

没水平版防波堤による碎波の特性

九州大学工学部 学生員○大菅 健

学生員 小野 雅人

正 員 小島 治幸

正 員 入江 功

1. はじめに

没水水平版は、環境や景観的に好ましい消波構造物として期待され、その消波特性に関していくつかの研究がなされている。しかし、碎波が起こる場合の消波特性については必ずしも十分に調べられておらず、これを波浪制御構造物として採用するためには、その上で生じる碎波による消波効果を定量的に評価する必要がある。本研究は、没水水平版上で起こる碎波の特性を明らかにするとともに、それによる波浪減衰効果を評価する数値モデルを作成するための基礎的なデータを得ることを目的とするものである。

2. 水理実験の方法と条件

実験は、二次元水路(長さ28m, 幅0.30m, 深さ0.50m)を用い、水深 $h=0.35$ mの一定とした。水平版を水路のほぼ中央に固定して版長(B)を $B/h=1.0, 2.0, 3.0$ 、没水深(hs)を $hs/h=0.15, 0.25, 0.35$ と変えて実験を行った。入射波はすべて規則波とし、波高を $H=2.8\sim 7.7$ cmまで変化させ、各々について入射波の相対水深を $h/L=0.080\sim 0.440$ ($H/L=0.0064\sim 0.0968$)まで変化させた。

測定項目は次に示す通りである。

- 碎波状況をビデオ撮影しそれを解析することにより碎波の有無や碎波形式を判定するとともに、碎波波高と碎波峰高を読み取った。
 - 碎波時における波と没水水平版との線形干渉効果による消波特性が碎波しない場合とどのような相違があるかを調べるため水平版の前面と後面に設置されたそれぞれ2本ずつの波高計により水位変動を測定し、分離推定法で通過率・反射率を求めた。
 - 水平版の中心を0, 沖側を正とし、 $x/h=-3.15\sim 3.0$ まで0.15h間隔の測点において水位変動を測定し、各点での平均水位及び振幅分布(基本周波数、2倍周波数)を求めた。この場合、 $B/h=2.0, hs/h=0.25$ とした。
- b)とc)における水位変動のデータよりフーリエ解析を用いて高周波成分波の振幅も求めた。

3. 結果と考察

3-1 没水水平版による碎波の特性

(1)碎波限界 図-1は、横軸に水平版の没水深と入射波の波長との比 hs/L , 縦軸に入射波の波形勾配 H/L を取りそれらの無次元量と碎波の有無とを関連させて示したものである。●が碎波の起こらない場合、○がそれが起こる場合を表しており図中の実線で示されるような碎波限界の推定曲線が得られる。このようにして得られた碎波限界曲線を版長をパラメータとして示したものが図-2で、没水深が $hs/h=0.25$ の場合の結果である。碎波限界は短波長域では版長にはそれほど関係なくほぼ一つの曲線上に重なる。しかし、 $hs/L < 0.07$ と波長が長くなるにしたがい版長の影響が現れ、版長が小さいほど碎波しにくくなる。ただし、版長がある程度以上(この場合には $B/h=2.0$ 以上)になると長波長のところでも版長による差はほとんどなく

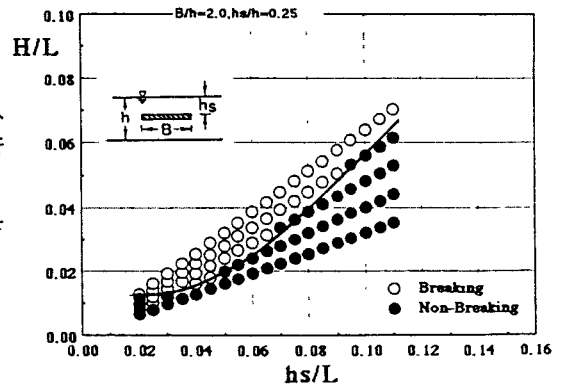


図-1 入射波の波形勾配と碎波の有無の関係

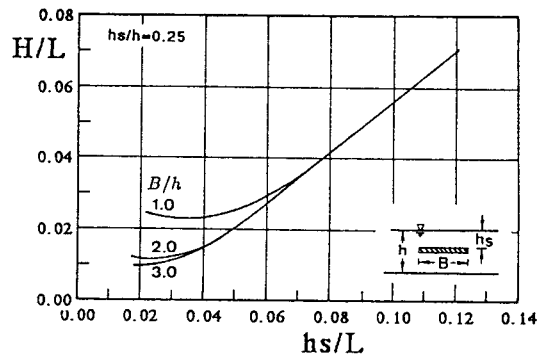


図-2 限界波形勾配と版長の関係

なる。また、没水深度を変化させた場合にも同様の傾向がみられた。

(2) 碎波形式 傾斜海岸でみられるspilling型碎波、plunging型碎波、surging型碎波、collapsing型碎波が単独で起こる場合とそれらが複合して起こる場合が観察された。複合して碎波する場合には次のようなものがある。

