

流木捕捉工における流木群捕捉時の荷重特性に関する一考察

(一財) 砂防・地すべり技術センター ○山口 大輝 中谷 洋明 井上 隆太 石丸 桃子 石垣 拓也 香月 智
防衛大学校 堀口 俊行

1. 緒言

我が国においては山地部にある樹林が、斜面崩壊に伴って土砂とともに流木となって流出する。近年の降雨傾向により斜面崩壊の規模が大きくなり、加えて、樹木の成長により流木径が大きくなり、流木の脅威は増大している。対策構造物は流域の最下流に設置される透過型砂防堰堤とされているが、今後は既設施設の捕捉容量を補完するために上流域に流木捕捉工を必要とする場合も想定される。

現行設計において、流木捕捉工は流木単体の衝撃力に対して安全であるように定められている。しかし、流木群が集合塊で衝突する場合、短時間で連続的に衝突し、単体時よりも衝撃力が大きくなることが想定される。そこで本研究においては、流木捕捉工に対する掃流時および段波時の流木群の衝突実験を行い、構造物に生ずる荷重について検討した。

2. 実験概要

2.1 実験条件

実験は、水路長 4.5m、水路幅 30cm、深さ 50cm の可変勾配型直線水路 (図-1、図-2) を用いて行った。なお、今回の実験では、水路の勾配は $\theta=10^\circ$ に固定した。堰堤モデルは高さ 27.5cm、堰堤幅 30cm の模型であり、流木モデルには、直径 1.5cm、比重 0.92、長さ 20cm の円柱木材を 50 本使用した。

流木の荷重は、図-3、図-4 に示すような荷重計測装置を捕捉工モデルと同様の位置に設置して、衝突荷重の計測を行った。荷重計測装置は高さ 35mm、幅 15mm の受圧板に $\phi 6$ mm の剛性の金属棒を 2 本固定し、6 段、計 12 個の受圧板に 0.01 秒間隔で計測可能なロードセルを配置したものである。

2.2 実験ケース

本実験はフルードの相似則に従うものとし、縮尺約 1/30 を想定した。表-1 に実験ケースを示す。水流状態は水路上流端に水を溜めておき、一気に解放するダムブレイク方式 (D) と定常的に給水を行う掃流方式 (S) の 2 種類、流木は堰堤モデルの 2.0m 上流側から、①ダムブレイク方式では 50 本全てを流下直交方向に集合塊で投入する CLS (Closing-set)、②掃流方式においては CLS と 50 本 3 秒の速さで 1 本ずつ流下方向に等間隔で投入する EQU (Equidistant) の 2 パターンで実施した。

3. 実験結果

3.1 流木衝突状況

図-5 に流木衝突状況における時間変化のスナップショットを 0.2 秒間隔で示す。なお、先頭の流木が堰堤に衝突した時間を開始時刻 ($t=t_0$) とした。図-5 (a)、(d) の Case1、Case2 の両ケースにおいて、先頭部および後続流の流木はいずれも複雑に絡みながら流下し、接近している。一方、Case3 においてはほとんどの流木が流下方向に向いて揃っている。図-5 (b)、(c) の 0.2s 後では、Case1、Case2 の両ケースにおいて、

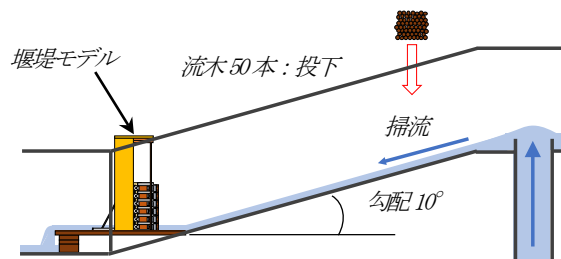


図-1 実験要領 (掃流時)

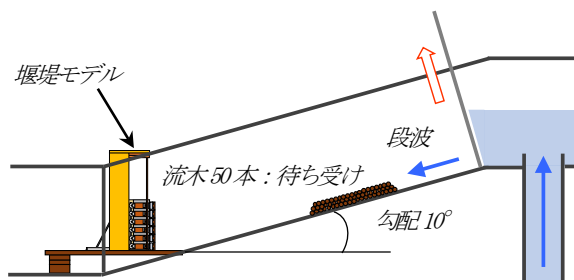


図-2 実験要領 (段波時)

