

## II-80

## 流木の拡散係数に関する基礎実験

秋田大学 学生員 ○栗塚 一範

秋田大学 正会員 松富 英夫

秋田大学 学生員 今井健太郎

## 1. 目的

津波災害では、津波の流体力も驚異であるが、氾濫流に伴った漂流物による被害も驚異である。2003 年十勝沖地震津波では被害こそ無かったが、流木流出が確認された<sup>1)</sup>。また、4～5 年前までは水面貯木場が一般的であったが、現在では陸上貯木場が主流であり、遡上を伴う津波災害時には市街地へ流木が流出され、2 次災害を引き起こす可能性がある。過去には流木の横拡散係数が論じられ、提案されている<sup>2), 3)</sup>。しかし、その値域には幅があり、定量的な判断をしかねる。そこで、本研究では流木の横拡散係数を再度検討し、加えて各測点における流木通過時間を測定し、それらの平均と比較した時間差を分散で表し、検討することを目的としている。

## 2. 実験

実験には、幅 0.3m、高さ 0.5m、長さ 10m の可変勾配循環水路を使用した。図-1 に各測点の配置を示す。図中の原点に流木の中心を原点(0, 0)に配置させ、流木を投下し、各測点における横拡散とその通過時間差を測定した。横拡散について、各測点にグリッドを配置し、流木中心が通過する瞬間の横断方向の偏差を真上からビデオカメラで撮影した映像を読み取り

評価した。通過時間差については各測点の水路壁に赤外線センサー (SUNX 製) を配置し、流木の通過時間差を測定した。

表-1 に示す水理量条件で各 case 毎に 300 回流木を下さ

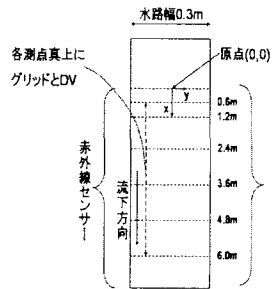


図-1 実験水路概略図

表-1 水理量条件及び使用流木

| case | 細長比 | 水理量    | 水深(cm) | 流量(m <sup>3</sup> ) | 流速(m/s) | フルード数 | 勾配     |
|------|-----|--------|--------|---------------------|---------|-------|--------|
| 1    | 12  | 水理量条件1 | 3.2    | 0.00361             | 0.38    | 0.68  | 1/500  |
| 2    | 12  | 水理量条件2 | 4.5    | 0.00628             | 0.47    | 0.71  |        |
| 3    | 12  | 水理量条件3 | 4.7    | 0.00535             | 0.45    | 0.66  |        |
| 4    | 16  | 水理量条件4 | 5.8    | 0.00854             | 0.49    | 0.65  | 1/1000 |
| 5    |     | 水理量条件3 | 4.7    | 0.00535             | 0.45    | 0.66  |        |
| 6    |     | 水理量条件4 | 5.8    | 0.00854             | 0.49    | 0.65  |        |

せた。フルード数  $F_r$  については津波氾濫流を想定して  $F_r=0.7$  とした。流木については細長比  $L/D=12, 16$  (どちらも流木径 1cm) を使用し、含水時の重さはそれぞれ約 8.6gf, 9.0gf であった。

## 3. 実験結果と考察

実験を行った結果の一例として case5 ( $L/D=16$ , 水理量条件 3) の横拡散分布図を図-2 に示す。横軸は水路横断方向、縦軸は通過確率を示す。これより投下直後において横拡散分布はほぼ正規分布を成していて、 $x=3.6m$  付近を越えると横へ大きく拡散していくことが確認された。この結果は、その他の case でも同様であった。

ここで分散  $\overline{\sigma_y^2}$  と拡散係数  $k$  の関係には

$$k = \frac{1}{2} \frac{d\overline{\sigma_y^2}}{dt} \cong \frac{1}{2} u \frac{d\overline{\sigma_y^2}}{dx}$$

なる関係が成り立つ。これは一様流中で拡散する物質の性

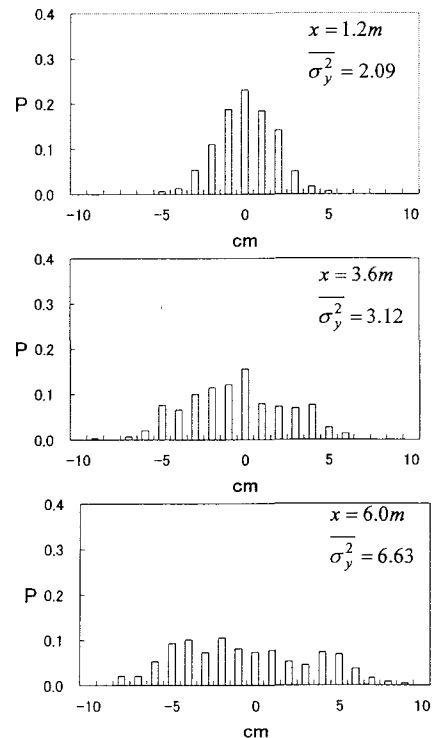


図-2 横拡散分布図

質として一般化されている評価式である。そして、 $k$  を摩擦速度  $u_*$  と水深  $h$  で無次元化することにより無次元拡散係数  $k/u_*h$  が算定される。

