

## 河床砂礫の破碎・摩耗試験

国土防災技術株式会社 ○小菅尉多  
財団法人建設技術研究所 正沢勝幸・長谷川祐治  
立命館大学理工学部 里深好文  
京都大学大学院農学研究科 水山高久

### 1 はじめに

河床砂礫は、上流から下流に向かって小径化するとともに円磨化している。この事実を議論するための基礎資料を得るために、従来の試験方法とは異なった2つの河床砂礫破碎摩耗試験を提案し、それらの試験結果と実河川への適用方法について考察する。

### 2 既往研究と問題点

河床砂礫の破碎摩耗現象の定量的な検討は、回転円筒内に河床砂礫を投入して回転させて、砂礫の重量減少および円磨度を調べる方法が行われてきたが、既往研究の問題点としては、以下の事項が挙げられる。1.山地河川に分布する大礫と多くの岩種を扱っていない。2.重量減少とともに生産される土砂の量と質についての検討がない。3.回転距離を流下距離に変換する方法が確立されていない。これらを踏まえ、次の試験方法を提案する。

### 3 河床砂礫の破碎摩耗試験

#### 3.1 ロサンゼルス試験機を用いた破碎摩耗試験

粗骨材のすりへり試験には回転円筒のロサンゼルス試験機が用いられる（試験方法は JIS A 1121）。この試験機に大礫（1岩種 3個）を投入して、30回転後の大礫の重量と生産された土砂の量と質を計測した後、再び試験機に投入して累積60回転させ同様の計測を行った。これを累積120,240,480,960回転後まで実施した。なお、試験機に水は投入していない。

#### 3.2 水路を用いた破碎摩耗試験

回転円筒による河床砂礫の破碎摩耗試験結果を実河川での流下現象に変換する方法は確立されていない。

そこで、長さ5m、幅30cm、深さ50cmの勾配可変で河床粗度としてφ30mmの磨き丸鋼を敷き詰めた鋼製水路を作製した。この水路を河床勾配30°に固定し、上流端から大礫を5m流下させ1回流下させる毎に大礫の重量を計測し、これを110回繰り返して実施した。

#### 3.3 大礫の採取地

大礫は利根川水系神流川から中生代の頁岩、砂岩、

チャート、石灰岩、緑色岩、烏川から安山岩、富士川水系小武川から花崗岩、安倍川から第三紀の泥岩、砂岩の9岩種を取り上げた。大礫はおおむね20cmの大きさである。ロサンゼルス試験機を用いた河床砂礫破碎摩耗試験では9岩種×3試料=27試料で実施した。水路を用いた河床砂礫機破碎摩耗試験は、上記の試験結果より判明した特徴的な4岩種を選定して、4岩種×3試料=12試料で実施した。

### 4 試験結果

#### 4.1 ロサンゼルス試験機による大礫の破碎摩耗特性

##### (1) 大礫の重量減少率

大礫の重量減少率 $\beta$  = 回転後の礫の重量 / 回転前の礫の重量と定義する。試験結果を図1に示す。

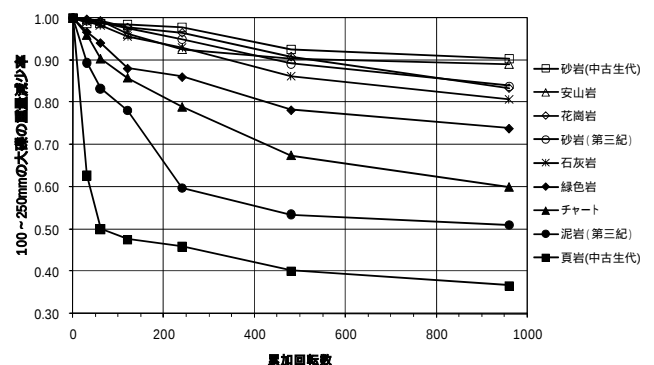


図1 大礫の重量減少率

同図より、1.大礫の重量減少は岩種毎に特徴が現れること、2.各岩種とも指数関数的に減少することが判った。

##### (2) 破碎摩耗による土砂生産

大礫の土砂生産率 = 回転後の破碎摩耗により生産された土砂の重量 / 回転前の大礫の重量と定義する。この土砂生産率は粒径別、回転数当たりで定義できる。図2に回転数の増加に伴う粒径別土砂生産率を、図3に生産された土砂の粒径加積曲線の変化を示す。

