

碩 士 學 位 論 文

實習船 아라호(A-RA)의 操縱性能에 관한 研究

指導教授 安瑛化



濟州大學校 産業大學院

海洋生産學科

漁業學

朴 明 昊

2001.

實習船 아라호(A-RA)의 操縱性能에 관한 研究

指導教授 安 瑛 化

이 論文을 水産學專攻 碩士學位 論文으로 提出함

년 월 일

濟州大學校 産業大學院



海洋生産學科
漁業學

朴 明 昊

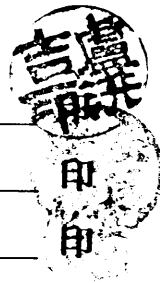
朴 明 昊의 水産學 碩士學位 論文을 認准함

2001년 7월 일

審査委員長 노 홍 길

委 員 안 장 영

委 員 안 영 화



A STUDY ON THE MANEUVERABILITIES OF THE TRAINING SHIP M.S A-RA

Myong-Ho Park

*Department of Marine Production
Graduate School of Industry
Jeju National University*

Supervised by Professor Young-Wha Ahn



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Summary

For this study, two times of maneuvering performance tests were conducted in the categories of turning performance and following performance aboard the fishery training ship A-RA(G/T : 990tons) belonging to Cheju National University at the sea three miles away in the north from the Cheju Harbor in August, 2000 and in May, 2001. The major goal of the tests was to examine the training ship A-RA's overall maneuvering performance. And along with the maneuvering performance tests, the inertia test was executed according to the steam generator's horsepower and the rudder effect. The results were as follows:

1. The turning circle was measured based on the dumb card test method. The

advance at the starboard turning was 198m, 3.30 times of L.P.P.(length between perpendiculars) while that of the port turning was 198m, which accounted for 3.20 times of L.P.P. and was 6m shorter than that of the starboard turning. The size of tactical diameter at the time of starboard turning was 194m, 3.23 times of L.P.P., and that of the port turning was 188m, which was 3.18m times of L.P.P. and again 6m shorter than that of the starboard turning.

2. Next, the size of turning circle was measured according to the DGPS positioning. The advance at the time of the starboard turning was 196m, 3.26 times of L.P.P. and that of the port turning was 194m, which was 3.26 times of L.P.P. and 2m shorter than that of the starboard turning. In respect of the size of tactical diameter, the starboard turning yielded 194m, which corresponded to 3.23 times of L.P.P. while the port turning did 190m, which was 3.16 times of L.P.P. and 4m shorter than that of the starboard turning.
3. The results were compared which came from the sizes of turning circle measured up with the dumb card test method during the trial test and from the sizes of turning circle measured according to the DGPS positioning in May, 2001. The advance of the turning circle measured at the time of the starboard turning according to the DGPS positioning was 1m longer than that of the trial test. And it was 21m shorter at the time of the port turning. The tactical diameter measured with the DGPS positioning at the starboard turning was 16m shorter and 23 shorter at the time of the port turning than that of the trial test.
4. The rudder was steered at 35° of rudder angle each starboard and port while the ship A-RA was advancing at full speed of 13Knot. The velocity of the ship was

reduced to 7.8Knot at 180° of turning angle and 6.0Knot at 360° of turning angle. The time required for the port turning was 150 seconds while that of the starboard turning was 156 seconds, meaning the port turning saved 6 more seconds than the starboard turning. The acceleration of average turning was 2.4° /sec and 2.3° /sec for the respective port turning and starboard turning.

5. The Z test at each 10° , 20° , and 30° of rudder angle was carried out to have the training ship A-RA' s turning exponent K and following exponent T measured. The turning exponent for the each rudder angle was 1.24, 1.45, and 1.65 while the following exponent for the each rudder angle was 0.33, 0.20, and 0.14. That is, the turning exponent K at the Z test at 30° was greater than at the Z test of 10° and 20° while the following exponent T at the 30° Z test was less than at the Z test of 10° and 20° . The figures indicated that the great angled steering brought about the better maneuvering performance than the little angled steering.

6. The training ship had its steam generator set at the R. P. M. 730 to test the advance inertia. It took 5 minutes and 15 seconds for the ship to reach the top speed of 13.5Knot, with it covering distance of 1,470m. The static inertia was also measured. It took 3 minutes and 55 seconds for the ship to reduce its speed down to 2Knot or less after the steam generator was stopped while the ship was running at full speed. In this case, the ship covered 720m.

To test the reversing inertia, the ship was forced to make sternway in the middle of advancing at its top speed. It took 2 minutes and 45 seconds for the ship to halt, with 600m covered.

The maneuvering performance tests of the training ship A-RA provided the following results; in testing the turning performance according to steering, the tactical diameter at the time of the starboard turning was bigger than of the port turning. The following performance turned out to be better at the great angled steering than at the small angled one. The inertia test suggested that the reversing inertia produced the better rudder effect than the advance and static inertia.



목 차

summary	
List of Figures	iii
List of Tables	iv
I. 서 론	1
II. 장치 및 방법	3
1. 측정 장치	3
1.1. 시험선 요목	3
1.2. 실험 해역 및 해상 조건	4
1.3. 측정 장치의 제원 및 배치	6
2. 측정 방법	8
2.1. 선회권 측정	8
1) 부표 방위반법(浮漂方位盤法)에 의한 선회권	10
2) DGPS(Differential Global Positioning System)에 의한 선회권	10
2.2. 조종성 시험	11
1) Z 시험	11
2) 조종성 지수 계산 방법	12
2.3. 타력시험	13
1) 발동 타력	13
2) 정지 타력	13
3) 반전 타력	13
III. 결과 및 고찰	14
1. 선회권(Turning circle)에 의한 조종 성능	14
1.1. 부표 방위반법에 의한 선회권	14

1.2. DGPS 측위에 의한 선회권	17
1.3. 신조 시운전시 선회권	21
1.4. 선회권 측정결과의 비교	22
2. Z시험에 의한 조종성능	24
2.1. Z 시험	24
2.2. 조종성 지수 K 및 T	26
3. 타력시험에 의한 조종 성능	29
3.1. 발동 타력	29
3.2. 정지 타력	30
3.3. 반전 타력	31
 V. 요약	 32

참고문헌

감사의 말씀



List of Figures

Fig. 1. Side view and upper deck plan of the experimental ship M.S A-RA	4
Fig. 2. Location for measurement turning circle and inertia test of experimental ship	5
Fig. 3. Block diagram of DGPS system	6
Fig. 4. Configuration of experimental apparatus	8
Fig. 5. Turning circle	9
Fig. 6. Curve of Z test	11
Fig. 7. Speeds and turning angle of the M.S A-RA in the turning circle test	16
Fig. 8. Turning circle obtain from positions of experimental ship measured by DGPS receiver steering order are starboard 10° and port 10°	18
Fig. 9. Turning circle obtain from positions of experimental ship measured by DGPS receiver steering orders are starboard 20° and port 20°	19
Fig. 10. Turning circle obtain from positions of experimental ship measured by DGPS receiver steering orders are starboard 35° and port 35°	19
Fig. 11. Turning circle obtain from positions of experimental ship measured by DGPS receiver steering orders are starboard 10° , 20° , 35° and port 10° ,20° ,35° respectively	20
Fig. 12. Measurements of turning circle 35° by trial test, and DGPS test.	22
Fig. 13. Z test curves of the M.S A-RA	25
Fig. 14. The results of the measued advance inertia test in the R.P.M 500, 600, 730	29
Fig. 15. The results of the measued static inertia test in the R.P.M 500, 600, 730	30
Fig. 16. The results of the measued reversing inertia test in the R.P.M 500, 600, 730	31

List of Tables

Table 1. Principal particulars of the experimental ship M.S A-RA	3
Table 2. Trial Condition of the experimental ship and sea	5
Table 3. Specification of the experimental devices	7
Table 4. The results of the measured turning circle of experimental ship	14
Table 5. The result of turning circle obtained from position of experimental ship measured by DGPS receiver	17
Table 6. Trial test of turning circle 35°	21
Table 7. Measurements of turning circle 35° by trial test, and DGPS test.	22
Table 8. ship's heading at every observation time's and time intervals between principal times points in Z tests of the M.S A-RA	24
Table 9. The calculated K and T of the experimental ship	26
Table 10. The calculated maneuvering Indices K' and T' of the experimental ship	26
Table 11. Maneuvering Indices of ships divided into classes	27
Table 12. The comparison between incices of the experimental ship and the other ships at 10° Z test	28

I. 서 론

조선 기술의 발달로 선박의 대형화, 고속화 및 전용선화가 되고 있으며 또한 선박의 통항이 집중되는 협수로나 주요 항로 등에서 해상 교통량이 폭주함에 따라 항법 및 피항 조선도 매우 복잡해지고 있기 때문에 그에 따른 해양 사고도 빈번해지고 있다.

따라서, 조선자는 선박이 항행중 다른 선박이나 위험물에 접근 했을 때 안전하게 피항하기 위해서는 그 선박에 대한 선회성과 추종성 등 조타에 의한 조종 성능을 잘 파악하고 있어야 하며 이러한 조종 성능은 일반적으로 선회시 선회권(Turning circle)에 의한 종거(Advance) 및 횡거(Transfer)와 선회경(Tactical diameter)의 크기로 결정되는 선회성(旋回性)과 조타(操舵)에 의한 선체운동중 추종성(追從性)을 나타내는 조종성 지수(操縱性指數)로써 그 선박에 대한 조종성능(操縱性能)의 양부(良否)를 판별하게 되는 것이다.

