

潜堤上での波の碎波に関する数値シミュレーション

宮崎大学工学部 学生員 梅里 敏則  
 宮崎大学工学部 正会員 村上 啓介

1. まえがき

潜堤や人工リーフは、海面下に設置される波浪制御構造物であるので景観等を阻害しない利点がある。これらの構造物は、一般にその天端上で強制的に波を碎波させて波浪減衰効果を得るので構造物の波浪制御機能を検討する際には天端上での碎波現象が重要な要素となる。近年、碎波現象の数値モデルが幾つか提案され、非線形波動方程式に碎波モデルを組み込んだ波浪変形数値シミュレーションが行われている(例えば、Shaffer ら<sup>1)</sup>、Veeramony ら<sup>2)</sup>など)。これらのモデルは主に一様勾配の海浜上でその適用性が検討されているが、潜堤や人工リーフなどの任意地形上での適用性についてはあまり議論されていない。本研究では、拡張ブシネスク方程式に上記の碎波モデルを組み込んだ数値モデルを構築して潜堤上での碎波を対象に実験値と比較することでその適用性を検討する。

2. 研究の内容

2. 1 潜堤模型による実験の概略

数値計算と比較する目的で潜堤模型による実験データの解析をおこなった。実験には大きさの違う2つの模型を用い、その形状を図-1に示す。図に示すように潜堤前後の海底勾配は 1/20 で、潜堤岸側には護岸が設置されている(護岸勾配は 1:0.5 と 1:3)。沖側水深は 40,42.5,45(cm)の3種類、入射波の周期は 0.7,1.5,2.1(sec)の3種類とした。また、入射波の振幅は大小2種類とし、およそ 2(cm)前後と 5(cm)前後である。これらの組み合わせをそれぞれ変え36の異なる条件下について、図-1に示した W1~W7の地点で水面の時間変動を容量式波高計で計測して解析した。データのサンプリング間隔は 0.04(sec)で 3000個のデータを取得した。

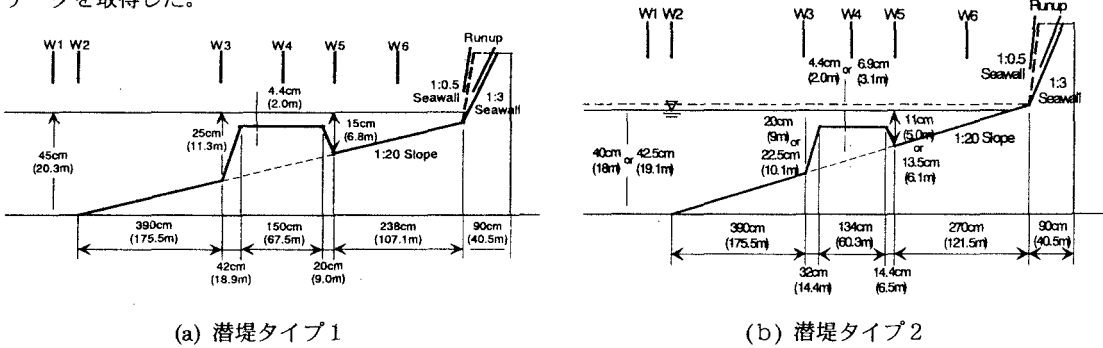


図-1 潜堤模型

2. 2 基礎方程式と碎波モデルの概略

本研究では拡張ブシネスク方程式を基に数値計算をおこない、基礎方程式は次式のとおりである。

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + (h + \zeta) \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{h + \zeta} \right) + \left( B - \frac{1}{2} \right) h^2 Q_{xxx} + \frac{1}{6} \left( \frac{Q}{h} \right)_{xxx} + Bgh^2 (h\zeta_x)_{xx} + (\Delta M)_x + (\Delta P)_{xxx} = 0$$

上式で h は水深、Q は線流量、 $\zeta$  は水面変動量を表し、B は分散性に関するパラメータで 1/15 を用いた。 $\Delta M$  および  $\Delta P$  が碎波減衰項を表しており碎波モデルによりその表現が異なる。本研究では surface roller モデルに基づいて碎波減衰項を適用した。Shaffer ら<sup>1)</sup>のモデルでは碎波の roller 内で一様な流速分布を仮定して運動量の変化から  $\Delta M$  の項を求めた。一方、Veeramony ら<sup>2)</sup>のモデルでは roller 下縁での渦度を境界

