

II-3 超音波流速計による波の水粒子速度に関する実験

京都大学防災研究所 正会員 土屋 義人

京都大学防災研究所 正会員 山口 正隆

1. 緒言 波の水粒子速度を正確に知ることは、波力および漂砂などの問題の解明のために、きわめて重要であるがその測定は困難なため従来あまり研究が行われていなかったようである。最近 合田、Méhauté および岩垣らがブロー式流速計、中立浮遊粒子、水素気泡式流速計およびボットフィルム流速計によって波の水平水粒子速度を測定し、有限振幅波理論との比較を行っている。しかし、これらの結果はたがい異なっており、明確な結論は得られていないようである。さらに鉛直水粒子速度についてはほとんどその報告例が見られない。そこで、著者は最近開発されたドップラー式超音波流速計を用いて、波の水平および鉛直水粒子速度を測定し、有限振幅波理論との比較より、この流速計の適用性について検討を加えようとするものである。

2. 実験装置および実験方法 実験には宇治川水理実験所にある長さ 78 m 、幅 1 m 、深さ 1.5 m の一端に $1/100$ の配の斜面をもつコンクリート製長水槽を用いた。実験装置は造波機側の水槽端より約 53 m の地点に鉄製の枠を組み、そこからパイプを中継して超音波流速計をつり下げたものである。実験はまず、周期 T および水深 h を一定にして、波高 H を広範囲に変化させて行ない、水平および鉛直水粒子速度を測定し、ついで波高を一定にして流速計の設置水深を変化させて水粒子速度の鉛直分布を測定した。また波高は流速計と同じ鉛直平面内に設置した電気抵抗線式波高計により測定した。なお、流速計は三方向成分が検出できるので、水路軸と直角方向の成分が零になるような方向に設置した。

3. 実験結果およびその考察 図-1 は波の峯および谷の位相での水中の1点における水平水粒子速度 (u および u_x) の波高による変化を示したものであり、図中の記号 1, 2, 3 および 4 はそれぞれ Skjelbreia による各次数の有限振幅波の理論曲線である。これらの図によれば、波の峯の位相では実験値は第1次近似解の理論曲線にきわめてよく一致しており、有限振幅波理論を与えられるほど、流速の波高による増加の割合が大きくなり、破波限界付近では第1次近似解の理論曲線より若干小さな値を与えている。一方、波の谷の位相では実験値は第4次近似解と第1次近似解の間に図示されているようであるが、波高の増加につれ、前者とよく一致するようである。波の峯でのこの $T\sqrt{g}/h$ の値の範囲における実験結果の傾向は Méhauté にも見られ、合田式よりかなり小さくなっていることがわかる。つぎに、図-2 は波の峯および谷の位相での水平水粒子速度の鉛直分布を示すものであり、波

