

# PS-3 実海域省エネ船首 COVE の開発

流体設計系 \* 櫻田 顕子、辻本 勝、黒田 麻利子

## 1. はじめに

近年、実海域中での性能向上をめざした取り組みが盛んにおこなわれている<sup>1)~5)</sup>。当所でも船舶の実海域中の性能向上に関する研究の一環として、波浪中抵抗増加を低減させる船型を開発している。船型は、平水中性能とは分けて検討できるように、静的水位上昇位置よりも上方の形状のみを変更している。これにより、平水中性能と波浪中性能をそれぞれで最適化できることになり、自由度の高い設計が可能となる。検討している形状は船首部の静的水位上昇位置よりも上方のフレームラインを内方傾斜させた形状で、名称を COVE (Concave shape Optimized in waVEs) とした。ここでは、COVE の形状と、水槽試験による COVE の効果の検討について説明する。

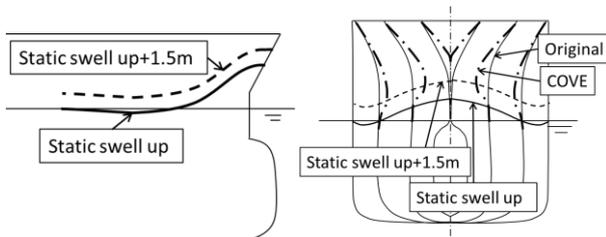
## 2. 設計

対象とする船型は VLCC とした。実船と水槽試験を実施した模型船の主要目を表-1 に示す。

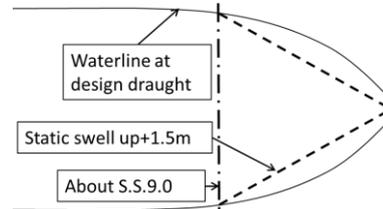
表-1 対象船主要目

Item	Ship	Model
垂線間長 ( $L_{pp}$ ) [m]	324.0	4.16
船幅 ( $B$ ) [m]	60.0	0.77
喫水 ( $d$ ) [m]	20.5	0.26

設計条件として、75%MCR 相当の船速 15.2knot (フルード数  $F_r=0.139$ )、波高 3m を設定した。図-1 に設計コンセプトを示す。図-1(a) の実線は設定した船速における静的水位上昇位置である。また図-1(a), (b) の破線は静的水位上昇位置よりも、波高 3m の波振幅 1.5m 上方の位置を示す。破線の位置を最も入り込みが深い位置として、図-1(a) の右に一点鎖線で示すようにフレームラインを内方傾斜させた。内方傾斜の深さは、波浪中抵抗増加の低減をねらいとして、図-1(b) に示すように、破線の位置を水面に投影した形状が三角形状となるように設計した。ここで、三角形状の長さ方向の始点は、タンク配置を考慮しておよそ S.S. 9.0 としている。



(a) 左：側面図 右：正面図



(b) 上面図

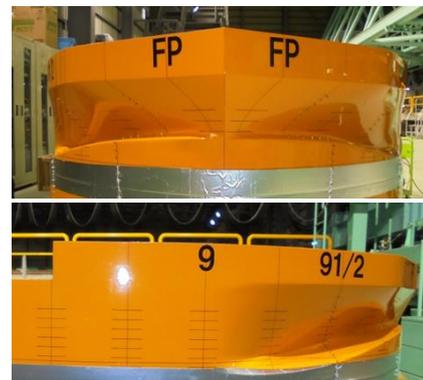
図-1 設計コンセプト

## 3. 水槽試験

COVE の効果検証のために、水槽試験を実施した。当所の実海域再現水槽を使用して、波長船長比 ( $\lambda/L_{pp}$ ) 0.4, 0.7, 1.1 を、波向は  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  (向波, 斜向波, 横波) で規則波中抵抗増加試験によって検証を行った。なお、中水槽で追加計測も行った。模型船は船首部付替え式とした。模型船の船首部を図-2 に示す。



(a) 模型船船首部 (原型)



(b) 模型船船首部 (COVE)

図-2 模型船船首部

## 4. 規則波中抵抗増加試験結果

規則波中抵抗増加試験結果を図-3 に示す。ORIG. (3m)、

ORIG. (2m)、COVE (3m)、COVE (2m)はそれぞれ、原型の波高 3m、原型の波高 2m、COVE の波高 3m、COVE の波高 2m の試験結果を示す。また VESTA (ORIG. \_3m)、VESTA (COVE\_2m)、VESTA (COVE\_3m)はそれぞれ、原型の波高 3m、COVE の波高 2m、COVE の波高 3m の計算結果を示す。ここで、規則波中抵抗増加を  $R_{AW}$ 、流体密度を  $\rho$ 、波振幅を  $\zeta_a$  とする。

