

土石流内の比重や粒径の影響が与える作用荷重に関する検討

防衛大学校 学生会員 ○百々正晶 渡邊大貴 正会員 堀口俊行

1. 緒言

近年、異常気象の影響で大規模な土石流が発生しており、砂防構造物の損傷が多く報告されるようになった。砂防構造物の設計荷重は、土石流流体力と堆砂荷重等を加えた荷重分布モデルで推定されている¹⁾。設計荷重は、土石流内に混在している礫や土砂の影響を受けるのではなく、計画された土石流の比重を用いて決定されている。高橋²⁾の土石流濃度を基にして、土石流流体力の式を用いている疑似的な比重で設計荷重が変化するため、実際の土石流の運動形態を考慮したものではない。そのため、土石流内の比重の変化や流下形態の違いによって作用荷重に与える影響については明らかになっていない。さらに、土石流内の濃度に影響を与える礫の形状や粒径分布について検討されていない。

そこで本研究は、不透過型砂防堰堤に対して土石流衝突実験を行い、土石流中の礫の比重および粒径分布の違いが作用荷重に与える影響について実験的に検討するものである。

2. 実験の概要

2.1 荷重計測要領

図-1に示す実験水路は、水路長4.4m、幅0.3m、深さ0.5mである。土石流発生時に段波形成を促すために、底面に棧粗度といわれる底面粗度(幅10mm、高さ5mm、設置間隔20mm)を設置した³⁾。なお、勾配は、土石流区間を想定した勾配($\theta=10^\circ$)とした。

2.2 堰堤モデルと荷重計測の要領

図-2に堰堤モデルを示す。図-2(a)に示すように、堰堤高さは150mm、受圧板は幅270mm、高さ25mm、厚さ10mm、比重7.9のステンレス板を5個使用している。図-2(b)に示すように、堰堤前面部全体の荷重は、計5個の受圧板から作用する荷重である。堰堤の各高さに作用する荷重は、各高さに設置した2個のロードセルにより計測した荷重の合計値である。ロードセルの応答周波数は3.7kHzであり、サンプリング周波数は100Hzとした。また、全てのロードセルはユニバーサ

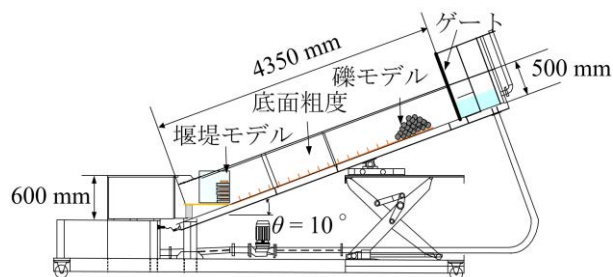
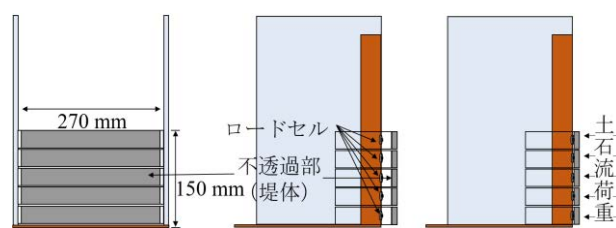


図-1 実験水路



(a) 受圧部 (b) 荷重計測部

図-2 堰堤モデル

表-1 実験ケース

Case	土石流モデル		
	粒径	体積 $V_g(L)$	質量 $M_g(kg)$
1	ガラス玉: 30 mm	10.5	27.3
2	$d_c: 15.2 L$	15.2	27.3
3	$d_c: 10.5 L$	10.5	18.9
4	$d_A: 4.5 L, d_B: 3.0 L, d_C: 3.0 L$		
5	$d_A: 3.0 L, d_B: 4.0 L, d_C: 1.5 L, d_D: 2.0 L$		
6	$d_A: 4.5 L, d_B: 4.0 L, d_C: 2.0 L$		

※固化石炭灰: $d_A = 5-15$ mm, $d_B = 15-25$ mm, $d_C = 25-35$ mm, $d_D = 35-60$ mm

ルレコーダー(EDX-100A)と接続されている。受圧板の両端をスライダで固定することにより、水平方向に摩擦が生じないように工夫している。受圧板の間隙を閉塞するため、防水性シートを張り付けている。

2.3 実験ケース

表-1に、実験ケースを示す。Case-1~2では、礫モデルの比重が作用荷重に与える影響について検討する。Case-3~6では、礫モデルの粒径分布が作用荷重に与える影響について検討する。Case-2は、Case-1で使用するガラス玉と同質量 $M_g = 27.3$ kgの礫モデルを使用し、Case-3, 4では礫モデルの体積を $V_g = 10.5$ Lとした。図-3に示すように、文献⁴⁾を参考にCase-5を決定し、単

