

開水路の断面内二次流の諸特性について

大阪大学工学部 正 員 空田 明
 大阪大学大学院 学生員 O福原 輝幸
 中国電力(株) 正 員 末次 弘道

1. まえがき

近年、流れの可視化技術の発達に伴ない開水路流れの階層的な乱れ構造が益々に論じられるようになってきた。著者等は染料のfingering現象、流速諸量や境界層諸量の断面内分布特性より、二次流の存在およびその断面内スケールを明らかにした。しかしながら二次流の流下方向スケールについては、開水路の大規模且つ三次元的な乱れ構造を考える上で重要な物理量と解釈されながらも、あまり議論されていないのが現状である。そこで本研究は、この点を明らかにする基礎として、水素気泡法による可視化手法を用いて流動の特性を定量的に評価することを目的とする。

実験は、23回水溝¹⁾と同じ水路を使用し、今回は水素気泡の流動を16mm高速シネカメラで記録し解析を行なった。

2. 実験結果およびその考察

写真-1は高速編、低速編における半水深の位置で流下方向60cmにわたり連続的に発生させた水素気泡の流動を水路上方より撮影したものであり、大規模な擬似波状を呈していることがわかる。隣り合う水素気泡は同位相、逆位相あるいは位相がずれた状態で現われている。実験中の平面観察に基づけば水素気泡は流下方向軸回りの回転運動もみられ、横方向には隣接する白金線にまで達する場合もある。一方、側面観察に基づけば同じく水素気泡は擬似波状を呈し、勢いよく水面または水路床に達するのが認められる。この流動はRe数が大きい程、あるいは粗度間隔が短くなる程活発になる。また水面に達した水素気泡が数10cm流下したのち、再び水路床に向かって沈降していく現象も観察された。以上は、オ23回水溝¹⁾で示した断面内流動、主として二次流を想定すれば首肯できる現象と考えられる。すなわちタフト法で検証したように高速編、低速編近傍での流れの収斂、発散に伴ない水素気泡は横方向に流動するものと考えられる。これより写真-1でみられる水素気泡の擬似波状性は二次流の流下方向特性を反映しているものと推察される。そこで水素気泡の流動特性を把握するためまず、擬似波状的な水素気泡を平面観察した場合に得られる半波長を入、そして同じくそれを側面観察した場合に得られる半波長を λ とそれぞれ定義し、両者の測定を行なった。

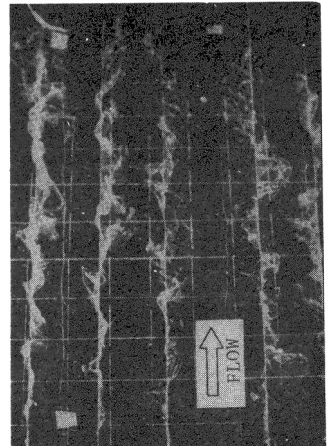


写真-1 水素気泡の流動

写真-1は高速編、低速編近傍での流れの収斂、発散に伴ない水素気泡は横方向に流動するものと考えられる。これより写真-1でみられる水素気泡の擬似波状性は二次流の流下方向特性を反映しているものと推察される。そこで水素気泡の流動特性を把握するためまず、擬似波状的な水素気泡を平面観察した場合に得られる半波長を入、そして同じくそれを側面観察した場合に得られる半波長を λ とそれぞれ定義し、両者の測定を行なった。

結果は図-1に示す通り、 Re 数が3750の場合は λ/H と L/H （ここに H は水深）の値はどちらもほぼ1.0ぐらいであるが、 Re 数が6000の場合は両者の値はともに小さくなる傾向にある。特に、 Re 数が6000で粗度間隔と粗度高さの比 λ/k が8であるRun B-2においてその傾向は顕著である。このことから本実験に関する限り、白金線を張った付近の流れ場は流下方向にほぼ水深スケールで変化することが推量できる。さらに、この両者の値は発生している水素気泡のすべてにわたりほぼ一定であるところから、長さ λ としは開水路流れ場の流下方向変化を示すスケールの1つとして

