

2 浮体間のギャップが波強制力に与える影響に関する基礎的研究

A Fundamental Study on Gap Effects on Wave Exciting Forces on Side-by-Side Arranged Floating Bodies

○茂筑雄大¹, 居駒知樹², 相田康洋²*Yudai Mochiku¹, Tomoki Ikoma², Yasuhiro Aida²

Abstract: When there is a gap between two floating bodies, the wave behavior becomes more complicated and it is necessary to study in more detail how the occurrence of trapping phenomenon affects the hydrodynamic forces acting on the floating bodies. In this study, the gap width and the length of the floating body are varied using the hybrid boundary element method, and it is confirmed that the effect of the wave force acting on the floating body increases as the gap width and the length of the floating body increase.

1. 諸言

船舶や海洋構造物が近接して係留されている状態や岸壁に接岸されている状態の間に形成された水面の波の挙動は複雑になる。これは浮体間のギャップでの水波の共振の影響でトラッピングとも呼ばれる。

トラッピングを伴う波力の推定については、線形理論では過大評価もしくは過小評価されることが懸念され、浮体の動揺量の評価が十分な精度で行われない可能性がある。そこでギャップ内の共振が浮体に作用する波力を与える影響を改めて考察することを本研究の目的とした。線形波力のみならず、将来的には非線形波力である波漂流力特性などへの影響を考察できるようにする必要がある。特に、後者についての知見はほとんどないといえる。

数値計算力学(CFD)を用いた計算があるがその評価方法は一長一短であり、必ずしも有効な評価方法にならない。また、ポテンシャル理論を扱う研究は少ないため検討の余地がある。Tan^[1]らは、2浮体による壁の摩擦と流れの分離によって引き起こされるエネルギー損失を考慮することにより粘性減衰モデルの開発を検討した。この研究は2次元問題として扱っており、ギャップの形状が水波の共振や流体の振幅、固有振動数に大きく影響することを明らかにした。

本研究はFPSOとシャトルタンカーなどの規模を想定した隣接する2浮体に作用する波強制力やラディエーション流体力の係数に与えるギャップ距離の影響、浮体長さ、波向きの影響によるそれらの変化の特性を3次元問題として扱い整理する。

2. 研究手法

本研究では3次元線形ポテンシャル理論を適用し、数値計算にハイブリッド型境界要素法を用いて個々のユニットに作用する流体力を算出した。Fig.1に浮体模

型の概要図を、Table 1に浮体模型の諸元を示す。本研究で対象とする浮体は簡便な形状に近似した5つの形状(Case2~6)を浮体長さやギャップ幅を変化させ、それぞれ比較し合わせて1浮体(Case1)も比較する。入射角は長手方向に垂直となる横波とし、波強制力として算出する。水深 $H=3$ m, 喫水 $d=0.18$ mとし、角周波数 $\omega=1.00\sim 10.0$ rad/sの0.10刻みで計算した。

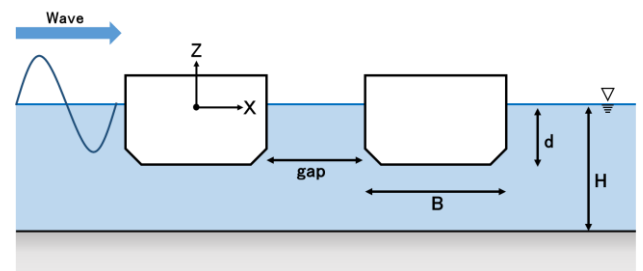


Figure 1. Schematic of numerical model

Table 1. Specifications of numerical floating models

	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
L(m)	2.47	2.47	2.47	2.47	3.5	5.0
B(m)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Gap(m)		0.12	0.2	0.36	0.2	0.2

3. 計算結果

2浮体のCase2~5はそれぞれ波上側の浮体をA、波下側の浮体をBとする。Heaveの波強制力の結果をFigs. 2-5に示す。横軸は無次元周波数、縦軸の波強制力の無次元値である。 ρ は流体密度、 g は重力加速度、 a は入射波振幅である。

3. 1 ギャップ幅の波強制力への影響

1浮体のCase1と2浮体のCase2とした波強制力の比較をFigure.2に示す。1浮体では高周波数側波強制力が低下していく。1浮体と2浮体のAとBを比べると、1浮体の時よりもギャップがある時の波

