

一様斜面上に設置した矩形リーフによる孤立波の砕波

豊田高専 環境都市工学科 正会員 榊原幸雄
豊田高専専攻科 建設工学専攻 学生会員 ○谷川敬芳

1. はじめに

没水型構造物により入射波を砕波させ波浪制御を図る工法は原理的に優れており、近年、潜堤や人工リーフ等の波浪制御法に関する研究が種々なされている。著者らもまた、これまで人工リーフや潜堤に入射する孤立波の砕波の有無、砕波限界時の波高、砕波形式といった砕波特性について様々な検討を行ってきた。ところが、これらは一定水深の底面上に設置された構造物を対象としており、一般海浜を想定した一様斜面上に構造物を設置した場合の砕波変形に対する斜面の影響等については何ら検討を行っていない。そこで本研究では、これら没水型構造物の内、より構造が簡単な矩形リーフを取り上げ、これが一様斜面上に設置された場合において、一様斜面と矩形リーフによる複合水深変化が入射波としての孤立波にどのような砕波変形をもたらすのかについて境界積分法を用いた数値シミュレーションにより検討を試みた。

2. 研究方法および計算条件

入射波として前の波の影響がない孤立波を考え、図-1に示す様な斜面上に矩形リーフを設置した複合断面リーフ（以後、この構造物を斜面上リーフと呼ぶ）にこれを入射させることにした。ただし本研究では矩形リーフ前下面に存在する斜面がどの程度入射波の砕波変形に影響を与えるのかについて見るため、単純に一様斜面上に矩形リーフを設置した場合とは異なり、図-1に示す様にリーフ上水深は一定とすることにした。また砕波に至るまでの伝播過程計算については、これまで著者らが用いてきた BIM¹⁾（境界積分法）により、表-1に示す 26 通りの計算条件にて数値計算を実施した。

3. 斜面の影響と斜面上リーフの砕波

図-2は相対リーフ天端高 R/h_1 が 0.6 の矩形リーフと斜面上リーフの砕波限界波形および落下限界波形（それぞれ波峰前面が垂直となる瞬間および水平となる瞬間の波形と定義）を比較したものであり、図-3は斜面勾配 $\cot \theta$ とジェット規模を示す指標 γ_{nj}/H_1^2 の関係を示したものである。これにより、斜面上リーフの斜面勾配 $\cot \theta$ が緩勾配になるにつれてジェットサイズ指標 γ_{nj}/H_1^2 は徐々に大きくなっており、この傾向は砕波限界波形・落下限界波形においても、斜面勾配が緩勾配になるにつれて大規模なジェットを持つ砕波が生じていることから確認できる。次にジェットサイズが大きくなる条件において孤立波がどのような変形過程を経て砕波に至るのかについて見てみる。図-4は波形の時間的な変形の様子がよく分かる様に各波の静水面位置を無次元時間刻みで $\Delta t \sqrt{g/h_1} = 0.135$ 毎に 0.06 づつ上方へずらして表示したもので

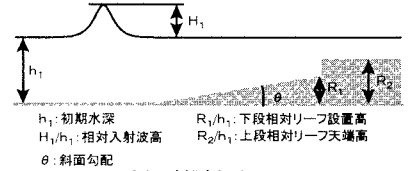


図-1 斜面上リーフ

表-1 斜面上リーフの計算条件

H_1/h_1	R_1/h_1	R_2/h_1	$\cot \theta$
0.4	0.3	0.6	10~100
0.5	0.3	0.6	10~100
0.6	0.3	0.6	10~60

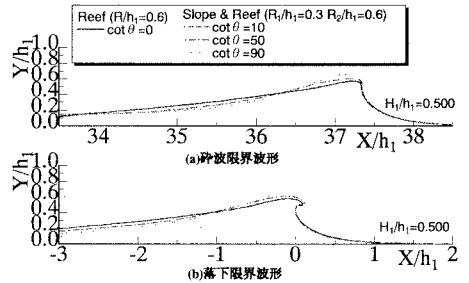


図-2 斜面上リーフの砕波

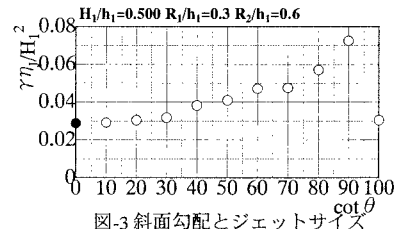


図-3 斜面勾配とジェットサイズ

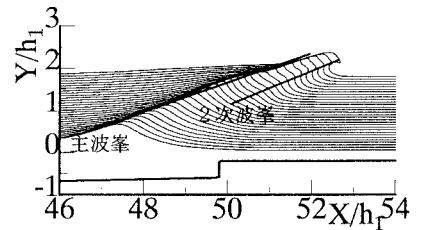


図-4 空間波形の時間変化

ある。これによると入射波の主波峰とその前面にて発生した2次波峰がリーフ上にて共に発達し、最終的にはそれらが一体化して砕波に至っていることが分かる。これは安田らによって報告されたダブルリーフによって生じる複合型砕波²⁾と同様のものであることから、斜面勾配が緩勾配である場合には斜面の影響を強く受け、条件によっては斜面上リーフにおいても強大なジェットを持つ複合型砕波が発生することが分かった。

