

砂防堰堤における礫材透水効果による衝撃水圧の基礎実験

防衛大学校 学生会員 ○立石 龍平 堀口 俊行 正会員 香月 智

1 緒 言

近年の気候変動や地球温暖化の影響により、局地的な豪雨や台風が頻発しており、大規模な斜面崩壊や土石流が増加傾向にある。そのため、多くの防災対策が行われており、その一つに砂防堰堤がある。中でも写真-1 に示すような透水性を有する礫中詰材を使用した不透過型砂防堰堤は、自然災害の対策工や複合堰堤¹⁾として多く見受けられる。しかし、現行の設計基準では、コンクリートで作られた水が抜け無い不透過型の設計荷重を基に土石流衝撃力の評価をしており、透水性を有する礫中詰材による影響が不明確なままとなっている。

そこで本研究は、水抜け無しの堰堤と水抜け有の礫中詰材を使用した堰堤に作用する土石流の衝突水圧を計測・比較することで堤体の透水効果を検討するものである。

2 実験の概要

図-1 に示す可変勾配型直線水路を用いた。これは、長さ 4.50m、水幅 30cm、高さ 50cm で写真-2 に示す堰堤モデルと分力計を設置した。

2.1 堰堤モデル

写真-2 に示す堰堤モデルは、高さ 150mm、幅 300mm、横幅 150mm である。木製枠の中に、比重 1.8、粒径 10～20mm の固化石灰炭を間隙率 0.80 で詰めている。そ

の際、礫が漏れないように金網を内側に張っている。

2.2 供試体

表-1 に示す土石流中の礫モデル供試体は、4 種類の固化石灰炭を混合したものである。粒径は、灰色（粒径 35～30mm）、緑色（粒径 25～20mm）、黄色（粒径 20～10mm）、赤色（粒径 10～5mm）である。それぞれの比率は、石礫型土石流の実験等で多く用いられる粒度分布を参考に決定した²⁾。

2.3 実験手順

実験は、水抜け無と水抜け有の 2 種類行い、それぞれの流水または土石流の衝突荷重を比較した。なお、不透過堤体のモデルとしては、水を通さないように前述の堰堤モデルの前面にプラスチックのシートを貼った。そのうえで、流水のみの実験は、2 ケースで流下距離 3.5m から流すケースと 2.0m から流すケースである。その際、流量の影響を検討するためそれぞれに、4.5ℓ、5.5ℓ、6.5ℓ の 3 ケース行った。次に、礫混じり土石流については、1.0m の位置に礫を置き、0.5m 程度敷均し、後方から水流を開放して礫を押し流すことで、堰堤に衝突させた。表-2 に実験ケースを示す。

3 実験結果

3.1 流水衝突力実験

図-3 は、水量 5.5ℓ の流水のみの衝突荷重～時間関係

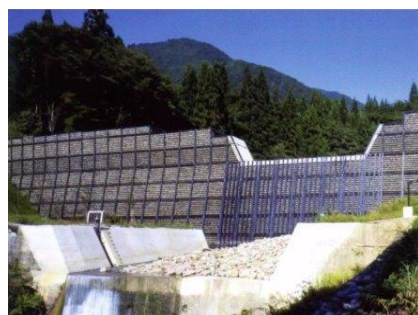


写真-1 鋼製枠砂防堰堤

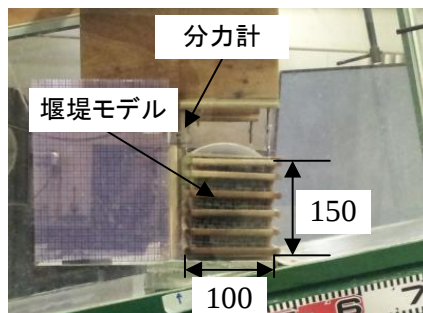


図-2 堰堤モデル (単位mm)

