

PS-3 WAD の実用化

EEDI-PT * 川島 英幹、久米 健一、坂本 信晶

1. はじめに

現在、EEDI 規制の適用や、燃料費の高騰などの要因により、船舶の省エネ化への要求は高まってきている。海上技術安全研究所では、重点研究の一つとして「実海域省エネデバイスの研究」を実施しており、船尾ダクト型省エネデバイスの 1 種である Weather Adapted Duct (WAD) を開発¹⁾し、その実用化を進めている。現在、WAD は、3 船型 21 隻への装備が決まっており、実船搭載へのフェーズを迎えている。そのため、WAD 設計法の改良や、WAD 装備船のキャビテーション性能の確認、波浪中航行時に WAD に加わる流体力の調査等の WAD を実用化するにあたり必要となる研究を実施した。

2. Weather Adapted Duct (WAD)

WAD は、翼断面形状を持つリング状の物体をプロペラ前方に取り付ける船尾ダクト型省エネデバイスの一種であり、以下のような特徴を持っている。

- ・プロペラダクト間の干渉効果を高めるため両者を近接配置（プロペラ直径の 10%以下）。
- ・近接配置によるダクト・プロペラに発生するキャビテーションの懸念を減少させるため小直径化し、プロペラ翼端部への影響を除去。
- ・ダクトとプロペラの一体設計による性能の最適化。
- ・波浪中船速低下時等のプロペラ高荷重状態で、省エネ効果が増大。

模型船に設置した WAD の写真を図-1 に、WAD の設計コンセプトを図-2 に示す。

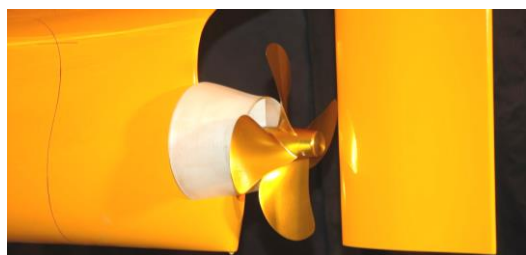


図-1 模型船に設置した Weather Adapted Duct (WAD)

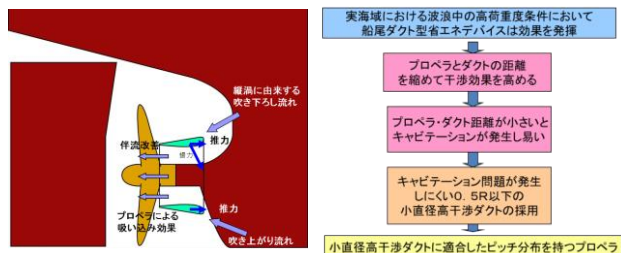


図-2 WAD の設計コンセプト

3. WAD 設計法の改良

海技研では実用船型を含む複数の船型に対応する WAD の設計と水槽試験を実施し、設計パラメータに関わるデータを蓄積してきた。図-3 に、WAD 無での状態の自航要素と WAD による馬力低減率について整理したグラフを示す。この結果から WAD は、1-w および 1-t が小さい船型で省エネ効果が大きく、肥大船型に適していることが判る。

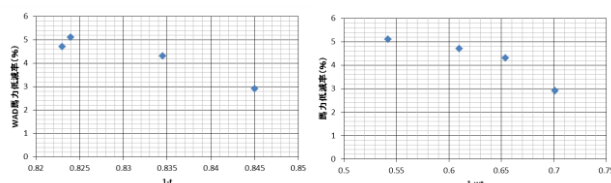


図-3 自航要素と WAD 省エネ効果の関係

また WAD の周方向の各部分が自航要素にどのような影響を与えるかについて調査するため、WAD の 1/3 部分模型を用いた自航試験を実施した²⁾。右回りプロペラの場合、部分ダクト模型が後方からみて 0°（12 時・上方）の位置にある時、1-t と 1-wTM は最も大きくなり、 ηR は最も小さくなる。部分ダクト模型が後方から見て 90°（3 時・右舷側）の位置にある時、1-t と 1-wTM は最も小さくなり、 ηR は最も大きくなる。つまり自航要素の良否という観点からすると、1-t と他の二つの自航要素 1-wTM と ηR は、逆相関となっている。これらの現象が総合されて、0° 位置あるいは 90° 位置の省エネ効果が高くなった。

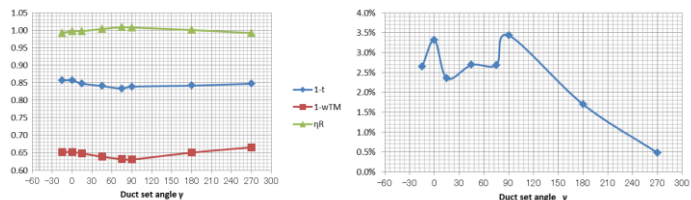


図-4 1/3 部分 WAD 設置角と自航要素と省エネ効果の関係

CFD シミュレーション技術の改良により、重合格子を用いて WAD を装備した船舶の CFD シミュレーションが可能となった（図-5 参照³⁾。さらに実船レイノルズ数での CFD シミュレーションを行うことで、WAD が伴流に与える影響および WAD 流力特性に対する尺度影響推定が定性的に可能となった。

