

II-7 水深変化による不規則波の変形について

京都大学 工学部 正会員 岩垣 雄一
京都大学 工学部 正会員 O酒井 哲郎

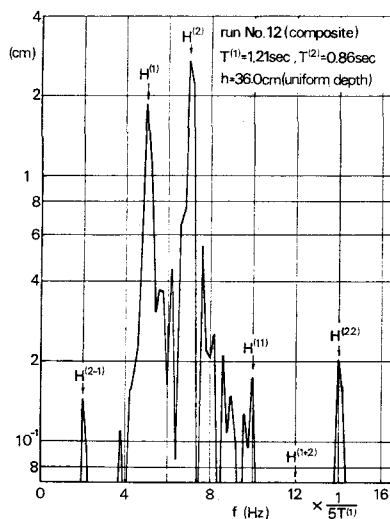
1. まえがき

水深の減少による波の変形については、これまで、理論的にも実験的にも多くの研究がなされている。しかしながら、これらはもっぱら規則波を対象としており、不規則波が水深の減少によって変形する場合、水深の減少とともに波高が増大し非線型性が増すことを考えると、不規則波の成分間の非線型干渉をも考慮しなくてはならない。

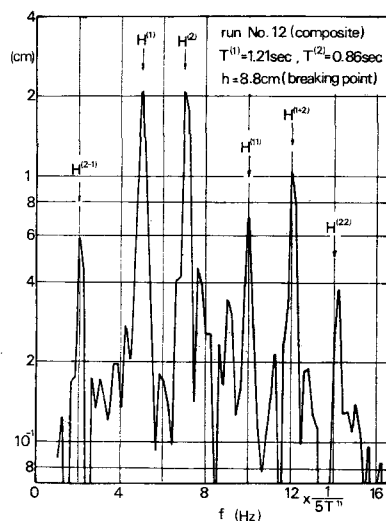
この研究は、不規則波の水深変化にともなう変形に關して、その第1段階として2つの単一波を重ね合わせた合成波の水深減少による変形も実験的に取扱ひ、とくに2つの基本成分波高の変化、および2つの基本成分の倍成分波高および基本成分間の非線型干渉による周波数の和と差の成分の波高の変化について実験的に検討したものである。その結果の一部はすでに今年夏の関西支部年次学術講演会で発表したが、ここではその後に行なつた解析結果をも含めて述べることにする。

2. 実験装置 および 方法

実験は、京都大学工学部土木工学部地下実験室の波浪実験水槽を用いて行なつた。水槽の一端に油圧ピストン型造波機が設置されており、斜面は $1/20$ のものを用いた。実験は、まず重ね合わせる2つの単一波の一方のみそれぞれについて行ない、つづいてこれら2つを重ね合わせた合成波について行なつた。さらに、同様のことを2つの単一波の波高をかえて行なつた。2つの単一波の周期はつねに $1:1/\sqrt{2}$ の関係にあり、以上の6ケースの実験における長周期の単一波の周期も、約 1.0 sec から約 0.2 sec ごとに約 2.6 sec まで変えた。一様水深部の水深はつねに 36.0 cm とし、波高計は一様水深部に1台、斜面上に3台、うち1台は合成波の破波点に設置した。4台の波高計位置での水位変化は、同時にテープレコーダによって記録し、さらに A-D 変換器によって 0.08 sec ごとの



(1)



(2)

