

1. 研究目的

近年研究・実用化が進められている大規模浮体構造物の係留系の設計においては、変動漂流力の評価が重要である。変動漂流力は、基本的には、波高に関して 2 次オーダーの波力の差周波数成分として評価される。しかし、大規模浮体構造物に作用する 2 次オーダー波力について、弾性応答を含めた形で厳密に評価することはなされてこなかった。本研究では変動漂流力の解析において、2 次オーダー波力の差周波数成分の直接計算に基づく方法¹⁾と従来の近似的評価法 (Newman 近似²⁾) との整合性について調べることを目的とする。

2. 解析手法

流体運動はポテンシャル問題として解析し、諸量を波面勾配で摂動展開する。2 規則波中の 2 次オーダー波力は以下のように表される。

$$F^{(2)} = \Re \sum_{j=1}^2 \sum_{l=1}^2 [f_{jl}^+ e^{i\omega^+ t} + f_{jl}^- e^{i\omega^- t}] \quad \omega^+ = \omega_j + \omega_l \quad \omega^- = \omega_j - \omega_l \quad (1)$$

ω_j, ω_l : 入射波 j, l の角振動数 $F^{(2)}$: 2 次オーダー波力 f_{jl}^+, f_{jl}^- : 2 次オーダー波力の和, 差周波数成分

また、N 個の規則波成分の重ね合わせで表現される不規則波浪場中の変動漂流力は以下のように記述できる。

$$F_i^{SV} = \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N A_j A_k [T_{jk}^{ic} \cos\{(\omega_k - \omega_j)t + (\varepsilon_k - \varepsilon_j)\} + T_{jk}^{is} \sin\{(\omega_k - \omega_j)t + (\varepsilon_k - \varepsilon_j)\}] \quad (2)$$

A_j, ε_j : 波 j の片振幅, 位相 i : 力の方向 F_i^{SV} : 変動漂流力 T_{jk}^{ic}, T_{jk}^{is} : 変動漂流力の sin, cos 成分

ここで、Newman 近似は以下のように表される。

$$T_{jk}^{ic} = T_{kj}^{ic} = 0.5(T_{jj}^{ic} + T_{kk}^{ic}) \quad T_{jk}^{is} = T_{kj}^{is} = 0 \quad (3)$$

Newman 近似は変動漂流力を 1 次オーダー量のみから計算できる定常漂流力から求めようとするもので、実数成分のみしか扱われていない。実際には 2 次オーダー波力は複素数で表されるため、そこで直接計算と近似との差が生まれると考えられる。

2 次オーダー波力の直接計算には境界要素法とモード分解法を用いた。境界要素法の要素は 8 節点 2 次要素を用いた。また、2 次オーダー波力の直接計算には 2 次オーダーポテンシャルも計算に含めた。これは、弾性応答を考慮に入れることと同様に本研究の特色である。

3. 解析結果

解析モデルは長さ 300m、幅 60m、喫水 0.5m のポンツーン型浮体とし、水深は一定で 20m とした。浮体を薄板とみなした時の板の曲げ合成 D は $8.86 \times 10^6 \text{ kNm}$ とした。解析モデル図を Fig.1 に示した。Fig.2、Fig.3 に入射角 0 度、入射角 90 度の各方向から不規則波を入射したときの変動漂流力 (2 次オーダー波力の差周波数成分を時刻歴であらわしたもの) を示した。実線は本研究での解析結果、破線は Newman 近似による解析結果である。直接計算は今回作成したプログラム (KUBEM) で行った。入射角 90 度

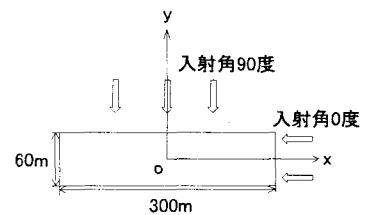


Fig.1: 解析モデル

のものに比べて入射角 0 度のものは直接計算による解析値と Newman 近似による解析値が必ずしも一致していない。これは、2 次オーダー波力差周波数成分の虚部の周波数分布について、入射角 90 度のものに比べて入射角 0 度のものが周波数について変化が大きいと考えられる。

