

既設不透過型砂防堰堤に付与した張り出しタイプ流木捕捉工に作用する荷重に関する研究

防衛大学校 ○渡邊大貴 堀口俊行  
JFE 建材株式会社 飯塚幸司

1. 緒言

近年、異常気象に起因した台風や集中豪雨により、土石流や洪水が頻発している。令和3年7月伊豆山土石流災害<sup>1)</sup>では、住宅地に土石流が流れ込むなど地域住民の生活を脅かしている。最近の傾向として、平成29年7月九州北部豪雨<sup>2)</sup>で発生した大量の流木の流下について着目され、その対応が急務である。不透過型砂防堰堤に流木捕捉機能を付与する手法の一つとして、写真-1に示すような張り出しタイプ流木捕捉工<sup>3)</sup>（以下、張り出しタイプと呼ぶ。）がある。しかし、流下してくる土石流の流下形態も不明確なうえに、作用荷重を推定する設計式についても未検討なままである。そのため、基礎的段階として実験規模における荷重の計測と解析での推定について検討する必要がある。

そこで本研究は、直線水路実験によって張り出しタイプに作用する荷重の計測ができる装置を提案し、その結果を基に個別要素法を用いて張り出しタイプの荷重を再現シミュレーションするものである。

2. 荷重計測実験

2.1 実験の概要

図-1に、実験水路を示す。水路長約4.4m、水路幅0.3mの可変勾配型直線水路である。本研究では、土石流区間とするため河床勾配 $\theta=10^\circ$ とした。図-2に、堰堤モデルを示す。流木捕捉工および不透過部にそれぞれ4個ずつ500Nロードセルを設置している。土石流発生要領は、上流側に設置した流木の後方で貯めた水20Lを一挙に流下させる方式を採用した。流木本数 $n$ を0, 100, 300, 500本と変化させ、堰堤上流側の初期堆積礫が満砂状態の堰堤モデルに対して、水と流木を材料とする土石流を衝突させて張り出しタイプおよび不透過型に作用する荷重を計測した。

2.2 実験結果

図-3に、実験における荷重～時間関係（張り出しタイプ）を示す。なお、不透過部もしくは張り出しタイプのいずれかに荷重が作用する直前の時刻を $t=t_0$ sとしている。衝突荷重の最大値は、流木本数 $n=0, 100$ では衝撃的な荷重は生起していないが、流木本数 $n=300$



写真-1 張り出しタイプ流木捕捉工

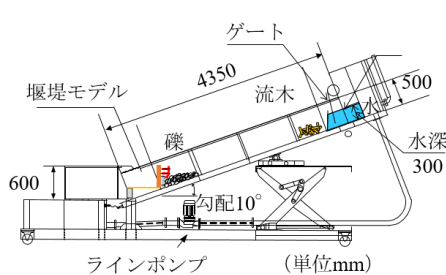


図-1 実験水路

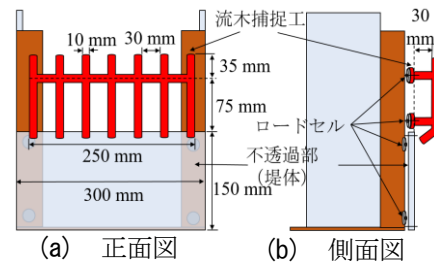


図-2 堰堤モデル

表-1 解析初期値

項目	値	
流水モデル	流速 (m/s)	2.5
	水深 (m)	0.12
	抗力係数	0.5
堰堤モデル	円柱要素	12
	球形要素	4
水路	傾斜角 (°)	10.0
	水路長 (m)	4.35
	水路幅 (m)	0.3
礫モデル	球形要素 (個)	2284
流木モデル	円柱形要素 (個)	100-500
	法線方向 (N/m)	$1.0 \times 10^6$
接触ばね	接線方向 (N/m)	$3.5 \times 10^5$
	摩擦係数	0.404

