

非対称波浪下における境界層内の流れと漂砂

愛媛大学工学部

正員 伊福 誠

(株) 日建技術コンサルタント

正員 中西まゆみ

愛媛大学大学院

学生員 〇三好栄一

復建調査設計 (株)

正員 井上浩司

1. はじめに

波動場で net の漂砂量が存在する原因は、底面上の水粒子速度が単振動から僅かに歪むことおよび質量輸送速度のような平均流が存在するためである。本研究では、基本周波数成分波と基本周波数成分波との位相差を持つ2倍周波成分波を、線形に重ね合わせた非対称波形の下での底面近傍に生ずる乱流境界層内の流れや濃度の特性を調べようとしたものである。

2. 数値計算

測方境界では、1次元の乱流境界層方程式を解き、それより内部は2次元の乱流境界層方程式と連続式を連立させて水粒子速度を求め、濃度は2次元の乱流拡散方程式を用いて乱流境界層内の水粒子速度と同様の方法で求める。

3. 解析結果

3.1 任意の位相における流速の空間分布

図1は、 $H_2/H_1 = 0.05$ の $\sigma t = \pi/2$ rad の位相における流速の空間分布であり、(a) および (b) は、それぞれ $\epsilon = -\pi/2$ および $\pi/2$ rad の場合である。

(a) では、底面のごく近傍を除く全領域において流れは岸向きである。底面近傍において岸沖方向流速の向きが逆転する位値は底面に近づくほど岸側に移動する。これは、 $x/L = 0.16$ より沖側で水粒子速度の向きが転じることの影響である。また、 $0.1 \leq z/\delta_b \leq 0.2$ の高さで流速振幅が大きい。さらに、岸側の流速振幅は沖側のそれと比較して大きい。(b) では、境界層外縁では、 $x/L = 0.23$ において岸沖方向流速の向きが逆転する。また、(a) と比較して底面のごく近傍における沖向き流速振幅が大きい。

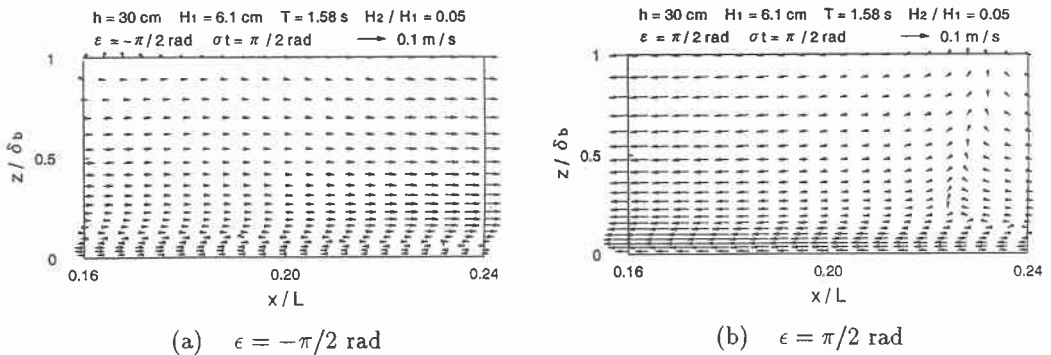


図1 任意の位相における流速の空間分布

3.2 任意の位相における濃度の空間分布

図2は、 $H_2/H_1 = 0.05$ の $\sigma t = \pi/2$ rad の位相における濃度の空間分布であり、(a) および (b) は、それぞれ $\epsilon = -\pi/2$ および $\pi/2$ rad の場合である。

(a) では、 $0.18 < z/\delta_b < 0.3$ を上方境界に岸側ほど上方に 10^{-3} 以上の等濃度領域が広がる。また、底面近傍では $x/L = 0.20$ 付近より岸側に 10^{-3} 以下の等濃度領域が存在し、岸側から沖側になるにつれ濃度が高くなっている。(b) では、底面近傍において 10^{-1} 以上の等濃度領域が広がっており、岸側から沖側になるにつれ鉛直方向にも広がっている。また、(a) と比較して底面近傍における濃度が高い。これは、流速振幅が $\epsilon = -\pi/2$ rad の場合と比較して大きいためと考える。

