

足利工大 正員 上岡 充男

正員 岩崎 敏夫

1. はしき

跳水の内部機構について Resch, Leutheusser and Alemu や Hager and Hutter らの注目すべき提案がなされているが、現状では問題解決には程遠い。それは恐らく気泡を混入した高速水流域の測定が困難である為と考えられる。我々は独自の測定方法を用いて4年間程測定を続け一応の成果を得たのでここに報告する。

2. 実験装置と実験方法

実験に用いた水路は幅1.0m, 長さ18.0m, 高さ1.0mの鋼製水路でほぼ中央に高さ $W_1=80$ cm, 天端幅 $B=30$ cm, 表法勾配1:1.5, 裏法勾配1:2.0の台形せきを設けた。側壁には縦横5cmの基準目の計測線を設けてある。表-1に実験における減勢値の理想跳水との比較を示す。表に示された記号は上流フルード数 F_1 , 下流水深 h_2 , 共役水深 h_d および実験における減勢値の理想跳水におけるそれとの比率 K をしめす。すなわちフルード数はほぼ一定であるが, 下流水深が大きくなる程減勢率は小さくなる。

表-1

ケース	F_1	h_2/h_d	K
1	8.30	1.50	0.89
2	8.32	1.88	0.82
3	8.35	2.46	0.69
4	8.35	2.77	0.62
5	8.35	3.15	0.54
6	8.35	3.63	0.44
7	8.35	4.07	0.34

3. 流況の観測および跳水内部のサブ領域

図-1に目視による跳水内部の気泡混入ならびに渦, 流線の挙動の一例を示す。これはケース3の場合であるが射流と跳水始端の接触点aより極めて激しい高流速のジェットが跳水下面に突入する。a-a', a-a"は zone of flow establishment に類似の領域である。気泡は次いで大きい楕円形を描きながら水面に達する。従ってこの気泡浮上域では水平方向の運動量と垂直上方に向かう浮力とによって気泡の運動が説明される。b₁の部分は反転して上流に向かい反時計回りの循環が形成される。その循環内部にはdに於てK-H不安定渦列が形成されている。他方b₂の部分の水粒子はゆるやかに下流にむかうが, 気泡はそのまま水面に達し, なお残った気泡は輸送されつつ水面で消散する。これより跳水内部は下記の6流域にわけられる。

I. ポテンシャルコアの部分 II. 気泡の混入する乱流境界層 III. 循環域 IV. K-H不安定渦列域
V. 気泡浮上域 VI. 下流静水域

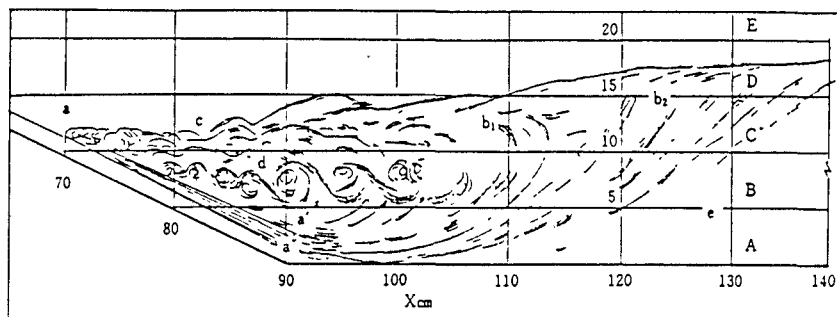


図-1 跳水内部気泡混入ならびに渦, 流線の挙動

h_2/h_d が大きくなるにつれてKH不安定域が弱くかつ小さくなっていく。乱流境界層の厚さは厚くなっていく。循環域の大きさも大きくなり、気泡浮上域は上流に上がってくる。これらのことより跳水におけるI初消滅の主役はKH不安定渦列であることがわかる。しかしこの渦の発生は極めて瞬時的で毎秒30コマのビデオの1コマに写っていても次のコマでは消散している。ウォーターハンマーでは気泡の破裂の際に表面張力がなす仕事はI初消滅の主役であるが、跳水ではそのようなことはない。