条件とした渦度輸送方程式の解および roller 内部において 3 次関数による渦度分布の仮定から水深方向の全水深の渦度分布を求めて  $\Delta M$  および  $\Delta P$  の項を求めた。ただし、 $(\Delta P)_{\text{xtt}}$  の項は  $(\Delta M)_x$  に比べて非常に小さいので本研究では無視して計算をおこなった。

### 3. 結果の概略

図-1の(a)の潜堤模型に周期0.7(sec)、護岸勾配 1:3、水深45(cm)の条件で波を入射した場合の結果を図-2に示す。図中の(a)～(d)はそれぞれ計測点W3～W6における振幅の周波数ベクトルである。潜堤前面でのスペクトル(W3)では、基本周波数成分のみが卓越しているが、潜堤上では(W4)砕波により基本周波数成分は減衰するとともに、波と潜堤との非線形干渉効果により基本周波数の2倍および3倍周波数成分が発達している。潜堤直背後のスペクトル(W5)では2倍周波数成分がさらに発達しているが、基本周波数成分および3倍周波数成分についてはW4に比べて減衰している。このような空間分布特性を整理した結果を図-3(a)に示している。なお、W6で基本周波数成分が若干増幅しているのは護岸からの反射の影響と考えられる。図-

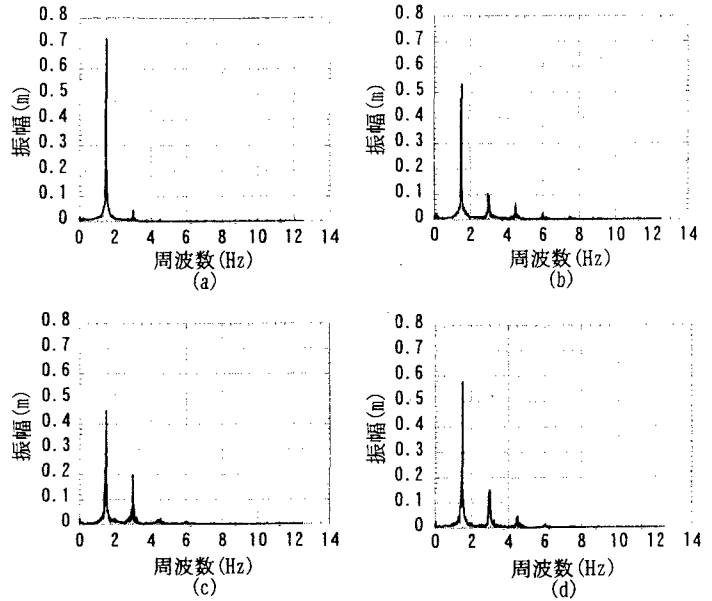


図-2 波振幅の周波数スペクトル

3(b)は、図-1の(b)の模型について、沖水深が40(cm)で周期が0.7(sec)の波を入射した場合の結果を示している。天端水深が図(a)に比べて小さいため、砕波規模が大きく基本周波数成分の減衰の程度が大きくなっている。また、潜堤による非線形干渉効果も強く、潜堤上で高周波成分がより発達していることがわかる。一方、潜堤背後では高周波成分が若干減少する傾向が見られる。

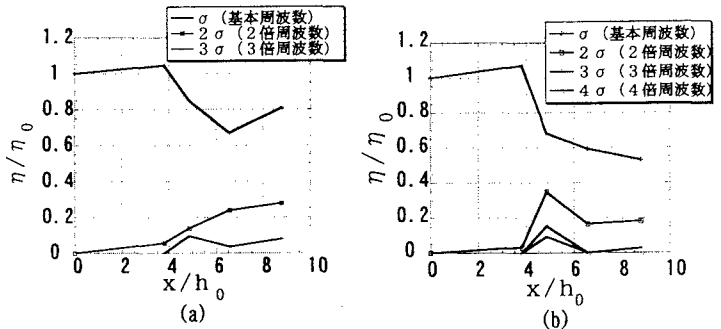


図-3 各周波数成分の空間分布

### 4. まとめ

拡張ブシネスク方程式に砕波モデルを組み込み、潜堤や人工リーフなどの任意地形

上での適用性について検討する目的で本研究を実施した。本報告では主に基本周波数成分と非線形干渉効果により生じる高周波成分の潜堤前後における空間分布特性について示した。これらの結果を数値計算結果と比較することにより適用性の検討をおこなう。なお、数値解析結果との比較は講演時に述べる予定である。本研究では間瀬助教授(京都大学)から実験データを提供していただいた。記して謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) Shaffer ら: "A Boussinesq model for wave breaking in shallow water", Coastal Eng. 20, 185-202, 1993
- 2) Veeramony ら: "The flow in surf zone", Coastal Eng. 39, 93-122, 2000