

II-479

多方向不規則波を対象とした無反射型造波方法について

清水建設(株)(正) 大山 巧・(正) 田中正博・東京工業大学(正) 瀧岡和夫

1. はじめに

従来、多方向不規則波を対象とした造波装置として、多数の造波板から構成されたサーベント型造波装置が開発・設置されてきた。しかしこの装置では、1) 成分波の入射角が大きくなると波の回折の影響で有効領域がかなり狭くなること、2) 造波板に伝播してくる多方向からの反射波に対する吸収性能が悪いことが指摘されている。近年、これらの問題点を改善するための方法がいくつか提案されている¹⁾が、両方の問題点を同時に解決できる方法は現在のところ存在しない。そこで本研究では、サーベント型とは全く異なる無反射型の多方向不規則波造波方法として、著者ら²⁾が2次元数値波動水槽で用いた造波ソースによる方法を提案する。本報告では、この造波方法の基本的考え方と数値実験による基本性能の検討結果について述べる。

2. 無反射造波装置の基本的考え方

本研究で提案する無反射造波装置は、複数のユニットに分割された円形状の造波ソースとその背後の消波装置から構成される。図-1に概略図を示す。造波ソースは、水のわき出しと吸い込みにより波を発生させる装置であり、基本原理は2次元数値波動水槽²⁾で用いた方法と同様である。すなわち、従来用いられてきた造波板のように流速を規定するわけではないので、水槽内からの反射波は造波ソースで再反射することなく透過し、その背後の消波装置でエネルギーを吸収される。ただし、物理実験水槽の場合には、数値モデルとは異なり、造波ソースに対応した有限の大きさの装置を水面下に設置しなければならないため、厳密には再反射が起こることになるが、装置を小型化できれば実用上の問題はないものと思われる。また、造波ソースは円形上に配置されているため、任意の方向からの成分波を同じ性能で造波することが可能になる。従って、多方向からの成分波を含む不規則波に対しても効率の良い造波が期待できる。

3. 造波性能の理論的検証

(1) 波高分布の計算式: 入射角による造波性能の差は全く無いので、ここでは単一の入射角 θ_i を持つ規則波を造波させる場合を考える。造波ソースで発生する波は、常にソースから離れる方向に伝播するため、 $\theta_i - \pi/2 \leq \theta \leq \theta_i + \pi/2$ ($r = A$, A : 造波ソースの半径) の範囲のみに $2\partial\phi_i/\partial r$ (ϕ_i : 入射波のポテンシャル) のわき出し強度を与えることにし、透過側の $\theta_i + \pi/2 \leq \theta \leq \theta_i + 3\pi/2$ ($r = A$) の範囲ではわき出し強度は0とする。この場合、 $\theta_i + \pi/2 \leq \theta \leq \theta_i + 3\pi/2$ ($r = A$) では波の回折が起こり、その影響が造波ソースで囲まれた円形領域内にも現れることが予想される。そこで、この回折効果を調べるため、線形ポテンシャル理論に基づく理論的検討を行った。ここでは、造波ソースおよび背後の消波装置からの再反射が起こらないものと仮定し、図-2に示すように、無限に広がる領域(無限遠方では放射条件を与える。)に半円形($\theta_i - \pi/2 \leq \theta \leq \theta_i + \pi/2$, $r = A$)の造波ソースが存在する場合を想定した。グリーン関数法を適用すれば、任意の点 $P(x_p, y_p, z_p)$ における速度ポテンシャル ϕ_p は以下のように表される。

$$\phi_p = -\frac{1}{\alpha_p} \left[\int_{S_V} \phi \frac{\partial G}{\partial n} ds + \int_{S_S} U^* G ds \right] \quad (1)$$

ただし、 G : グリーン関数; S_V : 水槽内の構造物モデルの没水面; S_S : 造波ソース面; U^* : わき出し強度; α_p : P がモデルの表面上にある場合は 2π , 他の場合は 4π ; n : モデル表面での法線方向である。構造物モデルが存在せず、 $\theta_i - \pi/2 \leq \theta \leq \theta_i + \pi/2$, $r = A$ で $2\partial\phi_i/\partial r$ のわき出し強度を与える場合には、式(1)から点 P 上の波高 H が次のように求められる。

$$\frac{H}{H_i} = \left| -\frac{i}{2} k A \int_{\theta_i - \pi/2}^{\theta_i + \pi/2} \cos(\theta - \theta_i) \exp\{-ikA \cos(\theta - \theta_i)\} H_0^{(1)}(kR) d\theta \right| \quad (2)$$

