

○正会員 大成建設(株) 技術研究所水理研究室

勝井秀博

大成建設(株) 技術研究所情報化施工研究室 小山 哲

1. はじめに

プランジャー式造波機は造波効率の計算が複雑で、かつ従来の方法では無限水深の領域においてのみ可能であり、長周期の造波効率が悪い等の理由から他のピストン式、フラップ式に比べて少ない。一方、造波機の設計に当っては従来、造波効率の面のみが重視され発生した波形の良悪については無視されてきた。また、浅水条件での造波効率を向上させるために造波部の水路底部を掘り下げた場合などは、斜面部分によって波の反射やソリトン発生等による波形の歪みが生じる恐れがある。このような状況にあって近年数値計算が目ざましく発達し、従来解析的には不可能であった複雑な境界条件でも計算することができるようになった。本報告はプランジャー式造波機の設計計算に当ってBEMを適用し、プランジャーの形状、吃水、水深、水底の形状などが造波効率や発生波形に及ぼす影響を検討したものである。

2. 造波問題の定式化

図-1に示す2次元水槽の左上部にプランジャーが設置されており、これに上下運動を与えて波を発生させ、任意の地点における波形及び造波効率を求める。ここで、水位変動の振幅とプランジャーの振幅を ζ_{max} 、 E で表わし、造波効率を $\bar{A} = \zeta_{max}/E$ で定義する。ここで、流体は非粘性、非圧縮性の完全流体であり非回転運動であるとすれば速度ポテンシャル ϕ が存在し、支配方程式及び境界条件は次の様に与えられる。

$$\nabla^2 \phi = 0 \quad : \Omega \text{ 内}$$

$$\zeta_t = \phi_z - \zeta_x \phi_x \quad \phi_t = -g\zeta - (\phi_x^2 + \phi_z^2)/2 \quad : S_1 \text{ 上}$$

$$\phi_b = f(x, z, t) \quad : S_2 \text{ 上} \quad \phi_b = 0 \quad : S_3 \text{ 上}$$

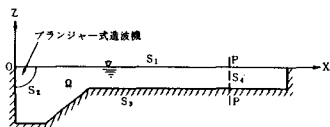


図-1 2次元水槽の概念図

ただし、 g は重力加速度、 ζ は水面変位、 f はプランジャー面における外向き法線方向の速度。ここで、重みつき残差法により境界上の積分方程式に変換し、線形要素を使って離散化を行なう。そして、定常問題に関しては時間項を除去した形で表わし、さらに S_1 において非線形項を無視し、造波機より十分離れた位置(2〜3波長以上)に仮想境界を設け、ここでは x の正方向に進む進行波しか存在しないものと仮定して定式化を行なう。次に、非定常問題に関しては摂動法を用いて定式化を行なった。

3. 造波効率に影響を及ぼす要因

造波効率に影響を及ぼす要因として、プランジャー形状、吃水、斜面勾配、斜面位置を考えた。

3.1 プランジャー形状

一定水深1.3m、吃水0.9mの条件で3つの形状に属して計算を行ない田々の無限水深による結果との比較を図-2に示す。

3.2 吃水

一定水深1.3m、Lewis form形状の条件で3つの吃水に関する比較を図-3に示す。

3.3 斜面の勾配

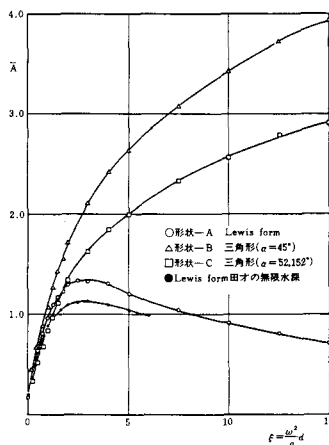


図-2 プランジャー形状による影響

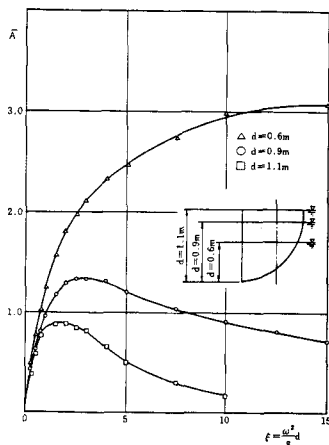


図-3 吃水による影響

上述と同様の Lewis form, 吃水 0.9 m の条件で図-4 に示す4種類の斜面勾配に關して $\xi=1.0, 3.0$ における波高分布を計算した。

