

II-347 砕波後の波動エネルギーの変動特性について

名古屋大学工学部 正会員 ○ 岩田好一朗

名古屋大学大学院 学生員 富田 孝史

積水ハウス(株)

石井 弘行

1. はじめに:

沿岸海域の有効利用の機運が高まるなか海岸工学のみならず防災および減災工学の観点において、砕波後の海域の特性を正確に把握することは必要不可欠である。とくに、浅海域の海浜流や海浜変形を精度よく予測するためには、砕波後の波のエネルギー変化特性、そのなかでも運動エネルギーの変化特性を明らかにする必要がある。しかし、斜面上での砕波後の水粒子速度を計測して運動エネルギーの変化特性を論議した研究は皆無である。そこで本研究では、詳細な水理実験によって砕波帯内の水粒子速度と水位変動を同時計測して波の運動エネルギーを求め、その変化特性について検討を加えたのでその結果を報告する。

2. 水理実験と解析方法:

1) 水理実験: 室内水理実験は、名古屋大学工学部の鋼製二次元水槽(25^m×0.7^m×0.95^m)内に1/10と1/30の二種類の木製の一様傾斜面を設置して行われた。発生波は、それぞれの斜面上でSpilling型、Plunging型およびHeavy-Plunging型砕波が生じるように表-1のように決定された。水面波形を電気容量式水位計を使って計測した。水粒子速度の計測にはキャンティレバー式流速計¹⁾を使用し、それと同時に気泡を連行しない領域では電磁流速計を併用した。計測点は、水位方向には砕波点より若干沖側から汀線近傍まで、鉛直方向には底面近傍から波頂付近までできる限り密に選び、一ケース当り120~200地点である。

2) 解析方法: 鉛直二次元(x-z平面)の現象を対象にする。単位時間当りの波の運動エネルギー E_k 、位置エネルギー E_p および全エネルギー E_T はそれぞれ次式で定義する。

$$E_k = \frac{1}{T} \int_0^T \int_{-h}^{\eta} \frac{\rho}{2} (u^2 + w^2) dz dt \quad \dots (1) \quad E_p = \frac{1}{T} \int_0^T \int_0^{\eta} \rho g z dz dt \quad \dots (2)$$

$$E_T = E_k + E_p \quad \dots (3)$$

ここで、 η : 静水面を基準とした水位変動、 T : 波の周期、 u : 水平方向水粒子速度、 w : 鉛直方向水粒子速度、 h : 静水深、 ρ : 水の密度、 g : 重力加速度、 z : 静水面を基準とした鉛直上向きの距離、 t : 時間である。鉛直方向の離散化した実験データに式(1)を適用するときには、台形公式を使用した。

3. 結果およびその考察:

図-1と図-2は、それぞれ1/30勾配におけるSpilling型砕波とHeavy-Plunging型砕波に対して、波の全エネルギー E_T 、運動エネルギー E_k および位置エネルギー E_p を砕波点における全エネルギー E_{Tb} によって無次元化したものを縦軸に、横軸には砕波点からの無次元距離 $x^* (= x / \sqrt{g(h+\bar{\eta})})$ T : x ; 砕波点からの距離、 $\bar{\eta}$; 平均水位変動) をとり、 E_T 、 E_k および E_p の変化を示したものである。図中の x_a 、 x_o および x_p はそれぞれ砕波点から気泡混入水深が最大となる地点、水中の気泡が消える地点およびPlunging Pointまでの無次元距離を表している。なお、砕波点は波高が最大となる地点と定義した。全エネルギーの低減は、斜面勾配や砕波型式によらず気泡混入領域で著しく、Heavy-Plunging, Plunging, Spilling型砕波の順で急になることが認められた。つまり、エネルギーの減衰には気泡混入が重要な役割を果たしている²⁾ことが確認できた。運動エネルギーと位置エネルギーの関係に着目すると、斜面勾配や砕波型式によらず砕波後は運動エネルギーの方が位置エネルギーよりも大きくなることが一般的傾向として認められた。