図-1 (1), (2) 成分波高スペクトル

ディジタルに記録に変換したのち、電算計算機を用いてフーリエ解析し、その基本成分および2次成分の成分波高を求めた。

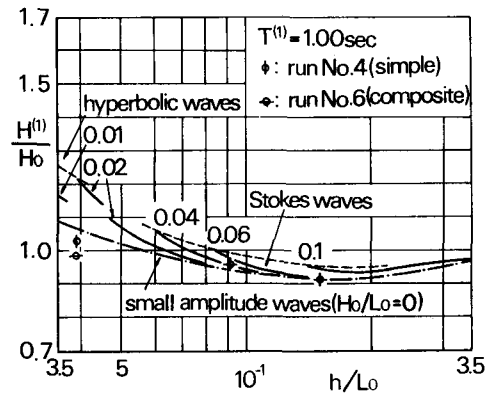
3. 実験結果 および考察

2. で述べた一組をなす6つの実験ケースの長周期の単一波の周期を $T^{(1)}$ とすると、 $1/\sqrt{2} \approx 5/7$ であるから短周期波の周期 $T^{(2)} = 5/7 \cdot T^{(1)}$ となり、長周期の基本成分 $H^{(1)}$ 、短周期の基本成分 $H^{(2)}$ 、2つの基本成分の倍成分 $H^{(11)}$ および $H^{(22)}$ 、および和の成分 $H^{(1+2)}$ および $H^{(2-1)}$ の周波数はそれぞれ、 $5/(5T^{(1)})$ 、 $7/(5T^{(1)})$ 、 $10/(5T^{(1)})$ 、 $14/(5T^{(1)})$ 、 $12/(5T^{(1)})$ および $2/(5T^{(1)})$ で与えられる。図-1 は、 $T^{(1)} = 1.21 \text{ sec}$ および $T^{(2)} = 0.86 \text{ sec}$ の合成波の成分波高スペクトルを示したものである。(1) は一様水深部でのもの、(2) は合成波の砕波点でのものである。一様水深部では、 $H^{(1)}$ 、 $H^{(2)}$ 、 $H^{(1+2)}$ および $H^{(2-1)}$ はいずれも2つの基本成分波高 $H^{(1)}$ および $H^{(2)}$ にくらべてはるかに小さい。一方砕波点では、 $H^{(1)}$ 、 $H^{(2)}$ 、 $H^{(1+2)}$ および $H^{(2-1)}$ のいずれも一様水深部での値より増加し、 $H^{(1)}$ および $H^{(2)}$ にくらべて無視しえない大きさに成長していることがわかる。

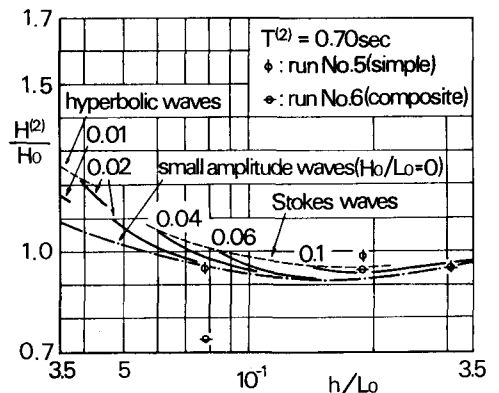
図-2 (1)~(4) は、各測定点での $H^{(1)}$ および $H^{(2)}$ を示したものである。従来の shoaling の理論

曲線と比較するため、横軸に水深・沖波波長比 h/L_0 、縦軸に $H^{(1)}$ 、 $H^{(2)}$ を沖波波高 H_0 でわった値をとっている。ただし、斜面先端付近の斜面と水槽側面および底面との向のすき向を通じた水の出入りの防止が十分でなく、一様水深部と斜面上の測定点のうち最深点の向で波のエネルギーの増減が考えられたので、斜面上の3つの測定点のうち最深点での $H^{(1)}$ および $H^{(2)}$ が、微小振幅波の shoaling の理論値に一致するとして H_0 を求めた。また、 L_0 は各成分の周波数から微小振幅波理論を用いて求めた。(1) と (2) は、 $T^{(1)} = 1.00 \text{ sec}$ 、 $T^{(2)} = 0.70 \text{ sec}$ の組み合わせによるもの、(3) と (4) は 2.02 sec と 1.43 sec の組み合わせによるものである。単一波の $H^{(1)}$ および $H^{(2)}$ は、若干のばらつきはあるが、微小振幅波理論の理論曲線とはほぼ一致している。一方、合成波の $H^{(1)}$ および $H^{(2)}$ は、もっとも h/L_0 の値の小さい砕波点では、いずれの場合も単一波の値より小さくなっている。しかも、(2)、(4) の短周期成分 $H^{(2)}$ の方がその減少の割合が大きい。

いま、リノイド波の2次近似解の近似表現であるハイパボリック波と Stokes 波の2次近似解のエネルギー・フラックスが一定と仮定して求められた波高変化の理論曲線から、Stokes 波



(1)



(2)

