

下ノ江造船株式会社 殿

水槽による船舶の推進性能試験成績書

依頼者殿船番 ; H-503N

模型船番号 ; 5484 & 5484A



令和4年3月

一般財団法人 日本造船技術センター
東京都武蔵野市吉祥寺南町1丁目6番1号
吉祥寺スバルビル3階



1. 依頼者 下ノ江造船株式会社 殿

2. 船の種類 7500m³LPG運搬船

3. 試験の目的 LPG運搬船の推進性能の確認

4. 模型船 M. S. No. 5484 & 5484A

M. S. No. 5484 は、縮率 1/18.138、垂線間長さ 6.2300m のパラウッド製模型船である。副部は通常舵、ビルジキールである。

M. S. No. 5484A は、M. S. No. 5484 にエコステータを取り付けた船型である。

模型船の主要寸法と諸係数を P. 1 に、なお諸係数は構造喫水状態で計算されたものを記載した。オフセットを P. 2~6 に示す。模型船の船体正面図、船首尾形状図等を P. 102~104 に示す。ビルジキールの形状図を P. 105 に示す。なお、エコステータは依頼者殿持ち込みであるため、形状・取付図は記載しない。模型船の写真を P. 136~139 に示す。

5. 模型プロペラ M. P. No. 2235R

本試験に使用した模型プロペラは、直径 0.2150m の 4 翼固定ピッチプロペラである。この模型プロペラの要目と単独性能を P. 13 に示す。

6. 試験の種類および載貨状態等

試験の内容と載貨状態等を表 1 に示す。抵抗・自航試験および伴流計測は国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所の 400m 曳航水槽で実施した。

表 1 試験の種類および載貨状態等

| M. S. No. | 載貨状態 | 抵抗試験 | 自航試験 | 伴流計測 |
|-----------|--------|------|------|------|
| 5484 | 計画満載状態 | ○ | ○ | ○ |
| | 構造喫水状態 | ○ | ○ | — |
| | 試運転状態 | ○ | ○ | — |
| 5484A | 計画満載状態 | — | ○ | ○ |
| | 構造喫水状態 | — | ○ | — |
| | 試運転状態 | — | ○ | — |

試験を行なった載貨状態の喫水等を P. 7 と P. 8 に示す。セクショナルエリア曲線と水線面曲線の数値表を P. 9 に、図を P. 106 と P. 107 に示す。

抵抗・自航試験の速度範囲は、当センター標準の半分程度である。

伴流計測は、舵を取り外した状態で、左右上下トラバース方式の 5 孔管により

プロペラ全円を含む範囲で実施した。

7. 水槽試験実施年月 令和4年2月

8. 実船の主要目

(1) 船体

模型試験の対象となった実船の船体主要目は、次のとおりである。

$$L_{pp} \times B \times d = 113.00\text{m} \times 19.00\text{m} \times 6.75\text{m}$$

(2) 主機関

実船搭載の主機関は、ディーゼル機関1基1軸で、その出力は次のとおりである。

| | | |
|--------|----------|----------------------|
| 連続最大出力 | M. C. O. | 2,640 kW × 178.0 RPM |
| 常用出力 | N. O. R. | 2,376 kW × 171.9 RPM |

(3) プロペラ

実船馬力推定用プロペラは、本水槽試験結果から当センター標準のプラクチスにより設計した MAU 型プロペラである。その主要目を表3に示す。なお、直径、翼数は依頼者殿の指定である。

表3 実船馬力推定用プロペラ

| | | |
|--------|--------|--------|
| P. No. | 5484 | 5484A |
| 直径 [m] | 3.900 | |
| ボス比 | 0.1800 | |
| ピッチ比 | 0.6494 | 0.6329 |
| 展開面積比 | 0.4709 | 0.4837 |
| 翼数 | 4 | |

9. 試験結果の解析方法および馬力推定における計算条件等

- (1) 抵抗試験結果の解析は、水抵抗を粘性抵抗と造波抵抗に分ける三次元外挿法によった。摩擦抵抗はシェーンヘルの摩擦抵抗係数により計算した。
- (2) 抵抗試験の結果として、造波抵抗曲線図の他に剰余抵抗曲線図を作成した。
- (3) エコステータは推進器とみなし、M. S. No. 5484A の抵抗試験は実施せず、自航要素の解析には M. S. No. 5484 の抵抗試験結果を使用した。
- (4) 実船の速力推定に使用した粗度修正係数 ΔC_F 、模型船 - 実船間における伴流係数の尺度影響の修正係数 $1-W_S / 1-W_M$ 、主機 - プロペラ間の伝達効率 η_T は当センタの標準値である。これらの値を表 4 に示す

表 4 模型船 - 実船の相関係数等の値

| M. S. No. | 載貨状態 | V_S [ノット] | $\Delta C_F \times 10^3$ | $1-W_S/1-W_M$ | η_T |
|-----------|--------|-------------|--------------------------|---------------|----------|
| 5484 | 計画満載状態 | 14.0 | 0.150 | 1.110 | 1/1.030 |
| | 構造喫水状態 | 13.5 | 0.129 | 1.090 | |
| | 試運転状態 | 14.5 | 0.178 | 1.140 | |
| 5484A | 計画満載状態 | 14.0 | 0.150 | 1.155 | |
| | 構造喫水状態 | 13.5 | 0.129 | 1.130 | |
| | 試運転状態 | 14.5 | 0.178 | 1.185 | |

注) ΔC_F の値は、表中の速力 V_S [ノット] に対応する値である。

- (5) 実船の制動馬力等の計算には、前記 8 (3) にて示した実船プロペラの要目と P. 20 と P. 21 に示すプロペラ単独性能を使用した。

10. 試験結果

(1) 推進性能

抵抗試験結果を P. 10~12 に、図を P. 108~110 に示す。自航試験結果を P. 14~19 に、図を P. 111 と P. 112 に示す。抵抗・自航試験時の姿勢変化の図を P. 113~118 に示す。自航試験時の波形写真を P. 140~163 に示す。