同図より、1.浮遊砂分の土砂生産率は回転とともに一次関数的に増加するが、粒径が大きくなるにしたがって対数関数的な増加となる。2.大礫の重量減少率の高い岩

種はほぼ均一に土砂が生産され、回転数の増加とともに細粒化する。3.重量減少率の低い岩種は、2 mm 以下の土砂生産が主体となる。4.重量減少率が中程度の岩種は、両者の中間的な土砂生産形態を呈することがわかる。

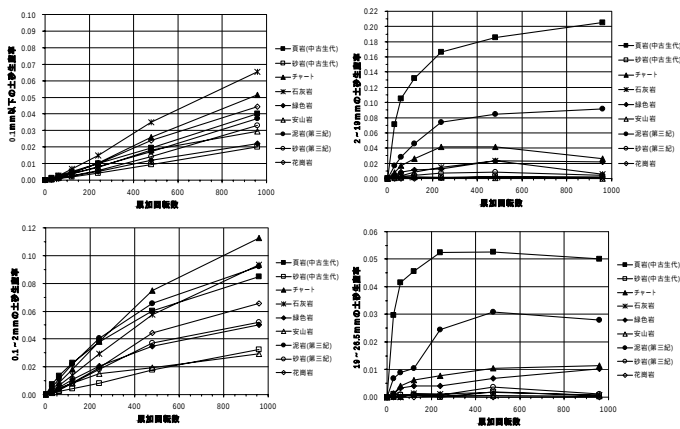


図 2 回転数の増加に伴う粒径別土砂生産率

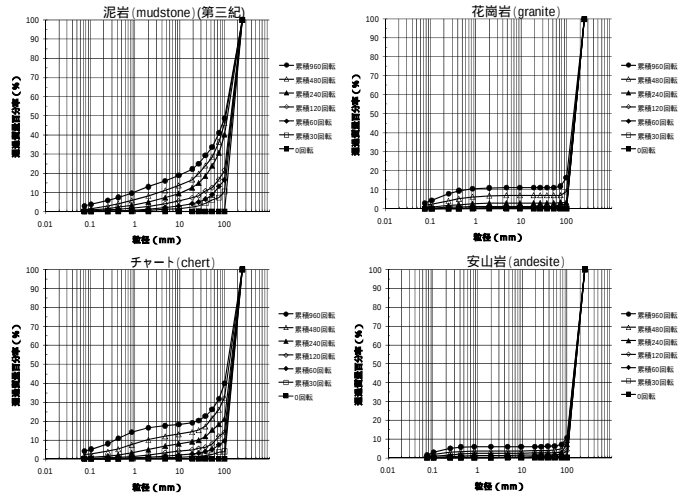


図 3 回転数の増加に伴う粒径加積曲線の変化

#### 4.2 水路を用いた大礫の破碎摩耗特性

水路を用いた大礫の破碎摩耗試験より、各岩種の重量減少率を図 4 のとおりである。

同図より、1.水路を用いた大礫の重量減少率はロサンゼルス試験機（回転）を用いたそれと同様の曲線形態を示す。2.水路を用いた場合の重量減少率の方が、同程度か回転よりも低い値を示す。

### 5 実河川への適用方法

#### 5.1 実河川へ適用する際の問題点

従来から回転円筒を用いた河床砂礫の破碎摩耗試験の結果の実河川への適用方法が問題となっている。通常、回転円筒の内円周×回転数を砂礫の移動距離と見なされるが、実河川と回転円筒内では砂礫の運動形態が異なることから単純に変換できない。

