II-320　没水平板上における砕波条件について

東京大学大学院　学生員　余　錫平
東京大学工学部　正　員　磯部雅彦
東京大学工学部　正　員　渡辺　晃

1. 序　　論： 著者らは没水平板を用いた比較的大水深域での波浪制御法に関して研究を行ってきた。通常、平板上での水深が小さいためにそこで砕波が起こるが、波浪制御効果に対する砕波の役割は極めて重要であることが明らかになっている。入射波の条件や平板長などによって変化する平板上の波浪場を、非線形性も考慮して完全に予測するのは容易でないが、砕波が起こるかどうかを簡単な方法で調べられるようにするだけでも、現象の特徴を把握するのに役立つ。本研究においては、岩田・清野（1983）によって提案された重複波の砕波条件を応用して、没水平板上の砕波判定基準式を求め、実験結果と比較してその適用性を検討することを目的とする。

2. 砕波条件： 岩田・清野（1983）によって提案された重複波の砕波条件式を、微小振幅波の分散関係式を用いて書き改めると、次のようになる。

$$\frac{gH_b}{C_b^2} = 2\pi(0.218 - 0.076\frac{1-K_R}{1+K_R}) \tag{1}$$

ここに、H_bは砕波波高、C_bは砕波波速、K_Rは反射率、つまり、負方向に進行する波と正方向に進行する波の波高の比、およびgは重力加速度である。砕波は平板上で起こることを仮定して、C_bは平板上における微小振幅波の波速C_dで近似する。また、K_Rと平板上での線形最大波高H_{max}は簡単な線形解析によって求める。すなわち、図１において、平板の手前と平板上で正と負の方向の進行波、および平板の後側で正方向の進行波の存在を仮定し、平板下の領域は一様な圧力流であるとする。そして、平板前後端の境界で水位と線流量と圧力の連続性を考慮し、減衰定常波を無視した微小振幅波理論に基づく解を求める。その結果、平板上における負方向と正方向の波高の比K_R、および平板上での線形最大波高H_{max}は次の式で表される。

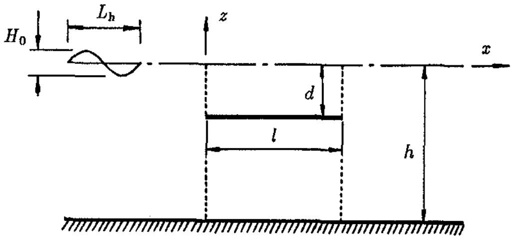

図１　没水平板の定義図

$$K_R = \left|\frac{\gamma_2 - (1-\gamma_1)\exp(i\beta k_h l)}{\gamma_2 - (1-\gamma_1)\exp(-i\beta k_h l)}\right| \tag{2}$$

$$H_{max} = \xi H_0, \qquad \xi = \max\{\overline{H}(0), \overline{H}(l), \overline{H}(x)\mid_{\frac{\partial \overline{H}}{\partial x}=0}\} \tag{3}$$

ここに、H_0は入射波の波高であり、

$$\overline{H}(x) = (1-\gamma_1)\cos k_d x + \frac{\gamma_2 - (1-\gamma_1)}{\sin k_d l}\sin k_d x$$

$$\gamma_1 = \frac{\alpha_2^2 - \alpha_1^2 + 1}{\alpha_2^2 - \alpha_1^2 - 1 - 2i\alpha_2} \qquad \gamma_2 = \frac{-2i\alpha_1}{\alpha_2^2 - \alpha_1^2 - 1 - 2i\alpha_2}$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{k_h l} - \frac{1}{\beta^2}\frac{1}{k_h l} + \frac{1}{\beta\sin(\beta k_h l)} \qquad \alpha_2 = \frac{1}{k_h l} - \frac{1}{\beta^2}\frac{1}{k_h l} + \frac{1}{\beta\tan(\beta k_h l)}$$

また、$\beta = C_h/C_d$ は一様水深部の波速と平板上の波速の比であり、k_hは一様水深部の波数、k_dは平板上の波数、lは平板長、および$i = \sqrt{-1}$である。

平板上の水深が小さいため、砕波限界での波高は非線形性の影響によって、線形理論によって与えられる波高より大きいと考えられる。そのため、平板上での波高を$\kappa H_{max}(\kappa = 1.2)$と評価することとする。そして、この波高が$H_{\rm b}$より大きいと、砕波が起こると判断する。