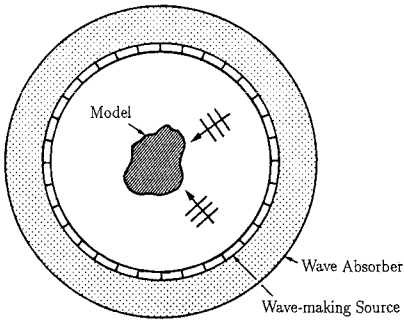


図-1 多方向不規則波の造波装置の概念図

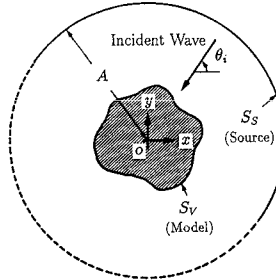


図-2 計算の対象

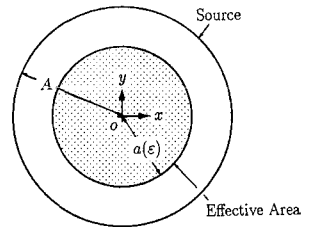


図-3 有効領域の定義

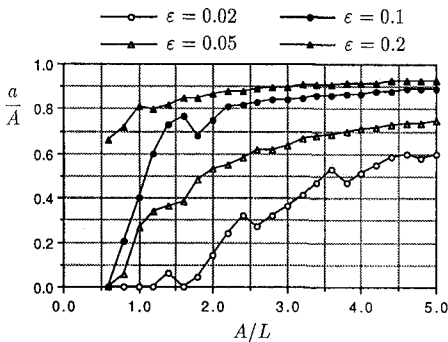


図-4 A/L に対する相対有効面半径の特性

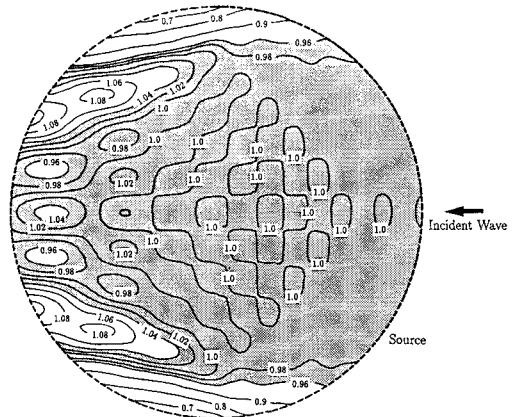


図-5 水槽内の波高比分布 ($A/L = 0.32$)

$$R = \sqrt{(x_p - A \cos \theta)^2 + (y_p - A \sin \theta)^2} \quad (3)$$

ただし、 H_i : 発生したい波の波高、 k : 波数 ($= 2\pi/L$, L : 入射波長)、 $H_0^{(1)}$: 第1種0次ハネル関数である。式(2)からわかるように、 H/H_i の分布は A/L のみの関数として表される。(2) 計算結果: ここでは、実験で有効となる領域を図-3のように、造波ソースと同じ中心を持つ半径 a の円形領域として定義し、この領域内の波高は許容誤差範囲内にあるものとした。このように定義しておけば有効面積は入射角と無関係になるため、多方向からの成分波を含む波も同じ尺度で評価することができる。図-4は、波高の許容誤差 ϵ をパラメータとしたときの A/L に対する有効領域の相対半径 a/A の特性を示したものである。例えば $\epsilon = 0.1$ とした場合、造波ソースの半径 A を入射成分波の最大波長の2倍に設定すれば、 $a = 0.75A$ の領域で多方向不規則波の実験が可能になる。図-5は、波高比分布の一例として、 $A/L = 3.2$ の場合の計算結果を示したものである。図中、トーンで示した部分は $\epsilon = 0.04$ となる領域である。これらの結果からわかるように、本造波装置では、従来のサーベント型造波装置に比べて、実験における有効領域をかなり大きくとることができる。

4. おわりに

多方向不規則波を対象とした無反射型の造波装置として、円形状の造波ソースユニット群とその背後の消波装置から構成される装置を提案し、その造波性能を理論的に検討した。その結果、この方法では入射角にかかわらず同じ性能で波を発生させることができ、有効領域も従来に比べてかなり大きくできる可能性があることを明らかにした。今後、造波ソースを物理的に再現する方法について検討する予定である。

- 1) 例えば、平口博丸・清水隆夫・池野正明・田中寛好; 海岸工学論文集, 第37巻, pp.140-144, 1990.
- 2) 大山 巧・瀬岡和夫; 土木学会論文集, 第429号, pp.77-86, 1991.