- i) spilling型碎波が最初に起こりそれがplunging型碎波に発達する形式(S_p -P型)。
- ii) spilling型が起こりながら波前面の脚部でsurgingあるいはcollapsing型が起こりその後それらが一体となる形式(S_p - S_s 型, S_p -C型)。
- iii) plunging型が起こりながら波前面の脚部でcollapsing型が起こりそれらが一体となる形式(P-C型)。
- iv) i)の S_p -P型碎波が起こりながら脚部でcollapsing型が起こる形式(S_p -P-C型)。

これらの碎波形式の他に水平版上での戻り流れに起因するものと思われる特有の碎波が2種類見られた。ひとつは、図-3に示すような戻り流れと波峰がぶつかりほぼ真上から斜め前方へしぶきとともに碎波流体が飛び上がり波前面部におおいかぶさる様な形式(jumping型碎波と呼ぶ)のものである。いまひとつは、図-4に示すような波の進行方向とは反対方向にspilling型碎波が起こる場合でbackward-spilling型碎波と呼ぶことにする。

碎波形式は波長や没水深により大きく異なる。例えば、長波長域ではcollapsing型であったものが短波長域ではplunging型へと移行し、更にspilling型へと移行する。また没水深が小さく波高が大きいほど戻り流れに起因する碎波が発生しやすくなる。

3-2 碎波による波浪の減衰効果(通過率・反射率の特性)

図-5は、3種類の入射波に対する基本周波数の通過率を表しており、碎波が起こる場合は碎波形式も示している。図中の実線はポテンシャル接続法による線形計算値を示している。通過率は碎波しない場合には理論値と良く一致しているが、碎波が起こる場合には通過率が最小となる相対水深が大きい値の方へ移行し、相対水深の大きいところで通過率が著しく減少しほぼ一定の値となる傾向がみられる。すなわち、碎波が起こると波長の短い波ほど消波効果が大きくなる。また、碎波が生じる場合でも碎波形式の違いによる波高の減衰率の差異が認められる。

4. むすび

没水水平版上で起こる碎波は傾斜海岸でみられる碎波形式が複合して現れる場合や版上の戻り流れに起因すると思われる特有の碎波形式が新たに見いだされた。碎波形式により波高減衰効果が異なるといわれているが、今回の研究でもその傾向がみられた数値モデルではこの現象を考慮しなければならないと思われるため、碎波形式の発生限界を明らかにする必要がある。今後は、この点について検討する予定である。

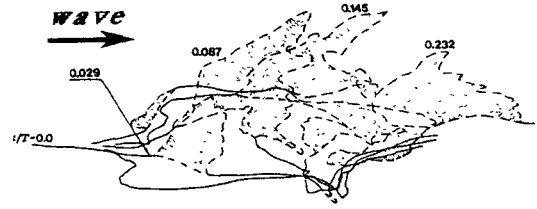


図-3 Jumping型碎波

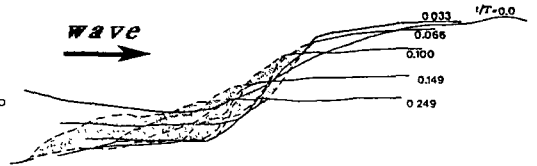


図-4 Backward-Spilling型碎波

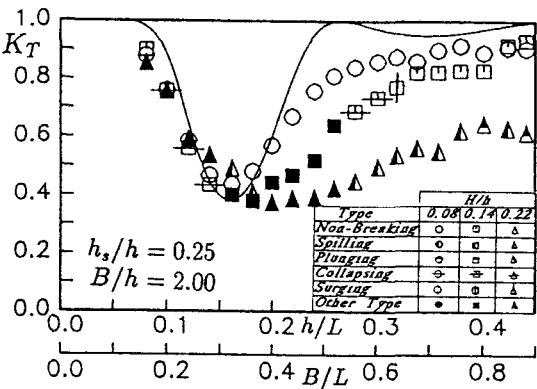


図-5 没水水平版上で碎波が起こる場合の通過率特性