

愛媛大学工学部 正員 中村 孝幸

愛媛大学大学院・学生員 谷 浩明

1. まえがき: 既²⁾に著者は 軸対称グリーン関数を用いた任意な軸対称物体まわりの波高分布並びに波圧分布の算定法について明らかにし, 直円柱および半潜水円柱を対象に MacCamy シヤ 境界移接法による Black の算定結果との比較の上で算定法の妥当性を検証した。ここに引き続き 本研究ではこの解析法に基づき, 内部に十分な利用スペースを与え海洋土木工事の施工並びに外洋での養殖漁業の開発と容易なしめると考えらる環状浮体を対象に その水理学的な機能と理論的に検討したものである。また工学設計の目的から環状浮体まわりの波圧分布が必要となるが, ここについて浮体の動揺効果を含め明らかにした。

2. 環状物体まわりの回折波問題: 1) 波高分布並びに波圧分布の算定法: 固定した環状浮体に速度ポテンシャル ϕ と有する微小振幅波が入射しるときに生じる回折波ポテンシャル ϕ_d は, 考えている場の境界条件と満足するグリーン関数 f のわき出し関数 G と未知関数のわき出し分布関数 f_m を用いて(2)式のように表示できる。

$$\phi_d(x, y, z) = \frac{1}{2\pi} \iint_{A(x, y, z)} f(x, y, z) \cdot G(x, y, z; X, Y, Z) dA(X, Y, Z) \quad (2)$$

ここで $A(X, Y, Z)$ はわき出しを分布させる物体表面であり, (x, y, z) は ϕ_d を求めようとする点である。本研究で取り扱う軸対称物体では ϕ_d は物体まわりのフーリエ余弦展開で, 各フーリエモード m についてのフーリエ係数 ϕ_{dm} と ϕ_{dm} に関する運動学的境界条件よりフーリエモード m のわき出し分布関数 f_m が決定される。そしてこの f_m を用いて (2)式を分して任意点の回折波ポテンシャルは(4)式のように表示できる。

$$\phi_d(r, \theta, z) = \frac{1}{2} \sum_{m=0}^{\infty} \left\{ \int_0^{\pi} f_m(R, Z) \cdot G_m ds \right\} \cos m\theta = \sum_{m=0}^{\infty} \phi_{dm} \cos m\theta \quad (2)$$

ここで s は物体の回転曲線である。そして本研究では 任意形状を対象にすることから回転曲線 s と線素 ds を分割して中央点近似による数値方程式により以下の算定を行なっている。(2)式より任意点での ϕ_d が求まれば, 入射波と回折波の合成振中 ζ は(3)式で, 物体表面上での変動波圧の振中 P は(4)式で求められる。

$$\zeta(r, \theta, z=0) = -\frac{i\omega}{g} (\phi_d + \sum_{m=0}^{\infty} \phi_{dm} \cos m\theta) \quad (3)$$

$$P(R, \theta, Z) = -\frac{i\omega}{g} (\phi_d + \sum_{m=0}^{\infty} \phi_{dm} \cos m\theta) \quad (4)$$

2) 算定結果: まず最初に ϕ_{dm} の収束性を検討するため, 図-1に示す中空円柱を対象に $\phi_{dm}/\sum_{m=0}^{\infty} \phi_{dm}$ の M による変化を調べた。これを各 D/L ごとく示すのが図-2である。これより $\sum_{m=0}^{\infty} \phi_{dm}$ は M の増大につれて急速に収束し, その収束は D/L が小さいほどよいことがわかる。本研究では実用的な観点より $\phi_{dm}/\sum_{m=0}^{\infty} \phi_{dm}$ が1%以下となる M を ϕ_{dm} の無限級数収束の上限値として採用し, (2)式の ϕ_d を求めることとした。図-3は各 D/L について中空円柱の中心を通る入射軸上の合成振中の変動と入射波の振中 a を無次元化して示すものである。これより入射波に対して十分な遮蔽効果を持つ a は D/L の値が1.3/まではこれより小さくなると堤体内で重複波長形に近くなり $D/L=0.39$ a値と極値として増中し, さうく $D/L=0.30$ では一様に変動しているこ

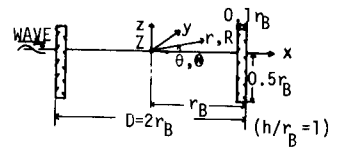


図-1 中空円柱

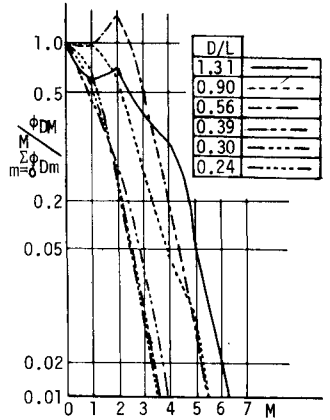


図-2 ϕ_{dm} の収束性

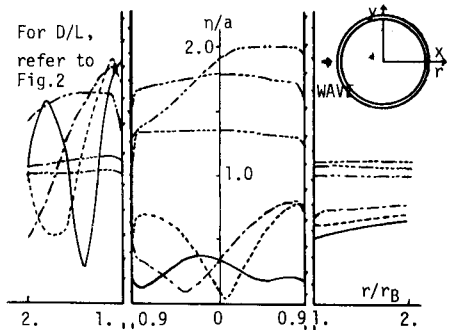


図-3 固定中空円柱まわりの波高分布

とわかる。一方、図4は中空円柱まわりの波圧分布に基づき入射波方向から10°ごとに区切られ各断面に作用する局部波力の振中の分布を示すものである。これより波力分布は堤体まわりの波高分布の影響を大きく受け、また D/L が小さくなるにつれて各断面の局部波力の差が小さくなることとわかる。

