

II-275 パネルセグメント型造波装置の構造と造波特性

鹿島建設㈱ 正員 今井貫爾・利穂吉彦

○池谷 毅・吉原裕美

1. 序 論

近年、わが国の運輸省港湾技術研究所をはじめ世界各国の研究機関において、方向不規則性を有する波浪を造る実験装置が導入されてきている。これらの多方向不規則波装置の大部分は、多数の造波パネルを一列に並べ、それぞれのパネルを制御することにより、多方向不規則波を造るものである。本報では、この種の造波装置を「パネルセグメント型造波装置」と呼び、その構造と造波される波の特性との関係を理論的に考察する。

現在世界各国に導入されている主要なパネルセグメント型造波装置を構造から分類すると、表-1となる。ここでは、水平方向の構造が造波される斜波の特性に与える影響を考えるものとし、不連続ピストン型と連続ピストン型との差異を論ずる。特に、新たにパネルセグメント型造波装置を導入する場合重要な検討項目となる、斜波を精度良く造波するために必要な造波パネル枚数に関して検討する。

表-1 パネルセグメント型造波装置の構造分類

鉛直方向の構造		ピストン型	フラップ型	プランジャー型
水平方向の構造	不連続型			
	連続型 (リンク型)			
		港湾技術研究所 関西電力技研他	エジンバラ大学 NHL 他	横浜国立大学他
		C E R C	—	—

2. 座標系

ここでは、簡単のため一様な水深に設置された周期運動をする、無限に長い造波装置を解析対象とする。解析に用いる座標系、及び記号を図-1に示す。

3. 基礎方程式と境界条件^{1), 2)}

流体を非粘性、非圧縮、運動を非回転と仮定し、解析の基礎方程式を次式とする。

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} = 0 \quad (1)$$

ここに、 Φ は速度ポテンシャルである。

造波板の変位 y_0 は、不連続型、連続型ともにフーリエ級数で表現し、次式で表されるものとする。

$$y_0 = \{A^c_0/2 + \sum_{m=1}^{\infty} (A^c_m \cos m \lambda x + B^c_m \sin m \lambda x)\} \cos \sigma t \\ + \{A^s_0/2 + \sum_{m=1}^{\infty} (A^s_m \cos m \lambda x + B^s_m \sin m \lambda x)\} \sin \sigma t \quad (2)$$

ここに、 $\sigma = 2\pi/T$ 、 $\lambda = 2\pi/B$ 、 T は周期、 B は造波板変位の横断方向の波長である。なお B を水路幅にとり、造波板の運動を側壁で折り返せば、完全反射側壁を有する水路内の解となる。もちろん、フー

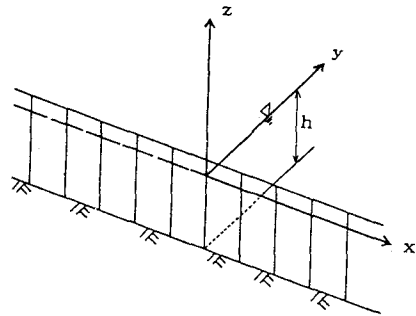


図-1 座標系・記号の定義

リエ成分である A^c_m , B^c_m , A^s_m , B^s_m は、不連続型と連続型とで異なるものとなる。

境界条件を以下の通りに設定する。

$$\begin{aligned} z=0 &: \frac{\partial^2 \Phi}{\partial t^2} + g \frac{\partial \Phi}{\partial z} = 0, & z=-h &: \frac{\partial \Phi}{\partial z} = 0 \\ y=0 &: \frac{\partial \Phi}{\partial y} = \frac{\partial y_p}{\partial t}, & y \rightarrow \infty &: \frac{\partial \Phi}{\partial r} + \frac{k}{\sigma} \frac{\partial \Phi}{\partial t} = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

