

多成分波と構造物の非線形干渉に関する実験的研究

九州大学工学部 学生員○山城 賢 正会員 吉田明徳
正会員 村上啓介

1 まえがき

波と構造物との非線形干渉により生じる高次の周波数成分波に関しては、解析法がいくつか示され、理論的な検討も数多く行われている¹⁾。しかし、理論解析では砕波によるエネルギー損失などは考慮できない。潜堤などの没水構造物では、入射波の波高が大きくなると天端上で砕波が生じるため、砕波を生じるような波高の大きな波と構造物の非線形干渉によって励起される高次の成分波の特性についてはよく知られていない。本研究は、潜堤構造物を対象に、砕波が生じるような波高の波までを対象として、多成分波と構造物の干渉によって励起される高次の成分波の特性を実験的に明らかにすることを目的とする。本文は、まず、最も基本的な、単一成分および2成分の入射波の場合について、水槽実験を行って検討した結果について述べている。

得られる倍周波数成分の振幅の平均値を求めた。また、2成分波に関しては、2次のオーダーの波が第1成分波および第2成分波の各々の2倍周波数成分と各成分波の和および差の周波数成分から構成されるため、各周波数成分についてあらかじめ空間変動の波長を算定し、単一成分波の場合と同様にして自由波の振幅を算定した。

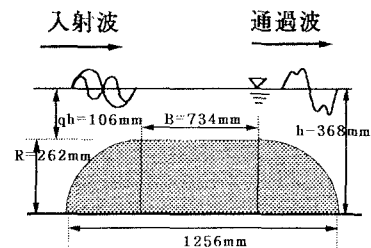


図1: 実験装置図

2 実験条件

実験は、一端に消波装置を設置した幅30cm、深さ50cm、長さ20mの反射吸収式の2次元造波水路を用いて行い、図-??に示す断面形状の潜堤を造波板から10mの位置に設置して、潜堤に対して単一周期の波が入射する場合と二成分の波が入射する場合について潜堤通過側の水面変動を測定して1次成分波の振幅と2次以上の成分波の振幅をフーリエ解析より求めた。測定には容量式波高計を用い、サンプリング周波数50Hzでデータレコーダーに波形を記録した。

単一成分波に関する実験では、 $kh=1.0, 1.25, 1.5, 1.75, 2.0, 2.5$ のそれぞれの入射波波数について入射波高を徐々に変化させ(約1cmから7cmまで)、天端上で全く砕波が生じない条件から大きく砕波する条件までの実験を行った。また、2成分波に関する実験では、1次のオーダーの各入射波波数を $kh_1=1.0$ と $kh_2=1.5$ (以下、第1成分波と第2成分波と呼ぶ)に設定し、第1成分波の入射波高を3.1cmに固定し、第2成分波の入射波高を変化させて、潜堤天端上で砕波が全く生じない状態から、天端上で砕波が強く起こる状態まで実験を行った。

1次のオーダーの成分波に関しては、分離推定法を用いて入射波と通過波の振幅を求めた。一方、2次のオーダーの自由波の振幅に関しては、自由波と拘束波の波数の差によって決まる波長で振幅が空間的に変動するため、あらかじめその波長を算定しておき、1/4波長ごと設置した測点で

3 結果と考察

単一成分の波が入射する場合の入射波の振幅に対する、1次の通過波の振幅の比を図-2に、また、2倍周波数成分波の振幅の比を図-3に、それぞれ入射波の波形勾配に対して示している。なお、図中には、波形勾配の増大につれて、始めて砕波が生じる測点を、実験の際に目視により確認して示している。

図-2より、基本周波数成分の通過波の振幅比(通過率)は砕波が起き始めると、波形勾配に対して一旦急激に減少するが、波形勾配がさらに大きくなると再び一定値(kh の値によらず0.5程度)に漸近する傾向が見られる。一方、2倍周波数成分波の振幅比は、砕波が生じるまでは波形勾配にほぼ比例して増大しており、この範囲の波形勾配の波に対しては、ポテンシャル理論に基づく解析法は比較的よい推定値を与えと言える。しかし、砕波が生じるとともに、急激に振幅比は減少しており、砕波が生じるようになると、ポテンシャル理論に基づく非線形解析法の推定値は、実際の現象と大きく異なる結果を与えることがわかる。また、図-2の場合と同様に、波形勾配が大きくなると、 kh の値によらず、2倍周波数成分波の振幅比はほぼ0.2に漸近する傾向が見られる。

