

II-155 波による質量輸送速度に関する研究

横浜国立大学工学研究科 学生員 梅沢 明之
 横浜国立大学工学部 正会員 泉宮 尊司
 横浜国立大学工学部 正会員 磯部 雅彦

1. 緒言

本研究の目的は、ステップ型およびバー型地形において波にともなう質量輸送速度を測定し、その特性を明らかにすることである。まず、碎波帯外における底面付近の質量輸送速度の測定に関し、測定法の違いによる結果の差異について議論する。次に、碎波帯内において熱膜流速計を用いて測定された戻り流れに関する議論を行う。

2. 実験の概要

実験には、長さ 17 m、幅 60 cm、深さ 55 cm の二次元造波水槽を使用した。長さ 1 m のステンレス製ブロックを組み合わせて、海底地型をステップ型とバー型にした。底面の状態は、ステンレス製の滑面と、粒径 0.6 ~ 1.0 mm の砂を付着させた粗面である。測定項目は、波高、波速、定常流および質量輸送速度である。波高と波速の測定には、容量式波高計を 2 ~ 3 台用いた。定常流の測定には、スプリットフィルムセンサーを取り付けた熱膜流速計を使用した。質量輸送速度の測定に、スチレン球（比重 1.045、平均粒径 1.65 mm）と染料をトレーサーとして、底面に描かれた 1 cm 間隔の線を基準に、目視によって追跡する方法を用いた。なお、熱膜流速計によって測定された定常流と自乗平均流速を用いて、Longuet-Higgins (1958) の式により、質量輸送速度を計算することができる。

3. 実験結果および考察

図-1 は、碎波帯外の滑面上におけるスチレン球、染料および熱膜流速計による質量輸送速度の測定結果を示すものである。縦軸は、質量輸送速度を流速振幅と波速の実測値で無次元化した値、横軸は、層流境界層厚を用いたレイノルズ数である。染料を用いると、滑面の場合に境界層外縁での測定ができ、Longuet-Higgins の理論と適合した結果が得られるが、粗面の場合には拡散してしまうため測定不能である。碎波帯外滑面上でスチレン球の運動を観察すると、波高が小さい場合、スチレン球が前進せず滑り落ちる現象が見られた。スチレン球は、比重が厳密に 1 でないため水粒子の挙動と一致しない。熱膜流速計を用いると、構造上底面より 2 mm 程度までしか測定できないので、理論値より小さな値を示す。しかし底面付近において鉛直方向に数点測定し、定常流速の鉛直分布を求め、境界層外縁まで外挿して、質量輸送速度を計算すると、理論値に近い値となる。粗面において熱膜流速計を用いた測定結果を図-2 に示す。これらの図を見ると、滑面において、測定結果のレイノルズ数の範囲が小さいため、Collins の報告した限界レイノルズ数 (160) 以上での質量輸送速度の減少は、明らかでない。粗面上では、この限界レイノルズ数以下で減少傾向が見うけられる。また、底面の定義に伴う境界層外縁の位置の変化を考慮しても、粗面上の方が滑面上より質量輸送速度が小さい。波高、周期がほぼ等しい条件で、

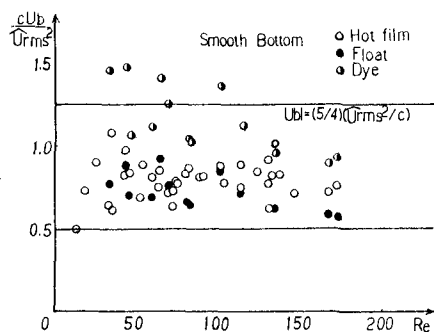


図-1 滑面上における質量輸送速度

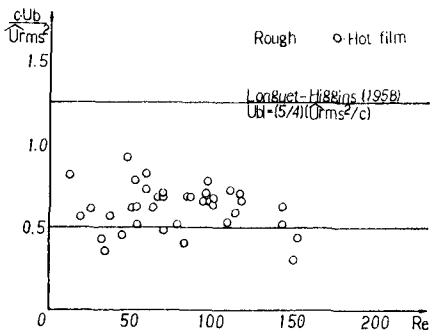


図-2 粗面上における質量輸送速度

滑面上と粗面上における底面付近の定常流速の鉛直分布を示す例が図-3である。定常流は、底面上3mmまで粗面の方が小さい。粗度によって、擾乱が最大流速から減速する位相にかけて発生、発達する。質量輸送速度が小さくなる原因は、その時水平方向の流速が小さくなるためと考えられる。

