

## 1 はじめに

桜島の野尻川中流域では、一般に河床幅は相当広いが、実際に土石流が流れているのはその中の一部の断面内に限られている。このように土石流の流水断面幅よりも河床幅の方が広い場合、土石流が及ぼす河床堆積物内へのせん断力については分散が起こるのではないかと考えられる。したがって本研究では、模型水路を用いて、水路堆積物層内のせん断応力を測定し、その分散特性を実験的に明らかにすることを試みた。

## 2 実験方法

実験装置は図-1(a)に示すように全長8mの水路に、長さ1.5mにわたって同図(b)に示すような上幅20cm、底幅12cmに縮小した断面部分を付け、このうちの下流側部分50cmには砂を充填し、この砂層内にせん断応力測定板を設置したものである。水路は上端から6mの区間を土石流発生～流下区域とし、しかもこの区間は、堆積層の厚さ7.5cmの地表面と同じ高さを保つように底面をそれ以下の水路底面より7.5cmだけ高くした。使用材料の砂の平均粒径は0.35mm、比重は2.63、内部摩擦角

は $36^\circ$ である。またせん断応力測定板は地表面(0cm)、地面下1.5cmと3.0cmの3ヶ所に設置した。なお堆積層の砂が流水により侵食されるのを防止するため、表面粗度の大きな金属板(砂層表面ですべらないように金網を貼ったもの)で被覆した。また水路上端から4mと7mの2点に土石流通過感知センサーを設置し、3m区間の平均流速を求めた。土石流発生区域には平均粒径1.8cmの軽石を厚さ5cm、長さ約2mにわたって敷き詰めた。

実験は前期流量として $0.361\text{ l/sec}$ の一定量を与えておきながら、これにさらに水路上端から10lのみずを一挙に放水して、土石流段波を発生させ、これが図-1(b)に示す水路内堆積物上を流下するときのせん断応力を測定した。さらに土石流が堆積物上を運動するときの動態を16mm高速度カメラで毎秒100コマの速度で、水路側面より撮影し、このときの水深を測定した。また濃度は水路下端において土石流段波到達時の試料の一部を採取して測定した。

## 3 実験結果

深さ別の堆積層内のせん断応力および土石流段波水深の経時変化の状況を図-2に示す。また深さ

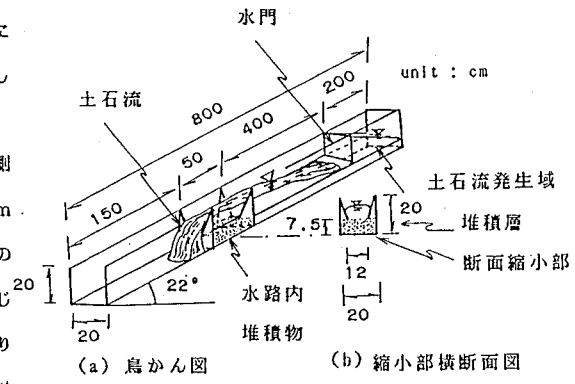


図-1 模型水路

別の最大せん断応力、流速、濃度を一括して表 表-1 土石流の流速、濃度と深さ別のせん断応力-1に示す。さらにに砂層内におけるせん断応力(最大値)の分布状況を図-3に示す。

| 実験<br>No. | 実測せん断応力 ( $\sigma/\text{cm}^2$ ) 深さ別 |        |        | 土石流流速<br>(m/sec) | 固相濃度<br>(%) | 容積濃度<br>(%) |
|-----------|--------------------------------------|--------|--------|------------------|-------------|-------------|
|           | 0cm                                  | -1.5cm | -3.0cm |                  |             |             |
| RUN. 1    | —                                    | 0.26   | 0.17   | 2.93             | 43.75       | 58.80       |
| RUN. 2    | 2.03                                 | 0.47   | 0.42   | 3.45             | 37.84       | 52.76       |
| RUN. 3    | 3.00                                 | 0.20   | 0.16   | —                | 41.27       | 56.32       |
| RUN. 4    | —                                    | 0.52   | 0.21   | 2.70             | 37.41       | 52.31       |
| RUN. 5    | 2.73                                 | 0.41   | 0.18   | 3.16             | 49.30       | 64.08       |
| RUN. 6    | —                                    | 0.56   | 0.31   | 3.10             | 27.87       | 41.48       |
| RUN. 7    | 3.45                                 | 0.56   | 0.18   | 2.82             | 42.67       | 57.73       |
| RUN. 8    | —                                    | 0.48   | 0.41   | 3.08             | 38.96       | 53.94       |
| RUN. 9    | 1.54                                 | 0.59   | 0.57   | 3.23             | 35.56       | 50.31       |
| RUN. 10   | —                                    | 0.41   | 0.38   | 2.84             | 59.26       | 72.74       |
| RUN. 11   | —                                    | 0.63   | 0.68   | 2.88             | 52.00       | 66.53       |
| RUN. 12   | —                                    | 0.57   | 0.28   | —                | 55.56       | 69.64       |
| RUN. 13   | —                                    | 0.50   | 0.36   | 2.90             | 55.77       | 69.82       |
| RUN. 14   | 2.39                                 | 0.48   | 0.24   | 1.65             | 33.33       | 47.85       |
| RUN. 15   | 2.46                                 | 0.90   | 0.32   | 3.17             | 38.36       | 53.31       |
| RUN. 16   | 3.69                                 | 0.80   | 0.38   | 2.97             | 38.67       | 53.63       |
| RUN. 17   | 3.75                                 | 0.50   | 0.28   | 3.05             | 36.62       | 51.46       |
| RUN. 18   | 3.24                                 | 1.05   | 0.44   | 2.97             | 33.87       | 48.45       |
| RUN. 19   | 2.76                                 | 0.61   | 0.62   | 3.24             | 36.23       | 51.04       |
| RUN. 20   | 2.95                                 | 0.76   | 0.34   | 2.75             | 32.14       | 46.50       |
| RUN. 21   | 2.22                                 | 0.78   | 0.53   | 3.30             | 38.81       | 53.78       |
| 平均        | 2.79                                 | 0.57   | 0.36   | 2.96             | 41.20       | 55.83       |

