

II-462

砕波帯を進む現地波浪の波動方程式による記述

愛知県庁 正 員 山本康裕
 岐阜大学 正 員 安田孝志
 学生員 西尾保之

1. 緒言 砕波帯における現地波浪の変形を力学的に取り扱うには、精度の良い波動方程式が必要となる。波動方程式の導出において問題となるのは、砕波によるReynolds応力のモデル化である。ここでは、Reynolds応力を勾配拡散モデルによって評価し、得られた波動方程式による現地波浪の伝播計算を行うことにより、拡散係数の値を推定すると同時に、これによる現地波浪の長距離伝播の記述を試みる。

2. 波動方程式 鉛直2次元のReynolds方程式および連続式を基礎式とし、海底勾配、海底摩擦、および砕波による拡散の影響は非線形性や分散性と同一オーダーと仮定する。また、砕波帯においては各種の渦塊の影響が加わるが、流体運動を波動として扱って問題のないことが現地観測によって確認されている。この結果を踏まえて渦の影響を乱れ速度 u' および w' によって評価し、Reynolds応力 $-\rho u'w'$ は海底において $\rho c|u|u$ に等しく、水面ではゼロとするが、 $-\rho u'^2$ に対して $\kappa \partial u / \partial x$ を仮定する。ここに、 c は海底摩擦係数および κ は拡散係数(渦動粘性係数)であり、砕波による渦の盛衰に応じて変化する。しかも、不規則波の場合、個々の砕波ごとに異なった空間変化を行うが、ここでは不規則波列に対する集合平均として扱い、その空間変化は水深の変化と同じオーダーであるとする。以上より、求める波動方程式が次のように導かれる。

$$\eta_x + \frac{3}{2} h^{-2} \eta \eta_\theta + \frac{1}{6} h^{1/4} \eta_{\theta\theta\theta} + \frac{1}{4} h^{-1} h_x \eta + \frac{1}{2} c h^{-5/2} |\eta| \eta - \frac{1}{2} \kappa^* h^{-9/4} \eta_{\theta\theta} = 0 \quad (1)$$

ここに、 η は平均水面からの水位変動、 x は水平座標、 $\theta = \int dx / h^{1/2} - t$ 、 h は水深であり、いずれの諸量も原点での水深 h_1 と重力加速度 g を基準量として無次元化されている。

3. 拡散係数の推定 ここでは、 $c=0.01$ とし、種々の κ の値の下で測点Iでの波形を式(1)の境界条件として測点IIでの波形を計算する。これを測点IIでの実測波形と比較するとともにスペクトル形状および $H_{1/3}$ に関しても比較し、これらの差を最小とする κ の値を各測点間ごとに求める。

用いるデータは、図-1に示す日本海に面した大湊海岸および太平洋に面したアメリカのTorrey Pines Beachでのものである。用いるデータのコード名と統計量を表-1に示す。これらの結果から、大湊での砕波は崩れ波型であるのに対し、Torrey Pines Beachでの砕波は巻き波型に近いと推察される。

図-2は、こうして求めた拡散係数 κ を砕波水深 h_b (ここでは、観測波形の歪度 β_1 および $H_{1/3}$ が共に最大となる点を砕波点としている。)によって無次元化し、この砕波点を原点として $\kappa_0^* = \kappa / h_b \sqrt{g h_b}$ の空間分布を示したものである。図-3はこのときの波形比較を示したものであり、上は測点I(この場合、大湊ではP7、Torrey Pines BeachではP7)での観測波形を示し、下は測点IIでの観測波形とシミュレーション波形の比較である。両者の波形はほぼ一致しており、波形に関する限り、Reynolds応力に対する拡散モデルおよび拡散係数の値が共に妥当なものであることがわかる。拡散係数がWeibull型の空間分布を持つことは規則波の場合に青野・服部¹⁾によって明らかにされているが、砕波点が広く分布する不規則波の場合にも同様な傾向のあることがわかる。このことは、不規則波の下での砕波帯であってもそこにおける渦塊の空間分布は有義波に近い代表波に支配されていることを示している。図-4は、式(1)をエネルギー方程式に書き換え、そこにおける水平拡散項をThornton & Guza²⁾の砕波によるエネルギー逸散式と等置することによって求めた拡散係数の回帰式($\kappa^* = -0.0686 + 0.007 T \sqrt{g/h}$)とここで求めた拡散係数との比較を示したものであり、両者の対応は良好である。

図-5は、こうして求められた拡散係数を用いてTorrey Pines Beachでの測点P5からP9までの区間の伝播

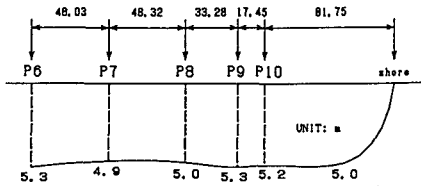
計算を行い、P7~9での観測波形と比較したものであり、現地波浪の伝播が式(1)に精度良く記述されている。

参考文献 1) 青野・服部, 第35回海溝論文集, 1988, pp.59-63.