実船の有効馬力と制動馬力等の推定値を P. 22~27 に、図を P. 119~121 に示す。

M. S. No. 5484 および 5484A の性能比較図を P. 130~135 に示す。

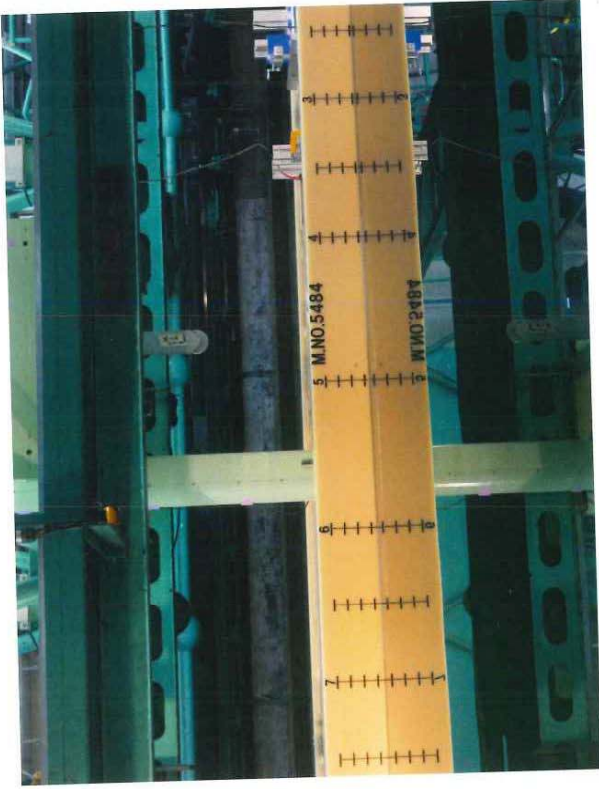
(2) 伴流計測

計画満載状態における計測結果を P. 28～101 に、図を P. 122～129 に示す。

1 1. 実船推進性能の推定等

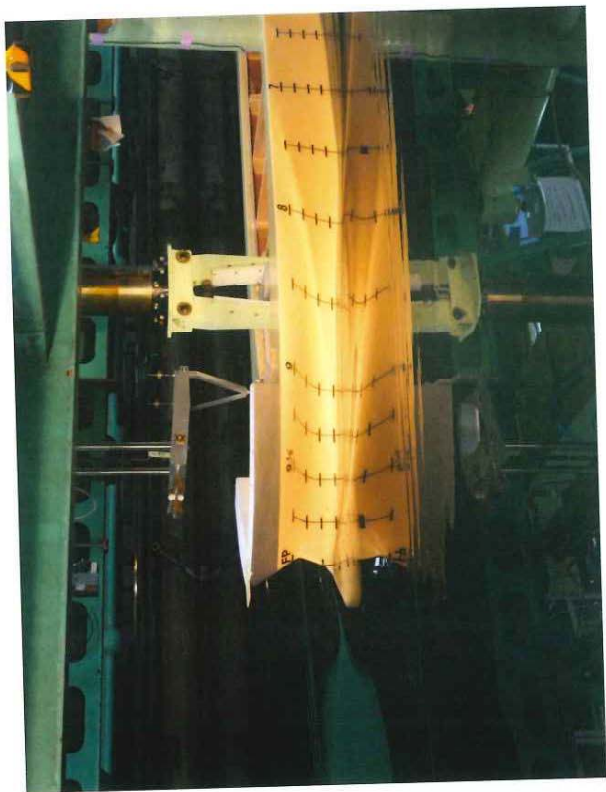
計画満載状態で、常用出力 2,376kW、15%シーマージンの条件下で推定された到達速力を表 6 に示す。なお、本船の計画速力は同条件下で 14.20 ノットである。

以上



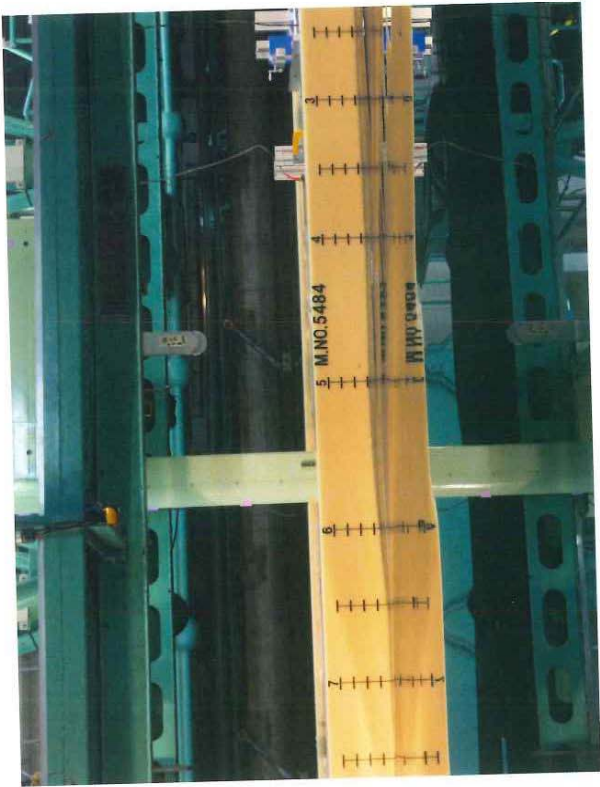
Model Ship No. 5484
 Condition ; Design Full
 Test ; Self Propulsion Test
 Date ; 2022/2/14

$V_s = 0.00$ knots
 $F_n = 0.0000$



Model Ship No. 5484
Condition ; Design Full
Test ; Self Propulsion Test
Date ; 2022/2/14

$V_s = 11.99$ knots
 $F_n = 0.1834$



Model Ship No. 5484
Condition ; Design Full
Test ; Self Propulsion Test
Date ; 2022/2/14

$V_s = 14.24$ knots
 $F_n = 0.2178$



Model Ship No. 5484
 Condition ; Design Full
 Test ; Self Propulsion Test
 Date ; 2022/2/14

$V_s = 15.17$ knots
 $F_n = 0.2321$



Model Ship No. 5484
Condition ; Scantling Full
Test ; Self Propulsion Test
Date ; 2022/2/14

$V_s = 0.00$ knots
 $F_n = 0.0000$



Model Ship No. 5484
Condition ; Scantling Full
Test ; Self Propulsion Test
Date ; 2022/2/14

