

グリーン関数法における定常波漂流力の計算精度に関する研究

京都大学工学研究科 学生員 ○道端剛
 京都大学工学研究科 フェロー 渡邊英一
 京都大学工学研究科 正会員 宇都宮智昭

1. 研究目的

浮体構造物を海上に設置する場合、構造物を場に留めるための係留系の設計に注意を払わなくてはならない。この際、波漂流力の評価が重要となる。波漂流力を解析する手法としては、遠場法と近場法の2手法が知られている。ここで、この2手法によって求められた波漂流力の値は、単独物体かつ一定水深において、完全に一致する必要があるが、物体表面に角点や稜線を有する場合、誤差を生じやすいことが一般に確認されている。そこで本研究では、この誤差の原因を特定し、精度評価を行うことを目的とする。

2. 解析理論¹⁾

2.1 遠場法 浮体構造物近傍における運動量とエネルギーが、無限遠に設定した円筒検査面における流体の運動量とエネルギーに等しいとする運動量保存側とエネルギー保存側を用い波漂流力評価式は次式である。

$$\bar{F}_x = \rho \frac{K}{4\pi\kappa_0} C_0 C_1^2 \int_0^{2\pi} H \cdot H^* (-\cos\beta - \cos\theta) d\theta \quad (1)$$

$$C_0 = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2\kappa_0 h}{\sin 2\kappa_0 h} \right), \quad C_1 = \frac{\kappa_0^2}{(\kappa_0^2 - K^2)h + K}$$

$$H(\kappa_0, \theta) = \int_{S_0} \left(\frac{\partial\phi}{\partial n} - \phi \frac{\partial}{\partial n} \right) \frac{\cosh\kappa_0(\zeta+h)}{\cosh\kappa_0 h} \exp[i\kappa_0(\xi\cos\theta + \eta\sin\theta)] dS$$

ここで、K は ω^2/g 、 β は x 軸と入射波のなす角、 S_0 は浮体構造物表面、 H^* は H の複素共役、 κ_0 は波数である。

2.2 近場法 浮体構造物に作用する圧力を時々刻々と変化する浮体構造物の浸水表面にわたって直接積分することによって求められ次式で表される。

$$\bar{F}_H^{(2)} = -\frac{1}{2} \rho \int_{S_H} |\nabla\Phi^{(1)}|^2 \begin{pmatrix} n_x \\ n_y \end{pmatrix} dS + \frac{1}{2} \rho g \int_{C_H} \zeta^{(1)2} \begin{pmatrix} n_x \\ n_y \end{pmatrix} dl \quad (2)$$

ここで、 n_x 、 n_y は浮体表面における法線ベクトル、 S_H は浮体構造物側面、 C_H は静水面と浮体の交線である。

3. 解析結果及び考察

前節の(2)式の計算を行うにあたって、物体上の未知のポテンシャルの計算に用いたのは、境界要素法である。要素の分割は、8 節点 2 次四辺形要素で行っ

ている。この時、ポテンシャルについての空間微分を行い、その微分値を二乗したうえでそのパネルについて積分を行っている。本節では、各節点のポテンシャルおよび各要素のポテンシャルの微分値が、浮体構造物表面において、特に角部分でどのように分布しているのか構造物側面の S 軸に沿って調べることによって波漂流力の誤差の原因を特定し、プログラムの妥当性を検証する。図 1 に座標系を示す。入射波は x 軸の正の方向から入射させる。この時、波漂流力は本来負の値になるが、今回は便宜上、正とする。図 2 のモデル A のように、角部分を円弧に置

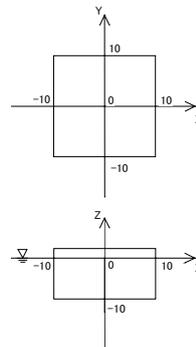


図1 浮体構造物の座標系

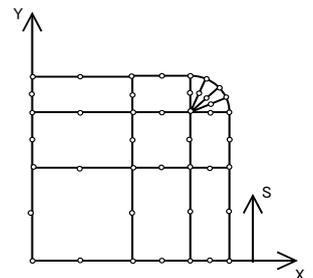


図2 モデル A

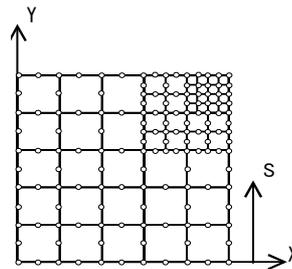


図3 モデル B

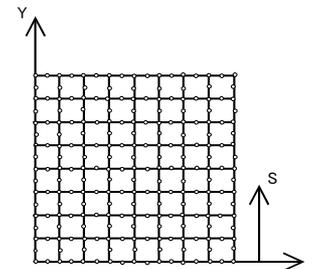


図4 モデル C

き換え、ポテンシャル Φ 、鉛直方向速度および水平方向速度を考察した。水深は 10m である。それを図 5、図 6 および図 7 に示す。これよりポテンシャルと鉛直方向速度はなめらかであった。水平方向速度については、円弧部分で急激な変化をしており、これが波漂流力の値に何らかの影響を及ぼしていると予想される。次にモデル B に示すように、水平方向速度の分布を正確に表現するため、角部分に注目してパネルの細分割

を行った。水深は 100m である。図 8 に水平方向速度の分布を示す。これより、角点において急峻な変化をしているものの、ある有限値をもっており、むしろ平面部分に不連続点が存在していることがわかった。これは境界要素法において形状関数が二次関数であるため、速度分布が一次関数になりパネル間の連続性を適切に表現できなかつたと考えられる。次にモデル C のように平面部分も含めた構造物全体の要素分割を細かくしていき考察を行った。水深は 10m である。図 9 に遠場法、近場法による波漂流力を、図 10 に水平方向速度を示す。図 9 より $\kappa a = 1.2$ 以上 ($f = 0.16$ Hz 以上) の範囲において、波漂流力の値がほぼ一致しており、図 10 より平面部分における速度分布の上下変動が小さくなっていることがわかった。