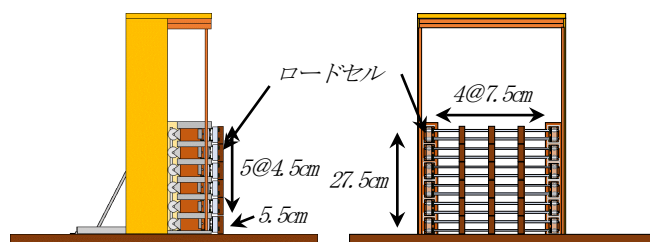


図-3 捕捉工モデル (側面)

図-4 捕捉工モデル (正面)

表-1 実験ケース

ケース	水流状態	流下状態	流量 (m³/s)	流木材料
Case 1	D	CLS	0.038	φ-1.5cm× L-20cm× 50 本
Case 2	S	CLS	0.020	
Case 3	S	EQU	0.020	

後続の流木が先に衝突したものに入り込み、流木塊を押し上げている。一方、(h) の Case3 においては後続の流木は先に捕捉された先頭部の流木に衝突してあまり押し上げてはいない。図-5 (c)、(f) の 0.4s 後では、Case1、Case2 では概ね流木の衝突が終了しているが、(i) の Case3 においては後続の流木は投入時間の影響により流下集積途中である。

3.2 衝突総荷重と時間の関係

図-6 (a) ~ (c) に各ケースにおける総荷重時間関係を示す。ここで総荷重とは、計 12 個のロードセルの合計値である。Case1 は 0.03 s で先頭部の数本の流木が衝突し 73 N を生じる。その後、流木が集合塊となって衝突し、0.19 s で最大衝突荷重の 34 N に達した。つまり、流木群の荷重は先頭数本の流木の衝突荷重の 4.7 倍である。その後、荷重は徐々に低下して

