

二次元規則波によって碎波帯外で生ずる定常循環流

九州大学 大学院	○学生員	宗方鉄生
九州大学 工学部	正 員	松永信博
日本文理大学 工学部	正 員	檀田 操
九州大学 工学部	正 員	小松利光

1. 緒言

沿岸域において、波による質量輸送現象を把握することは、漂砂量の推定や、碎波帯内外における海水交換プロセスの解明など、工学上極めて重要なことである。しかしながら、沿岸域内に生ずる質量輸送速度に関する詳細な研究は少ないように思える。Longuet-Higgins¹⁾は、二次元浅水波が水平床上を伝播するとき発生する定常流を底面境界層を考慮することにより理論的に明らかにした。そして、底面に沿って岸向き定常流が生ずることも指摘した。Bijkerや平山らは底面勾配を考慮した理論的研究を行った。しかし、それらの結果は現象を十分説明しているとは言い難い。本研究は、トレーサーにアニリン・ブルー染料を用い、碎波点より沖側で形成される定常流速を測定し、質量輸送現象を解明しようとするものである。

2. 実験方法

実験は、透明アクリル板で造られた長さ12 m、深さ0.4 m、幅0.15 mの二次元造波水槽の一端に傾斜板を設置して行われた。岸向き底面定常流速の測定においては、底面勾配 ($\tan \theta$) を1/37.0~1/12.3の間で4種類変化させた。定常流はトレーサーとしてアニリン・ブルー染料を用いて可視化された。定常流速成分への交番流の影響を取り除くため、底面上に10cm間隔の2本のラインを引き、染料の先端が沖側のラインを横切った瞬間から岸側のラインを横切った瞬間までの時間を測定し、底面定常流速を算出した。定常流速の鉛直分布を求める実験においては、 $\tan \theta = 1/21.7$ に底面を設置した。アニリン・ブルー染料を投下した後、染料が定常流によって変形していく様子をビデオ撮影し、波の数周期における染料の移動速度とその経過時間から定常流速を求めた。測定はいずれも10数回行いその平均値を用いた。また測定の前において容量式波高計を用いて各測点における波高H、波長L、波速Cを計測した。投下されたアニリン・ブルー染料が時間とともに定常流によって変形していく様子の1例を写真1-(a)、

(b)に示す。(a)は染料を投下した直後のパターンであり、(b)はその後30秒経過したときのパターンである。染料は、波動による交番流のため岸-沖方向に往復運動しながら流体中央部付近では沖方向に、底面付近では岸側へ移動していくことがわかる。

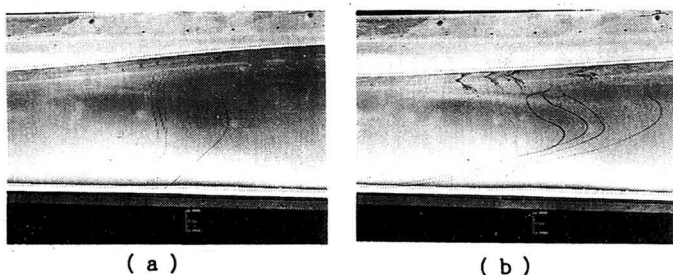


写真. 1 定常流によるトレーサーの変形パターン

3. 実験結果

底面における岸向き定常流速 (U) を無次元化し、 kh に対しプロットしたものがFig.1である。ここで k は流速測定位置における波数 ($2\pi/L$) であり、 h は測点における平均水深である。破線は、Longuet-Higginsの理論解を示している。本実験より、岸向き定常流速は、底面勾配に依存せず経験的に

$$U / (\pi H / L)^{2C} = 9.5 \times 10^{-1.1kh} \quad (1)$$

で示されることがわかる。 kh の値が0.5より小さい領域において染料による測定値とLonguet-Higginsの理論値との差異が著しくなる傾向にある。その原因は、Longuet-Higginsの理論解が $kh \rightarrow 0$ につれて発散するためである。

