳥状配列
図-1 モデルの諸元と配列様式
(単位mm)

表-1 実験条件

実験 case	ブロック		流量	砂の平均粒径	河床勾配
	配列	列数			
S-3	格子状	3	5 (l/s)	0.64 (mm)	1/490
S-5	配列	5			
A-3	千鳥状	3			
A-5	配列	5			
N-0	ブロック無し				

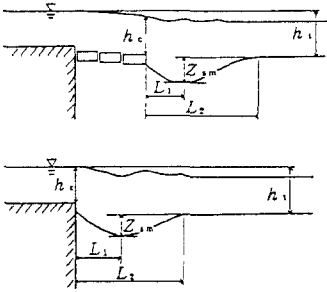


図-2 記号の定義図

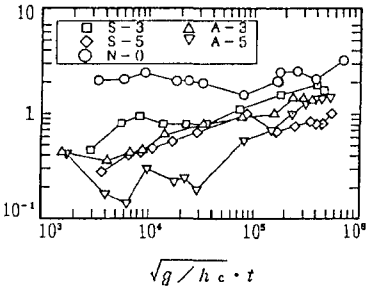


図-3 最大洗掘深の時間変化

度が弱く、また、それが必ずしも水路全幅にわたって形成されないためか、顕著な埋め戻しは生じず、また、潜り噴流と波状跳水の交番性も明確でなかった。いずれにしても、ブロック護床工周辺の局所洗掘機構は、ブロックの間隙から抜け出す砂の存在やブロックの不等沈下による流れの3次元化のために非常に複雑化する。

3.2 最大洗掘深の時間変化： 図-2のような定義の最大洗掘深 Z_{sm} を限界水深 h_c で無次元化した Z_{sm}/h_c の時間変化を両対数紙上で示すと図-3のようである。ブロックなしの場合には通水開始直後に Z_{sm}/h_c が急増し、その後、流れの状態変化による増減を繰り返しつつ、徐々に増加する傾向となっている。一方、ブロックを設置した状態では、とくに初期においてブロックのない場合より洗掘深が1オーダー近く小さいが、その後の増加速度はブロックなしの場合に比べて大きく、長い時間が経過すると、とくにブロックの列数が3列の場合には、ブロックなしの場合の洗掘深と同程度になっている。なお、千鳥状配列のものでは、 $\sqrt{g/hc} \cdot t \approx 3 \times 10^5$ 程度で最大洗掘深の増加は止まっている。

3.3 洗掘孔形状： 図-4は、case S-3について最大洗掘深 Z_{sm} で無次元化した洗掘孔形状を示したものである。計測開始より15分後、50分後においては洗掘孔が少し流下方向に長くなっているが初期の洗掘孔形状と十分に時間が経過した後のものとの間にはある程度の相似性が認められる。このように、無次元化した形状が一時的に流下方向に伸びる原因は、ブロック設置部分からの排出砂が護床工の直下流の河床低下の進行を押さえることによる。このような傾向は、他の実験ケースにおいても観測されたが、一時的に形状特性が変化する傾向は列数が3より5の場合により顕著に認められた。なお、ここに示さないが、ブロックがない場合の形状には、従来より指摘されているように流れの形態別に整理すれば相似性のあることが再確認された。

図-5、図-6は、それぞれ全実験ケースについて、図-2に示す最大洗掘深の生じている箇所の水平位置 L_1 と洗掘孔長 L_2 の時間的変化特性を示したものである。 L_1/Z_{sm} は、バラツキが大きいものの、時間変化をしないと見なしてもよいようである。また、ブロックがない場合よりある場合の方が総じて大きいが、ブロックの設置条件による相違は、当初の予想に反してさほど著しくない。一方、 L_2/Z_{sm} と経過時間の関係においては、すでに触れたように、図中で上に凸になるような傾向が現れているが、 L_1 の場合と同様に、ブロックの設置条件による系統的な相違はほとんどなく、また、ある程度時間が経過したのちには、ブロックの有無による相違もほとんどなくなるようである。最後に、図-7で洗掘孔の最終形状を比較している。ブロックに近い領域の形状にはかなりの相似性が認められる。

【参考文献】 1) 例えば、鈴木・道上：第26回水理講演会論文集，1982，pp. 75-80。

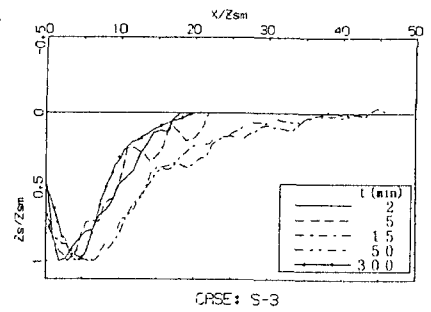


図-4 洗掘孔形状の無次元表示

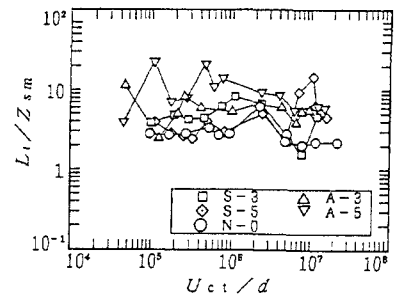


図-5 L_1 の時間変化

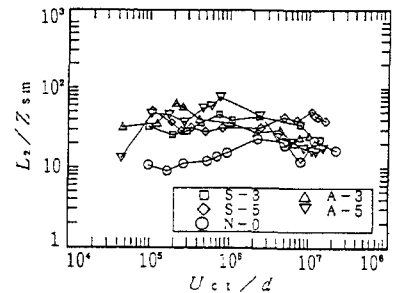


図-6 L_2 の時間変化

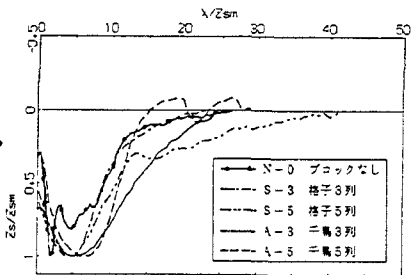


図-7 洗掘孔の最終形状