

## 88 緩勾配の下流法面を持つ床固工の前庭保護工に関する実験的研究

建設省土木研究所 ○福本 晃久

石川 芳治

井良沢道也

### 1.はじめに

近年身近な潤いを得る空間として渓流環境が注目されており、今後ますます環境に配慮した砂防施設の検討が盛んになるものと考えられる。こうした砂防施設においては、親水性の向上、景観面の向上などを目的として下流法勾配を緩勾配にするケースが多くなってきている。従来、砂防ダムや床固工の下流法面は、石礫の落下による破壊、摩耗対策のため2分の勾配で設計されており、緩勾配にした場合の前庭部の保護については、水理的な面からの検討例は少ない。ここでは、最近実際に試みられつつある床固工を対象に、下流法勾配を緩勾配とした場合の前庭保護工について、水理模型実験により検討を行った。対象とした前庭保護工は水叩き工を有した場合であり、下流洗掘を減少させるのに必要な水叩きの長さについて検討した。

### 2. 実験の概要

実験に用いた水路は、長さ20m、幅1.5mの鋼製水路で、片面ガラス製である。実験に用いた床固工の模型の概念図を図-1に示す。床固工の高さは7.5cmで、下流法勾配を垂直、1割、3割とした。さらに下流法面の粗度を2種類（粗度係数 $n=0.012$ 、 $n=0.026$ ）としている。ただし、水叩きは滑面（ $n=0.012$ ）とし、水平に設置した。流量 $Q$ は $50 \text{ l/sec}$ とし、河床勾配は $1/30$ とした。実験に用いた河床材料は、平均粒径 $d_m=11.5\text{mm}$ のほぼ一様な砂礫である。給砂は行っていない。床固工の上流は、下流河床と同じ砂礫を板に貼り付けた固定床とした。

前庭保護工の効果については、水叩き下流の洗掘の大きさを測定することにより判断することとした。測定は、河床の変動が安定したのを確認して行った。

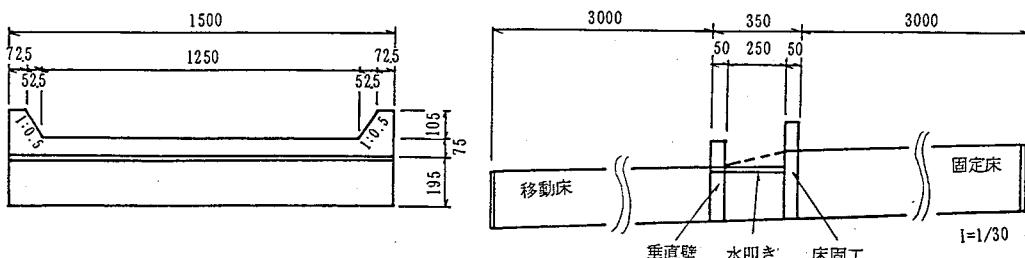


図-1 実験模型 (単位: mm)

### 3. 実験の結果

#### 3.1 水位と河床高の縦断変化

水位と河床高の縦断的变化を図-2～5に示す。図-2は法面を垂直とした場合で、図-3は法面

を1割とした場合である。法面を直とした場合の水脈の飛距離は約13cmであった。本実験において法面を1割とした場合の水脈は、法面に沿って流れた。また、図-4は法面を3割とし法尻下流に水叩きを設置しない場合である。図-5は法面を3割とし、法尻下流に水叩きを設置した場合である。どの条件においても床固工下流では洗掘が生じる。図-4に示す水叩きを設けない場合より、図-5に示す水叩きを設けた場合の方が洗掘深は小さくなっている。

### 3.2 水叩きの長さと洗掘深の関係

図-6に示すように有効水叩き長( $X$ )は、床固工本体下流端より水叩き工下流端までの長さ( $L$ )と床固工本体下流端より下流法尻までの長さまたは水脈の飛距離( $\ell_w$ )の差とした。ここで、 $H$ : 床固工の高さ、 $h_3$ : 越流水深、 $\sigma$ : 砂礫の密度、 $\rho$ : 水の密度である。図-7に水叩き長と最大洗掘深( $Z_s$ )の関係を示す。法面の勾配を3割とした場合、水叩きを水平に設置することにより洗掘深は小さくなっている。また、法勾配が垂直及び1割とした場合の水叩きの長さによる洗掘深の変化は小さい。これは、水叩きを水平に設置したことにより流心を水平方向に変化させたことによる効果と考えられ、この効果は水叩き長さがある程度あれば発揮される。また、粗度による洗掘深の違いはない。

