



ている。また、消波部にはパンチングメタル鋼板を 1/10 の勾配で数板重ねて消波装置とし、さらにその背後にサンフレックスをつめた勾配 1/10 と 1/5 の消波装置を 2 基設置した。また、水深の急変による反射波の発生を防ぐため暗きょ口付近にも、パンチングメタルを二重において水深変化が起らないように配慮した。波速は 2 台の容量式波高計で、また質量輸送速度は多数の中立粒子を 16 mm 撮影機で撮影して測定した。なお、比較のために、質量輸送用暗きょ口を閉じて従来の波浪水槽とした場合についても同一条件で実験を行った。

まず、図-2 には提案した波浪水槽 (1) と従来の波浪水槽とを用いた場合の波速および波高の時間的変化を

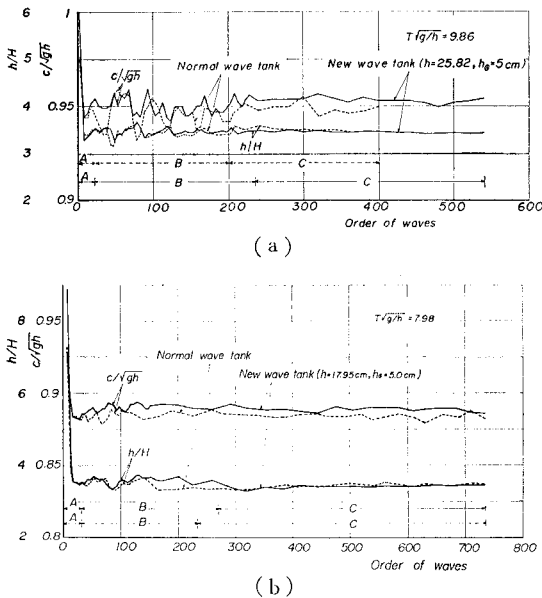


図-2 波速および波高の時間的変化

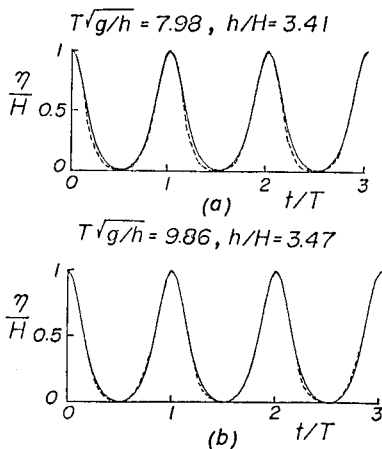


図-3 定常状態における波形の比較

(実線: 理論波形)  
(破線: 実験波形)

示す。図中、 $c/\sqrt{gh}$  は無次元波速、および  $h/H$  は水深・波高比であり、また実線および破線はそれぞれ波浪水槽 (1) および従来の波浪水槽による実験結果である。ただし、水粒子速度については、測定上の問題もあるので、ここでは対象としなかった。これより波高および波速が定常に達するのは造波開始 130~200 波後であり、また定常状態における波高には両水槽における相違はほとんど認められないが、波速は従来の波浪水槽を用いた結果の方が一様に約 2% 程度小さく、時間的変動も大き

