

ステップ地形上に設置された海岸構造物 の前面水域における砕波現象

名古屋大学工学部 正会員 富田 孝史
名古屋大学大学院 学生員○加藤 敬
名古屋大学工学部 正会員 岩田 好一郎

1. はじめに： 人工リーフ上の砕波現象は来襲波の条件や人工リーフ上の水深だけでなく、人工リーフの長さや人工リーフ後方の護岸などの海岸構造物の反射率にも大きく支配される。ステップ地形上において反射体を移動させると、その設置位置により砕波するほど波高が大きくなる場合や、波高は大きくなるが砕波しない場合がある。そこで本研究では3種類の反射率の反射体を用いて水理実験を行ない、反射体の設置位置や反射率の変化による波高分布や砕波位置とその状況の変化を検討することによりその砕波特性について考察を加える。

2. 水理実験： 実験には名古屋大学工学部土木工学科の二次元造波水槽(長さ25m, 幅0.7m, 深さ0.95m)を使用し、水槽内には、1/6勾配一様傾斜面と垂直に段落ちの面を前面に設けたステップ地形、および水槽の片端に消波装置を設置した。ステップ上に設置する反射体は、不透過鉛直板、不透過鉛直板の前面にフィルター材(厚さ2.5cm×2)を設置したもの、そして開口率28.3%の穴開き鉛直板の3種類である。実験諸元は表-1に示される。入射波は反射体を設置しない進行波状態で、非砕波であるがかなり砕波限界に近い波である。本研究では、まず反射体を一様水深部前端から15~20cmずつステップ上を後退させ、砕波の有無、砕波位置を目視により記録し、波形の状況を観察した。その結果、反射体の設置位置によって砕波が起きたり起きなかったりする場合が見られた。ついで、反射体前面水域が砕波あるいは非砕波状態になるような位置に反射体を設置し、ステップ上の一様水深部の前端から反射体前面までの範囲における、約15~20cm間隔の水位変動と、造波装置前面の一様水深部における水位変動を電気容量式水位計で同時に計測した。この際、重複波の腹と節では必ず計測を行った。さらに8mmビデオカメラにより空間波形を撮影した。また、砕波が発生する場合には砕波限界波高も調べた。反射体を設置しない場合も同様に2~3.5波長の範囲にわたって水位変動の計測を行った。計測データの解析方法では、ゼロ・ダウン・クロス法による波別解析を行い、反射体からの反射波によって部分重複波となった後波高が安定してから、造波装置による多重反射の影響が及ぶまでの4~5波を抽出した。

3. 結果およびその考察： 図-1にCase-AC, BC, CC(表-1参照)の砕波が生じた場合の砕波点の位置を示す。横軸は斜面法肩から反射体までの無次元距離 X/L (L :波長)、縦軸は法肩から砕波位置までの無次元距離 X'/L である。同図に示したケースでは砕波を生起する反射体の位置は0.5L間隔で現れている。例えばCase-ACに着目した場合、 $X/L=0.62\sim 0.82$, $1.15\sim 1.29$, $1.73\sim 1.86$ の範囲で砕波が生じており、 $X/L=0.82\sim 1.15$, $1.29\sim 1.73$ の範囲は非砕波となっている。Case-ACの $X/L=0.62\sim 0.82$ のような砕波が生じる反射体の設置位置の範囲の中でも、その範囲の中央程度に反射体を設置した場合、著しい砕波が生じ、砕波にともなう水塊の飛び出しは最も激しくなる。この原因としては、反射体による反射波がステップ前面の急深部において再反射され、入射波と反射体からの反射波による部分重複波に対して、再反射波が位相干渉を起こしているためと考えられる。入射波条件により砕波を生起する反射体の設置位置の範囲がずれているが、これは原点を法肩にしているためであり、再反射を起こす斜面上の仮想的な反射面を考慮すれば、ある程度このずれは小さくなるのではないと思われる。また X'/L については、砕波がほぼ重複波の腹の位置で起こるため、ほぼ45度傾いた同一の直線上に並んでいる。

図-2は、ステップ前端に最も近い、砕波が起こる反射体設置位置の範囲に反射体を置いたときの全ての実験ケースのステップ前面の一様水深部における入射波の限界波形勾配を示す。横軸は、 h/gT^2 、縦軸は限界波形勾配 H_0/L_0 である。ここで、 h は静水深、 g は重力加速度、 T は入射波周期、 H_0 と L_0 はステップ前面の一様水深部の入射波の波高と波長である。 $h/gT^2 \approx 0.01$ で見られるように反射率が大きくなると考えられる反射体やステップ前面形状を使用すると H_0/L_0 は小さくなる。また、ステップ前面形状の効果

