

II-285 V字型構造物を利用した鉛直循環流作成法

埼玉大学 工学部 浅枝 隆
 （人工湧昇流による漁場開発研究会）
 国際航業 金子 光夫
 大日本コンサルタント 藤田英司
 埼玉大学 工学部 堀川 清司

1. はじめに

水平な流れを利用して鉛直方向の循環流を起こすことができればその利用価値は非常に多いであろう。潮流や沿岸流を利用した海域の汚染防止、漁場の開発、都市における大気汚染の解消等、将来的な利用法は多岐にわたる。本研究では流れ方向に向いたV字型の構造物を建設することによりその下流に鉛直循環流を作成することを目的として、周囲の流れ、上昇流の強さ等の性質を検討したものである。

2. 実験

実験では、長さ15mの水路の中央に高さ3cm、長さ40cmの板をV字型に曲げて置き、その周囲および下流に発生する流れをプロペラ流速計、微小粒子を用いた可視化等で明かにしたものである（Fig.1参照）。また、染料により渦の上昇高さを調べた。なお、V字の角度は 0° から 30° ごとに 180° まで変化させReynolds数は海域などへの利用を考えできるだけ小さくし（ただし現地の場合のReynolds数は $Re = U_d / \nu * d$ で考える）331、726、1283、2205とした。

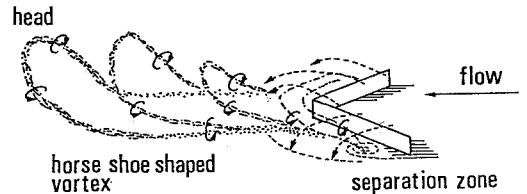


Fig.1 鉛直循環流の発生機構

3. 鉛直循環流発生原理

V字型構造物下流にはFig.1に示されるように板端から螺旋流が形成され反対側からのものと結合し馬蹄形の渦が形成される。この馬蹄形の渦は板を越える流れによりさらに強められる。この渦は板背後の剥離域内でいくつか合体した後下流に流されていく。流下の過程でこの渦は上向きの自己誘導速度を持つために渦の頭の部分を上昇させていき、全体でも鉛直に近くなっていく。さらに、このような状態になると今度は自己誘導速度の向きは後ろ向きとなり、周囲の流れとの間に速度差を生ずる。さらに、この速度差により頭の部分は上向きの揚力を受け、ますます上昇していくことになる。

4. 渦のStrouhal数の変化

Fig.2は $Re=331$ の場合のStrouhal数の流れ方向の変化を示す。剥離領域内で渦が合体するために剥離領域から放出後（ $x>30$ ）は発生時のもの（ $x=0$ ）と比較して小さくなっていることが解る。また以後の合体はあまり見られない。また、渦の発生周波数は角度が小さい程大きいことが解る。この理由は角度が大きい場合には渦は板のすぐ後方の剥離域内の渦として形成されるが、角度が小さくなると剥離域上縁部のKH不安定で形成され剥離域内に巻き込まれて行かないこと、また、