図-3 は、流下距離  $x(m)$  における無次元拡散係数の変化を示したものである。流下距離が大きくなるにつれて無次元拡散係数は一定となっていくのが確認できる。しかし、case3 の  $x=0.6\sim 2.4m$  における  $k/u_*h$  は 0.2 以上と他と比べて大きく異なる結果となった。ここで case3 と同水量条件、同距離で流木細長比だけ異なる case5 の場合は  $k/u_*h$  は 0.06~0.09 であり、他とそれ程相違はない。つまり、水量条件 3 の場合だけ拡散係数が変化するということは考えられない。また流木の重量は実験開始時と実験終了時でそれほど変化しないよう流木は絶えず含水状態にしてあるため、再現性は確保されている。よって水量、流木性質以外で何かの影響があったと判断される。例えば投入方法が考えられる。投入方法は投入装置を使用し、水面上から投下する。水面と流木投下位置は極めて短い。しかしこの方法をもってしても投下には微妙に変化していたのかもしれない。また、水路上流端の整流装置は人工で造られた物であり、常に一定の水の流れを起こしているとは限らない。よって整流装置による水流変化も十分考えられる。

拡散係数評価式より、本実験から得られた流木の無次元拡散係数  $k/u_*h$  は 0.091 となった。ここで流木の拡散係数は、後藤 ② によると  $k/u_*h=0.032$ 、中川 ③ によると  $k/u_*h=0.208$  であり、本研究での無次元拡散係数と異なる結果となった。本研究と、後藤、中川による実験はそれぞれ水路、水量、流木が異なっているためそれらの何れかに依存しているのではないかと考えられる。後藤 ② によると流木拡散係数は流木長と水深との比  $L/h$  に依存しないという結果が出ている。今後、水路幅と流木スケールの比や流木重量密度等考慮した検討が必要であると思われる。

次に縦方向による時間拡散を測定し、横拡散と比較した結果が図-4 である。図-4 は、case5 の時の各測定位置における各横断方向での通過時間の分散  $\sigma_t^2$  の関係を示したものである。各々の分散は一定せず、流下距離が大きくなるにつれて分散の変化が著しい。これを各条件別に流下距離における通過時間差の分散平均値の変化を示したのが図-5 である。流下距離が大きくなるに従って右上方向への曲線を描いていることがわかる。

#### 4. まとめ

本実験より、横方向無次元拡散係数は流木長、水量を変化させてもほぼ一定値を取ることがわかった。しかし過

去の提案者によると水路、及び流木のスケール、水量様々である。今後それらと拡散係数の関係を検討していく必要がある。以上の結果から得られた横方向及び縦方向の拡散から流木衝突力の評価式 ④ と照合し、検討していく必要がある。

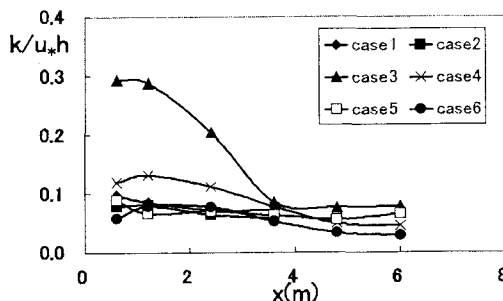


図-3 流下距離における無次元拡散係数

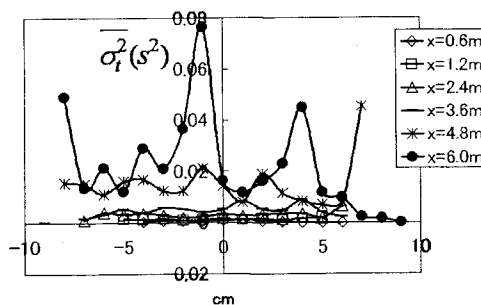


図-4 横拡散程度における通過時間差の分散

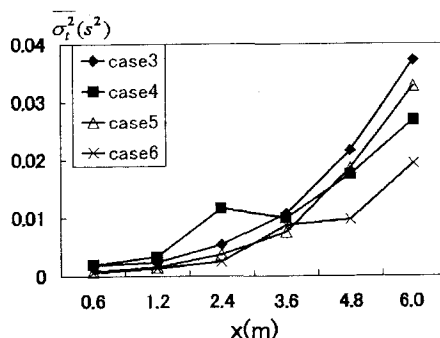


図-5 流下距離における通過時間差の分散

参考文献：

- 1) 松富ら，現地調査，2003
- 2) 後藤智明：第 29 回海岸工学論文集，1982，pp491-495
- 3) 中川一：水工学論文集，第 37 巻，1993.2，pp379-384
- 4) 松富ら：卒業論文，1998，実用的な流木衝突力の評価法