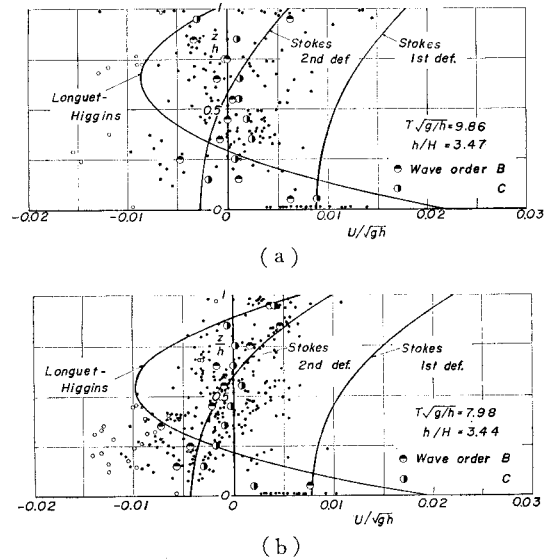


図-4 従来の波浪水槽における質量輸送速度の鉛直分布

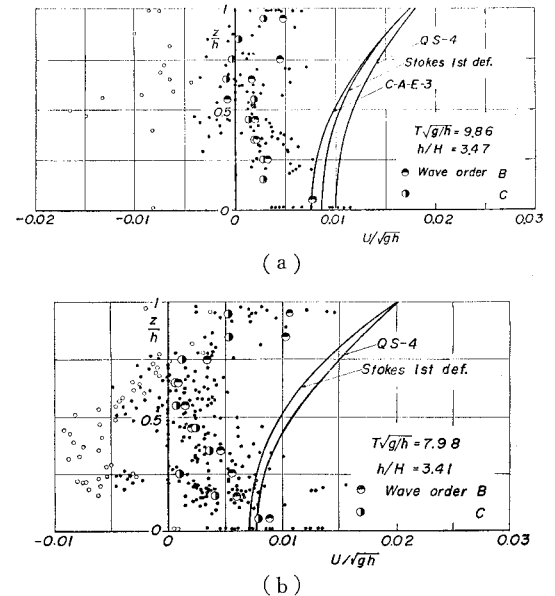


図-5 波浪水槽 (1) における質量輸送速度の鉛直分布

い。また、定常状態における波形は図-3に示すように理論波形とよく一致している。

図-4および5には、それぞれ従来の波浪水槽および波浪水槽(1)による質量輸送速度の鉛直分布を示すが、図中小さい白円で示した実験値は先導波を含むAに対応し、黒円はそれ以後の実験値を示すが、大きい半黒印は後者の各層ごとの平均値を示す。ただし、A、BおよびCの時間区分は、図-2に示した時間経過による波の定常性の程度による区分で、Aは先導波を含む水槽内部の初期変動の大きな領域、Bは定常状態への遷移過程、およびCはほぼ定常状態であると考えられた領域である。まず、図-4には、比較すべき理論曲線として、Longuet-Higgins<sup>1)</sup>の粘性効果を導入した理論および波速の第1および第2定義による Stokes 波の質量輸送速度分布<sup>2)</sup>を示してあるが、これから次のことがわかる。まず、実験値は全体的に非常に散乱するが、領域Aにおける実験値はいずれの場合も強いもどり流れの影響が現われるが、先導波を除いた平均値は Stokes の第2定義による質量輸送速度の分布に一致し、造波後約15分~20分経過しているにもかかわらず、Longuet-Higgins の分布とは一致しない。そして、波の質量輸送による水の輸送に伴って水槽内に循環流が発生していることが理解される。つぎに、図-5は提案した波浪水槽(1)による場合であり、図中には著者ら<sup>3),4)</sup>の擬 Stokes 波の第4次近似解(QS-4)、およびクノイド波の第3次近似解(C-A-E-3)と Stokes による波速の第1定義に基づく表示を示す。

まず、先導波を含む領域Aでの実験値は図-4と同じ傾向であるが、それ以後のものはほとんど波の進行方向の質量輸送速度を示し、水底付近ではやはり強い質量輸送の存在が確認できる。図中に示した各層ごとの平均値と理論曲線との比較によれば、実験値は理論値より小さくなっており、その傾向も異なっている。前述したように、本実験の場合には暗きょ部の高さは5cmで、水深は図-5の(a)および(b)の場合、それぞれ25.8cm、18.0cmであるので、いま質量輸送量が波水路と暗きょ部とを同一の流速でもどるとすれば、連続関係から測定された質量輸送速度は、進行波の質量輸送速度の0.22および0.16倍になる。図中に示した実験値はほぼこの値程度になっていることを考慮すれば、確かに定形進行波によって波の進行方向に質量輸送されるものと考えてよい。

以上の考察から、ここで提案したような水槽で暗きょ部を十分大きくして、測定される質量輸送速度と波のそれとができるだけ等しくなるように配慮すれば、定形進行波の特性やその輸送現象の究明に適した波浪水槽を設計することが可能であろう。

## (2) 波浪水槽(2)

この水槽系は図-6に示すように、大水面積を有する波浪扇形平面水槽内に、造波側および消波側端部とも開口したいわゆる波浪水路(wave flume)を設置して波に伴う質量輸送現象による水路内部の2次的じょう乱を除去して、定形進行波の特性を究明するために試作されたものであり、造波部および消波部には特殊な工夫がなされた。まず、造波部は造波板後面に消波用フロートを取り付けて波を一方方向のみ発生させ、造波板後面の水位を静水位に保つことにより、造波板底部に設けた質量補給口から波に伴う質量輸送に応じた質量が円滑に供給されるよう工夫したものである。次に、消波部は側壁の上端が静水面に一致するように調節された1/20勾配の水路で、その底部を金網で作り、消波効率を高め、さらに、側壁からの越波で有効に消波できるようにしたものであり、その近傍の水位は常に静水位に保たれるよう工夫した。

次に、この波浪水路を用いて行った波速および質量輸送速度に関する実験結果について述べる。図-7は波速および質量輸送速度の時間的变化を示す。この場合、波速は2台の容量式波高計で、また質量輸送速度は中立粒子を用いて測定したものである。これから、波速および

