

(35) 流木の堆積による水位堰上げ および流木の衝撃力に関して

京都大学農学部 ○ 水 原 邦 夫
武 居 有 恒

流木流下阻止策の一つとして従来より提案されている柵状の流木阻止構造物に関する研究の第一歩として、流木の堆積に基づく水位堰上げおよび流木の衝撃力について若干の研究結果を報告する。

1. 流木の堆積による水位堰上げに関して

流木の堆積による水位堰上量 Δh は、ペレヌーイの定理および連続の式より近似的に $\Delta h = K \frac{V_0^2}{2g}$ の形で表わされる。ここで、 V_0 は初期流速、Kは流木の堆積密度、流木堆積量等に関係するものと考えられ、仮に堰上げ係数と名付る。実験では、流木堆積による水位堰上げ機構を把握し、この堰上式の妥当性を検討し更に一般化するために、幅3.0cm、長さ1.0mの水路内に模型柵状構造物を設置し、水路勾配 $I = 1/50, 1/100, 1/200$ 、流量 $Q = 7, 5, 2.5 \text{ l/sec}$ の下で、長さ5cmの三種の流木A・B・C（A：比重0.616、断面形状円形、B：0.660、円形、C：0.435、長方形）を各々9000、3000、3000本を段階的に流下させた。その結果、

i 流木の縦断的堆積の発達過程は図-1のとおりとなる。

ii 流木の堰止めによる水位堰上量 Δh は、堆積流木数Nの増加にともない大きくなるが、その後は漸減していく傾向にある。（図-2）

① 同じ水路勾配の下では、流量Qが大なるほど、つまり（初期流速）が大なるほど、水位堰上量Ahは大きくなる。（図-3）

② 堆積流木群の水面での堆積長 ℓ と初期流速 V_0 との関係は図-4のとおりとなる。これは流速が大なるほど流木の堆積厚が大きくなり、流木が密に堆積することを意味し、また図-5から流木堆積長 ℓ と水位堰上量 Δh は相関関係にあることがわかり、流木堆積長が水位堰上量に關する一つの因子であるといえる。

③ 堰上げ係数Kと流木堆積長 ℓ はフルード数 F_r をパラメーターとして、一つの関数関係にあり、この関係式は $K = K_{max} \frac{1}{\phi+1}$ で近似できる。（図-6 表）

④ 同じ流木数の下では、堰上比 $\Delta h/h_0$ はフルード数が増えるにつれて大きくなり、同じフルード数の場合、流量に關係なく堰上比はほとんど一定となる（図-7）。つまり堰上比は、初期水深 h_0 、初期流速 V_0 で表わしたフルード数に支配される。

（ $\Delta h/h_0 = KV_0^2 / 2gh_0 = \frac{\rho}{2} F_r^2$ ）

iii 結局、以上のことから流木の堆積に基づく水位堰上式は $Ah = K_{max} \frac{\ell}{\phi+\ell} \frac{V_0^2}{2g}$ の形で一般化出来る。

2. 流木の衝撃力に関して

流路に流木阻止構造物を設置した場合、それに衝突した流木の運動エネルギーは、構造物の変形による弾性エネルギーとして貯えられる。ここで、流木防止柵は地盤堅固な基礎に、ある一定の杭間距離をもって鉛直に並べられたものとし、その各部材は一端固定、他端自由なでその自由端に流木の衝撃力Pが作用するものと仮定する。

$$\text{流木の運動エネルギー } E_e = \frac{W}{2g} V^2 = \frac{r a b}{2g} V^2 \quad \text{弾性エネルギー } P = V \sqrt{3 r a b E I / g \ell^3}$$

$$E_i = \frac{1}{2} \frac{Mx}{I} dx = \frac{1}{2} P = \frac{P^2}{6 E I} \quad E_e = E_i \text{ とおくと、}$$

次に、杭の最大曲げモーメントを M_{max} とすると、 $M_{max} = P \ell = V \sqrt{3 r a b E / g \ell}$ となり、

また破壊応力 σ_{max} 、断面係数Sとすれば $\sigma_{max} = M_{max} / S$ となる。したがって以上の二式から、流木防止柵を破壊する流木速度は

$$V_c = \frac{2 \sigma_{max}}{d} \sqrt{\frac{g \ell I}{3 r a b E}} \quad \text{安全な杭直径は、許容曲げ応力を } \sigma_a \text{ とすれば}$$