또한, 선박은 항해중 풍조(風潮)나 파랑(波浪)등 외력에 의한 영향이나 그 선박이 항행 환경(航行環境), 즉 홀수, 속력, 수심등에 따라서도 조타(操舵)에 대한 선체의 응답운동(應答運動)이 달라질 뿐만 아니라, 건조시 설계에 따른 선박의 선형이나 크기 및 용도에 따라서도 그 선박의 조종성능(操縱性能)이 달라지기 때문에 조선자(造船者)는 선박 건조시 그 선박의 종류에 알맞는 조종 성능을 가질 수 있도록 설계 및 건조가 이루어져야 한다.

선박의 크기 및 선형과 용도에 따른 조종 성능의 표준화는 1994년 7월 1일 국제해사기구인 IMO(International Maritime Organization)에서는 선체 길이가 100m 이상인 대형 선박과 원유, 석유, LPG, LNG, 화학제품 등 위험물을 운반하는 특수 선박등, 신조선의 조종 성능에 대한 국제 규정을 요구하고 있다.

선박의 조종 성능의 양부(良否)는 해상의 실선 시험(實船試驗)에서 조타에 의한 선회성과 추종성시험을 통하여 그 값을 알수 있으며, 항행중 변침이나 보침시 속력의 가감과 항내(港內)에서의 선회권의 크기를 결정하는 등 해상에서 타선과의 충돌을 예방할 수 있는 피항조선(避航操船)이나 안벽에 계류등 출·입항조선(出·入港操船)에 필요한

조선정보(操船情報)를 얻을 수 있는 것이다.

실선 시험에 의한 조종 성능의 양부를 판별하는 방법에는 선회시험(Turning test), Z 시험(Zig-zag manoeuvre test), PAL시험(Spiral test), 신침로 시험(Course change test), 타력시험(Inertia test), 속력시험(Speed test)등 여러 가지 시험방법이 있으며, 이러한 조종 성능 시험은 시험선의 제반 조건과 실험 해역의 해상 상태등 조선환경(操船環境)과 항행환경(航行環境)등에 따라 그 값이 달라지게 된다,

본 연구에서는 실선 시험에 의한 조종 성능을 파악하기 위하여 1993년 8월에 진수한 제주대학교 어업 실습선 아라호(G/T. 990ton)를 이용하여 2000년 8월 5일과 2001년 5월 25일 2회에 걸쳐 제주항 북방 3마일 해상에서 조타에 의한 선회성 및 추종성등 조종 성능을 시험하였으며, 또한 기관마력과 타효(舵效)에 의한 타력 시험(惰力試驗)을 실시하였다. 여기서, 시험에 사용한 아라호는 선망(purse seine)과 선미트롤(stern trawl)을 할 수 있는 겸용선으로써 1993년 건조 후 수차에 걸쳐 조타실 갑판(Bridge deck)의 연장 및 개조와 선미 겔로스상에 약 18ton정도의 선망 그물을 적재하였으며, 또한 선수 탱크(Bow thruster room)에 약 13ton 정도의 납(Iron)을 부착함으로 인해서 선체의 무게 중심(重心)과 중량이 달라졌기 때문에 건조 당시의 조종 성능과 현재의 조종 성능과는 그 값이 많이 달라졌다고 사료된다.

본 연구에서는 아라호가 신조 당시의 조종 성능과 현재의 조종 성능을 비교 검토하기 위하여 신조 시운전시 선회권 시험방법인 부표 방위반법에 의한 시험방법과 또한, 최근에 선회권을 측정하는 방법으로 이용되고 있으며, 측위정도(側位精到)가 높은 DGPS(Differential Global Positioning System)를 이용한 선회권 측정과 타력 시험(惰力試驗)을 실시하였으며 또한, 조타에 의한 추종성을 파악하기 위하여 Z시험을 실시하여 시험선 아라호의 조종 성능을 분석·파악하였다.

II. 장치 및 방법

1. 측정 장치

1.1. 시험선 요약

본 실험에 사용한 시험선은 선망(Purse seine) 과 선미트롤(Stern trawl)을 할 수 있는 제주대학교 어업 실습선 아라호(G/T 990)를 이용하였으며, 그 제원은 Table. 1과 같고, 시험선의 일반배치도는 Fig. 1과 같다.

Table 1. Principal particulars of the experimental ship M.S A-RA

Kind of ship	Fishing vessel
Name of ship	M.S A-RA
L.O.A	68.50 m
L.P.P	60.00 m
M.L.D	12.40 m
Depth	7.30 m
Full load draft	4.76 m
Gross tonage	990 ton
Internation tonage	1,348 ton
Main engine	2,600 ps
R.P.M/pitch	730/36
Ship's speed	13.00 knot
Ship's draft	fore 3.2 m after 4.6 m

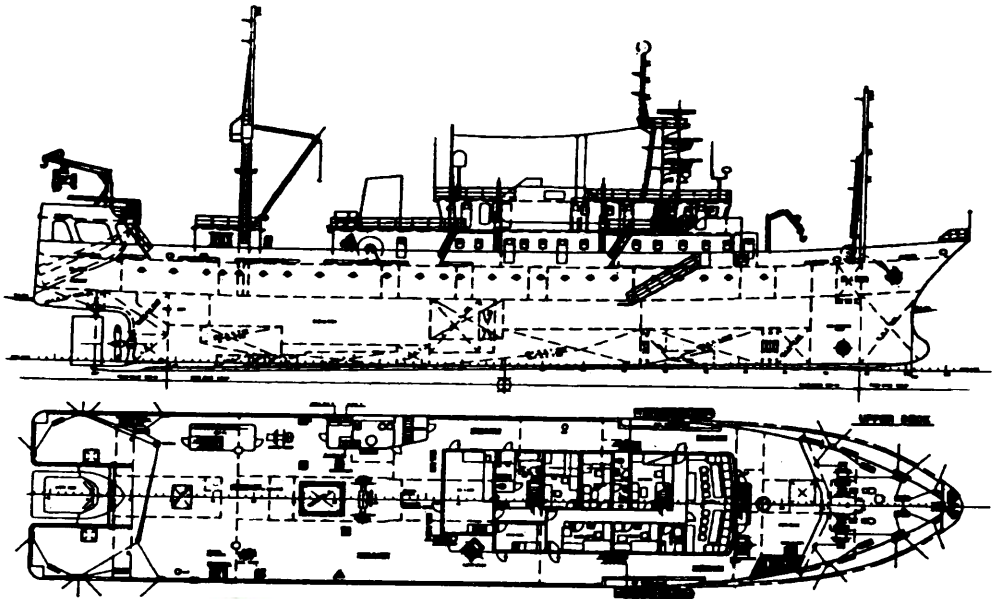
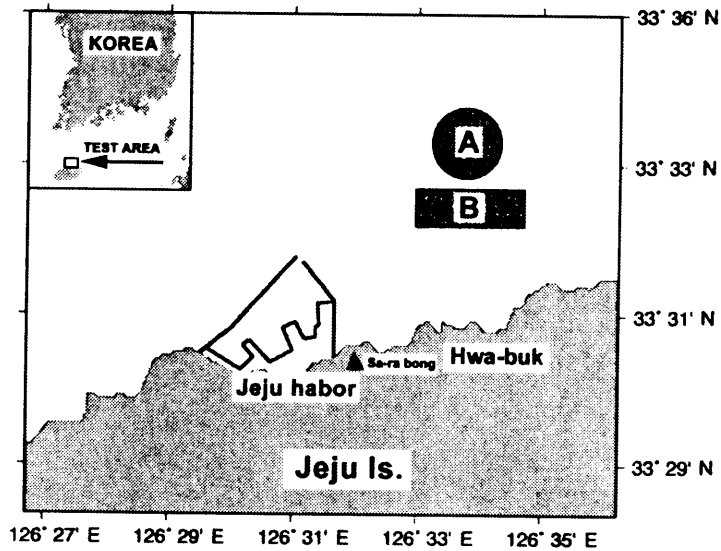


Fig. 1. Side view and upper deck plan of the expermental ship M.S A-RA

1.2. 실험 해역 및 해상 조건

본 연구에서 실습선 아라호의 조종 성능을 파악하기 위하여 2000년 8월 5일과 2001년 5월 25일 2회에 걸쳐 Fig. 2와 같이 제주항 북방 3mile해상에서 선회성과 추종성, 그리고 타력 시험등을 실시하였으며 시험당시의 해상조건은 Table 2와 같다.



A : Turning circle test area B : Inertia test area

Fig. 2. Location for measurement turning circle and inertia test of experimental ship

Table 2. Trial Condition of the experimental ship and sea

Trial area	North sea area of Jeju island
Depth	126 m
Wind speed	4.3 m/sec
Wind direction	ENE
Speed of tide	0.3 knot
Direction of tide	ENE
Visibility	fair

1.3. 측정 장치의 제원 및 배치

본 연구에서, 시험선의 선회권을 측정하기 위하여 사용한 측정장치는 항법용 위성으로부터 수신된 선박의 위치를 보정 수신할 수 있는 일본제(JRC, JRL-7700) DGPS와 수신된 측위를 2초마다 실시간 입력 처리 할 수 있는 퍼스날 컴퓨터, 그리고 입력된 위치자료를 X.Y 좌표로 출력할 수 있는 프린터 및 선수방위를 읽을수 있는 Gyro compass (C.PLATH)를 이용하였다. 또한 실험에 사용한 DGPS의 계통도는 Fig. 3과 같고, 실험 장치의 제원 및 요원의 배치는Table 3, Fig 4와 같다.