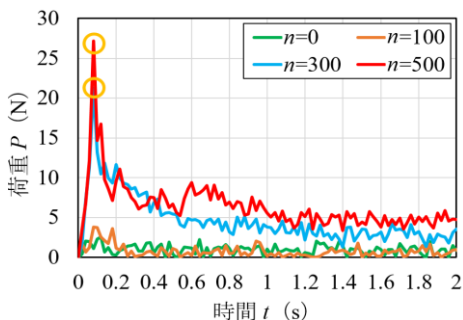


図-3 実験における荷重～時間関係

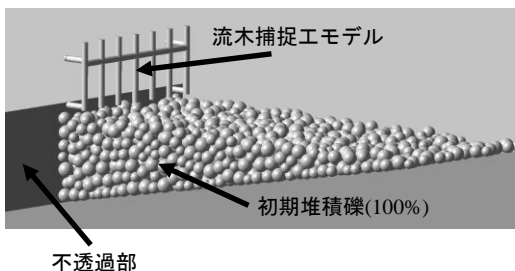


図-4 初期配置

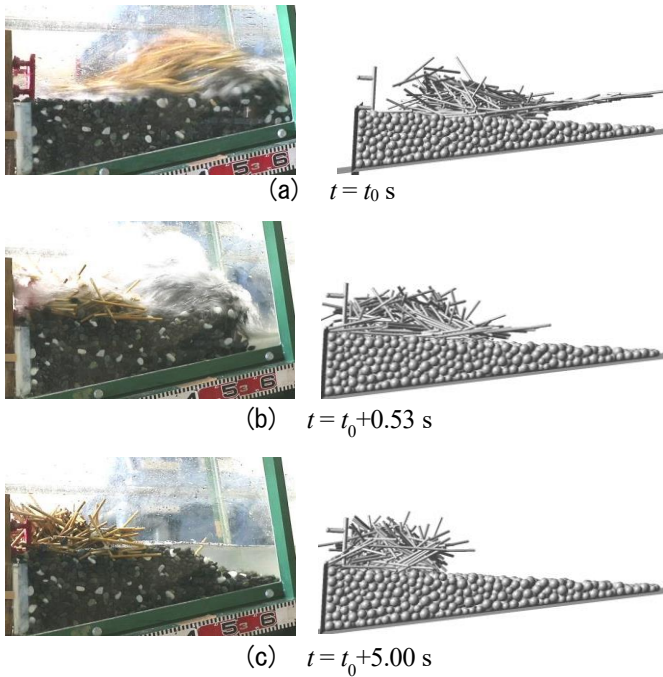


図-5 実験と解析の流木流下状況の比較

で 20.3 N,  $n=500$  で 26.1 N であり, 流木捕捉工に生じる荷重は流木本数に影響を受けることを確認した。

### 3. 再現解析

#### 3.1 解析の概要

ここでは, 流木本数  $n = 300$ , 満砂時の結果のみ示す。図-4 に, 解析で使用した堰堤モデルを示している。配置要領や初期設定については実験を再現している。表-1 に, 解析初期値を示す。実験から得られたものを参考に決定した。さらに, 礫モデルを球形要素, 流木モデルを円柱形要素として, 堰堤モデルに円柱形要素を集合体として形状を組み, 平面要素を使用して使用している。なお, 流水は, 計算負担を軽減するため, 水路中の要素に水深と流速を直接与える流速分布モデル<sup>4)</sup>を使用した。その時の流下の要領は, 実験の映像分析より実施している。

#### 3.2 解析結果

図-5 に, 流木本数  $n = 300$  における実験と解析の流木流下状況の比較を示す。なお, 流木捕捉工に土石流が衝突する直前の時刻を  $t=t_0$  s としている。図-5 (a) ~ (c) は, それぞれ張り出しタイプに荷重が生起する直前, 最大衝突荷重時, 荷重の安定時であるが, 流木の衝突過程を概ね再現できている。

図-6 に, 実験と解析の荷重～時間関係の比較を示す。なお, 図-5 (a) の瞬間を  $t=t_0$  s としている。流木本数  $n = 300$  のケースでは, 実験における最大荷重は 20.3 N であったが, 解析では 23.0 N であり, 最大荷重について再現

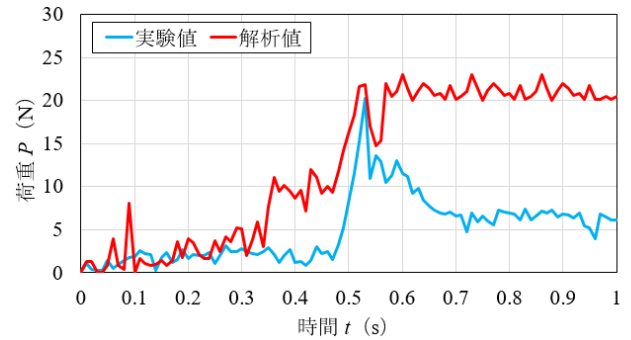


図-6 荷重～時間関係 (実験と解析の比較)

することができた。一方で, 最大荷重到達後, 実験では荷重が減少しているのに対して, 解析では最大荷重とほぼ同じ荷重が作用し続けている。これは実験では土石流として流下させる水は 20 L のみであるのに対し, 解析では, 流速分布モデルを用いているため止水していないことによるものである。今後, 流速分布モデルの改良が必要であると考えられる。

### 4. 結言

本研究は, 不透過型に付与した張り出しタイプに流木と水によって構成される土石流を衝突させた際の荷重応答を検証したものである。以下にその成果を示す。

- 1) モデル実験を行うとともに, 個別要素法によって荷重応答を再現することができた。
- 2) 初期堆積礫条件の影響に関係なく, 流木本数が多くなると流木捕捉工まで流木が到達して衝撃的な荷重が生じることが分かった。
- 3) 流木本数が多くなると, 流木捕捉工に作用する最大衝撃荷重が大きくなる。

今後の課題として, 勾配の影響もあるが, 流木と礫の混合等における土石流側の材料の影響や流木の流下形態ごとの荷重の影響について検討していく予定である。

### 参考文献

- 1) 国土地理院ホームページ：令和 3 年 (2021 年) 7 月 1 日からの大雨に関する情報, 2021.
- 2) 国土交通省：平成 29 年 7 月九州北部豪雨による土石災害の概要, 2017.
- 3) 一般財団法人 砂防・地すべり技術センター：張り出しタイプ流木捕捉工設計の手引き, 2020.
- 4) 堀口俊行, 香月智：個別要素法による鋼製透過型砂防堰堤に対する巨礫衝突荷重解析, 砂防学会誌, Vol.70, No.3, pp51-57, 2017.