

河辺に水辺植物を有する開水路流れの乱れ構造について

大阪大学工学部 正 員 室田 明
大阪大学工学部 正 員 福原 輝幸
(株)建設技術研究所 正 員 ○佐藤 勝

1. まえがき：現在、多くの河川において開発・改修が進みその治水・利水機能は、大きく改善されてきている。しかし、一方においては河川の全長にわたって開発・改修が行なわれているような場合は少なく、一部には未開発・未改修の部分も残されている。このような場所においては、しばしば植物が繁茂している。このような河辺に水辺植物を有する流れ場の乱れ構造を研究した論文は全くないのが現状である。本研究は、水辺植物を有する流れ場を模型によって再現し、流れ場の乱れ構造を知ることを目的とするものである。

2. 実験方法：高水敷の代表的植物であるヨシを屈撓性を有する合成樹脂の棒(長さ6.8cm, 直径0.24mm, 弾性係数 $1.45 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$)によってモデル化した。水路床にこの模擬植物を図-1に示すような配列で幅49cm, 区間長700cmにわたって固定した。実験は下流端セキを用いて流れを等流状態にし、2成分熱膜流速計を用いた測定は模擬植物群落の後端部から150cm上流側の水路幅中央部(ここだけ一部模擬植物を除去)で行った。摩擦速度 u_* は区間中央部(前端、後端からそれぞれ150cmの2点)でのエネルギー勾配を用いて計算された。水理諸元は表-1に示すとおりである。

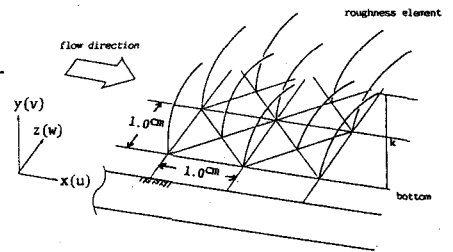


図-1 模擬植物の概要

表-1 水理諸元

CASE	h(cm)	U _m (cm/sec)	S($\times 10^{-3}$)	k(cm)	T _w (°C)	Re	Fr	U _* (cm/sec)
A-1	7.35	11.60	1.00	5.80	20.8	15190	0.121	3.09
A-3	10.10	10.60	2.00	5.20	20.5	20300	0.191	4.56
A-6	11.80	10.30	3.00	5.20	20.0	24060	0.233	5.48
A-7	5.40	10.95	0.50	6.00	20.8	11160	0.097	2.67
A-12	4.89	10.20	1.12	5.90	20.5	10030	0.098	2.80
A-13	4.00	9.40	0.87	6.00	21.0	8300	0.090	2.83
A-14	8.50	10.15	1.92	5.45	21.0	17650	0.171	4.52
A-20	9.15	10.58	1.48	5.28	20.9	18940	0.173	4.50
A-21	11.80	9.15	3.83	4.75	20.9	24420	0.278	5.89
A-22	4.10	9.65	0.73	5.75	21.0	8510	0.089	2.36

3. 平均流速分布：

平均流速分布はレイノルズ数によって図2に示すような差がみられる。kは模擬

植物高さ、 U_k はその位置での平均流速である。相対的にレイノルズ数が小さい場合、模擬植物による遮水効果が顕著となり内部領域($y < k$)における流速の逓減が著しいことがわかる。

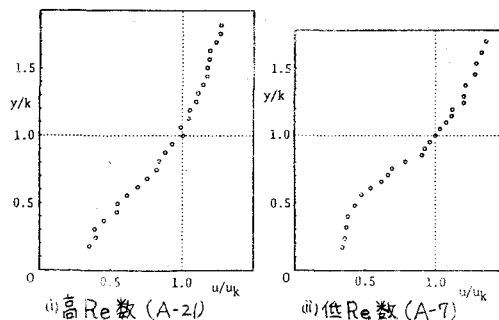


図-2 平均流速分布

4. 流れ場の乱れ構造：

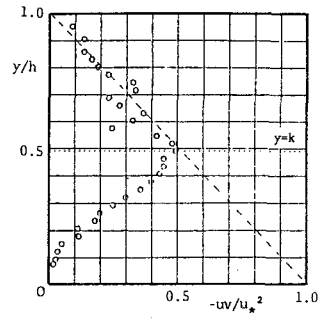


図-3 レイノルズ数(A-3)

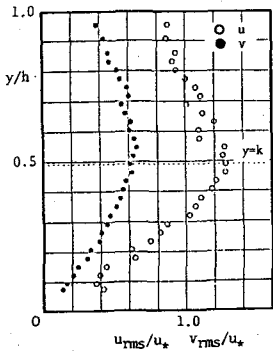


図-4 乱れ強度(A-3)

