

斜面上の孤立波の碎波形式について

岐阜大学 正会員 安田 孝志 学生会員 原 正典・〇榎原 幸雄

1. はじめに 著者らは、ステップや潜堤による孤立波の碎波変形をBIMによる数値シミュレーションおよび水理実験によって調べ、波峯のoverturningの開始点が碎波点として扱える事を明らかにした¹⁾。しかしながら、碎波において重要な碎波形式の相違を識別評価するには至らなかった。ここでは、碎波形式の分類が比較的容易に行える一様傾斜面上の碎波に着目し、BIMによるシミュレーションによってその碎波限界波高を求め、水理実験結果との比較によって精度の検証を行う。ついで、碎波形式の支配パラメタを導き、これによって水理実験だけでなくBIMのシミュレーションにおいても碎波形式の分類が可能となる事を明らかにしたい。

2. 計算方法および結果 このでの計算の手法および碎波限界の決定法はこれまでの計算によるものと同様であり、ステップや潜堤に代わって所定の勾配を有す一様傾斜海浜を設定した点のみが異なっている。計算は、初期振幅 $(A/h)_0 = 0.2 \sim 0.7$ の孤立波を勾配 $h_x = 1/30, 1/50, 1/80$ および $1/100$ の斜面上を進ませて行った。

図-1および2は、初期振幅 $(A/h)_0 = 0.3$ および 0.6 の孤立波を厳密解によって一様水深部に対して与え、前者を勾配 $h_x = 1/30$ および後者を $h_x = 1/100$ の一様斜面上をそれぞれ進ませたものである。いずれの場合も反射波はほとんど見られず、 $1/30$ ではshelfの発達もほとんどなく、孤立波がそのままoverturningに至っている。これに対し、 $1/100$ では若干のshelfの発達は見られるが、tailはやはり発生しておらず、流体力学的に厳密な計算の下では、孤立波が波動frontとして安定なことがよくわかる。

3. 碎波限界指標 著者らのBIMによる計算では、碎波限界を波峯の傾き角が -90° (overturnの開始)に達した瞬間として定義しており、そのときの峯高を碎波限界波高 $(H/h)_b$ とみなす。

図-3は、こうして求められた $(H/h)_b$ と海底勾配の関係をCamfield-Streel(C-S)の実験式²⁾およびPapanicolaou-Raichlen(P-R)の実験結果³⁾と比較したものである。また、表-1は、P-Rの水理実験と同一の条件で行われた数値シミュレーションによる碎波限界波高 $(H/h)_b$ を比較したものである。C-Sの実験式は多くのデータを整理したものであり、 $h_x \leq 0.02$ に対しては十分な精度を有している。また、P-Rの実験は流体力学的にも極めて高精度なものであり、著者らのシミュレーション結果がほぼこれらと一致しているという事実は、数値解が碎波点まで含めた実際現象に対してはほぼ厳密なことを示すものである。

ところで、C-Sの実験式では初期振幅 $(A/h)_0$ の影響が無視されているが、実際には $(H/h)_b$ は $(A/h)_0$ にも依存する。事実、BIMによる数値計算結果はこのことを示している。そこで、斜面上のKdV方程式における斜面勾配項と非線形項の比に周期波解 $\eta = Ae^{ikx}$ を代入すれば、 η の振幅 $\xi = h_x / (H_0/L_0)^{1/2}$ が得られる点に着目し、この比に孤立波解 $\eta = A \operatorname{sech}^2 [((3A)^{1/2}/2)x]$ を代入することにより孤立波に対する同様な η の振幅 $\xi_s = h_x / (H_0/h_0)^{1/2}$ を導く。これは、上述した海底勾配 (h_x) と初期振幅 $(A/h)_0$ を組み合わせた η の振幅となっている。

図-4は、碎波計算結果およびP-Rの結果をこの η の振幅 ξ_s で整理し直し、 ξ_s と $(H/h)_b$ の関係を示したものである。図中の*印は数値計算結果を示し、 Δ 、 $\square$ および $\diamond$ はP-Rの実験結果であり、 $\diamond$ はplunging型、 Δ はspilling型、および $\square$ はこれらの中間型碎波を示している。これから、 ξ_s の増大に伴って $(H/h)_b$ もほぼ一様に増大していくことが分かる。また、P-Rの実験結果を基に $\xi_s > 0.023$ ではplunging型、 $\xi_s < 0.023$ ではspilling型と分離すれば、 $\xi_s \approx 0.023$ 付近が碎波形式の分岐点になるものと思われる。前述の図-1および2はそれぞれ、 $\xi_s = 0.0745$ および 0.0129 の場合の碎波変形であり、それらの波形からも $\xi_s > 0.023$ となる図-1はplunging型および $\xi_s < 0.023$ の図-2はspilling型として碎波形式を区別できることが分かる。しかしながら、 ξ_s は緩傾斜面上の孤立波に対するものであり、ステップや潜堤による碎波には使えない。そこで、 $\xi_s = 0.0745$ および 0.0129 の場合の波峯での傾き角度 θ 、水平水粒子速度 $U_c/(gh)^{1/2}$ および峯高 η_c/h の時間発展に伴う変化に着目する。図-5はその結果を示したものであるが、これらの諸量の時間的变化にはほとんど差は認められない。このことは、こうした局所的な諸量には碎波形式による差異は顕れず、波形全体を反映した η の