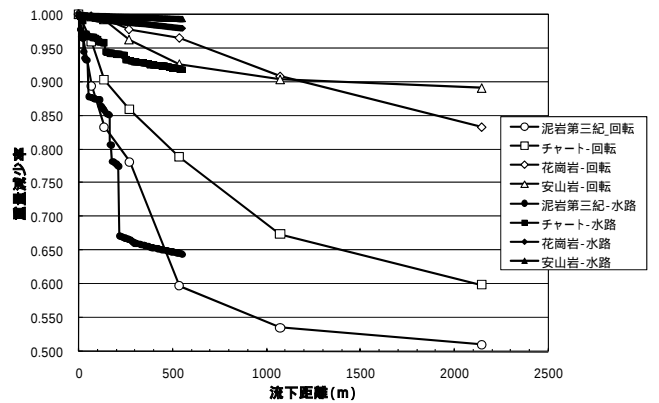


図 4 水路を用いた大礫の重量減少率とロサンゼルス試験機を用いた大礫の重量減少率の対比

#### 5.2 変換率の利用

図 4 は、ロサンゼルス試験機を用いた場合の大礫の重量減少率は、水路を用いた場合のそれに変換率を用いて変換可能であることを示唆する。そこで、1.まず回転円筒の回転距離を水路の流下距離と等しいとおく。2.次に、Sternberg の法則より大礫の破碎摩耗係数を  $\alpha$  とし、この  $\alpha$  を、水路を用いた場合の破碎摩耗係数とする。3.ロサンゼルス試験機を用いた場合の  $\alpha_r$  を求める。4.これに変換率  $\alpha^*$  を乗じて、水路を用いた場合の破碎摩耗係数  $\alpha$  に変換する。

#### 5.3 変換率を用いた流下に伴う大礫の重量減少率

以上の方法で求めた破碎摩耗係数  $\alpha$  および変換率  $\alpha^*$  を整理すると表 1 のようになる。

表 1 大礫の破碎摩耗係数と変換率

| 河床礫  |       | 破碎摩耗係数             |                 |                   |                 | 変換率        |            |
|------|-------|--------------------|-----------------|-------------------|-----------------|------------|------------|
|      |       | 0～135mまでの間<br>流下初期 |                 | 135～550mの間<br>その後 |                 | 流下初期       |            |
|      |       | 回転式<br>$\alpha_r$  | 水路式<br>$\alpha$ | 回転式<br>$\alpha_r$ | 水路式<br>$\alpha$ | $\alpha^*$ | $\alpha^*$ |
| 岩 種  | 粒 径   |                    |                 |                   |                 |            |            |
| 泥岩   | 200mm | -0.00140           | -0.00140        | -0.00090          | -0.00050        | 1.00       | 0.56       |
| チャート | 200mm | -0.00070           | -0.00040        | -0.00030          | -0.00007        | 0.57       | 0.23       |
| 花崗岩  | 200mm | -0.00008           | -0.00004        | -0.00008          | -0.00004        | 0.50       | 0.50       |
| 安山岩  | 200mm | -0.00010           | -0.00001        | -0.00010          | -0.00001        | 0.10       | 0.10       |

注)  $\alpha^* = \alpha / \alpha_r$

同表より、1. 変換率を用いて回転円筒から、水路での破碎摩耗係数に変換可能であること、2. 岩種毎に変換率が異なることがわかる。

#### 6 おわりに

本報告では、岩種毎の大礫の破碎摩耗特性とロサンゼルス試験機を用いた場合の破碎摩耗係数を変換率を用いて水路での破碎摩耗係数に変換できることを示した。今後は、河床砂礫の流下に伴う破碎摩耗現象を考慮した流砂計算を検討してゆくつもりである。