

可動堰水叩き下流側の河床保護対策に関する実験的検討

日本大学理工学部土木工学科 正会員 安田 陽一
 日本大学大学院理工学研究科土木工学専攻 学生会員 ○鈴木 俊太郎

1. はじめに

堰に設置された水叩き下流側では局所洗堀が生じることから河川構造令および設計基準では、水叩き下流側の護床工として護床ブロックを設置するなどの河床低下対策が示されている。しかしながら、実際には護床ブロックが流出し、河床低下が発生している。多くの研究者により、水叩き下流側の河床の局所洗堀の軽減方法が示されているが^{1,2)}、跳水が形成される状態、すなわち可動堰のゲートが開放されていない状態を想定した検討である。洪水時には可動堰はゲートを開放するが、その状態についての検討は行われていない。ゲートが開放された場合にはゲートを支持する支柱、導流壁があるため、洪水流が支柱を通過する際に、水面勾配が大きくなり、支柱から底面付近の流れが大きくなる³⁾。また、支柱による影響について、支柱があることによる流れの偏向により、護床工下流側での洗堀状況の変化に影響を及ぼすことが明らかにされている³⁾。水叩き下流側での局所洗堀について、著者らの研究⁴⁾により護床ブロックに代わり石組みを用いることで河床低下の軽減への有効性が示されている。しかし、従来、用いられている護床ブロックによる河床低下対策との比較検討は行われていない。

以上より、本検討では可動堰における護床工区間に護床ブロックと石組みを用いた場合に護床工下流側での河床洗堀の時間経過における違いについて、実験的に比較検討を行った。

2. 実験方法

実験は、水路幅 $B = 0.80$ m、高さ 0.60 m、水路長 15 m を有する矩形断面水路を使用して行った。使用する記号の定義図を図1に示す。表1に示す実験条件のもと、水路横断方向中央に、厚さ $B_p = 0.040$ m、円頭部の半径 0.020 m、長さ $L_p = 0.20$ m、高さ 0.5 m を有する長楕円の支柱を設置し、長楕円支柱直下流部に厚さ 30 mm、長さ $\ell = 0.51$ m の水叩きを設置した。また、水叩き下流端から河床保護が可能となる相対長さ $L_s/dc = 5.37$ ($dc = \sqrt[3]{q^2/g}$:

限界水深, q : 単位幅流量, g : 重力加速度) となるように護床ブロックおよび石組みを設置し、石組み下流端から 0.2 cm ~ 1.5 cm 程度の砂利を厚さ 5 cm ~ 6 cm で $L_g = 1.20$ m 区間で設置した。水深および移動床の測定には、ポイントゲージ ($1/10$ mm まで判読可能) を用いた。流速測定には、KENEK 社製の2次元I型電磁流速計 (測定時間 120 sec, 測定間隔 0.05 sec (20 Hz)) を用いた。

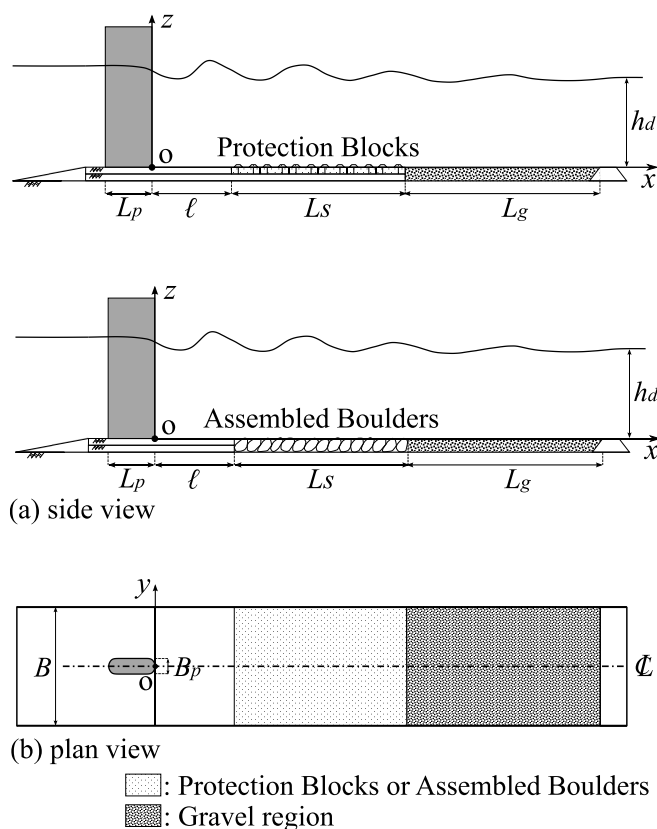


図1 記号定義図

表1 水理条件

q (m ² /s)	ℓ/dc	ℓ/L_p	L_s/dc	B_p/B	Frd
1.80.E-01	3.42	2.55	5.37	0.05	0.552

※ フルード数 Frd は、下流水深 hd より得られ、 $Frd = q/\sqrt{ghd}$ で示される。

キーワード 水叩き, 河床保護, 洪水流, 石組み, 可動堰

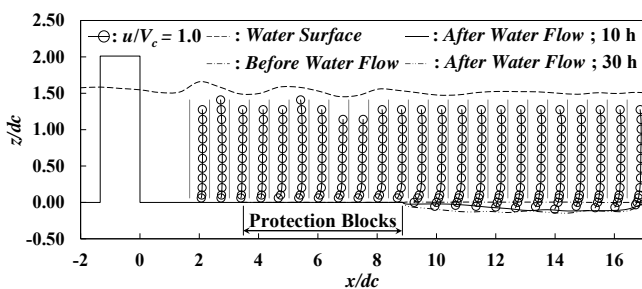
連絡先 〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14 TEL:03-3529-0409 E-mail: yasuda.youichi@nihon-u.ac.jp