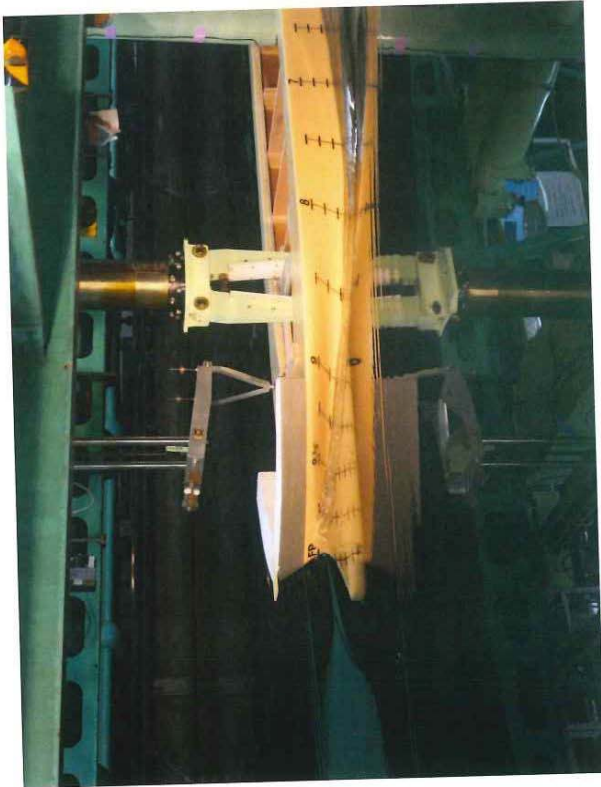
$V_s = 11.37$ knots

$F_n = 0.1739$



Model Ship No. 5484
Condition ; Scantling Full
Test ; Self Propulsion Test
Date ; 2022/2/14

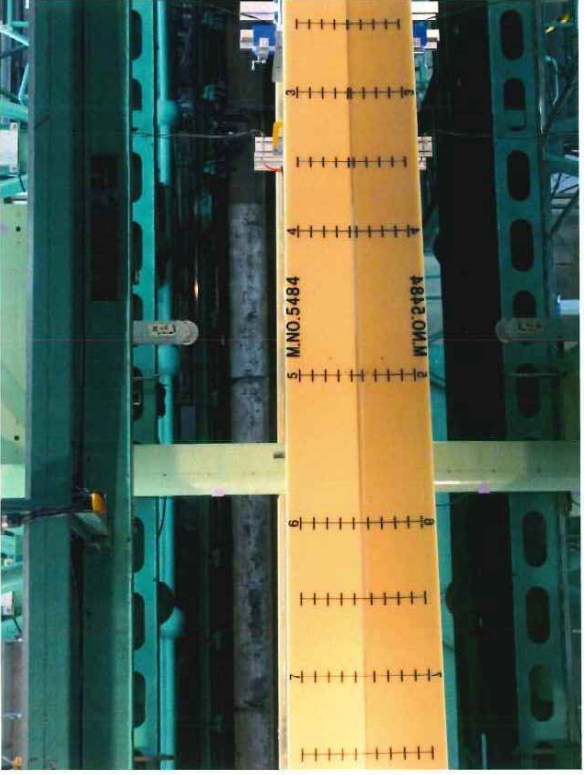
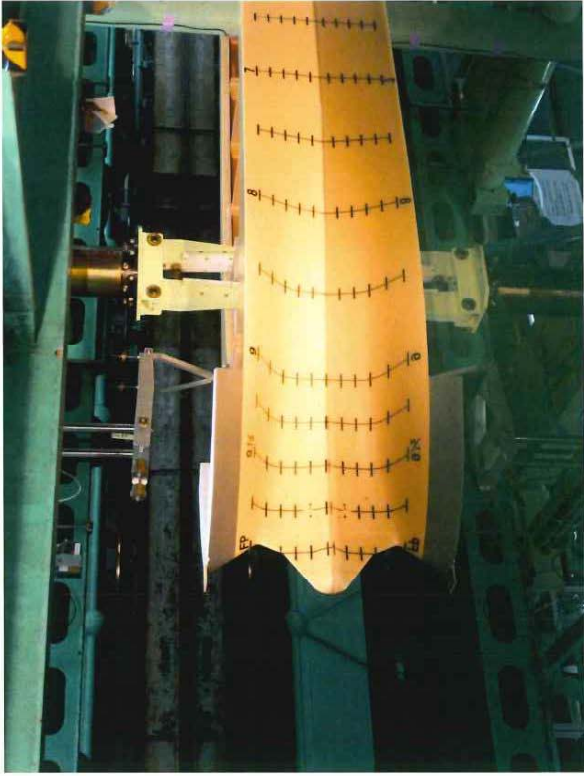
$V_s = 13.57$ knots
 $F_n = 0.2076$



Model Ship No. 5484
Condition ; Scantling Full
Test ; Self Propulsion Test
Date ; 2022/2/14

$V_s = 14.38$ knots

$F_n = 0.2200$



Model Ship No. 5484

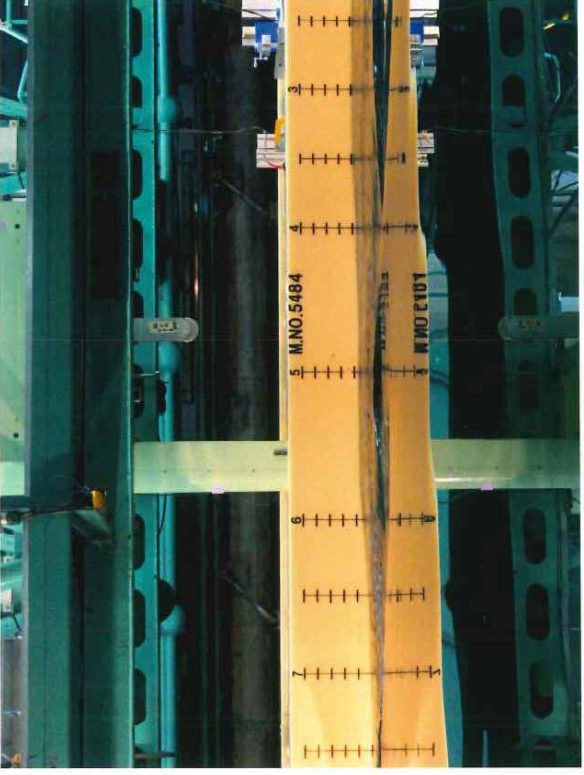
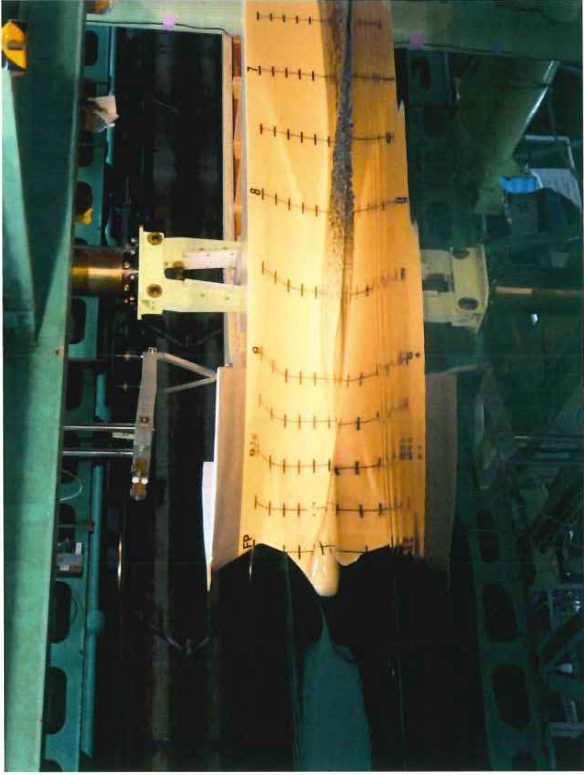
Condition ; Trial Cond.

