

開水路流れにおける拡散および分散について

京都大学工学部 正員 岩佐 義朗
 京都大学工学部 正員 後 史郎
 建設省 正員 〇丹羽 豊

1. はじめに

非一様水路における移流分散、拡散については、まだ多くの解明すべき点が残されていると考えられる。貯留効果を考えることによって、現実のtailing現象をよく表現する死水域モデルにおいては、横方向の混合速度が重要な要素となっている。本報文では、水路内に水制を設置することにより、流れに死水域を形成し、死水域と主流域とにおける混合速度に関して、水路実験により得られた結果について報告する。

2. 実験方法

実験は、図-1に示された長さ6.2m、幅80cm、深さ30cmの直線水路を用い、水路こう配は水平に設定した。長さ15cmの不透過水制を、一定間隔にて、水路の両側壁面に直角に対向して設置した。水制間隔 d および、主流域の流速を表-1に示されたように変化させ、16ケースについて実験を行った。水制によって形成された死水域内に、トレーサーとして用いた直径6mmのパンチくずを一樣に浮かばせ、写真撮影により、主流域へのパンチくずの放出の様子を調べ、死水域におけるパンチくずの濃度変化を求めた。また、写真撮影により、死水域における流況を観察した。

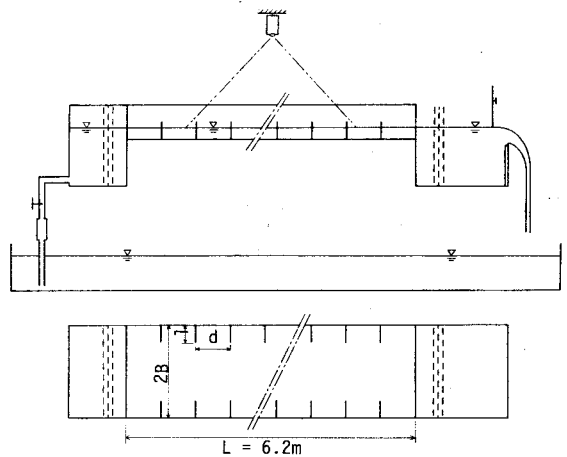


図 - 1

3. 実験結果

実験より得られた、死水域における濃度 C_2 の時間変化を示すと、図-2のよう

になる。これを以下に述べる方法によって解析し、流況を表わす実験諸量と混合速度との関係について検討した。

水制長を l 、水制間隔を d 、死水域の面積を $S (=ld)$ 、主流域および死水域における平均濃度を C_1 および C_2 、死水域内への流入速度を W_1 、死水域から主流域への流出

Case	水制長さ l (cm)	水制間隔 d (cm)	流量 Q (l/sec)	水深 h (cm)	平均流速 U (cm/sec)	水温 T (°C)	主流域平均濃度 C_1 (mg/l)	死水域平均濃度 C_2 (mg/l)	レイノルズ数 Re ($\times 10^3$)
1-1	15.0	15.0	18.37	11.38	32.28	10.30	1.296	0.306	2.834
1-2	15.0	15.0	7.49	8.04	18.63	10.60	1.285	0.210	1.166
1-3	15.0	15.0	6.17	12.59	9.80	10.60	1.285	0.088	0.960
1-4	15.0	15.0	2.60	9.28	5.60	11.00	1.271	0.059	0.409
2-1	7.5	15.0	7.39	6.33	27.73	11.45	1.255	0.384	1.178
2-2	7.5	15.0	7.39	8.18	18.07	11.75	1.245	0.202	1.187
2-3	7.5	15.0	3.72	9.03	8.24	11.70	1.246	0.088	0.597
3-1	30.0	15.0	14.76	9.70	30.43	11.80	1.243	0.312	2.375
3-2	30.0	15.0	4.05	6.33	12.80	11.90	1.240	0.163	0.653
3-3	30.0	15.0	2.03	5.62	7.22	12.00	1.237	0.097	0.328
4-1	60.0	15.0	11.88	8.43	28.19	11.10	1.267	0.310	1.876
4-2	60.0	15.0	12.07	12.02	20.08	11.50	1.253	0.185	1.925
4-3	60.0	15.0	3.97	8.72	9.11	11.70	1.246	0.099	0.638
5-1	120.0	15.0	15.45	11.34	27.25	11.75	1.245	0.258	2.482
5-2	120.0	15.0	5.50	5.79	19.00	11.85	1.242	0.252	0.886
5-3	120.0	15.0	4.14	9.87	6.39	11.90	1.240	0.085	0.668

表 - 1

速度を $-w_2$ 、さらに速度 w_1 および $-w_2$ を流入、流出する平均的な幅を d_1 および d_2 （ただし、 $d_1 + d_2 = d$ ）とすると、死水域内の濃度の時間変化は、物質収支の関係より、

$$S \frac{dC_2}{dt} = d_1 w_1 C_1 - d_2 w_2 C_2 \quad (1)$$

となる。また、流れは定常で、近似的に二次元的であると考えると、連続の関係から、

$$d_1 w_1 - d_2 w_2 = 0 \quad (2)$$

(1), (2) 式より、

$$S \frac{dC_2}{dt} = d_2 w_2 (C_1 - C_2) \quad (3)$$

ここで、 $d_2 w_2 = k$ とするとき、 k は水割間隔 d にわたる平均的な混合速度を示す。

いま、主流域の濃度 $C_1 = 0$ とすると、 $k = \text{const}$ とし、

$$C_2 = C_0 e^{-\frac{k}{S} t} \quad (4)$$

となる。ここで、 C_0 は初期濃度を表わす。

また、混合速度 k に関係する要素として、水路幅 $2B$ 、水割長さ l 、水割間隔 d 、主流域平均流速 u 、動粘性係数 ν を考え、次元解析すると、次の関係が得られる。

$$f_1\left(\frac{d}{2B}, \frac{d}{l}, \frac{u}{\nu}, \frac{ud}{\nu}\right) = 0 \quad (5)$$

$$k = u \cdot f_2\left(\frac{d}{2B}, \frac{d}{l}, \frac{ud}{\nu}\right) \quad (6)$$

本実験では、 B 、 l は共に一定であるので、 d/l および ud/ν のみを用いて考える。

(4) 式を用いて、図(2)に示した直線のこの配より k を算出し、縦軸に k/u 、横軸に ud/ν を取り、 d/l をパラメータとして表わしたものが、図-3である。本実験の場合、 k/u は一定でなく、 ud/ν によって変化しているが、Case 3, 4, 5の場合には、 k/u

の増加に伴って、 k/u はある点において減少から増加に転じる傾向が見られる。このような傾向が見られるのは、平均流速 u の増加に伴い、死水域内の渦の形状および安定性に変化が生じる事が原因ではないかと考えられる。今後、実験データを追加して解析するとともに、主流域平均流速の変化に伴う死水域内の渦の発達についても調べる必要がある。

