

波浪に伴う潜堤まわりの定常流について

九州大学 総理工 正 員 経塚 雄策

九州大学 大学院 学生員 〇 山口 健太郎

1 はじめに

近年の電子計算機の発展によって、波浪と構造物の干渉問題については、線形理論の範囲内で複雑な形状や多数の構造物についても比較的簡単に数値計算が実行できるようになった。砕波現象の直接数値シミュレーションなども試みられている現状であるが、弱非線形問題については現在のところ摂動法による2次理論の適用が有効と考えられ、小島ら¹⁾は没水平板の波動場の解析において信頼性の高い結果を示している。ただ、2次理論のもう一方の解である定常流については、ポテンシャル解のみでは陳腐な結果しか与えないと予想されるので、Longuet-Higgins²⁾が示したように粘性影響を考慮する必要があると考えられるが、これに対する報告例はない。ここでは、波浪中の潜堤まわりに誘起される定常流について行った研究の結果を報告する。

2 理論解析

図-1の座標系において、質量輸送の流れ関数を $\Psi(x, z)$ とすれば

$$\Psi(x, z) = \bar{\psi}_2 + \int \frac{\partial \psi_1}{\partial z} dt \cdot \frac{\partial \psi_1}{\partial x} \quad (1)$$

で与えられる。ここで、上棒は時間平均値の意味であり、 ψ_1, ψ_2 はそれぞれ1次と2次の流れ関数である。その流速は

$$(U, W) = \left(\frac{\partial \Psi}{\partial z}, -\frac{\partial \Psi}{\partial x} \right) \quad (2)$$

によって与えられるが、(1)の右辺第1項からはEuler流速、第2項からはStokes Driftが得られることになる。

入射波として規則波を考えれば、 ψ_1 は通常の領域分割法によって求められる。 Ψ についても同様にして3つの領域に分けて考えるが、さらにそれらを2成分に分ける。例えば、領域(I)では $\Psi^{(I)}(x, z) = \Psi^{(Ia)}(x, z) + \Psi^{(Ib)}(x, z)$ (3)とおき、 $\Psi^{(Ia)}$ は無限に長い一定水深域で ψ_1 が与えられた場合の解、 $\Psi^{(Ib)}$ は自由表面および水底上で斉次条件を満たし、潜堤側面上で境界層方程式から導かれる条件式を満たすものとする。従っ

て、 $\Psi^{(Ia)}$ は ψ_1 から一意に決定でき、 $\Psi^{(Ib)}$ はその結果と各領域の接合条件式から決定できる。

3 実験について

実験には長さ25m、高さ1.0m、幅0.6mの二次元造波水槽を用い、水深は0.3m、潜堤は長さ0.4m、高さ0.15mとした。図-1に実験装置の概観を示す。

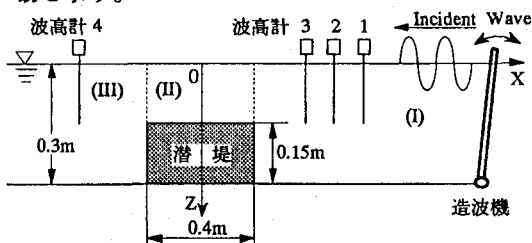


図-1 座標系と実験装置

実験は規則波中で行い、波周期 $T = 0.8$ 、 1.0 秒とし、潜堤中心から水平方向に 0.05m 間隔で $\pm 0.5\text{m}$ までの地点と $\pm 0.6\text{m}$ 、 $\pm 1.0\text{m}$ の地点で、潜堤上では水深 0.04m から 0.02m 間隔で7点 (1点は水深 0.13m)、その他では同様にして14点 (1点は水深 0.29m) について、水平、鉛直方向の Euler 流速を、電磁流速計でサンプリング間隔 30Hz で 50 秒間計測し、その計測データを平均した。

4 考察

理論値と実験値は $a^2 \sigma k / (2 \sinh^2 kh)$ で割って無次元化をおこなった。ここで、 a 、 σ 、 k はそれぞれ1次のオーダーの波 (微小振幅波) の振幅、角周波数 ($= 2\pi/T$: T は波周期)、波数を表し、 h は一定水深域の水深で 0.3m である。図-2は波周期 $T=1.0$ 秒、図-3は波周期 $T=0.8$ 秒で、潜堤無しの場合の Euler 流速の無次元量で、理論値と実験値の比較をしたものである。この理論値は、Longuet-Higginsの示した質量輸送速度から Stokes Drift の理論値を差し引いたものの無次元量である。この結果から、 $T=1.0$ 秒の実験値は

