

# 多方向不規則波浪場での任意反射率境界の設定方法

東洋建設株式会社大阪本店 正会員 金澤 剛  
 東洋建設株式会社土木設計部 長山 英樹  
 同上 正会員 藤原 隆一  
 東洋建設株式会社鳴尾研究所 正会員 小竹 康夫

## 1. はじめに

港内静穏度の予測等，港湾構造物などの施設が設置された海域を対象に波浪変形予測を行う場合，現地の波浪と同じ多方向不規則波を対象として，地形変化にともなう波の屈折や砕波を含む浅水変形，構造物等による回折や反射を考慮する必要がある．特に構造物による反射に関しては，対象構造物の反射特性に応じた任意反射率境界を適切に取り扱わねばならない．一方，平面波浪場の解析手法は非線形波理論に基づく解析法も含めて種々提案されているが，上述の波浪変形現象を精度良く予測できるのであれば，線形波理論であってもその解析方法は有益であると考える．

本研究では，磯部(1993)，石井ら(1994,1995)の有理式近似に基づく緩勾配不規則波動方程式を用いて多方向不規則波に対応した任意反射率境界を提案し，平面水槽実験より本計算法の妥当性を検証した．

## 2. 任意反射率境界の設定

磯部(1993)の方法では，砕波や開境界をエネルギー吸収帯で表すため，エネルギー減衰項が含まれている．そこで多方向不規則波に対応した任意反射境界として，図 - 1 に示すように完全反射境界( $K_R=1.0$ )を設定した上で，境界点に減衰係数  $\epsilon_m$  を与えることにより波のエネルギーを減じて任意反射率を評価することとした．

反射率と減衰係数  $\epsilon_m$  の関係は成分波の周期や水深に依存するため，一様水深規則波を対象に種々の計算条件を設定し，数値実験を繰り返して式 - 1 に示す実験式を求めた．

$$\begin{aligned} h/L \quad 0.2: \epsilon_m &= 3.3173 - 5.5144K_R + 2.2099K_R^2 \\ 0.2 < h/L \quad 0.4: \epsilon_m &= 3.5016 - 6.1878K_R + 2.6106K_R^2 \\ 0.4 < h/L: \epsilon_m &= \text{適用範囲外, } K_R = 1.0 \text{ とする} \end{aligned} \quad (1)$$

ただし， $0.2 < h/L \quad 0.4$  の範囲では，得られた減衰係数  $\epsilon_m$  が式 - 2 を満たさない場合は，反射境界上で波高が異常に小さくなるなど反射波形に不都合が生じる．そのため，この場合には  $0.4 < h/L$  の時と同様に，適用範囲外として  $\epsilon_m = 0$  とした．

$$h/L \quad 0.4136828 - 0.071774\epsilon_m \quad (2)$$

図 - 2 に  $h/L \quad 0.2$  の場合の数値実験結果を示す．この場合の反射率と減衰係数は  $r=0.998$  と高い相関を示す．また， $0.2 < h/L < 0.4$  の場合も同様に  $r=0.996$  と高い相関であった．

不規則波を対象とする場合は，有義波の諸元を規則波とみなして式 - 1 と式 - 2 で示した実験式を適用し，得られた減衰係数を反射境界上に分布させて計算することとした．

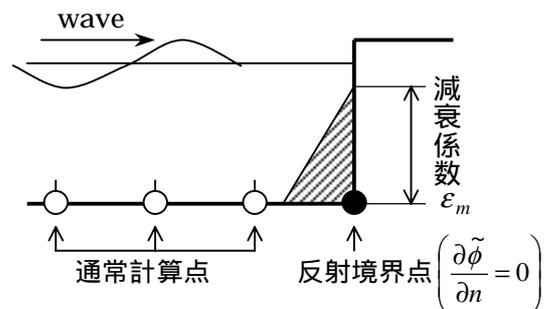


図 - 1 任意反射境界の模式図

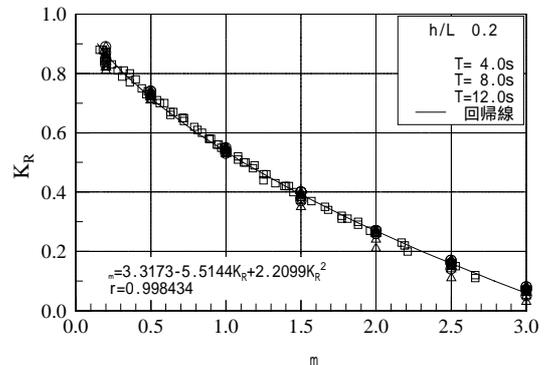


図 - 2 数値実験結果 ( $h/L \quad 0.2$ )

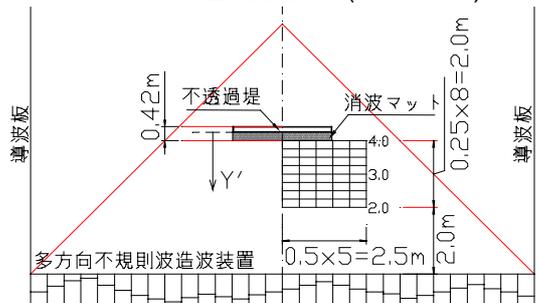


図 - 3 模型および測線の配置状況

キーワード：任意反射率境界，多方向不規則波，緩勾配不規則波動方程式

連絡先 東京都千代田区神田錦町 3-7-1 東洋建設株式会社 土木設計部 TEL.03-3296-4623

### 3. 水槽実験

図 - 3 に示すように平面水槽中に低反射堤模型を設置し、沿岸方向に 50cm 間隔、岸沖方向に 25cm 間隔の測線を設けて、表 - 1 の実験条件で有義波高分布を測定した。低反射堤模型はステンレス製のかごの中に消波マットと、反射壁として合板を入れたものとし、消波マットの枚数で反射率を変化させた。消波マットの枚数（厚さ）と反射率の関係は、表 - 2 に示すように、予め規則波および一方向不規則波を対象とした水路実験を行って求めておいた。

