

既設堰堤と張出しタイプ流木捕捉工の荷重計測実験

防衛大学校 学生会員 ○渡邊大貴, 百々正晶 正会員 堀口俊行

1. 緒言

近年, 土石流に多くの流木が含まれており, その対策が求められている. 従来の不透過型砂防堰堤(以下, 不透過型と呼称する.) では流木を捕捉できないことから, 図-1, 図-2 に示すような張出しタイプ流木捕捉工(以下, 流木捕捉工と呼称する.) の設計¹⁾が提案されている. 筆者ら²⁾は, 流木捕捉工に作用する荷重計測実験を実施し, 流下形態によっては流木捕捉工に衝撃荷重が作用することを示した. しかし, 既設不透過部に作用する荷重については明らかになっていない.

そこで本研究は, 流木捕捉工を付与した既設不透過型に作用する荷重について明らかにし, 設計荷重と比較検討するものである.

2. 実験の概要

2.1 実験装置

図-3 に示す実験水路の諸元は, 水路長約 4.4 m, 水路幅 0.3 m, 深さ 0.5 m であり, 水路勾配 ($\theta=0\sim 20^\circ$) は任意に設定できる. 本実験では, 土石流区間とするため, $\theta=10^\circ$ とした. 図-4 は, 堰堤モデルであるが, 受圧板として幅 270 mm, 高さ 20 mm, 厚さ 10 mm, 比重 7.9 のステンレス板を 5 枚使用しており, 流木捕捉工モデルは複雑な形状の加工を容易にするため, PLA を材料として 3D プリンタで作成した. なお, 流木捕捉工の純間隔は, 流木長の 1/2 以下かつ最大粒径の 2 倍以上となるよう 40 mm とした¹⁾.

2.2 実験ケース

表-1 に実験ケースを示す. 粒径 $d=5-15$ mm の先行堆積礫モデルによって満砂とした堰堤モデルに対し, Case-1 では水+流木, Case-2 では水+流木+土砂を土石流として流下させた. 流木本数 n は, 礫モデルの体積に対して流木容積率 $K_w=10\%$ ³⁾となるように設定している. なお, 実験誤差を軽減するため, 各ケースについて 5 回ずつ実験を実施した.

3. 実験結果

図-5, 図-6 に, Case-1, 2 における時刻歴応答をそれぞれ示す. 堰堤モデル全体に作用する最大荷重 P_{max-d}

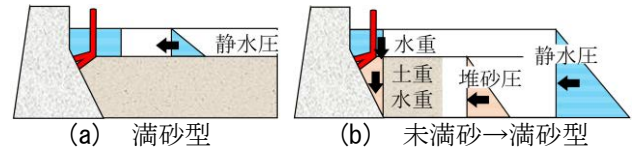


図-1 設計外力 (土砂整備率 100%)¹⁾

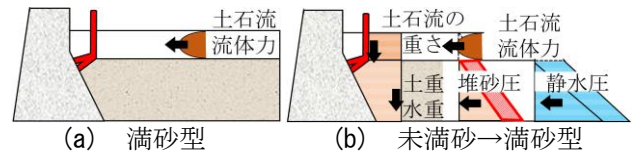


図-2 設計外力 (土砂整備率 100%未満)¹⁾

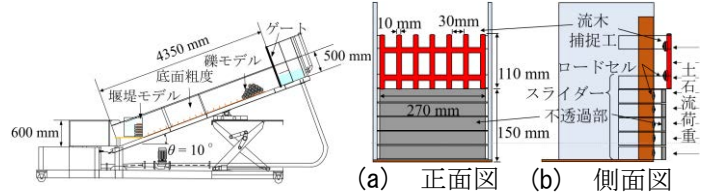


図-3 実験水路

図-4 堰堤モデル

表-1 実験ケース

Case-No.	先行堆積礫モデル		液相	土石流モデル		
	粒径 d (mm)	先行堆積礫高 H (%)		固相		
				礫モデル	流木モデル	体積 V_s
1	5-15 mm	100 %	水 50 L	—	—	$n=270$ 本
2				5-15 mm	10.5 L	$n=270$ 本