理論値と良く対応しているが、 $T=0.8$ 秒の場合は両者にかなりの差がみられ、この理論値は波周期によって開きがあることがわかる。図-4は潜堤有りで波周期 $T=1.0$ 秒の場合の実験による Euler 流速の無次元量のベクトル図で、図-5はその時の Stokes Drift の理論値の無次元量のベクトル図である。図-6はこれら2つの無次元量を加えて求めた質量輸送速度の無次元量のベクトル図である。この結果から、水深が 0.04m から 0.08m 付近での質量輸送速度の水平成分は、負の Euler 流速と正の Stokes Drift が打ち消し合うためにかなり小さく、特に潜堤前後では、ほとんど鉛直成分だけとなっていることがわかる。図-5から Stokes Drift の鉛直成分はほとんど存在せず、そのために Euler 流速の鉛直成分が、ほとんどそのまま質量輸送速度の鉛直成分となっている。また、図-4から潜堤後部では渦が見られ、潜堤前部とは全く異なっている。このような傾向は、Stokes Drift を考慮した後の質量輸送速度(図-6)にも残っている。

参考文献

- [1] 小島治幸・入江功・三原泰司・信岡尚道(1992): 海岸工学論文集, 第39巻, pp.631-635.
- [2] Longuet - Higgins, M. S.(1953): Philosophical Transaction of Royal Society of London, Series A, Vol.245, No.903, pp.535-581.

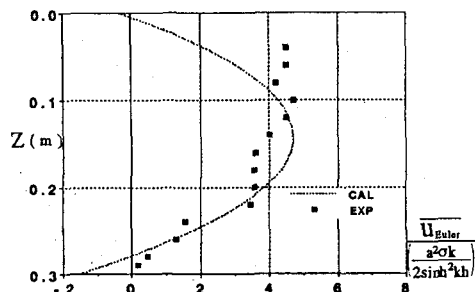


図-2 Euler 流速の無次元量
(実験値と理論値 $T=1.0$ s)

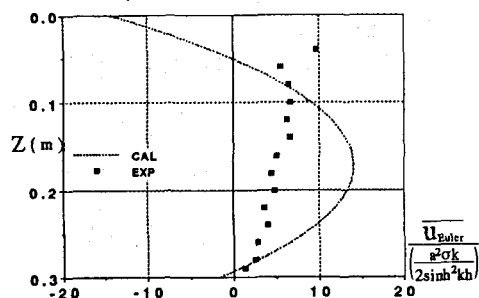


図-3 Euler 流速の無次元量
(実験値と理論値 $T=0.8$ s)

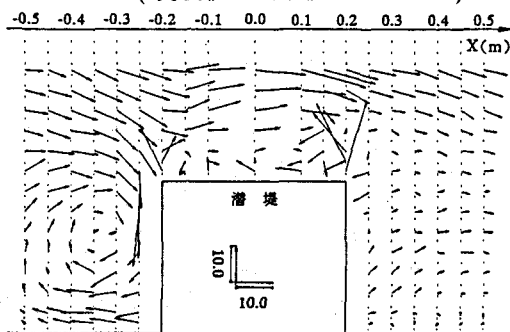


図-4 Euler 流速の無次元量のベクトル図
(実験値 $T=1.0$ S)

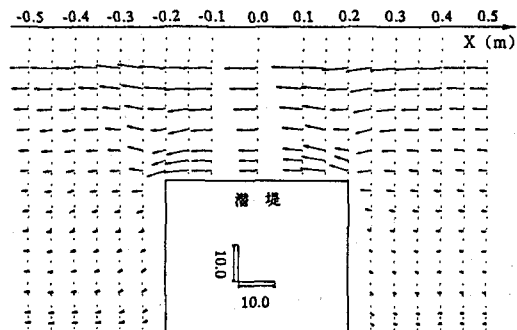


図-5 Stokes Drift の無次元量のベクトル図
(理論値 $T=1.0$ S)

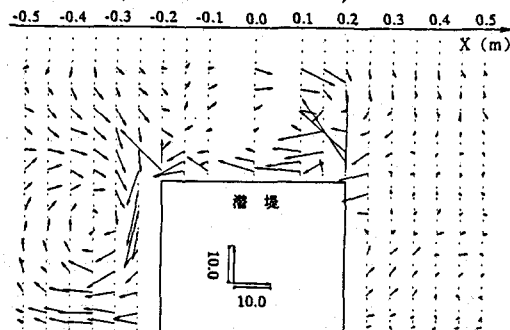


図-6 質量輸送速度の無次元量のベクトル図
($T=1.0$ S)