

三鷹第3船舶試験水槽(中水槽)の活用

1. はじめに

日本造船技術センター(以下SRC)は海上技術安全研究所殿(以下NMRI)より、主として400m水槽と呼ばれる曳航水槽を借り受けて船舶に関わる種々の性能試験を実施している。近年、燃料費の高騰や環境負荷軽減の要求により、船型開発に対する造船所の意欲が非常に高くなっている。これに伴い水槽試験の需要も増え、400m水槽のみでは対応困難な状況となってきた。これに加え、今年の3月に起きた東日本大震災による400m水槽の被害とその復旧に伴う稼働停止は、代替水槽の必要性を切実なものとした。

本稿では400m水槽の代替水槽としての役割が期待されるNMRI所有の中水槽について、その活用を促進するためにSRCが行っている、400m水槽との比較試験について紹介する。

2. 中水槽の活用

中水槽と400m水槽の要目を比較し、表-1に示す。

表-1 中水槽と400m水槽

	400m水槽	中水槽
水槽幅(m)	18.00	7.50
水槽深さ(m)	8.00	3.50
水槽長さ(m)	400.00	150.00
曳引車最大速度(m/s)	15.00	5.00
造波装置	○	○
PMM試験装置	○	×
浅水域試験	×	○
循環装置	○	2011/8 導入
脱気装置	○	
水温計測装置	○	計画中

400m水槽は、6m以上の長さを持った大型模型船による試験を目的に設計されており、水槽断面積、長さとも、日本最大、世界でも有数の規模の水槽である。中水槽は水位を変化させることが可能で、様々な水深での試験を行うことができる。水位を変化させる必要上、構造強度の面から水槽の主寸法は制限され、模型船長さは $L_{ppm} = 3 \sim 4\text{m}$ が想定されている。このような相違から、推進性能を精度よく評価する必要がある試験には400m水槽を、研究開発や浅水影響試験などの特殊な試験を、取り回しのよい小型模型で行う場合には中水槽を使用する、という使い分けを行ってきた。

しかし前章で述べたような情勢の変化により、

- 需要のピーク時に400m水槽に平行して試験を行うことを可能にする。
- 緊急時に400m水槽の代替水槽として使用可能とする。

という新たな中水槽活用の目的が浮上してきた。

このためには400m水槽と同じ模型船で試験を可能とし、かつ400m水槽と中水槽間の計測値の相関を明らかにする必要がある。また模型船寸法に限界はあるとはいえ、可能な限り400m水槽に近い精度で試験を行える環境を緊急に整える必要もある。

SRCはNMRI殿と協力し、以下の5点を計画、実施した。

- 1) 水槽水循環・脱気装置の導入
- 2) 400m水槽と同一仕様の試験装置の導入
- 3) 400m水槽との比較試験の実行
- 4) 水槽環境計測装置の導入
- 5) トリミングタンクの改造(大型模型対応)

1)、2)については8月末までにほぼ完了した。比較試験3)は、以上により中水槽での試験環境をできるだけ整えたあと、9月に実施した。

3. 抵抗・自航試験の比較

中水槽において400m水槽と同一の模型船を使用し、極力同一の計測器、同一の手順で抵抗・自航試験を行い、その結果を比較した。

表-2に供試模型船、試験日等を示す。

それぞれの水槽での計測結果をSRC標準の3次元解析法により解析し、 F_n ベースのフェアリング値を求めた。ただし中水槽の解析では、400m水槽と中水槽の断面積の影響を修正するため、(1)式によりBlockage Effectを考慮した対水流速の修正を施している。

$$\frac{\Delta v}{v} = 0.67 \frac{A_M}{A_T} \left(\frac{L_{ppm}}{H} \right)^{0.75} \quad (1)$$

A_M/A_T は表-2に示した船体中央横断面積と水槽断面積の比、 L_{ppm} は模型船垂線間長、 H は水槽幅を表す。

以上により求めた模型船の全抵抗係数(C_{TM})と推進効率(η)を図-1、図-2に示す。 C_{TM} は計測時期による水温差の影響を補正するため、水温を15℃として再計算した値を使用した。図-1、図-2は、400m水槽での計測値を横軸に、中水槽でのそれを縦軸とし、中水槽と400m水槽の計測値が等しければ、図の対角線(実線)にのるように構成している。図中には参考までに±1%の範囲を点線で示した。

