

第II部門

護床工ブロックの形状による河床材料の流失と河床変動特性に関する研究

明石高専 学生員 ○木下拳汰

明石高専 正会員 神田佳一

1. はじめに

堰や床止工等の河川横断構造物には、水叩きから流出する高速流を減勢するために護床工が設置されるが、その周辺部では急激な水面変動や渦が生じて流れ特性が大きく変化するため、護床工下部の吸出しや下流部の局所洗堀が生じ、護床工の安定性に影響を及ぼしている。

既報¹⁾では、明石市の2級河川喜瀬川北河原井堰の穴あき護床工をモデルとして現地調査及び模型実験を行い、周辺部の河床変動について検討した。本研究では、さらにテトラポット及びホロースケアブロックを用い、護床工の形状による河床砂の吸出しや局所洗堀特性について考察する。

2. 実験の概要

実験には、図-1に示す長さ $L=6.0\text{m}$ 、幅 $B=0.24\text{m}$ 、高さ $H=0.3\text{m}$ の水平床アクリル製長方形断面水路を用いた。水路上流部には、現地河道を模した高さ 0.08m の落差工を設置し、その下流は水叩きとして勾配 $1/3.7$ のスロープとした。実験条件は表-1に示す通りで、流量は $Q=3.0\text{l/s}$ とし、護床工ブロックの形状を変化させて実験を行った。Run0は護床工を設置しない場合で、図-2(a)の厚さ 1cm 、長さ 29cm の穴あき板を設置したものをRun1、テトラポット

消波ブロック（図-2(b)）及びホロースケアブロック（図-2(c)）を設置したものをそれぞれRun2及びRun3とした。Run2ではブロックを水叩き下流端より設置長さ 60cm の2段積みとし、Run3では、1段目に設置長さ 110cm で密にブロックを敷設した後、Run1とほぼ同じ 28cm の区間に2段目を設置した。この長さは、護床工が無い場合（Run0）の最大洗堀深が生じた位置（水叩き下端からの長さ）に相当している。基準面として、各ブロックの上面の高さをエプロン下流端の高さと一致させている。護床工区間及びその下流部には、河床の初期状態として平均粒径 0.88mm の4号珪砂を基準面の高さまで敷き詰めている。通水時間は、予備実験の結果からいずれの場合も河床がほぼ平衡状態となる30分間とした。測定項目としては、通水中にポイントゲージを用いて水路中心線上の水面形状を測定するとともに、通水後レーザー変位計を用いて河床位の計測を行った。河床位の測定は、水路横断方向（Y方向）には 1cm 間隔で、流下方向（X方向、水叩き下流端を $X=0$ とする）には 1.4cm 間隔で計測を行っている。

表-1 実験条件

実験番号	流量 Q	限界水深 h_c	護床工
Run0	3.0l/s	2.52cm	無し
Run1			穴あき板
Run2			テトラポット
Run3			ホロースケア

3. 実験結果及び考察

図-3は、各実験における通水時の水路中央部の水位と通水後の水路幅方向に平均した河床位の縦断分布を示したものである。また、河床位の平面コンターを図-4に示す。図中の黒い破線は護床工の設置領域を示している。両図より以下のことが伺える。

まず、護床工を設置しない場合（Run0）には、水叩き上を流下する加速流によって河床砂が流失され、水叩きの下流部 50cm の区間で、洗堀深が最大となる $X=30\text{cm}$ の断面を軸としたほぼ流下方向に対称な洗堀穴が生じている。このときの最大洗堀深は $Z_m=8.6\text{cm}$ で、限界水深の3.4倍程度である。洗堀穴の下流部では、洗堀域から運ばれ