Test ; Self Propulsion Test

Date ; 2022/2/15

$V_s = 0.00$ knots

$F_n = 0.0000$



Model Ship No. 5484

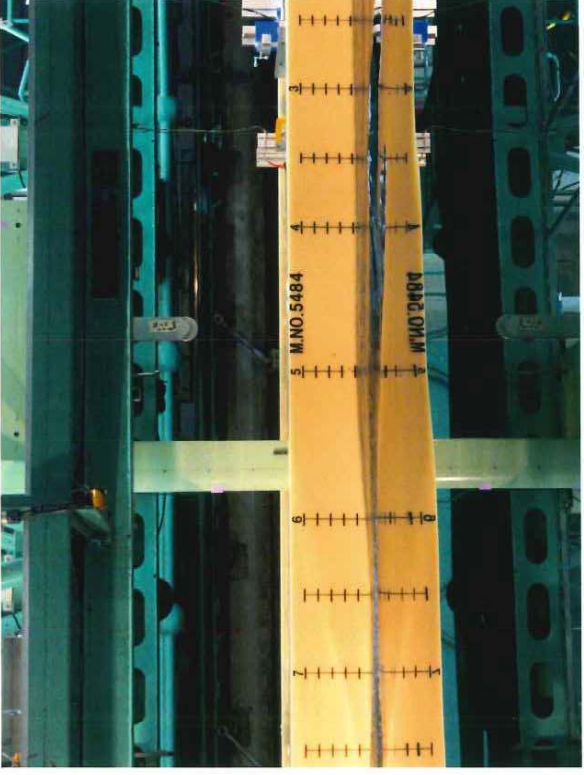
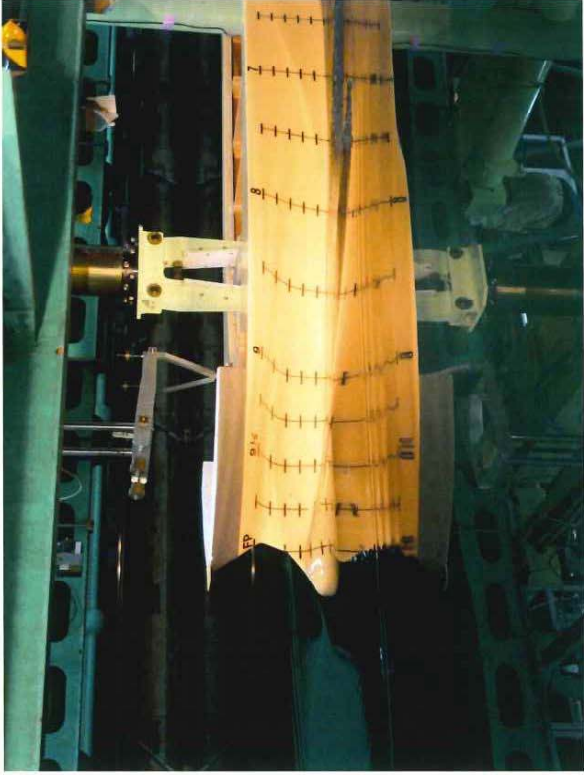
Condition ; Trial Cond.

Test ; Self Propulsion Test

Date ; 2022/2/15

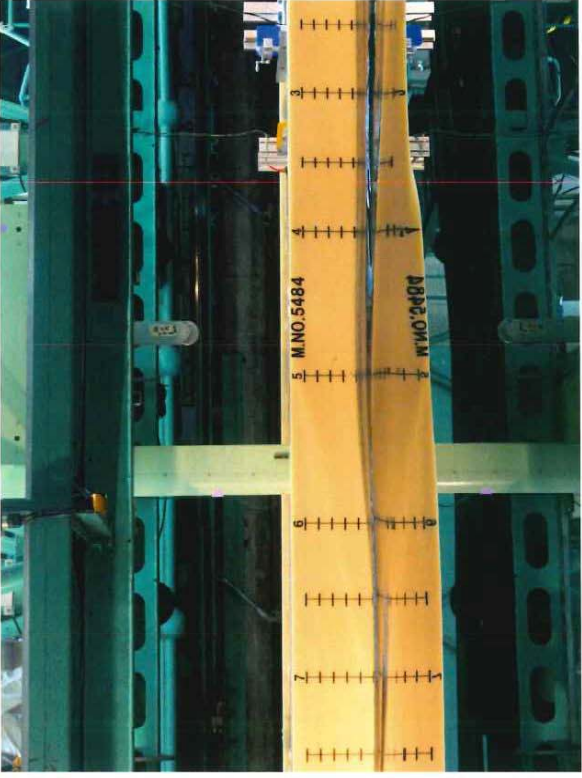
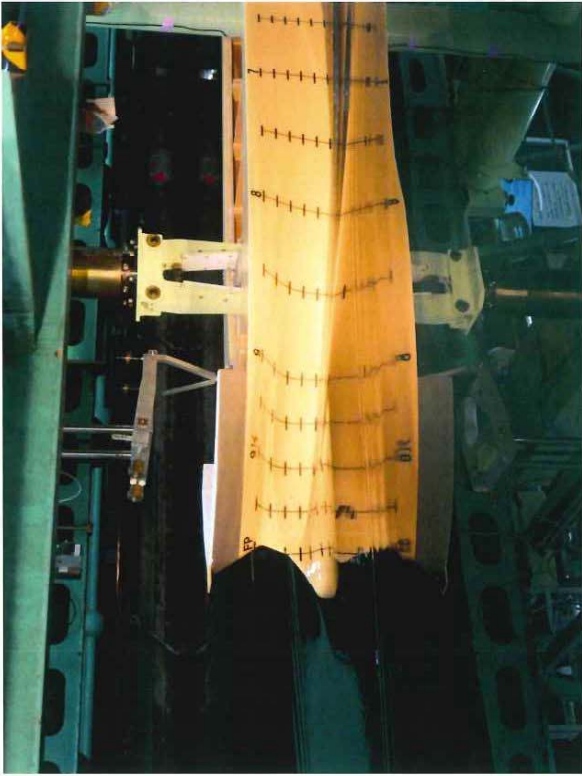
$V_s = 12.68$ knots