強制力が大きくなる。

3. 2 ギャップ幅による波強制力の影響

ギャップ幅が異なる Case 2, Case 3, Case 4 の波強制力の比較を Fig.3 に示す。ギャップ幅が 0.12 m (Case 2) では、無次元周波数 1.9 付近で波強制力のピークを確認できる。ギャップ幅が 0.20 m (Case3)では、波強制力の最大値が小さくなり無次元周波数 1.7 付近にピークがあるため、共振周波数のずれを確認できる。また、ギャップ幅が 0.36 m (Case 4)では、無次元周波数 1.5 と 3.0 付近で波強制力が跳ね上がる。無次元周波数 3.0 よりも 1.5 の波強制力が大きくなった。これはギャップ幅が広がるほど波の共振周波数が低周波数側に移動し、さらに現象そのものが小さくなるためである。

3. 3 浮体長さの波強制力への影響

浮体長さが異なる Case 3, Case 5, Case 6 の波強制力を比較し Fig.4 に示す。この場合、無次元周波数 1.7 付近の同じ位置でピークを確認できる。浮体長さで比較すると、浮体長くなるほど波強制力の最大値が大きくなる。ギャップ内での水波共振現象は浮体が長くなるほど安定しやすくなり、増幅されやすいと推察でき、波強制力への影響も大きくなるといえる。

3. 4 波向きの変化する波強制力への影響

Case 2 の設定において入射角を変化させたときの波強制力 Fig.5 に示す。長手方向に入射する 0°から幅方

向に入射する 90°まで 30° 毎に計算した。0°入射ではギャップの影響が小さく、90° 入射で波強制力への影響が大きくなる。これは横波(90°)では波上側の浮体による遮蔽効果が顕著であるためである。しなしながら、縦波中においてもギャップ間の共振によると思われる波強制力のピークは見られる。

4. 結言

本研究では線形ポテンシャル理論において、2 浮体のギャップが波強制力に与える影響をギャップ幅、浮体長さ、波向きを変化させることで以下の知見を得た。

- 1) 2 浮体間のギャップはそこでの水波の共振現象により波強制力特性を大きく変化させる。
- 2) ギャップが広がるほど波強制力のピーク周波数は低周波数側へと変化するが、共振の工事モードが対象周波数領域内に現れることも確認された。
- 3) 浮体長さが長いほどギャップの波強制力への影響は大きくなることを確認した。

参考文献

[1] L.Tan., L.Lu, G.-Q. Tang, L. Cheng, X.-B. Chen, “A viscous model for piston mode resonance,” Cambridge University Press 2019, pp.510-533, 2019
 [2]久保雅義, 斎藤勝彦, 大音宗昭, 芳田利春: 接近して係留された 2 浮体の波浪動揺に関する研究, 海岸工学論文集, 第 38 巻, pp.766-770, 1991

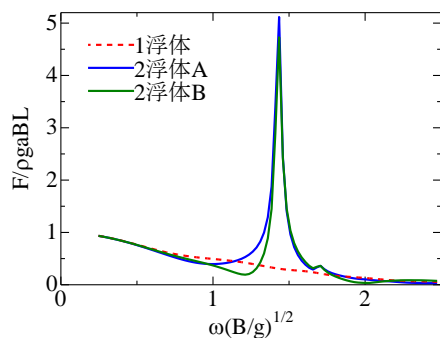


Figure 2. Exciting force of heave

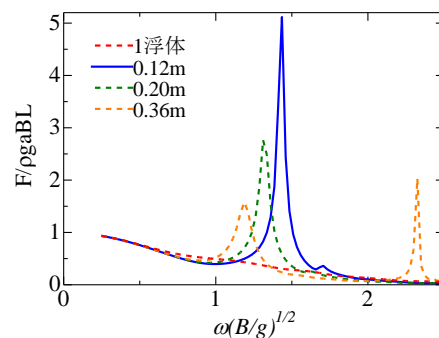


Figure 3. Exciting force of heave for gap

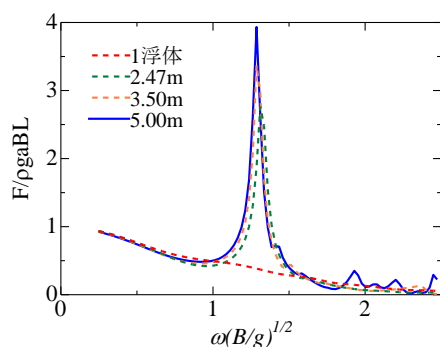


Figure 4. Exciting force of heave for length

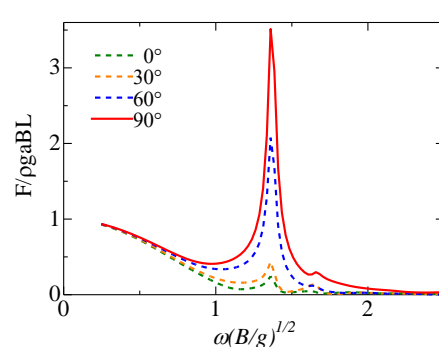


Figure 5. Exciting force of heave for incidence wave