

一様斜面上および矩形リーフ上での孤立波の碎波変形について

豊田工業高等専門学校 ○学生会員 荻 直裕
 豊田工業高等専門学校 正会員 榎原幸雄

1. はじめに

著者らはこれまで、様々な形状の没水型構造物により生じる碎波について検討を進めて来た。しかし、水深変化形態別に個別に検討を進めてきた結果、構造物相互の入射波の碎波の比較検討については検討が不十分となっている。

そこで本研究では、底面形状が異なり、かつ、形状が最も単純な一様斜面と矩形リーフ上で生じる碎波変形を取り上げ、その両者の碎波変形過程を比較検討することで、形状の違いが波形変形に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

2. 研究方法と計算条件

ここでは入射波を孤立波とし、これを斜面勾配 $\tan \theta = 1/20, 1/30, 1/40, 1/50, 1/60, 1/70, 1/80, 1/90, 1/100$ の一様斜面上およびその一様斜面上と同様の碎波が生じる条件(次節以降で示す)を与えた矩形リーフ上に、入射波高水深比 $H_1/h_1 = 0.4, 0.5, 0.6$ の孤立波を入射させた。碎波に至る伝播過程の検討には、非圧縮非回転完全流体場の基礎式を解くことが出来る境界積分法(BIM)による数値結果を基に行った。

3. 碎波限界波形の比較

水深変化形態の異なる一様斜面と矩形リーフにおいて、海底形状の違いが碎波に与える影響を調べるため、両者の主波峰前面が鉛直となる瞬間の波形(以後、碎波限界波形と呼ぶ)を比較した。

まず、入射波高水深比 $H_1/h_1 = 0.5$ の孤立波を斜面勾配 $\cot \theta$ を 20 から 100 へと変化した一様斜面と相対リーフ天端高 $R/h_1 = 0.3$ の矩形リーフへ入射させた場合の両碎波限界波形比較を行った。図-1には1例として斜面勾配 $\cot \theta$ が 20, 60, 100 の一様斜面上と相対リーフ天端高 $R/h_1 = 0.3$ の矩形リーフ上の碎波限界波形の比較を示した。

その比較検討の結果、斜面勾配 $\cot \theta$ が 20, 30 程度の勾配では、矩形リーフ上の方が一様斜面上より碎波限界波高が高く、また、矩形リーフの波峰前面の水面勾配は一様斜面のものに比べ緩やかとなる等、両者の碎波限界波形の間には差が見られるが、一様斜面の斜面勾配が緩勾配になるにつれて両者の碎波限界波形の差が小さくなり、特に、斜面勾配 $\cot \theta$ が 90, 100 程度の勾配では