以上をとりまとめて、指標Iを

$$I = gH_0/C_{\rm h}^2$$

のように定義すると、この指標の限界値$I_{\rm b}$は次式で表されることになる、

$$I_{\rm b} = \frac{2\pi}{\kappa\xi}\beta^2(0.218 - 0.076\frac{1-K_{\rm R}}{1+K_{\rm R}}) \tag{4}$$

従って、$I_{\rm b}$はβと$k_{\rm h}l$の関数となる。実際の適用では、まず入射波条件から指標Iが計算でき、その値を$I_{\rm b}$と比べれば、砕波の判定ができる。図2~4に一定のβに対するこの限界曲線を示す。線の上側は砕波領域、下側が非砕波領域である。

3. 実験検証：没水平板による砕波の実験は長さ11m、幅20cm、高さ30cmの水路で行った。水深は20cm、波の周期は0.82sで一定とした。平板には水槽と同じ幅で、長さ5cmから45cmまで5cm間隔で9枚のプラスチック板を用意した。平板の没水深さはそれぞれ2cm、4cm、6cmとした。これに対応して、βはそれぞれ2.59、1.87、1.56となる。入射波と反射波の分離は合田(1977)の方法を採用した。砕波は目視で定めた。図2~4には実験結果も示されており、●印は砕波、○印は非砕波を表す。

●印と○印はほぼ(4)式によって分離されており、(4)式が没水平板上での砕波条件として適当であることを示している。

4. 結　　論：岩田・清野(1983)によって提案された部分重複波の砕波条件を用いて、線形解析に基づく指標($I = gH_0/C_{\rm h}^2$)の砕波限界式を求めた。実験によって検証した結果、その限界式が妥当であることがわかった。しかし、平板上での波の有限振幅性の効果については簡単なパラメターκを用いて考慮したが、より一般的かつ合理的な評価法を検討する必要があろう。また、砕波点の位置の簡便な予測法などに関してもいっそう研究を進めていく必要がある。

参考文献：1) 岩田好一郎・清野博(1983)：第30回海講, pp.1-4.　2) 合田良実(1977)：港湾構造物の耐波設計, 237p.

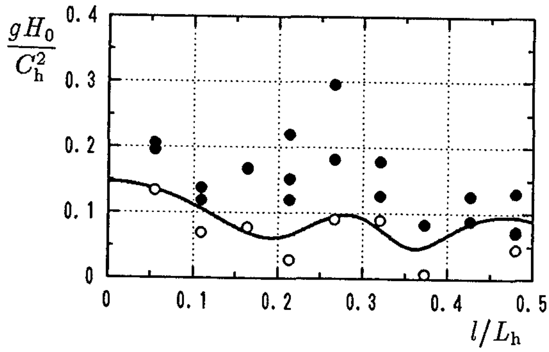

図２　砕波条件およびその検証　(β =2.59)

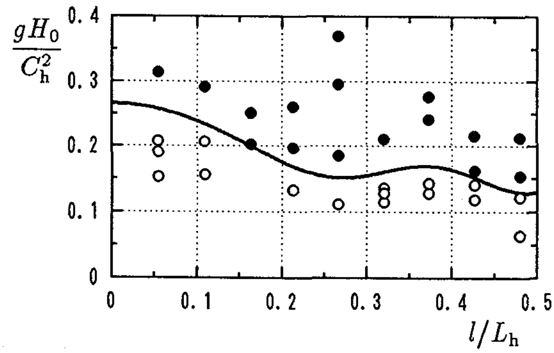

図３　砕波条件およびその検証　(β =1.87)

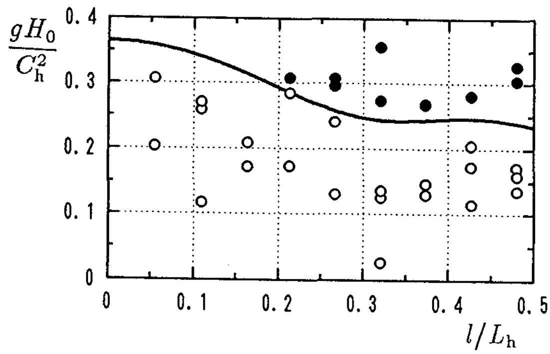

図４　砕波条件およびその検証　(β =1.56)