

新波浪水槽を用いた定形進行波の質量輸送に関する研究

京都大学防災研究所 正会員 土屋義人
 岐阜大学 工学部 〃 安田孝志
 京都大学防災研究所 〃 山下隆男

1. 緒言 定形進行波の質量輸送については、1874年にStokesによってその現象が指摘されて以来、漂砂などの波に伴う輸送現象の究明の工学的必要性和関連して多くの研究が行われてきた。しかし、波動理論の展開上波速が一意的に決まらないため質量輸送速度の表示に任意定数残り、従来の波動理論ではEuler座標とLagrange座標とで質量輸送速度の鉛直分布が全く異なっていることなど理論的に疑問な点が多い。実験的研究においても、全断面の質量流束がゼロという物理的付加条件を与えずに行われた研究は少なく、その特性には未知な面が多く残されている。そこで、本研究では前述の物理的付加条件をできる限り除去し得るように工夫した新波浪水槽を提案し、これを用いて定形進行波に伴う輸送現象を究明しようとするものである。

2. 新波浪水槽 ここで提案する新波浪水槽は図-1に示すように、上段には定形進行波の伝播する波水路部と、下段にはそれに伴って輸送された質量を補給するための質量補給用暗き部との二重床構造になっており、それらは側壁に設けられた質量補給口(1×170 cm)によって連続的に給合されている。また、質量補給用暗き部の高さは30cmであるため、

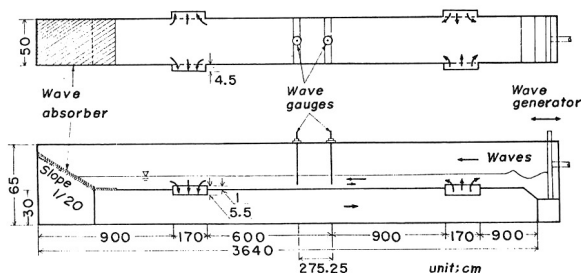


図-1 新波浪水槽の概略図

輸送された質量が全断面一様に戻ると仮定すれば、波水路部の水深 h cmに対して $30 \times 100 / (h+30) \%$ の質量が質量補給用暗き部を通して戻ることになり、設定水深が浅いほど水槽の効果が期待される。さらに、分散性と同程度に非線形性が卓越する領域での定形進行波を実験水槽内で再現するためには、消波および造波特性を充分配慮することが必須であるが、ここでは消波装置として、パンチングメタルで約1/20の勾配を作りその上に厚さ10mmのステラシートを二重に作り、それを一様水深部の1.5m上流側まで延長したものを用いた。また、造波装置はテフロン板とステンレス鋼板の密着による防水式のピストンタイプで、造波板の動きは極めて円滑であり、優れた造波特性を持っている。

3. 質量輸送速度 質量輸送速度の測定は、図-1に示す2台の波高計の中央部において、ニトロベンゼン(比重1.2)とキシレン(0.87)を混合し蛍光塗料で着色した中立粒子を波の10周期程度の時間、35mmステルカメラにより開放で撮影し解析した。その一例を写真-1に示す。また、波形、波高および波速については275.25cm離れた2台の容量式波高計により測定した。以上の方法により得られた結果を図2～図4に示した。図中、(a)、(b)および(c)は各々同一条件での結果である。これらの図からわか

