

流木捕捉工に作用する荷重に関する実験的研究

砂防鋼構造物研究会 ○國領ひろし 石川信隆
 防衛大学校 渋谷 一 香月 智
 京都大学大学院 水山高久

1. 緒言

現行設計指針¹⁾では、流木捕捉工を設計する際の静的荷重は、静水圧荷重を用いている。しかし、流木捕捉工に作用する荷重の測定に関する研究例は少なく、実際に流木捕捉工に作用する荷重もあまり明確にはなっていない。そこで本研究では、実験水路により分力計を用いて流木捕捉工に作用する荷重を測定する実験を行い、設計に資するための基礎的検討を行ったものである。

2. 実験概要

実験水路は、水路幅 0.3m、長さ約 4.0m の矩形水路を用い、流木捕捉工模型は、直径 1cm の円柱状の木材を垂直に立てたモデルとした。実験は、フルードの相似則を適用し、1:50 の縮尺で設定した。表-1 に実験条件および実験ケースを示す。本実験では、流木捕捉工の柱部材間隔 W を、最大流木長 l との比 $W/l=1/5$ に設定し、流木捕捉工模型の柱部材のうち、2本の柱部材(右岸側、左岸側)に作用する荷重を分力計で測定した。写真-1 は、分力計の設置状況と流木捕捉時の荷重測定状況である。

3. 実験結果

3.1 静水圧測定実験

実験に先立ち、分力計の測定精度確認のため、図-1 のような静水圧の測定に関する事前実験を行った。実験では捕捉工前面に高さ 3, 6, 9cm の板をそれぞれ立て、上流部に水をためた際に捕捉工に作用する荷重を測定し、次式による静水圧荷重と比較した。

$$f_{hp} = \frac{1}{2} \rho g h^2 B \quad (1)$$

ただし、 f_{hp} ：静水圧荷重、 ρ ：水の密度 (=1000kg/m³)、 g ：重力加速度、 h ：水深、 B ：水路幅である。

図-2 に実験結果を示す。これより、分力計による測定結果は、式(1)に示す理論値とほぼ同じ値をとっていることがわかる。

3.2 荷重～時間曲線

図-3(a) は、分力計で測定した生データの荷重～時間曲線の一例(勾配 $\theta=3^\circ$ 、流量 $Q=2.2$ l/s、流木長 $l=12$ cm、流木本数 $n=100$ 本)で、図-3(b) は、これを移動平均(ローパスフィルター10Hz)したものである。これより、本ケースでは、右岸側の柱に作用する荷重が大きく(最大荷重 $P_{max}=2.0$ N、堆積荷重 $Pa=0.4$ N)、左岸側に作用する荷重は約 1/2 以下と小さくなっていることがわかる。ここで、堆積荷重とは、流木捕捉が終了したあとに計測された荷重のことで、荷重がほぼ一定になった状態をいう。なお、流速 U も測定したが、表-2 のようになった。

3.3 最大荷重～流木長の関係

ここでは、捕捉工 2 本に作用する最大荷重のうち大きい方のみを採用する。図-4(a), (b) は、 $Q=4.4$ l/s、流木本数 $n=100, 200, 400$ 本のケースについて、それぞれ勾配 $\theta=1^\circ$ および $\theta=3^\circ$ の場合の最大荷重～流木長の関係を示したもの

表-1 実験条件および実験ケース

項目	実物	模型	
捕捉工	捕捉工間隔比 W/l	1/5	1/5
	高さ H	5 m	10 cm
	直径 D	50 cm	10 mm
流木	直径 d	15 cm	3 mm
	投入要領	100 本/35 秒	100 本/5 秒

水路勾配 θ (°)	流量 Q (l/s)	流木長 l (cm)	流下本数 n (本)	ケース数
1	2.2	6	100	36
3	4.4	12	200	
		18	400	