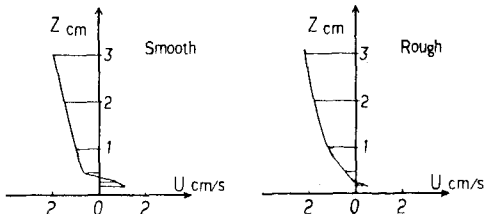


図-3 定常流速の鉛直分布

次にステップ型地形、バー型地形における定常流速分布の一例を図-4、図-5に示す。碎波帯内の上部では碎波により気泡が混入するため精度は低い。ステップ型地形、バー型地形を比べると次のような傾向が見られる。碎波帯内の戻り流れは、ステップ型地形の方がバー型地形より大きくなる。中間斜面付近の碎波帯外で、ステップ型地形では負の定常流速が、バー型地形では正の定常流速が多く見られる。また、碎波帯内の平均水位勾配が増加する間で、トラフ下の測定値と底面上5mm程度までの値を除くと、戻り流れは、鉛直方向に一樣な傾向が見られる。バー型地形の碎波点の位置が、バー頂部の場合と、それよりも手前である場合を比較すると、バー頂部の場合の方が戻り流れが小さくなる。しかし、波高が小さいとその影響は見られない。さらに碎波帯内の定常流速と平均水位の関係を図-6に示す。縦軸は、碎波点における孤立波の減速 $\sqrt{g(h+\eta)}$ で無次元化した底面上3mmでの定常流速を示し、横軸は平均水位勾配を示す。図中の直線は、泉宮、堀川(1981)の実験結果から得られたものである。この図を見ると、底面上3mmの定常流速が平均水位勾配に対してほぼ直線にあるとは言えない。バラツキは大きい。図-6 定常流速と平均水位の関係が直線にそった正の相関は見られる。このバラツキに関して地形による差異は、明らかでない。

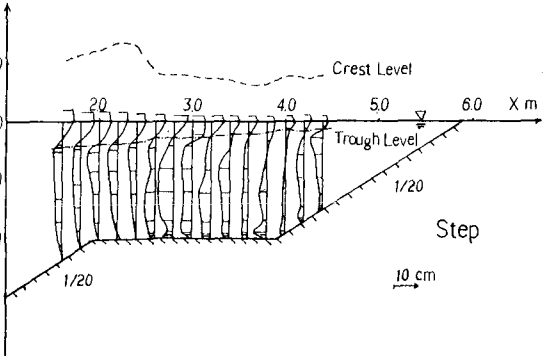


図-4 ステップ型地形における定常流速分布

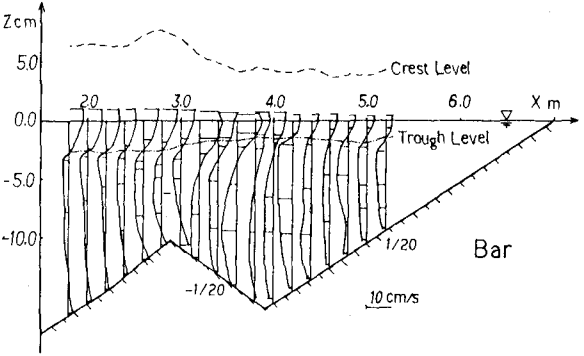
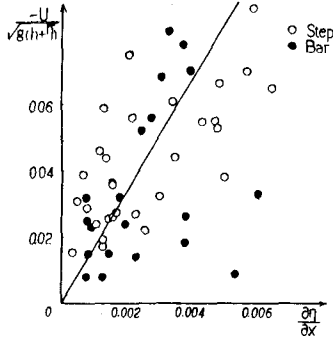


図-5 バー型地形における定常流速分布

4. 結論

熱膜流速計を用いて測定した鉛直分布より、境界層外縁の質量輸送速度を求めることができる。得られた碎波帯外底面上の質量輸送速度は、レイノルズ数が160以下の滑面上では、Longuet-Higginsの理論と整合している。また、滑面上と粗面上を比較すると、粗面の方が質量輸送速度は小さくなる。碎波帯内においては、海底地形によらず、底面付近の定常流と平均水位勾配との関係は正の相関を示す



なお、この研究は文部省科学研究費(一般研究C)を得て行なわれた。 図-6 定常流速と平均水位の関係

参考文献 1)Longuet-Higgins, M.S: The mechanics of the boundary-layer near the bottom in a progressive wave, Supplement to a paper by R. C. H. Russel and J. D. C. Osorio, Proc. 6th Int. Conf. on Coastal Eng., pp.184~193, 1958.
2)泉宮尊司・堀川清司: 碎波帯における定常流に関する実験的研究, 第28回海講論文集, pp.34~38, 1981.