$F_n = 0.1940$



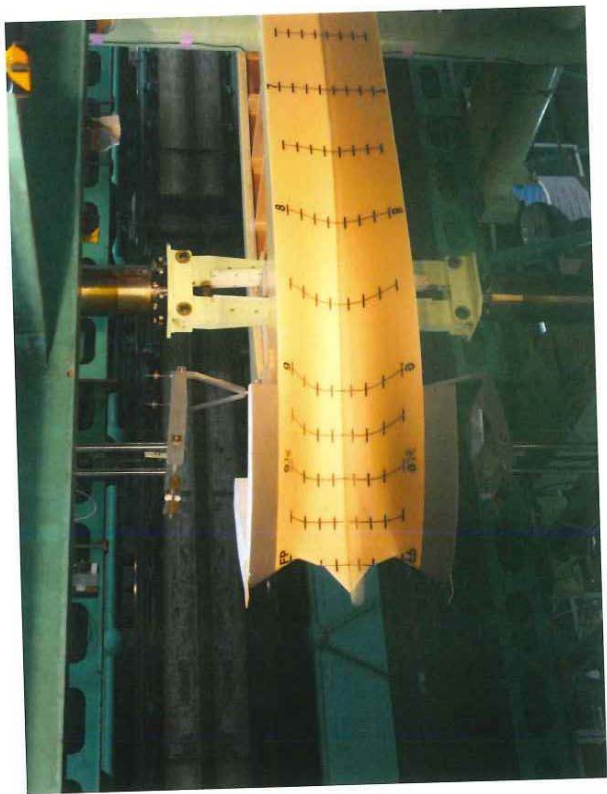
Model Ship No. 5484
Condition ; Trial Cond.
Test ; Self Propulsion Test
Date ; 2022/2/15

$V_s = 14.86$ knots
 $F_n = 0.2273$



Model Ship No. 5484
Condition ; Trial Cond.
Test ; Self Propulsion Test
Date ; 2022/2/15

$V_s = 16.19$ knots
 $F_n = 0.2477$



Model Ship No. : 5484A
 Condition : Design Full
 Test : Self Propulsion Test
 Date : 2022/2/15

$V_s = 0.00$ knots
 $F_n = 0.0000$



Model Ship No. 5484A
Condition ; Design Full
Test ; Self Propulsion Test
Date ; 2022/2/15

$V_s = 12.01$ knots
 $F_n = 0.1838$



Model Ship No. 5484A
Condition ; Design Full
Test ; Self Propulsion Test
Date ; 2022/2/15

$V_s = 14.31$ knots
 $F_n = 0.2188$





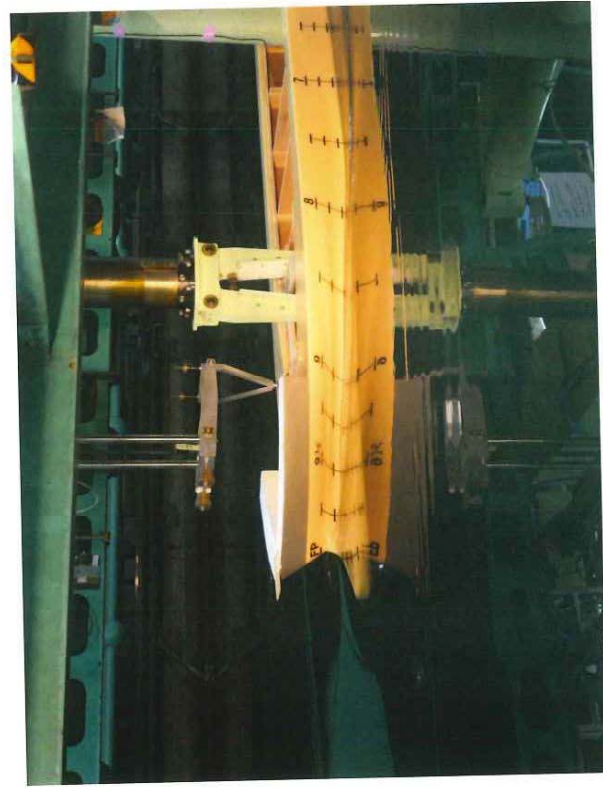
Model Ship No. 5484A
Condition ; Design Full
Test ; Self Propulsion Test
Date ; 2022/2/15

$V_s = 15.18$ knots
 $F_n = 0.2323$



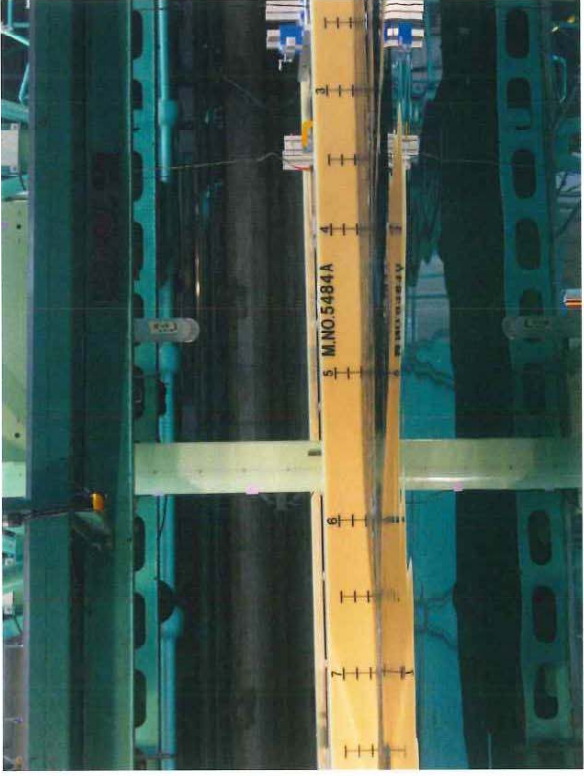
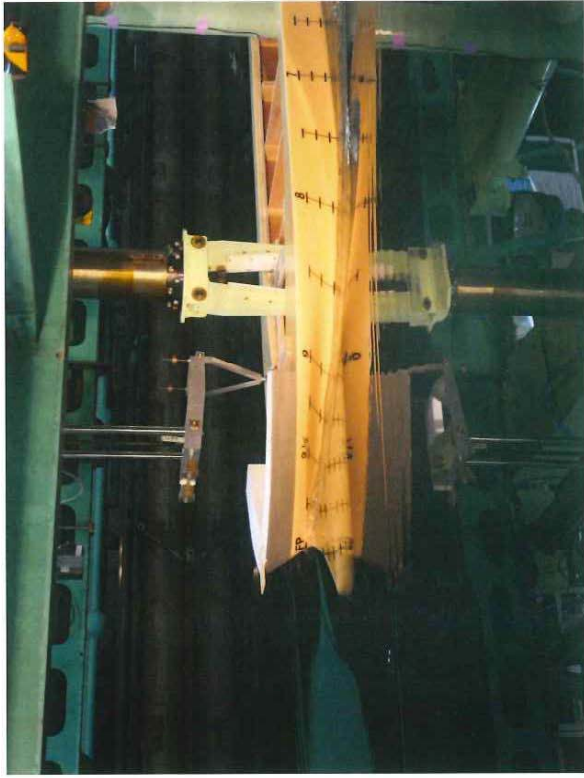
Model Ship No. 5484A
Condition ; Scantling Full
Test ; Self Propulsion Test
Date ; 2022/2/15