ある時間内に気泡に占められる時間の比率をボイド率とよぶことにし、Kanomax社製二層流信号処理器により跳水内のボイド率を測定したところ、その分布曲線は気泡の軌跡にほぼ一致した。このことは、気泡が破裂せずに水面に達することを示している。実験によれば跳水始点より始めて、跳水表面に沿うボイド率Cの分布は次式で示される。

$$C=(18.36-3.655(h_2/h_d))\exp(-1.7x)$$

ここにxは跳水始点よりの距離cmである。この式は勿論跳水の実規模と密接な関係があるとはいえ、示唆的である。例えば完全跳水の時には $c=14.71\%$ となる。また不完全度を増すにつれてcの値は減少する。従って跳水におけるI初消滅のひとつの機構は気泡の巻き込みによるものと考えられる。しかしxの増加によるcの減少はさきに述べたように気泡の浮上によるものであり、実験がF1一定の条件で行われたことによりcのxによる減少率は h_2/h_d の値には関係していないことが、これを証明している。

4. 跳水内の流速流向および流向のワケメシ

跳水内の機構を調べる為にさらにプロペラ式流速計を用いて流速分布を求めた。また側壁に白糸を接着させ毎秒30コマの割合でビデオ撮影を行い、一点につき1024コの方角角をよみとり、FFTによるスペクトル解析をおこなった。この解析にあたっては、平均の方角角をまず求め、それとの偏差を計算し、その最大偏差との比の自乗によるパワースペクトルを求めた。従って平均方向角の空間分布、最大フレ角の空間分布、標準偏差角の空間分布が得られる。その1例を下に示す。流向についてはとくに気泡の動きと異なり気泡浮上域ですでに下流にむかうことが分かった。気泡浮上域とKH不安定域の境で最大フレ角が大きく循環域の周辺で標準偏差が大きい。従ってI初消滅の機構はこの域でのシアーによるものといえよう。

5. 結び

本研究の結果跳水におけるI初消滅の機構はKH不安定域周辺のシアーによることが分かった。これにより今後の理論的展開の緒口がえられた。最後に本研究は足工大賀賢生、川島隆行、川名聡彦、河野俊夫（昭59）青木陽二郎、小野瀬克好、豊田智之（昭和60）佐藤重信、佐野正貴、山口努（昭和61）大島正三、門井憲一、林徳成、藤原睦浩（昭和62）の諸君の熱心な測定に負うところが大きであった。ここに記して厚く謝意を表する。

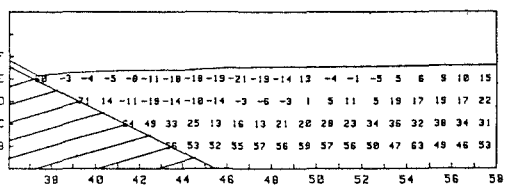


図-2 流速分布

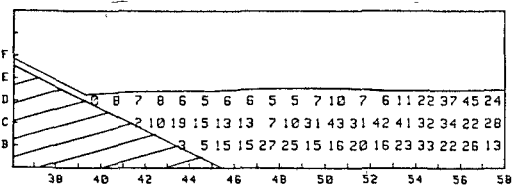


図-4 最大フレ角分布

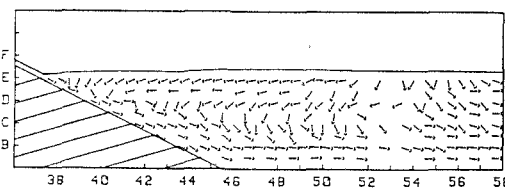


図-3 流向分布

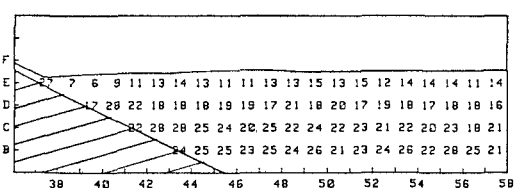


図-5 フレ角標準偏差