

波の Shoaling に関する基礎的研究

若千工学工部 正 員 堀 茂樹

同 学生員 〇山内正臣

同 学生員 須田 浩

1. はじめに

Shoalingに関する研究は、従来より実験、理論の両面より多くの発表がなされている。水深変化に伴う波高変化に関して、中村白石佐々木¹⁾は、沖波波形勾配により変形特性が異なることを指摘しており、更に榎本岩田中辻²⁾は、砕波後の特性としては、中村等のような明確な関係は見られず砕波型式別による若干の差異があるとしている。一オ、岩垣酒井³⁾はHyperbolic Waveを用いたEnergy Methodによる理論曲線と求め、実験値との比較を行い、波高変化の傾向が実験値と一致することを指摘している。このようにShoalingによる波高変化はある程度の解明がなされているが、Shoalingの内部機構を解明しようとする際、波形そのものがどのような変形特性を有するかが、大きな問題であると思われる。特にSpilling breakerとPlunging breakerでは、砕波時の波形は全く異なったものであり、Shoalingの影響が現れ始めるから砕波に至るまでの波形の変形特性を明らかにする必要がある。以上の様な観点より、本研究では波形の変化に着目し、水深変化に伴う波動のPotential Energyの変化を調べ、更に波形のPower Spectrumを計算して、周波数特性について調べている。

2. 実験及び解析方法

実験は長さ24m、幅1.0m、深さ1.0mの両面アクリル張りの鋼製直流水路で行った。水深の勾配は鋼製フレームにアクリル板を張ったものを使用した。 $1/30$ と $1/50$ の2つの勾配で実験を行い、抵抗線式波高計により得られた水位変動記録を、 $\Delta t = 0.04$ sec 間隔で読みとり、Potential Energyの解析には約10波分のSpectrumには約1000個の値を用いて計算した。

3. Potential Energy の変化

Shoalingに於ける波の変形特性とPotential Energy E_p の面から検討を加える。 E_p は次の式により近似的に求めた。

$$E_p = \frac{1}{2} \frac{\rho g}{N} \sum_{i=1}^N \eta_i^2$$

本実験では $S=1/30$ の場合はplunging breakerが生じ、逆に $S=1/50$ ではspilling breakerが生じたため、データとして不十分であるが、この2つの場合に限り、解析を行う。fig.1は前者の場合であり、図より明らかなように、波の進行に伴い E_p が増加し、砕波点以前にピークに到り、若干減少しながら砕波となっている。

このことは、一般に波高が砕波点で最大となることと異なった性質を示している。 H_o/L_o の影響については、砕波前では多少関係があるようだが、明確な関係は認められなかった。砕波後は全くの H_o/L_o に対して一致していると思われる。fig.2は後者の場合であるがSpilling breakerの資料が不十分なため、 H_o/L_o の影響については、不明であるが、傾向としては、砕波まで一定値を保っており、砕波後著しい減少が見られる。以上のように、砕波前では E_p の変化の様子が全く異なり、その原因は水深勾配と砕波型式によるものであるが、特に砕波型式の違いが大きく関係しているものと思われる。

砕波后に関しては、砕波型式、沖波波形勾配、水深勾配に関係な

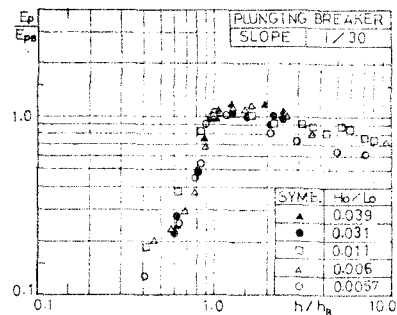


fig. 1

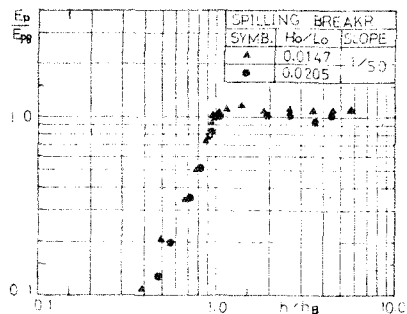


fig. 2

く、ほぼ同一の減少が見られる。fig. 3 は E_p/E_{ps} , H/H_0 の変化に関し、岩垣通井の Hyperbolic Wave を用いた Energy Method による理論曲線と実験値を比較したものである。図中の B.I. は理論上の破波限界を示したものである。ここでは、沖波波形勾配が $H_0/L_0 = 0.006$ のように小さい場合には、波高変化の傾向は一致するものの、 E_p の変化に対してはむしろ逆の性質を示している。