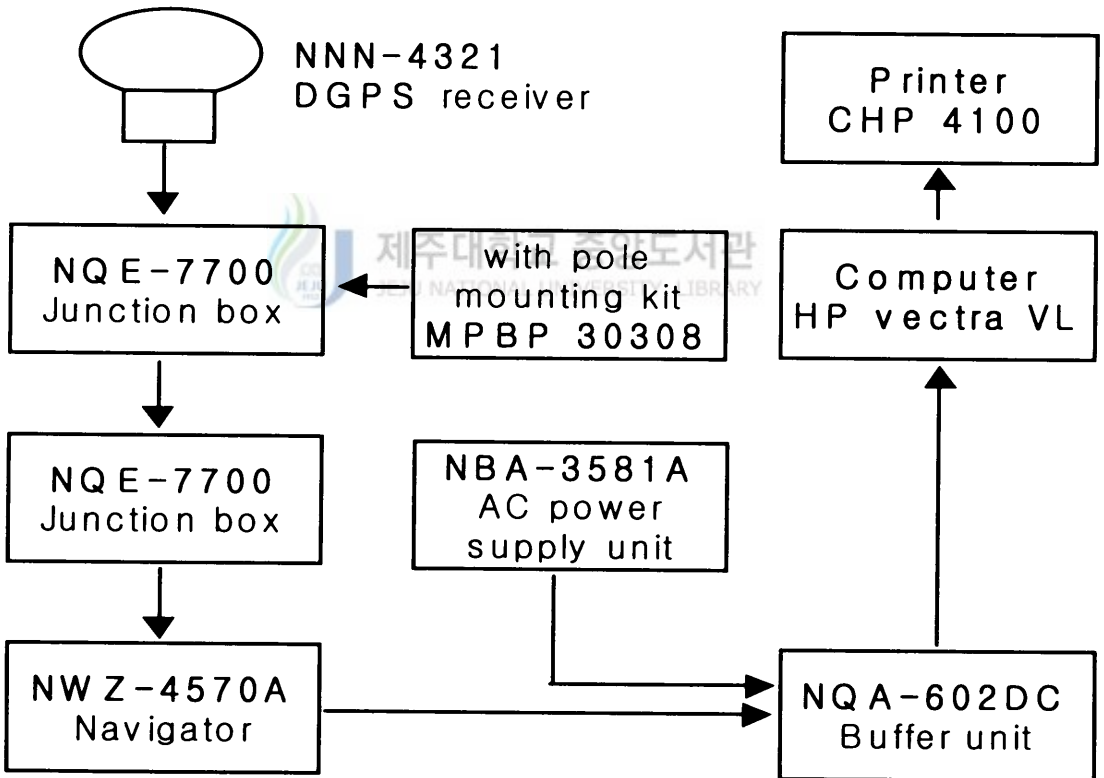
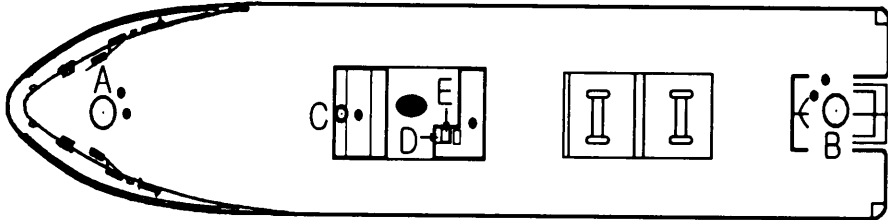


Fig. 3. Block diagram of DGPS system

Table 3. Specification of the experimental devices

Species	Item	Specification
DGPS	Receiving frequency	1575.42MHz \pm 1MHz(C/A code)
	Sensitivity	-130dBm
	Dynamic range	25dB
	Maximum No. of tracked satellites	8
	Fix update rate	Every 1 second
	Accuracy GPS position fixing	100m 2DRMS(L1, C/A code, HDOP \leq 4)
	DGPS position fixing	10m 2DRMS(L1, C/A code, HDOP \leq 4)
	Data output	Two output ports(one RS422 output) NMEA 0180, NMEA0183, or JRC format Version 1.5 or 2.1 for NMEA 0183
Gyro compass	Freedom of roll and pitch	$\pm 35^\circ$
	Accuracy	Static error $\leq 0.1^\circ$ sec lat (1 sigma) Dynamic error $\leq 0.7^\circ$ sec lat (1 sigma) Linear mean settle point error $\leq 0.2^\circ$ sec lat (3 sigma) Lag error at turning rate 6° /s $\leq 0.1^\circ$ (3 sigma) Threshold of follow-up system $\leq 0.1^\circ$ (3 sigma)
Personal computer	Micro Scan 5V+/ADI HEWLETT PACKARD	Tco low emission Vectra VL series4 5/100
Printer	Model	CHP - 4100
	C P U	Power PC 75MHz
	Memory	16MB (32MB)



A.B : Dumb card C : Gyro compass
 D : DGPS receiver E : Personal computer

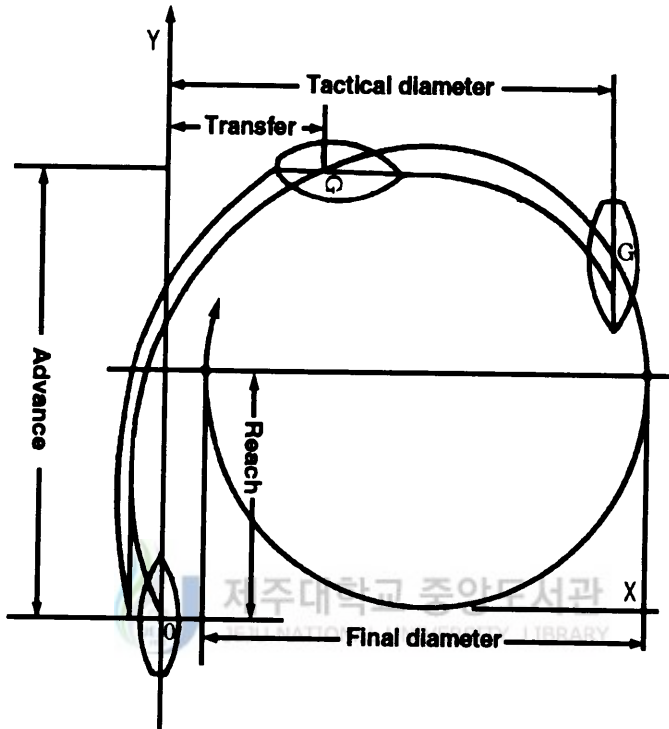
Fig. 4. Configuration of experimental apparatus



2. 측정 방법

2.1. 선회권 측정

시험선의 선회 성능을 파악하기 위하여 선회권 측정을 실시하였는데, 본 연구에서는 신조선의 시운전 시험시에 측정한 선회권과 비교하기 위하여 당시에 사용하였던 선회권 시험방법인 부표 방위반법에 의한 방법과 최근에 이용되고 있는 위성항법 장치인 DGPS(Differential Global Positioning System)의 측위를 이용한 방법으로 Fig. 5와 같이 X.Y좌표에 선회권을 작도하고, 선회종거, 선회횡거, 선회경, 심거등의 크기를 측정하였다.



Advance : 선회종거 Transfer : 선회횡거
Tactical diameter : 선회경 Reach : 심거
Final diameter : 최종선회경

Fig. 5. Turning circle

1) 부표 방위반법(浮漂方位盤法)에 의한 선회권

부표 방위반법에 의한 선회권 측정은 침자(侵子)와 깃발을 단 부표(浮漂)를 해중에 투입하고 부표로부터 180° 방향으로 약 1mile정도 떨어진 다음 선수 방위를 000° 가 되게 유지하면서 부표와의 정횡 거리를 자선길이의 1.5 ~ 2배 정도되게 유지하면서 전속 전진한 다음 소정의 타각(10°, 20°, 35°)이 되도록 우 또는 좌선회 하면서, 선수, 선미에 설치된 방위반(Dumb card)에 의해 선수각 15° 마다의 부표 방위를 동시에 측정하였으며, 부표까지의 상대방위를 Plotting sheet에 작도하여 선회종거, 선회횡거, 선회경, 심거등을 구하였다. 또한 Dumb card로 측정한 부표방위의 측정오차를 보완 하기 위하여 ARPA Radar를 이용하여 부표까지의 방위와 거리를 동시에 측정하였다.

2) DGPS(Differential Global Positioning System)에 의한 선회권

DGPS 측위에 의한 선회권 측정은 시험선의 항해 실습실에 설치된 일본제(JRC, JLR-7700)DGPS 수신기들을 이용하여 위성으로부터 수신되는 본선의 위치를 매 2초마다 Personal computer에 입력하여 전산(電算)처리된 본선의 위치를 Printer에서 X.Y좌표로 출력하여 부표 방위반법과 마찬가지로 선회종거, 선회횡거, 선회경등을 구하였다.

2.2. 조종성 시험

1) Z 시험

시험선을 일정한 침로로 전속 전진 시키면서 타를 소정의 각도 10° , 20° , 30° 에 이르도록 전타한 후 매 5초마다 주요 시점의 선수 방위와 회두각이 소정의 타각과 같아질 때의 시각, 주요 시점의 시간, 타각등을 Fig. 6과 같이 작성하였다.

