

鳥取大学工学部 正員 ○木村 晃
 鳥取大学工学部 正員 瀬山 明
 清水建設(株) 正員 乾 純司

はじめに 著者らはこの数年來、ゼロアプロクス法で定義した不規則波の個々の波の力学的特性について種々の検討を行ってきた。この研究もやはり、ゼロアプロクス法で定義した波の力学的特性を解明する研究の一環として行つたもので、実験水槽で起こした不規則波を解析して不規則波の内部機構、特に水平水粒子速度に関して実験的検討を行つたものである。

2.実験装置および方法 実験は京都大学工学部土木系教室地下実験室に設置された長さ27m、幅50cm、深さ75cmの両面ガラス張り水槽を用いて行つた。この水槽の一端には電気油圧式不規則波発生機が設置してあり、他端には1/10勾配($i=1/10$)と1/20勾配($i=1/20$)の斜面を設置した。一樣水深部($h=50$ cm)から斜面上にかけて $h=30$ cm, 20cm, および10cmの水深に波高計を設置して水位変動を測定した。また同時に圧差式超音波流速計を用いて水粒子速度を $h=50$ cmで $z=-5.5$ cm, -15.5 cm, および -25.5 cmの3点(z は静水面より鉛直上向きに正)
 $h=30$ cmで $z=-6.5$ cm, および -15.5 cmの2点, $h=20$ cmで $z=-6.5$ cm, および -13.5 cmの2点, $h=10$ cmで $z=-6.5$ cmの1点で測定した。実験に用いた不規則波はPierson-Maskowitzスペクトルをシミュレートしたもので、ピーク周波数 f_p は0.5Hz, 0.8Hzの2種類を用いて行つた。各水深における水位変動をゼロアプロクス法を用いて解析し、波高, 周期を求めた。波高・周期の2次元頻度分布の1例を図-1に示す。図の横軸は $H/Hrms$, 縦軸は $T/Trms$ を示し、0.2ごとに各ランクにはいる波の数を示したものである。波高と水粒子速度を検討するために上述の波高・周期の2次元頻度分布のうち各ランクに入る波の数が30波以上のランクの波を取り出し、同じランクに入る波の水位のゼロアプロクス点をそろえて重ね合わせで平均化した。また平均水粒子速度も水位と同じ方法で平均化した

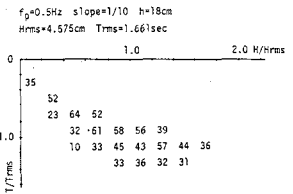


図-1 波高・周期の結合分布

をそろえて重ね合わせで平均化した。また平均水粒子速度も水位と同じ方法で平均化した。水位のゼロアプロクス点を平均水粒子速度のゼロ点とした。図2-1~2-3は平均化した水位と水粒子速度の時間変化を表すものであるが、 $\eta=0$ の点と $u=0$ の点はかならずしも一致していない。なお平均実験値を実線で、破線はSkjelbraelによるストークス波の第3次近似解を、一点鎖線はLaitoneによるクノイド波の第2次近似解を示している。図から見て平均波形, 平均水粒子速度とも不規則波特有の凹凸が消えてかなりなめらかになっている。水平床(図2-1)では実験値と理論値との間に差はなく対応は良好である。つぎに斜面上水深部で $i=1/20$

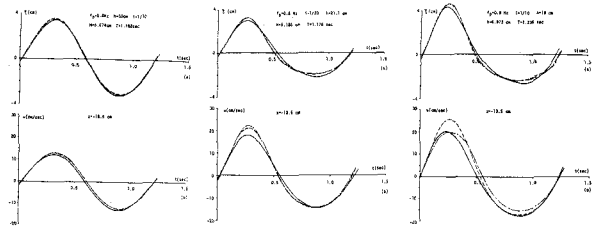


図 2-1

図 2-2

図 2-3

の場合(図2-2), 実験波形は峰で理論値の方が大きく, 谷では逆に, っている。実験水粒子速度も同様である。斜面上で $i=1/10$ の場合(図2-3)も $i=1/20$ と同様の結果を示しているが $i=1/20$ に比して実験値は規則波と同じ前かがみ現象を呈していることがわかる。また斜面上における両理論との対応は比較的良好である。したがって水粒子速度に対してもゼロアプロクス法による解析が有効であると思われる。しかしながら実験値と理論値との間には若干の相違が見られ, これについて検討を行つた。

3.ゼロアプロクス波の水粒子速度 図-3に示すように個々の波の水粒子速度の正および負の最大値 U_{max} および U_{min} の和 $U = U_{max} + |U_{min}|$ とストークス波理論, クノイド波理論を用いて同じ定義で計算した理論値