を検討すると、斜面よりも段落ちの方が H_0/L_0 が小さくなっており、段落ちによる急深の効果は斜面の場合より大きな再反射波を発生していると考えられる。

図-3は、波高の空間分布を示したもので、横軸は反射体から無次元距離 X^*/L 、縦軸は無次元波高 H/H_0 である。また、図中にはHealyの方法によって得られた反射率を用いて微小振幅波理論から得られた計算結果をそれぞれのケースに対し、実線、破線、一点鎖線で示している。同図(a)より非碎波の場合の反射率の効果を調べると、不透過板(Δ)、フィルター材($\bullet$)、穴開き板($\circ$)の順で小さくなっている。不透過板とフィルター材とでは、節の波高はほぼ同じであるが、腹ではかなり差が見られる。また穴開き板では腹以外でも波高が、大きくなっている位置がある。これは図示していないがこの反射体の反射波に認められた高周波数成分の影響ではないかと考えられる。同図(b)より非碎波の場合のステップ前面形状の効果を検討すると、節・腹の位置ともに波高は斜面($\circ$)よりも段落ち($\bullet$)の方が小さな値となっている。また、これは穴開き板を設置した場合のものであるので、腹の位置以外での波高増大も認められる。

4. おわりに： 本論ではステップ地形上に反射体を設置し、その設置位置を移動させた場合の碎波現象の変化を水理実験により検討した。急深部分で発生する再反射波のためステップ上において多重反射が起こり、入射波、反射波、再反射の位相関係により、碎波が生じる場合や、波高は大きい非碎波である場合が存在することを水理実験より明らかにした。今後、ビデオ解析の結果も含めてステップ前面の波高分布についてさらに詳しく検討を加えるとともに、多重反射の場のモデル化による結果と平均水位の空間分布、あるいは反射体によって見られた高周波数成分などについて検討を加える所存である。

表-1 実験諸元

Case	反射体の形状	ステップの前面形状	静水深 (cm)	入射波	
				周期(s)	波高(cm)
AC	不透過鉛直板	1/6勾配斜面付き	30.0	1.85	11.7
AF	フィルター材+不透過鉛直板				
AH	穴開き鉛直板				
AP	反射体なし				
DC	不透過鉛直板	斜面なし	20.0	1.18	8.5
DH	穴開き鉛直板				
DP	反射体なし				
BC	不透過鉛直板	1/6勾配斜面付き	37.0	1.18	15.0
BH	穴開き鉛直板				
BP	反射体なし				
CC	不透過鉛直板	1/6勾配斜面付き	37.0	1.18	15.0
CH	穴開き鉛直板				
CP	反射体なし				

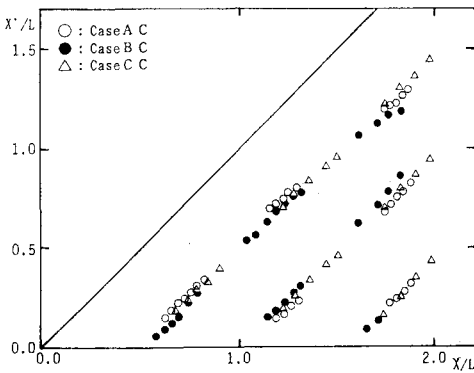


図-1 碎波点の位置

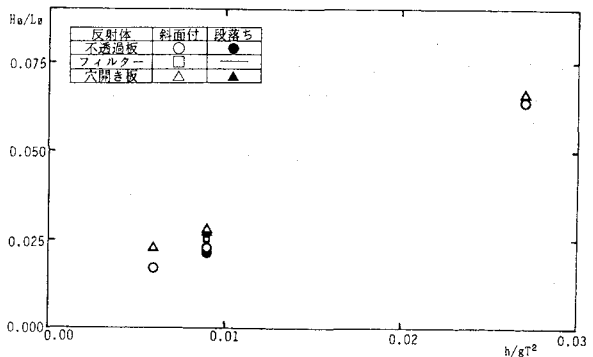
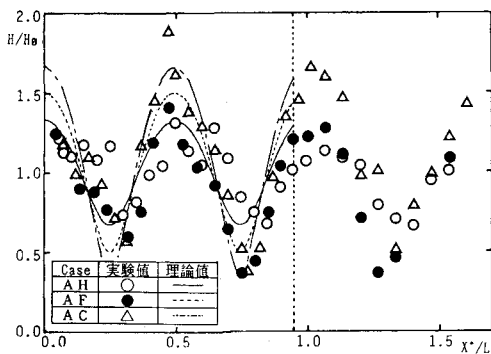
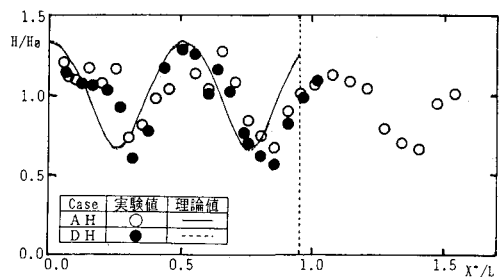


図-2 限界波形勾配



(a) 反射率の効果 (非碎波)



(b) ステップ前面形状の効果 (非碎波)

図-3 波高の空間分布