#### 4 考察

土石流が流下するときには河床表面にあるせん断力( $\tau_0$ )が作用するが、これが砂層内で分散し、ある深さのところでは $\tau$ になったものとする。このとき $\tau_0$ と $\tau$ の間にはつぎの関係式が成立するはずである。

$$A\tau_0 = A\tau \quad \text{----- (1)}$$

ここに $A_0$ は堆積層表面における力の作用面積であり、 $A$ は深さ $H$ における力の作用面積である。一般に $A$ は力の作用面における作用幅の2乗に比例すると考えられているからつぎのように表される。

$$A/A_0 = (B/B_0)^2 \quad \text{----- (2)}$$

ここに $B$ は深さ $H$ における力の作用面の幅であり、 $B_0$ は地表面における作用幅である。(1)式と(2)式より

$$\tau = (B_0/B)^2 \tau_0 \quad \text{----- (3)}$$

一方ここで単純に力がある一定の角度で広がるとすれば $B$ と $H$ はつぎのような関係式となる。

$$(1/2)(B - B_0) \tan \beta = H \quad \text{---- (4)}$$

$$\therefore B = \{ (2H / \tan \beta) + B_0 \} \quad \text{---- (5)}$$

ここに $\beta$ は力の作用線の広がり角度である。

(5)式を(3)式に代入すると

$$\tau = \tau_0 / \{ 2(H/B_0)(1/\tan \beta) + 1 \}^2 \quad \text{----- (6)}$$

一般に $\tan \beta \approx 1$ とされているので<sup>1)</sup>、ここで(6)式に $\tan \beta = 1$ を代入して、これをグラフに描いたものが図-3の実線である。同図から明かなように計算値よりも実験値の方がかなり小さくなっている。これは恐らく壁面摩擦の影響が現れているためと考えられる。

#### 5 おわりに

水路床幅が土石流の流水断面幅よりも広い場合、水路堆積物層内のせん断応力は実験値の方が計算値よりもさらに小さくなる傾向が見られたが、ある程度その分布特性を明らかにすることができた。

引用文献 1) 浅川等：土質工学、pp. 262~264、障国社

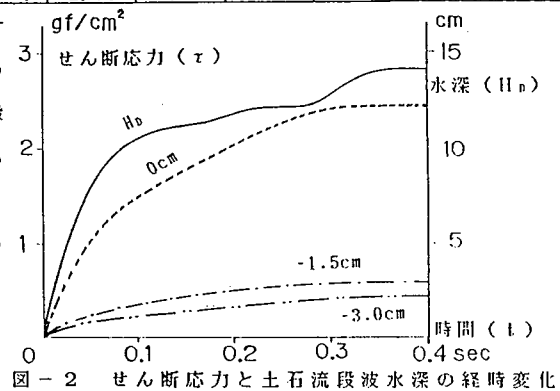


図-2 せん断応力と土石流段波水深の経時変化

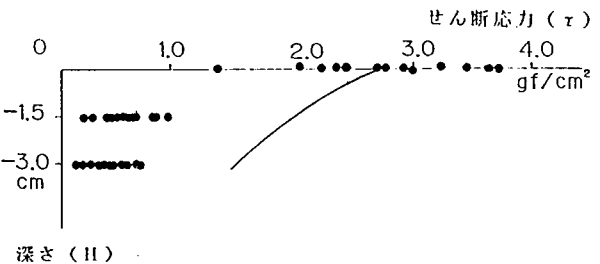


図-3 深さ方向のせん断応力分布