

II - 346

波と没水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
九州大学工学部 正会員 吉田明徳
九州大学工学部 正会員 村上啓介

1. まえがき 著者らは以前、没水水平板の実験において、入射波高が増大し板上で砕波を生じるようになると、非線形干渉によって励起される高次のオーダーの波の大きさは急激に減少するという結果を得た(吉田ら,1993)。没水構造物と波との干渉により励起される高次のオーダーの周波数成分波の発生に関しては、解析法がいくつか示され、理論的な検討が行われているが、それらのほとんどはポテンシャル理論に基づくもので、天端上で砕波を生じるような波高の大きな波と構造物との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、ポテンシャル理論が適用できる比較的小さな波高の波から、激しい砕波が生じるような波高の波までを対象に、波と構造物の干渉によって励起される高次の成分波および基本周波数成分波の特性を、実験的に明らかにすることを目的に行った。

2. 実験の内容 実験は、一端に消波装置を設置した幅30cm、深さ50cm、長さ28mの反射波吸収式の2次元造波水路を用いて行った。図-1中に示す断面形状の潜堤を造波板から12mの位置に設置して、容量式波高計を用いて、潜堤の通過側の水面変動と入射側の水面変動を、サンプリング周波数50Hzでデータレコーダーに記録した。堤体の天端上水深 qh (h は水路水深)を $0.2h$ ($h=34.2\text{cm}$)と $0.3h$ ($h=38.6\text{cm}$)の2通りに取り、入射波の波数 k が、 $kh=1.0, 1.25, 1.5, 1.75$ について、それぞれ、入射波の波高 H を約1cmから10cm程度まで徐々に変化させ、天端上で砕波が生じない条件から激しく砕波が生じる条件までについて実験をおこなった。

2次のオーダーの倍周波数成分波は、潜堤上で励起される自由波の波数と1次のオーダーの波に拘束される拘束波の波数との差で決まるビート長で、振幅が空間的に変動する。そこで、入射波の波数ごとに、あらかじめビート長を算定しておき、ビート長の $1/4$ 波長間隔で4本の波高計を設置し、各測点で得られる倍周波数成分波の振幅の平均値を算定して、2次のオーダーの自由波の振幅を求めた。

3. 結果と考察 図-2は基本周波数成分波の波高 H_1 の入射波の波高 H に対する比(通過率)を、入射波の波形勾配 H/L (L は入射波の波長)に対して示している。図中で用いた、堤体の天端水深と入射波の波数に対応する記号を表-1に示している。図中には、波形勾配の増大にともない砕波が生じ始める点も示している。入射波の波形勾配が増大するにつれて、励起される高次のオーダーの波へのエネルギーの移行が増大するため、1次のオーダーの波高比 H_1/H は砕波点近傍までは緩やかに減少する。ただし、その変動は小さく、このあたりまでの波形勾配に対しては線形理論による推定が可能である。しかし、砕波が生じるようになると、波高比は急激に減

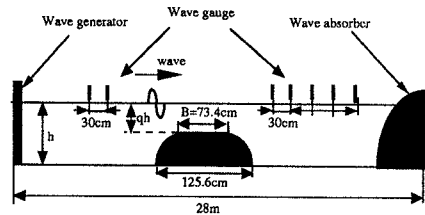


図-1 実験装置

	$q=0.2$	$q=0.3$
$kh=1.0$	○	●
$kh=1.25$	□	■
$kh=1.5$	◇	◆
$kh=1.75$	△	▲

表-1

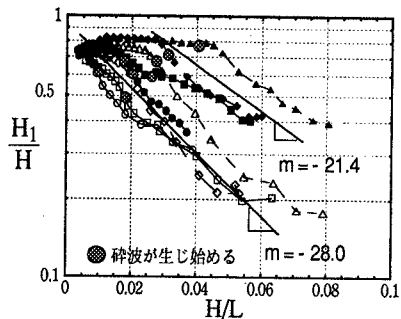


図-2 波高比(基本周波数成分)

少し、その変化は波形勾配を変数とする指数関数 $H_1/H = A \exp \{m(H/L)\}$ で表すことができる。また、減衰の割合は入射波の波数にかかわらずほぼ一定で、図中には実験値より算定した減衰の勾配 m を表す直線を、天端上水深が $q = 0.3$ と $q = 0.2$ の場合について、それぞれ実線で示している。ただし、波形勾配がさらに大きくなると、波高比はこの減衰曲線からはずれて、堤体形状で決まる一定値 ($q = 0.2$ の場合は 0.2 近傍、 $q = 0.3$ の場合は 0.3 近傍) に漸近する傾向がみられる。

