# ブシネスクモデルの任意反射境界に用いる透水層モデルの適用性について

九州大学大学院工学府	学生員(	)青木 聡		
(株)三洋コンサルタント	正会員	西井康浩		
九州大学大学院工学府	正会員	児玉充由	山城 賢	吉田明徳

#### 1. はじめに

ブシネスクモデルは、海底地形の変化に伴う波の屈折 や浅水変形、島や構造物による波の回折や反射に加え、 波の分散性や有限振幅性を考慮することができるため、 実海域での波浪場をより精度良く再現できるモデルとし て近年注目されている.

このモデルを用いて波浪変形を計算するためには計 算領域外の開境界(無反射境界)や,陸や防波堤などの陸 境界(任意反射境界)で,波の透過や反射などの現象を適 切に表現しなければならない.既往の研究では,開境界 において人為的にエネルギーを減衰させるスポンジ層が 開発され(Cruz ら, 1993),陸境界でもこのスポンジ層を 用いることで任意の反射率を設定していた(有川ら, 1999).そのため,入射波成分に応じた反射率となるよう 減衰係数等を調整する必要があり,不規則波のように周 期の異なる波では,反射率を正しく表現できないという 欠点がある.そこで,図-1(a)のような消波構造物を,図 -1(b)のように構造物と同じ幅で,空隙率などのパラメー ターを持つ透水層に置き換えて,反射率を調整すること なく波エネルギーを減衰させる任意反射境界処理法(透 水層モデル)が新たに提案された(平山ら, 2001).

本研究は、鹿児島県名瀬港をモデルにして行われた水 槽実験の結果と、透水層モデルを用いたブシネスクモデ ルの計算結果を比較することにより、ブシネスクモデル の適用性を検証することを目的としている。本文ではそ の前段階として、透水層モデルの妥当性を検証するため に、2次元水路の任意反射境界に透水層モデルを用いた 場合の反射率を数値計算によって求め、実験結果との比



較を行った結果を述べる.

#### 2. 透水層による消波構造物のモデル化

本研究では、図-1(a)に示すマウンド上部にある勾配 1:4/3,幅0.5mの消波構造物を、図-1(b)のような透水 層によって表現した.ここでマウンド部は不透過とし、 透水層幅は消波構造物の幅と同じである.透水層の空隙 率は、水域と透水層域の境界でλ=1とし、壁面に近づく につれて所定の空隙率λ<sub>0</sub>に線形的に変化するよう次式 で定義している.

$$\lambda = \lambda_0 + (1 - \lambda_0) \frac{x}{B} \quad (0 \le x \le B)$$

#### 3. 計算条件

計算領域として図-2 に示すような長さ 32.4m, 水深 35cm の 2 次元水路を設定した. 右端には透水層を設置し, 左端に反射波を吸収するためのスポンジ層を設置した. 造波境界には線境界入射法を用いた(石井ら, 1993). 格 子間隔は $\Delta x=0.1m$ , 時間間隔は $\Delta t=0.01s$  で, 240 秒間造 波を行い, ①, ②, ③地点において 0.05s 毎に水位変動  $\eta$ を出力した.

計算ケースを**表**-1 示す.入射波は波高 3cm,周期 0.99s ~2.82sの規則波および不規則波を与えた.また消波構造 物の所定の空隙率  $\lambda_0 \ge 0.1$ , 0.3, 0.45 と変化させ,空隙 率による反射率の変化を調べた.



**表-1**計算ケース

			1.1.21.7	
波高 H(cm)	水深 H(cm)	周期 T(s)	空隙率 $\lambda_0$	波の種類
3	35	0.99 1.41 1.84 2.82	0.1 0.3 0.45	規則波 & 不規則波 (修正B-Sスペクトル)

## 4. 計算結果

計算によって得られた水面波形の時系列データから, 合田ら(1976)の入・反射分離推定法により反射率を求め た.図-3 は水深 35cm の水槽に,周期の異なる波高 3cm の規則波・不規則波を作用させて計算したときの反射率 と,平山ら(2001)による反射率の実験値を示したもので ある.なお,実験では規則波を作用させ,消波構造物に は乱積みにしたテトラポットを用いている.

規則波で計算した場合の反射率をみると、周期が長い 波は反射率が高く、周期が短くなるとともに反射率は小 さくなっている.実験結果でも同じ傾向があることから、 周期の違いによる反射率の変化を透水層モデルよって再 現しているといえるが、その値は実験値に比べ全体的に 高くなっている.

不規則波の場合も同様にして反射率を求めた.規則波 の実験結果と一概に比較することはできないが,このと きも周期が長くなるとともに反射率が大きくなっている. 図-4 は不規則波の場合に造波境界で与えた入射波のス ペクトル(目標値)と,2 次元水路の①,②点で得られた 水位変動を入・反射分離して求めた入射波と反射波のス ペクトルである.これをみると周期2.82 秒の場合(b)に



比べて周期 0.99 秒の場合(a)は、入射波のスペクトルが 目標値と大きく異なることから、目標とする波を造波で きておらず、反射率についても正確な値とはいえない.

図-5 は規則波の場合において空隙率λ<sub>0</sub>のみを変化さ せたときの反射率であり,空隙率λ<sub>0</sub>が変化しても反射率 はほぼ同じ値を示している.これは空隙率λ<sub>0</sub>が変化する と消波構造物内で波が受ける抵抗も変化するはずである が,今回の計算では空隙率λ<sub>0</sub>と透水層内の抵抗の関係を 考慮せずに空隙率λ<sub>0</sub>のみを変化させたためと考えられ る.したがって,反射率を適切に表現するには透水層内 の空隙率の変化の設定,および空隙率λ<sub>0</sub>と波が受ける抵 抗の関係を検討する必要があると考えられる.



## 5. おわりに

任意反射境界に透水層モデルを用いることで、周期の 違いによる反射率の変化を再現することができた.今後、 鹿児島県名瀬港を対象として、透水層モデルを用いたブ シネスクモデルの計算を行い、水槽実験の結果と比較す ることにより、ブシネスクモデルの適用性を検証する.

### 参考文献

- 有川太郎・礒部雅彦(1999): 非線形緩勾配方程式を用 いた任意反射率を持つ構造物周辺の入・反射波浪場共 存場の解析,海岸工学論文集,第46巻,pp56-60
- 石井敏雅・礒部雅彦・渡辺晃(1993): 非定常緩勾配不 規則波動方程式における境界条件の改良と実用化の 試み,海岸工学論文集,第40巻,pp. 31-35
- 合田良実・鈴木康正・岸良安治・菊池治(1976): 不規 則波実験における入・反射分離推定法,港湾技研資料, No.284,24p
- Cruz, C. Eric・横木裕宗・礒部雅彦・渡辺晃(1993): 非 線形波動方程式に対する無反射条件について,海岸工 学論文集,第40巻, pp. 46-50
- 平山克也 平石哲也 (2001): ブシネスクモデルにおけ る透水層を用いた任意反射境界処理法の開発,港湾技 術研究所報告,第40巻,第1号, pp. 3-30