3.4 斜面の位置

図-5 に示す様に斜面の上端部を ± 2 m ずらした3種類に關して $\xi=1.0, 3.0$ における波高分布を計算した。

4. 実験との比較

実験は当社技術研究所の海洋沿岸水槽を用いて斜面勾配 $1/5.7$ 及び $1/1.5$ について行った。

4.1 造波効率

実験結果より水深 1.3 m, 吃水 0.9 m, Lewis form の条件で $\xi=2.545, 2.84$ における計算結果との比較を図-6 に示す。

4.2 非線形の波形

Lewis form のプランジヤー, 斜面勾配 $1/1.5$ に關する水深 1.3 m, 吃水 0.9 m, 振幅 0.2 m, 周期 2.58 秒 (Case-1) と水深 0.3 m, 吃水 0.6 m, 振幅 0.025 m, 周期 2.42 秒 (Case-2) の2ケースの実験結果と BEM による非定常非線形波 (2 次近似) の比較を図-7 及び図-8 に示す。

5. まとめ

BEM の適用によって任意形状のプランジヤーに対して造波部底面の影響を考慮した計算が可能である事が確かめられた。計算及び実験の結果を以下に要約する。(1) 造波部近傍の水底形状に關しては, プランジヤー底部と水底との空間が小さい程造波効率が増加する (2) 造波部近傍の斜面は造波効率に影響を及ぼすがある程度 (本計算ではプランジヤー幅の約 2.4 倍以上) 離れると斜面の位置や勾配の影響は無視できる (3) 線形計算による local wave はプランジヤー前面のごく近傍 (1 波長程度) に限られ, 斜面の上端部の位置とは無関係である (4) 造波効率に關する実験値と計算値は大旨良一致である。しかし, 短周期になると実験値の方が約 10% 低下する (5) 非線形計算による波形は非線形性が強くなると 2 次近似では精度が落ちる

参考文献

- 1) 神谷, 田中, 田中共訳: 境界要素法入門, 培風館, 1980
- 2) 井島武士: 周辺積分による水面波境界値問題の数値解析法, 水工学シリーズ, 1983
- 3) 田中福造: 耐航性に関するシンポジウム, 日本造船学会, 1969

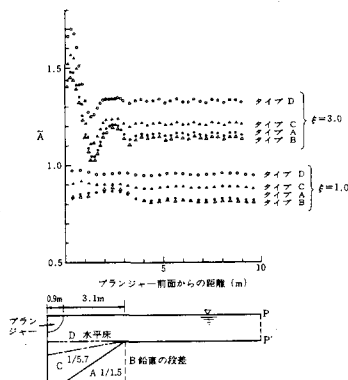


図-4 斜面の勾配による影響

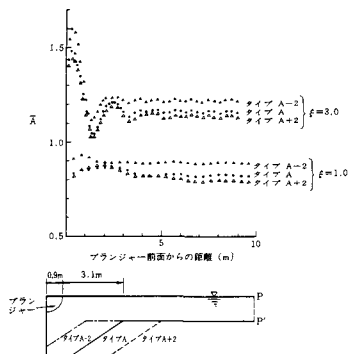


図-5 斜面の位置による影響

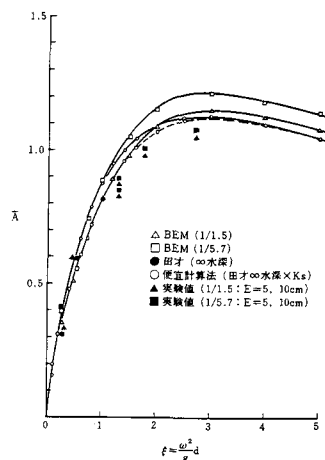


図-6 実験との比較

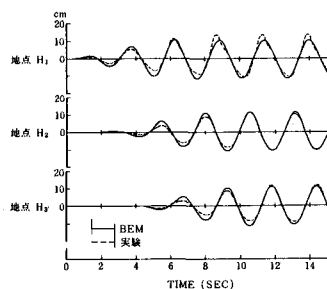


図-7 波形の比較 (Case-1)

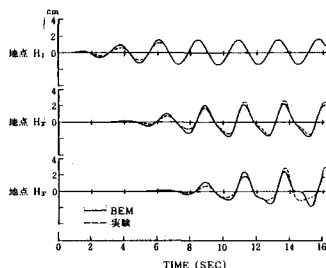


図-8 波形の比較 (Case-2)