

漂流物の拡散現象に関する実験的研究

防衛大学校建設環境工学科 学生会員 ○大野 真利
防衛大学校建設環境工学科 正会員 藤間 功司

1. はじめに

津波による被害の中で、水面上の漂流物である木材や船舶の構造物への衝突によるものが大きな割合を占めることがある。また津波のときだけでなく洪水時にも流木群が河口に流出し、湾内で船舶の航行や生態系に被害を与えるといった事例は多く、漂流物の影響は防災面で無視できない。これらの漂流物による被害を明らかにするには、漂流物がどのような挙動をするかを知る必要がある。本研究は、定常流による漂流物の拡散について検討することを目的とした実験的研究である。拡散係数は、開水路に単体の物体を流下させ軌跡を追跡することで算定した。漂流物の特性と拡散係数の関係に着目し、漂流物として円柱形・直方形・船舶などの形状、および木材・発泡スチロール・プラスチックなどの材質を漂流物として用いることで、漂流物の形状・材質・密度などが拡散係数に与える影響について検討した。

2. 実験装置および方法

実験には、長さ 15m、幅 0.5m、高さ 0.5m の可変勾配水路を使用し、水路勾配は 1/1250 とした。水路上、中ほどにアクリル板を置き、アクリル板には水路幅中央を示す線と 3m にわたり 0.5m 毎に水路横断方向に標尺を設けた（図－1 参照）。そしてアクリル板の端部と水路幅中央線の交点を漂流物とする物体の投入点(0,0)とし、以後 0.5m 毎の標尺により物体の重心位置(x, y)を読みとり、その分散 $\bar{y}^2$ を計算し拡散係数 k を測定した。また物体の位置の読みとりは、アクリル板上より目視によるものである。

実験において、各物体（表－1 参照）の投入は 25 回を 1 ケースとして、流速 10cm/s、水深 30cm と流速 30cm/s、水深 4cm の 2 通りの実験を行った。また流速の測定は、プロペラ流速計により水路縦断方向、横断方向を測定し、流速分布を求めた。そして摩擦速度 u_* は流速分布に対数則が成り立つとして算定したものである。

3. 結果および考察

実験を行った船型模型の流下にとまなう横断方向の拡散状況の一例を図-2 示す。図は水路横断方向距離 y の通過確率密度を表し、ヒストグラムは実測値、破線は実測した分散を用いた正規分布である。一般に、一様流中で拡散する物質の空間的な分布は正規分布を示す。図の結果から船型模型の拡散係数も正規分布を表し得ることがわかる。また一流中で拡散する空間的な分布では、拡散係数 k と分散 $\bar{y}^2$ には

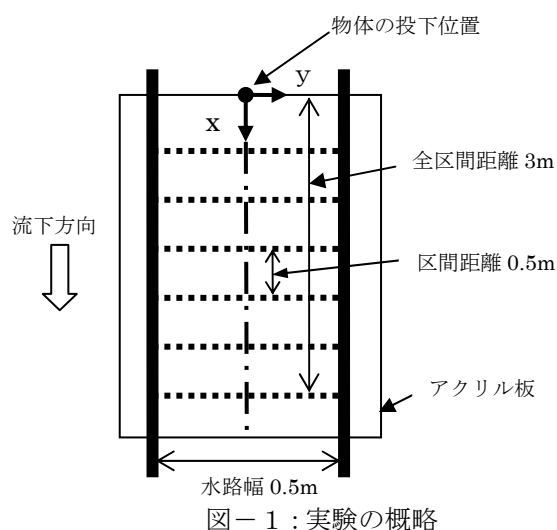


表-1 流下した物体

NO.	漂流物	縦:H (cm)	水中縦 H'(cm)	横:B (cm)	長さ:L (cm)	密度 (g/cm ²)
1	円柱	2.20	1.65	2.20	17.10	0.69
2	棒、L=16cm	1.53	1.05	2.13	16.85	0.61
3	棒、L=8cm	1.20	0.40	2.05	8.52	0.59
4	棒、B=4cm	1.20	0.40	4.20	16.40	0.52
5	角材	2.92	1.38	3.90	4.40	0.53
6	発泡スチロール	2.98	0.01	3.97	4.40	0.02
7	小円柱、L=4cm	0.80	0.50	0.80	3.92	0.64
8	小円柱、L=8cm	0.80	0.57	0.80	8.00	0.65
9	小円柱、L=16cm	0.80	0.45	0.80	15.80	0.70
10	フィルムケース、空	3.20	0.68	3.20	5.20	0.13
11	フィルムケース +砂10g	3.20	1.25	3.20	5.20	0.33
12	フィルムケース +砂20g	3.20	2.05	3.20	5.20	0.67
13	船型模型	3.20	1.40	7.00	18.00	0.34
14	船型模型 +重り10g	3.20	1.55	7.00	18.10	0.38
15	船型模型 +重り20g	3.20	1.65	7.00	18.15	0.42
16	船型模型 +重り40g	3.20	1.80	7.00	18.25	0.50
17	船型模型 +重り80g	3.20	2.20	7.00	18.50	0.65

キーワード 拡散, 津波, 木材, 流木, 船舶, 災害

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 Tel 046-841-3810

$$k = \frac{1}{2} \frac{d\bar{y}^2}{dt} \quad \text{----(1)}$$

$$\cong \frac{1}{2} u \frac{d\bar{y}^2}{dx} \quad \text{----(2)}$$

が成り立つ。 u は表面流速とし実験において拡散係数 k の算定には上に示す(2)式を用いた。

図-3 に示すのは、流下距離による拡散係数の変化を示した図である。縦軸は、拡散係数 k を摩擦速度 u_* と水深 h で無次元化したものである。一般的に、拡散係数は渦の平均寿命時間よりもかなり大きい時間が経過した場合、一定の値をとるとされる。本実験の場合も図-3 からわかるように、流下距離が大きくなると拡散係数はほぼ一定になるが、中には初期の段階に大きく拡散し、以降の拡散係数が減少傾向にある物体もある。

