

新日本製鐵(株)

正会員 妙中 真治

京都大学大学院工学研究科

フェロー 渡邊 英一

京都大学大学院工学研究科

正会員 宇都宮智昭

1.研究目的

近年、長周期動揺、特に弱い流れ共存下での研究に注目が集まりつつあるが、大型ポンツーン浮体構造物を対象としたものはあまり見あたらない。浮体構造物が大型化すると質量が大きくなるため、その固有周期は長周期化してしまい、小さい構造物よりも長周期動揺時に共振などの問題を起こす可能性が高くなる。また大型ポンツーン浮体では平面面積が大きくなり剛性が相対的に低下するため浮体構造物を弾性体として扱うことが必要となる。そこで本研究では長周期動揺する構造物を弾性体として扱い、長周期動揺に相当する速度でゆっくりと進行しているものと仮定し解析を行う。これは逆から見れば進行速度に相当する流れが浮体構造物に作用していることに他ならない。大型浮体構造物では wave drift damping が長周期動揺時に非常に大きな影響を及ぼすと考えられるが、本研究は弾性大型浮体構造物に対する wave drift damping の解析を行うための重要な前段階的研究として位置づけられるものである。

2.研究手法及び理論

解析手法としてはポテンシャル理論で定式化を行い、高次境界要素法を用いて解析を行う。定式化の方法は Nossen¹⁾ら及び Newman²⁾の方法に従うものとし、解析モデルを Fig.1 に示す。浮体モデルは無限水深海域を進行速度 U で前進しながら角周波数 ω の入射波を受け、角周波数 σ で振動するものとする。この時、二つの角周波数は $\omega = \sigma + Uk \cos \beta$ の関係である。但し β ; 入射角度, k ; 無限水深での入射波の波数とする。

流れの無い場合、速度ポテンシャルは diffraction ポテンシャル ϕ_D と radiation ポテンシャル ϕ_R の和として与えられるが、流れ共存下では新たに進行速度 U に対応した流れのポテンシャル ϕ_s が加えられる。但し、進行速度 U は時間に依存せず一定とする。Nossen¹⁾らの論文では流れのポテンシャルを擾乱のポテンシャルと一様流のポテンシャルの和として表しているが、本研究では第一近似としての解析を行うことを前提に、流れのポテンシャルを一様流のポテンシャルのみで $\phi_s = -Ux$ とした。この時、自由水面の境界条件は流れの影響を含み以下になる。

$$-\sigma^2 \phi - 2i\sigma U \frac{\partial \phi}{\partial x} + g \frac{\partial \phi}{\partial z} = 0 \quad (\phi = \phi_D \text{ or } \phi_j, j=1 \cdots 6) \quad (1)$$

ここで、 i ; 虚数単位, j ; 1~6 の剛体運動モード, g ; 重力加速度とする。浮体表面での境界条件などは流れのない場合と同じである。これらの境界条件式より得られる積分方程式は、流れ場のない場合と同様な形となる。

$$4\pi\phi_j(x_0) + \iint_{S_v} \left\{ \phi_j \frac{\partial G}{\partial n} - \phi_j(x_0) \frac{\partial G_0}{\partial n} \right\} dS = \begin{cases} 4\pi\phi_0 & (j=D) \\ \iint_{S_v} G n_j dS & (j=1 \cdots 6) \end{cases} \quad (2)$$

Green 関数 G は流れ場を考慮し、式(1)を満たすものとなる。ここで x_0 ; ソース点, n_j ; 浮体表面での法線とする。また弾性体への拡張については、浮体モデルを両端自由梁のモード関数の組み合わせにより表現し、radiation ポテンシャルの浮体表面上での境界条件をそれぞれのモードについて与えることにより行った。

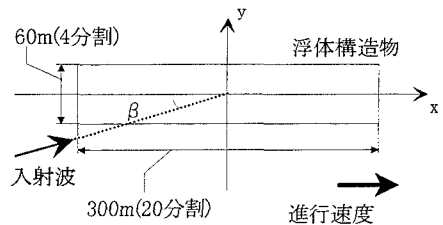


Fig.1 解析モデル

Table1 浮体モデルの諸元

体積弾性率	$15.7 \times 10^6 \text{ kNm}^2$
ポアソン比	0.3
流体密度	1.025 ton/m^3
喫水	0.50m (1分割)