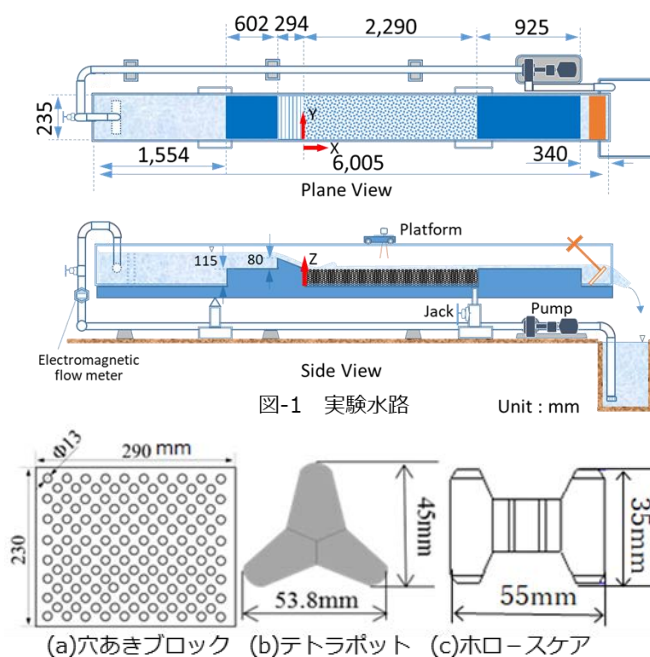


図-2 護床工ブロック模型

た砂により水路中心部に1cm程度の堆積域が形成されている。水面形を見ると、水叩き上の射流状態から護床工上流端で波状の跳水を伴って常流に遷移しており、跳水後 $X=90\text{cm}$ より下流部でほぼ等流状態となっている。跳水が完了する位置は、最大洗堀が生じる位置と概ね一致している。

護床工として穴あき板を設置した場合 (Run1) では、護床工の設置区間 ($X=0\sim30\text{cm}$) においても射流状態が維持されており、同時に2cm程度の河床低下が見られる。これは護床工上面の圧力低下によるものと考えられ、板厚が1cmであることから、護床工の穴から河床砂が吸い出され、その下部で空洞化が生じていることがわかる。護床工の下流部でも洗堀が発達しており、水路幅平均の最大洗堀深は $Z_m=3.5\text{cm}$ で護床工が無い場合 (Run0) の4割程度に軽減されているが、洗堀領域は $X=100\text{cm}$ 程度まで拡大している。

Run2では、図-5に示すように、テトラポットブロックを通常の噛み合わせではなく、突起を重ねて2段積みしているため、ブロック間の間隙が大きく、そこに充填されていた砂が流水により流送されてRun0とほぼ似た洗堀穴が形成されている。図-4(c)から分かるように、2段目のブロックの突起がほぼ露出しているが、最大洗堀深は $Z_m=4.2\text{cm}$ 程度であった。跳水による水位変動は、Run0と比較すると小さくなっている。

ホロースケア護床工を設置したRun3では、2段積みしている区間 ($X=0\sim30\text{cm}$) では、Run1と同様にブロックの側面及び中央の穴から河床砂が吸い出され、最大1cm程度の河床低下が生じているが、ブロックの下面までは洗堀は達しておらず、空洞化は生じていない。2段積みブロックの下流部 ($X>30\text{cm}$) では、洗堀による河床低下が発達しており、 $X=70\text{cm}$ 程度まで1段目のブロックが露出している。

図-6は、河床面積に対する各護床工の基準面 (初期河床面) 上の空隙 (河床面積からブロックの露出面積を減じたもの) の面積比 ϕ と護床工下部の無次元最大洗堀深 Z_m/h_c との関係を示したものである (Run0は $\phi=0$)。両者の関係は線形ではないが、負の相関が認められる。

4. おわりに

本研究では、護床工の形状の違いによる護床工下部及び下流部の河床変動特性について実験的に検討した。今後さらに、種々の護床工形状と配列を変えた系統的な実験を行い、空洞化要因の定量的な評価を行いたい。