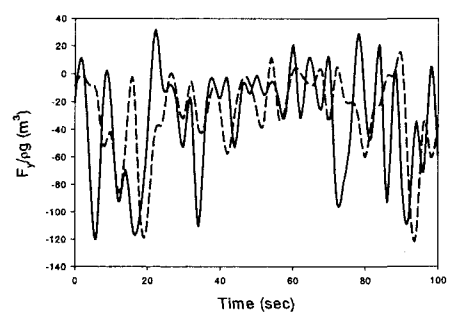
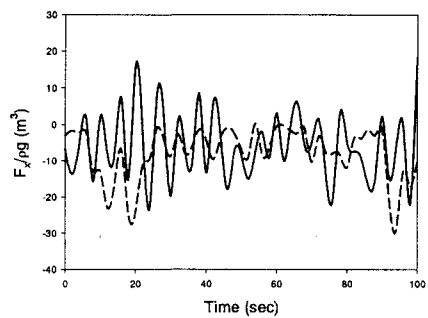


Fig.2:変動漂流力(入射角 0 度,x 軸正方向) Fig.3:変動漂流力(入射角 90 度,y 軸正方向)

このことは弾性変形による影響であるのかどうかを確認するために、浮体を剛体として計算するプログラムを用いて、入射角 0 度、90 度について変動漂流力を算出し、Fig. 4、Fig. 5 に示した。こちらも同じ傾向が

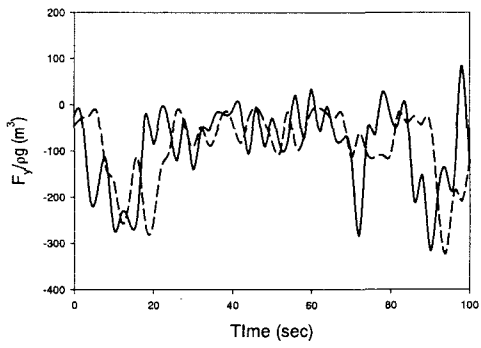
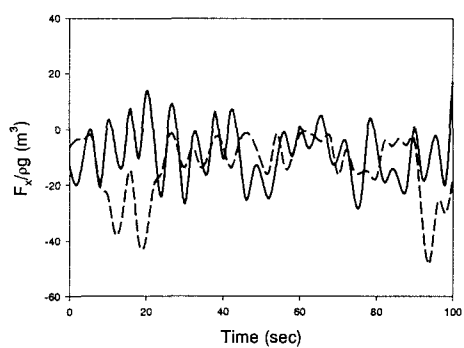


Fig.4:変動漂流力(入射角 0 度,x 軸正方向,剛体) Fig.5:変動漂流力(入射角 90 度,y 軸正方向,剛体)

見られる。よって、これは弾性変形の影響ではなく、浮体の形状の影響であることが分かる。また、弾性応答を考慮しない場合は、変動漂流力が過大に計算されることが分かる。

4. 結論及び今後の課題

本研究において、浮体形状によっては、Newman 近似による解析値は直接計算による解析値と比較的よく一致するが、一般的には、厳密に変動漂流力を評価するためには、2 次オーダー波力の直接計算を必要とすることが分かった。また、弾性応答を考慮しない場合には、変動漂流力が過大に算出されることが分かった。今後の課題としては、和周波数成分を計算できるようにプログラムを改変すること、プログラムを高速化することがある。

(参考文献)

1) 渡邊英一, 宇都宮智昭, 佐藤宏樹 (2003). "任意形状浮体に作用する 2 次回折波力の高精度計算プログラムの開発," 第 17 回, 海洋工学シンポジウム, 東京, pp.305-312
2) O.M.Faltinsen(1990). "Sea loads on ships and offshore structures," Cambridge ocean technology series, p.157