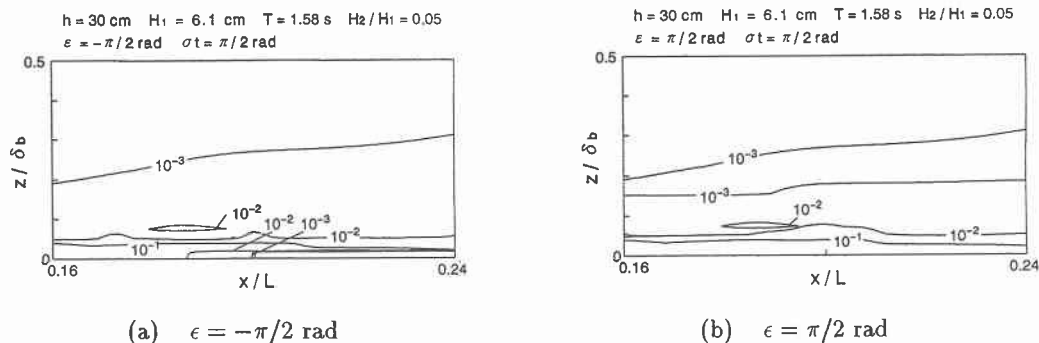


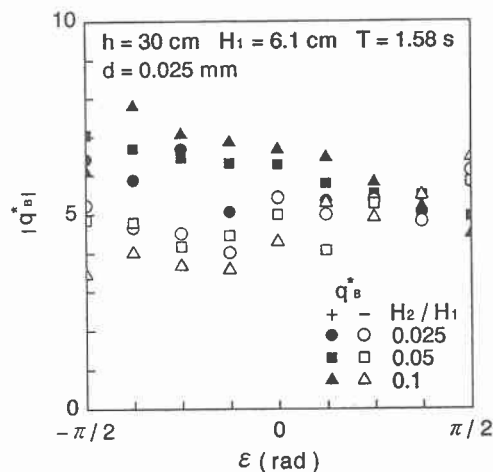
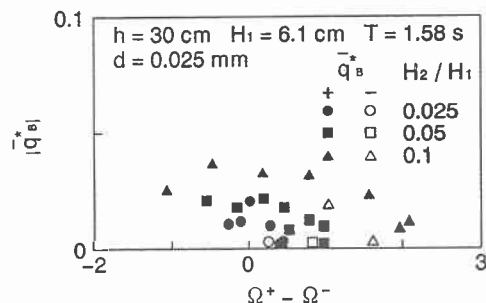
図2 任意の位相における濃度の空間分布

3.3 掃流漂砂量に及ぼす位相差 ϵ の影響

図3は、位相差 ϵ と掃流漂砂量の関係である。岸向き漂砂量は、 $H_2/H_1 = 0.1$ の場合には $\epsilon = -3\pi/8\text{ rad}$ で極値を取り、 $H_2/H_1 = 0.05$ の場合には、波形の前傾の度合いが小さくなり後傾の度合いが大きくなると岸向き漂砂量は増大する。 $H_2/H_1 = 0.025$ の場合には、 $\epsilon = -\pi/4\text{ rad}$ で極大値を取り、それより大きくなると漂砂量はほぼ同一である。沖向き漂砂量は、 $H_2/H_1 = 0.1$ の場合は $\epsilon = -\pi/2\text{ rad}$ を除けば、 ϵ が負の領域では前傾の度合いが大きくなるにつれて沖向き漂砂量は減少する。また、 ϵ が正の領域では $\epsilon = 3\pi/8\text{ rad}$ までは漂砂量はほぼ同一であるが、 $3\pi/8\text{ rad}$ から $\pi/2\text{ rad}$ にかけて増大する。 H_2/H_1 の値によって僅かな違いはあるものの、岸向き漂砂量と沖向き漂砂量は ϵ が $3\pi/8\text{ rad}$ と $\pi/2\text{ rad}$ の間で絶対値が逆転する。

3.4 netの掃流漂砂量と $\Omega^+ - \Omega^-$ との関係

境界層外縁における流速波形をみると、前傾あるいは後傾の度合いが大きくなるにつれて峯および谷の位相では振幅が変化する。そこで、流速波形の非対称性を表す量として加速度とmobility parameterの積である Ω を導入し、掃流漂砂量と Ω との関係を調べた。図4は $\Omega^+ - \Omega^-$ とnetの掃流漂砂量との関係を示したものである。 H_2/H_1 の比が小さい場合、netの掃流漂砂量は比較的小さいものの、 H_2/H_1 の比が増大するにつれて岸向きあるいは沖向きのnetの掃流漂砂量は増大する。また、ばらつきはあるものの $\Omega^+ - \Omega^-$ が増大するにつれてnetの掃流漂砂量は減少する。


図3 掃流漂砂量に及ぼす位相差 ϵ の影響

図4 netの掃流漂砂量と $(\Omega^+ - \Omega^-)$ との関係