

エネルギー平衡方程式法における反射計算の改良

(株)アライズソリューション 正会員 ○吉田 隆千代
 (株)アライズソリューション 村上 剛
 (株)アライズソリューション 横田 久恵

1. はじめに

エネルギー平衡方程式法は多方向不規則波の屈折変形と浅水変形を同時に解くことができる方法であり従来から広く用いられている。高山ら¹⁾は、屈折変形と浅水変形に加え、碎波変形と構造物による反射を考慮した新しい波浪変形計算手法を提案した。

しかし、構造物による反射は、構造物が波向に対して傾斜して設置される場合には正しく計算されない、という問題があった。本研究では、はじめにこの問題について簡単な説明を行う。つぎにその解決策を提案し、最後にモデルを設定して解析を行い解決策の妥当性を検証する。

2. 反射計算の方法と問題点

(1) 反射計算の方法

エネルギー平衡方程式法では波の進行方向に解を求めていく。波の進行方向に平行な面で反射する波はすべて岸方向に進むため、入射計算と反射計算を同時に行うことができる。一方、波の進行方向に垂直な面で反射される波は沖方向へ返っていくため、入射計算と反射計算を同時に行うことができない。そこで、高山らは反射する波の条件を記憶しておき、進行方向への解析が終わったあと、記憶しておいた反射波の条件を用いて沖方向に向って解析を行い、岸方向入射波と沖方向反射波をエネルギー的に重ね合わせて波高を計算するようにした。この方法にはつぎの問題があった。

(2) 問題点

構造物が主波向に対して斜めに設置される場合、反射の向きがおかしくなる。例えば、主波向に対して45°の角度をもつ構造物をモデル化すると階段状になる(図1)。真正面から波が入射されると左方向に反射されるべきであるが、エネルギー平衡方程式法では位相に関する情報がないことと階段状にモデル化されることから、入射角に対し180°の角度で沖方向に反射されてしまう。そのため、解析精度を

確保するには、主波向に対して構造物を傾斜させないようにモデル化する必要があるが、構造物が平面的に折れ曲っている場合や、複数の構造物がある場合には、すべての構造物を主波向に平行または垂直に向けることは困難である。

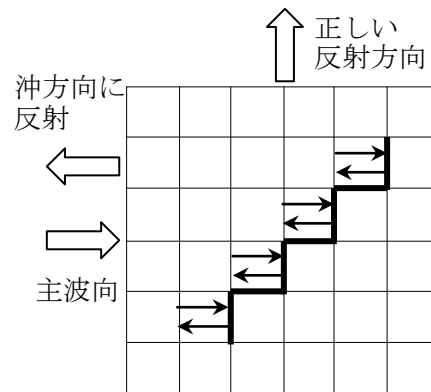


図1 斜めに設置された構造物の反射

3. 解決策の提案

ここでは構造物の傾斜角を考慮して反射の方向を修正する方法を提案する。この方法によれば、主波向に対して傾きを持つ解析モデルでも正しい方向に波を反射させることができる。

高山らによる従来の方法と本研究の方法との比較を図2に示す。従来の方法は、格子軸に平行または垂直な面に対して反射計算が行われている。本研究では、構造物の傾斜角 α を設定し、 α を用いて反射の向きの補正を行っている。

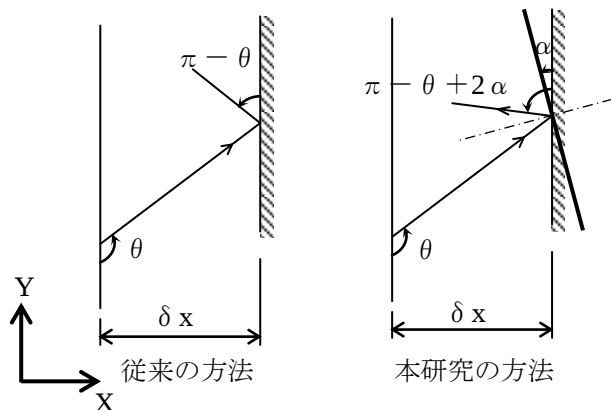


図2 反射計算方法の比較

キーワード 数値解析 エネルギー平衡方程式 多方向不規則波 波浪変形 反射計算 構造物の傾斜角
 連絡先 : 〒730-0847 広島市中区舟入南 2 丁目 7-1 ふぁみ〜ゆ舟入南 2F (株)アライズソリューション

