

## 礫中詰型砂防堰堤に対する土石流の衝突荷重に関する実験

防衛大学校 学生会員 ○堀越涼汰 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、人災を未然に防ぐ手法として多くの対策が行われており、その一つに砂防堰堤が建設されている。中でも写真-1に示すような透水性を有する中詰材を用いた不透過型砂防堰堤は、自然災害の対策工<sup>1)</sup>として多く見受けられる。しかし、現行の設計基準では、不透過型砂防堰堤の設計荷重を基に代用して作られている。

そこで本研究は、不透過型砂防堰堤と礫中詰材を使用した砂防堰堤に作用する土石流の衝突荷重を計測し、比較することで水抜け効果における影響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は、長さ4.50m、水幅30cm、高さ50cmである。写真-2に、堰堤モデルと水路下流動に放置した分力計を示す。

## 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の間隙率0.80で固化石灰炭を詰めている。その際、礫が漏れ出さないように金網を内側に張っている。

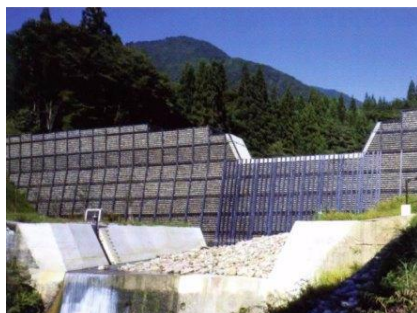


写真-1 鋼製枠砂防堰堤

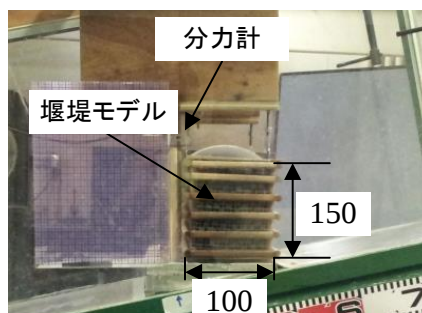


図-2 堰堤モデル (単位mm)

る。

## 2.2 供試体

表-1に示す土石流の礫に相当する供試体は、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<sup>2)</sup>。

## 2.3 実験手順

実験は、水抜け無の場合と水抜け有の場合の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するものである。なお不透過については、水を通さないように堰堤モデルの前面にプラスチックのシートを貼ってモデル化した。まず、流水のみの実験は、流下距離3.5mから流す場合と2.0mから流す場合の2ケースとした。その際、流水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、礫混じりについては、2.0mの位置に礫を置き、これの1.0m後方から水流を開放して礫を押し流し衝突させた。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

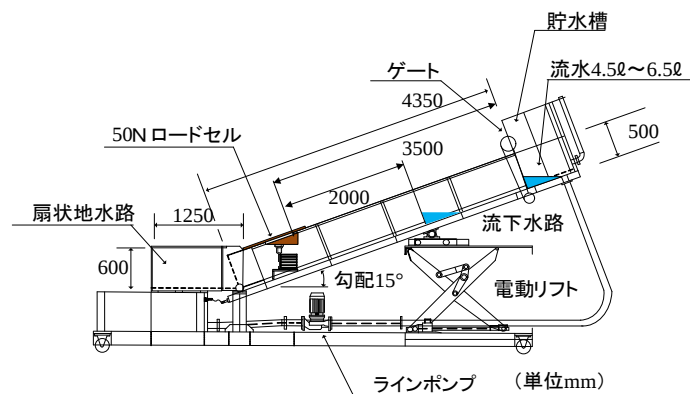


図-1 実験装置の概略

表-1 供試体

| 粒径(mm) | 比重  | 体積(m <sup>3</sup> ) | 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   | 流水量(ℓ) | 位置(m) | 備考  |
|------|--------|-------|-----|
| 水のみ  | 4.5    | 2.0   | 各5回 |
|      | 5.5    | 3.5   |     |
|      | 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