図-8に水叩き長と洗掘長の関係を示す。今回の実験条件では洗掘長 $L_s$ は、水叩き長にあまり関係しないことがわかる。なお、 $h_c$ : 限界水深である。

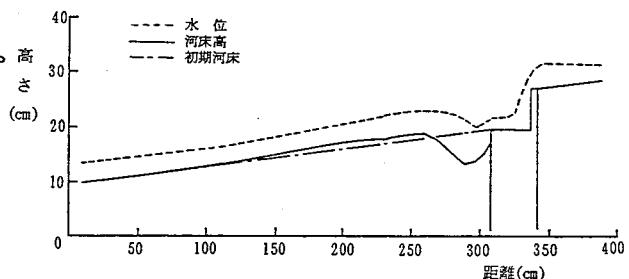


図-2 水位・河床高縦断図  
(法勾配：直、水叩き長L : 30cm)

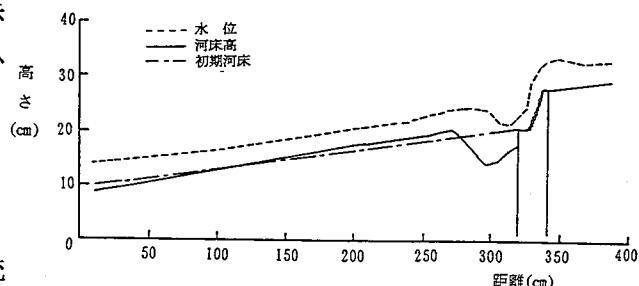


図-3 水位・河床高縦断図(法勾配：1割、  
水叩き長L : 15cm、粗度n : 0.026)

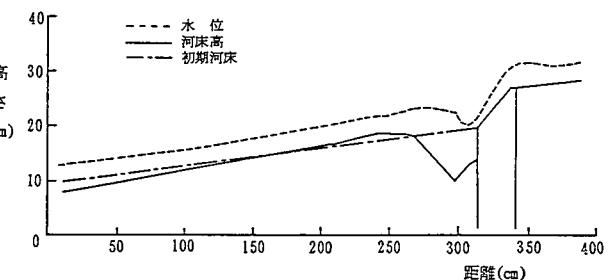


図-4 水位・河床高縦断図(法勾配：3割、  
水叩き長L : 22.5cm、粗度n : 0.012)

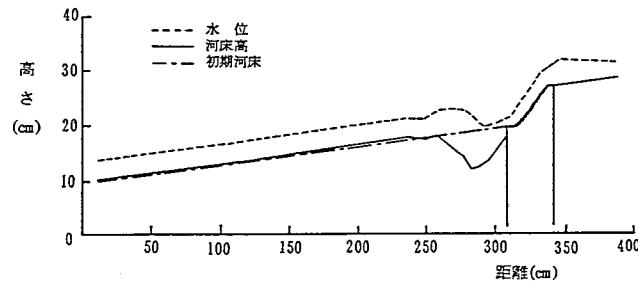


図-5 水位・河床高縦断図(法勾配：3割、  
水叩き長L : 30cm、粗度n : 0.026)

#### 4. 床固工の下流法面を緩勾配としたときの水叩き長

床固工の水叩き長については、河川砂防技術基準(案)設計編<sup>1)</sup>によれば、砂防ダムの前庭保護工に準じて設計することになっている。また、砂防設計公式集<sup>2)</sup>には、経験式として、次式が示されている。

$$L = (2 \sim 3) (H + h_s)$$

..... (1)

これは、水脈の飛距離を考慮した水叩き長と考えられる。床固工の下流法面を緩勾配にした場合についても、法面の勾配の影響による洗掘深の増大を緩和すべく水叩きを水平に設けておくことが望ましいと考えられる。図-7の結果より水叩き工を水平に設置すれば洗掘深を小さくすることができ、水叩きの長さ（有効水叩き長）Xは、 $(H + h_s)$ 程度でよいといえる。