図-2 (1), (2) 基本成分波高の変化

のオラ次近似解によつて基本周期の波高 $H^{(1)}$ のみの変化を求めたのが図-3の破線である。破線群のうち図の左側の沖波波形勾配 H_0/L_0 が、0.0004から0.02のものは、ハイパボリック波の波高変化の理論値を用いて、Stokes波理論の基本成分波高を求めたもので Stokes波の解の収束性がわるい点に問題はあるが、一般につぎのことが言える。微小振幅波理論では、フーリエ分解する以前のいわゆる波高 $H = H^{(1)}$ であり、 H/H_0 と $H^{(1)}/H_0$ の2曲線は一致するのは当然として、有限振幅波の $H^{(1)}/H_0$ は、水深の減少とともに最初微小振幅波の理論曲線とほぼ一致しているが、さらに水深が減少すると微小振幅波の理論曲線からはずれ、減少をはじめる。図-2の実験値の場合一般に波高が小さく、shoalingの理論曲線から沖波波高 H_0 を推算するさいの誤差が大きい。したがって正確な H_0/L_0 を求めることができず、 H_0/L_0 の影響について議論することはできないが、上述のように単一波の場合の実験値は、微小振幅波の理論曲線とほぼ一致し図-3の右側の減少の傾向が見られないのに対し、合成波の場合には図-3の破線で示された $H^{(1)}/H_0$ の理論曲線と同様の減少の傾向を見せているのは興味深い。

最後に、図-4 (1)~(4)は、2つの倍成分および初と差の成分の変化を示したものであり、図-2に示したのと同じ実験ケースのものである。ただし、2つの倍成分 $H^{(1)}$ と $H^{(2)}$ はそれぞれの基本成分 $H^{(1)}$ および $H^{(2)}$ であり、初と差の成分 $H^{(1+2)}$ および $H^{(2-1)}$ は、 $H^{(1)}$ と $H^{(2)}$ の幾何平均 $\sqrt{H^{(1)} \cdot H^{(2)}}$

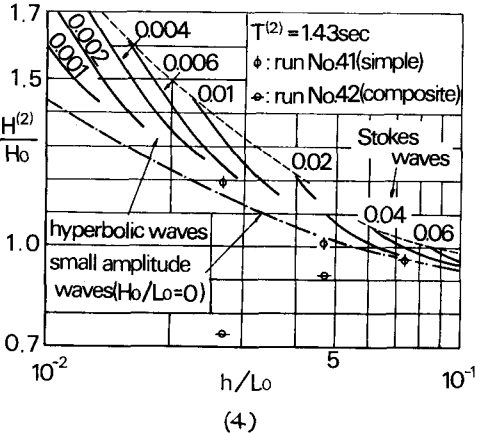
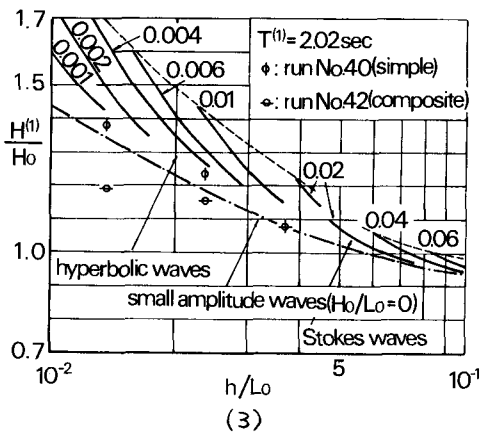