Key Word 流れ場, 一様流, 高次境界要素法, 大型弾性浮体

〒606-8501 京都市左京区吉田本町 Tel075-753-5079 Fax075-753-5130

3. 解析結果

解析モデルの諸元を Table3 に示す. 解析は三次元モデルで行ったが入射角を $\beta=180^\circ$ に限定しているため, 特に弾性変形が顕著に現れる x 軸上での二次元グラフとして表している. まず Fig.2 から Fig.5 に入射波の周期を変化させた時の, 入射波の片振幅に対する最大鉛直応答変位を示した. 流れの有無での比較として進行速度は $U=0.0$ or 1.0m/sec としている. 入射波の周期 8 秒から 10 秒付近で流れの影響が特に入射逆端部に見られる. しかし入射端部ではほとんど変化していない. 入射波の周期 8~10 秒付近で比較的流れの影響を受けていることから, 次に入射波の波長を 100m (入射波周期は約 8 秒) とした時の流れの強さによる比較を行い, 結果を Fig.6 および 7 に示した. 流れの強さの影響は長周期動揺時での評価のみならず潮流などの影響の評価につながるものと考えている. Fig.7 の結果から浮体モデルの鉛直変位は進行速度の大きさによる影響を受けていると考えられるが, Fig.6 の結果からは進行速度の大きさの影響を受けておらず, 進行速度の有無のみが問題となっている.

4. まとめ

本研究では長周期動揺時の波浪応答解析の前段階として弱い流れ共存下での影響を調査したが, それぞれの結果より, 流れの方向や入射波の周期などによっては流れの影響を受けることがわかった. しかし本解析では流れを一樣流として評価していることなど近似的な解析しか行わっておらず, 流れの影響を厳密に評価する上では更なる解析が必要であると思われる.

参考文献

- 1) Nossen, Grue and Palm: Wave forces on three-dimensional floating bodies with small forward speed, J.Fluid Mech., vol.227, pp.135-160(1991)
- 2) Newman: The theory of ship motions, Advances in Applied Mech. vol.18, pp.221-228(1978)

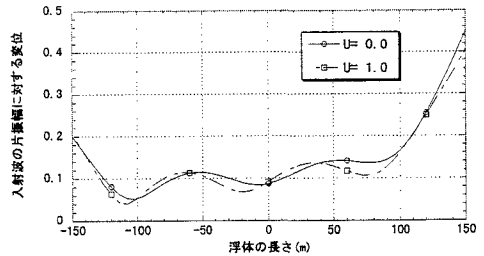


Fig. 2 流れの有無による比較 (T=6.0sec)

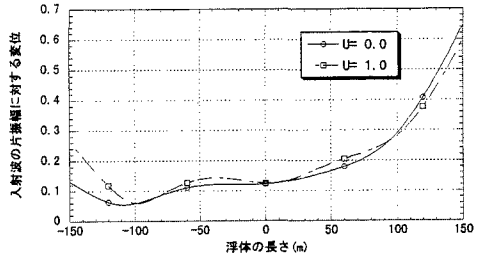


Fig. 3 流れの有無による比較 (T=8.0sec)

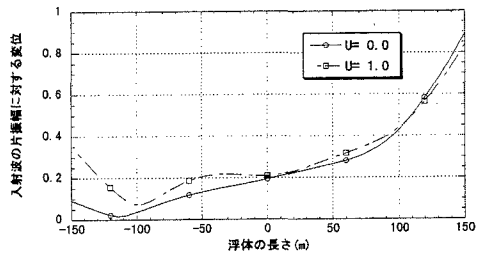


Fig. 4 流れの有無による比較 (T=10.0sec)

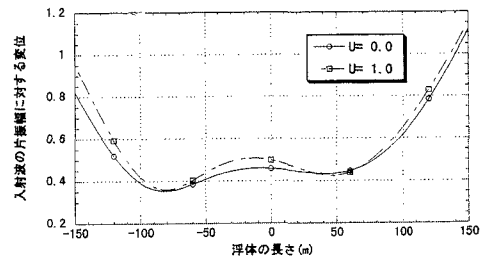


Fig. 5 流れの有無による比較 (T=12.0sec)

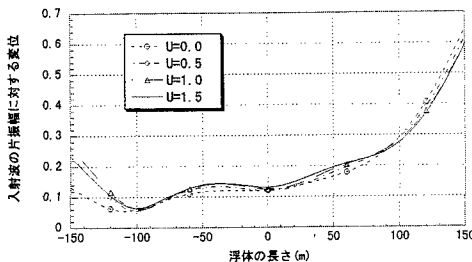


Fig. 6 流れの強さによる比較 (その1)

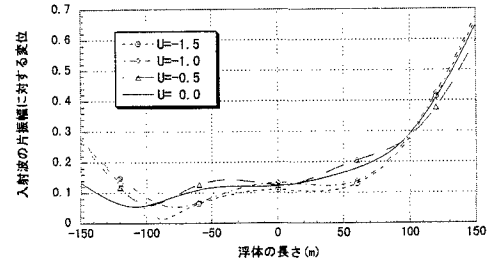


Fig. 7 流れの強さによる比較 (その2)