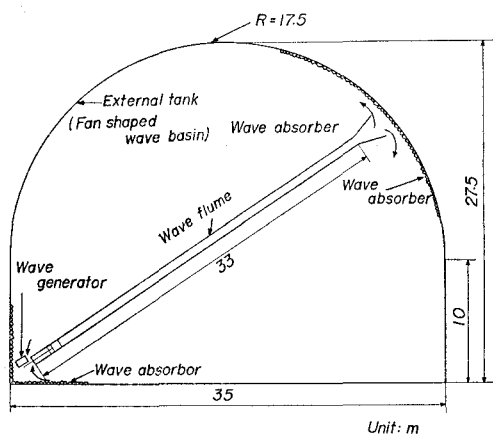


図-6 波浪水槽(2)の構成図

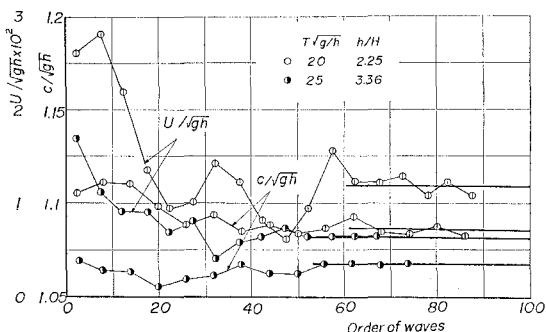
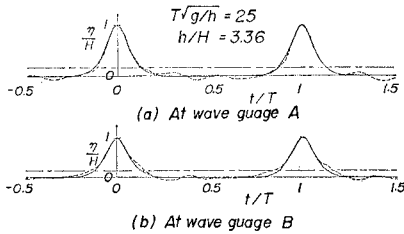


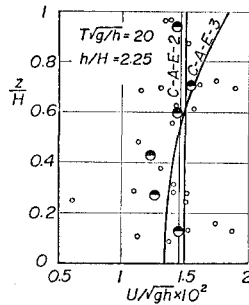
図-7 波速および質量輸送速度の時間的变化



図—8 実験波形とクノイド波の理論波形との比較

質量輸送速度が定常状態に達するのは、波の諸特性のみならず波浪水槽の大きさおよび形式にもよるが、造波開始約60~80波後で、従来行われてきたように先導波を除く数波後では、波の定常性は確保されていない。なお、この定常状態になった後では、造波板付近を除いて水槽内における波の特性の一樣性も確保されており、またそのときの波

形は図—8に示すようにクノイド波の理論とよく一致している。さらに、図—9には質量輸送速度の実験値と著者ら<sup>3)</sup>のクノイド波の理論との比較を示すが、図中大きい半黒円印は各層ごとの平均値を示す。これから、まず測定された質量輸送速度は波の進行方向と一致している。そして、 $T\sqrt{g/h}$ の値が大きいこの実験は、クノイド波



図—9 定常状態における質量輸送速度の鉛直分布

理論の適用範囲であるので、質量輸送速度の分布もほぼ一樣に近く、図中に示した理論曲線と大体一致している。

以上から明らかなように、このような波浪水槽系を用いれば、造波部および消波装置に若干の配慮を必要とするけれども、定形進行波の場をかなり再現させることができる。

#### 4. 結 語

以上、定形進行波の特性やその輸送現象の究明に適した2つの波浪水槽を提案し、その特性を従来の波浪水槽のそれと関連して考察した。その結果、定形進行波の実験に関する限り、波形、波速、水粒子速度をはじめ質量輸送現象の定常性と一樣性を確保することが要求され、その目的のために、本文で提案した波浪水槽はなお細部の改良を必要とするけれども、原理的には実用に供し得るものと考えられるので、特許申請を考えていることを付記したい。なお、反射波の影響が問題となる場合の波浪水槽については、次回で報告したい。

#### 参 考 文 献

- 1) Longuet-Higgins, M. S.: Mass transport in water waves, Phil. Trans. Royal Soc., London, Series A, No. 903, Vol. 245, pp. 535-581, 1953.
- 2) Stokes, G. G.: On the theory of oscillatory waves, Trans. Cambridge Phil. Soc., Vol. 8, pp. 441-455, 1847.
- 3) 土屋義人・安田孝志: 新しいクノイド波理論の試み, 第21回海岸工学講演会論文集, pp. 65-71, 1974.
- 4) 安田孝志・土屋義人: 一樣流を伴う擬 Stokes 波理論, 第24回海岸工学講演会論文集, pp. 15-19, 1977.