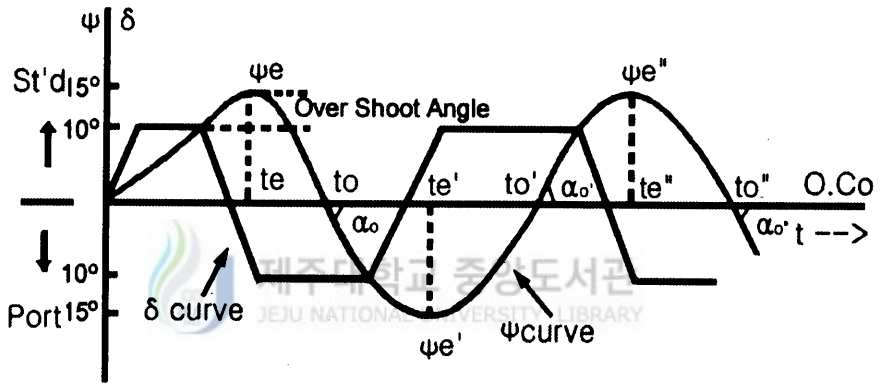


Fig. 6. Curve of Z test

2) 조종성 지수 계산 방법

선박의 조종 성능은 조타에 의한 선회성과 추종성으로 그 양부를 판별 하는 것으로 , 본 연구에서는 시험선에 대한 조종 성능의 양부를 판별하기 위하여 선회성지수 K 와 추종성지수 T 를 다음식에 의하여 산출하였다.

$$\begin{aligned} \psi_e &= K \delta_\gamma t_e + K A_e \\ \psi_e &= K \delta_\gamma t_e + K A_e \\ \psi_e &= K \delta_\gamma t_e + K A_e \dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T \psi(t_0) &= T \tan \alpha_0 = K \delta_\gamma t_0 + K A_0 \\ T \psi(t_0) &= T \tan \alpha_0 = K \delta_\gamma t_0 + K A_0 \\ T \psi(t_0) &= T \tan \alpha_0 = K \delta_\gamma t_0 + K A_0 \dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

단 ψ : 측방향의 회두각속도

δ : 타각

δ_γ : 타각 오차

t : 초단위 경과 시간

t_e, t_e, t_e : ψ 가 최대일때의 시각

t_0, t_0, t_0 : ψ 가 0일때의 시각

ψ_e, ψ_e, ψ_e : ψ 의 최대치

$A_e(A_0), A_e(A_0), A_e(A_0)$: $t=0$ 부터 $t_e(t_0), t_e(t_0), t_e(t_0)$ 의 각점까지 δ 곡선이 만드는 면적 ψ 가 최대일때의 시각

선박의 조종성지수 K 및 T는 선박의 크기, 선형, 배수상태, 타각, 속력 및 수심등의 환경 조건에 대해서 다르므로 K 와 T를 다음과 같이 무차원화하여 표시했다.

$$K' = K \times (L/V), T' = T \times (V/L)$$

단, L : 선박의 전장(m)

V : 선속(m/sec)

2.3. 타력시험

타력 시험은 시험선을 기관 R.P.M 500, 600, 730으로 놓고 시험하였으며, 시험선 조타실에 설치된 일본제(JRC, JLR-7700) DGPS를 이용하여 위성으로부터 수신된 시험선의 위치정보를 매 2초마다 Personal computer에 입력한 후 그 자료를 Excel을 이용하여 그래프를 작성하였으며, 동시에 시험선의 속력의 변화 및 소요 시간등을 Log와 초시계로 측정하였으며, 시험선의 항주거리를 계산하였다.

1) 발동 타력

발동 타력은 시험선이 정지중 기관 전진 R.P.M 500, 600, 730으로 각각 발령할 때, 소정의 속력에 달할 때까지의 진출거리, 속력의 변화, 소요 시간등을 DGPS측위를 이용하여 측정하였다.

2) 정지 타력

정지 타력 시험은 시험선의 기관 R.P.M 500, 600, 730으로 각각 항주 중 기관 정지를 발령하여 선체가 정지 할 때까지의 소요 시간, 진출 거리, 속력의 변화등을 DGPS측위를 이용하여 측정 하였으며, 시험선의 속력이 2knot까지 감소할 때까지 측정하였다.

3) 반전 타력

반전 타력시험은 시험선의 기관 R.P.M 500, 600, 730으로 각각 항주중 기관 후진시 R.P.M 650으로 발령하여 선체가 정지 할 때까지의 소요 시간, 진출 거리, 속력의 변화등을 DGPS측위를 이용하여 측정하였다.



Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 선회권(Turning circle)에 의한 조종 성능

시험선 아라호의 선회권 측정은 부표 방위반법에 의한 방법과 DGPS의 측위를 이용한 방법으로 선회권을 측정하였다.

1.1. 부표 방위반법에 의한 선회권

타각 10°, 20°, 35° 일때 부표방위반법에 의하여 측정된 선회권의 제요소들은 Table 4와 같다.

Table 4. The results of the measured turning circle of experimental ship M.S A-RA

Item	starboard			port		
	10°	20°	35°	10°	20°	35°
Ad(m)	449	240	198	518	231	192
Ad/Lpp	8.3	4.0	3.3	8.6	3.8	3.2
Tr(m)	327	166	92	278	142	93
Tr/Lpp	5.4	2.7	1.5	4.6	2.4	1.5
Td(m)	638	310	194	582	251	185
Td/Lpp	10.6	5.1	3.3	9.7	4.2	3.1
Fd(m)	640	314	199	505	255	197
Fd/Lpp	10.6	5.2	3.4	8.4	4.3	3.3
Tr/Td	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5
Ad/Td	0.8	0.7	1.0	1.0	1.0	1.0
Fd/Td	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1
Tr/Ad	0.6	0.7	0.5	0.4	0.6	0.5
Rh(m)	250	120	99	259	116	96
Rh/Lpp	4.1	2.0	1.6	4.3	1.9	1.6

Ra : Rudder angle Ad : Advance Tr : Transfer

Td : Tactical diameter Fd : Final diameter

Lpp : Length between perpendicular Rh : Reach

Table 4에서 보는 바와 같이 타각 10° 일때의 선회종거(Ad)의 크기는 우현선회가 449m로서, 수선간장(Lpp)의 7.48배, 좌현선회가 518m로 수선간장의 8.63배 되어, 좌현선회시각이 69m길었다. 선회경(Td)는 우현선회시각이 327m로 수선간장의 5.45배이고, 좌현선회가 278m로 수선간장의 4.63배로 좌현선회시각이 59m짧았다.

타각 20° 일 때의 선회종거의 크기는 우현선회가 240m로 수선간장의 4.0배, 좌현선회시각이 231m로 수선간장의 3.85배로서, 좌현선회시각이 9m짧고, 선회경은 우현선회시각이 310m로, 수선간장의 5.16배, 좌현선회시각이 251m로 수선간장의 4.18로서 좌현선회시각이 69m짧았다.

최대 타각 35° 일 때의 선회종거의 크기는 우현선회시각이 198m로 수선간장의 3.30배, 좌현선회시각이 192m로 수선간장의 3.20배로 좌현선회시각이 6m짧고, 선회경은 우현선회시각이 194m로 수선간장의 3.23배, 좌현선회시각이 188m로 수선간장의 3.18배로서 좌현선회시각이 6m짧았다. . 그리고 선회권 측정시 경과시간에 따른 시험선의 선회중 속력과 선회각은 Fig. 7과 같다.

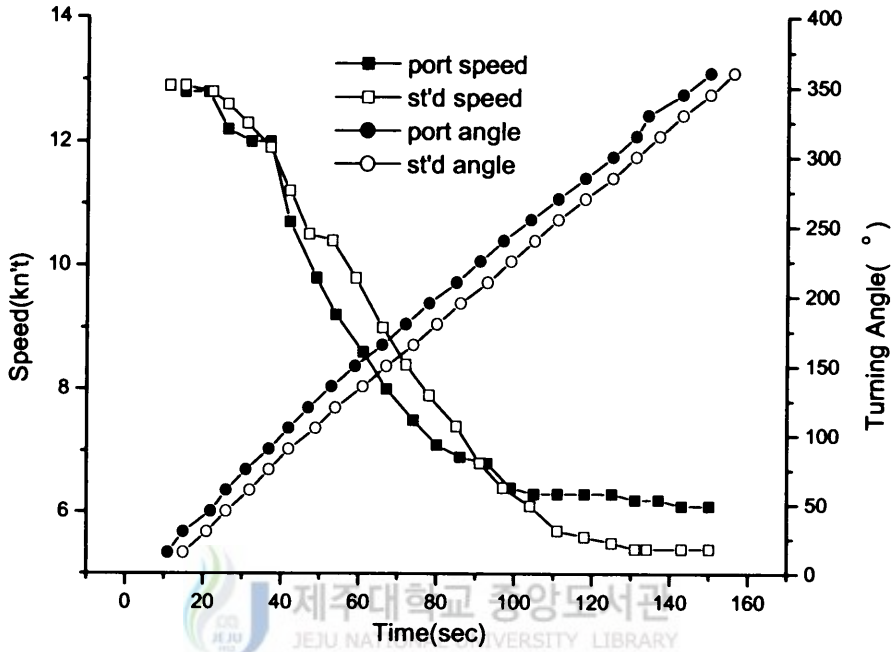


Fig. 7. Speeds and turning angle of the M.S A-RA in the turning circle test

Fig. 7에서 시험선의 속력이 13.0knot로 전속전진중 최대 타각으로 전타한 후 좌현 및 우현으로 선회 했을 때 시간의 15초 경과시부터 속력이 떨어져 선회각 180도 되었을 때 선속이 7.8knot였으며, 360° 까지 선회시의 속력은 6.0knot로 낮아졌다. 따라서 타각 35° 에서 정상선회중의 속력을 6.0knot로 보았을 때, 속력 저감율은 0.46이다.

그리고 360° 선회시의 경과시간은 좌현선회시가 150sec.이고, 우현선회시가 156sec.로 우현선회시가 6sec.길고, 좌현 평균 선회 각속도는 2.4° /sec. 우현 평균 선회각속도는 2.3° /sec.이었다.

1.2. DGPS 측위에 의한 선회권

타각 10°, 20°, 35° 일 때 DGPS 측위를 이용하여 측정한 시험선의 선회권의 크기는 Fig. 8, 9, 10과 같으며, 이들 선회권으로부터 구한 선회종거, 선회횡거, 선회경, 심거 등은 Table 5와 같다.

