

砂防鋼構造物研究会 ○井上 隆太・石川 信隆  
 防衛大学校 林 建二郎  
 (財)建設技術研究所 長谷川 祐治  
 京都大学大学院 水山 高久

1. はじめに

砂防えん堤の設計で用いる土石流荷重としては、礫衝突荷重と土石流流体力があり、後者に関しては静的荷重として作用させている<sup>1)</sup>。しかし、土石流は水と礫が混在していることから、衝撃的に流体力が作用する場合を考えた。著者らは、これまで土石流モデルとして清水のみ<sup>2)</sup>や礫+土砂+清水<sup>3)</sup>を用いて土石流流体力の測定実験を行ってきたが、ここでは、桜島産軽石(通称ボラ)を用いた土石流流体力の測定実験について報告するものである。

2. 実験方法

実験に用いた水路は、幅 10cm で水路床には 1.4mm の砂がはりつけてあり、粗度は  $n=0.016$  となっている。水路勾配は 10 度と 17 度とし、土石流の材料には桜島産軽石(ボラ)を用いた。測定は、図-1 に示すように分力計(固有振動数 700Hz)に砂防えん堤モデルとしてアルミ溝形鋼の受圧板(固有振動数 43Hz)を設置し荷重を測定した。流下するボラの輸送濃度を測定するため、受圧板をはずした状態で同様の実験も行い、水路下流端にて輸送濃度の測定を行った。実験方法は、次の 3 通りの方法で行った。(a) タイプ A(自然流下型で勾配 10 度) :

水路床にあらかじめボラを敷きならしておき、上流端より一定水量(1.50/s)を供給することで、ボラを自然に流下させた。

(b) タイプ B(湛水後決壊型) : 水路勾配 10 度で土砂を天然ダム形状に仕切板で盛り、湛水させたのち仕切板をはずして土石流を発生させた。(c) タイプ C(自然流下型で勾配 17 度) : タイプ A と同じで水路勾配を 17 度とした場合である。これらの実験様子をビデオ撮影し、画像から平均流速を算出した。

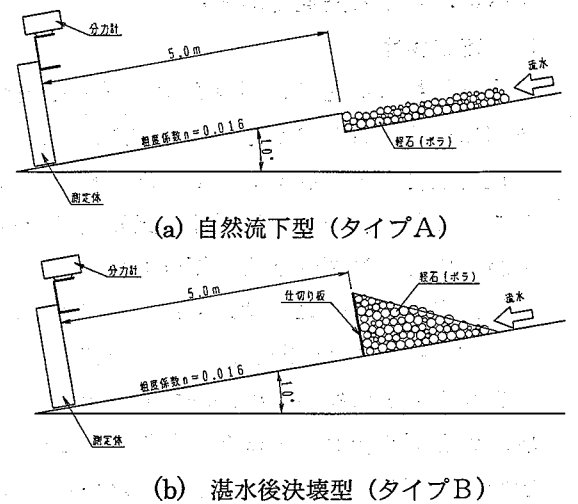


図-1 実験水路概要図

3. 実験結果および考察

3.1 測定流体力(ピーク荷重とピーク後一定荷重)について

図-2 の荷重-時間曲線からピーク荷重とピーク後一定荷重(ピーク荷重以後のほぼ一定となる荷重)を求めると表-1 の左欄に示すような値が得られる。

表-1 測定結果と設計流体力

ケース (タイプ)	測定値				設計流体力 $F = \rho Av^2$				
	ピーク荷重 $F_{max}(N)$	ピーク後一定荷重 $F_0(N)$	比 $F_{max} / F_0$	立ち上がり時間 $t_r(sec)$	流速 $v$ (m/sec)	水深 $h$ (cm)	$F$ (N)	比 $F_{max} / F$	比 $F_0 / F$
1 (B)	112.2	80	1.4	0.098	2.54	11.6	84.6	1.3	0.95
2 (A)	63.9	38	1.7	0.078	1.60	13.4	38.8	1.7	0.98
3 (A)	82.7	47	1.8	0.092	1.84	12.9	49.4	1.7	0.95
4 (A)	89.2	48	1.9	0.070	1.84	13.0	49.7	1.8	0.97
5 (C)	45.4	38	1.2	0.112	1.71	13.0	43.0	1.2	0.88

表一より、以下のことが考察される。

- (1) タイプAの(ケース2, 3, 4)のピーク荷重とピーク後一定荷重の比  $F_{max} / F_0$  は約 1.7—1.9 倍となり、衝撃的な荷重を示すことが認められた。これは、ボラが当初浮き上がって先頭流となり、段波を形成して受圧板に衝突したためと思われる。
- (2) タイプC(ケース5)は  $F_{max} / F_0 = 1.2$  で、水路勾配を 10 度から 17 度にしたが、ピーク値が現れず衝撃的な流体力が現れないことがわかった。この原因は、急勾配としたためかえって浮き上がった先頭流のボラが速度を増して流下したため、段波形状にならなかったためと思われる。
- (3) タイプB(ケース1)の場合は  $F_{max} / F_0 = 1.4$  であるが、写真一(a)のように段波を形成していなかった。
- (4) 立ち上がり時間は、タイプC(ケース5)を除いて 0.1 秒以下であった。