Fig. 2-(a), (b), (c), (d)に碎波帯外に形成される定常流速の鉛直分布を示す。 $U/(\pi H/L)^2 C$ の正の値は岸向き流速を、負の場合は沖向きの流速を表している。 kh の値はそれぞれ0.71, 0.64, 0.52, 0.47である。図中の実線は、Longuet-Higginsが水平床上で求めた理論解を示している。これらの図よりわかるように、Longuet-Higginsの理論解と実測結果は定性的に一致している。しかし、 kh の値が小さくなるにつれ、すなわち碎波点に近づくにつれ、測定値は水深中央部の沖向き成分も底面付近の岸向き成分もLonguet-Higginsの理論値よりも小さい値を取る傾向がみられる。水表面付近には常に負の強い速度勾配(dU/dZ)を持つ層が形成されていることが認められる。また、水表面では岸向きの流速が生じている。著者の一人は、碎波点より沖側では、水表面に沿って沖方向に移動する渦列(Offshore vortex train)が生じることを見いだした。しかし、今回の結果において見られる水表面付近の強い速度勾配はOffshore vortexの回転方向とは逆であり、渦の形成を妨げる方向に働いている。これは今回の実験条件がいずれもOffshore Vortexの形成条件外であったことを考慮すれば、矛盾するものではない。従って、渦列が形成される条件においては水表面付近の速度勾配は正の値をとるものと推測される。

4. 結語

アニリン・ブルー染料を用いた可視化実験により、底面に沿った岸向き定常流速は底面勾配に依存せず(1)式で与えられることがわかった。碎波点より沖側で形成される定常流の鉛直分布を調べた。その結果、Longuet-Higginsが水平床上で導いた理論に底面勾配と波の非線形性を考慮した修正を必要とするものの、実験結果と理論結果との間にかなり定性的一致がみられることが明かとなった。

参考文献

- 1) Longuet-Higgins, M.S.: Phil. Trans. Roy. Soc., Series A, pp535-581, 1953.
- 2) 松永, 竹原, 栗谷: 土木学会論文報告集掲載予定

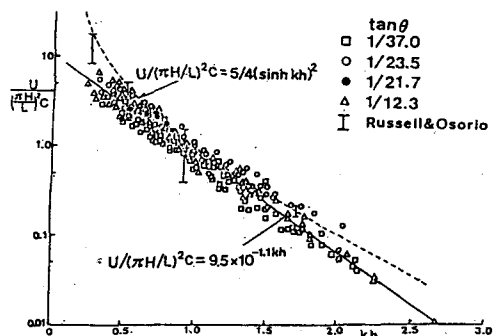


Fig. 1 境界層外縁における岸向き定常流速

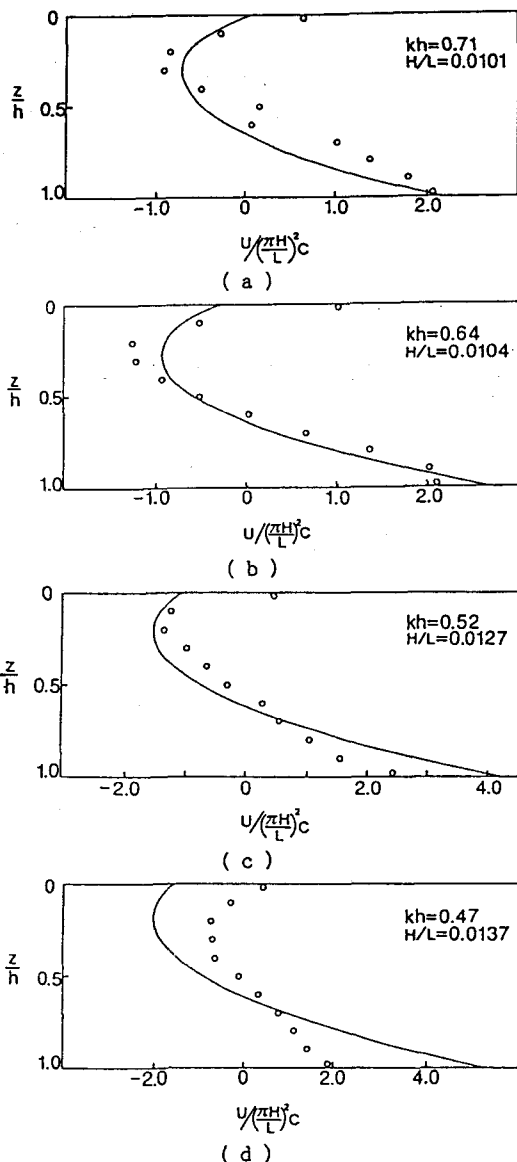


Fig. 2 定常流速の鉛直分布