3. 水叩き下流側での河床形状

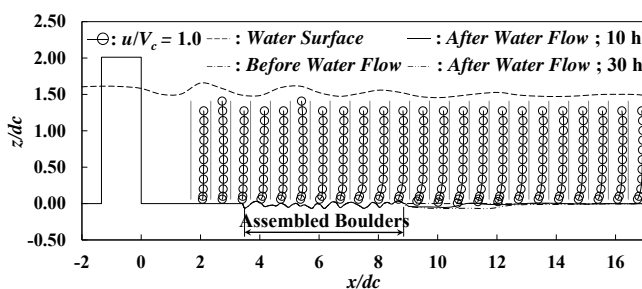
水叩き下流側における $y/(B/2) = 0.75$ での通水前、通水後 10 時間、30 時間経過後の河床形状について、護床ブロックと石組み、それぞれの場合を図 2 に示す。護床ブロックの場合には、 $x/dc = 14.5 \sim 16.0$ 付近での洗堀が生じ、その洗堀の影響が上流側に伝搬することで洗堀が拡大していく傾向がみられ、30 時間後には、河床再現区間の流下方向全体で洗堀が生じている。また、最大で $z/dc = -0.15$ 程度の河床洗堀が生じている。石組みの場合には、石組み終端付近である $x/dc = 9.0 \sim 10.4$ 付近で初期に洗堀が生じる。洗堀は時間経過とともに下流側に広がりが見られる。ただし、護床ブロックの場合と比較し、石組みの場合には、流下方向への洗堀の範囲が狭く、30 時間経過後においても $x/dc = 9.0 \sim 11.7$ の区間である。鉛直方向への洗堀も小さく、最大でも $z/dc = -0.07$ 程度の河床洗堀にとどまっている。

4. 水叩き下流側での流速分布

水叩きから河床再現区間までの $y/(B/2) = 0.75$ における流下方向への流速分布を図 2 に示す。また、水叩きから河床再現区間までの各測定断面 ($y/(B/2) = 0.00, 0.75$) における底面付近 ($z/dc = 0.06$) の時間平均流速 u_b の流下方向への変化を図 3 に示す。護床ブロックと石組みとを比較すると、水路中央 ($y/(B/2) = 0.00$) では違いがみられず、全体を通して同様の傾向となる。 $y/(B/2) = 0.75$ に着目すると、水叩き上から護床工区間（護床ブロック、もしくは



(a) Protection Blocks



(b) Assembled Boulders

図 2 水面形と河床形状，流速分布 ($y/(B/2) = 0.75$)

は石組み) では、同様の減衰傾向となる。しかし、河床再現区間において、護床ブロックの場合には下流に行くに従い、流速が加速していく傾向となるのに対し、石組みの場合には、加速することはなく、ほとんど一定で流下していく。これは、支柱に衝突したことにより、形成される三次元的な流れが石組みの場合には、底面付近では抑制されるが、護床ブロックの場合には、石組みと比べて沿う状態となっていることによる影響が想定される。

5. まとめ

可動堰における河床保護対策として、石組みの有効性が示されているが、従来、用いられている護床ブロックとの比較検討は行われていないことから、護床ブロックと石組みとでの河床再現区間の洗堀形状の違いを表 1 に示す水理条件の下で、実験的に検討した。その結果、石組みの方が河床洗堀への対策として、有効であることが示された。

参考文献

- 1) Hamidifar, H., Omid, M.H., and Nasrabadi, M. : “Bed scour downstream of sluice gates”, Journal of Water Soil 24(4), pp.728-736, 2010.
- 2) Siow-Yong, L. & Guoliang, Y. : “Scouring Downstream of Sluice Gate”, First International Conference on Scour of Foundations, ICSF-1, pp.395-409, 2002.
- 3) 安田陽一，鈴木俊太郎：可動堰のコンクリート水叩き下流側の洗堀に対する支柱の影響，令和 4 年度 日本大学理工学部 学術講演会，H-22.
- 4) 安田陽一，鈴木俊太郎：低落差構造物における水叩き下流側での石組みによる河床保護に関する実験的検討，令和 4 年度土木学会全国大会第 77 回年次学術講演会，II-65, CD-ROM.

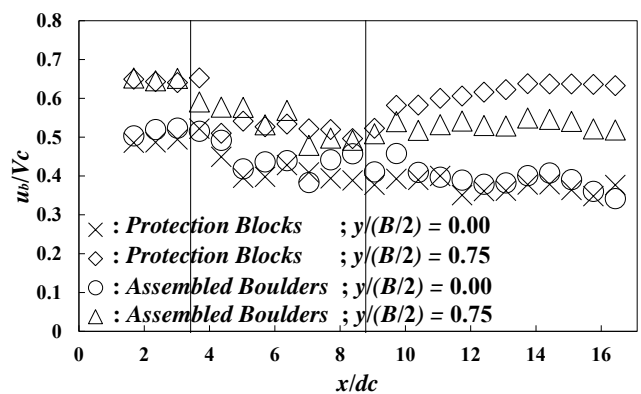


図 3 底面付近の時間平均流速の流下方向変化