

砕波後の波の圧力場の特性について

名古屋大学大学院 学生員 ○市藤 省三
 名古屋大学工学部 正 員 岩田 好一朗
 名古屋大学大学院 学生員 奥岡 辰芳

1. 緒言: 砕波後の圧力場の特性を解明することは, 砕波後の波の内部構造を明らかにするうえで非常に重要である。本研究では, まず, 詳細な水理実験を行ない, 砕波後の波の圧力場の特性を明らかにした。ついで, 鉛直方向の運動量方程式から導びかれる一周期平均圧力近似式の妥当性について検討を加えたので, その結果の一部を報告することとする。

2. 水理実験および解析手法: 実験は1/15の一様勾配の斜面が設置されている長さ25m, 幅0.7m, 深さ0.95mの片面がラス張りの鋼製造波水槽で行なわれた。表1に示す三種類の波(Case 1はSpilling型砕波, Case 2はSpilling型とPlunging型の中間型砕波, Case 3はPlunging型砕波)を発生させて, 浅水, 砕波変形にともなう水位変動(?)

[電気容量式水位計による], 水粒子速度(u, w) [Cantilever式流速計¹⁾による],

圧力変動(p) [圧力計: KYOWA-PML-200GCによる]を同時に測定した。測定範囲は, 波進行方向については砕波直前から汀線近くまで, 水深方向に

表1 実験条件

Case	周期 T(s)	砕波液高 Hb(cm)	砕波水深 hb(cm)	一機水深 h(cm)	液性液高 Ho(cm)	沖波液高 Lo(cm)	勾配 i	砕波型式
1	1.11	19.58	31.0	63.0	19.22	192.6	1/15	Spilling
2	1.23	19.32	25.0	63.0	17.69	243.7	1/15	中間型
3	1.25	18.73	24.0	63.0	17.26	237.7	1/15	Plunging

は底面近くから波頂付近までであり, 測点は1ケースにつきおよそ180地点である。本研究では三つの方法で一周期平均の圧力を計算した。まず, 計測されたアナログデータを0.05secで離散化し, 一周期平均の圧力 $\bar{p}$ を求めた。つぎに, 鉛直方向の運動量方程式より誘導された一周期平均の圧力算定式 $\bar{p}_2$ (式(1)) [$\frac{\partial}{\partial x} \int_0^{\eta} \rho u w dz$ を含む]と(1)式の右辺の項を無視した一周期平均の圧力算定式 $\bar{p}_4$ (式(2)) [2次オーダー近似式]に実測された η と u と w を代入して一周期平均圧力 $\bar{p}$ と $\bar{p}_2$ を計算した。

$$\bar{p}_2 = \rho g(\bar{\eta} - z) - \rho \bar{w}^2 + \frac{\partial}{\partial x} \int_0^{\eta} \rho u w dz \dots (1)$$

x : 水平軸(波進行方向正) z : 鉛直軸(上向き正)

ρ : 密度 g : 重力加速度 η : 水位変動

$$\bar{p}_4 = \rho g(\bar{\eta} - z) - \rho \bar{w}^2 \dots (2)$$

u : 水平流速 w : 鉛直流速 $\bar{\quad}$: 一周期平均

3. 結果とその考察: 図1の(a), (b), (c)は, 一周期平均の圧力($\bar{p}, \bar{p}_2, \bar{p}_4$)の鉛直分布を示した数例である。縦軸は底面からの無次元距離(S/h : S は水底からの鉛直距離)で, 横軸は無次元圧力($\bar{p}/\bar{p}_{\max}, \bar{p}_2/\bar{p}_{\max}, \bar{p}_4/\bar{p}_{\max}$: $\bar{p}_{\max}$ は砕波点で実測された圧力の最大値)である。 X^* は砕波点からの無次元距離($X/\sqrt{gT}$: X は砕波点からの距離, d は平均水深, T は周期)であり, また, $\bar{p}_2, \bar{p}_4$ については, 静水面より上の領域では負の値になってしまうので静水面より下の領域についてのみプロットしてある。(1)式右辺の項は, 線型理論では0となるが, 非線型性の強い砕波後の波においては0とならないことが予想される。そこで, まず $\bar{p}$ と $\bar{p}_2$ について比較してみる。図1の(a), (b), (c)に示すとおり, $\bar{p}_2$ と $\bar{p}_4$ の差はほとんどないことが明らかである。つまり, (1)式右辺の項は, 実際には