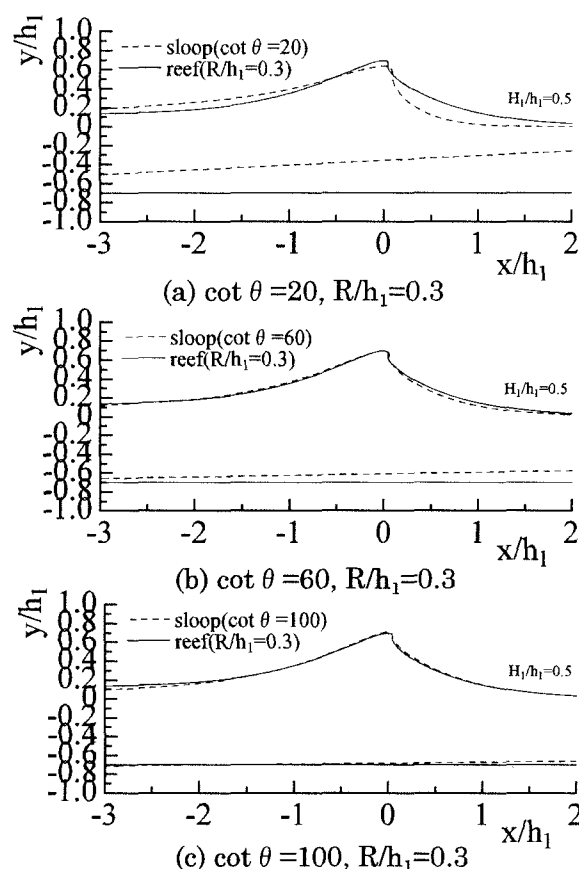


図-1 碎波限界波形の比較

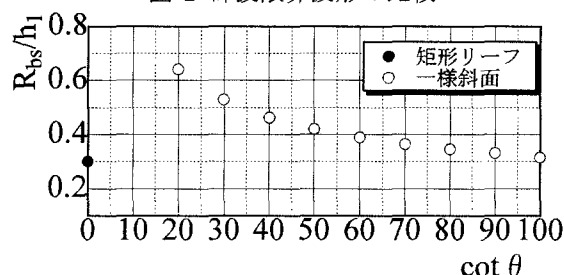


図-2 斜面勾配 $\cot \theta$ と碎波限界時の水深変化量
 両者の一致度が非常に高いことが分かった。

4. 碎波限界波形の一致と水深変化量

それでは、どのような条件において両者の碎波限界波形が一致するのかについて、碎波限界時の主波峰波頂部直下の水深変化量に着目し検討した。図-2は、横軸に一様斜面の斜面勾配 $\cot \theta$ を、縦軸にはその際の碎波限界時の水深変化量 R_{bs}/h_1 を取り、碎波限界時の水深変化量と斜面勾配の関係を示した図であり、比較のため、相対リーフ天端高 $R/h_1 = 0.3$ の矩形リーフの水深変化量(R/h_1 に同じ)を●で示してある。この図から、一様斜面の

斜面勾配が緩勾配になるにつれて碎波限界時の水深変化量 R_{bs}/h_1 は減少し、リーフ碎波限界時の水深変化量 ($R_{br}/h_1=0.3$) に近づいていくことが分かる。つまり、このことを図-1 の比較結果と併せて考えると、両者の水深変化量が近くなるほど碎波限界波形の一致度が高くなることを意味している。そこで、両者の水深変化量がどの程度近いとき、碎波限界波形の一致度が最も高くなるのかを確かめる為、矩形リーフ上の碎波限界波形の主波峯波頂部直下の水深変化量(相対リーフ天端高)を、一様斜面の碎波限界時の水深変化量の 10 割, 9 割, 8 割として同様の比較を行った。図-3 では 1 例として斜面勾配 $\cot \theta = 50$, 入射波高水深比 $H_1/h_1=0.4$ の結果を示した。それらの検討の結果, 3 種類の比較の中では一様斜面の水深変化量の 9 割に相当する相対リーフ天端高を矩形リーフに与えた場合が最も一致度が高くなっていることが分かった。なお、このことは、他の斜面勾配や入射波高水深比の場合においても同様であった。

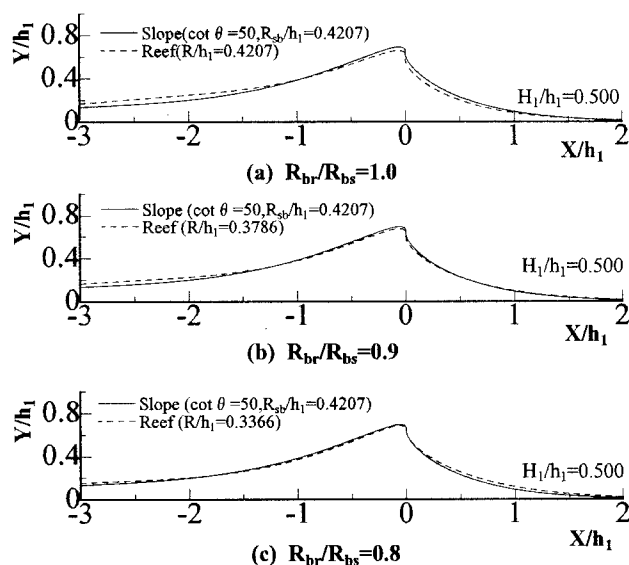


図-3 波形の一致度の比較

5. 波形一致開始位置と変形過程

続いて、孤立波が一様斜面や矩形リーフに入射後、どのような過程を経て碎波限界波形の一致に至っているのかを調べるために、まず、入射後から碎波限界前までの波形を相互に比較検討した。その結果、両者の水深変化量が同じとなる位置から波形の一致が始まることが分かった。