参考文献

1) 岡本佑・戸田晟志朗・神田佳一：河川横断構造物の護床工下部の吸出し特性に関する実験的研究，高専学会年会，2017。

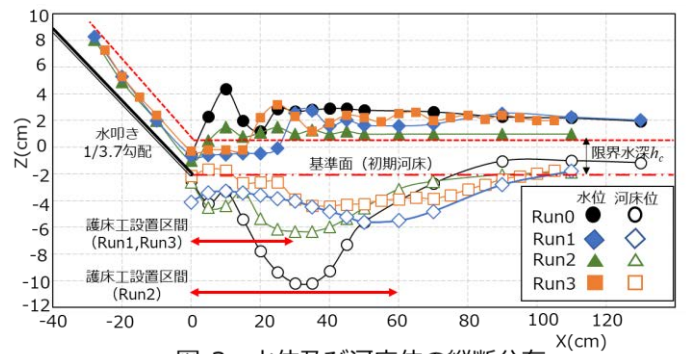


図-3 水位及び河床位の縦断分布

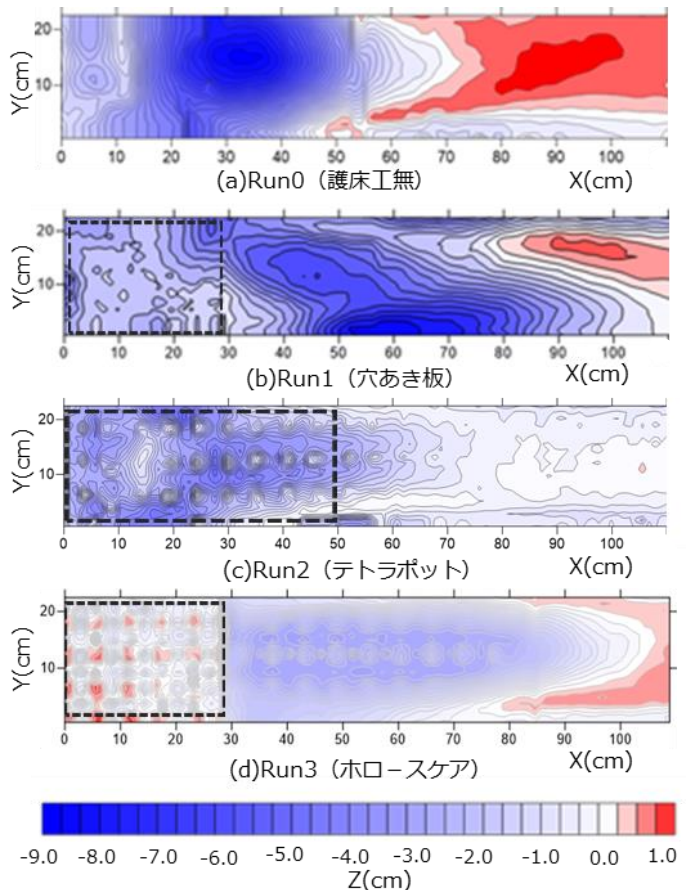


図-4 河床変動量のコンター図

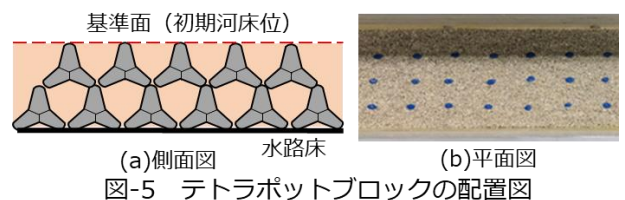


図-5 テトラポットブロックの配置図

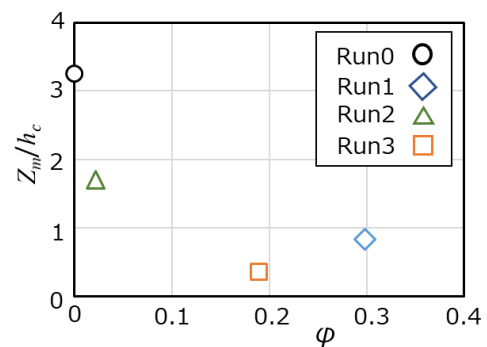


図-6 ϕ と Z_m/h_c の関係