図-2 (3), (4) 基本成分波高の変化

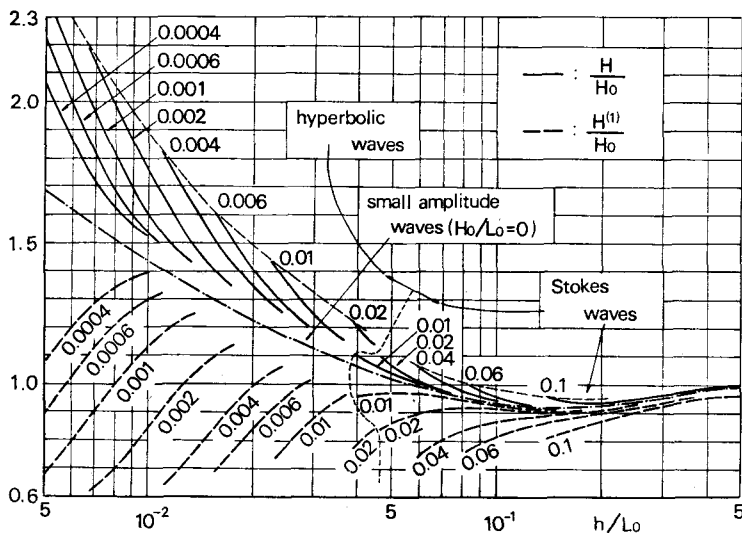


図-3 shoaling の理論曲線から求めた基本成分波高の変化

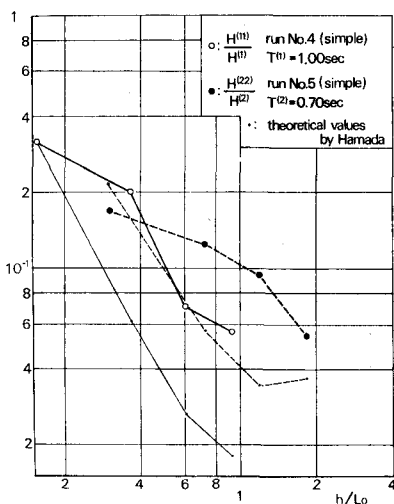
で、 h/L_0 の L_0 は、各成分の周波数から微小振幅波理論を用いて求めたものである。一般に、水深の減少とともに4つの2次成分は急激に増大することがわかる。図中の細線で結んだ小さい黒丸は、各測定点での水深と2つの基本成分波高から求めた実測の一樣水深での2次干渉の理論値である。水深の減少とともに増大する傾向は実験値と一致するが、値そのものは実験値とかなり相違していることがわかる。

以上の結果は、ここに示さなかった実験ケースについても一般的に言えることであるが、単一波の場合の基本成分

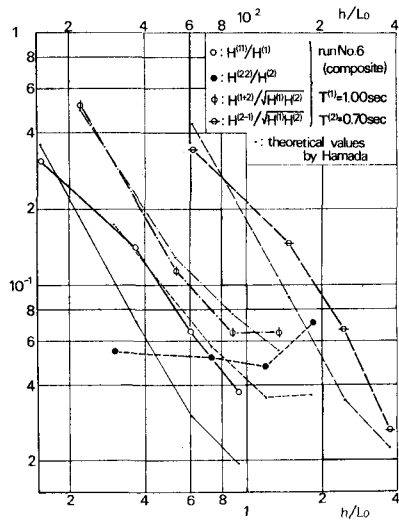
波高と合成波の場合の基本成分波高の水深の減少による変化の傾向の相違、一樣水深における実測の2次干渉の理論値と実験値との相違の原因については、今後さらに検討する必要がある。

参考文献

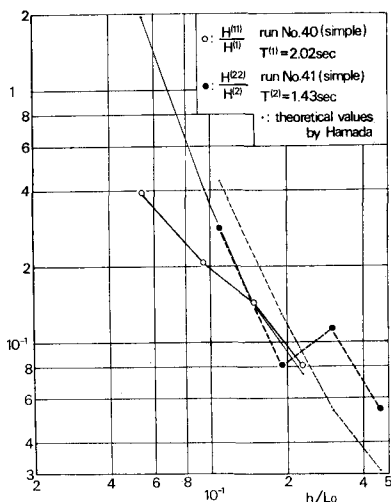
浜田徳一：香南波の2次干渉について、オ11回海峯工学講演会講演集，1964.



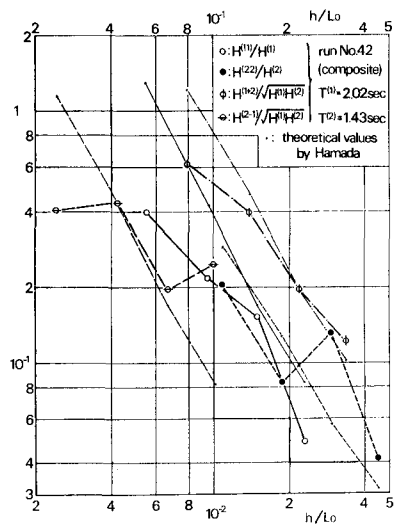
(1)



(2)



(3)



(4)

図-4 (1)~(4) 2次成分波高の変化