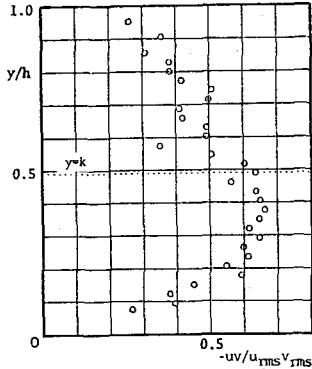


図-5 相関係数(A-3)

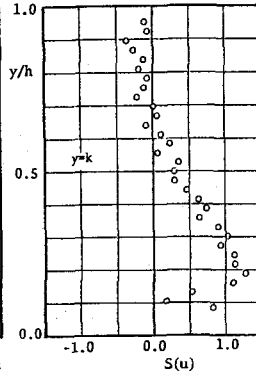


図-6 uの歪度(A-20)

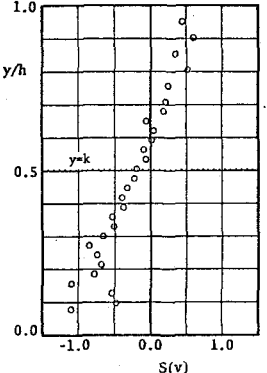


図-7 vの歪度(A-6)

図-3、図-4はそれぞれレイノルズ応力と乱れ強度の分布を示したものである。いずれも $y=k$ 付近で最大値をとっており、ここでは極めて乱れた状態であることを示している。図-5は相関係数の分布であり、これも $y=k$ 付近で最大値をとっていることよりこの位置では u と v は強い相関を保ちながら大きく乱れていることがわかる。図-6、図-7、図-8、図-9はそれぞれ u 、 v の歪度 S 、尖度 F の分布を示したものであり $y=k$ を境にして u 、 v の歪度の符号が逆転している。これは内部領域において極めて大きな $u(>0)$ 、 $v(<0)$ が発生していることを示している。このような特徴は u 、 v 、 uv 時系列にも現われており、図-10に示すように内部領域においてはSWEEP運動($u>0$ 、 $v<0$)によって間欠的に極めて大きな瞬間レイノルズ応力が発生している。

5. 結論：4象限条件付抽出法を用いた解析結果においても $y<k$ 、 $y>k$ では乱れ変動量の特性が逆転するという結果が得られた。これらの結果より水辺植物のある流れ場を模式的に描けば図-11のようになる。すなわち、「高速の外部($y>k$)流体が内部領域に強烈に侵入し、それがひき金となって低速の内部($y<k$)流体の上向き運動が誘発される。」というような流れ場が推察される。

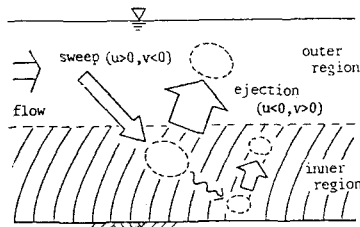


図-11 流れ場の概念図

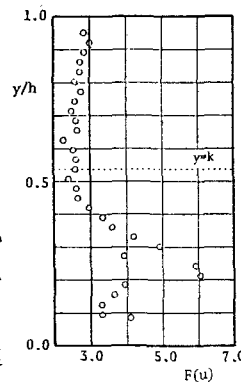


図-8 uの尖度(A-14)

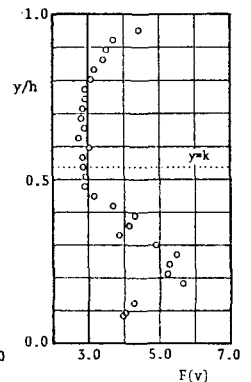


図-9 vの尖度(A-14)

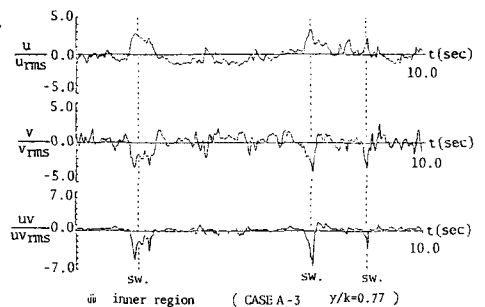
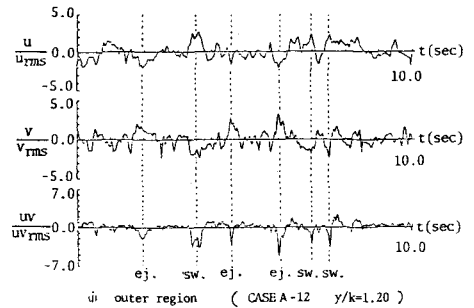


図-10 u 、 v 、 uv 時系列