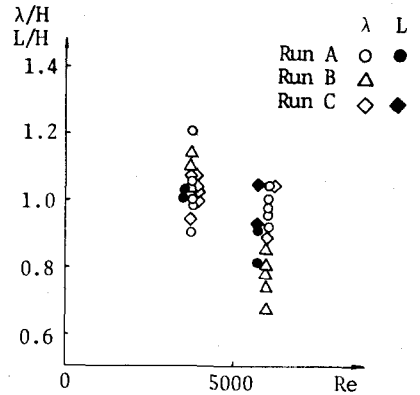


図-1 水素気泡の半波長

考えられる。次に、隣り合う水素気泡の位相に着目して流下方向の任意の位置で1秒または1/4秒毎にその横方向の向きを調べた。2次流の特徴的な現象とみなされる流れの収斂、発散を考えて、特に逆位相に注目し同位相との対応で特性を検討した。測定時間は20秒であるが卓越して現われる位相を識別することは難しく収斂、発散は流下に伴ない変化すると推察される。さらに逆位相が再び現われるまでの時間間隔 T_s を求め、 T_s と水素気泡の移流速度 U_c を用いて流下方向長さ L_s を次式で定義した。 $L_s = U_c T_s$ --- (1) この長さ L_s は上述の考えに基づけば2次流の流下方向流動の特性長としても理解できる。結果は図-2に示す。(a)、(b)は Re 数が3750と6000でともに滑面の場合であり、 L_s/H の平均値はそれぞれ1.9および1.5ぐらいとなる。(c)は Re 数が3750で λ/k が8の場合であり、 L_s/H の平均値は1.3ぐらいである。以上より、 L_s/H の値は Re 数が大きい程また粗度間隔が短くなる程小さくなると予想され、隣り合う水素気泡との相互作用は Re 数や粗度による影響が大きいと思われる。水素気泡の瞬時の流動より2次流のような断面内流動は確認できなかったが、流れの収斂、発散を示すような水素気泡の横向き流れは定常的ではないものの流下方向にわたり存在することがわかった。以上のことから、著者等の提案した2次流はこのような流れの収斂、発散がある時間または空間スケールをもって統合された状態で考えられる断面内流動と思われる。今後、さらに2次流を含めた開水路流れの流下方向特性について検討して行くつもりである。

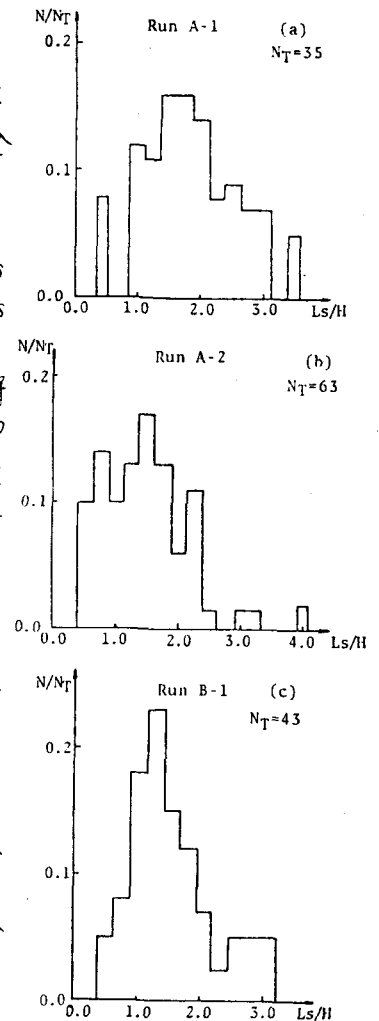


図-2 2次流の流下方向の特性長

<参考文献> 1) 室田・中辻・福原：第3回水講，1979