

不規則波に対する水平版の波分裂の効果について

九州大学 学生会員 高尾 仁 正会員 小島 治幸 東和大学 正会員 井島 武士

1. はじめに 長波長の波を制御する一つの方法として波の分裂、いわゆるソリトン分裂を誘起し波長を短縮する機能を有した没水水平版が考えられ、その有効性について昨年の研究会で発表した¹⁾。本論文では、二次元水路実験により、まず規則波に対する水平版と不透過潜堤とによる波の分裂機能の違いについて検討し、次に不規則波のもっとも簡単な形である二成分波が合成した波と多成分が重畳したランダム波に対する没水水平版による波の分裂現象を明らかにする。

2. 水理実験の方法と条件 実験は、図-1に示すような二次元水路(長さ28m、幅0.30m、深さ0.50m)を用い、水深を $h=0.38\text{m}$ として、天端上水深 $h_s=10\text{cm}$ ($h_s/h=0.263$)となるように1cm厚の水平版あるいは矩形不透過潜堤を水路の中間点よりやや造波板側に設置した。用いた水平版と潜堤の天端長(B)は水深の2倍と5.25倍である。

規則波の実験は、相対水深(h/L)を0.06から0.45まで変え、波高を3.0, 4.0cmとして行っている。二成分波の実験の波の条件は周期 T_1, T_2 の組合せを10種類、各成分波の波高を2.0cmとして実験を行った。不規則波の実験においては有義周期 $T_{1/3}$ を2.0, 1.6, 1.2, 1.0, 0.8(sec)と変化させ、有義波高 $H_{1/3}$ は4.5cmとして実験を行った。通過波と反射波の測定には、水平版の後方1.0mから20~40cm間隔で設置された6本の波高計とその前方2.0mから3本の波高計で測定した。これらの測定データをフーリエ解析して、入射波と反射波、通過波における各々の成分波の振幅やスペクトル形状を求めた。なお、反射波は分離推定法によって算定した。

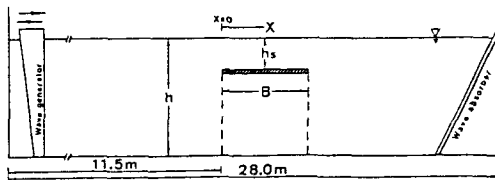


図-1 実験装置図

3. 結果と考察 (1)規則波 長周期の波を制御する上で重要となる高周波数成分波の成長度を調べるため、その指標として通過波と反射波における3倍周波数までの成分波を持つパワーつまりエネルギー輸送率(energy flux)と入射波のパワーとの比 Tp_i, Rp_i ($i=1\sim3$)を求め、水平版と矩形不透過潜堤の結果を図-2,3に示す。図中の実線は、境界要素法の線型計算による基本周波数のパワー比を表しており、いわゆる通過率と反射率を意味している。

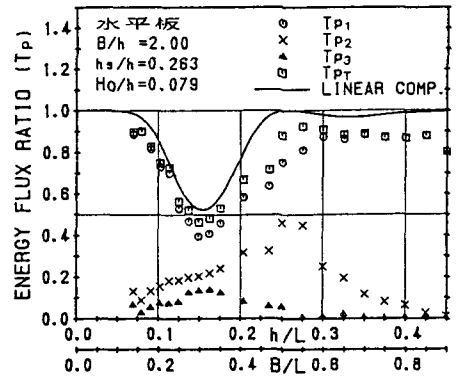


図-2 通過波と入射波のパワー比(水平版)

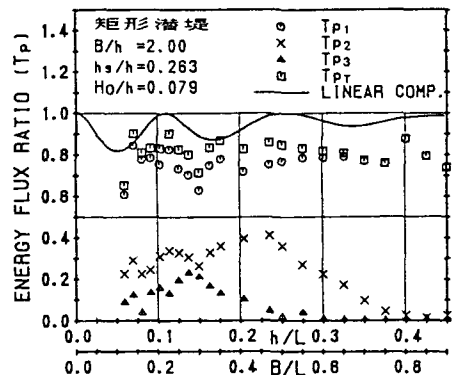


図-3 通過波と入射波のパワー比(不透過潜堤)

水平版と矩形潜堤の違いは、基本周波数のパワー比すなわち通過率と反射率に顕著に現れている。しかし、2倍、3倍周波数成分のパワー比は、水平版と潜堤とも大きな差異はみられない。