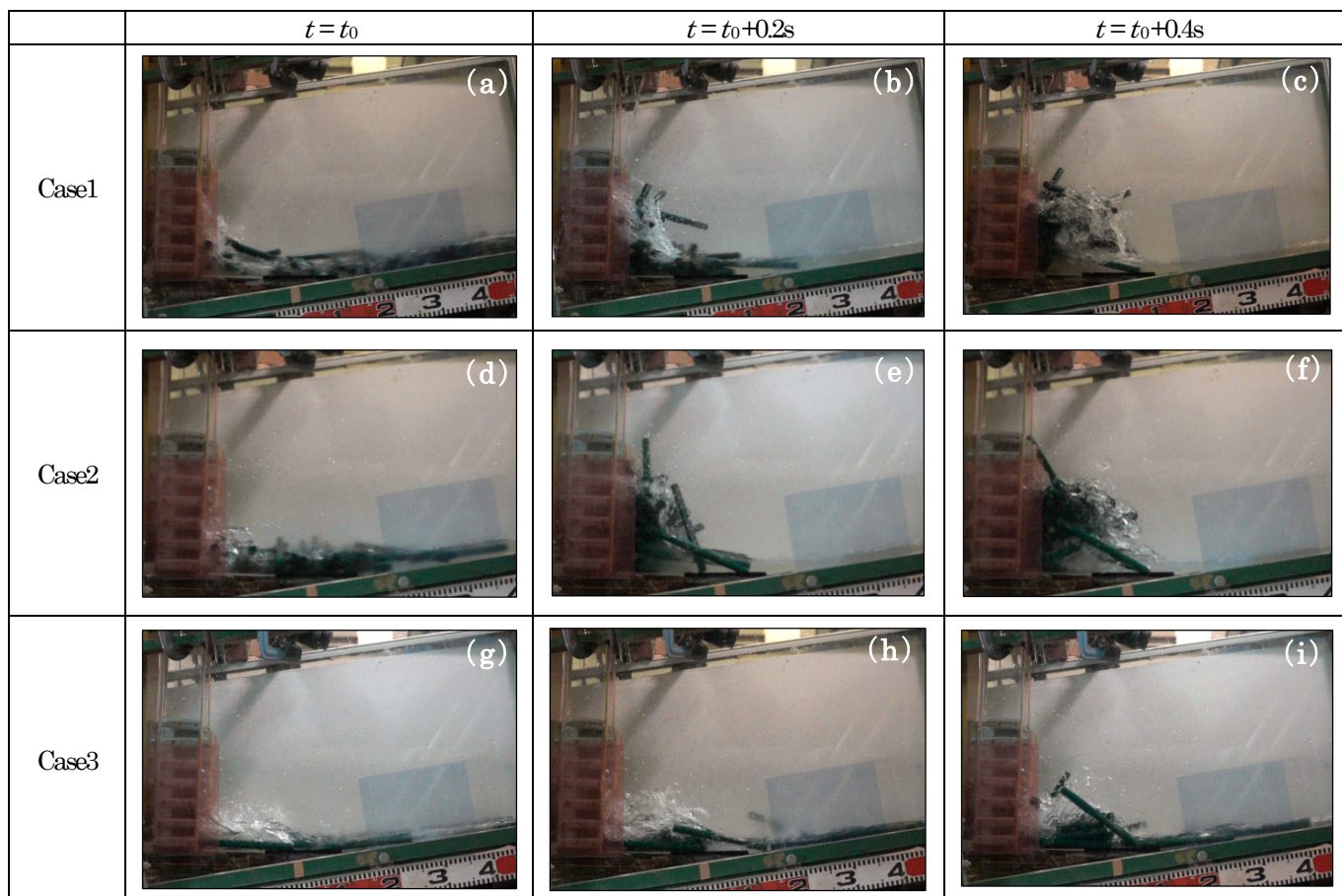


図5 流木衝突状況

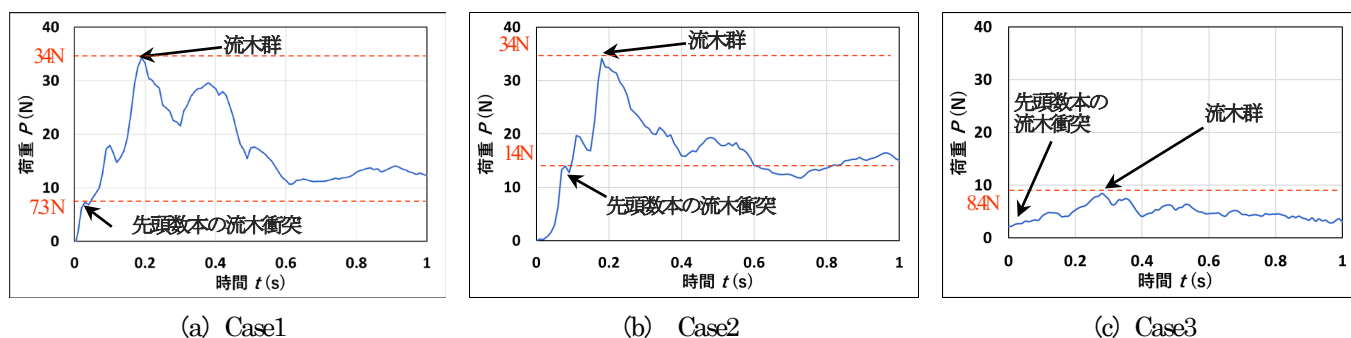


図6 総荷重-時間関係

1.0 s 後では 12N 程度で収束している。これは、0.5s 以降は、流木衝突が終了していることから、流木閉塞による水流の力が作用していると考えられる。Case2 においても Case1 と同様に流木が群体で衝突すると、先頭部の数本の流木が衝突した時の荷重と比べ、最大衝突荷重は 2.5 倍と大きく、その後は徐々に低下して 1.0s 後では最大値の 1/23 である 15N 程度になっている。なお、本実験において、CLS のケースでは、流量の違いによる最大衝突荷重の差異は確認されない。EQU である Case3 においては先頭部で捕捉された流木に後続の流木が衝突した 0.28s 時点で、最大荷重 8.4N となり CLS のケースより小さい。また、群としての最大荷重を比較すると、集合塊 (CLS) のケースの約 1/4 程度になっている。なお、0.40 s 以後も流木が捕捉されているが、荷重は 5.0N 程度である。これは CLS と同様に、流体力の作用によるものと考えられるが、CLS の 1/2 程度小さい。これは堰堤前面に接触している流木塊

の高さが CLS のケースの 1/2 となることと関係しているようである。

4. 結言

本研究の成果を要約すると下記ようになる。

- (1) 流木群の衝突荷重は単体衝突の約 3~5 倍となる。
- (2) 構造体に作用する流木群の衝撃荷重には、衝突時の集合形態が大きく影響しているが、衝突時集合形態は、水理条件による流木群の運動形態が影響する。
- (3) 流木塊の衝突荷重の大きさと流木塊に作用する流体力の大きさの関係について、今後の検討が必要である。

参考文献

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所：土石流・流木対策設計技術指針解説, No.905, 2016
- 2) 土木学会：構造工学論文集 Vol.68A, 鋼製堰堤の全体破壊に及ぼす接合部の押し込み変形の影響, 2022