

## 流木移動加速距離の流木比重への依存性

秋田大学 学員○田中 優道

秋田大学 正員 松富 英夫

1. まえがき 津波時の流木による二次災害が指摘されて久しい。著者らは流木衝突力に関する研究を行ってきており、流木の漂流（衝突）速度が判れば、衝突力を推定できる段階に達している<sup>1)</sup>。構造物にとって危険側を想定するならば、単純に漂流速度＝流速と考えればよかろうが、どのくらいの漂流距離（以下、移動加速距離と呼ぶ）でそのようになるか、検討しておく必要がある。本研究は、前報<sup>2)</sup>で問題となった流木比重への依存性を再検討して、定常流中に投入された流木の移動加速距離を再論議するものである。

2. 実験 実験に用いた水路の概略、流木投入地点などを図-1に示す。水路が短いため、流れは定常不等流である（図-2参照）。実験に用いた流木は、塩化ビニールの円管（中が空洞のもの）である。この中に砂を入れ、流木の質量（比重）を変化させて実験を行った。流木の比重は0.4～0.9の値をとることが可能である。流木は、長軸を流れ方向に向けて、水面近くから手で投入した。流木の初速は零で、実験は同一条件のものを10回ずつ行った。よって、以下の個々の実験データは10回の平均である。実験条件を表-1にまとめて示す。表中、Dは流木径、Lは流木長、 $v$ は断面平均流速、Sは流木の比重、Iは水面勾配である。

表-1 実験条件

| D (cm) | L/D       | $v$ (cm/s) | S         | I ( $\times 10^{-3}$ ) |
|--------|-----------|------------|-----------|------------------------|
| 1.0    | 8, 12, 15 | 74～123     | 0.40～0.90 | 4.2～26.1               |
| 1.7    | 8, 12, 15 | 53～127     | 0.40～0.90 | 4.1～30.4               |
| 2.1    | 8, 12, 15 | 53～127     | 0.40～0.90 | 4.1～30.4               |

流木漂流速度の計測・解析にはビデオとそのモーション・アナライザーを用いた。ビデオは水路上流側の高所に設置し、撮影区間は流木投入地点からその下流2.4mまでとした。移動加速距離は断面平均流速を線形近似、漂流速度を曲線近似した2つの式を等置し、交点位置を求めることで評価した。

## 3. 実験結果とその考察

移動加速距離 $\ell$ に影響する因子として、流木の直径D、長さL、比重S、流速 $v$ 、水の動粘性係数 $\nu$ 、重力加速度 $g$ 、水面勾配I、が考えられる。これらの因子

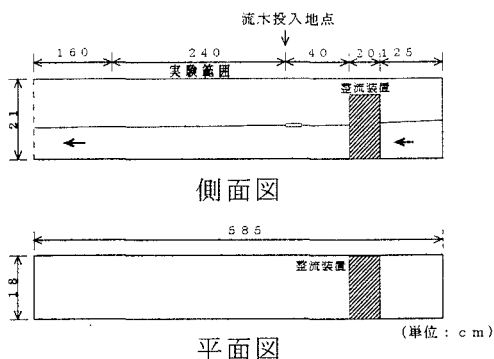


図-1 実験装置の概略

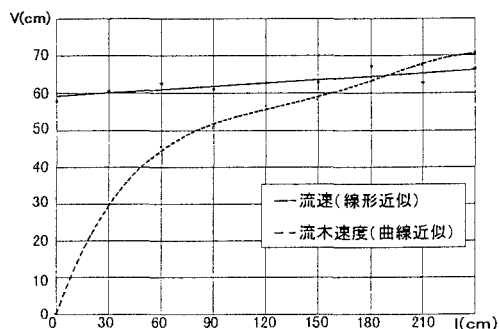


図-2 移動加速距離の評価法

間で次元解析を行えば次式を得る。

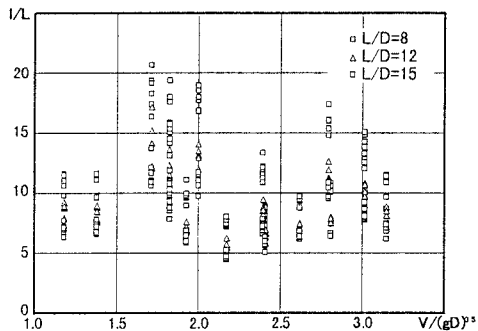
$$\ell/L = f\{v/(gD)^{0.5}, L/D, vD/\nu, S, I\} \quad (1)$$

無次元移動加速距離 $(\ell/L)$ の $\{v/(gD)^{0.5}\}$ ,  $(L/D)$ ,  $(vD/\nu)$ ,  $S$ ,  $I$ への依存性を図-3～6に示す。