表-1 実験諸元

Case	碎波形式	斜面 勾配	周期 T (s)	沖波波長 L ₀ (cm)	沖波波高 H ₀ (cm)	波形勾配 H ₀ /L ₀	碎波波高 H _b (cm)	碎波水深 h _b (cm)	計測点数
1-1	Spilling	1/10	0.95	140.79	21.45	0.152	13.87	26.3	126
1-2	Plunging	1/10	1.35	284.31	16.90	0.059	14.35	18.8	130
1-3	H.Plunging	1/10	1.35	284.31	15.68	0.055	13.98	14.8	146
2-1	Spilling	1/30	1.00	156.00	10.45	0.067	10.06	16.0	186
2-2	Plunging	1/30	1.45	327.99	7.04	0.021	9.07	13.3	169
2-3	H.Plunging	1/30	1.60	399.36	7.14	0.018	8.99	13.7	188

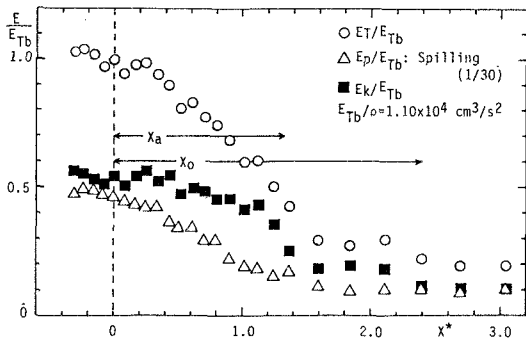


図-1 Spilling型碎波(1/30勾配)

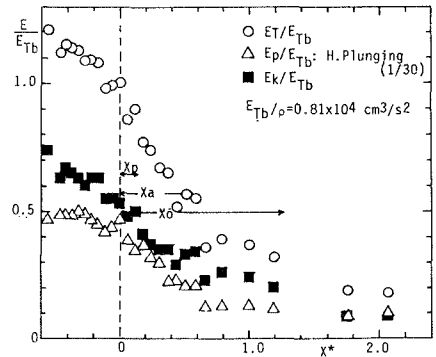


図-2 Heavy-Plunging型碎波(1/30勾配)

図-1よりSpilling型碎波では、碎波後すぐに波高の減衰に伴って位置エネルギーが減少し、そのときには運動エネルギーは漸減ししかない。その後位置エネルギーの減衰がおさまる頃になると、今度は運動エネルギーが段階的に減少する傾向が認められた。その結果、位置エネルギーに対する運動エネルギーの比 E_K/E_P が最も大きくなるのは気泡混入水深が最大となる x_0 地点で、1/10勾配では $E_K/E_P=2.7$ 、1/30勾配では2.4であり、気泡混入領域外すなわち x_0 を過ぎたあたりでは、運動エネルギーと位置エネルギーは等しくなった。これらのことより、気泡混入は波のエネルギーの中でもとくに位置エネルギーの減衰に重要な役割を果たしていることが考えられる。また、碎波点直後において運動エネルギーの増大がみられることから、ここでは位置エネルギーから運動エネルギーへのエネルギー変換があったことが推察される。

一方、図-2よりHeavy-plunging型碎波では、Spilling型碎波ではみられなかった波頭の突っ込みやそれに伴うsplashや大規模な水平渦の発生によってエネルギーの変動過程はSpilling型碎波のものとは異なる。1/10勾配では波頭の突っ込みなどの現象が激しいためエネルギー変化は大きく変動しているが、おおよそ碎波後は運動エネルギーが位置エネルギーを上回りながら両者はほぼ同様に減少していく傾向が認められる。減少途中でエネルギーの増大が認められるが、これはsplashによるものであり、主に運動エネルギーの増大に寄与している。このため x_0 あたりで E_K/E_P は最大値をとり、1/10勾配では1.6、1/30勾配でもほぼ1.6である。なお、Plunging型碎波におけるエネルギー変動過程はHeavy-Plunging型碎波と同様な傾向を示すことを付記しておく。

4. おわりに：

斜面上の碎波後の波のエネルギー変動過程を室内水理実験によって検討した結果、碎波後は碎波型式や斜面勾配によらず運動エネルギーの方が位置エネルギーよりも大きくなっていることがわかった。また、碎波型式によって、碎波後の運動エネルギーと位置エネルギーの低減過程には差異があることが認められた。今後、碎波後のエネルギー輸送速度についても検討していく所存である。なお、本研究は総合研究(A)（代表者：中大 服部教授）の助成を受けて行われたことを付記する。

参考文献：1) 小山・岩田：キャンティレバー式流速計の試作と水粒子速度の計測，第38回年講，1982。

2) 岩田・布藤・小山：碎波後の波動エネルギーに及ぼす連行気泡量の効果について，第34回海講，1987。