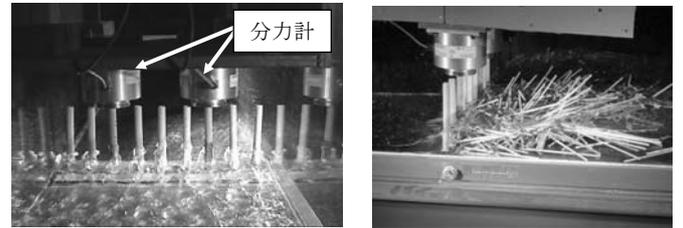


写真-1 分力計設置および流木捕捉時の荷重測定状況

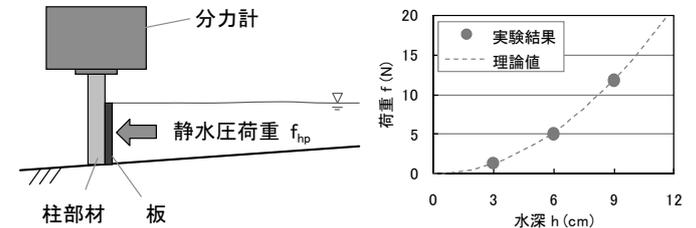


図-1 静水圧測定実験の概要 図-2 静水圧測定結果

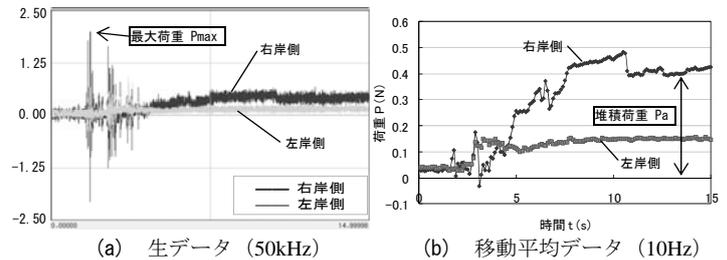


図-3 荷重 P ～時間 t 関係

表-2 流速 U

勾配 θ (°)	流量 Q (l/s)	実験流速 U (m/s)	現場の流速 (m/s)
1	2.2	0.2	1.4
1	4.4	0.4	2.8
3	2.2	0.6	4.2
3	4.4	0.9	6.3

で、流木長が長くなると、最大荷重も大きくなる
ことが分かる。また、勾配 $\theta=3^\circ$ では、勾配 $\theta=1^\circ$ に
比べ、最大荷重が大きくなる。これは、流速が速く、
流木長が長くなると質量が増すため、捕捉工に衝突
するエネルギーも大きくなるためと思われる。

3. 4 堆積荷重～流木長の関係

図-5 (a), (b)は、 $Q=4.4l/s$ 、流木本数 $n=100, 200,$
400 本の場合の、それぞれ勾配 $\theta=1^\circ$ および $\theta=3^\circ$ の
堆積荷重～流木長の関係を示したもので、堆積荷重
も流木長が長くなると大きくなる傾向にある。これ
は、流木の堆積圧のような荷重が働いている可能性
があるためと推定される。

3. 5 堆積荷重～捕捉後水深の関係

図-6 (a), (b)に、勾配 $\theta=1^\circ$ および $\theta=3^\circ$ の場合の堆
積荷重～捕捉後水深の関係を示す。これより、実験
ケースにより大きなばらつきがみられるものの、捕
捉後水深が大きくなるほど、堆積荷重も増加する傾
向を示し、勾配 $\theta=3^\circ$ で大きな値を示すものが多い。

図-7 (a), (b)に、勾配 $\theta=1^\circ$ で流木長 $l=6cm$ およ
び $l=12cm$ の場合の堆積荷重～捕捉後水深と静水圧荷
重の関係の一例を示す。一般に捕捉後水深の増加に
伴い堆積荷重が増加する傾向にあるが、流木長
 $l=12cm$ の場合は、静水圧荷重を上回るものも多
くなり、流量が多いとばらつきも多くなる。これは、
流木塊による堆積圧が生じる可能性があることと、
写真-2 のような流木の堆積の偏りに起因している
と考えられる。捕捉される流木の堆積状況を図-8
のような模式図で示すと、まず①捕捉されて堆積す
る流木塊が流水による流体力を受け、②その流体力
が流木塊を介して捕捉工柱部に作用する、という
様子が観察され、荷重の作用は一様でなく、偏りが
生じていることが分かる。

以上より、捕捉工柱部に作用する堆積荷重は、
流木塊の形に大きく依存し、流木の捕捉状況や柱部
材の位置により大きな差が生じることがわかった。

4. 結 論

本研究の成果をまとめると以下のようになる。

- (1) 流木捕捉工に作用する荷重について分力計を
用いて測定したが、静水圧荷重をほぼ理論通りに
測定できることを確認した。
- (2) 流木衝突時の最大荷重は、水路勾配が大きく、
流木長が長いほど大きくなる。
- (3) 流木捕捉時に捕捉工に作用する堆積荷重も、水
路勾配が大きく、流木長が長くなるほど大きくな
る傾向がある。
- (4) 流木捕捉時の堆積荷重には偏りがあり、流木
の堆積状況に大きく依存する。

