

II-122

超高速流に関する最大水深の実験的推定

大阪産業大学工学部 正員 室田 明

大阪産業大学工学部 正員 ○宮島 昌弘

1. はじめに

急勾配水路を流下する転波列を伴う流れについて、その最大水深を把握することは、水路設計上重要であると考えられる。しかしながら、これまで具体的な実験結果を踏まえて論じられたものはあまり見当たらない。そこで、本研究では超高速流に関して実験的に整理した結果、平均的な最大水深の推定について実用上有効であると考えられる知見が得られたので、これについて報告する。

2. 実験方法と実験条件

実験は、長さ5 m、水路幅Bが20 cmのアクリル性可変勾配水路を用いて行い、水路上流端より3.9 m下流付近を測定地点とした。河床面は滑面と粗面の2種類とし、粗面については粗度の粒径として $D_{84} = 1.9\text{mm}$ のものを使用し、この1/4下方を仮想河床面とした。計測にはレーザードップラ-流速計と超音波水位計を用いた。基本的な実験条件を表-1に示す。

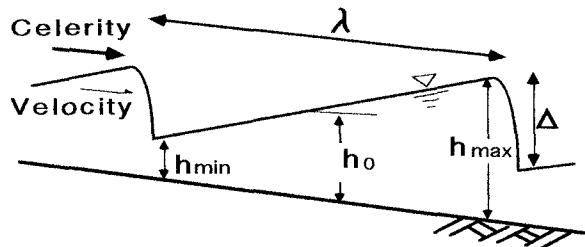


図-1 実験諸元

3. 実験の諸元

実験に関する諸元を図-1に示す。ここに Δ :波高、 λ :波長、 h_0 :平均水深(後述の(1)式)であり、水位変動波形は鋸歯状を呈する。

表-1 実験条件

粗面水路 勾配 S	流量 Q(l/s)	滑面水路 勾配 S	流量 Q(l/s)
1/5.86	0.575	1/5.97	0.504
	0.807		0.951
	1.018		1.418
	1.337	1/8.25	0.648
1/7.67	0.691		1.110
	0.841		1.341
	0.995	1/9.66	0.744
	1.285	1/12.71	0.735
1/9.79	0.821		0.936
	1.077		1.180
	1.364		

4. 実験結果

(1) 波形勾配について 図-2にフルード数 Fr と波形勾配の関係を示す。滑面・粗面それぞれ Fr の増大に伴い波形勾配も大きくなっている。おそらく河床面の粗度をパラメータとしてそれぞれの傾向が示されるものと考えられる。ここに、 $Fr = U / \sqrt{g h_0}$ 、 $U = Q / (B \cdot h_0)$

(2) 相対波高について 図-3に Fr と相対波高(Δ / h_0)の関係を示す。ここでは滑面・粗面にかかわらず Fr の増大に伴い相対波高も増大しており、 Fr と波高の非常に明確な関係が示されていると考えられる。また図-2、3より波形勾配および相対波高と Fr の関係が Fr の1を越えるあたりから出現して来るように推定される。

(3) 主流平均流速分布について 図-4に転波列を伴う流れの流速分布($S=1/9.66$, $Q=0.744\text{l/s}$)を示す。見かけ上開水路定常流の流速分布に近似した傾向を示している。そしてこれまでの実験結果から観測波速 c と波頂部近傍の水粒子速度 U_c がほぼ一致していることがわかっている。これらのことから転波列を伴う流れは、波動としては卓越した輸送性・流動性を持っており、見かけ上開水路平均流速分布と同様の扱いができることを示唆している。また転波列フロントでは碎波現象が現れていると考えられる。

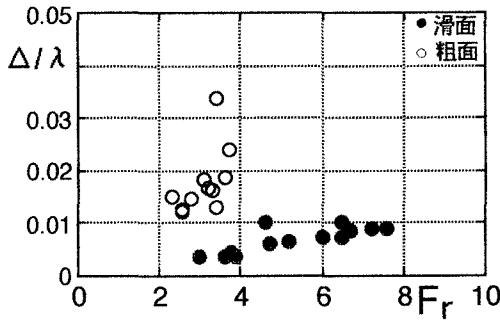


図-2 転波列の波形勾配

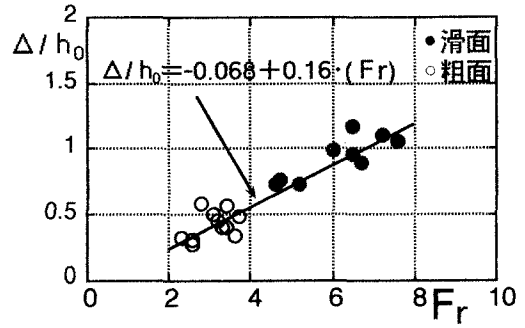


図-3 相対波高とフルード数

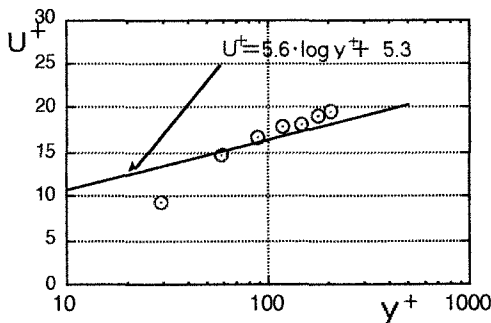


図-4 主流平均流速分布

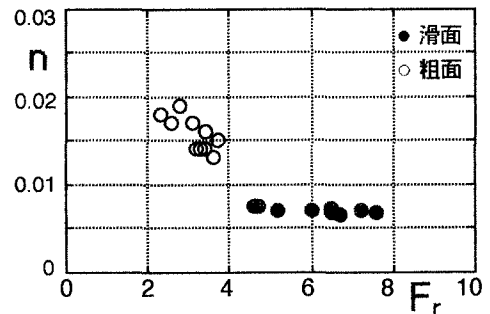


図-5 マングの粗度係数 n と Fr 数

5. 検討

実験結果から急勾配水路を流下する転波列を伴う流れは、波動というより流動性の卓越した流れであり、しかも平均的には開水路定常流の扱いが可能であると考えられる。そこで実験結果の h_0 からマングの粗度係数 n を算定してみると、本実験条件では図-5に示す結果が得られた。このことはなんらかの形で転波列を伴う流れの粗度係数を推定できれば、与えられた流量 Q と水路勾配 S から h_0 が推定でき、図-3から得られる関係式より波高が推定できるようになることを意味する。つまり、以下の関係式を用いて、矩形水路上の転波列の最大水深の推定を試みることができる。

$$(h_{\max} + h_{\min}) / 2 = h_0 \quad \text{----- (1)} \quad Q = B h_0 U \quad \text{----- (4)}$$

$$h_{\max} - h_{\min} = \Delta \quad \text{----- (2)} \quad \Delta / h_0 = a + b (Fr) \quad \text{----- (5)}$$

$$U = 1 / n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad \text{----- (3)} \quad \text{ここに、} a, b; \text{ 定数, } R; \text{ 径深}$$

手順としては与えられた Q と S の条件下でまず粗度係数 n を推定する。あとは (3)、(4) 式から h_0 を求め (5) 式から波高 Δ を求め、最終的に最大水深が $h_{\max} = h_0 + \Delta / 2$ で求められる。

6. 結語

実験的に得られた相対波高 Δ / h_0 と Fr の関係および粗度係数 n から、転波列を伴う流れの最大水深が推定できることが判った。しかしながらまだ粗度係数をどう推定するかが課題として残っている。今後検討していきたい。