4. 波形のスペクトル特性

Shoaling における波形変形をスペクトル解析により検討する。

fig. 4, fig. 5 は B.P. までの数個所に於けるスペクトルの卓越成分

を図示した例である。fig. 4 は $S = 1/30$, $H_0/L_0 = 0.0099$ で plunging breaker を呈した場合のスペクトルである。図によると、沖波 ($h/h_0 = 3.96$) に於いて基本周波数 f_0 に対するスペクトル密度 $P(f_0)$ が極めて大きい値を有し、 f_0 以外の周波数では、2 倍周波数が現われる程度でほとんど無視できるものである。

このことは、波形が正弦波に近い周期成分の強い波形であることを示している。B.P. に近づくにつれて、基本周波数のスペクトルは減少し、整数倍周波数成分が現われ、波の進行に伴い著しい増加が見られる。又どの個所に於いても低周波領域と高周波領域としてはスペクトルの傾きが異なり、その違いは、B.P. に近づくに伴い明確に現われ、その傾きは緩くなっていくことがわかる。

以上のことは、沖波の基本周波数を保持しながらも、高次の成分波に分解して、波形が歪ことを示していると思われる。

fig. 5 は $S = 1/50$, $H_0/L_0 = 0.0099$ で Spilling breaker を呈した波形のスペクトルである。この場合も fig. 4 とほぼ同様の性質を有していることが認められる。

このことは、破波までのスペクトルの特性に対する破波型式による影響は、ほとんど認められないことを示している。そこで B.P. に於けるスペクトルに着目して、破波型式による違いを検討する。fig. 6 は B.P. に於ける波形のスペクトルを正規化したもの $P(f/f_0)$ を縦軸に、周波数を基本周波数で割った f/f_0 と横軸に示したものである。なおスペクトルは卓越した点のみを記入しである。fig. 6 によれば、4 つの例がほぼ類似の傾向であることが認められる。

すなわち、高周波領域に於いては、スペクトルは一定の傾きで減少しており、その値はほぼ -3.8 である。しかし、低周波領域に於いては一定の傾きを認めることが難しく、基本周波数成分が大きいもの程、急な傾きを有している。低周波領域と高周波領域の境界は、ほぼ $3 < f/f_0 < 4$ の周波数の中にあることが認められる。

以上のことより、破波型式の違いは現象的にはかなり異なっているにもかかわらず、スペクトル特性には、あまり明確な差異は見られない。このことは、スペクトル解析に於いて、位相を考慮しないためではないかと思われる。

今回の発表ではデータが不足しており、十分な解析を行うことが出来なかったが、今後実験を継続して、不明な点を補っていくつもりである。

参考文献：1) 破波による波の変形に関する研究、第14回海岸工学講演会 2) 破波の内部機構

に関する基礎的研究(第1報)、第14回海岸工学講演会、3) 有限振幅波の shoaling について(2) 第15回海岸工学講演会

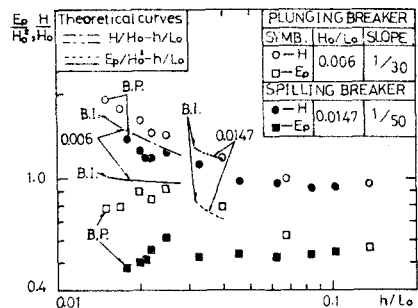


fig. 3

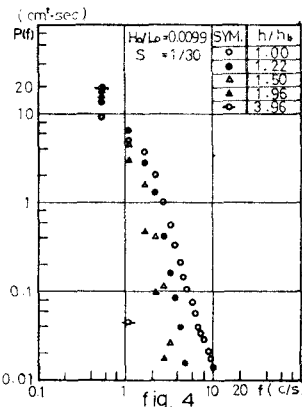


fig. 4

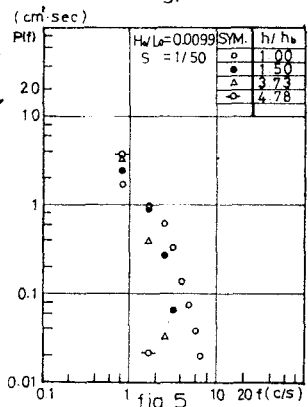


fig. 5

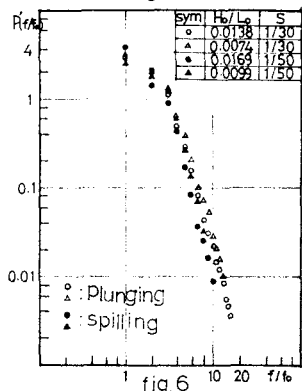


fig. 6