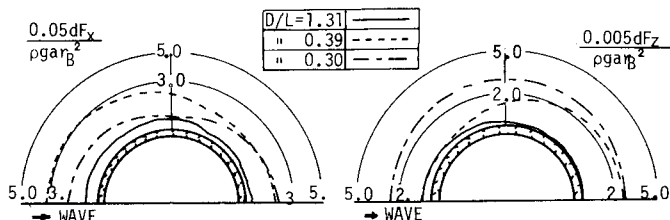


図-4 固定中空円柱まわりの波力分布

3. 環状浮体の運動に基づく波散波問題：水深 h の静止流体中で環状浮体が重心まわりの角振動数 ω で surging, heaving, pitching 運動する時に発生する波散波並びに波圧分布は上記2.の回析波問題の解析法と類似した手法により求むことができる。

この場合 解析の大きな相違点は

① 波散波ポテンシャル ϕ を求める際の運動学的境界条件

② ϕ_m の m について heaving 運動の場合0のみで, surging, pitching 運動の場合1のみでよいことである。

図5, 6, 7は その一例として図に示す環状浮体が各運動を行なうとその本解析法による切体まわりの波高分布並びに前述の局部波力の分布と無次元振動数 $\omega^2 r_B/g$ と変化させて示すものである。これらの図より surging 運動による堤体内の波高は heaving, pitching 運動の場合に比べはるかに大きいことがわかる。また surging, pitching 運動では同じ $\omega^2 r_B/g$ の値で波高の極値を示すなど類似した傾向が見られるが, heaving 運動では異なる $\omega^2 r_B/g$ で極値を示し、その波高分布も他の運動に比べ複雑であることがわかる。また波力分布では、全運動において水平波力分布に波高分布と同じ傾向が見られる。従って波力が極値を示す振動数をもつ入射波については、設計にあたり十分な注意を払う必要がある。

4. 結語：以上 軸対称グリーン関数を用いた環状浮体まわりの波高分布並びに波圧分布の算定を行なってきた。そして環状浮体では回析波問題において入射波の周期による堤体内の波高が逆に増大すること、波散波問題では切体形状に依り固有振動数に似かよった値で大きな波高と波圧を示すことなど、新たな知見が得られた。今後さらに実験的な面より検証を加え、切体の形状をさらに変化させて堤体内の静穏化を目的とした解析を進めていきたい。

参考文献

- 1) 中村孝幸, 谷 浩明：わき出し分布法による直円柱まわりの波高と波圧分布の算定法, 土木学会中国四国支那年次学術講演会報告集, 1982年5月

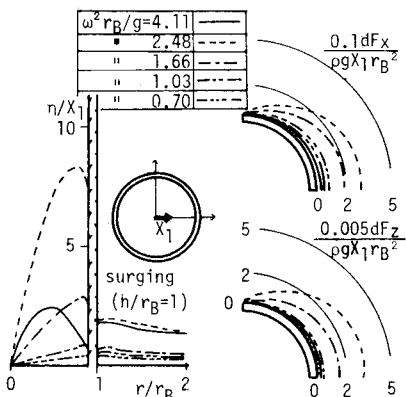


図-5 波散波並びに波力分布(surging)

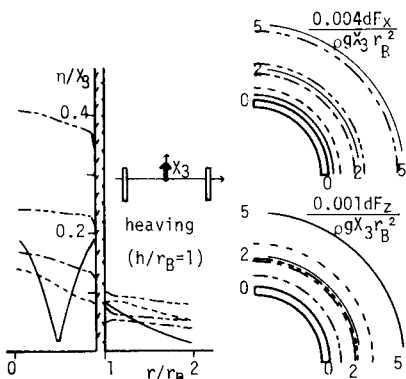


図-6 波散波並びに波力分布(heaving)

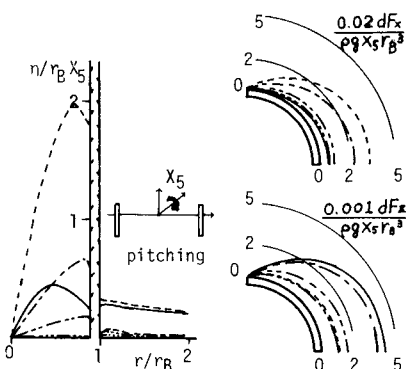


図-7 波散波並びに波力分布(pitching)