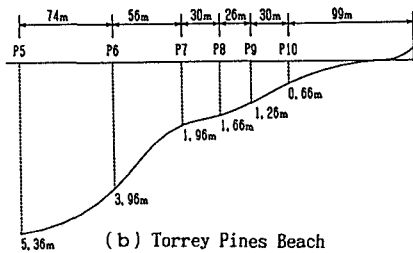
2) Thornton & Guza, J. Geophys. Res. Vol. 88, 1983, pp. 5925-5938.

表-1 観測波の統計量

	Code No.	Point	Depth (m)	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (s)	U_r	Skewness	Atiltness
Ogata Coast	B0501	P6	5.30	2.96	8.23	23.20	1.007	0.341
	B0503	P6	5.30	2.52	8.35	17.44	0.987	0.400
	B0302	P6	5.30	2.02	7.40	12.87	0.703	0.172
	B0304	P6	5.30	3.00	8.12	26.19	1.058	0.554
	B0704	P6	5.30	1.05	8.08	8.84	0.451	-0.248
Torrey Pines Beach	P7		1.96	1.32	12.63	107.05	1.657	1.627



(a) 大瀧海岸



(b) Torrey Pines Beach

図-1 測点位置と水深

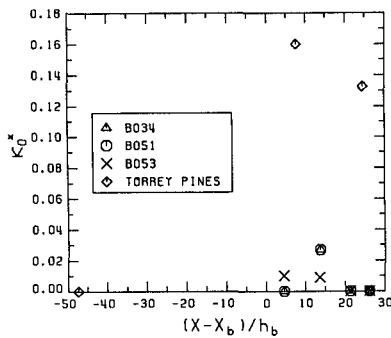


図-2 κ_0^* の空間分布

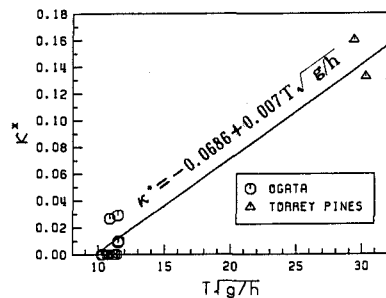
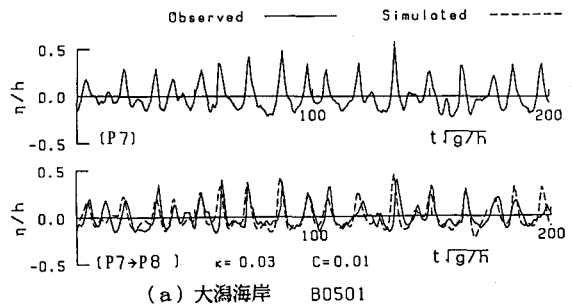
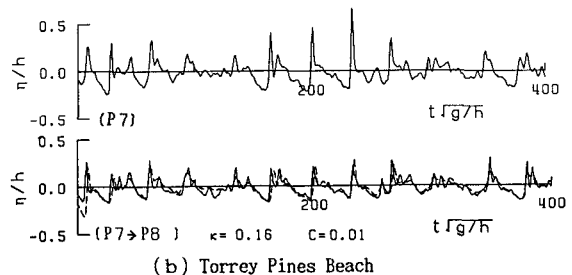


図-4 拡散係数と無次元周期の関係



(a) 大瀧海岸 B0501



(b) Torrey Pines Beach

図-3 観測波形とシミュレーション波形の比較

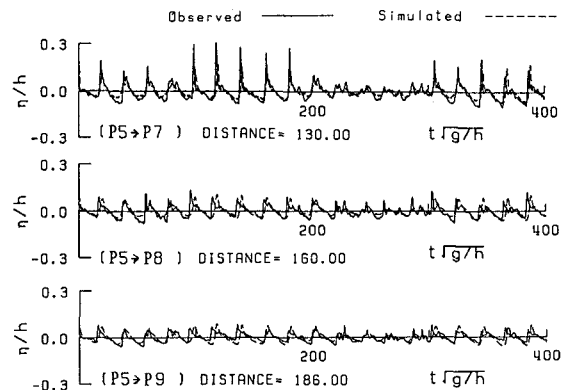


図-5 観測波形と長距離伝播させたシミュレーション波形の比較
Torrey Pines Beach