C_{TM} はほとんどが±1%のラインの内側にプロットされており、ブロッケー効果の修正により400m水槽と中水槽の抵抗値はほぼ一致することが分かる。推進効率 η も一部を除き±1%の範囲内にある。

表-2 抵抗・自航比較試験供試船型

M.S.No.	1	2	3	4	5	6	7	8
Condition	DF	F0	B0	F1	B0	DF	LB	F1
船種	タンカー	コンテナ船	コンテナ船	B/C	B/C	B/C	B/C	B/C
模型船長さ(m)	6.5562	6.1320	6.1320	6.3850	6.3850	6.3220	6.3220	6.5000
AM/AT	400m水槽	0.262%	0.191%	0.120%	0.262%	0.125%	0.229%	0.111%
	中水槽	1.440%	1.046%	0.657%	1.438%	0.685%	1.256%	0.606%
試験日	400m水槽	2009/2/9	2010/11/19	2010/11/19	2010/10/20	2010/11/16	2010/4/4	2010/4/4
	中水槽	12.4	18.5	18.5	21.0	18.8	11.8	11.8
試験日	400m水槽	2010/12/8	2011/1/31	2011/2/1	2011/9/1	2011/9/2	2011/9/6	2011/9/5
	中水槽	2010/12/8	2011/1/31	2011/2/1	2011/9/1	2011/9/2	2011/9/6	2011/9/5
水温	15.0	8.8	8.7	21	20.9	20.8	20.8	20.5

*AM/AT 水槽断面積に対する船体中央横断面積の割合(%)

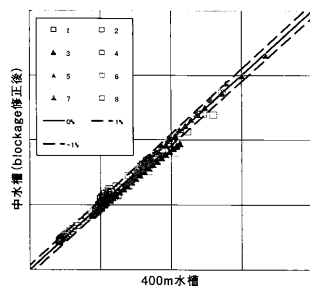


図-1 模型船全抵抗係数(C_{TM})の比較(水温15℃に補正)

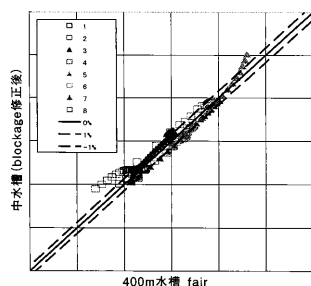


図-2 推進効率 η の比較

計画速力における全抵抗係数(r_{TS})とアドミラルティ係数(C_{adm})を図-3、図-4に示す。 r_{TS} 、 C_{adm} より計算される有効馬力、制動馬力の400m水槽との差を誤差率として(2)式で定義し、表-3に示した。

$$\text{誤差率} = \frac{\text{中水槽計測値} - \text{400M水槽計測値}}{\text{400M水槽計測値}} \quad (2)$$

計画速力付近では平均してEHPで-0.6%、BHPで-0.8%、中水槽が低いことが分かる。また船型によりEHPは±1%、BHPは±1.5%のバラツキがあり、中水槽で試験した船型を評価する上で考慮する必要がある。

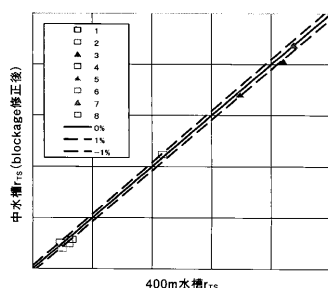


図-3 実船全抵抗係数(r_{TS})の比較

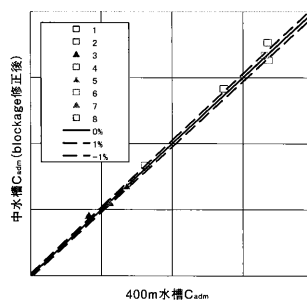


図-4 アドミラルティ係数(C_{adm})の比較

表-3 EHP、BHPの誤差率

M.S.No.	EHP	BHP
	計画速力での誤差率	
1	-0.0128	-0.0174
2	0.0071	-0.0108
3	-0.0143	-0.0233
4	0.0077	0.0166
5	-0.0066	0.0010
6	-0.0145	-0.0045
7	0.0008	0.0045
8	-0.0170	-0.0273
平均値	-0.0062	-0.0076
標準偏差	0.0101	0.0149