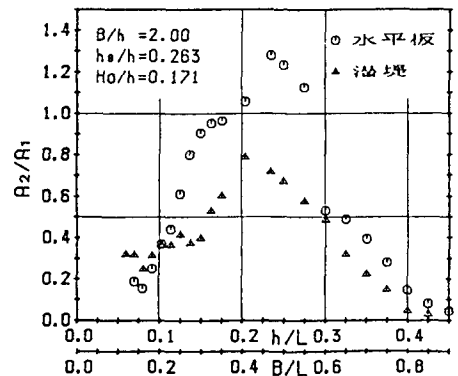
図-4 水平版と不透過潜堤における R_2/R_1

図-4は、水平版と潜堤の通過波における基本周波数の振幅と2倍周波数のそれとの比(A_2/A_1)を表している。水平版の方が潜堤より相対水深 h/L の広い範囲で大きな値となり、 $B/L=0.3$ 近傍で A_2/A_1 と2倍周波数の振幅が基本周波数のそれと同程度の大きくなる。これは、水平版による通過率が $B/L=0.3$ 付近で最小値を示すため A_1 が小さくなり、 A_2 と A_1 の比としては、大きな値を示すことになる。これらの結果は、実用面を考えるとときに、構造的に高価な不透過潜堤よりも安価な水平版の方が効果的に長波長の波を制御することができていることを示している。

(2)二成分波 図-5は二成分波入射波のフーリエ解析の結果の一例で、入射波の基本成分波の振幅で無次元化された値を示している。上段は、周波数 $f_1=0.667\text{Hz}$ と $f_2=0.800\text{Hz}$ の成分波を重ねた入射波の結果であり、下段は、その波が水平版上を通過して、その終端から2.0m離れた点での通過波の結果である。通過波においては、各々の成分波の2倍あるいは3倍周波数の成分ばかりではなく基本成分波の各周波数の和と差の成分波が誘発されており、特にこの場合では、和の成分波の成長が卓越している。特に、 f_1+f_2 , $2f_1+f_2$, f_1+2f_2 の成分波の振幅は、基本成分波の2倍や3倍周波数成分の振幅よりも大きく、基本成分波のそれとほぼ同程度になっている。

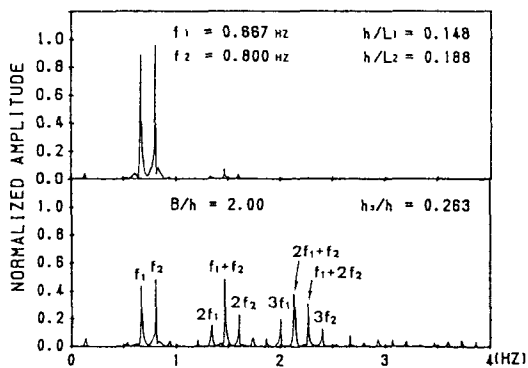


図-5 二成分波における波の分裂

Phillips²⁾の非線型共鳴干渉理論によると深海波では f_1+f_2 のような二次干渉は起こらず、 $2f_1+f_2$ や f_1+2f_2 のような三次以上の干渉が起こるといわれているが、水平版上のように水深波長比が小さいところを通過して再びもとの水深にもとる波の場合は、Bryant³⁾が言う near-resonance 現象が起こり、二次干渉波が誘発されその振幅が成長すると考えられる。これは、入射波の基本成分波のエネルギーを高周波数成分波に分散することであり、エネルギー Spektral の有義波周波数付近に尖鋭なピークをもつ海洋波に対しても、水平版を通過させることにより、

その付近のエネルギーを高周波数の成分波へ輸送させ、通過波のスペクトル形状が偏平化されることを示唆している。

(3)不規則波 有義波周期 $T_{1/3}=1.6\text{sec}$ ($h/L_{1/3}=0.137$)をもつ不規則波の入射波と反射波、通過波のスペクトル密度分布を図-6に示す。有義波周波数 ($f_{1/3}=0.625$)付近のエネルギーは、水平版によって反射されるとともに、通過波において二成分波のところで述べたように高周波数側へ輸送され、スペクトル形状の偏平化が行われている。このことから、ランダムな入射波においても没水水平版は、短波長の有義波に変換する機能のあることが確認された。

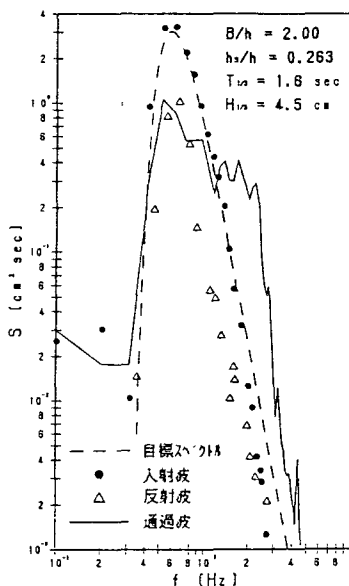


図-6 不規則波における波の分裂

まとめ 水平版は、潜堤と比べ、波の遮断機能については入射波を波長に関して選択的に遮断する機能が顕著であるとともに、通過波に対する分裂機能についても明らかに優れている。また、不規則波が没水水平版を通過することにより、各成分波間で二次・三次干渉波が誘発され、有義波周波数付近に集中する波のエネルギーが高周波数側へ分散してスペクトル形状の偏平化が行われることを明らかにした。

参考文献：

- 1)小島治幸、井島武士、長野敦、昭和62年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集、1988
- 2)Phillips, O.M., J. Fluid Mech., Vol. 9, pp193-217, 1960
- 3)Bryant, P.J., J. Fluid Mech., Vol. 59, pp625-644, 1973