3.1 X 軸（岸方向）に垂直な壁面での反射

(1) $\alpha > 0$ の場合

図 3 に模式図を示す。従来の方法では反射波はすべて沖方向に返るが、構造物の傾斜角を考慮すると、反射しない成分や岸方向に反射する成分が現れる。 θ と α の関係で分類するとつぎのようになる。

$$0 < \theta \leq \alpha$$

反射しない

$$\alpha < \theta \leq 2\alpha$$

岸方向に反射

$$2\alpha < \theta \leq \pi$$

沖方向に反射

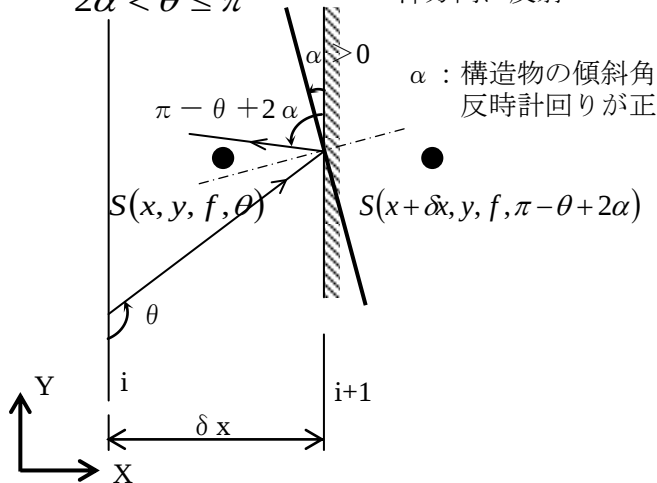


図 3 X 軸に垂直な壁面での反射 ($\alpha > 0$)

(2) $\alpha < 0$ の場合

$$0 < \theta \leq \pi + 2\alpha$$

沖方向に反射

$$\pi + 2\alpha < \theta \leq \pi + \alpha$$

岸方向に反射

$$\pi + \alpha < \theta \leq \pi$$

反射しない

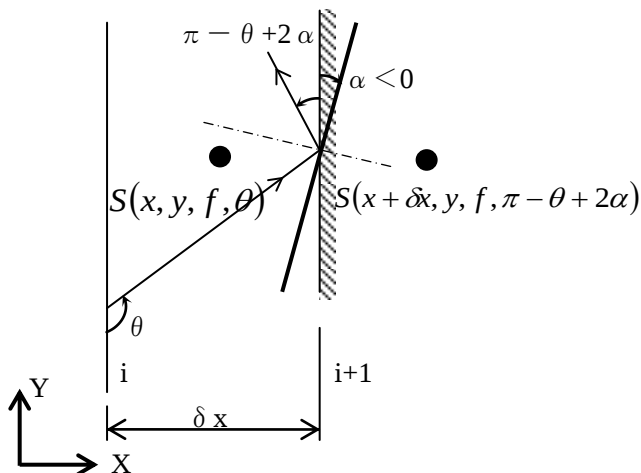


図 4 X 軸に垂直な壁面での反射 ($\alpha < 0$)