4. プロペラ単独性能の比較

抵抗・自航試験と同様な方法で、プロペラ単独性能試験の比較を行った。

供試プロペラを表-4に示した。最新の依頼プロペラ4枚を含む計9枚について比較している。P2280はSRCがPOTを行う時に必ず試験を行う標準プロペラであり、20年以上にわたる繰り返し試験の蓄積がある。

試験は400m水槽で使用しているPOT動力計を中水槽に持ち込み行った。

図-5〜7に計画前進率付近(±0.1J)の同一のJにおける K_T 、 K_Q 、 η_0 の比較結果を示す。 K_T は-0.6%、 K_Q は-0.5%、それぞれ400m水槽(大水槽)の結果より中水槽が小さい。 K_T 、 K_Q が同程度ずつ小さくなるため、 η_0 は-0.1%と400m水槽とほぼ変わらない値が得られることとなる。

表-4 プロペラ単独性能試験供試プロペラ

M.P.No.	Dp	Z	備考
A	0.2500	6	依頼プロペラ
B	0.2500	5	
C	0.2500	4	
D	0.2418	4	
P0172	0.2500	5	SRC Stockプロペラ
P2255	0.2530	4	
P2258	0.2010	4	
P2259	0.1850	5	SRC標準
P2280	0.2000	5	

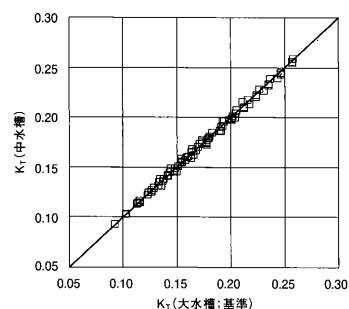


図-5 K_T の比較(Jベース)

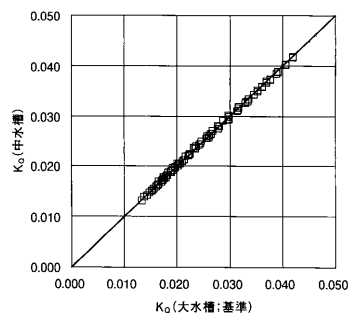


図-6 K_Q の比較(Jベース)

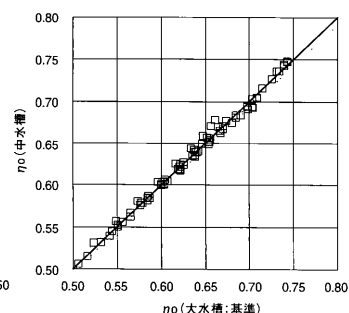
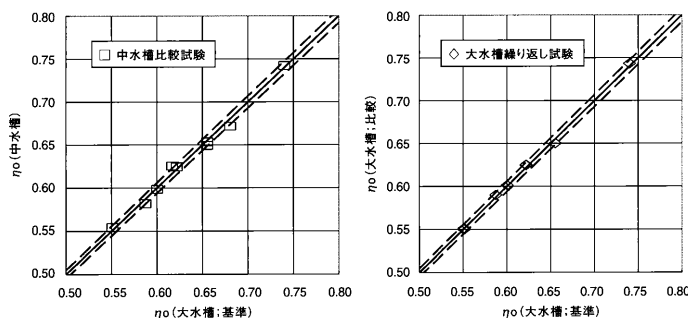


図-7 η_0 の比較(Jベース)

η_0 を K_T/J^2 ベースで整理し、計画前進率に対応した K_T/J^2 にお

ける η_0 の値を中水槽、400m水槽を比較して図-8にプロットした。図-9は同様のとりまとめを400m水槽における繰返し試験の結果に適用したものである。図-8、図-9を比較すると、両者とも計測値は $\pm 1\%$ のラインの内側に入っているものの中水槽の結果のバラツキの方がやや大きい。図-8の平均誤差は -0.2% 、標準偏差は $\pm 0.6\%$ であり、図-9では 0.2% 、 $\pm 0.4\%$ であった。

以上より、中水槽のPOT試験結果は、バラツキはやや大きいものの400m水槽とほぼ同等の値が期待できることが分かった。

図-8 η_0 の比較 (K_T/J^2 ベース)図-9 η_0 の比較 (K_T/J^2 ベース)