### 4. 任意反射境界の検証

各検討ケースにおいて、実験結果と計算結果の有義波高分布を比較した。一例として、 $T_{1/3}=1.54s$ 、 $K_R=0.40$  のケースについて岸沖方向測線上で両者を比較したものを図 - 4 に示す。図中、縦軸は無堤時の堤体設置予定位置での有義波高（実験値と計算値ともに  $H_{1/3}=5.0cm$ ）で無次元化した波高比である。堤体中央( $X=0.0m$ )、堤体端部( $X=1.5m$ )、堤体外( $X=2.5m$ )の測線全てで両者は定性的・定量的に良く整合している。

図 - 5 には検討した全てのケースについて、同一地点における実験値と計算値の対応を示したものである。縦軸と横軸は、図 - 4 の縦軸に示した波高比を示している。この図によれば、ほぼ全ての点で計算結果と実験結果は  $\pm 10\%$  の範囲内に含まれており、両者は良い一致をしていると判断できる。

### 5. まとめ

本研究において得られた結果を以下にまとめる。

予め反射率を把握した低反射堤を設置した多方向不規則波実験結果の有義波高分布と、同じ反射率を入力した計算結果の有義波高分布は、全ての検討ケースで良く一致した。このことから、本計算方法における任意反射境界は、反射境界上の計算点に反射率に対応した減衰係数を付加することで設定できることが確認できた。

さらに、多方向不規則波に対する任意反射境界は、規則波を対象とした数値実験結果から得られた反射率と減衰係数の関係を用いて設定できることが確認できた。

### 参考文献

- 磯部雅彦 (1993): 有理式近似に基づく緩勾配不規則波動方程式, 海岸工学論文集, 第 40 巻, pp.26-30.
- 石井敏雅・磯部雅彦・渡辺 晃 (1994): 有理式近似に基づく緩勾配不規則波動方程式を用いた平面 2 次元波浪場計算, 海岸工学論文集, 第 41 巻, pp.6-10.
- 石井敏雅・磯部雅彦・渡辺 晃 (1995): 有理式近似に基づく緩勾配不規則波動方程式を用いた波浪場・海浜流場計算の実務問題への適用性, 海岸工学論文集, 第 42 巻, pp.191-195.

表 - 1 実験波浪条件

波浪種別	多方向不規則波
波高 $H_{1/3}$	5.0cm
周期 $T_{1/3}$	0.91s, 1.12s, 1.54s
周波数スペクトル	Bretschneider-光易型
方向スペクトル	光易型
$S_{max}$	25
主波向	造波板に直角方向
水深	30cm

表 - 2 消波マット厚と反射率の関係

周期 (s)	消波マット厚さ (cm)				
	25	20	10	3	0
0.91	-	-	0.40 0.35	0.75 0.60	0.95 0.90
1.12	-	0.40 0.35	-	0.85 0.70	1.00 0.95
1.54	0.40 0.40	-	-	0.70 0.70	0.80 0.80

反射率は上段:規則波, 下段:一方向不規則波

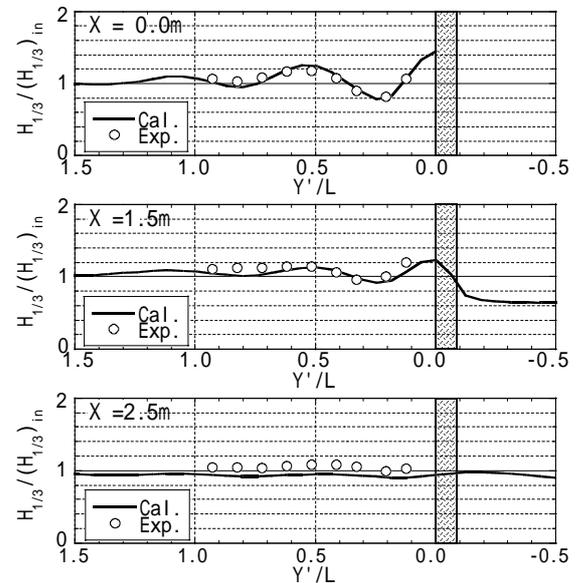


図 - 4 岸沖方向測線上での波高比の比較

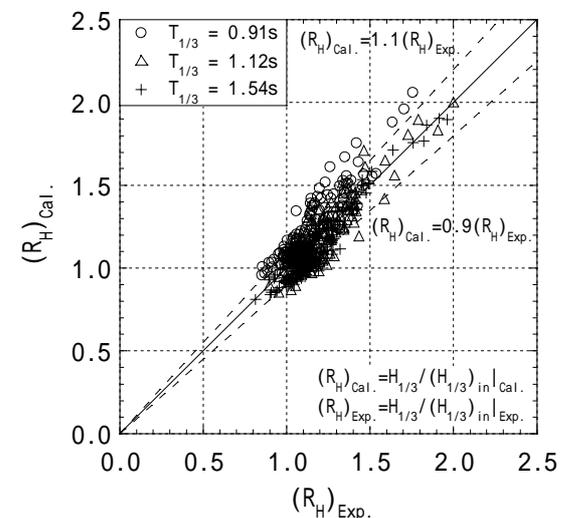


図 - 5 実験結果と計算結果の対応