

斜面による砕波と反射波係数について

九州大学総理工 正員 経塚 雄策
九州大学大学院 池田 浩
九州大学大学院 学生員 山口 健太郎

1 はじめに

海岸付近の波動場は一般に砕波点によって砕波帯と沖浜帯とに区別して扱われている。砕波帯の内側では、波は砕け飛び散り、そのエネルギーは熱や音に転化すると考えられるが、斜面勾配が大きな場合には反射波として沖側へと戻っていく。この砕波帯における現象は古くから多くの研究者の関心を呼び、多くの理論的実験的研究がなされてきたが、特に砕波後の流体運動については非線形性が強く複雑である。一方、沖浜帯についてはポテンシャル理論が良く成立し、それによる解析が行われている。近年、沿岸域の利用開発がクローズアップされ、多くの新計画が提案されているが、沿岸域の海側に構造物を設置することを考えると、種々の問題から砕波帯を避け、少し沖側にもっていくことは想像に難くない。そこでは、単に沖からの入射波と岸からの反射波が与えられればポテンシャル理論によって問題が解ける。このような観点から本研究では、比較的斜面勾配が大きな場合の斜面による波の反射について実験を行い、他方、砕波帯を線形近似したポテンシャル計算を行いそれらを比較した結果について報告する。

2 Miche および首藤による反射率

首藤¹⁾は、Miche²⁾が与えた無限長斜面による限界波高の式を図1のような現実的な場合に拡張して砕波限界を次式で与えた。

$$H_b/L_b = \frac{2m}{\pi} \left(4\pi \frac{l}{L_0}\right)^{-1} \left[J_0^2 \left(4\pi \frac{l}{L_0}\right) + J_1^2 \left(4\pi \frac{l}{L_0}\right) \right]^{1/2} \quad (1)$$

ただし、 m :斜面勾配, $l = h/m$, $J_n(x)$:Bessel 関数
この場合の反射率は次式となる。

$$C_R = \begin{cases} 1 & \text{for } H_0 < H_b \\ H_b/H_0 & \text{for } H_0 > H_b \end{cases} \quad (2)$$

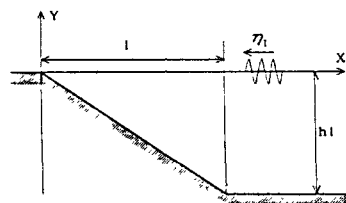


図1. 座標系

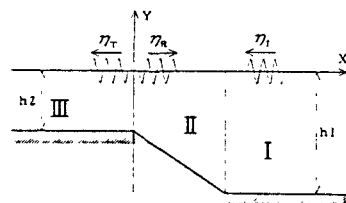


図2. 砕波帯の線形モデル

3 砕波帯の線形化モデルによる理論解析

前述のように、流体領域を砕波帯と沖浜帯に分けてポテンシャル理論によって解析することを考える。砕波帯では、エネルギー散逸系を考える必要があるので、例えば井島ら³⁾の流速に比例する減衰項を含む透過性岸壁あるいは、大山ら⁴⁾のようにスポンジ層などの使用も考えられるが、ここでは単に図2のように仮想の一定水深域を接続することを考えた。この場合、領域IIIへの透過波によってエネルギーが散逸される。問題は、IIとIIIの領域の境界をどの位置に設定するかであるが、これについては実験値との比較によって決定することとした。その場合、速度ポテンシャルは、I, IIIの領域では固有関数展開され、IIでは $\log r$ を使った積分表示が可能である⁵⁾。各境界における接合条件から積分方程式が導かれ、それを解けば反射波、透過波が求められる。

4 実験装置および実験条件

実験は応用力学研究所沿岸海象力学部門所有の内部波水槽 ($L \times B \times D = 25\text{m} \times 0.6\text{m} \times 1.0\text{m}$) を借用して行った。一定水深域の水深を0.3mとし、水槽の一端に、一部ステンレス板とアクリル板で

作られた3種類の傾斜面 ($m = 1/10, 1/3, 1/2$) を設置して、規則波中で実験した。波周期を $T = 0.687, 0.855, 1.02, 1.36$ 秒、入射波の波傾斜を $H_w/\lambda = 0.005 \sim 0.045$ の範囲とし、3本の波高計によって水面変位を計測した。計測された波高データをフーリエ解析し、基本周波数成分に対して最小自乗法によって入射波と反射波の成分に分離した。