なお、本実験は装置の関係上、捕捉工柱部のう
ち 2 本分の荷重しか測定することができなかった
が、全ての部材に作用する荷重について測定・検討
することが望ましいと考える。

参考文献

- 1) 国土交通省砂防部，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及び同解説，2007.11

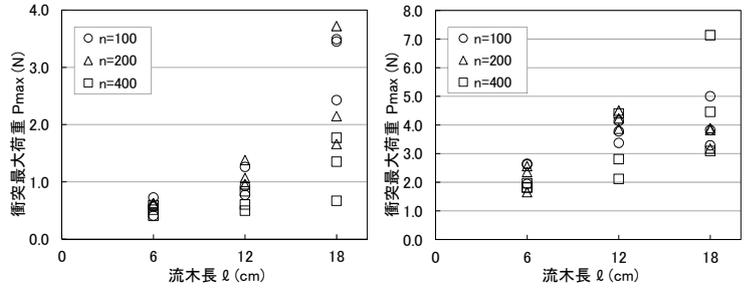


図-4 最大荷重 P_{max} ～流木長 l 関係

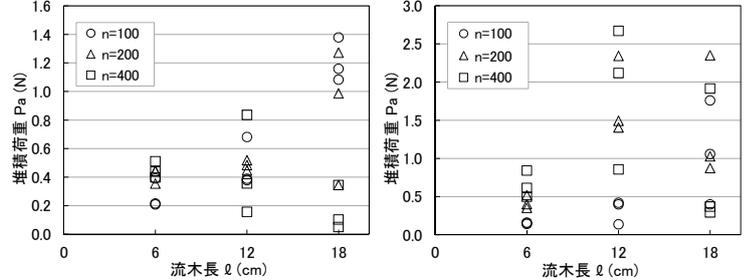


図-5 堆積荷重 P_a ～流木長 l 関係

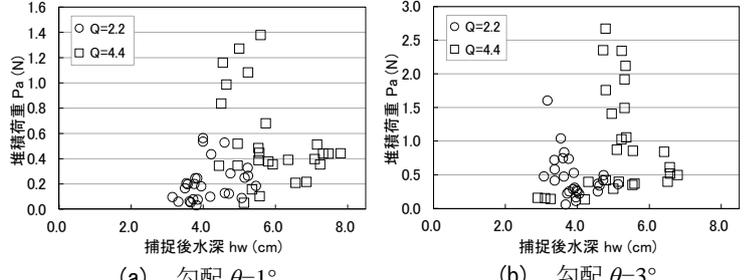


図-6 堆積荷重 P_a ～捕捉後水深 h_w 関係

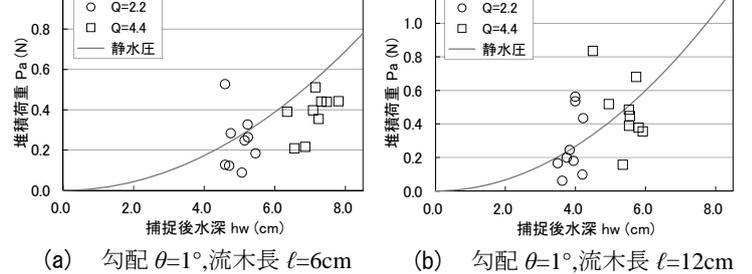


図-7 堆積荷重 P_a ～捕捉後水深 h_w と静水圧荷重の関係

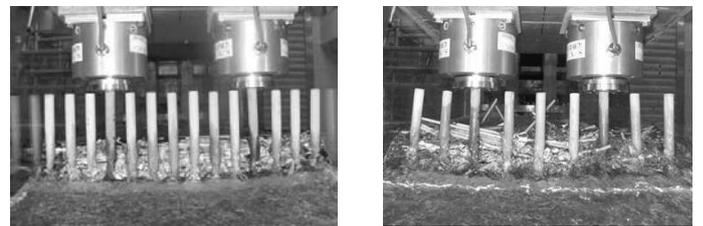


写真-2 堆積状況の一例

写真-2 堆積状況の一例

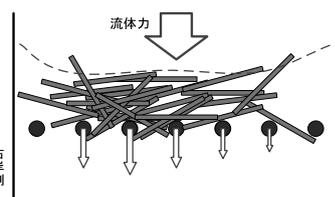


図-8 荷重の偏り