5. 波浪中試験の比較

波浪中試験の比較は、無限水深における正面向かい波規則波中の波浪中抵抗増加試験について行った。供試船型を表-5に示す。船型は全て肥大船である。

波浪中試験装置はそれぞれの水槽専用のものを使用した。基本的な構造は同一である。抵抗動力計は共通のものを使用した。計測範囲は、水槽の長さの差により、400m水槽では造波装置から200~100m、中水槽では100m~50mの範囲を使用した。この範囲内で計測されたデータより、10周期以上安定した波形が得られる区間を抽出し、解析に供した。

中水槽での計測値と400m水槽での計測値の差を λ/L ベースでプロットして図-10から図-12に示した。図-12の波浪中抵抗増加係数の差のみ縦軸が400m水槽の計測値に対する比率となっている。

船体運動は縦揺れ($\theta_A/K\zeta_A$)、上下揺れ(Z_A/ζ_A)とも、 $\lambda/L < 1.0$ の範囲ではほとんど差はない。 λ/L が大きくなると400m水槽との差は大きくなるが、それでも10%程度である。波浪中抵抗増加係数(σ_{AWB})の差も同傾向であるが、 $\lambda/L < 0.4$ での差も小さくなっている。しかしこの範囲は、波高も、計測される抵抗増加も小さく、400m水槽の計測値といえども、必ずしも信頼できるものではない。

図-12から $\lambda/L < 0.4$ 、 $\lambda/L > 1.5$ の範囲を除いたデータを用いて計算した、誤差の平均値と誤差の標準偏差は2.3%、 $\pm 6.3\%$ となる。この値は同一水槽での波浪中抵抗増加計測の繰返し試験時に経験するバラツキから考えても決して大きいものではない。従って、中水槽の波浪中試験も400m水槽とほぼ同等の結果が得られるものと判断できる。

表-5 波浪中比較試験供試船型

M.S.No.	Lpp(m)	船種	載貨状態
1	6.435	B/C	DF
2	6.407	B/C	DF
3	6.431	B/C	DF
4	6.385	B/C	F0

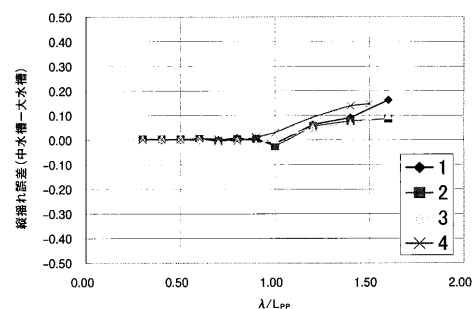


図-10 縦揺れの比較

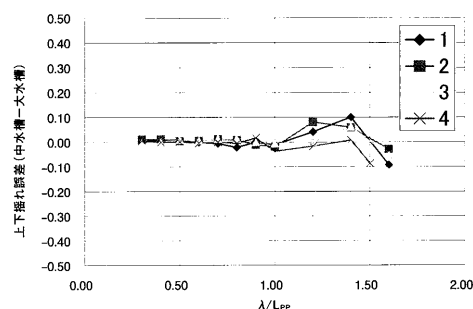


図-11 上下揺れの比較

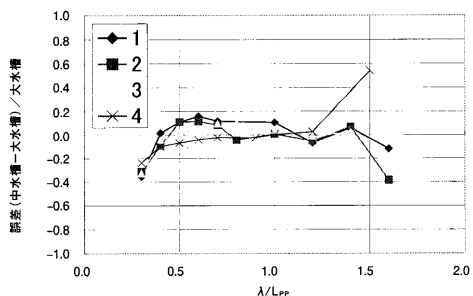


図-12 波浪中抵抗増加係数の比較

6. まとめ

NMRIと協力して進めてきた中水槽施設整備と、それに続いて行った中水槽-400m水槽間の比較試験により、中水槽と400m水槽の計測値の相関が徐々に明らかになってきた。これによって400m水槽で行われている試験を中水槽で実施するための基本的な準備が整ったものと考えている。

しかし現時点の比較試験結果では、中水槽で得られるEHPが平均して400m水槽よりやや低いこと(Blockage修正の問題?)、POT試験による η_0 のバラツキが中水槽の方がやや大きいことなど、まだ課題も残されている。今後もさらに比較試験データを積み重ねることにより、中水槽の特性を明らかにし、中水槽での試験精度を400m水槽と比肩しうるレベルまで高めていくよう努力していきたい。

(試験センター 技術部 金井健)