図-3は、2次のオーダーの自由波の波高 H_2 の入射波の波高 H に対する比 H_2/H を、入射波の波形勾配 H/L に対して両対数表示で示したものである。砕波点以前の波形勾配の入射波に対しては、2次のオーダーの自由波の波高はほぼ波形勾配に比例して増大する。このあたりの波形勾配の入射波に対してはポテンシャル理論に基づく非線形干渉の解析法を用いて現象を推定することが可能で、図中には著者らの示した解析法(吉田ら,1989)による理論値を実線で示している。しかし、砕波点に近づくにつれて、理論値と実験値との差は大きくなり、しかも、一旦砕波が生じると、2次のオーダーの波の励起は急激に減少することがわかる。実験結果より、砕波を生じる状態での2次のオーダーの波は、波形勾配を変数とする $H_2/H = A(H/L)^m$ の関数形で表すことができ、減衰の程度を表す係数 m は天端上水深や入射波の波数によらずほぼ一定値(-1.4程度)を取る。

図-4は図-3の結果を、波形勾配に代えて入射波のアーセル数 L^3H/h^3 に対して示したもので、砕波を生じない状態での2次のオーダーの自由波の発生に関しては、ほぼアーセル数をパラメータとして表すことができる。

図-5は3次のオーダーの自由波の波高比 H_3/H を示している。3次のオーダーの自由波も砕波が生じると急激に減少し、2次の場合と同様、波高比は、 $A(H/L)^m$ で表される。また、減衰の係数 m も、天端上水深や入射波の波数によらず、2次のオーダーの場合と同じ値を取ることがわかる。

図-6は基本周波数成分波に対する、2次および3次の自由波の、エネルギー flux 比を示している。砕波点までは、2次のオーダーの自由波に移行するエネルギーが基本周波数成分波に対して相対的に増大し、最大で6割以上に達するが、一旦砕波が生じると、その相対的な重要度は急激に減少し、基本周波数成分波が支配的となることからわかる。また、3次のオーダーの成分波の占める割合は極めて小さい。

4. あとがき 構造物の天端上で砕波が生じると、砕波が激しくなくても、高次の周波数成分波の励起は急激に抑制されることがわかった。砕波を生じる状態での、2次および3次の周波数成分波の波高は、波形勾配を変数とする $A(H/L)^m$ の関数形で表すことができ、減衰の程度を表す係数は、天端上水深や入射波の波数によらずほぼ一定値を取る。

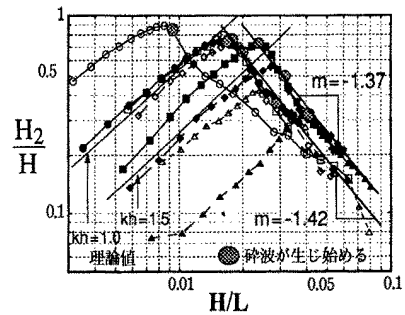


図-3 波高比(2次成分)

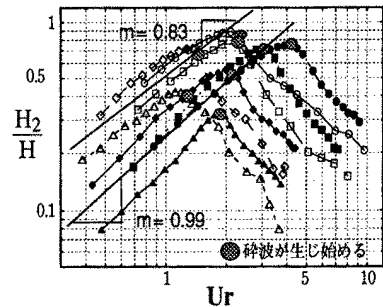


図-4 波高比(2次成分)

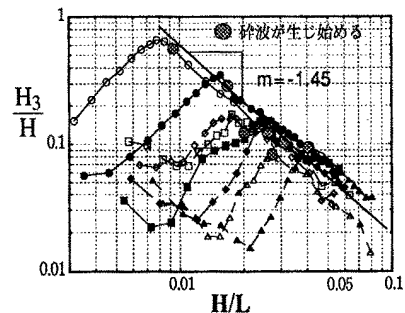


図-5 波高比(3次成分)

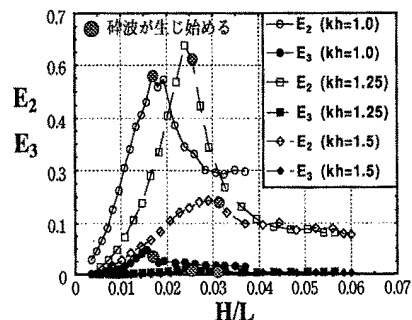


図-6 エネルギーflux比

【参考文献】

- 吉田ら:二重管没水水平版の波浪制御効果に関する線形理論の適用性と非線形効果, 海講論文集, 第40巻,1993
吉田ら:グリーン公式による有限振幅波の定常境界値問題解析法, 海講論文集, 第36巻,1989