

PS-8 定傾斜した漁船の有効波傾斜係数に関する模型実験

流体性能評価系 * 田口 晴邦、沢田 博史、原口 富博、黒田 貴子

1. はじめに

船舶復原性規則で用いられている有効波傾斜係数は、左右揺を考慮した1自由度横揺運動方程式の強制力項に対応するものであり、これまで直立状態について理論的、実験的に検討が行われてきた¹⁾。しかしながら、荷崩れ等で定常横傾斜（以下、「定傾斜」と言う。）した状態では、水面下の船体形状が左右非対称となることから、波浪強制力が増加するとともに、縦運動と横運動が連成するため、横揺応答が直立時とは異なることが指摘されている^{2), 3)}。

定傾斜状態の波浪強制力に関しては公表された調査研究例⁴⁾が少なく、定傾斜が波浪強制力に及ぼす影響や理論計算法の妥当性等について十分明確になっていないのが現状である。

そこで、定傾斜が波浪強制力、特に有効波傾斜係数に及ぼす影響を把握するとともに、定傾斜状態の波浪中船体運動計算法の検証データ取得を目的に、漁船模型を用いた水槽実験を行った。

2. 実験概要

実験は、当所動揺水槽において、規則波中でガイド装置（上下揺、左右揺：自由、横揺等：固定）に検力計を介して取り付けられた模型船を横波状態となるように設置して行った。

2.1 供試模型

使用した模型船は、95GT型沖合底びき網漁船の1/19.53縮尺模型である。表-1に供試船の主要目を示す。計測状態は、漁場発状態とした。

表-1 主要目

	実船	模型船
Loa (m)	37.80	1.935
Lpp (m)	29.30	1.500
B (m)	6.25	0.320
D (m)	2.60	0.133
dm (m)	2.21	0.113

2.2 計測項目

計測項目は、上下揺、左右揺、左右揺加速度、横揺方向のモーメント、左右揺及び上下揺方向の力、並びに入射波高である。

2.3 計測条件

今回の実験では、入射波の波岨度 (H/λ) を一定 ($1/50$) として波周期 (T_w) を変化させて ($0.93 \sim 2.19s$) 計測を行った。復原性資料で示された漁場

発状態の横揺固有周期は模型スケールで 1.48 秒となっている。

また、定傾斜角 (ϕ_s) の設定は、 $+20$ 度 (波下側傾斜) から -20 度 (波上側傾斜) まで 5 度刻みとし、比較のため直立状態でも計測を行った。

3. 実験結果

実験結果は、通常の横波中試験と同様に波長船幅比 (λ/B) をベースに波浪強制力等の振幅、位相遅れをまとめるとともに、有効波傾斜係数に換算した。

3.1 波浪強制力

図-1に今回の実験で波下側に定傾斜させた状態で計測された横揺方向のモーメント (M_{xm}) 等から換算したO点 (船体重心位置で船体中心線と静水面との交点) 周りの横揺強制モーメント (M_{x_o}) を、図-2に左右揺方向の力の計測結果 (F_m) に船体の慣性力を考慮して換算した左右揺強制力 (F_y) をそれぞれ最大波傾斜 (kh)、排水量 (W)、喫水 (dm) を用いて無次元した値を示す。

定傾斜した船体に作用する波浪強制力の内、左右揺等の強制力には定傾斜の影響は小さいが、横揺強制モーメントに対する定傾斜の影響は顕著であるとの報告⁴⁾と同様の傾向が、今回の実験結果でも示されていることが分かる。

なお、横揺強制モーメントに定傾斜の影響が顕著に現れる原因の一つは、水面下の船体形状が左右非対称となったことに伴い、横揺強制モーメントの主要部を上下揺方向のFroude-Krylov力に起因する成分が占める⁴⁾ためであると推測されるが、詳細は理論計算を行って確認する予定である。

3.2 有効波傾斜係数

有効波傾斜係数 γ は、計測された横揺方向のモーメントを計測した波周期に横揺固有周期が一致する重心位置周りの横揺強制モーメントに変換した M_{xG} を用いて、(1)式により算定した。

$$\gamma = \frac{M_{xG}}{khWGM} \quad (1)$$

図-3に今回の実験で波下側に定傾斜させた状態で計測された横揺方向のモーメントから(1)式により算定した有効波傾斜係数を示す。図中には比較のため船舶復原性規則で規定されている算式による有効波傾斜係数の値を実線で示す。

図-3から、①定傾斜角 ϕ_s が大きくなるに伴い、

(1)式により算定した有効波傾斜係数 γ は大きくなること、②重心が高くなり横揺固有周期が長くなるほど（同調する波長が長くなるほど）定傾斜が有効波傾斜係数に及ぼす影響も大きくなることから分かる。また、③直立状態（ $\phi s=0\text{deg.}$ ）の場合（□印）、計測データから求めた有効波傾斜係数は規則算式による値（実線）に近い値となっている。