Table 5. The result of turning circle obtained from position of experimental ship measured by DGPS receiver

Item	starboard			port		
	10°	20°	35°	10°	20°	35°
Ra						
Ad(m)	422	277	196	381	259	194
Ad/Lpp	7.8	5.0	3.3	5.8	4.2	3.2
Tr(m)	360	148	101	300	142	91
Tr/Lpp	6.0	2.5	1.7	5.0	2.4	1.5
Td(m)	695	329	194	664	312	190
Td/Lpp	11.9	5.5	3.2	11.0	5.3	3.2
Fd(m)	715	340	198	665	315	196
Fd/Lpp	12.0	5.7	3.3	11.1	5.2	3.2
Tr/Td	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5
Ad/Td	0.6	0.9	1.0	0.5	0.8	1.0
Fd/Td	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	1.0
Tr/Ad	0.8	0.5	0.5	0.8	0.6	0.5
Rh(m)	231	150	98	180	125	97
Rh/Lpp	3.8	2.5	1.6	3.0	2.1	1.6

Table 5에서 보는 바와 같이 타각 10° 일때의 선회종거의 크기는 우현선회시가 422m로서, 수선간장의 7.03배, 좌현선회시는 381m로 수선간장의 6.35배로서, 좌현선회시가 41m짧았다. 선회경은 우현선회시가 695m로 수선간장의 11.58배이며, 좌현선회가 664m로 수선간장의 11.07배서 좌현선회시가 31m짧았다.

또한, 타각 20° 일때의 선회중거의 크기는 우현선회가 277m로 수선간장의 4.62배, 좌현선회시가 259m로 수선간장의 4.32배이며, 좌현선회시가 우현선회시 보다 18m짧았으며, 선회경은 우현선회시가 329m로, 수선간장의 5.48배이며, 좌현선회시는 312m로 수선간장의 5.20배가 되어 좌현선회시가 우현선회시 보다 17m짧았다.

그리고, 최대 타각 35° 일 때의 선회중거의 크기는 우현선회시가 196m로 수선간장의 3.27배, 좌현선회시가 194m로 수선간장의 3.23배로서 좌현선회시가 우현선회시 보다 2m짧았으며, 선회경은 우현선회시가 194m로 수선간장의 3.23배, 좌현선회시는가 190m로 수선간장의 3.16배로 좌현선회시가 우현선회시 보다 4m짧았다.

이상에서 보는바와 같이 본 시험에서 측정한 시험선 아라호의 선회 특성은 타각 10°, 20°, 35° 일 때 모두 Fig. 11에서 보는 바와 같이 좌선회시가 우선회시보다 선회경의 크기는 각각 31m, 17m, 4m짧아서 시험선 아라호는 좌현선회시가 우현선회시보다 선회 성능이 양호하다고 판단된다.

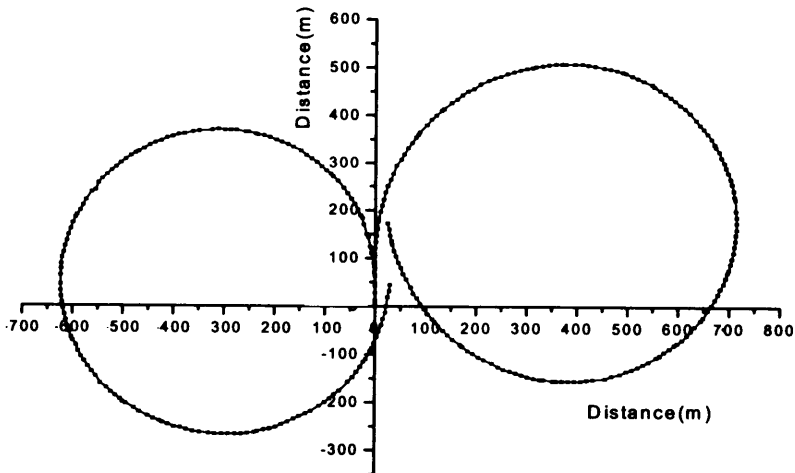


Fig. 8. Turning circle obtain from positions of experimental ship measured by DGPS receiver steering order are starboard 10° and port 10°

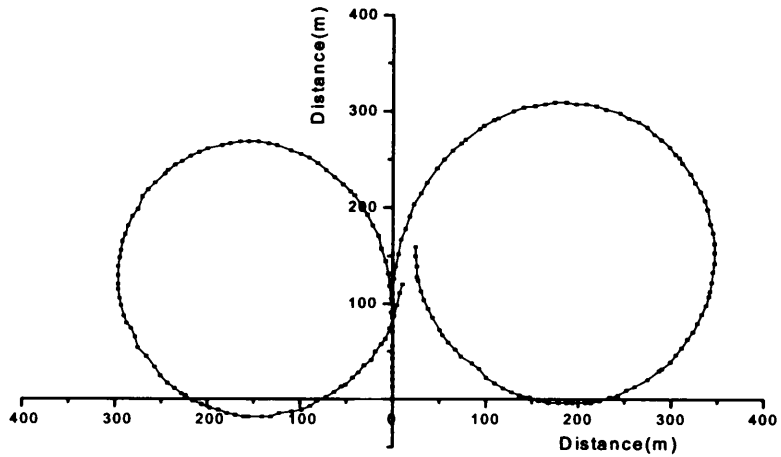


Fig. 9. Turning circle obtain from positions of experimental ship measured by DGPS receiver steering orders are starboard 20° and port 20°

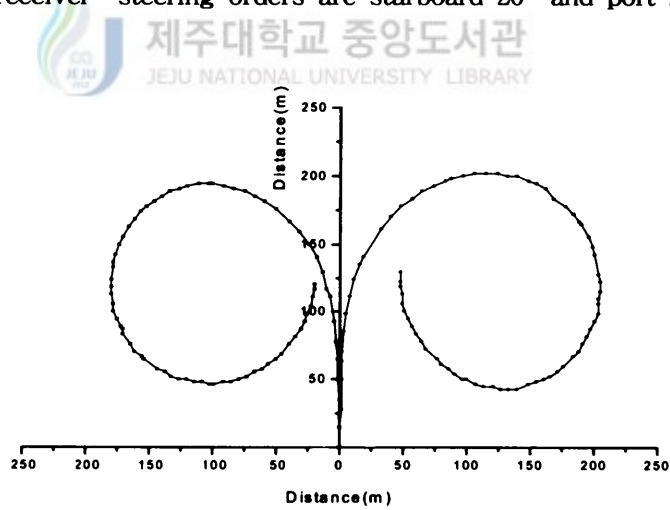


Fig. 10. Turning circle obtain from positions of experimental ship measured by DGPS receiver steering orders are starboard 35° and port 35°

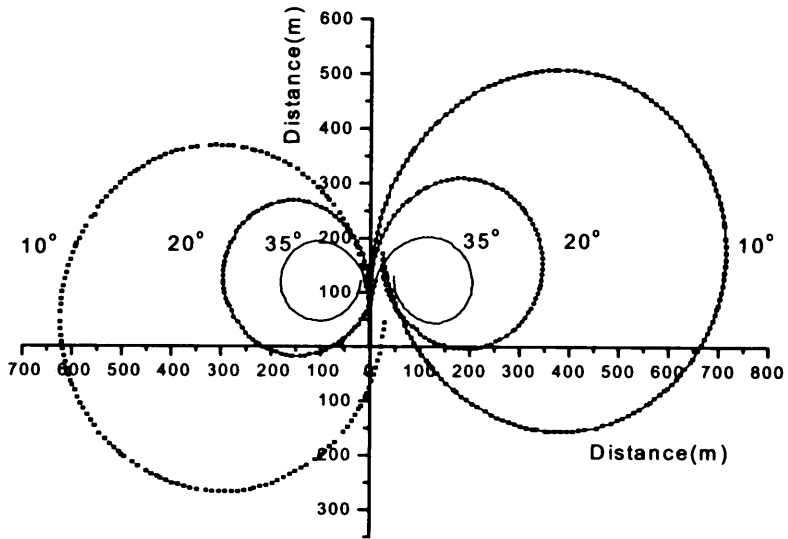


Fig. 11. Turning circle obtain from positions of experimental ship measured by DGPS receiver steering orders are starboard 10° , 20° , 35° and port 10° , 20° , 35° respectively

1.3. 신조 시운전시 선회권

시험선 아라호는 1993년 8월에 건조된 선박으로서, 건조후 신조선의 선회 성능을 알아보기 위하여 부표 방위방법에 의한 방법으로 최대 타각 35° 에서 선회권을 측정 하였는데, 그 결과는 Table 6과 같다.

Table 6. Trial test of turning circle 35°

Item	Starboard	Port
Ra (°)	35°	35°
Ad (m)	195	215
Td (m)	217	206
Tr (m)	74	66
Ad/Lpp	3.250	3.583
Td/Lpp	3.617	3.433

Table 6에서 시험선 아라호의 신조 시운전시 선회권의 크기는 선회종거인 경우 우현 선회시가 195m로 배의 길이의 2.82배, 좌현선회시가 215m로 배의 길이의 3.11배 되었으며, 우현선회시보다 좌현선회시가 20m길었다.

또한, 선회횡거는 우현선회시가 74m로 배의 길이의 1.23배, 좌현선회시가 66m로 배의 길이의 1.10배로서 우현선회시가 좌현선회시보다 8m길었으며, 그리고 선회경은 우현선회시가 217m로 배의길이의 3.62배, 좌현선회시가 206m로 배의길이의 3.43배가 되었으며, 좌현선회시보다 우현선회시가 11m길었다.