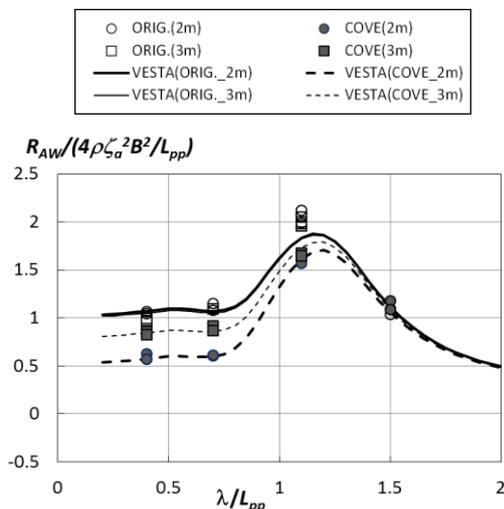


図-3 水槽試験結果 (向波,  $F_n = 0.139$ )

図-3 より、 $\lambda/L_{pp}=0.4$ 、波高 2m では波浪中抵抗増加の 43% 低減が得られる。ここで、図-3 に示す通り、原型では波高 2m と 3m とでは波高影響がほとんど見られないが、今回設計した COVE では、高さ方向にフレームラインが大きく変化する形状であるため、波高による効果の違いがある。設計波高よりも低い波高でより高い効果が得られたのは、波高 3m の場合、前進速度があることにより想定よりも上方に波が上がり、フレア部に当たって抵抗となっていたためである。また、紙面の都合で掲載していないが、斜向波、横波でも波浪中抵抗増加の低減を確認している。また、上下揺、縦揺、横揺の振幅、位相について、原型と COVE で大きな違いはみられない。

### 5. 主機出力に関する評価

水槽試験で得られた結果を用いて、主機出力における低減効果について検討した。図-4 に当所で開発した VESTA<sup>6)</sup>を用いて計算したビューフォート風力階級 5 (BF5) 向風向波相当 (平均風速 9.8m/s、有義波高 2m、平均波周期 5.5s) の船速 ( $V$ ) - 主機出力 ( $BHP$ ) 曲線を太線で示す。実船が原型、破線が COVE の計算結果である。また、BF6 向風向波相当 (平均風速 12.6m/s、有義波高 3m、平均波周期 6.7s) の船速-主機出力曲線を計算した結果を細線で示す。実線が原型、破線が COVE の計算結果である。15knot において、BF5 の場合は 5.3%、BF6 の場合は 4.4%の主機出力の低減効果を確認した。また、COVE の設計は波高影響を受けるので、BF6 の状態で波浪中抵抗増加を 43%低減できたとすると、図-4 の一点鎖線で示す通り、15knot で 10.2%の主機出力の低減効果が得られる。

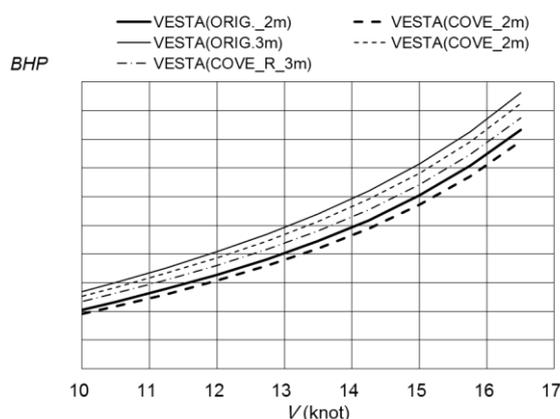


図-4 実海域中の船速—主機出力曲線 (向風向波)

### 6. まとめ

- 1) VLCC の原型と COVE で規則波中抵抗増加試験を実施し、波長船長比 0.4、波高 2m、向波で波浪中抵抗増加が約 40%減少することを確認した。
- 2) 水槽試験の結果をベースに実海域中の船速-主機出力曲線を求め、船速が 15knot の場合、BF5, 6 の向風向波相当で主機出力が約 5%の低減効果、BF6 向風向波相当で前進速度影響を考慮して最適設計した場合に約 10%の低減効果が得られる。

### 参考文献

- 1) Shibata, K., Kogo, Y. and Ohtagaki, Y. (1983). "A STUDY OF TANKER DESIGN WITH WHALE-BACK SHAPED BOW - FOR ENERGY SAVING IN ROUGH SEA - ", Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International symposium on Practical Design in Shipbuilding, pp. 347-352
- 2) 荻原誠功, 山下誠也, 三船正純: 短波長域における波浪中抵抗増加に関する考察 関西造船協会誌 225 号 (1996) pp. 37-45
- 3) Matsumoto, K., Naito, S., Takagi, K., Hirota, K. and Takagishi, K. (1998). "Beak-Bow to Reduce the Wave Added Resistance at Sea", Proceedings of the 7<sup>th</sup> International symposium on Practical Design in Shipbuilding, pp. 527-533
- 4) Kuroda, M., Tsujimoto, M., Sasaki, N., Naito, M., Omote, M., Nojima, M. and Kaga, M. (2013) "Analysis on Onboard Measurement Data for the Validation of the Effect of the Energy Saving Device STEP", Proc. of PRADS2013, pp. 346-351.
- 5) 岡沙織, 胡 長洪, 山本虎卓: 波浪中CFD (RIAM-CMEN) の実船型への展開 日本船舶海洋工学会講演会論文集 第20号 (2015) pp. 247-250
- 6) 辻本勝, 粉原直人, 黒田麻利子, 櫻田顕子: 実運航性能シミュレータ VESTA, 海上技術安全研究所報告第15(4), pp. 55-65, 2016.