が必要であることを示している。そこで、波形の前傾を表わすパラメータとして $\beta = \int (\eta_x - \bar{\eta}_x)^2 dx / (\int (\eta_x - \bar{\eta}_x)^2 dx)^{3/2}$ を定義し、 $\xi s = 0.0129, 0.0258$ および 0.1195 の波に対して砕波限界時の β の値を計算すると、それぞれ、 $28.0, 1400.0$ および 2316.0 となる。これより、 $\xi s = 0.0258$ はほぼ遷移点を与えることから、 β の値が 1400 以上となれば plunging 型、逆に 1400 以下では spilling 型砕波と分類できることになる。 β は潜堤などによる砕波にも適用できるため、今後はそうした砕波の分類を試みていきたい。

参考文献 1) 安田・原・田中：海岸工学論文集 第36巻，1989，pp.51-55. 2) C-S: Proc. ASCE, 95, VV1, 1-22, 1969. 3) P-R: Sea Surface Sounds, (Ed. B. Kerman, Kluwer Aca. Pub), 97-109, 1988.

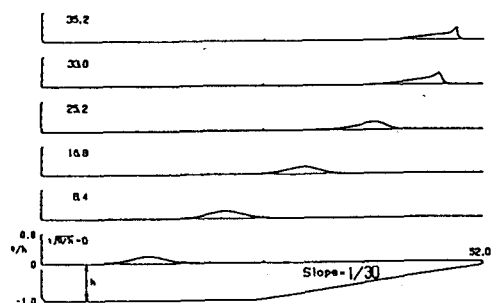


図-1 一様傾斜面上の孤立波の砕波
($(H/h)_s = 0.2$, Slope = 1/30)

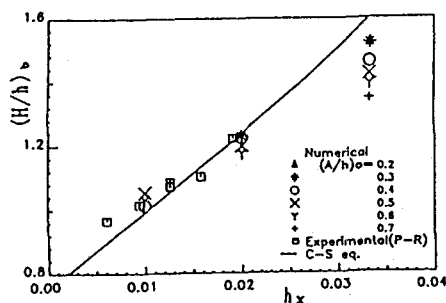


図-3 砕波限界波高と海底勾配の関係

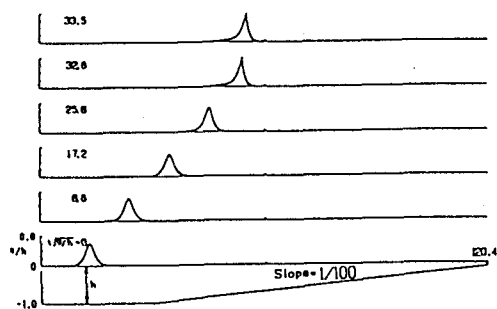


図-2 一様傾斜面上の孤立波の砕波
($(H/h)_s = 0.6$, Slope = 1/100)

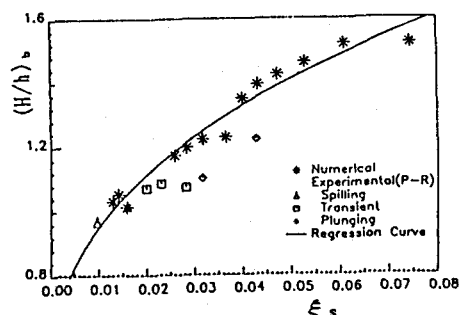


図-4 砕波限界波高と parameter ξs の関係

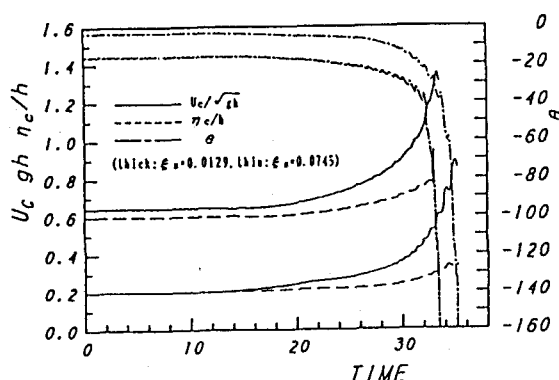


図-5 $U_c/\sqrt{gh}$, η_c/h , θ の時間変化

表-1 P-Rの物理実験と数値シミュレーション
の砕波限界波高の比較

(A/h) _s	Lao θ	(H/h) _s	
		Experi. (P-R)	Numeri.
0.2	0.0141	1.222	1.218
0.4	0.0126	1.071	1.098