図-4に定傾斜角を5度として波下側に傾斜させた状態（ $\phi s=+5\text{deg.}$ ：×印）と波上側に傾斜させた状態（ $\phi s=-5\text{deg.}$ ：□印）で計測された横揺方向のモーメントから算定した有効波傾斜係数を示す。

計測したほぼすべての波長で傾斜方向によって有効波傾斜係数に有意な差異がみられる。これは、上下揺と横揺の連成影響により、定傾斜した側から波が入射する場合と反対側から入射する場合では動揺振幅に差異が生じるとの報告²⁾と対応していると考えられる。

なお、図-3、図-4に示された定傾斜が有効波傾斜係数に及ぼす影響については、水面下の船体形状が左右非対称となったことや上下揺と横揺の連成影響に関連すると推測され、今後理論計算を行って確認する予定である。

4. おわりに

定傾斜を付けた漁船模型を用い横波状態で波浪強制力等を計測し、定傾斜角の増大に伴い換算した有効波傾斜係数も大きくなることなどを確認した。

今後、別途開発している定傾斜した船体の流体力特性を縦運動と横運動の連成成分も含めて特異点分布法により推定するサブルーチンを組み込んだStrip法（STF法）による船体運動計算プログラムを用いて波浪強制力や有効波傾斜係数を推定し、今回の実験における計測値と比較することで、同プログラムの妥当性を検証することとしている。

本実験の一部は、科研費（課題番号26289341）により実施しました。関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 水野俊明：船体の横揺れ運動における有効波傾斜係数について，日本造船学会論文集，第134号，昭和48年。
- 2) 小林正典：船体傾斜時の波浪中の運動について（第1報），西部造船会会報第51号，昭和51年。
- 3) 慎燦益：傾斜した二次元柱状体甲板上への海水打ち込み限界波高について，西部造船会会報第60号，昭和55年。
- 4) 藤野正隆，桜井和之：ストリップ法による横揺れ波浪強制力の推定について，日本造船学会論文集，第152号，昭和57年。

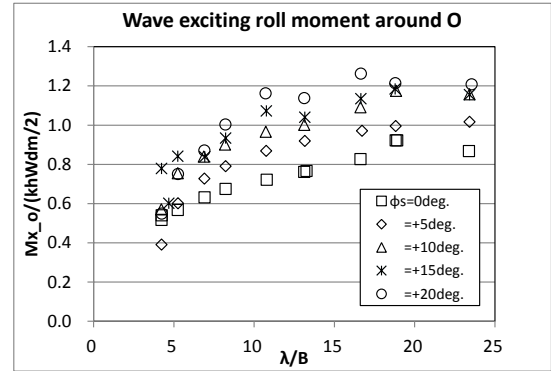


図-1 横揺強制モーメント（波下側定傾斜）

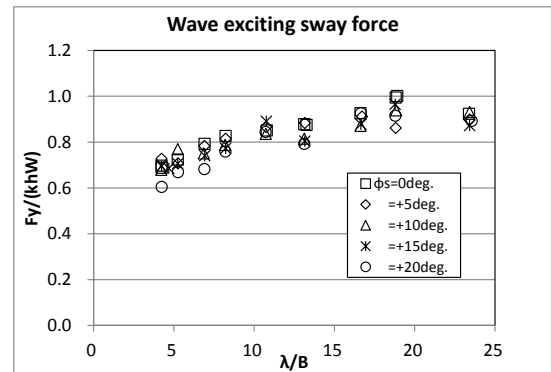


図-2 左右揺強制力（波下側定傾斜）

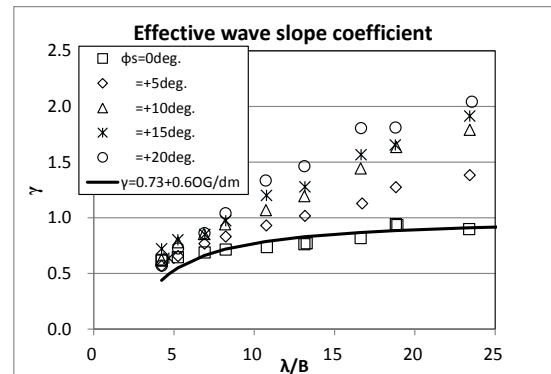


図-3 有効波傾斜係数（波下側定傾斜）

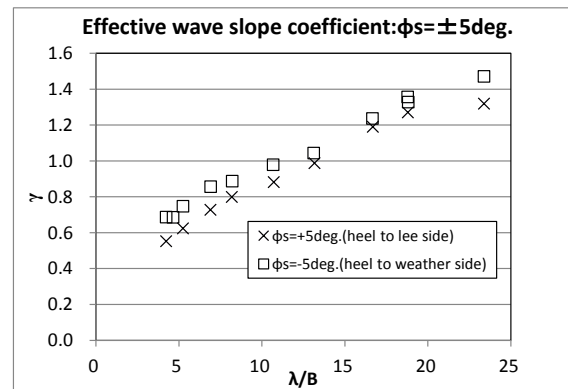


図-4 有効波傾斜係数（定傾斜方向の影響）