4. 解析解

(1)～(3)式より得られる速度ポテンシャルは、進行波成分 Φ_p と減衰波成分 Φ_s とに分解されるが、紙面の都合上、進行波成分のみを次式に表示する。

$$\begin{aligned} \Phi_p = & [R^s_0 / 2 \cos(\gamma_0 y - \sigma t) + R^c_0 / 2 \sin(\gamma_0 y - \sigma t) \\ & + \sum_{m=1}^{\infty} \{ (R^s_m - S^c_m) / 2 \cos(m \lambda x + \gamma_m y - \sigma t) \\ & (R^s_m + S^c_m) / 2 \cos(-m \lambda x + \gamma_m y - \sigma t) \\ & (R^c_m + S^s_m) / 2 \cos(m \lambda x + \gamma_m y - \sigma t) \\ & (R^c_m - S^s_m) / 2 \cos(-m \lambda x + \gamma_m y - \sigma t) \}] \cosh k(h+z) \end{aligned} \quad (4)$$

ここに、 $\sigma^2 = g k \tanh k h$, $\gamma_m^2 = k^2 - m^2 \lambda^2$, $R^c_m = X A^s_m$, $S^c_m = X B^s_m$, $R^s_m = -X A^c_m$,

$S^s_m = -X B^c_m$, $X = 4 \sigma \sinh k h / \{ \gamma_m (2 k h + \sinh 2 k h) \}$ である。

5. 解析結果

ここでは、無限に長い不連続型及び連続型造波装置により造られる斜波の目標波向き角成分と、目標からずれる成分の最大値が造波板枚数によりどのように変化するかを検討した。図-2 に $h=1.0\text{m}$, $T=1.0\text{秒}$, $\lambda=3.2\text{m}^{-1}$ の条件で、単位振幅の造波板変位により造られる速度ポテンシャルの両成分の振幅を示す。

これをみると、目標波の振幅は二つの造波型式ではほぼ同一となるが、目標波からずれる成分については、連続型は不連続型の約半数のパネル枚数により同一の精度の波を造ることが可能であることがわかる。

6. 結論及び今後の課題

本報では、線形ポテンシャル理論に基づき、連続型、及び不連続型パネルセグメント型造波装置により発生

される波の特性について解析した。その結果、同一の造波パネル数で発生される斜め波は、理論的には連続型の方が、不連続型より目標波に近いことが明らかになった。

今後、今回の理論的な検討を進展させ、任意の反射率を有する水槽側面の存在を考慮できる理論を導くと同時に、実験的にこれらの解を検証する必要があると考えている。また、有限長の造波装置により発生される多方向不規則波は、目標とする方向スペクトルを有する範囲が狭く限られる。パネルセグメント型造波装置を実務レベルの実験に使用するためには、より広い範囲で目標とする方向スペクトルを確保する必要がある。この目標にかなう造波装置の配置や側壁の処理を考えて行きたい。

<参考文献>1) Takayama, T. (1982): Theoretical properties of oblique waves generated by serpent-type wavemakers, Report of the Port and Harbour Research Institute, Vol. 21, No. 2, pp. 3-48.

2) Sand, S. E. (1979): Three-dimensional deterministic structure of ocean waves, Institute of Hydrodynamics and Hydraulic Engineering, Series Paper 24, Technical University of Denmark, 177p.

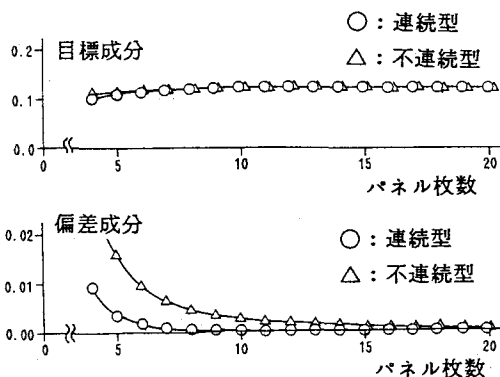


図-2 速度ポテンシャルの目標波向き角成分と偏差成分の最大値とパネル枚数