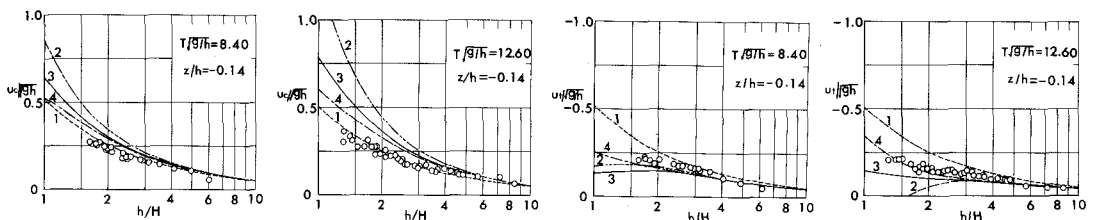


図-1 水平水粒子速度の波高による変化

の峯の位相では、 $T\sqrt{g/h}$ の値が小さい場合には実験値は第1次および第4次近似解と比較的よく一致しているが、 $T\sqrt{g/h}$ の値の増大につれ、両者の間にくるようになる。一方、波の谷の位相では第1次近似解より第4次近似解に近い値を与えているようである。図-3は波高をパラメーターとして $u_c/\sqrt{gh}$ と $T\sqrt{g/h}$ との関係を示したものである。この図によれば、 $T\sqrt{g/h}$ の値の増大につれ、 $u_c/\sqrt{gh}$ は増大し、絶対値を別にすれば、この傾向は第4次近似解で与えられるものに近いようである。図-4は水位および水平水粒子速度の時間的な変化について第4次近似解と比較したものである。また図中の黒丸は鉛直方向の水粒子速度を示すものである。これらの図では、 $T\sqrt{g/h}$ の値および波高が大きいため有限振幅理論の適用限界が現われ、波の谷付近に小山が見られるが、それらを除けば、水位の時間的な変化については、その傾向は比較的よく似ている。それと水平水粒子速度については波高の小さいとき、両者の対応はよいが、波高の増加とともに理論曲線の方がかなり大きくなっている。図-5は水平水粒子速度の鉛直分布についてその時間的な変化を示したものであり、第4次近似解については図-4と同様のことがうかがえる。一方当然のことながら、第1次近似解は時間的な変化については全く異なった形を与えている。以上、著者は超音波流速計の適用性について検討を加えたが、なお理論との比較検討をさらに詳細に行なうべきである。とくに流速計増中部の円柱の影響、水粒子速度と反射体粒子との位相速度の差、水槽壁面および表面からの反射による雑音の混入に伴う測定精度の低下などの問題が考えられるので、今後この点について研究をすすめていくつもりである。

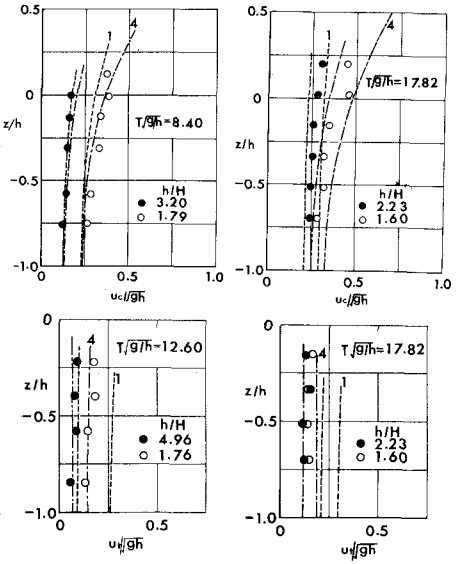


図-2 水平水粒子速度の鉛直分布

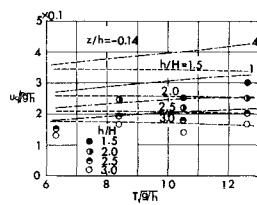


図-3 $u_c/\sqrt{gh}$ の $T\sqrt{g/h}$ による変化

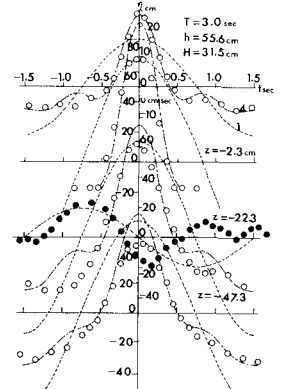


図-4 水粒子速度の時間的な変化

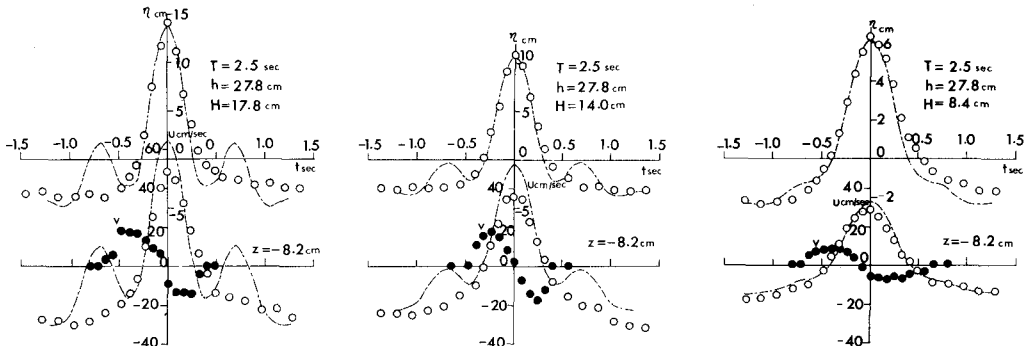


図-5 水粒子速度の鉛直分布の時間的な変化