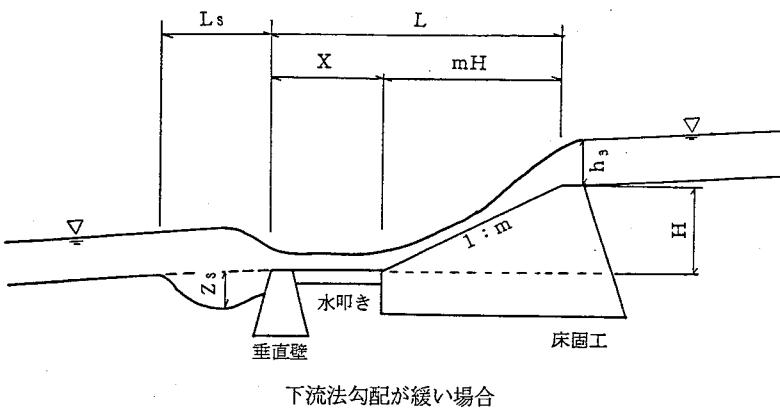
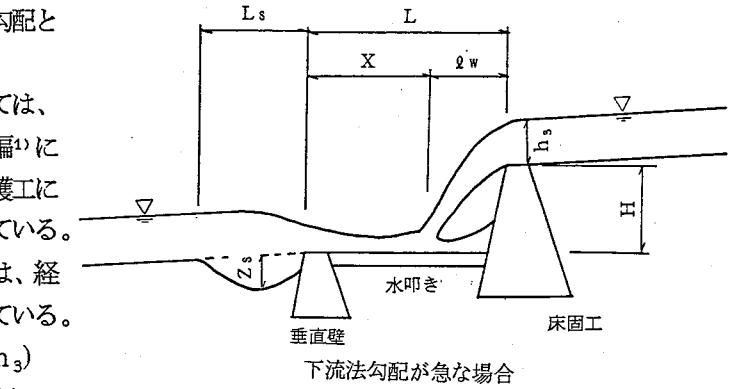


図-6 水叩きの長さ

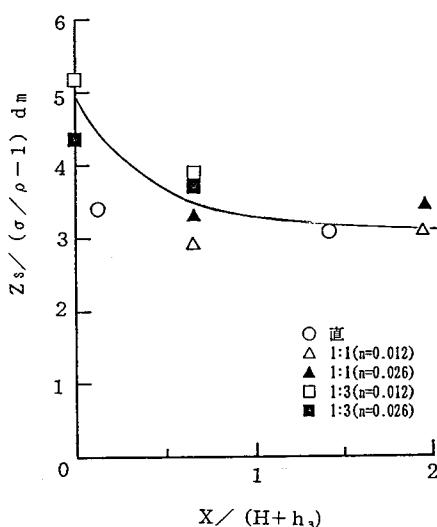


図-7 水叩き長と最大洗掘深の関係

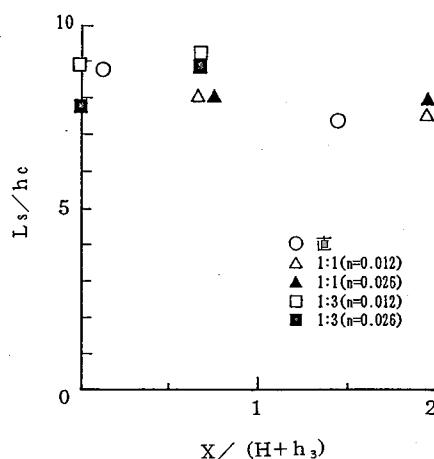


図-8 水叩き長と洗掘長の関係

## 5. おわりに

床固工の下流の河床洗掘を減少させるための水叩きの長さ( $L$ )は、床固工天端下流端を基準に水脈の飛距離( $\ell_w$ )または下流法尻までの距離( $mH$ )に、床固工の高さと越流水深を加えた長さ( $H + h_3$ )に等しい長さ程度を加えればよいことがわかった。また、今回の実験結果においては、粗度の違いによる洗掘深の変化が顕著に現れなかった。これは今回用いた粗度が小さかったことによるものと考えられる。床固工の下流法を景観等を考慮して大礫を並べ人工の滝風に設計することがあると考えられるが、このような場合には粗度による流水の減勢効果が期待でき、洗掘深は小さくなる場合があると考えられるので今後検討する必要がある。また、水叩き工を設けても水叩き工(垂直壁)下流では洗掘を完全になくすことができないため、水叩き工の粗度の効果や護床工<sup>3)</sup>の検討も合わせて行っていく必要がある。

## 参考文献

- 1) (社)日本河川協会編：建設省河川砂防技術基準(案)設計編〔II〕、山海堂、1985.10
- 2) (社)全国治水砂防協会：改訂版砂防設計公式集(マニュアル)、1984.10
- 3) 阿倍宗平、下東久巳、福本晃久：床固工水叩き下流の局所洗掘と護床工の形状、土木技術資料29-5、1987