3.2 X 軸に平行な壁面での反射 (j 側)

(1) $\alpha > 0$ の場合

$$0 < \theta \leq 2\alpha$$

沖方向に反射

$$2\alpha < \theta \leq \pi/2 + \alpha$$

岸方向に反射

$$\pi/2 + \alpha < \theta \leq \pi$$

反射しない

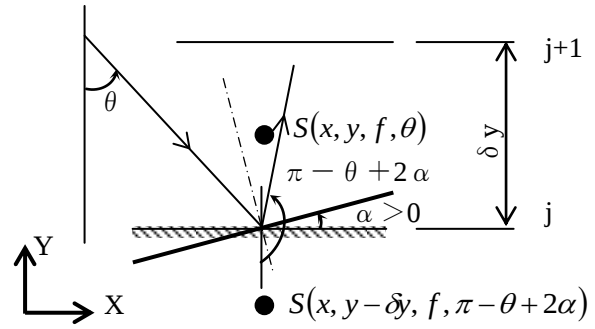


図 5 X 軸に平行な壁面での反射 (j 側, $\alpha > 0$)

(2) $\alpha < 0$ の場合

$$0 < \theta \leq \pi/2 + \alpha$$

岸方向に反射

$$\pi/2 + \alpha < \theta \leq \pi$$

反射しない

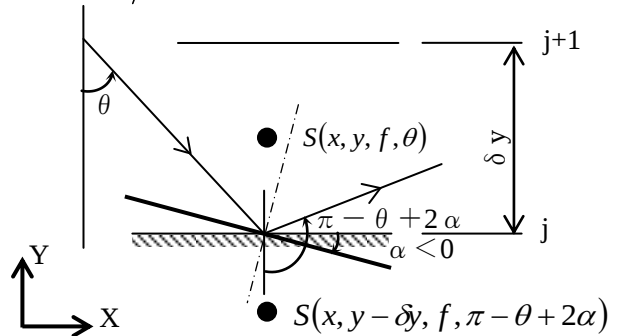


図 6 X 軸に平行な壁面での反射 (j 側, $\alpha < 0$)

j+1 側壁面における反射計算の説明は省略する。

4. 検証解析およびまとめ

本研究の方法の妥当性を検証するために解析を行った。解析対象は、大領域と小領域が接続するモデルとし、小領域に 45° 傾斜した構造物を配置した。

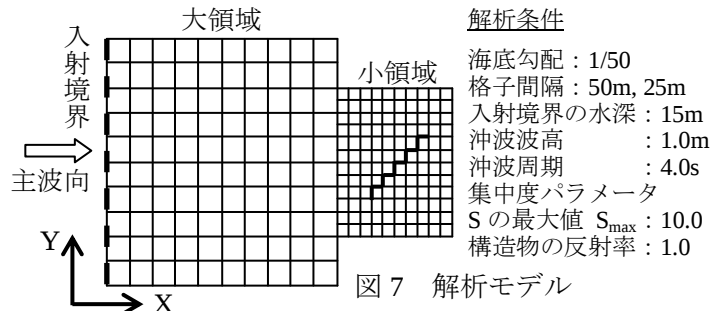
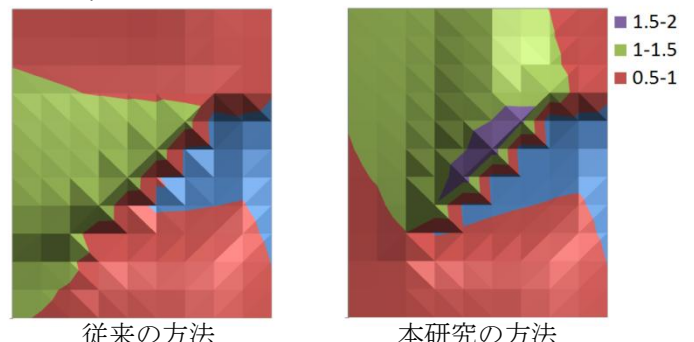


図 7 解析モデル



従来の方法

本研究の方法

図 8 解析結果 (小領域における波高比)

小領域における波高比を図 8 に示す。従来の方法では沖方向に反射されているが本研究の方法では正しく反射されており、解決策の妥当性が確認された。