$V_s = 0.00$ knots
 $F_n = 0.0000$



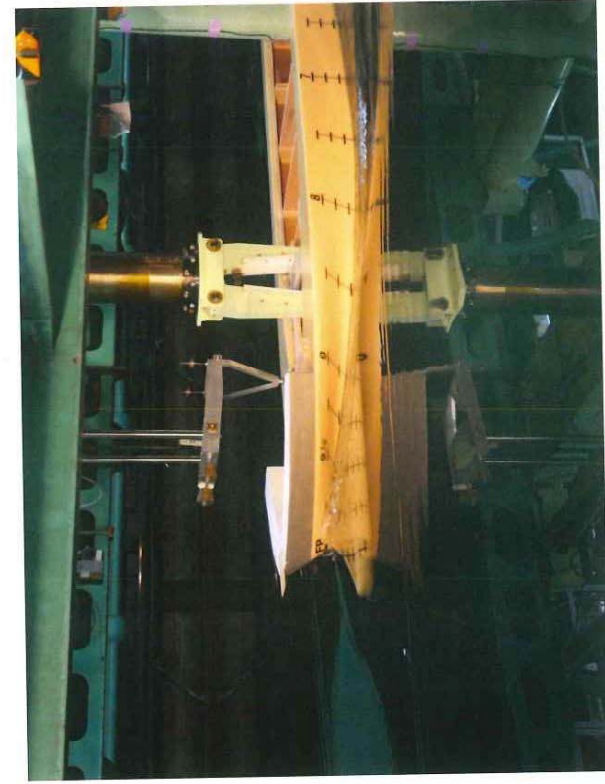
Model Ship No. 5484A
Condition ; Scantling Full
Test ; Self Propulsion Test
Date ; 2022/2/15

$V_s = 11.38$ knots
 $F_n = 0.1741$



Model Ship No. 5484A
Condition ; Scantling Full
Test ; Self Propulsion Test
Date ; 2022/2/15

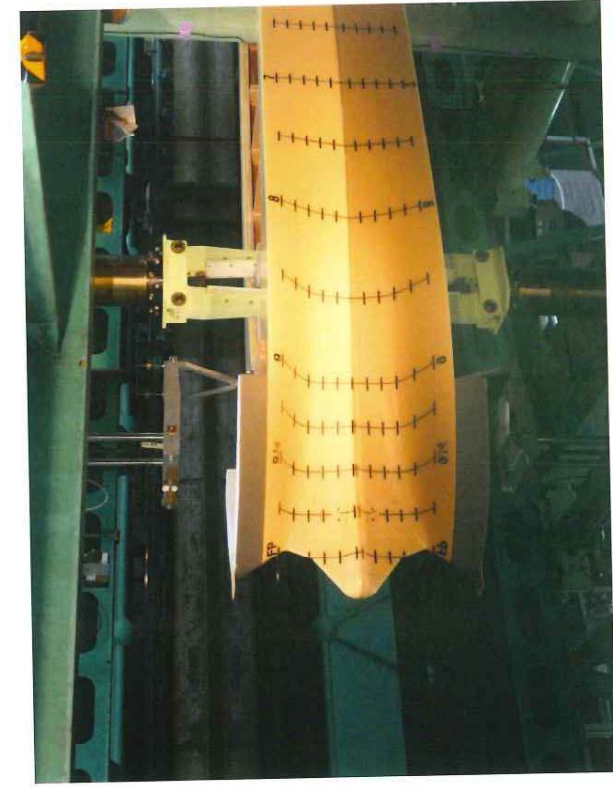
$V_s = 13.59$ knots
 $F_n = 0.2079$



Model Ship No. 5484A
Condition ; Scantling Full
Test ; Self Propulsion Test
Date ; 2022/2/15

