

宮崎大学農学部 ○谷口義信・高橋正佐

1 はじめに

土石流を防災的観点からみれば、衝撃力によるダムや河床の破壊、流路工や護岸の破壊・摩耗など、種々に緊急な解決を迫らねばならない問題がある。河床の洗掘や流路工底面の摩耗破壊防止なども土石流対策にとっては重要な研究課題の一つであろう。このような観点から、本研究は実際の土石流による流路工底面の摩耗や河床の低下機構などを解明すべく、特に土石流段波が河床堆積物上を通過するとき、この堆積物層内にはどのようなせん断応力が発生するのを実験的に把握、解明しようとしたものである。

2 実験装置および実験方法

実験装置は図1に示すように長さ8m、幅および高さ20cmの側面透明アクリル板から成る鉄製水路に土石流発生部と堆積層内のせん断応力測定部を取付けたものである。水路は上端から6mの区間にわたって底面を75cmだけ高くし、この区間において土石流を発生させるようにした。75cmの段差部下端には図2

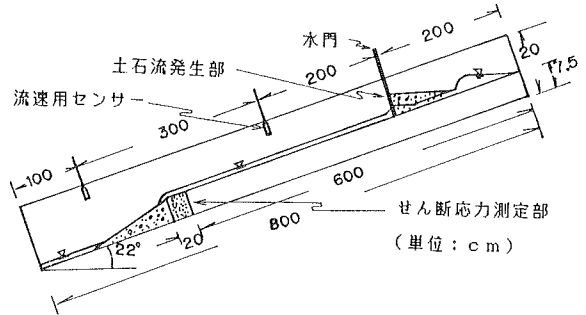


図1 実験装置概略図

に示すせん断応力測定装置(図1のせん断応力測定部)を取付けた。同装置(ボックス)内には平均粒径0.35mm、比重2.63の砂を充填し、同砂層内には地表面から0cm、1.5cm、3cmの位置にせん断応力測定板を設置した。これは縦4cm、横3cmの金属板に接着剤を用いて砂層内の砂と同材料の砂を付着させ、摩擦抵抗を大きくしたものであり、さらに同金属板は細いワイヤー

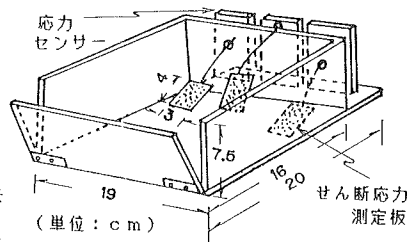


図2 せん断応力測定装置

でボックス外の応力センサーに接続した。なおボックス内の砂層が土石流段波到達前の流水により侵食されるのを防止するため砂層表面を金属板で全面保護被覆した。ただし同保護板は表面粗度を著しく大きくし、土石流および砂層との接触面ですべりを起こさないようにすると同時に、上下方向の移動は自由になるようにした。すなわち土石流はボックス内の砂層上を流下するとき、この保護板を下流方向にひきずるが、これによって下層の堆積砂層内にはせん断応力が発生する。流速は水路上端から4mと7mの位置に土石流通過感知センサーを設置し、これにより測定するようにした。

実験はまず前期流量として定常流水0.65 l/secを与えおき、これに水路上端から7lの水量を一挙に与えて静水段波を発生させ、これが土砂を取込んで土石流段波を形成させるようにし、同段波が図1に示すせん断応力測定部を流下するときの砂層内の応力を測定する方法で行った。なお土石流の流

動形態は16mmの高速カメラを用いて毎秒100コマの速度で水路側面より撮影した。また濃度は水路下流端において段波到達時の試料の一部を採取して測定した。

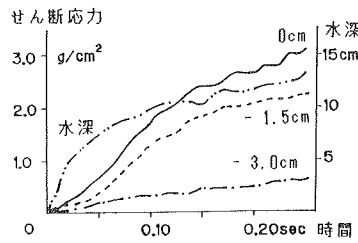


図-3 せん断応力と水深

表-1 せん断応力, 流速, 濃度

実験番号	せん断応力 (g/cm ²)			土石流流速 (m/sec)	質量濃度 (%)	容積濃度 (%)
	0cm	1.5cm	3.0cm			
1	3.200	1.608	—	2.01	38.20	53.15
2	3.300	—	—	1.58	38.75	53.73
3	3.390	3.000	0.512	1.55	32.00	46.34
4	3.140	—	0.550	1.44	38.78	51.63
5	2.957	1.083	0.790	1.73	47.94	62.82
6	2.782	0.958	0.462	1.70	43.24	58.29
7	1.686	—	0.405	2.21	53.33	67.74
8	2.606	2.548	0.348	2.31	36.49	51.30
9	4.819	4.717	0.261	2.01	35.94	50.72
10	4.500	1.780	0.600	1.84	37.50	52.38
11	3.930	1.650	0.050	1.86	55.17	69.30
12	3.790	1.960	1.330	2.24	33.61	48.14

3 実験結果

土石流段波の水深と地表面から0cm, 1.5cm, 3.0cmの深さにおけるせん断応力の時間的変化の状況を示したのが図-3である。また各深さにおける最大せん断応力, フロント流速, 濃度を一括して表-1に示す。このときの最大せん断応力と深さとの関係を示したのが図-4である。

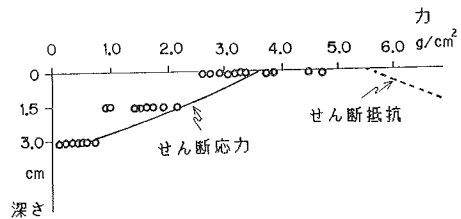


図-4 深さによるせん断応力とせん断抵抗

4 考察

土石流段波が流下するときの河床堆積物層内におけるせん断応力とせん断抵抗については、河床表面から深さHにおける砂層内の垂直応力が $\sigma = (\gamma_s H_D + \gamma H) \cos \theta$ であるから (1) 式のようになる。ここで (1) 式の

$$\tau = c + (\gamma_s H_D + \gamma H) \cos \theta \tan \phi \quad \text{----- (1)} \quad \tau = 3.91 + 0.98 H \quad \text{----- (2)}$$

cを0として、さらに本実験における諸条件を入れ、整理したものが(2)式である。ここに θ は水路勾配, ϕ は土砂の内部摩擦角であり (本実験では $\theta = 22^\circ$, $\phi = 36^\circ$), (2)式を表示したものが図-4の破線である。なお同図の実線は実験値と結んだ曲線であり、砂層内に生じたせん断応力である。同図から明らかになるように、本実験における土石流ではせん断応力よりもせん断抵抗の方が大きく、砂層は土石流によるせん断されない。すなわち土石流のせん断による河床堆積物の移動 (河床低下) はほとんど起らないと言える。しかし前述したように、本実験では土石流と砂層は完全に板で仕切られており、したがって図-4では砂層が水を含んだ場合の影響は全く考慮されていない。すなわち(2)式は純粋に土石流のみによる堆積層のせん断抵抗を考えた式である。しかし実際には水の影響が現われるので、砂層内の有効応力は減少し、(2)式の右辺第1項の値は次第に小さくなり、図-4に示す(2)式のグラフは左方に移動し、せん断応力の曲線と交わるようになる。このとき両曲線の交点から上の厚さの土砂層が不安定となって移動し、その結果河床低下が起こるものと考えられる。

5 おわりに

土石流段波による堆積層のせん断について実験値を主体に検討し、ある程度その実態をつかむことができた。ただせん断応力の計測には種々の問題があり実験には今後更に改良を期する必要がある。