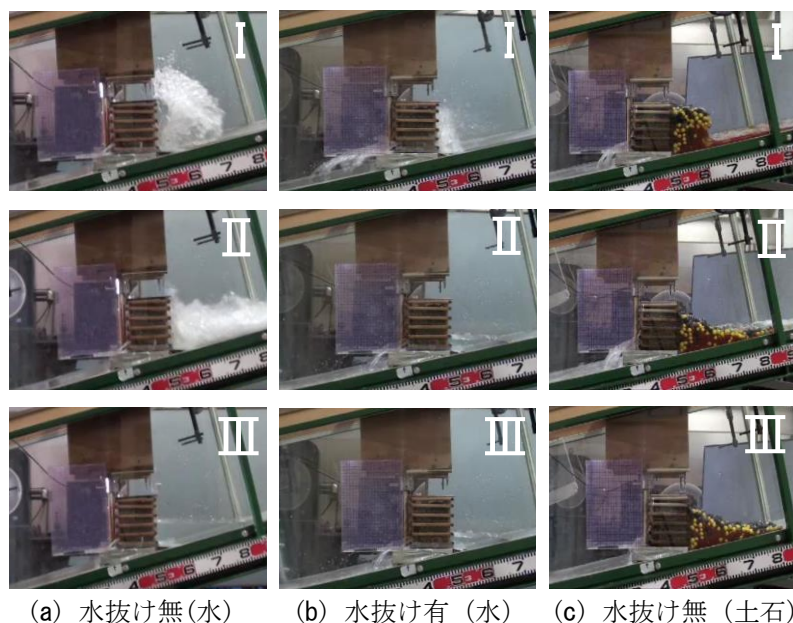


写真-3 各実験の運動状態

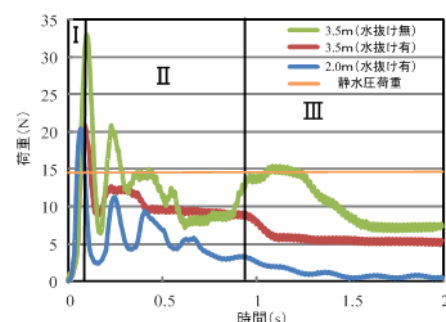


図-3 流水のみの実験結果

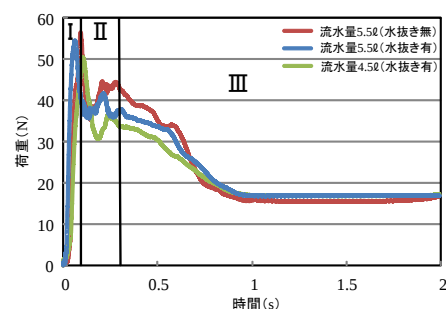


図-4 礫混じりの実験結果

を、流下距離 3.5m, 2.0m の場合についてそれぞれ比較して示す。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。水抜き無の場合、3.5m 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、水抜き有の場合では、あまり跳ね返らないだけでなく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。領域 II は、水抜き無の場合においては、跳ね返った水が泡となっている。しかし、水抜き有の場合は、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、水抜き無の場合でも、ほぼ水面が安定し静水状態となる。他の水抜き有では、静水状態で水が堰堤を抜けて漏れ出している。まず、衝撃荷重における比較を行うと、最大が 33N に対して、水抜き有の場合は 23N であり、約 30% 低減していることがわかる。つまり、堰堤表面に水抜けがあると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 を比較すると大きく影響はないことがわかった。次に、準静水圧状態についてであるが、5.5ℓ の水が貯水された場合の計算で求めた静水圧は、14.7N となった。図-3 に橙色の直線で示しているが、水抜き無の場合に 1.0 秒付近でこの値に達している。しかし、水抜き有の場合では、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徐々に小さくなっている。

### 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、水抜き無の場合と水抜き有 (5.5ℓ) の場合において、53～55N であり、

3～5N 程度しか変わらない。また、水抜き有の場合で流量を 4.5ℓ に減じて同程度である。写真-3(c)に、水抜き無の場合での土石の振る舞いを示している。まず土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き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、水の有無の原因もあるが、土石の堆積土圧が支配的であることがわかる。

## 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、中詰材の透水性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、水抜き有の場合は、水抜き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、水抜き無の場合の方が最大衝撃力がやや大きい、顕著な差異ではない。

## 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