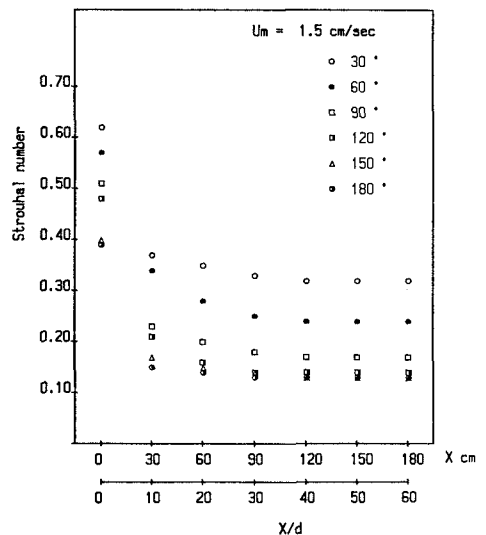


Fig.2 渦のStrouhal数の流下方向での推移

合体の傾度についても剝離域内の上流側で形成される角度大きい場合の方が多いためである。

5. 渦の上昇高さ

Fig.3は一例として $Re=726$ の場合の流れ方向の渦の頭の上昇高さを示す。またFig.4はそれを角度別に示したものである。角度が $60^\circ-90^\circ$ の場合に最もよく上昇していることが解る。しかも、角度が 180° の場合は染料の乱流拡散による見かけの上昇なのに対してこの角度の場合の上がり方は実際に渦が上昇しており、この図に見られる差以上に大きなものである。一方、Fig.5に示されるように、渦の循環は計測によると角度が 90° 付近で最も大きくなっている。この理由は角度が大きくなると板の端の部分での渦が形成しにくく、角度が小さくなると発生した渦が板を乗り越える流れによって強められにくくなるため、ちょうど 90° 程度の時が最も強くなりやすいためである。ところが、渦の誘導速度は渦自身の循環と渦の両方の脚の接近度で決定される。渦の強さは上記のように角度 90° 程度のとき最も大きく、また両方の脚は角度が小さくなるほど接近する。従って、この両方の効果により $60^\circ-90^\circ$ のとき最もよく上昇することになる。

6. 現地スケールへの適用の検討

本実験は高さ3cmの小スケールの板で行われている。こうした結果を現地のスケールに適用するには現象の相似性について検討する必要がある。この現象における上昇流の発生要因は渦の誘導速度にあるため、渦の循環が逸散しない限り実験の結果は概略あてはまると考えてよいだろう。すなわち、乱流による逸散(渦動粘性係数)と移流の関係(乱流 Reynolds数)が相似パラメーターになる。

限り実験の結果は概略あてはまると考えてよいだろう。すなわち、乱流による逸散(渦動粘性係数)と移流の関係(乱流 Reynolds数)が相似パラメーターになる。

$$Re = \frac{U_d}{\nu} = \frac{U_d}{\frac{\epsilon}{k u_*}} = \frac{k u_* U_d}{\epsilon}$$

$$= \frac{1}{k^2} \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$$

$$= 0(100-1000)$$

参考文献

T.Asaeda: Res.Rep.
Dept.Found. Engi.
Saitama Univ.19(1989).

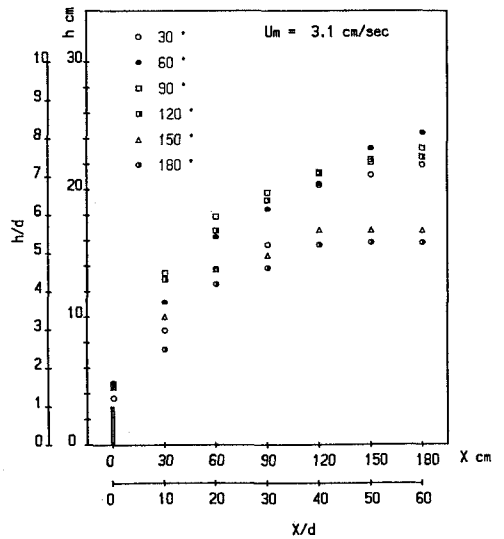


Fig.3 流下方向での渦の頭の上昇高さの推移

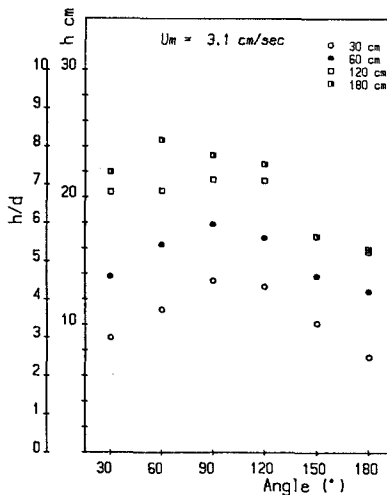


Fig.4 角度別渦の頭上昇高さ

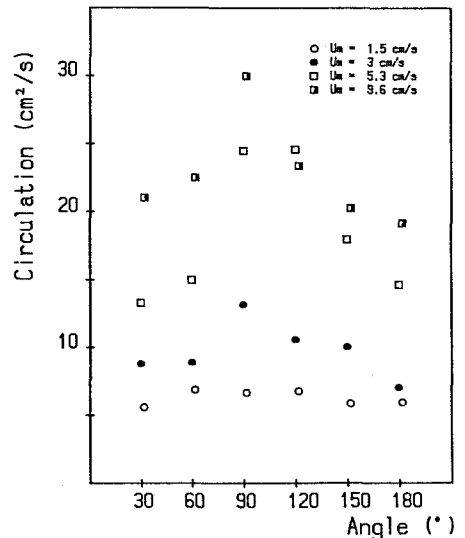


Fig.5 剝離域後方での渦の循環