4. ダブルリーフによる砕波変形との比較

前節では、斜面上リーフにおいても条件によってはダブルリーフと同様の複合型砕波が生じることを示した。そこで斜面上リーフによって生じる複合型砕波を含んだ砕波変形についてもダブルリーフの場合と同様のものになるのか否かについて検討した。なお比較の対象となるダブルリーフの計算条件は表-2に示した。ただし、比較のため上段相対リーフ天端高を斜面上リーフの場合と同じとした。図-5はダブルリーフと斜面上リーフのジェットサイズがほぼ一致する場合の砕波限界波形・落下限界波形の比較を示したものである。この図より斜面上リーフにて生じている砕波波形はダブルリーフ上にて生じるものと完全に一致していることから、斜面上リーフはダブルリーフによる砕波と全く同じ砕波を生じさせ得ることが分かった。また、ここでは示さないがその他の条件においても両者の砕波限界波形・落下限界波形が一致する条件は存在し、複合型砕波が生じる様な条件においても両者の波形は一致することも分かった。そこで、両者の波形が変形過程のどの時点より一致するのかについて調べる為、上段リーフの相対天端高が同一条件であることから上段リーフ乗り上げ時の状態について検討した。図-6は両者の砕波限界波形・落下限界波形が一致する条件で、波峰の上段リーフ乗り上げ時の波形前面の傾き角 $\theta_{\min}$ を比較したものである。また、図-7は前述の図-5で用いた条件にて、その乗り上げ時の両者の波形を比較したものである。これらの図より、上段リーフ乗り上げ時における両者の波形は一致しており、また、波形前面の傾き角 $\theta_{\min}$ もほぼ同じ値であることから、入射波の上段リーフ乗り上げ時までに斜面と下段リーフが孤立波の変形に与えた影響はトータルとして同じであると考えられる。ただし、図-8に示すダブルリーフと斜面上リーフによる孤立波の $Y_{\max}/h_1$ の空間的推移を見ると、斜面上と下段リーフ上での $Y_{\max}/h_1$ の推移が異なっているにも拘わらず、最終的には上段リーフ乗り上げ時にそれが一致するという結果も出ていることから、なぜそのような結果になるのかについては現在検討中である。

参考文献

- 1) 安田孝志・原正典・榊原幸雄：BIMを用いたステップによる孤立波の砕波を伴う変形とその法則，土木学会論文集，No. 429，II-15，pp. 87-96，1991
- 2) 安田孝志・睦田秀実・水谷夏樹・大屋敦嗣・多田彰秀：複合型砕波の発見とその発生条件，海岸工学論文集，第42巻，pp. 51-55，1995

表-2 ダブルリーフの計算条件

H_1/h_1	R_1/h_1	R_2/h_1	X_1/h_1
0.4	0.3	0.6	1.0~10.0
0.5	0.3	0.6	1.0~10.0
0.6	0.3	0.6	1.0~8.0

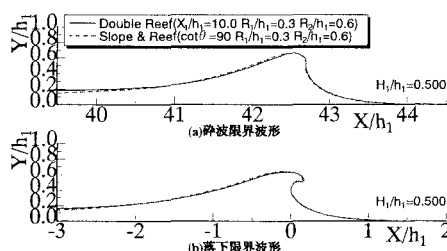


図-5 ダブルリーフと斜面上リーフ波形比較

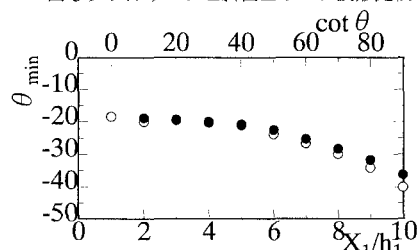


図-6 上段リーフ乗り上げ時の傾き角

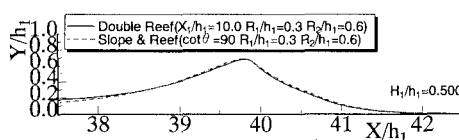


図-7 上段リーフ乗り上げ時の波形

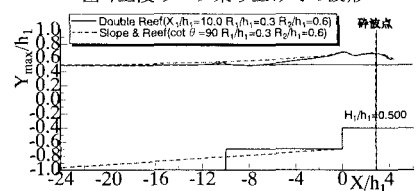


図-8 $Y_{\max}/h_1$ の空間的推移