

砕波後の波動エネルギーに関する実験的研究

名古屋大学工学部 正 岩田 好一朗

名古屋大学大学院 学 富田 孝史

名古屋大学大学院 学〇石井 弘行

1. はじめに

砕波に伴う海浜流や砕波帯より岸側の水域で顕著になる漂砂移動など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を正確に把握する必要がある。とくに砕波直後は、気泡の連行などを含めて水粒子の運動が複雑多岐になる領域である。そこで、本研究は詳細な水理実験を行い、砕波後の波のエネルギーの変化特性を明らかにする目的から、全エネルギーを運動エネルギーと位置エネルギーに分けて検討を加えた。また、斜面勾配によるその特性の変化についても検討したのでその結果の一部を報告する。

2. 水理実験と解析方法

実験は名古屋大学工学部土木工学科の片面ガラス張りの2次元鋼製造波水槽(25m×0.7m×0.95m)で行われた。実験条件は表-1に示されているとおり、斜面勾配を2種類変化させ、それぞれの勾配においてSpilling型砕波Plunging型砕波およびHeavy Plunging型砕波が生じるような規則波を発生させた。各ケースについて水位変動と水平・鉛直方向の流速をそれぞれ容量式水位計とキャンチレバー型流速計¹⁾で同時に計測した。計測は砕波前から汀線近傍まで行った。解析方法は、実験から得られたアナログデータを0.05秒で離散化し、波の位置エネルギー E_p 、運動エネルギー E_k および全エネルギー E_T をそれぞれ式(1)～(3)をもとにして求めた。なお、鉛直方向の積分には台形公式を用いた。

$$E_p = \int_0^{\eta} \rho g z dz \cdots (1), \quad E_k = \int_{-h}^{\eta} \frac{1}{2} (\bar{u}^2 + \bar{w}^2) dz \cdots (2), \quad E_T = E_p + E_k \cdots (3)$$

ここに、 η :水位変動、 u, w :水平、鉛直方向流速、 h :水深、 ρ :水の密度、 g :重力加速度、 z :静水面を原点にした鉛直座標、 $\bar{\quad}$:一周期平均を示している。

3. 結果および考察

図-1の(a)、(b)および(c)は、それぞれ斜面勾配が1/10におけるSpilling型砕波のCase-1とHeavy Plunging型砕波のCase-3および斜面勾配が1/30におけるSpilling型砕波のCase-4の結果を示したものである。縦軸は砕波点における全エネルギー E_{Tb} に対する各計測点の全エネルギー E_T (図中:○)、位置エネルギー E_p (△)および運動エネルギー E_k (□)の比であり、横軸は砕波点からの無次元距離 $x^* (=x/\sqrt{g(h+\bar{\eta})} \cdot T)$: x :砕波点からの距離、 h :距離 x の地点の平均水深、 $\bar{\eta}$:距離 x の地点の平均水位)である。砕波点は波高が最大になる地点と定義した。同図より、斜面勾配や砕波形式によらず、砕波後においては運動エネルギーが位置エネルギーよりも大きくなっていることがわかる。この結果は、全エネルギー中で運動エネルギーが卓越することによるエネルギー分配の不均衡が砕波を生じさせるとした土屋・筒井の研究結果²⁾につながるものであろう。しかし、この運動エネルギーの卓越は、気泡の連行が消える汀線近傍ではほとんどみられず、この領域では運動エネルギーと位置エネルギーはほぼ同程度になり、安定した流れになっていることが推察される。また、全エネルギーは気泡連行領域(図中:Air entrained)で著しく減少しており、岩田らの研究結果¹⁾と同様の特性を示している。同図の(a)と(b)の比較から砕波形式によるエネルギー変化特性を検討してみる。Spilling型砕波ではエネルギーの急激な変化がみられないのに対して、Heavy Plunging型砕波では現象の激しさによるデータのばらつきがあるものの、砕波点において急激にエネルギーが増大し、その後エネルギーは急速に減少している。また、Spilling型砕波では運動エネルギーは位置エネルギーの2倍程度になるのに対し、Heavy Plunging型砕波では両者にあまり差異はみられない。なお、 $x^*=0.5$ 付近にみられるピークはPlunging Pointで突っ込んだ水塊が底面で跳ね返されたことによるものである。同図の(a)と(c)の比較から斜面勾配の効果について