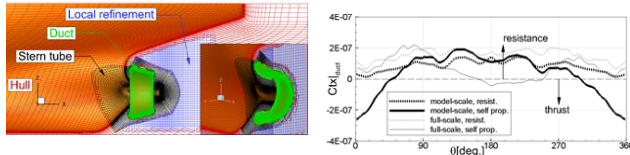


図-5 WAD 付き船体の CFD 計算格子 (左図) とダクト主流方向流体力の周方向分布計算結果 (右図)

4. キャビテーション性能の確認

海技研大型キャビテーション試験水槽において、全長 5.5m の肥大船型の模型船により、船後キャビテーション試験を行った。平水中を想定した通常の状態では WAD の有無による差は無く、キャビテーション性能に問題ないことを確認した。さらに高荷重状態での WAD の有無によるキャビテーションパターンの比較を図-6 に示す。WAD 有りの方がキャビテーション発生面積が減少している様子が分かる。同条件での船尾変動圧力の計測結果を図-7 に示す。WAD を装備した場合は、1 次成分と 2 次成分が有意な差で減少する結果となった。WAD がキャビテーションの抑制とそれに起因する船尾変動圧力の低下に貢献していると考えられる。

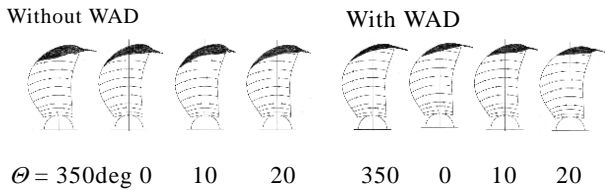


図-6 WAD 有無によるキャビテーションパターンの比較 (高荷重状態)

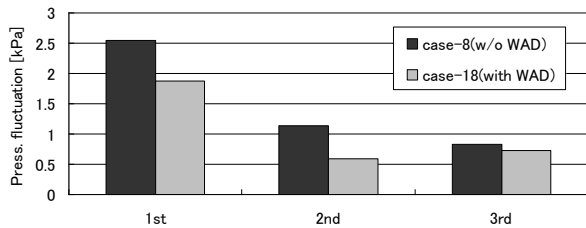


図-7 WAD 有無による船尾変動圧力のピーク値の比較 (高荷重状態)

5. 波浪中において WAD にかかる流体力

波浪中においてダクトに発生する流体力を推定するため、模型船を用いた波浪中試験を行った。試験は海の 10 モード試験に準ずる方法で実施した。ダクトは船尾よりストラット金具で吊り下げ、ストラット上端に設置した三分力計によりダクトにかかる力を計測した。試験は実船で波高 3m 相当の正面規則波中で $Fr=0.105$ となる速力で軽貨状態において行った。試験データを解析したダクト流体力の周波数応答を図-8 に示す。試験を行ったのは C_b が 0.8 台の肥大船であるが、要目の類似した船型であれば、(1)式を用いて、ダクトの発生する流体力を推定することが可能である。

λ/L	$R_z : Z/(\rho g S \zeta_a)$
0.5	0.228
0.7	0.421
0.8	0.677
0.85	0.749
0.9	0.801
0.95	0.927
1	0.826

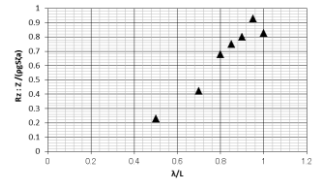


図-8 ダクト流体力の周波数応答

$$Z = \rho g S R_z \zeta_a \quad (1)$$

Z : ダクトにかかる流体力 (上下方向)
 ρ : 流体の密度
 S : ダクト水平面投影面積
 R_z : ダクトにかかる流体力の無次元値
 ζ_a : 波振幅

6. まとめ

WAD を装備する船型自体の性能と WAD の効果の関係、WAD の各部分の自航要素に与える影響等の設計情報が蓄積されてきた。さらに重合格子等の導入により、WAD 付き船型の CFD シミュレーションの精度も向上してきており、模型船と実船の違いの評価も始まったところである。キャビテーション性能については、試験の結果からは問題がないことが確認され、高荷重状態では、むしろ性能が改善した。また、波浪中水槽試験結果から得られた波浪中ダクト流体力の周波数応答を用いて、波浪中ダクト流体力が推定できるようになった。

謝辞

本研究は、今治造船株式会社殿、株式会社名村造船所殿、北日本造船株式会社殿の多大なるご協力をいただき実施しました。関係各位に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 川島英幹他：実海域において効果的な省エネデバイスの開発に関する研究、海上技術安全研究所平成 24 年度研究発表会講演集、2012、pp. 25-32.
- 川島英幹他：ダクト型省エネデバイスの周方向部分と自航要素の関係について、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第 18 号、2014
- Sakamoto N. et. al. : Viscous CFD Analysis of Stern Duct Installed on Panamax Bulk Carrier in Model and Full Scale, 13th International Conference on Computer and IT Applications in the Maritime Industries, 2014, pp. 72-82.
- 久米健一他：船尾ダクト“WAD”の流体力とプロペラ・キャビテーション等へ及ぼす影響について、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第 18 号、2014