$V_s = 14.41$ knots

$F_n = 0.2205$



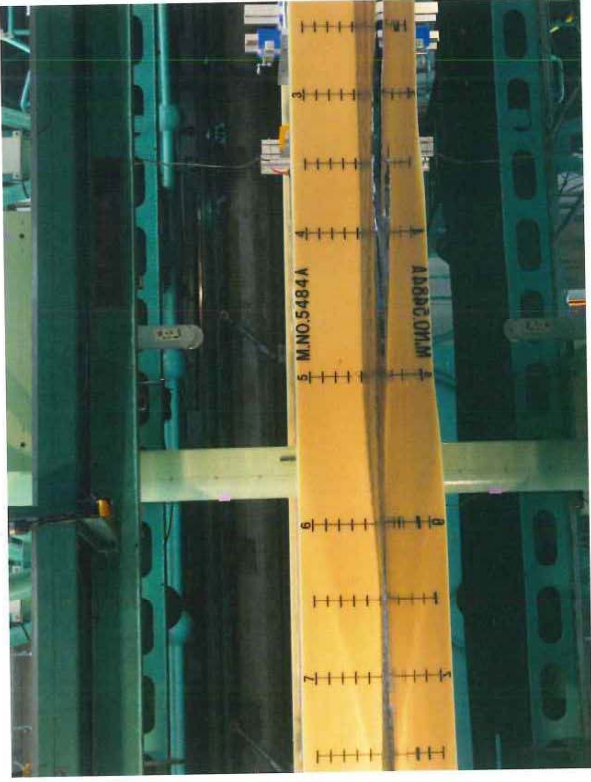
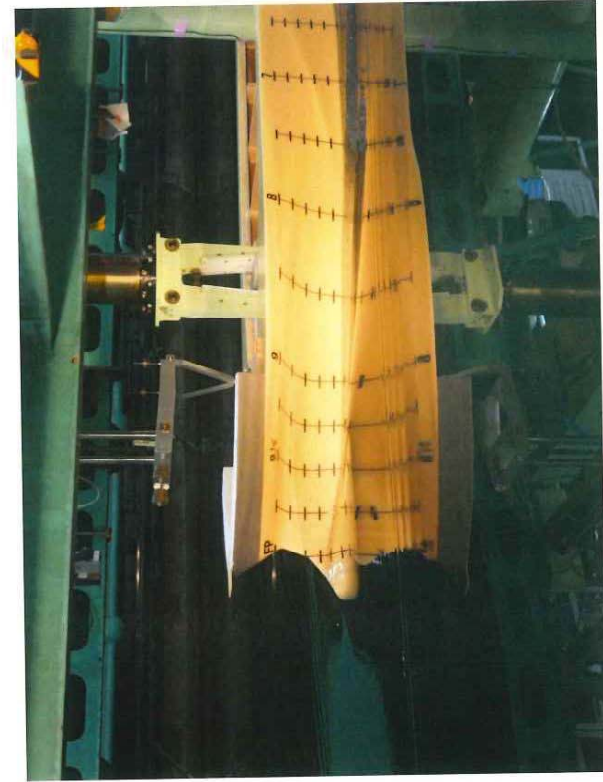
Model Ship No. 5484A
 Condition ; Trial Cond.
 Test ; Self Propulsion Test
 Date ; 2022/2/15

$V_s = 0.00$ knots
 $F_n = 0.0000$



Model Ship No. 5484A
Condition ; Trial Cond.
Test ; Self Propulsion Test
Date ; 2022/2/15

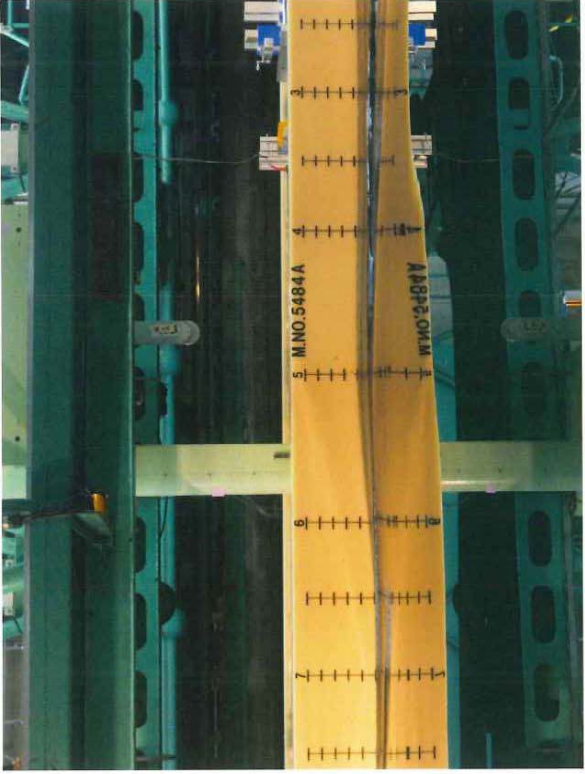
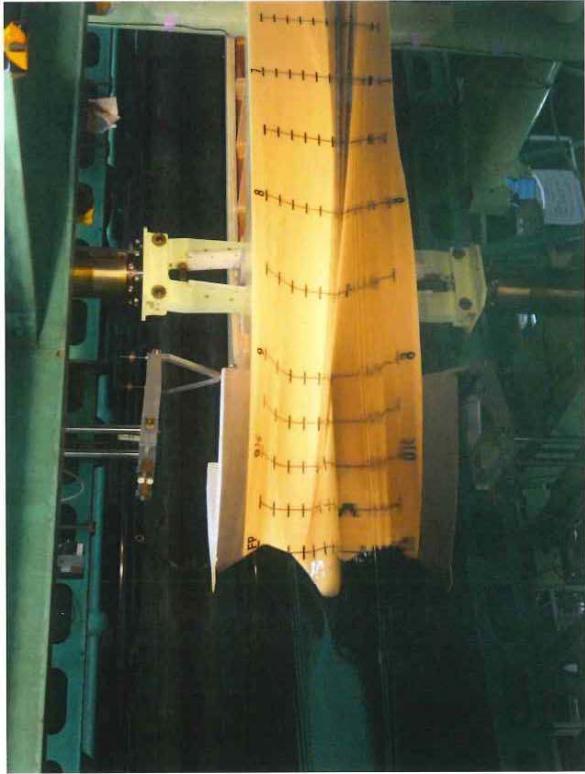
$V_s = 12.71$ knots
 $F_n = 0.1944$



Model Ship No. 5484A
Condition ; Trial Cond.
Test ; Self Propulsion Test
Date ; 2022/2/15

$V_s = 14.88$ knots

$F_n = 0.2276$



Model Ship No. 5484A
Condition ; Trial Cond.
Test ; Self Propulsion Test
Date ; 2022/2/15

$V_s = 16.19$ knots

$F_n = 0.2477$

S Y M B O L S

(1) HULL GEOMETRY

| | | | |
|--------------|----------|---|---------------------------------|
| L_{PP} | LPP | Length between perpendiculars [m] | |
| $L_{D.W.L.}$ | LDWL | Length of designed load waterline [m] | |
| B | B | Breadth moulded [m] | |
| d | H, d | Draft moulded [m] | |
| C_B | CB | Block coefficient | $C_B = \nabla / L_{PP} B d$ |
| C_P | CP | Prismatic coefficient | $C_P = \nabla / L_{PP} B d C_M$ |
| C_M | CM | Midship section coefficient | $C_M = A_M / B d$ |
| | | (Where A_M is area of midship section) | |
| C_W | CW | Waterplane coefficient | $C_W = A_W / L_{PP} B$ |
| | | (Where A_W is waterplane area) | |
| L_{CB} | L. C. B. | Longitudinal center of buoyancy from midship in percent of L_{PP} (for fore from midship (-) aft (+)) | |
| ∇ | DISP | Displacement volume [m ³] | |
| Δ | | Displacement weight [t] | 1 t = 1,000 kgf |
| S | S | Wetted surface with all appendages [m ²] | |
| S_1 | SI | Wetted surface without bilge keel [m ²] | |