みると、その効果は主に位置エネルギーの空間的な変化特性に現れており、斜面勾配が急になるほど位置エネルギーの減少の割合が大きくなっている。これは、斜面勾配が急になるほど砕波後の波高減衰が大きくなることを示している。また、斜面勾配が運動エネルギーに及ぼす効果は、今回の実験結果ではあまり顕著ではなかったが、砕波直後にみられる運動エネルギーのピークが1/10勾配ではかなり明確に $x^* = 0.25$ 付近にみられるのに対し、1/30勾配では0.4付近にわずかながら認められた。したがって、砕波直後を除いた気泡連行領域では、斜面勾配が急になるほど全エネルギー中に占める運動エネルギーの割合は大きくなることがわかる。

4. おわりに

本論は、砕波後の運動エネルギーと位置エネルギーの空間的な変化特性を明らかにするために行われた水理実験の結果をもとに、斜面勾配および砕波形式がそれらの変化特性に及ぼす影響について簡単な検討を試みたものである。その結果、砕波後では運動エネルギーが卓越し、斜面勾配が急になるほどそれが顕著になることなどが明らかになった。今後、更に研究を進めてそれらについて詳細な検討を加えていく所存である。なお、その詳細については、講演時に発表する。

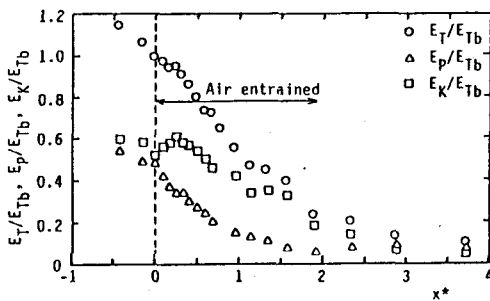


図-1 (a) Spilling型砕波 ($\tan \theta = 1/10$)

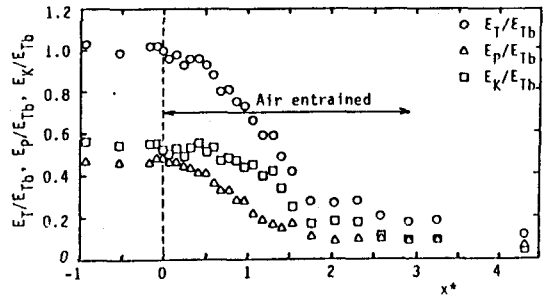


図-1 (c) Spilling型砕波 ($\tan \theta = 1/30$)

表-1 実験諸元

Case	砕波形式	勾配	周期 $T(s)$	沖波波長 $L_g(cm)$	沖波波高 $H_g(cm)$	波形勾配 H_g/L_g	砕波波高 $H_b(cm)$	砕波水深 $h_b(cm)$	計測点数
1	Spilling	1/10	0.90	126.30	13.28	0.105	14.29	26.1	126
2	Plunging	1/10	1.30	262.64	14.51	0.054	13.82	16.8	120
3	Heavy Pl.	1/10	1.30	262.64	13.03	0.049	14.73	12.6	146
4	Spilling	1/30	1.00	156.00	10.45	0.067	10.06	16.0	186
5	Plunging	1/30	1.45	327.99	7.04	0.021	9.07	13.3	169
6	Heavy Pl.	1/30	1.60	399.36	7.14	0.018	8.99	13.7	188

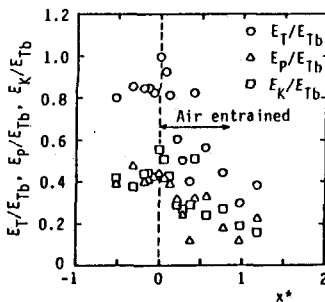


図-1 (b) Heavy Plunging型砕波 ($\tan \theta = 1/10$)

〈参考文献〉 1) 岩田・小山・布藤:第30回海講, 1983. 2) 土屋・筒井:第29回海講, 1982.