U_{th} との比を求めた。波高・周期の2次元頻度分布の各ランクに入っている波のそれぞれの \overline{U}/U_{th} の値の平均値 $\overline{\overline{U}/U_{th}}$ を計算したものが図4-1(a)~4-2(c)である。図-1からわかるように周期の分布幅は波高の分布幅に比して比較的小さい。したがって周期に関するパラメータ $T/\sqrt{g}h$ は一様水深部の場合6~8と8~10の2つに、斜面上の場合、 $f_p=0.5\text{Hz}$ のとき8~13と13~17の2つに、 $f_p=0.8\text{Hz}$ のとき5~8と8~11の2つにわけた。また波高に関するパラメータ H/h は0.05~0.45までの0.05きざみに分類した。(a)図は一様水深部、(b)図は斜面上水深部で $i=1/20$ 、(c)図は斜面上水深部で $i=1/10$ の結果である。一様水深部の場合(図4-1(a), 4-2(a)), ストックス波理論, クノイド波理論の両方に対して有意な差はみとめられないが、 H/h の値が大きくなると、 $\overline{\overline{U}/U_{th}}$ の値が小さくなる傾向はみえる。なお $i=1/10$ の場合最深測定点で両理論とも $\overline{\overline{U}/U_{th}} > 1.0$ となっている。 $i=1/10$ 上における実験値の鉛直分布(図4-2(b))はストックス波理論とクノイド波理論とはその傾向が逆であり、かつストックス波理論に対しては H/h の値が大きくなるほど $\overline{\overline{U}/U_{th}}$ の値が小さくなる傾向は明瞭である。 $i=1/20$ (図4-1(b))の場合も $i=1/10$ ほど顕著ではないが同様の傾向がみえる。

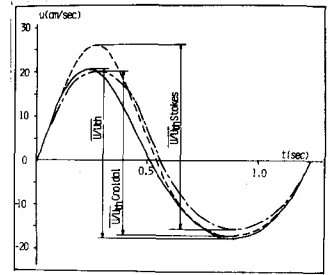


図-3

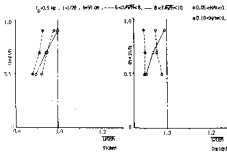


図 4-1 (a)

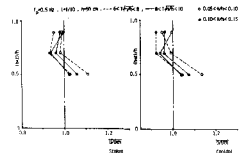


図 4-2 (a)

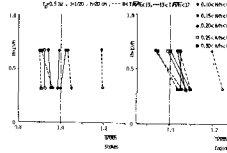


図 4-1 (b)

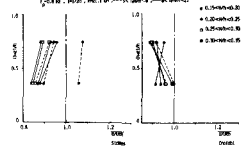


図 4-2 (b)

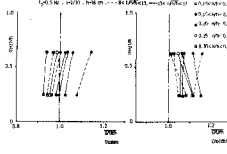


図 4-1 (c)

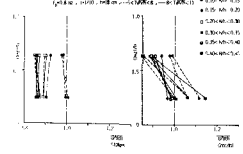


図 4-2 (c)

以上の結果から斜面上の水粒子速度に対してクノイド波理論が適用できるかどうか疑わしい。 $f_p=0.8\text{Hz}$ および $i=1/10, i=1/20$ (図4-1(c), 4-2(c))についても同様のことがいえる。斜面上における水粒子速度に対してクノイド波理論よりストックス波理論がより適用可能と考えられる。図5-1~5-4は $i=1/20$ と $i=1/10$ に対する H/h とストックス波理論から求めた $\overline{\overline{U}/U_{th}}$ との関係を $T/\sqrt{g}h$ をパラメータとして示したもので、 $\overline{\overline{U}}$ の値は斜面上で静水面に近い測定点におけるものを用いた。図から明らかのように、 $T/\sqrt{g}h$ の範囲が異なると少し変わるが、いづれにしても H/h の増加とともに $\overline{\overline{U}/U_{th}}$ の値が減少していることがわかる。すなわち $T/\sqrt{g}h, H/h$ が大きくなるにつれて上述の図4-1(b)~4-2(c)ではデータが左の方に移動していることを表わしている。また、ここで取り扱った波に対して、 $i=1/20$ と $i=1/10$ との間にそれほど明確な差異は見られなかった。

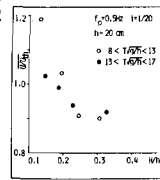


図 5-1

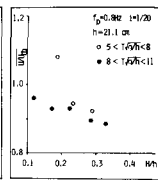


図 5-2

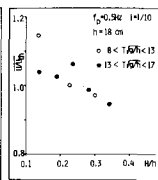


図 5-3

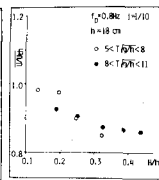


図 5-4

おわりに 以上のことから本研究で明らかになったことは、ゼロアップクロス法による不規則波の力学的な取り扱いが可能であり、斜面上における水粒子速度に関しては、ストックス波理論がクノイド波理論より実験値の傾向をよく表わしてはいるが、ストックス波を用いた $\overline{\overline{U}/U_{th}}$ の値は $T/\sqrt{g}h, H/h$ の増加につれて減少することがわかった。最後に本研究を行うにあたり、実験装置の使用を快諾していただいた京都大学工学部岩垣雄一教授に感謝の意を表す。なお、この研究は文部省科学研究費による研究の一部であることを付記する。