1.4. 선회권 측정결과의 비교

시험선 아라호에 대한 선회권의 크기를 건조직후 시운전시에 측정한 선회권의 크기와 7년이 경과한 2001년 5월에 DGPS 측위로 측정한 선회권의 크기를 비교한 결과는 Table 7. 및 Fig 12 와 같다.

Table 7. Measurements of turning circle 35° by trial test, and DGPS test.

Item	Trial test		DGPS	
	starboard	port	starboardd	port
Ra(°)	35	35	35	35
Ad(m)	195	215	196	194
Td(m)	217	206	194	190
Tr(m)	74	66	101	91
Ad/Lpp	3.25	3.58	3.26	3.23
Td/Lpp	3.62	3.43	3.23	3.17

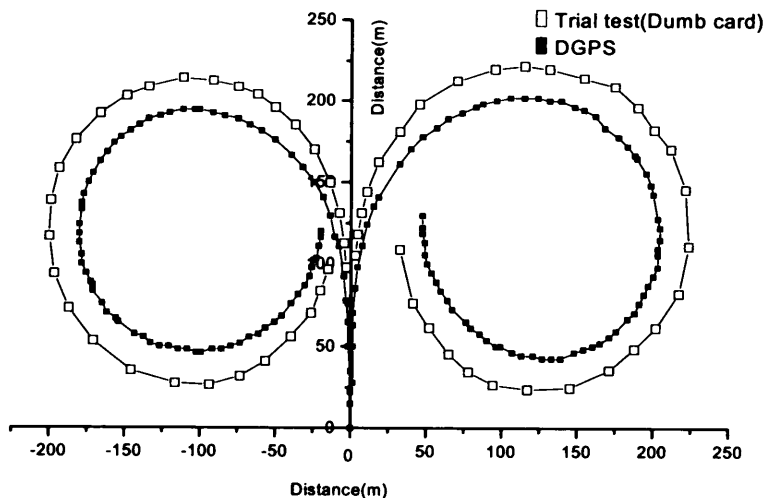


Fig. 12. Measurements of turning circle 35° by trial test, and DGPS test.

Table 7, Fig. 12에서 보는바와 같이 신조 시운전시 부표 방위반법으로 측정한 선회권이 크기와 2001년 5월 DGPS 측위를 이용한 선회권의 크기를 비교해 본 결과, 신조 시운전시 부표방위반법에 의한 선회권의 크기에서 선회종거는 195m, DGPS 측위에 의한 선회종거는 196m로 거의 같았으며 좌현 선회시는 신조시운전시가 215m, DGPS 측위는 194m로 DGPS 측위가 신조 시운전시 선회종거보다 21m 짧았다. 그리고 선회횡거는 시운전시는 우현선회시가 74m, 좌현선회시가 66m, 그리고 DGPS 측위는 우현선회시가 101m, 좌현선회시가 91m로 DGPS에 의한 선회횡거가 신조시운전시 선회횡거보다 우현은 27m, 좌현은 25m길었다.

또한 선회경의 크기는 신조시운전시는 우현선회시가 217m, 좌현선회시가 206m, 그리고, DGPS 측위에 의한 선회경의 크기는 우현이 194m, 좌현이 190로, 신조시운전시 선회경보다 DGPS에 의한 선회경의 크기가 좌, 우현 각각 16m, 23m 짧았다.

이상의 결과로부터 비교해 볼 때, 시험선 아라호는 건조후 7년이 경과한 2001년 5월에 DGPS 측위로 측정한 선회종거의 크기는 신조시운전시 선회종거보다 우현 선회시는 거의 같았으나 좌현선회시는 21m 짧았으며, 또한 선회횡거는 신조시운전시보다 DGPS 측위가 우현은 27m, 좌현은 25m 길었음을 알 수 있으며, 또한 선회경의 크기는 신조 시운전시의 선회경의 크기보다, DGPS 측위에 의한 선회경의 크기가 우현선회시는 23m, 좌현선회시는 16m 짧았음을 알 수 있는는데, 이와 같은 사실은 시험에 사용한 아라호는 선망(purse seine)과 선미트롤(stern trawl) 겸용선으로써 1993년 건조 후 수차에 걸쳐 조타실 갑판(Bridge deck)의 연장 및 개조와 선미 겔로스상에 약 18ton 정도의 선망 그물을 적재하였으며, 또한 선수 탱크(Bow thruster room)에 약 13ton 정도의 납(Iron)을 부착함으로 인해서 선체의 무게 중심(重心)과 중량이 달라졌기 때문에 건조 당시보다 선회권이 짧았다고 사료된다.

이와같이 선회성의 양부를 선회권의 크기로 볼 때, 선회 종거는 大串 (1958)에 의하면 자선길이의 3.5-4.0배 정도라고 하였는데, 시험선 아라호는 3.23 - 3.26배로 약간 작았으며, 선회경은 本田 (1986)에 의하면 자선 길이의 3배 정도라 하였는데 시험선은 3.16 ~ 3.23배로 거의 같았다.

또한 선회시의 속력 저감율도 일반적으로 화물선에서는 0.25-0.5 (杉原, 1967)인데 비

해 시험선은 0.46으로 거의 비슷 하였다.



2. Z시험에 의한 조종성능

2.1. Z 시험

조타에 의한 시험선의 추종성을 알아보기 위하여 타각 10°, 20°, 30° 일 때 Z시험을 실시한 결과 Table 8과 같으며, 이것을 Z시험 곡선으로 나타내면 Fig. 13과 같다.

Table 8. ship's heading at every observation time's and time intervals between principal times points in Z tests of the M.S A-RA

	t	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65			
	s.h	1	3	7	10	13	12	9	4	358	352	347	344	345			
10° Z test	t	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120					
	s.h	347	351	355	359	3	8	12	14	12	7	2					
	p.t.p	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	t11	t12	t13	t14	t15	t16
	ti	5	20	23	26	27	44	54	57	62	64	88	98	102	105	110	120
	t	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65			
	s.h	359	3	9	18	27	34	34	30	22	12	3	351	342			
20° Z test	t	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120					
	s.h	332	327	327	330	339	347	356	5	15	25	32					
	p.t.p	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	t11	t12	t13			
	ti	7	13	30	35	38	58	72	78	80	85	92	94	125			
	t	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65			
	s.h	0	4	12	25	37	48	54	55	50	40	28	14	1			
30° Z test	t	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120					
	s.h	348	335	324	313	306	304	307	316	326	336	349					
	p.t.p	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	t11					
	ti	9	13	35	40	48	67	80	85	92	95	125					

t : time(sec) s.h : ship's heading p.t.p : principal time point ti : time interval

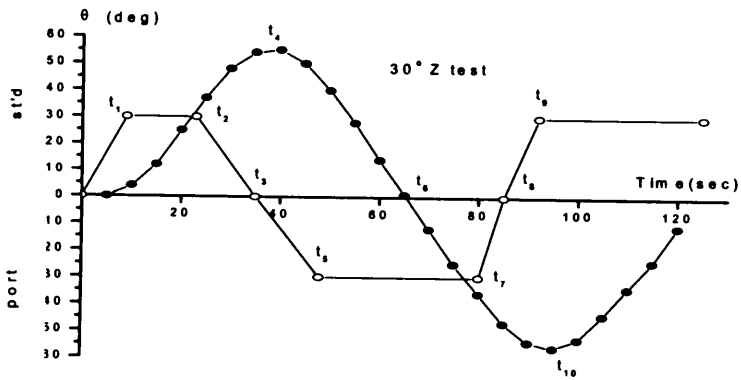
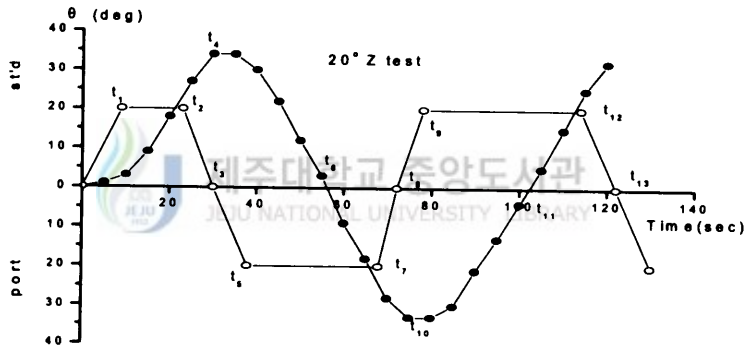
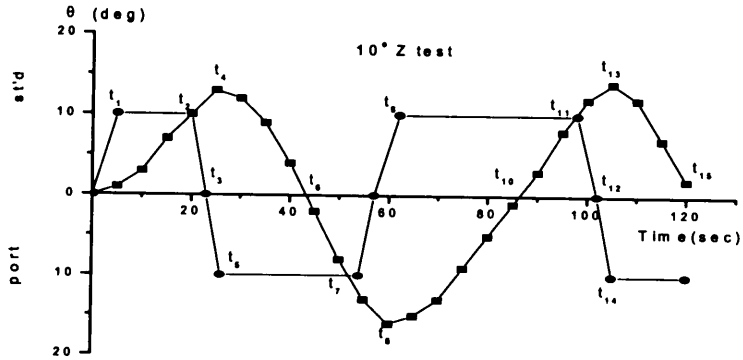


Fig. 13. Z test curves of the M.S A-RA

2.2. 조종성 지수 K 및 T

시험선 아라호의 조종성능을 파악하기 위하여 Z시험 결과로부터 산출한 조종성지수 K 및 T는 Table 9과 같고, 이것을 무차원화한 결과는 Table 10과 같다.

