

# 鋼製透過型砂防堰堤の肩部補強に関する実験的検討

防衛大学校 学生会員 ○小林 耀 小松喜治  
正会員 堀口俊行 香月 智

## 1 緒言

近年、局地的な集中豪雨や台風の直撃により山間地において洪水や土砂災害が多く発生している<sup>1)</sup>。特に、巨礫を含む土石流の衝撃破壊力は大きく、その被害を防ぐために図-1に示すような鋼製透過型砂防堰堤が設置されている。これは、土石流が発生した際に、土石流の先頭部に巨礫が集中する特性を利用し、捕捉するものである<sup>2)</sup>。これは、鋼製部と巨礫を合わせた土石流が直接鋼材に衝突することから、最近の被災例より、土石流の衝突により堰堤の一部が破損した事例も生じている。そのため、より強度を増した構造物を望まれており、既設構造物に対しての補強法の開発が求められている。

本研究は、既設の透過型砂防堰堤に対しての補強技術手法を提案するものである。その際、図-2に示すように、透過型堰堤の肩部に補強部材を取り付けた場合の転倒に関する抵抗力増加について検討するものである。

## 2 実験の概要

### 2.1 実験方法

実験は、図-3に示すようなヒンジで固定した堰堤供試体を作成する。その上で、図中にある重錘  $W$  を変化させることで抵抗モーメント ( $M_r$ ) を変えることが可能である。この関係を事前の準静的荷重実験で計測しておき、土石流を流下させることで、 $W$  の大小で転倒の有無を求めることができる。その上で、供試体に肩部補強をした場合の肩部にかかる衝撃荷重を計測することで、事前実験との抵抗モーメント ( $M_r$ ) と比較することにより補強効果を確認する。そのため、その補強部材に作用する荷重～時間関係を計測し、設計条件の基礎とするものである。

### 2.2 実験装置

#### 2.2.1 可変勾配型直線水路

図-4に示すような可変勾配型直線水路を用いて行った。本研究においては、可変勾配型直線水路の勾配を 11° に設定した<sup>1)</sup>。その際、堰堤供試体を平らかな水槽の部分に設置した。

#### 2.2.2 礫材

礫材の呼称粒径は、10 mm, 20 mm, 30 mm のものである。礫材の比重は 2.6 で合計 35 kg 分を用いており、堰堤に礫が捕捉されたときに満砂になるように決定した。

#### 2.2.3 堰堤供試体

写真-1に堰堤供試体を示す。堰堤高さは 270 mm、幅 300 mm である。側壁は、不透過部分を模している。また、堰堤と木材で作成した底面部分を蝶番で繋ぎ、土石流供試体が衝突すると転倒する。この際、堰堤供試体の後方の重錘重量を変えて実験を行った。また、肩部補強実験において肩部にかかる衝撃荷重を測定した。

### 2.3 実験要領

事前実験から抵抗モーメントを計測するために、ばね測りを用いて堰堤供試体の高さ 250 mm の場所で水平に荷重を作用させ、ダイヤルゲージが動き始めるまでを行い、抵抗モーメントを計測した。なお、重錘は重量 0~18 kg を用いて、計 19 ケースで行った。転倒実験では、土石流を衝突させて、堰堤供試体が転倒するかを確認した。土石流供試体は、堰堤供ら 0.3 m の高さまで貯めた水を前方の礫塊に流し込むことで生起させた。堰堤供試体が動いたことを確認するためにゲージを堰堤上端に設置している。