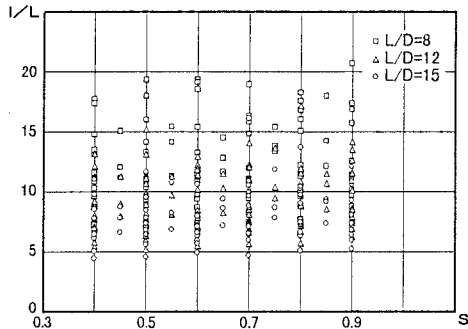
図-3からは、無次元流速 $\{v/(gD)^{0.5}\}$ が大きくなるにつれて、無次元移動加速距離は単調減少することが判断される。

図-4からは、細長比 $(L/D)$ が大きくなるにつれて、無次元移動加速距離は単調減少することが判断される。流木長が一定の場合を考えると、流木径が小さくなる、換言して流木の重量や慣性が小さくなると考えたと理解し易い。これは図-3、5、6からも見て取れることである。

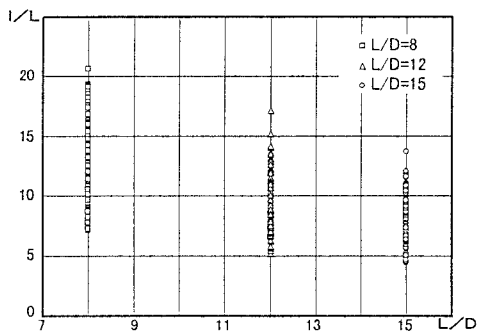
図-5からは、流木レイノルズ数 $(vD/\nu)$ が大きくなるにつれて、無次元移動加速距離は単調減少するこ



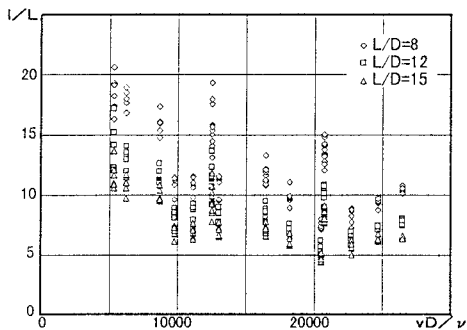
図－3 無次元移動加速距離の無次元流速への依存性



図－6 無次元移動加速距離の比重への依存性



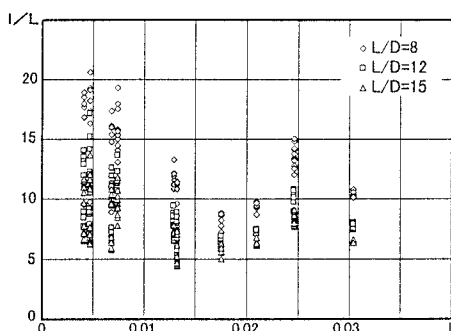
図－4 無次元加速距離の細長比への依存性



図－5 無次元移動加速距離の流木レイノルズ数への依存性

とが判断される。これは、流木径と流木長が同じ場合を考えると理解し易いが、流木レイノルズ数が大きくなるとは、流速が大きくなると解釈され、圧力抵抗と摩擦抵抗は流木と流速の相対速度の2乗に比例して大きくなるので、理解できることである。また、流速が同じ場合を考えると、流木径が大きくなると解釈され、慣性力は大きくなるが、圧力抵抗と摩擦抵抗による影響も増大するので、移動加速距離はこれらの影響をより多く受けると判断される。

図－6からは、比重Sが大きくなるにつれて、無次



図－7 無次元移動加速距離の水面勾配への依存性

元移動加速距離は増加傾向にあることが判断される。これは、無次元移動加速距離の細長比に対する依存結果と整合している。つまり、比重が大きくなるとは流木の重量や慣性が大きくなることで、細長比が小さくなる場合を考えると、流木長が一定の時は流木径が大きくなることで、換言して重量や慣性が大きくなることで、この時に無次元移動加速距離は増大したからである。

図－7からは、水面勾配Iが大きくなるにつれて、無次元移動加速距離は単調減少することが判断される。

#### 4. むすび 本研究の主な結論は次の通りである。

①問題として挙げられた無次元移動加速距離の流木比重への依存性は、比重増大に伴い増加傾向となることが判った。

②流木の漂流速度は流れに遭遇した直後急激に増大し、その後徐々に流速に近づいていく（図－2参照）。

③移動加速距離は概ね流木長の20倍以下である。

《文献》1) 松富：流木衝突力の実用的な評価式と変化特性，土木学会論文集，1999. (印刷中) 2) 松本・松富：流木の移動加速距離に関する実験的研究，土木学会東北支部，pp. 262-263，1998