

## 潜堤の築造に伴う波の変形

愛媛大学工学部 正 員 伊福 誠  
愛媛県 正 員 高石盛大  
愛媛大学大学院○学生員 金澤 剛

### 1. まえがき

近年、干潟の造成や養浜のための砂の流失防止策として潜堤が築造されている。潜堤近傍の消波効果については実験的および数値解析的研究があり、波の特性と潜堤の天端幅や天端水深とを関連付けようとする試みがなされ消波効果に関する知識は現在までのところかなり得られている。しかし、海浜全域を対象とした消波効果について検討したものはないようである。このことは、海浜の反射を如何に取り扱うかが極めて重要な問題であるからと考える。本研究では規則波を対象とし、傾斜海浜上に潜堤を設置した場合の波の変形について検討する。

### 2. 砕波によるエネルギー損失のモデル化

図1のような斜面上を伝播する正段波を考える。段波発生後のエネルギー損失量は次式で表される。

$$\Delta E = -(z_2 - z_1)^3 \cos \theta / 4 z_1 z_2 \quad (1)$$

ここに、 $\theta$ は底面と水平面のなす角である。

砕波限界は任意の時刻の空間波形の水面勾配で記述する(図2)。断面jでのエネルギー損失量は次式となる。

$$(E_b)_j = m_j \Delta E' / M \quad (2)$$

ここに、 $M = m_j + m_{j+1} + \dots + m_{j+k}$ 、

$\Delta E'$ は単位長さ当りのエネルギー損失量( $\Delta E' = \Delta E / k / \Delta x$ ,  $\Delta x$ : 空間きざみ)である。

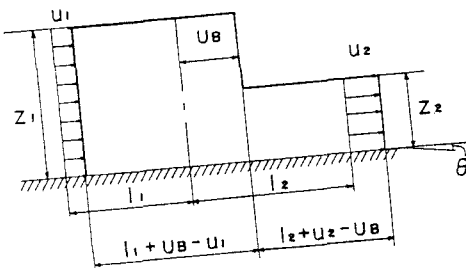


図1 斜面上を伝播する正段波

### 3. 基礎方程式

Barre de St. Venant の方程式に砕波によるエネルギー損失を考慮した運動方程式と連続式は次のようになる。

$$u_t + uu_x + z_x g \cos \theta + g S + g \sin \theta + g E_b + Q u / z = 0 \quad (3)$$

$$z_t + u z_x + z u_x = Q \quad (4)$$

ここに、 $u$ は流速、 $g$ は重力の加速度、 $S = n^2 u |u| / R^{4/3}$  ( $n$ : Manningの粗度係数、 $R$ : 径深)であり、 $E_b$ は砕波によるエネルギー損失量、 $Q$ は単位時間、単位長さ当りの側方からの流入量、 $z$ は水面から海底までの深さ添字の $x$ 、 $t$ は場所、時間に関する微分を意味する。

### 4. 数値解析法

解析には固定格子法を用いる。線形内挿法と放物型内挿法で得た波高分布を比較すると、比較的周期の短い波を対象とする場合線形内挿法よりも放物型内挿法の方が浅水効果による波高の変化をうまく説明し得るので、放物型内挿法を使用する。

### 初期条件および境界条件

$$z(x_j, 0) = z_j \quad (j = 1, \dots, N) \quad (5)$$

ここに、 $z_j$ : 岸側の境界から仮想流量 $Q_0$ を流した際、不等流計算によって求めた各断面の水位、 $N$ : 断面の数である。

$$\left. \begin{aligned} z(0, t) &= h_0 + \eta_i(t) + \eta_r(t) \\ u(x_0, t) &= -Q_0 / z(x_0, t) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

ここに、 $h_0$ : 断面Dでの平均水深、 $\eta_i(t)$ ,  $\eta_r(t)$ : 時刻 $t$ における入射波、反射波の水面変動量である。また、波が砕ける際の波頂角はStokes(1932)、首藤(1976)や滝川ら(1983)により $120^\circ$ とする。Manningの粗度係数および単位幅当りの仮想流量は長波の変形の解析(1988)において観測結果をうまく再現した値、 $0.04 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$ および $5 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ を用いる。

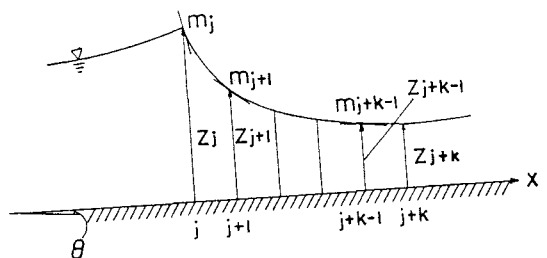


図2 砕波によるエネルギー損失のモデル化

図3のように傾斜海浜上に潜堤が設置された場合を考える。沖側の境界から一様水深部までの水平距離が約30 m, そこから岸側の境界までの水平距離が約180 m, 海浜勾配は1/30である。潜堤ののり勾配は海岸保全施設築造基準解説(1987)に従い 1/5 とする。潜堤の天端水深は潜堤上を小型船舶が航行する場合を想定し, 1.5 m と2 mの二通り, 潜堤の天端幅は5 m, 10 m, 20 mの三通りとする。