ある程度の値を持っているが、 $\bar{p}$ に比べて非常に小さいものとなっている。従って、圧力の近似式としては、著者らの実験の範囲では2次オーダーの近似で十分であると言える。つぎに実験値 $\bar{p}$ と計算値 $\bar{p}$ または $\bar{p}_2$ とを比較してみる。3ケースとも破波点では $\bar{p}$ と $\bar{p}_2$ あるいは $\bar{p}_4$ の差異は若干あるものの汀線方向に進むにつれて差異は小さくなり、全般的にはほぼ一致していると言える。破波点ではCase 1, 2, 3の順で $\bar{p}$ は $\bar{p}_2$ あるいは $\bar{p}_4$ より大きくなるが、最も差の大きい所でもその差は高々2割程度であり、破波帯の圧力表示式としては、著者らの実験の範囲では2次オーダーの近似式でかなりの信頼性があると言える。なお、静水面より上の領域に関しては、実験値 $\bar{p}$ はほとんど0に近い。

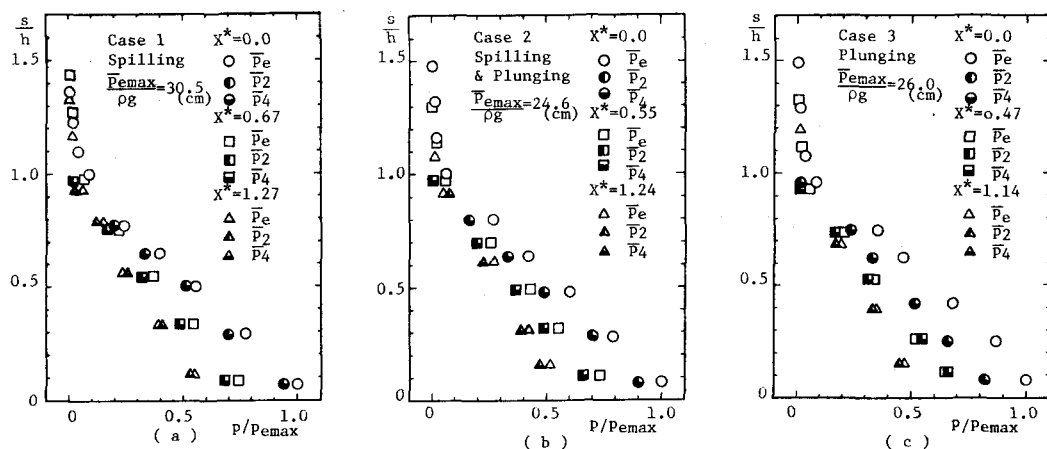


図1 一周期平均の圧力の鉛直分布

つぎに、この2次オーダーの近似式((2)式)をエネルギー流束に適用してみる。エネルギー流束 F は式で定義される。

$$F = \int_{-h}^{\eta} u \left\{ \frac{1}{2} \rho (u^2 + w^2) + \rho g z + p \right\} dz \quad \dots (3)$$

(3)式に(2)式を代入すると式を得る³⁾

$$F = \int_{-h}^{\eta} u \left\{ \frac{1}{2} \rho (u^2 + w^2) + \rho g \eta \right\} dz \quad \dots (4)$$

図2は、実験値 u, w, p を使って(3)と(4)式より、エネルギー流束を算定し、比較した一例である。若干の差異はあるものの両者ともおよそ同じような変化を示している。このことから、2次オーダーの近似式の妥当性が指摘できよう。

4. 結語: 本論では、水理実験を行なって一周期平均の圧力の実態を明らかにするとともに、圧力の表示式としては、破波帯内の波についても2次オーダーの近似式で信頼性があることを指摘した。

参考文献 1) 岩田・小山・布藤: オ30回海講 pp.10~14 1983 2) Stive: ICC E pp.547~565 1980 3) 泉宮・堀川: オ29回海講 pp.150~154 1982

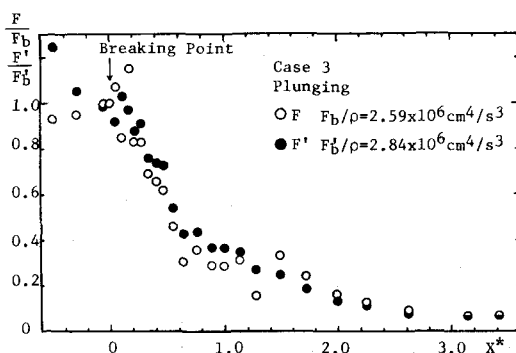


図2 エネルギー流束の変化