一粒径および大粒径の礫径を多く入れた粒径分布を採用した。各々の実験ケースは、合計6ケースについて5回ずつ実験を実施した。

3. 実験結果

3.1 礫比重の影響

図-4(a)に、Case1~2における荷重~時間関係を示す。なお、土石流が堤体に衝突する直前を $t = t_0$ sとしている。Case-1~2の最大荷重 P_{max} は、それぞれ $P_{max} = 80.0$ N, 122.2Nであった。流速 v は、それぞれ $v = 1.27$ m/s, 1.36 m/sである。比重の大きなガラス玉は、固化石炭灰に比して流速が遅いが大きな差はない。しかし、最大荷重は40 N程度差がある。これは流れてくる礫材の体積による影響が大きいことがわかる。図-5に全実験ケースの最大荷重 P_{max} の作用時における荷重分布を示す。Case-2に比してCase-1は、下段に集中的に荷重が作用している。

3.2 礫の粒径分布の影響

図-4(b)に、Case-3~6における荷重~時間関係を示す。これらも同様に、土石流が堤体に衝突する直前の時刻を $t = t_0$ sとしている。Case-3~6の最大荷重 P_{max} は、108.2 N, 92.3 N, 102.5 N, 88.1 Nである。大粒径粒子を多く含むCase-3が最も大きい結果となった。このことより、土石流中の大粒径粒子の存在が衝撃的な荷重を発生させる要因であることが示唆される。図-5を見ると単一粒径のCase-3に比して、混合粒径のCase-4~6では段波を形成し、1段目よりも2, 3段目の作用荷重が大きいことがわかる。

4. 結論

本研究は、土石流中の礫の比重および粒径の影響が与える土石流荷重に及ぼす影響について検討したものである。

- 1) 土石流荷重は、Case-1~2を比較すると土石流の総体積に影響を受けることが分かった。
- 2) 礫材が大きな粒径が含まれると土石流荷重が大きくなることが分かった。これより、礫衝突荷重における影響が考えられ、流体力と衝突力を合わせた評価式の検討が望まれる。

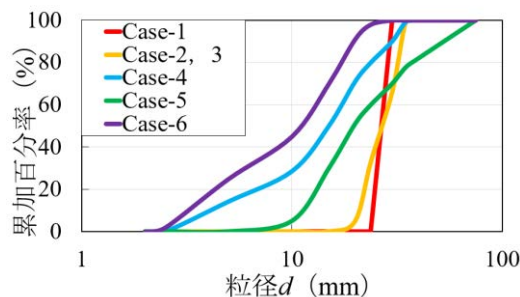


図-3 粒径分布

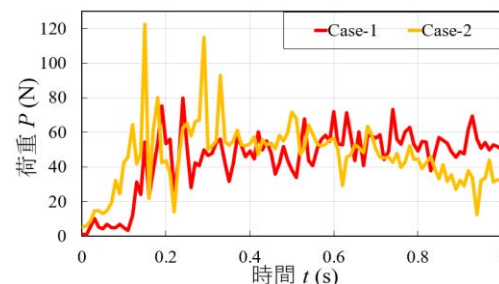


図-4(a) 荷重~時間関係 (Case-1~2)

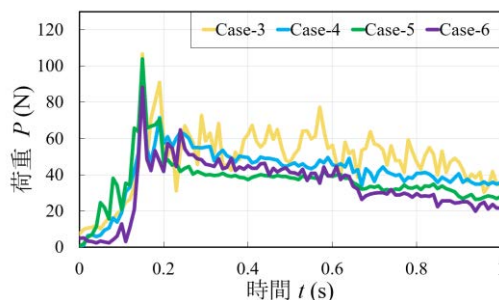


図-4(b) 荷重~時間関係 (Case-3~6)

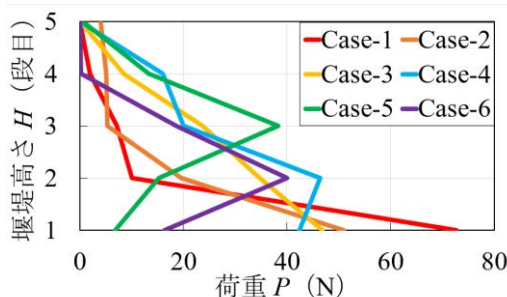


図-5 P_{max} 作用時における荷重分布

参考文献

- 1)大同敦之: 土石流が構造物に作用する衝撃力, 昭和 60 年度砂防学会研究発表会概要集, pp.104 -107, 1985.
- 2)高橋保: 土石流の機構と対策, 近未来社, pp.45-111, 2004.
- 3)足立昭平: 人工粗度の実験的研究—栈型粗度と溝型粗度, 京都大学防災研究所年報, Vol.4, pp.185-193, 1961.
- 4)渋谷一, 香月智, 國領ひろし, 大隅久, 石川信隆: 透過型砂防堰堤に作用する流木混じり土石流荷重に関する実験, 砂防学会誌, Vol.65, No.1, pp.54-61, 2012.