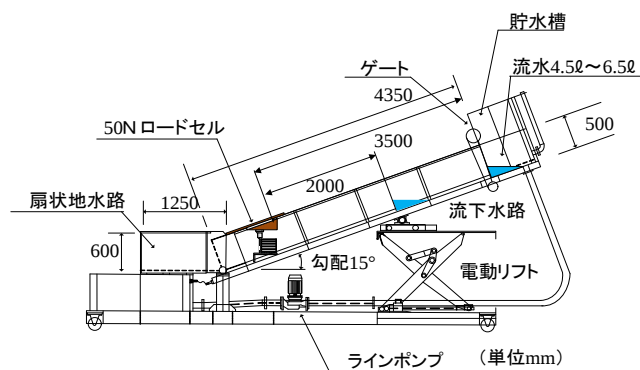


図-1 実験装置の概略

表-1 供試体

粒径(mm)	比重	体積(m ³)	色
35～30	1.8	0.75	灰色
25～20		1.5	緑色
20～10		1.5	黄色
10～5		1.5	赤色

表-2 実験ケース

条件	流量量(ℓ)	位置(m)	備考
水のみ	4.5	2.0 3.5	各 5 回
	5.5		
	6.5		
礫混じり	4.5	2.0	
	5.5		

キーワード 不透過型砂防堰堤, 捕捉率, 土石流

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校 建設環境工学科 TEL:046-841-3810 FAX:046-844-5913

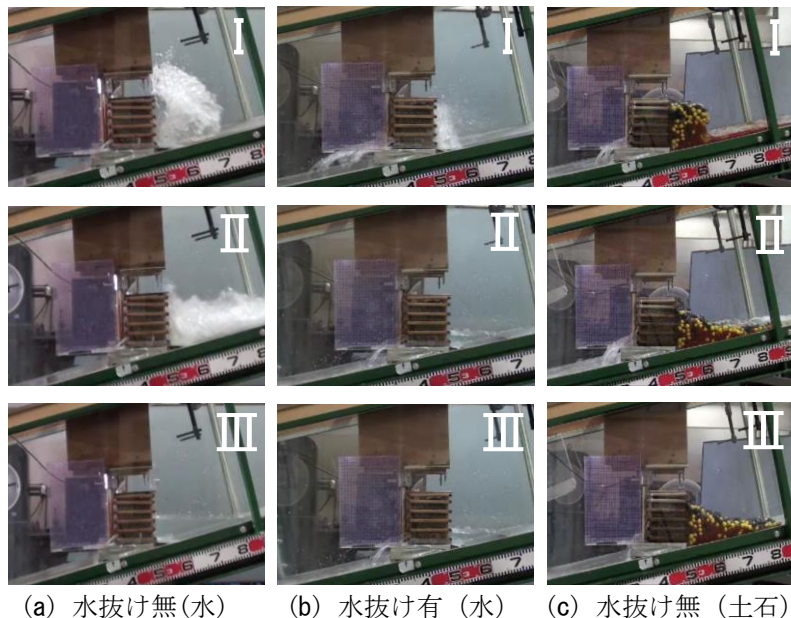


写真-3 各実験の運動状態

を、流下距離 3.5m と 2.0m の場合について、比較して示す。また、写真-3(a), (b)には図-3における時間区分 I, II, III に対応した状態を示す。領域 I は、最大衝撃荷重が計測されている状態である。水抜け無、距離 3.5m の場合では流水が堰堤に衝突し、水が大きく跳ね返っている。しかし、水抜け有の場合では、あまり跳ね返らずに一気に水抜けが生じていることがわかる。さらに距離を 2.0m にすると、全く跳ね返っておらず、明らかに水抜けが生じている。一方、領域 II では、水抜け無の場合において、跳ね返った水が泡となっている。しかし、水抜け有の場合は、そのまま安定状態となり、水が一気に抜け出している。領域 III は、水抜けの有無にかかわらず、ほぼ水面が安定し静水状態となる。次に、衝撃荷重における比較を行うと、最大が 33N に対して、水抜け有の場合は 23N であり、約 30% 低減していることがわかる。つまり、水抜け有では最大衝撃荷重が小さくなることがわかる。しかし、距離 3.5m と 2.0m を比較すると流下距離の違いによる影響はない。準静水圧状態については、5.5ℓ の水が貯水された場合の静水圧予測は、14.7N となった。図-3 に橙色の直線で示しているが、水抜け無の場合では、1.0 秒付近でこの値に達している。しかし、水抜け有の場合では、この静水圧に領域 II や III で達することはない。つまり、水抜けが同時に行われているので、静水圧に達することなく圧力が低減している。