を生じる時刻を $t=t_0+1.0$ s とした. 図-5 (b), 図-6 (b) で土石流が流木捕捉工に衝突して最大荷重 P_{max-w} を生じる. 現行設計では土砂整備率 100%の既設不透過部には堆砂圧と静水圧のみが作用することとなっているが, 土砂が堰堤に流下していない Case-1 ではこれらに加えて土石流による上載荷重も作用する結果となった. このことより, 既設堰堤部には, 設計荷重として土砂整備率に依らず堆砂圧, 静水圧および上載荷重を作用させる必要がある. 流木等が捕捉されることで図-5 (c), 図-6 (c) に示すように流木捕捉工が閉塞し, 後続流が滞留することで先行堆積礫が洗堀され, 堆砂圧が低下する. 不透過部に作用する荷重が最小値 P_{min-d} を示した後, 図-5 (d), 図-6 (d) に示すように固相が堆積し, 図-5 (e), 図-6 (e) で不透過部は最大荷重 P_{max-d} となる. 図-5 (f), 図-6 (f) に示すように, 土石流通過後に荷重は安定するが, Case-2 では流木捕捉工に礫が堆積することで堆砂圧が作用する.

4. 設計荷重の提案

現行設計では, 図-2 (b) のように未満砂状態かつ土

キーワード 不透過型砂防堰堤, 張出しタイプ流木捕捉工, 土石流荷重, 荷重分布

連絡先〒239-8686 神奈川県横須賀市走 1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 TEL:046-841-3810 e-mail:em60020@nda.ac.jp

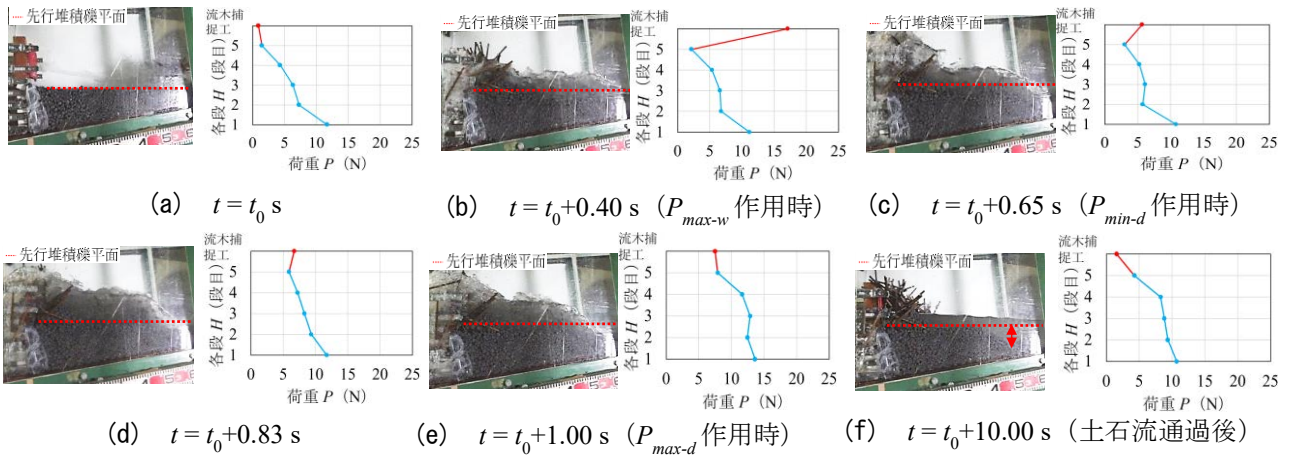


図-5 時刻歴応答 (Case-1)