### 3.2 設計流体力との比較について

図-2の太線および表一の右欄に設計流体力の値を示した。なお、設計流体力は平均流速、平均水深および密度(ボラの輸送濃度が 0.44 であったので、 $\rho = (\text{ボラ } 1.29 \times 0.44) + (\text{水 } 1.00 \times (1 - 0.44)) = 1.13 \text{g/cm}^3$ )を用いて求めた。すなわち、表-1より

- (1)  $F_0 / F$  はほぼ 1.0 であり、設計流体力の値は、ピーク後一定荷重とほぼ一致することが確認された。
- (2) タイプAの場合、ピーク荷重  $F_{max}$  と設計流体力  $F$  との比  $F_{max} / F$  が 1.7—1.8 倍となり、設計流体力より大きなピーク荷重が作用することが確認された。これは、土石流流体力が衝撃的に作用する場合には、瞬間的に設計流体力の 1.7—1.8 倍の力が砂防えん堤に働くことを意味している。

### 3.3 衝突寸前のボラの堆積状況

写真-1は、ボラが受圧版へ衝突寸前の状況を示したもので、タイプAの場合にはほぼ段波形状を呈していることがわかる。これは、前述したとおり、軽石の浮き上がりと底面の摩擦により先頭流の流れの抵抗を増加させ、段波状を形成したものであると思われる。しかし、タイプB, Cではくさび形状となった。よって、段波状を形成するためには、ある条件が必要であることがわかった。

## 4. むすび

本研究では、ボラを用いて衝撃的土石流流体力の測定

を試み、段波形状を現出させることが可能であることがわかった。今後、本実験を粒子法などの計算シミュレーションによりさらに検討するとともに、実際の現場で衝撃的流体力が現出する可能性の条件についても検討する予定である。

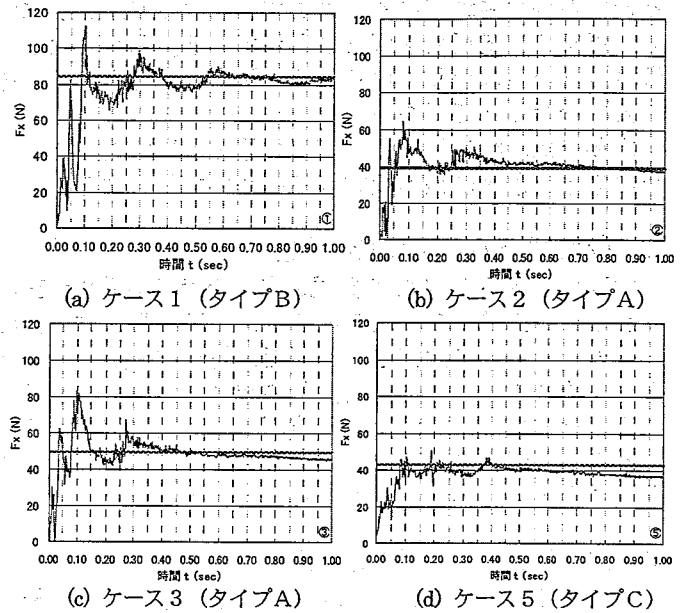


図-2 荷重—時間曲線 (太線: 設計流体力)

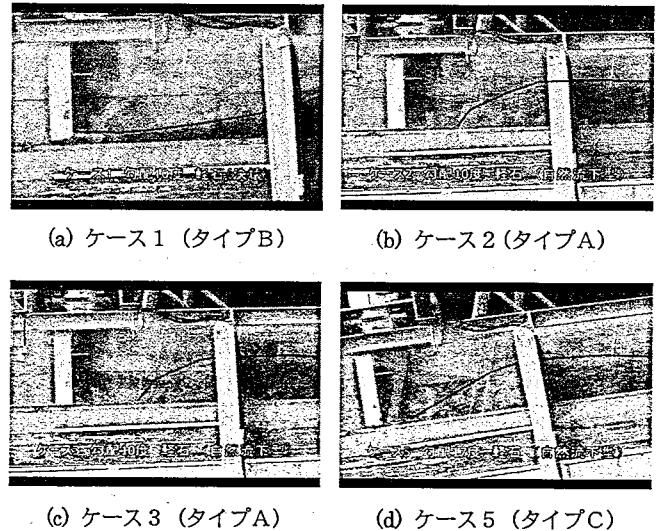


写真-1 衝突寸前のボラの堆積状況

### 参考文献

- 1) 水山高久;砂防ダムに対する土石流衝撃力の算定とその問題点、新砂防、112, pp. 40-43, 昭和 54 年 8 月
- 2) 石川信隆、林建二郎、嶋丈示、水山高久;砂防えん堤モデルに作用する衝撃的流体力の測定実験について、平成 18 年度砂防学会研究発表会概要集、pp. 226-227, 平成 18 年 5 月
- 3) 石川信隆、井上隆太、林建二郎、長谷川祐治、水山高久;土石流モデルを用いた衝撃的流体力の測定実験について、第 8 回構造物の衝撃問題に関するシンポジウム論文集、土木学会、pp. 199-204, 2006 年 11 月