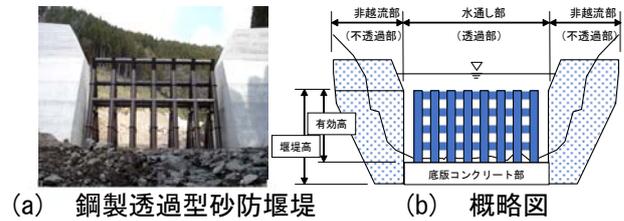


図-1 鋼製透過型砂防堰堤

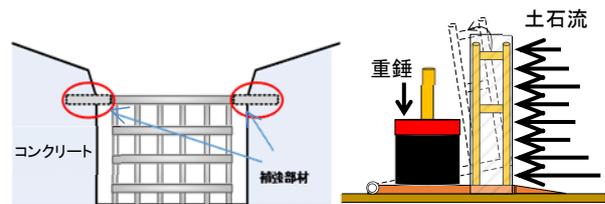


図-2 補強部材の位置 図-3 堰堤供試体の機構

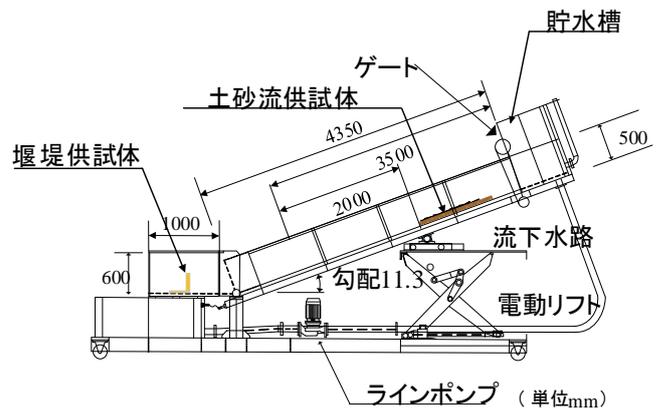


図-4 可変勾配型直線水路

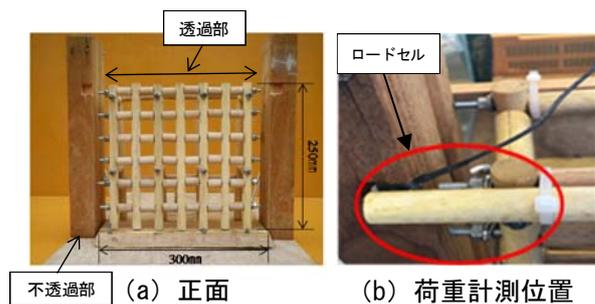


写真-1 堰堤供試体

一メントを計測した。なお、重錘は重量 0~18 kg を用いて、計 19 ケースで行った。転倒実験では、土石流を衝突させて、堰堤供試体が転倒するかを確認した。土石流供試体は、堰堤供ら 0.3 m の高さまで貯めた水を前方の礫塊に流し込むことで生起させた。堰堤供試体が動いたことを確認するためにゲージを堰堤上端に設置している。

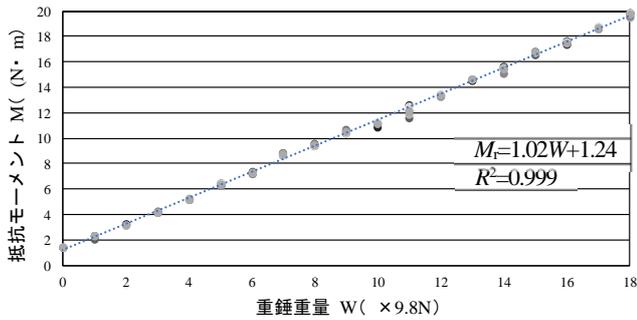


図-5 モーメント ( $M_r$ ) ~重錘質量関係 ( $W$ )

重錘質量 (kg)	1	2	3	4	5	重錘質量 (kg)	1	2	3	4	5
8	×	×	×	×	×	16	×	×	×	×	×
9	○	×	○	○	×	17	○	×	×	○	○
10	○	○	○	○	○	18	○	○	○	○	○

沉例  
 × 動いた  
 ○ 動かない

(a) 水のみ

(b) 水と礫

図-6 転倒実験結果

また、肩部補強実験では、ロードセルを用いて肩部補強部材に生ずる衝突荷重の反力を測定した。

3 実験結果

図-5 に供試体の抵抗モーメント ( $M_r$ ) ~重錘質量 ( $W$ ) 関係を示す。重錘質量が無い場合でも堰堤の質量により 1.39 N·m の抵抗モーメントがあり、重錘を 18 (×9.8N) と、20N·m の抵抗モーメントとなる比例関係である。

図-6(a)には、重錘質量を変化させて、水のみをの段波を衝突させた場合の転倒生起状況を示す。重錘質量  $W=8 \times 9.8N$  では、5回中5回で転倒している。一方、 $W=10 \times 9.8N$  では、5回中5回とも転倒しない。その中間である  $W=9 \times 9.8N$  では、5回中3回で転倒しておりこの水のみをの段波による荷重が生起する転倒モーメント ( $M_s$ ) は図-6の  $W=9 \times 9.8N$  に対応する 10.5 N·m であることがわかる。図-6(b)では、水と礫の土石流を衝突させた場合の結果を示す。これより、礫の段波の衝突では、 $M_s=19.7N \cdot m$  であることがわかる。

