

東京工業大学 正会員 稲葉 増美

東京工業大学 正会員 福岡 捷二

東京工業大学 正会員 角田 学

1. はじめに 躍層に於て進入する濁水は、下流端に達すると反射して段波を形成する。著者らはこれ迄、流入濁水の密度が上層と下層の密度の平均値に等しい場合について調べてきた。このとき濁水先端部は図-1-(a)の形状をとる。更に段波の形状は、放水量、放水口の位置によって異なる。すなわち、放水がない場合は図-1-(b1)に示すように上下対称な形状をとる。更に速度は小さくなる。放水口が躍層の位置にない場合は、図-1-(b2)及び図-1-(b3)に示すように非対称な段波となる。本研究では、濁水と周囲水との密度の関係が図-1の場合と異なる場合、段波がどのような挙動を示すかを実験的に検討した。

2. 実験方法 濁水は plunging 部及び水路床上を流下する途中で周囲水と混合するため、二次躍層進入時の濁水流量は約1.0%となる。このとき濁水の密度は、上層の密度に近く下層の密度とは著しく異なる。このため濁水の進入形状は図-2のようになる。放水口(高さ2cm, 幅18.5mmのスリット型)は二次躍層の上方10cmの位置に設置する。濁水先端部が一次躍層に達したとき($t=0$)より0.4%の放水を開始する。

3. 実験結果

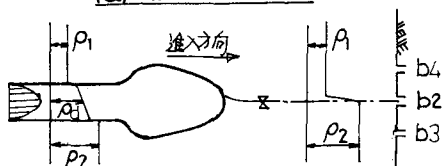
3-1. 下流端での反射 下流端での反射は放水の有無により異なる。本実験条件(流入量, 放水量, 放水口の位置)のもとでは、放水がある場合の方が無い場合より衝突時の濁水の高まりは大きい。これは、先端部移動速度が放水の影響で増大し、下流端での濁水の衝撃力が大きくなるためである。

しかし、その後段波が形成されてより速く始めるときは、段波の波高は放水がある場合の方が小さくなる。これは放水により濁水量が減りするためである。

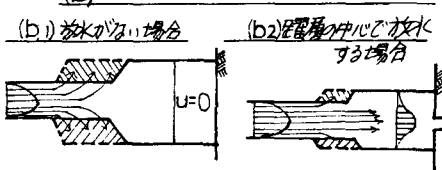
3-2. 密度分布・流速分布 濁水が進入し移動していく状況を大きく3つの状態(①, ②, ③)に分けて考える。①, ②, ③の状態を図-3に示す。すなわち、時刻①は濁水が二次躍層に進入する前の状態、時刻②は濁水先端部が二次躍層上を進入し下流端に達するときの状態である。時刻③は更に段波が $x=120$ cmの位置を通過したときの状態である。各時刻(①, ②, ③)における流速分布、密度分布を $x=40$ cmと $x=120$ cmの位置で測定した。

図-4の(a), (b)は濁水が進入しているときの密度分布、流速分布である。(a)は放水がある場合、(b)は

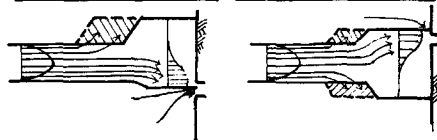
(a) 濁水先端部の形状



(b) 放水条件の違いによる更に段波の形状



(b1) 放水がない場合 (b2) 躍層中心で放水する場合



(b3) 躍層の辺で放水する場合 (b4) 躍層の上で放水する場合

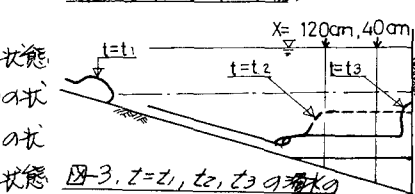
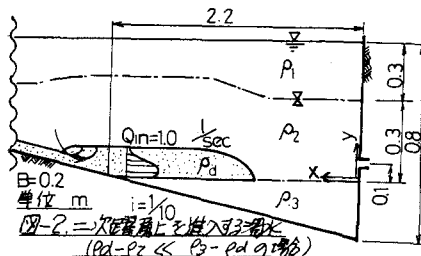
図-1 濁水先端部の形状及び更に段波の形成機構 ($P_d - P_1 \neq P_2 - P_d$ の場合)