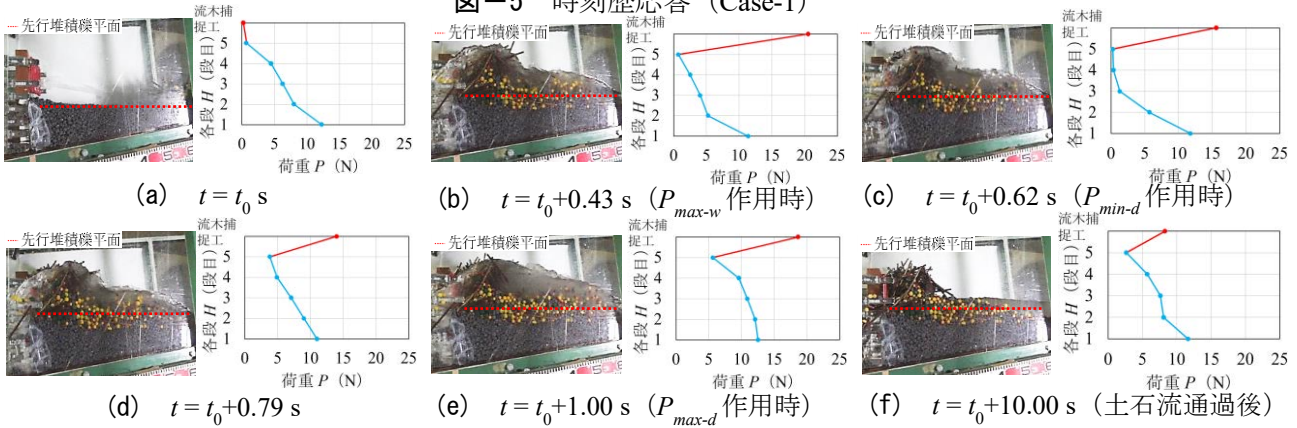


図-6 時刻歴応答 (Case-2)

砂整備率 100%未滿時のみ土石流流体力が流木捕捉工に作用するとされており、この場合に限って土石流の上載荷重が不透過部に作用することとなる。しかし、本研究において満砂状態の堰堤に流木混じり土石流を作用させたところ、土砂の混入しない流木のみ土石流においても不透過部の作用荷重が上昇した。この結果に基づき、図-7に提案する設計荷重の修正案について示す。なお、土圧係数 C_e 、土石流の水深 D_d (m)、土石流の単位体積重量 γ_d (kN/m³)、水中土砂単位体積重量 γ_s (kN/m³)、水の単位体積重量 γ_w (kN/m³) である。水平方向の設計荷重として、堆砂状況や土砂整備率(計画論上での本堰堤に対する土砂到達の有無)に依らず、流木捕捉工には土石流流体力 F を、既設不透過部には堆砂圧 P_s 、静水圧 P_w および土石流の上載荷重による土圧 P_d を作用させる必要がある。

5. 結論

本研究は、流木捕捉工を付与した既設不透過型の荷重分布について明らかにしたものである。

そこでは、流木捕捉工を付与された既設不透過部には現行設計に加えて、土石流による上載荷重を作用させる必要性を示した。

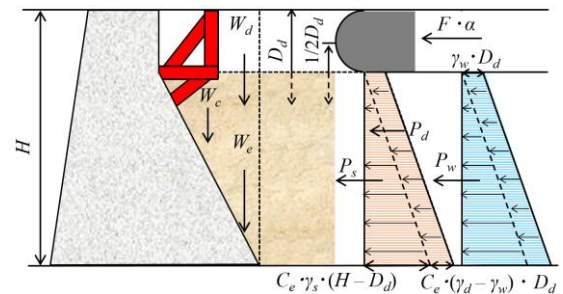


図-7 設計外力の修正案

今後は、設計荷重として個別要素法や粒子法における再現解析における検証から設計荷重分布を推定する予定である。

参考文献

- 1) 一般財団法人砂防・地すべり技術センター：張出しタイプ流木捕捉工設計の手引き，2020。
- 2) 渡邊大貴，堀口俊行，飯塚幸司：流木の流下条件が流木捕捉工に作用する荷重に与える影響に関する検討，第11回土砂災害に関するシンポジウム論文集，pp.143-148，2022。
- 3) 山田孝，土井康弘，南哲行，天田高白：不透過型砂防ダムの持つ流木捕捉能力，Vol.52，No.3，pp.18-23，1999。