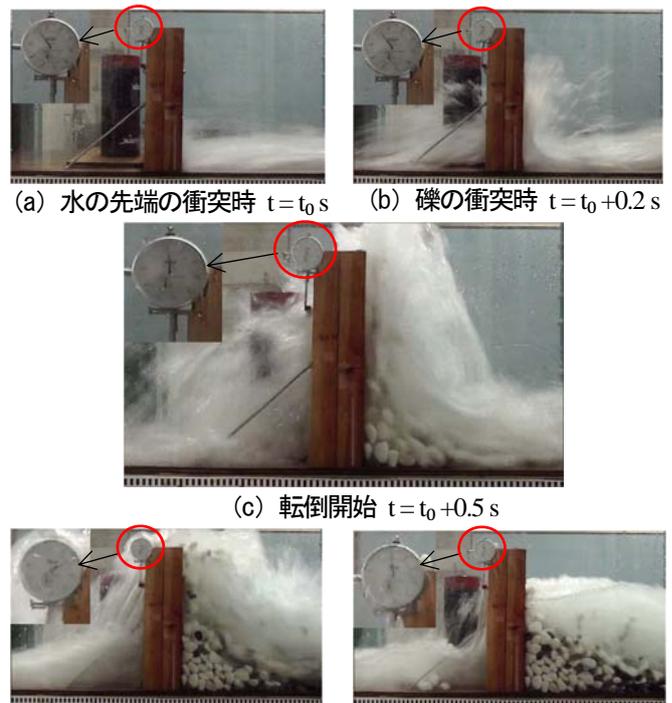
写真-2には、 $W=17 \times 9.8N$  における礫土石流の衝突経過を示す。写真-2(a)では、水のみをの波高が衝突しているが、浮き上がっていない。写真-2(b)の0.5sでは、礫が堰堤の頂上付近まで達しており、堰堤の浮き上がりを検知するダイヤルゲージが振れている。

図-7には、高さ~荷重関係を示している。これは、現行法を基に土石流分布荷重から算出している。また、土石流は高さ0.16mの位置まで達したときのものを求めると、堰堤にかかる衝撃荷重は、234 Nだとわかる。なお、衝撃荷重は等分布荷重とみなした。

肩部にコンクリート堰堤(写真-1の堰堤)にひっかかるように水平材を補強すると、重錘重量にかかわらず転倒を防止できた。なお、その際肩部補強材の反力の時間応答は図-8のようになり、その最大値は1.0sで38Nとなる。これを転倒モーメントから逆算した全荷重と比較すると約14%となる。

4 結言

本研究は、鋼製砂防堰堤に対する補強法として肩部に部材をいれることの効果を検討したものである。



(a) 水の先端の衝突時  $t=t_0$ s (b) 礫の衝突時  $t=t_0+0.2$ s

(c) 転倒開始  $t=t_0+0.5$ s

(e) 転倒復元  $t=t_0+1.0$ s (d) 転倒最大  $t=t_0+1.5$ s

写真-2 水と礫の衝突過程

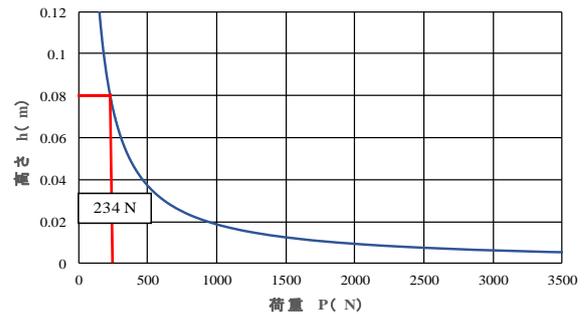


図-7 高さ~荷重関係

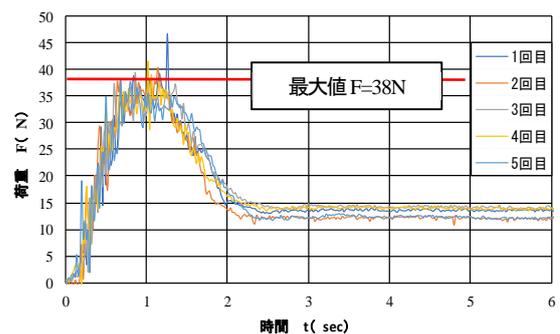


図-8 肩部補強反力

その結果、①肩部補強部材を取り付けることで、堰堤供試体が転倒しなくなる。②肩部補強部材には、堰堤が受ける衝撃荷重の約14%がかかることがわかった。

参考文献

- 1) 国土交通省中部地方整備局多治見砂防国道事務所: 梨子沢流域砂防堰堤に関する検討会, 2014.
- 2) 財団法人 砂防・地すべり技術センター 鋼製砂防構造物委員会編集: 平成21年版 鋼製砂防構造物設計便覧, エッセイエブ, 2010.