(2) RESISTANCE & PROPULSION

| | | | |
|-------|----|--|-----------------|
| v | V | Speed of ship [m/sec] | |
| v_A | VA | Speed of advance of propeller [m/sec] | |
| v_S | VS | Speed of ship [knots] | |
| D | D | Diameter of propeller [m] | |
| n | N | Rate of revolution per second | |
| N | N | Rate of revolution per minute | |
| J | J | Advance coefficient of propeller | $J = v_A / n D$ |
| J_T | JT | Advance coefficient of propeller determined by thrust identity | |
| R_T | R | Total resistance [kgf] [kN] | |
| R_R | | Residual resistance [kgf] [kN] | |
| R_W | | Wave-making resistance [kgf] [kN] | |
| R_F | | Frictional resistance [kgf] [kN] | |
| R_V | | Viscous resistance [kgf] [kN] | |
| T | T | Thrust [kgf] [kN] | |
| Q | Q | Torque [kgfm] [kNm] | |

| | | | |
|--------------|--------|--|---|
| C_T, r_T | CT, RT | Total resistance coefficient | $C_T = R_T/1/2 \rho S V^2$ $r_T = R_T/\rho \nabla^{2/3} V^2$ |
| C_R, r_R | CR, RR | Residual resistance coefficient | $C_R = R_R/1/2 \rho S V^2$ $r_R = R_R/\rho \nabla^{2/3} V^2$ |
| C_W, r_W | CW, RW | Wave-making resistance coefficient | $C_W = R_W/1/2 \rho S V^2$ $r_W = R_W/\rho \nabla^{2/3} V^2$ |
| C_F, r_F | CF, RF | Frictional resistance coefficient | $C_F = R_F/1/2 \rho S V^2$ $r_F = R_F/\rho \nabla^{2/3} V^2$ |
| C_V, r_V | CV, RV | Viscous resistance coefficient | $C_V = R_V/1/2 \rho S V^2$ $r_V = R_V/\rho \nabla^{2/3} V^2$ |
| K | K | Form factor | $1 + K = C_V/C_F$ |
| ΔC_F | DELFCF | Roughness allowance coefficient for the Schoenherr's basic line in general. | |
| ρ | | Density of water [kgfsec ² /m ⁴] [kg/m ³] | Salt water 104.51 1025.0 Fresh water 101.96 1000.0 |
| ν | | Coefficient of kinematic viscosity [m ² /sec] | Salt water (15°C) 1.187×10^{-6} Fresh water (15°C) 1.139×10^{-6} |
| g | | Acceleration due to gravity [m/sec ²] | 9.8 |
| F_n | FN | Froude number | $F_n = V/(gL_{D.W.L.})^{1/2}$ |
| R_n | RN | Reynolds number | R_n (for ship) = $L_{D.W.L.} V/\nu$ R_n (for propeller) = nD^2/ν |
| KQ | KQ | Torque coefficient | $K_Q = Q/\rho n^2 D^5$ |
| KT | KT | Thrust coefficient | $K_T = T/\rho n^2 D^4$ |
| wT | WT | Wake fraction determined by thrust identity | $w_T = (v - v_A)/v$ $v_A = J_T n D$ |
| w_S | WS | Estimated wake fraction of ship | |
| F | | Towing force in a self-propulsion test [kgf] | |
| f | | Towing force coefficient | $f = F/\rho \nabla^{2/3} V^2$ |
| t | T | Thrust deduction ratio | $t' = T/\rho \nabla^{2/3} V^2$ $1 - t = (r_{TM} - f)/t'$ |
| l | L | Load factor | $l = (r_{TM} - f)/r_{TS}$ |
| η_0 | ETA. 0 | Propeller efficiency measured in open-water test | $\eta_0 = T v_A / 2 \pi n Q$ |
| η_B | ETA. B | Propeller efficiency measured behind ship | $\eta_B = \eta_0 \eta_R$ |

| | | | |
|-----------|--------|---------------------------------|--|
| η_R | ETA. R | Relative rotative efficiency | $\eta_R = \eta_B / \eta_0$ |
| η | ETA | Propulsive coefficient | $\eta = (1-t) \eta_B / (1-w_T)$ |
| η_T | ETA. T | Transmission efficiency | |
| EHP | EHP | Effective horse power [ps] [kW] | EHP = $R_{TS} V / 75$ $R_{TS} = R_{RS} + R_{FS} + \Delta R_{FS}$ $R_{TS} = R_{WS} + \{ (1+K) R_{FS} + \Delta R_{FS} \}$ $\Delta R_{FS} = \Delta C_F 1/2 \rho S V^2$ |
| DHP | DHP | Delivered horse power [ps] [kW] | DHP = EHP / η |
| SHP | SHP | Shaft horse power [ps] [kW] | SHP = DHP / η_T |
| BHP | BHP | Brake horse power [ps] [kW] | BHP = DHP / η_T |
| C_{ADM} | CADM | Admiralty constant | $C_{ADM} = \Delta S^{2/3} V_S^3 / DHP$ |

(3) WAKE MEASUREMENT BY FIVE-HOLE PITOT TUBE

| | | | |
|-------|----|---|-------------------|
| V_X | | Axial component of velocity [m/sec] | |
| V_Y | | Horizontal component of velocity [m/sec] | |
| V_Z | | Vertical component of velocity [m/sec] | |
| V_R | | Radial component of velocity [m/sec] | |
| V_T | | Tangential component of velocity [m/sec] | |
| w | | Wake fraction | $W = 1 - w_x$ |
| w_x | WX | Axial velocity fraction | $w_x = V_X / V_M$ |
| w_y | WY | Horizontal velocity fraction | $w_y = V_Y / V_M$ |
| w_z | WZ | Vertical velocity fraction | $w_z = V_Z / V_M$ |
| w_r | WR | Radial velocity fraction | $w_r = V_R / V_M$ |
| w_t | WT | Tangential velocity fraction | $w_t = V_T / V_M$ |
| B_H | BH | Flow direction on horizontal plane [deg.] | |
| B_V | BV | Flow direction on vertical plane [deg.] | |

Remarks; Suffix M for model ship
S for actual ship