4. 結論

浮体構造物側面において、水平方向速度の連続性は稜線近傍においても保たれており、必ずしも、稜線近傍のみが誤差の原因ではなく、一般部分に問題があることが分かった。すなわち、パネル分割の細かさが波漂流力の精度に大きく影響していることが分かった。

参考文献

- 1) 高木又男, 新井信一：船舶・海洋構造物の耐波理論, 成山堂, 1996

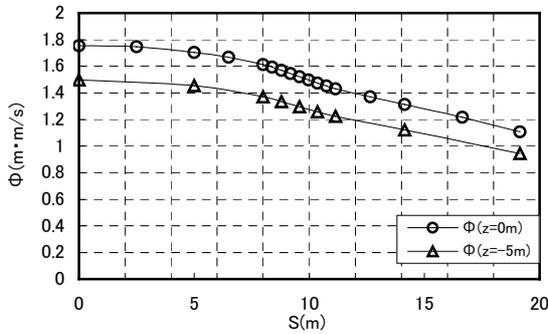


図 5 モデル A のポテンシャル

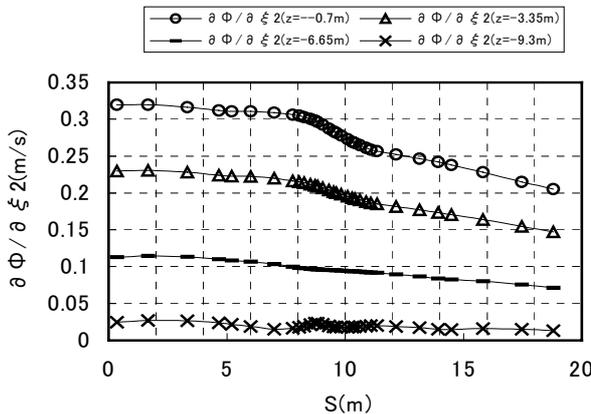


図 6 モデル A の鉛直方向速度

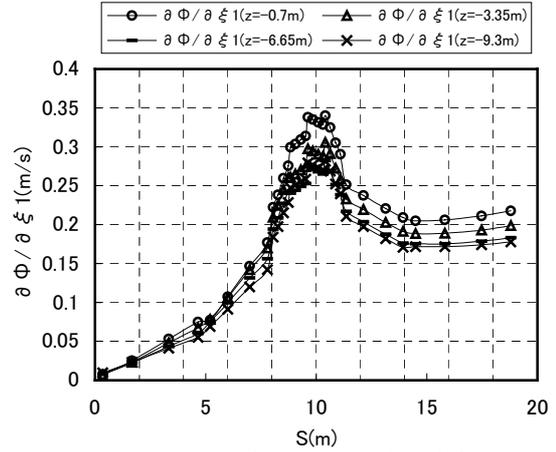


図 7 モデル A の水平方向速度

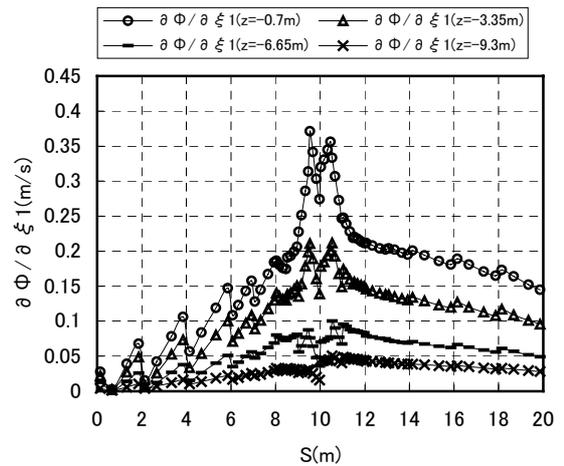


図 8 モデル B の水平方向速度

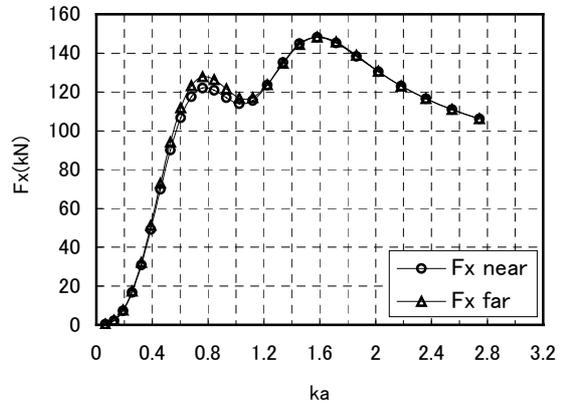


図 9 モデル C の波漂流力

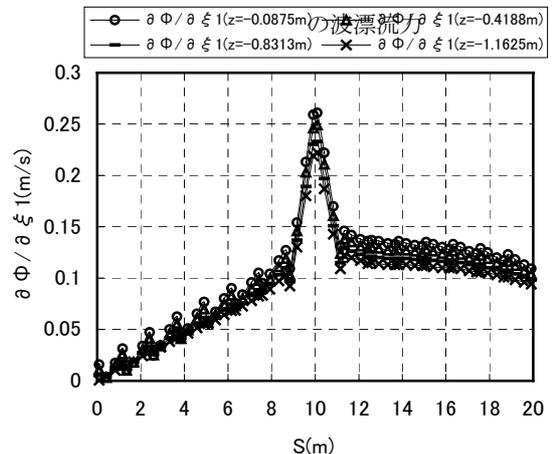


図 10 モデル C の水平方向速度