図-4 は船型模型を流下方向に対し、船首の向きを変化させ流下させた結果である。船首を流下方向へ向けた場合は図-3 にも示す通り無次元拡散係数は 0.2 付近で一定となる。船首を横に向けた場合は、流下距離が大きくなるにつれ一定の値を示すが 1.0 と大きな無次元拡散係数の値を示した。また船首を流下方向に対し後向き、 45° 傾けた場合は、壁面にぶつかる場合もあり正確な拡散係数の評価はできなかった。船型模型の観測で初期の段階で大きく拡散する場合、流下後すぐに船首が激しく回転することが観測された。図-3、図-4 で無次元拡散係数が一定の値に定まらないケースでは、このような物体の回転が影響したのかもしれない。

図-5 に $x \geq 150\text{cm}$ において平均した無次元拡散係数と物体の密度との関係を示す。ただし長手方向を流下方向に向け流下させたケースのものを描いた。これより密度の小さい発泡スチロールの無次元拡散係数は、他の物体よりもかなり小さな 0.016 と 0.033 の値を示していることがわかる。他の物体は、概ね 0.1~0.25 間の値を示している。

以上のことから、漂流物の拡散現象は、流れ方向に対する漂流物の初期の向きに大きく依存すること、ある程度の密度のある物体では、無次元拡散係数の値が 0.1~0.25 の範囲になる傾向が強いことがわかる。また、以後の課題として、幅の大きな水路を用いることや測定の流れ距離を長くとり、初期の段階で大きく拡散するケースについてその理由を明らかにする必要があること、測定回数を多くとり物体の正確な拡散係数を定め、物体の特性とより具体的に比較、検討できるようにする必要がある。

参考文献

- (1) 後藤智明・佐々木順次・首藤伸夫: 津波による木材の流動, 第 29 回海岸工学講演会論文集, pp. 28~32, 1982.
- (2) 中川 一・高橋 保・池口正晃: 洪水氾濫に伴う流木群の拡散に関する研究, 水工学論文集, 第 37 巻, pp. 379~384, 1993. 2

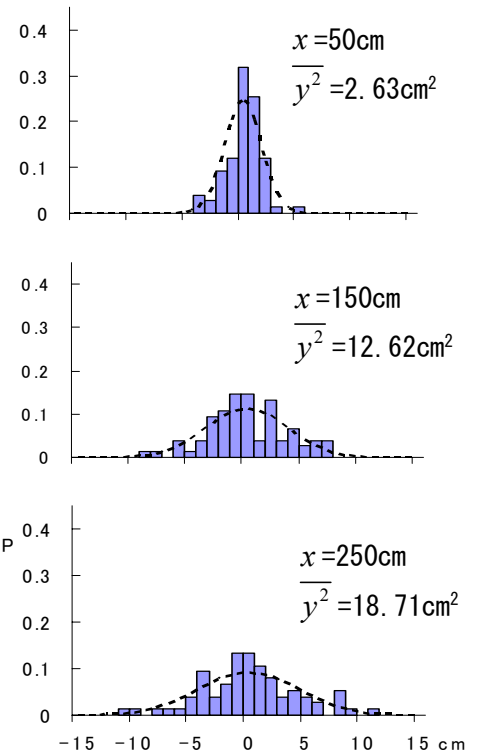


図-2 船型模型の拡散

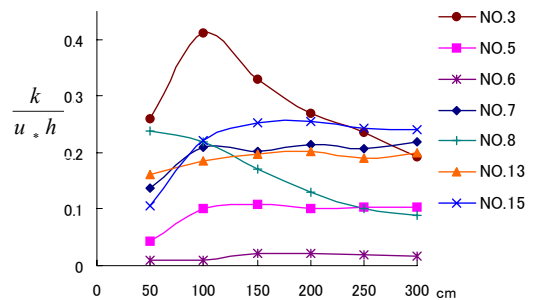


図-3 流下距離による無次元拡散係数の変化

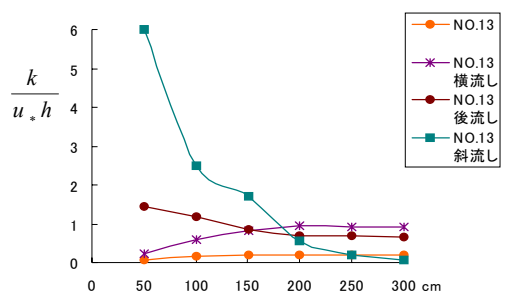


図-4 流下距離による無次元拡散係数の変化

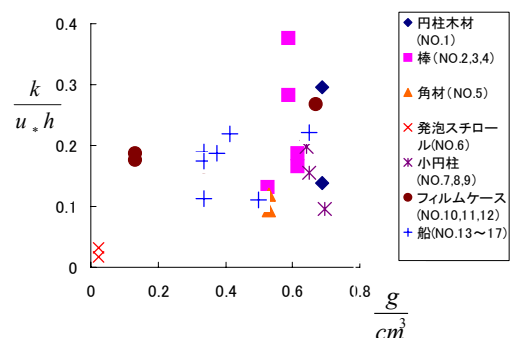


図-5 密度—無次元拡散係数