$$d = \frac{2 \sigma_a}{U} \sqrt{\frac{g \ell I}{3 r a b E}}$$

参考文献

足立・大同：流木に関する実験的研究（京大防災研年報）

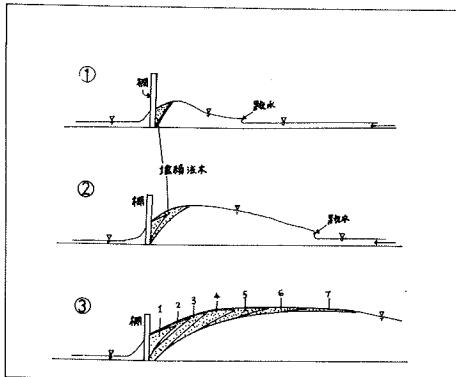


図-1. 流木の縦断的堆積過程模式図

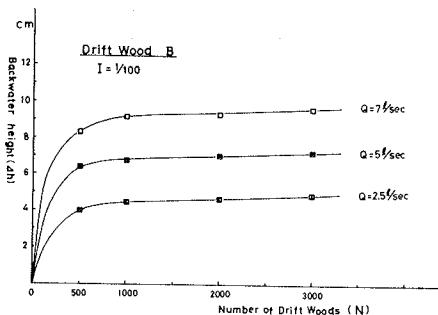


図-2. 流木数(N) — 水位埋上量(dh), 速度比(V/Q)

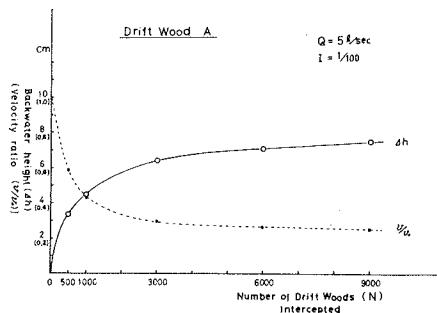


図-3. 流木数(N), 流量(Q) — 水位埋上量(dh)

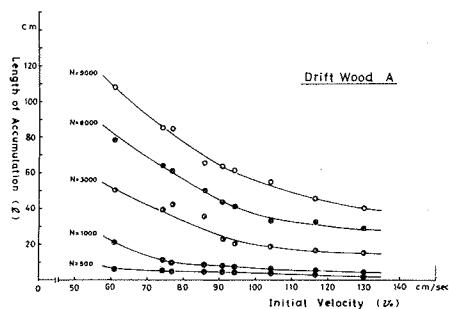


図-4. 初期流速(V0) — 流木堆積長(L)

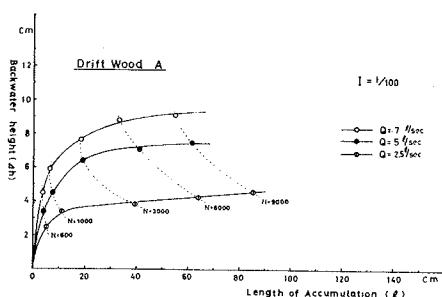


図-5. 流木堆積長(L) — 水位埋上量(dh)

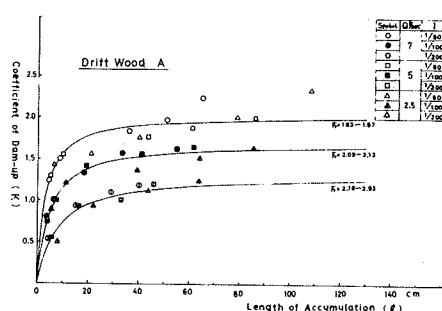


図-6. 流木堆積長(L) — 埋上係数(K)

流木 A	流木 B	流木 C
$K = \frac{1.330L}{7.841 + L}$ (Fr = 2.78 ~ 2.93)	$K = \frac{1.188L}{2.411 + L}$ (Fr = 2.77 ~ 2.94)	$K = \frac{0.954L}{1.570 + L}$ (Fr = 2.78 ~ 2.94)
$K = \frac{1.710L}{4.762 + L}$ (Fr = 2.09 ~ 2.13)	$K = \frac{1.656L}{1.337 + L}$ (Fr = 2.09 ~ 2.14)	$K = \frac{1.358L}{1.518 + L}$ (Fr = 2.10 ~ 2.15)
$K = \frac{2.039L}{2.897 + L}$ (Fr = 1.53 ~ 1.57)	$K = \frac{2.400L}{1.357 + L}$ (Fr = 1.53 ~ 1.56)	$K = \frac{1.921L}{0.059 + L}$ (Fr = 1.54 ~ 1.57)

表 K ~ L 関係式

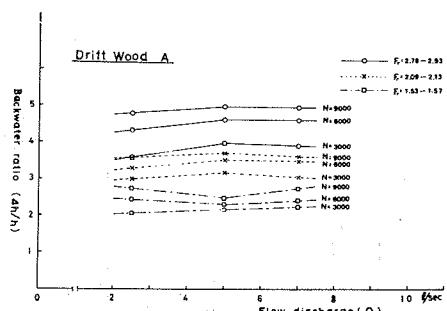


図-7. フルード数(Fr) — 埋上比(dh/h)