図-4 には、その 1 例として入射波高水深比 $H_1/h_1=0.5$, 一様斜面の斜面勾配 $\cot \theta = 50$, 水深変化量比 $R_{br}/R_{bs}=0.9$ の条件における一様斜面上と矩形リーフ上の水深変化開始位置から波形一致開始位置の中間点での波形 ($x/h_1=-2$ を主波峯波頂部直下として描画)、一致開始波形 ($x/h_1=0$ を主波

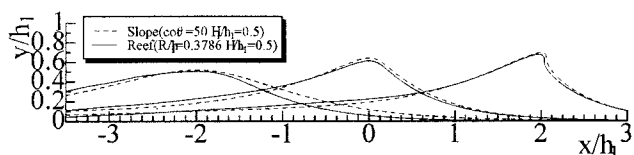


図-4 碎波限界時以前の波形の比較

峯波頂部直下として描画)、碎波限界波形 ($x/h_1=2$ を主波峯波頂部直下として描画) の比較を示した。

そこで次に、孤立波が一致開始時から碎波限界時に至る碎波変形過程を調べるため、図-5 で斜面勾配 $\cot \theta = 40$ の一様斜面と相対リーフ天端高 $R/h_1=0.4176$ の矩形リーフの水深変化開始位置を 0 とし、そこに入射する $H_1/h_1=0.5$ の孤立波の波高と波形の前傾度 θ_{min} の推移について検討した。ただし、孤立波が一致開始位置から碎波限界位置に至るまでの変形距離を共に 1 と規格化してある。図-5 を見ると、破線で示す前傾度 θ_{min} の推移は一様斜面上と矩形リーフ上で若干の差異が見られるが、波高の推移についてはその区間でほぼ一致していることが分かった。なお、両者の変形距離を比較するため、図-6 では変形距離を規格化せず図-5 と同様の図を作成した。この図から、○印で示す波形一致開始位置から△印で示す碎波限界位置までの変形距離は規格化せずとも一様斜面と矩形リーフの間で多少の差異しかないことも分かった。

これらのことから、波形一致開始位置から碎波限界位置の間では、孤立波は一様斜面や矩形リーフといった底面形状に寄らずほぼ同じ様な変形過程を辿っていることが明らかとなった。

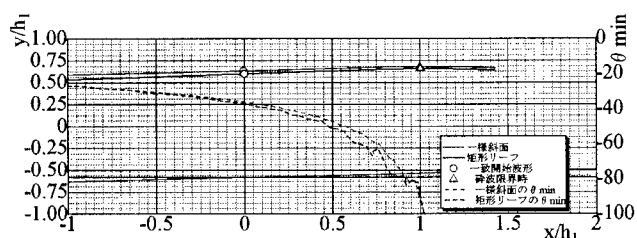


図-5 波形一致開始位置から碎波限界位置までの波高と前傾度の推移 (変形距離を規格化)

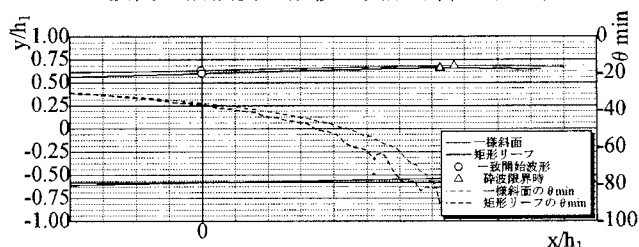


図-6 波形一致開始位置から碎波限界位置までの波高と前傾度の推移

参考文献 榊原幸雄, 谷川敬芳, 折坂瑞代, 安田孝志(1998): 一様傾斜海浜への最適な人工リーフ設置条件, 海岸工学論文集, 第 45 巻, pp.716-720.