3.2 礫混じり土石流衝突力実験

図-4 に礫混じり土石流の衝突荷重～時間関係を示す。まず、領域 I における衝突力は、水抜け無の場合と水抜け有 (5.5ℓ) の場合において、53～55N であり、3N 程度しか変わらない。また、水抜け有の場合で流量を 4.5ℓ に減じても同程度である。写真-3(c)に水抜け無の場合での土石の振る舞いを示している。まず土

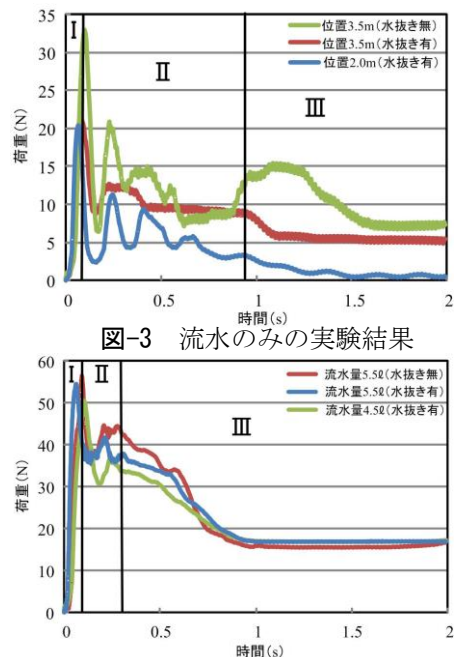


図-3 流水のみの実験結果

図-4 礫混じりの実験結果

石と水が堰堤に衝突した後、礫が堰堤の最上段まで跳ね上がり、礫それぞれが浮き上がっている。また、写真-3(c)の領域 I の状況を見ると、水と礫が同時に衝突するといっても、先頭部は礫が多く、水は遅れて達している。つまり、土石流では、礫成分が衝撃荷重を左右する要因であることがわかった。また、領域 II, III における推移は水抜け無の方がやや大きい。衝突後の振動はほとんど変わらない。つまり、水の有無による影響は小さく、土石の堆積土圧による影響が強いことがわかる。礫の堆積形状は、水抜け無の場合、礫間の水の影響により水平に堆積する。一方、水抜け有の場合、礫間の水が抜けるため礫間における締固めによりそのままの堆積状態を維持している。また、領域 II や III における荷重は、水抜け無の場合は静水圧と堆砂圧の合力、水抜け有の場合は堆砂圧のみであり、荷重の要因が異なることがわかった。

4 結 言

本研究は、礫中詰型堰堤における土石流の衝突力について、中詰材の透水効果の与える影響について検討したものである。

1) 流水のみの実験においては、水抜け有の場合は、水抜け無の場合に比べて最大衝撃水圧が 30% 程度小さくなる。

2) 礫混じりの実験においては、水抜け無の場合の方が、最大衝撃力がやや大きい。顕著な差異はない。

参考文献

- 1) 砂防・地すべり技術センター鋼製砂防構造物委員会：平成 21 年版 鋼製砂防構造物設計便覧，2010。
- 2) 香月智，澁谷一，大隈久，國領ひろし，石川信隆：個別要素法による透過型砂防堰堤の流木混じり土石流捕捉解析，土木学会論文集（応用力学），Vol.69, No1, pp16-29, 2013.4