Table 9. The calculated K and T of the experimental ship

10° Ztest		20° Ztest		30° Ztest	
K	T	K	T	K	T
0.12	1.74	0.14	1.13	0.16	0.75

Table 10. The Calculated maneuvering Indices K' and T' of the experimental ship

10° Ztest		20° Ztest		30° Ztest	
K'	T'	K'	T'	K'	T'
1.24	0.33	1.45	0.20	1.65	0.14

Table 10은 시험선 아라호의 10°, 20°, 30° Z시험에서 선회성지수 K' 와 추종성지수 T' 의 값을 나타낸것으로서 선회성지수 K' 의 값은 각각 1.24, 1.45, 1.65로서 30° Z시험에서가 10°, 20° Z시험에서 보다 선회성지수 K' 의 값이 크게 나타나 대각도 조타일 때가 선회성이 양호했으며, 또한 추종성지수 T' 의 값은 10° 일때는 0.33, 20° Z 시험일때는 1.45, 30° Z시험일때는 0.14로서 30° Z시험일때가 추종성지수 T' 의 값이 작게 나타나고 있어서 시험선 아라호의 추종성 역시 대각도 조타일 때가 양호하게 나타났다.

또한, Fig. 13에서 보는 바와 같이 소정의 타각으로 전타했을 때 과행각(overshoot angle)은 좌전타 했을때가 각각 4°, 11°, 25° 이며 우전타 했을때는 6°, 13°, 26° 로서 시험선의 조종성능은 우전타 했을때가 좌전타 했을때보다 조종성능이 약간 나쁜 것

으로 나타났다.

이상으로 시험선 아라호는 선회성지수 및 추종성지수로 볼 때 동형의 다른 선종과 비교해보면, Table 11에서 보는 바와 같이 선회성지수 K'의 값은 다른 어선의 값과 거의 비슷하나 추종성지수 T'의 값은 다른 어선의 값보다 작아서 추종성이 양호하다는 것을 알 수 있다.

Table 11. Maneuvering Indices of ships divided into classes

ship class	Cargo ship L=100-160m	Oil tanker L=100-250m	Fishing boat L=60m	Patrol boat L=50m
K'	1.5-2.0	1.7-3.0	1.29	1.66
T'	1.5-2.5	3-6	0.8	1.62

Table 8에서 보는 바와 같이 시험선이 10°, 20°, 30° Z시험에서 선회성 지수 K' 값은 값은 30° Z시험에서 그 값이 제일 커서 대각도 조타일 때가 선회성이 제일 양호함을 알 수 있으며, 추종성 지수 T'값도 30° Z시험에서가 작아서 추종성이 양호함을 알 수 있다.

또한, 10° Z시험을 기준으로 선회성지수 K' 및 추종성지수 T'의 값을 이미 조사된 다른 선박과 비교하면 Table 12와 같다.

Table 12. The comparison between incices of the experimental ship and the other ships at 10° Z test

Name of ship	G/T(ton)	K	T	K'	T'
A-RA	990	0.120	1.74	1.240	0.330
Baek Kyung	389	0.102	1.785	0.444	0.410
KwanAkSan	243	0.167	4	0.611	1.094
Han Ra	159	0.241	10.44	0.755	3.468
Saebada	2275	0.066	13	0.528	1.625
GalMaeGi	350	0.13	1.85	1.25	0.20

Table 12에서 선회성지수 K' 와 추종성지수 T'의 값을 다른 선박과 비교해 보면, 선회성지수 K' 는 다른 선박의 값보다 조금 크며, 추종성지수 T'는 매우 작은 편이여서, 시험선 아라호의 조종 성능은 선회성보다는 추종성이 더 양호한 것으로 나타났다.

또한, 시험선 아라호의 조종성능을 10° Z시험을 기준으로 조타에 의한 1조작간의 항주거리와 소요시간을 볼 때, Fig. 13에서 보는 바와 같이 시험선 아라호는 조타에 의한 1조작간의 소요 시간은 86sec이며, 항주거리는 선체길이의 약 8.7배가 되어 아라호의 조종성능은 일반적으로 양호하다고 볼수 있다.

3. 타력시험에 의한 조종 성능

3.1. 발동 타력

시험선을 타효에 의한 발동 타력을 알아보기 위하여 기관 R.P.M을 각각 500, 600, 730으로 했을 때 시험선의 최대 속력이 될 때까지의 속력의 변화, 진출거리, 소요시간 등을 측정하였으며, 그 결과는 Fig. 14와 같다. 이때 R.P.M 500으로 했을 때 최고 속력 6.1knot가 될 때 까지의 소요시간은 6분 10초이며 진출 거리는 720m가 되었다. 또한 R.P.M 600으로 했을 때 최고속력 11.3knot가 될 때 까지의 소요시간은 4분 35초이며 진출거리는 1,170m였다. 그리고 R.P.M 730으로 했을 때 최고속력 13.5knot이 될 때 까지의 소요시간은 5분 15초 이며, 진출거리는 1,470m로 나타났다.

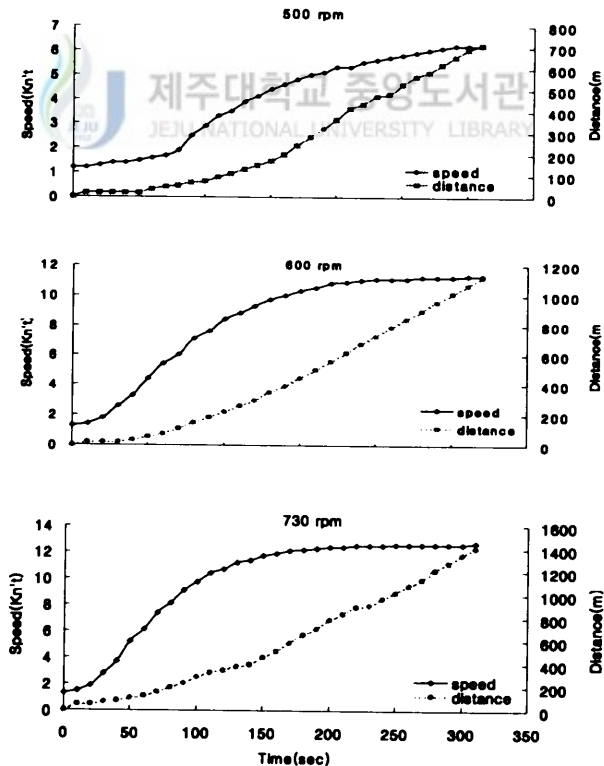


Fig. 14. The results of the measured advance inertia test in the R.P.M 500, 600, 730

3.2. 정지 타력

정지 타력 시험은 전진 전속중 기관을 Stop engine하였을 때 시험선의 선속이 2knot 까지 감속 되었을 때의 속력의 변화, 진출 거리, 항주 시간을 측정하였는데, 그 결과는 Fig. 15와 같다.

R.P.M 500으로 했을때, 정지 할 때 까지의 소요시간은 3분 30초, 진출 거리는 460m였다. 또한 R.P.M 600에서의 정지 할 때의 소요시간은 3분 40초 걸렸으며, 진출거리는 680m였다. 그리고 R.P.M 730으로 했을때 정지 할 때 까지의 소요시간은 3분 55초, 진출거리는 720m으로 측정되었다.

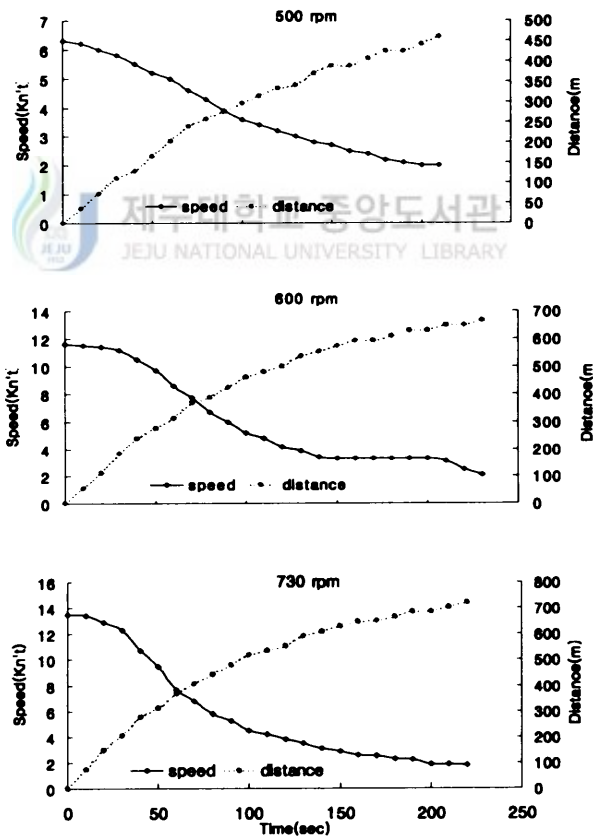


Fig. 15. The results of the measured static inertia test in the R.P.M 500, 600, 730

3.3. 반전 타력

반전 타력 시험은 시험선의 기관 R.P.M 500, 600, 730으로 항주중 후진전속 R.P.M 650으로하여 선체가 정지 할 때 까지의 소요시간 및 진출거리를 측정 하였으며, 그 결과는 Fig. 16와 같다. R.P.M 500에서의 정지할 때 까지의 소요 시간은 2분 20초, 진출거리는 300m였으며, R.P.M 600에서의 정지할 때 까지의 소요 시간은 2분 35초, 진출거리는 570m였으며, 전진 전속 R.P.M 730에서의 정지 할 때 까지의 소요 시간은 2분 45초, 진출거리는 600m정도가 되었다.