図-4は、通過波における、1次の成分波の平均エネルギー

に対する2次の成分波の平均エネルギーの比を波形勾配に対してプロットしたもので、図-5は同様に、3次の成分波について示したものである。これより、波形勾配が大きくなるとともに、通過波における1次のエネルギーに対する2次のエネルギーの割合は急激に増大し、 kh が1.0および1.25の比較的波長が長い場合には基本周波数成分とほぼ同じ値をとる。しかし、一旦砕波が生じると、急激に減少しており、図-2と図-3に示したように、砕波が生じると、基本周波数成分および倍周波数成分ともその波高は急激に減少するが、その減少の割合は、1次の成分波よりも2次の成分波の方が大きい。図-4と図-5より2次の成分波と3次の成分波とのエネルギー比をを比較すると、2次の成分波に対する3次の成分波のエネルギーの割合は、最大でも15%程であり、波の全エネルギーに対する3次の成分波のエネルギーが占める割合は2次の成分に比べて格段に小さく、工学上は2次のオーダーまでを考慮すれば十分であると言える。

図-6は2成分波が入射する場合の通過波における、成分波1と成分波2の基本周波数の振幅の、それぞれの入射波の振幅に対する比を示している。成分波1の振幅は単一成分波のみが入射する場合には砕波が生じない大きさに固定されているが、成分波2が存在するとその波形勾配が大きくなるにつれて成分波1の振幅はほぼ波形勾配に比例して一様に減少する。一方、成分波2は砕波が生じているにもかかわらず波形勾配が0.03程度までは減少せず、0.03を越えたと成分波1と同様に波形勾配に比例して一様に減少する。また、この波形勾配の値0.03は、図-2に見られるように、 $kh=1.5$ の単一成分波が砕波を生じる波形勾配と一致している。図中に黒丸で示したのは、成分波1と成分波2の基本周波数成分波のエネルギー E_1 に対する、2次のオーダーの自由波の全エネルギー E_2 の比を示している。この比の成分波2の波形勾配に対する変化は、図-4に示す単一成分波が入射する場合の波形勾配に対する変化と同様の傾向を示している。

4 あとがき

単一成分波および2成分波を対象に、微小振幅の波から、砕波を生じる大きな波高の波までを用いて水槽実験を行い、波と構造物の非線形干渉によって励起される高次の周波数成分の波の特性を調べた。現在さらに実験を行っており講演時により詳細な検討結果を示す予定である。

参考文献

- 1) 吉田明徳 村上啓介 高比良智成 (1994) : 2成分ストークス波と構造物との非線形干渉解析法, 第41回海岸工学講演会論文集, pp.736 ~ 740

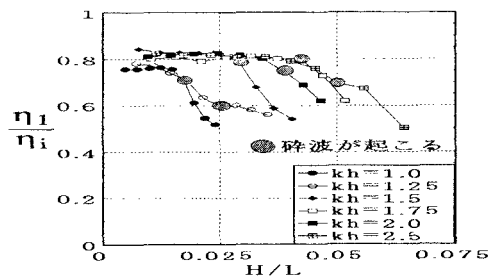


図 2: 波形勾配に対する1次成分波の振幅

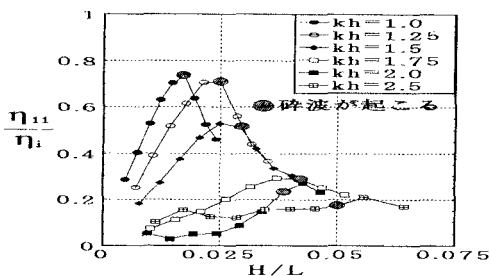


図 3: 波形勾配に対する2次成分波の振幅

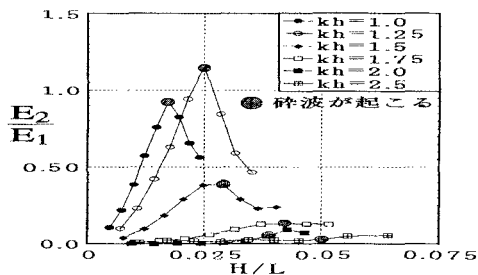


図 4: 波形勾配に対する2次成分波のエネルギー

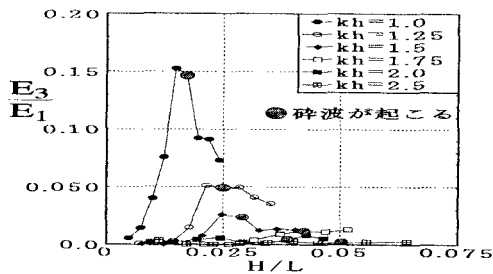


図 5: 波形勾配に対する3次成分波のエネルギー

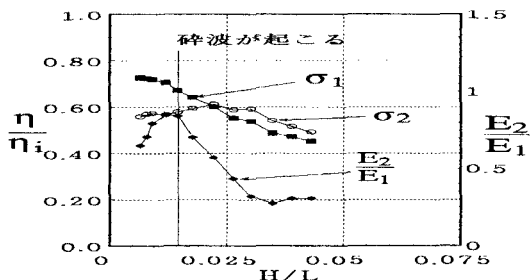


図 6: 波形勾配に対する1次成分波の振幅と1次に対する2次成分のエネルギー比