5 結果および考察

図3は斜面勾配 $m = 1/2$ と $1/3$ 、波周期 $T = 1.02$ 秒の線形化モデルによる反射率で、横軸は領域IとIIIの水深比 h_2/h_1 である。この結果から、 h_2 がかなり小さくないと、反射波は大きくならないことが分かる。つまり、微小振幅波では斜面からの反射はそれほど大きなものではないと言える。

図4は波周期 $T = 1.02$ 秒の場合の反射率を横軸に入射波の波傾斜をとって、首藤の理論値と今回の実験値を比較したものであるが、いずれの斜面勾配についても両者が良く対応していることが分かる。

図5は斜面勾配 $m = 1/3$ 、波周期 $T = 1.02$ 秒の場合の反射率について同様な結果を比較したものであるが、実線はここで試みた線形化モデルの結果である。計算は、領域IIIの水深 h_2 を入射波の波傾斜ごとに変化させることによっていくらかでも実験値に近づけることが可能であるが、実用的には意味がないと考えられるので、ここでは $h_2 = H_w/4$ とおいて行った。波傾斜が大きなところでは、本線形化モデルは首藤の理論値および実験値とともに良く一致していると思われるが、波傾斜が小さなところではやや小さな結果となった。

これらの結果から、一定勾配の斜面からの反射波の推定については首藤による理論値が簡便で精度も良いことがわかったが、海底地形が複雑な場合については直接適用できないので、ここで試みた境界要素による線形化モデルなどの適用が考えられる。ただ、領域II, IIIの接合線における境界条件については、改良の必要があると思われる。

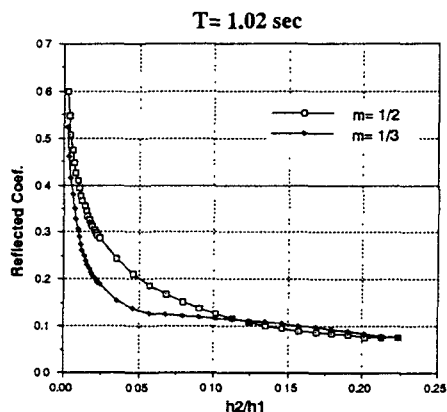


図3 水深比と反射率

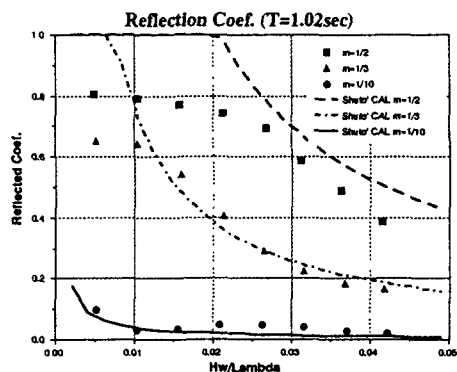


図4 首藤の式と実験の比較

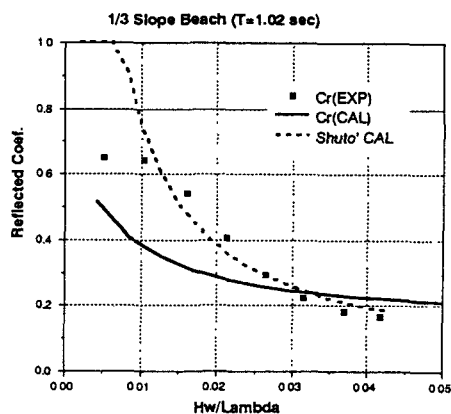


図5 線形化モデルとの比較

参考文献

- [1] 首藤伸夫:第14回水工学に関する夏期研修会講義集,Bコース,土木学会,1978.
- [2] Miche,M.:Annales des Ponts et Chaussées,Vol.121,1951,pp.285-319.
- [3] 井島武士、江口泰彦、小林彰:第18回海岸工学講演会論文集(1971), pp.121-130.
- [4] 大山 巧、灘岡和夫:土木学会論文集,No.429/II-15,1991.5.,pp.77-86.
- [5] Yeung,R.W.:First Intl. Conf. on Num. Ship Hydrodyn.,1975,pp.581-607.