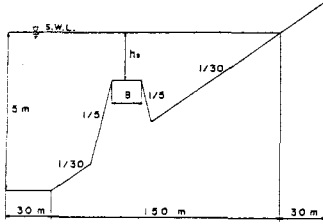


図3 潜堤モデル

### 5. 解析結果

波高低減係数 $R_D$ を

$$R_D = H_{s0}/H_s \quad (7)$$

で定義し, 潜堤の築造による波高の低減効果について検討する。ここに,  $H_s$ ,  $H_{s0}$ は無堤の場合, 潜堤がある場合の各断面での波高である。図4は波高低減係数を沖側の境界からの水平距離の無次元量 $\bar{x}/H_0$  ( $H_0$ :深海波の波高)とともに示したものである。潜堤の沖側では潜堤の天端幅が10 mの場合, 波高低減係数は0.92~1.05であり, 無堤の場合の波高とほぼ同一である。潜堤の天端幅が5 m, 20 mの場合には部分重複波の最小波高が生ずる付近では波高は20~30 %程度小さくなる。潜堤の岸側の堤脚部から水深0.8 m付近までの波高低減係数は天端幅が5 m, 10 mおよび20 mの場合, それぞれ, 0.66, 0.77および0.55程度であり, 潜堤の背後では潜堤の天端幅が広い場合ほど波高の低減効果が顕著であることがわかる。さらに, 水深が浅くなると潜堤による波高の低減効果は薄れ, 汀線付近では無堤の場合とほぼ同一の波高になる。こうした傾向は広天端幅潜堤を用いた不規則波による高山ら(1985)の実験結果と同一である。また, 潜堤近傍での碎波の状況は永井ら(1975)の実験結果とも定性的に一致する。

図5は潜堤の沖側の堤脚部近傍においてGuzaら(1984)の手法に従い水面変動量と岸沖方向流速から岸向き特性量と沖向き特性量を算出し, スペクトル解析して得たエネルギー密度から求めた反射率と, Healyの方法で求めた反射率を示したものである。特性量から求めた反射率は堤脚部からの距離の増大とともに徐々に減少する傾向があるもののその値は Healyの方法で算出したものとほぼ同一である。

図6は沖側の境界から汀線近傍までの反射率を無堤の

場合の反射率とともに示したものである。潜堤の天端幅が5 m, 10 mおよび20 mの場合, 潜堤の沖側では潜堤に近づくにつれて反射率は増大し, 潜堤ののり肩付近で0.25, 0.23および0.2程度となる。潜堤の岸側では, 天端幅が2 mの場合, 潜堤ののり肩付近において一旦大きくなるがそれより岸側では天端幅によらずほぼ同一であり, 汀線に近づくにつれ増大し, 無堤の場合の反射率のほぼ1/2程度になる。

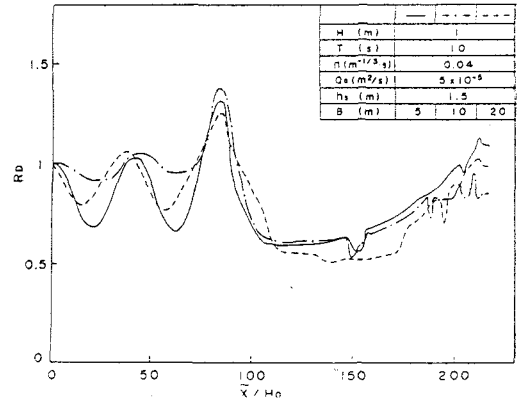


図4 波高低減係数と水平距離の無次元量の関係

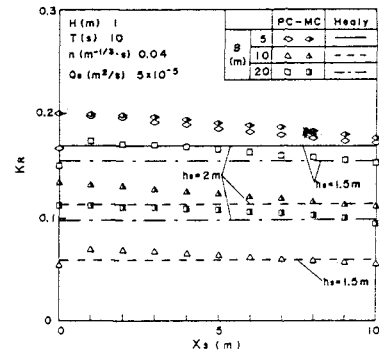


図5 潜堤の沖側の堤脚部近傍の反射率

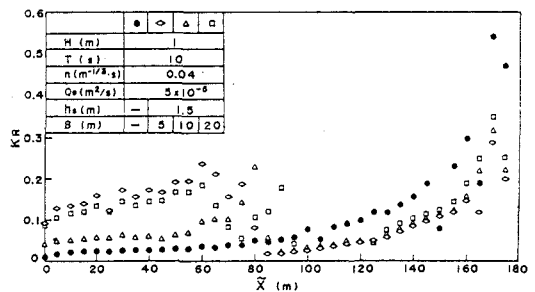


図6 海浜全域における反射率