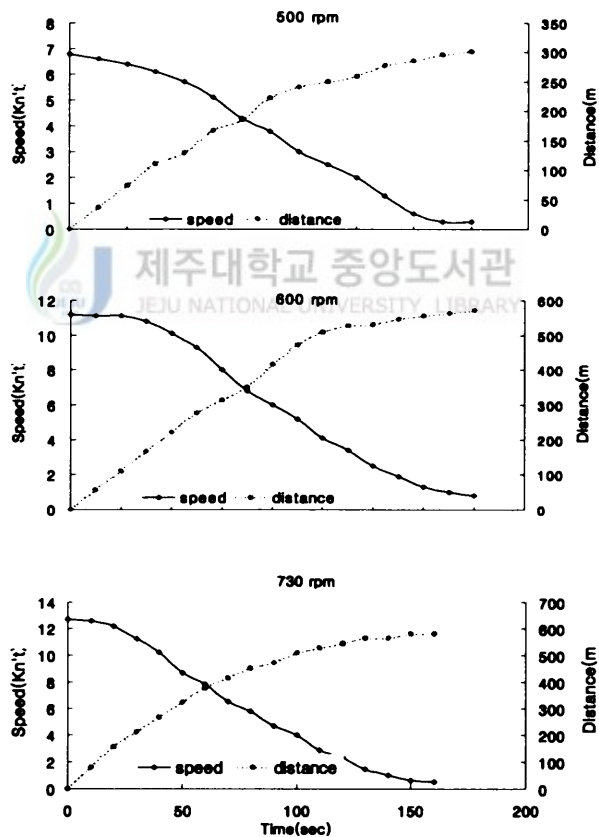


Fig. 16. The results of the measured reversing inertia test in the R.P.M 500, 600,

730

V. 요약

본 연구에서는 제주대학교 어업 실습선 아라호(G/T : 990tons)의 조종 성능을 파악하기 위하여 2000년 8월과 2001년 5월 2회에 걸쳐 제주항 북방 3마일 해상에서 조타에 의한 선회성과 추종성등 조종성능을 실선 시험하였으며 또한 기관마력과 타효에 의한 타력시험을 실시하였다.

그 결과는 다음과 같다.

1. 부표방위반법으로 측정한 선회권이 크기에서 선회종거는 우현선회시가 198m로 수선간장(Lpp)의 3.30배, 좌현선회시는 192m로 수선간장의 3.20배가 되어 좌현선회시가 우현선회시보다 6m짧았으며, 또한 선회경의 크기는 우현선회시가 194m로 수선간장의 3.23배, 좌현선회시가 188m로 수선간장의 3.18배가 되어 좌현선회시가 우현선회시보다 6m짧았다.
2. DGPS 측위에 의한 선회권의 크기에서 선회종거는 우현선회시가 196m로 수선간장의 약 3.26배이며 좌현선회시가 194m로 수선간장의 약 3.26배가 되어 좌현선회시가 우현선회시보다 2m짧았다. 또한 선회경의 크기는 우현선회시가 194m로 수선간장의 3.23배이며 좌현선회시 190m로 수선간장의 3.16배가 되어 좌현선회시가 우현선회시보다 4m짧았다.
3. 신조시운전시 부표방위반법에 의해 측정한 선회권의 크기와 2001년 5월에 DGPS 측위에 의하여 측정한 선회권의 크기를 비교해 본 결과, 선회종거는 DGPS 측위에 의한 선회권이 신조시운전시 선회종거보다 우현선회시가 1m길었으며, 좌현선회시가 21m짧았다. 또한, 선회경의 크기는 우현선회시 16m, 좌현선회시는 23m짧았다.
4. 선속 13knot로 전속전진중 타각 35° 로 좌현 또는 우현으로 전타 했을 때 선회각

180° 에서 선속이 7.8knot이고 360° 선회시는 6.0knot가 되었으며 소요시간은 좌현 선회시가 150sec, 우현선회시가 156sec로 좌현선회시가 우현선회시보다 6sec짧았 으며, 선회평균 각속도는 좌현선회시가 2.4° /sec, 우현선회시가 2.3/sec였다.

5. 타각 10° , 20° , 30° Z시험에서 시험선아라호의 선회성지수 K와 추종성지수 T는 각각 선회성지수는 1.24, 1.45, 1.65였으며, 추종성지수는 각각 0.33, 0.20, 0.14가 되어 30° Z시험에서가 10° ,20° Z시험에서 보다 선회성지수 K는 크고, 추종성지수 T는 작아서 대각도 조타일 때가 소각도 조타일 때 보다 조종성능이 양호하게 나타났다.
6. 시험선의 기관 R.P.M 730으로 놓고 발동타력을 시험한 결과 최고속력 13.5kno가 될 때까지의 소요 시간은 5분 15초였으며 진출거리는 1.470m였다. 또한, 정지타력은 전속전진중 기관정지를 했을 때 선속이 2knot이하로 감속될 때 까지의 소요 시간은 3분 55초였으며 진출거리는 720m이었다. 그리고 반전타력은 전속항주중 전속 후진했을 때 선체가 정지할 때까지의 소요 시간은 2분 45초였으며 진출거리는 600m가 되었다.

이상에서 시험선 아라호의 조종성능을 시험한 결과를 종합해 보면 조타에 의한 선회성은 좌현선회시가 우현선회시보다 선회경이 작았으며, 추종성은 소각도 조타시보다 대각도 조타시가 양호하게 나타났으며 타력시험은 반전 타력시가 발동 및 정지 타력시보다 타효가 좋았다고 사료된다.

참고문헌

- 本田啓之輔(1986) : 操船通論, 成山堂書店, 15 - 37.
- 崔在根·金鎮乾·金基允(1995) : DGPS에 의한 선미트롤선 海林3号的 旋回圈測定, 韓國漁業技術學會誌31(1), p.84-91.
- 大串雅信(1958) : 理論操船工學(下卷), 海文堂, 247 - 248.
- 藤井濟·野本謙作(1972) : 操縱性試驗法, 日本操船協會 シンポジウム, 1 39.
- 花房元顯·官崎博行. 平成7年. GPS 單獨測位による小型丹艇操縱性能試驗結果. 日本航海學會誌, 第126号 p.12-18.
- 정호순·김기윤·김민석(1998) : 實習船 갈매기2号的 操縱性能에 관한 研究, 韓國漁業技術學會誌34(4), p.366-371.
- 鄭公忻·安長榮·安瑛化(1989), 實習船 濟州 402号的 操縱性能에 관한 研究. 漁業技術 術 25(2) p.72-74.
- 鄭公忻·安長榮·安瑛化(1987), 舷側式트로올漁船 濟州 401号的 操縱性能에 관한 研究. 濟州大學論文集 第5輯, 45-50.
- 강용균·이문진(1996) : GPS수신기를 이용한 DGPS의 정밀측위, 한국지형공간학회지 논문집 제3권 제2호, p.15-18.
- 金基允(1978) : 선체 운동학적으로 본 총돌 회피 동작에 관한 연구, 어업기술학회지 14(2). p.104-105.
- 金基允(1979) : 새바다호의 操縱性能에 관한 研究, 韓國水産學會誌, 12(4), 209 - 215.
- 金基允(1982) : 가다랭이 채낚기 漁船의 操縱性能에 관한 研究. 漁業技術 18(2), p77-80.
- 橋本進·矢吹英雄. 昭和63年. 操船の基礎. 海文堂. p.16-19.
- 이덕수(1996) : 종합항법 장치 및 GPS를 이용한 실선 시운전 선박 조종성능의 계측, 한국항해학회지 제20권 제1호, p.11-13.
- 吳正喆(1983) : Z試驗에 의한 旋回圈의 作圖法에 관한 研究. 韓國航海學會誌, 7(1), 33-62.

- 박석필 · 김기윤(1998) : 實習船 希望峰號의 操縱性能에 關한 研究. 韓國漁業技術學會誌, 34(1), p.63-65.
- 杉源喜義(1970) : 理論運用學(船體運動編)再版, 海文堂, 88 - 116.
- 선박의 조종성능 연구기법 및 동향, 교통안전,해상안전 p.72-75.
- 野本謙作(1964) : 船の操縱性, 日本造船學會 操縱性シンポジウム, 8-22..
- 柳在春 · 金基允 · 金鍾華(1986) : PAL試驗과 Z試驗에 의한 釜山 403號의 操縱性能에 關한 研究, 漁業技術學會誌, 22(2), p.24-29.
- 尹點東(1976) : 操縱性指數에 의한 衝突回避動作의 量的把握에 關한 研究, 韓國海洋大學論文集 12(1), 471-480.



감사의 글

이 연구를 수행함에 있어 오랜 기간동안 어려운 여건속에서도 세심한 배려와 격려로 보살펴 주신 안영화 교수님께 이 지면을 통해 진심으로 깊은 감사를 드립니다. 그리고 이 논문의 완성되기까지 열과 성의를 다해 자상하게 지도해 주신 노홍길 교수님과 안장영 교수님께 진심으로 감사를 드리며, 학위 이수과정 동안 항상 깊은 관심과 격려로 지도해 주신 박정식 교수님, 서두옥 교수님, 김석종 교수님께도 감사를 드립니다.

그리고 이 연구를 원만하게 수행할 수 있도록 지도와 배려를 해주신 최찬문 아라호 선생님과 실험과 자료수집 과정에서 도움을 주신 아라호 전 직원들께도 머리숙여 고마움을 전하고자 합니다.

자료정리를 위하여 논문이 완성될 때까지 도와주신 이창현 박사님과 정성실 조교, 김병기 대학원생에게도 감사를 드립니다.

끝으로 석사과정 이수 기간 동안 물심 양면으로 도와주시고 격려를 해주신 부모님과 장인, 장모님 그리고 형제 자매들에게 깊은 감사를 드립니다.

특히, 오늘이 있기까지 가장 가까운 곳에서 인내를 배워주고 관심과 애정으로 도와주신 아내와 사랑스런 딸 양희, 아들 현성에게 이 조그만 영광을 드립니다.