図-3 ①, ②, ③の濁水の進入状況

放水がない場合である。

○印が密度分布、実線が流速分布である。●印は濁水が存在する範囲の密度分布を表わしている。

1). 放水がない場合

図-4-(a)において時刻をたの密度分布を比較すると濁水の厚さ(ρ_2)が増加し、

ρ_2 の密度の層が減少している。このことから段波通過時に、一次躍層と二次躍層の間で濁水と密度 ρ_2 の流体とが混合し濁水化が進んでいることがわかる。

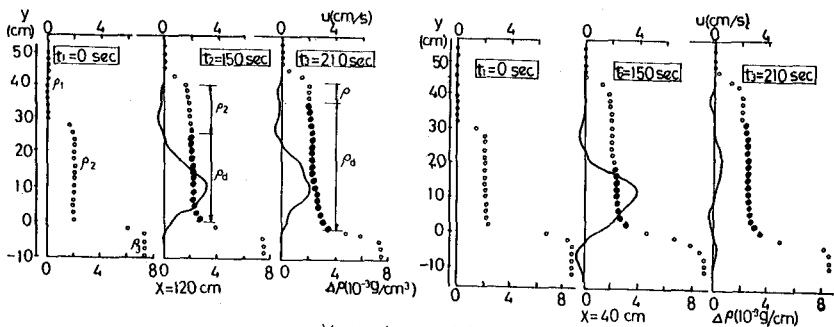
次に、時刻をたにおける2地点の流速分布を比較する。

$x=120\text{ cm}$ の地点では段波フロントの通過直後である

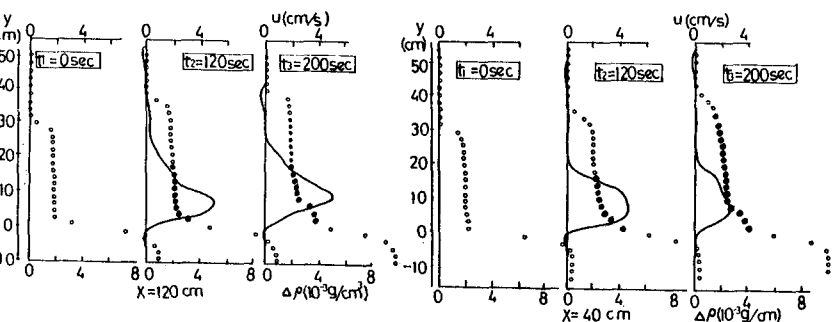
ため下流向きに流速が存在している。段波のフロントから十分離れた $x=40\text{ cm}$ の地点では流速がほぼ零になっている。以上より段波内の濁水の流動機構は、図-5-(a)のようになる。すなわち、濁水の大部分は直接的に段波の厚さになり、残りの濁水は段波内へ進入し間接的に段波の厚さを増大させる。この場合の段波形状が図-4-(b)に示すような上下対称の形状をとり得ないのは、単に濁水の密度 ρ_2 が下層の密度 ρ_3 より十分小さく下層に進入できないためである。(a)-(b)と(b)-(a)との差が小さくなると図-4-(b)の流動機構に近づく。

2). 放水がある場合

時刻を、た、たはりの場合と同様である。放水がない場合と比較すると次の点が特に異なる。① $x=120\text{ cm}$ の点では流速の零となる領域が小さい。また、たからたになるまでの流速の減少の割合も小さい。② $x=40\text{ cm}$ の点では濁水層内の上部で流速が零となるが、下部では放水の影響により濁水が流下している。以上より段波内の濁水の流動は図-5-(b)のようになる。すなわち、濁水の一部は段波の厚さになるが、残りの濁水は段波内を通過して放水される。このため、段波の段波、並上速度は減少する。この濁水の流動は図-7-(b)の場合と似ている。これは前者は濁水層の下部で放水を行っており、躍層の位置に対する放水口の位置が支配条件となっているからである。しかし濁水層の上部で放水を行なうと濁水の流動は図-5-(c)のようになる。このとき段波内の濁水の流動は、放水口が躍層の上部にある図-7-(b)の場合と異なる。これより、前述の支配条件の他、濁水と周囲水との密度の関係が重要な条件であることがわかる。参考文献：稲葉、福岡、第36回年講、1981

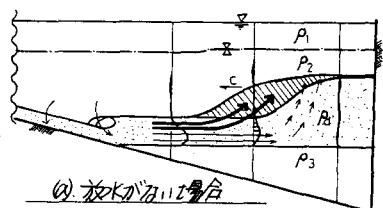


(a) 放水がない場合 ($Q_{in}=10\%$, $Q_{out}=0$)

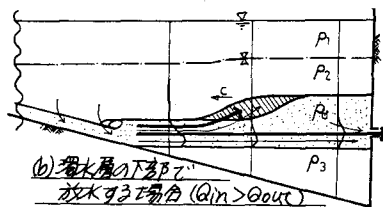


(b) 放水がある場合 ($Q_{in}=10\%$, $Q_{out}=24\%$)

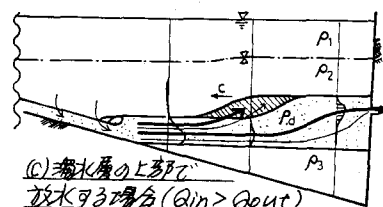
図-4. 密度分布、流速分布



(a) 放水がない場合



(b) 濁水層の下部で放水する場合 ($Q_{in}=10\%$, $Q_{out}=24\%$)



(c) 濁水層の上部で放水する場合 ($Q_{in}=10\%$, $Q_{out}=24\%$)

図-5. 段波内の濁水の流動