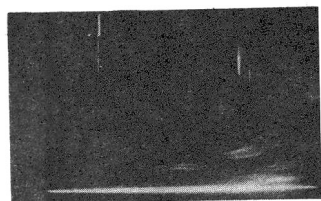


写真-1 質量輸送速度を測定したものの一例

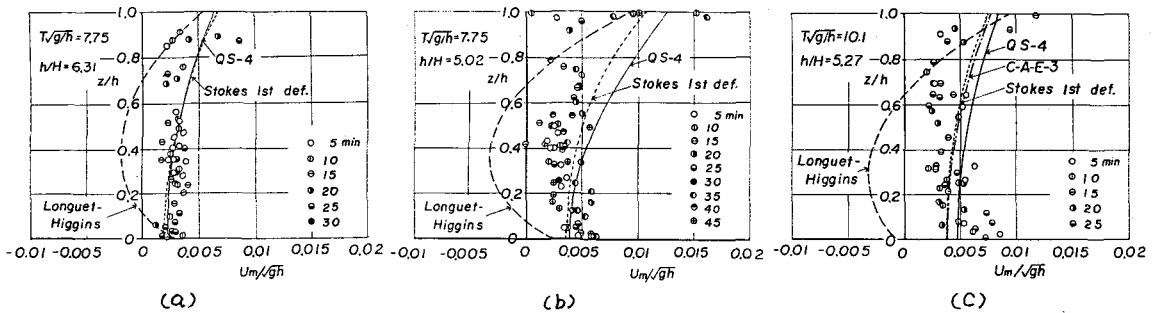


図-2 質量輸送速度の鉛直分布

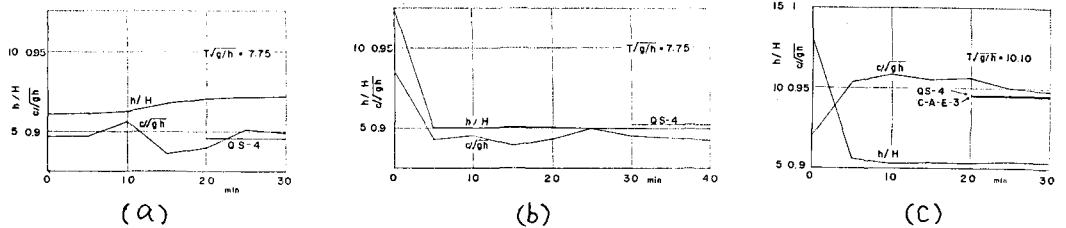


図-3 波高および波速の時間的变化

るように、全断面にわたり波の進行方向の質量輸送速度の鉛直分布を持ち、粘性の影響を考慮し全質量流束が存在しないという条件から得られた Longuet-Higgins の結果とは傾向を異にしている。また、波の作用時間

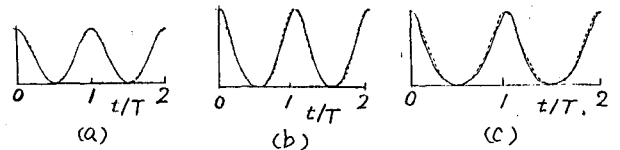


図-4 実験波形と理論波形との比較

による差異は定常状態になった後ではほとんど認められない。さらに、波高の増加に伴い質量輸送速度の実験値は、水面付近では波速の第1定義を用いた Stokes 波理論および擬 Stokes 波理論の第4次近似解(QS-4)より求めた理論値より小さく、底面付近では大きく、その鉛直方向の平均値としては小さくなる傾向を示している。この原因として2つの理由が考えられる。まず第1には補給の効率であり、これは補給口の断面積および補給方法により決定されようが、ここでは波水路部でのじょう乱を少なくするために側壁だけからの補給とし、その断面積も $1 \times 170 \text{ cm}^2$ に固定してある。このため、対象とする波の特性によっては補給能力に限界が存在するかも知れない。次に、反射による影響が考えられるが、Healy の方法で測った反射率は大きい場合で5%程度であり、反射波の影響は無視できなであろう。また、図-3の(a)~(c)からは波高、波速は造波開始5min後にはほぼ定常状態に達しており、波速はほぼ理論結果に近い値であることがわかる。さらに、図-4に示す理論波形との比較からも、波水路部においては定形進行波の再現が極めて良好に行われていることがわかる。以上のことから、ここで提案した新波浪水槽には質量の補給機能に改良の余地は残されてはいるが、定形進行波の輸送現象を究明するための実験的手段として必須なものであることが認識されるであろうし、またこの水槽を用いた実験結果からは Longuet-Higgins の示した理論ほど境界層からの渦度の拡散の効果は顕著でないと判断される。

4. 結語 新波浪水槽を用いた質量輸送に関する実験結果の一部を紹介したが、その結果質量輸送は波の進行方向であって、Stokes 波および擬 Stokes 波理論から得られた結果と同じ傾向を示すこと、定形進行波の輸送現象を対象とする実験にはこの種の波浪水槽が必須であることがわかった。今後さらに改良を加え、定形進行波の輸送現象の究明にこれを役立てるつもりである。