

## 實習船 아라호(M.S. A-RA)의 操縱性能에 관한 研究

안영화 · 박명호 · 최찬문 · 정용진

제주대학교

(2001년 10월 12일 접수)

### A Study on the Maneuverabilities of the Training ship M.S. A-RA

Young-Hwa AHN, Myong-Ho PARK, Chan-Moon CHOI and Yong-Jin CHUNG

Cheju National University

(Received October 12, 2001)

#### Abstract

The For this study, turning circle tests and maneuvering indices were conducted to study and evaluate the maneuverabilities of the fishery training ship M.S. A-RA(G/T : 990tons).

The results obtained were summarized as follows :

1. The advances of the starboard and port of the turning circles were measured based on the dumb card test method were 198m, 192m, the size of tactical diameters of them were 194m, 188m, respectively.
2. The advances at the starboard and port of the turning circles were measured according to the DGPS positioning obtained 196m, 194m, the size of tactical diameters of them were 194m, 190m, respectively.
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. 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.
4. The rudder was steered at 35° of rudder angle each starboard and port while the ship M.S. A-RA was advancing at full speed of 13 k't. The velocity of the ship was reduced to 7.8 k't at 180° of turning angle and 6.0 k't at 360° of turning angle and mean values of turning angular velocity of the port and starboard were 2.4° /sec and 2.3° /sec, respectively.
5. The Z test at each 10° , 20° , and 30° of rudder angle was carried out to have the maneuvering indices K and T measured. K for the each rudder angle were 1.24, 1.45, and 1.65 while T for the each rudder angle were 0.33, 0.20, and 0.14. That is, K at the Z test at 30° was greater than at the Z test of 10° and 20° while T at the 30° Z test was less than at the Z test of 10° and 20.

## 서론

선박의 조종 성능은 항해 중 풍조나 파랑 등 외력에 의한 영향이나 그 선박이 항행 환경, 즉 흘수, 속력, 수심 등에 의해서 그 성능이 달라질 뿐만 아니라, 조타에 대한 선체의 응답운동이 다르게 된다. 따라서 운항자는 선박이 항해 중 다른 선박이나 위험물에 접근했을 때 안전하게 피하기 위해서는 그 선박에 대한 선회성과 추종성 등, 조타에 의한 조종 성능을 잘 파악하고 있어야 하며, 이러한 조종 성능은 일반적으로 선회 시 선회권에 의한 종거 및 횡거와 선회경의 크기로 결정되는 선회성과 조타에 의한 선체운동 등 추종성을 나타내는 조종성 지수를 구하여 그 선박에 대한 조종 성능을 판별하는 방법을 사용하고 있으며, 또한 최근에는 측위 정도가 매우 높은 GPS가 실용화됨에 따라 어업 및 수로업무, 선회권 측정 등에 많이 이용되고 있다. 그래서 본 연구에서는 선망과 선미트를 등 다 목적으로 실습 할 수 있는 제주대학교 실습선인 총톤수 990톤급인 아라호를 이용하였다.

이 시험선은 1993년 8월에 건조한 후 조타실 갑판을 연장하고 선미 겔로스 상부에 선망 그물을 적재할 수 있게 하였으며, 선수 스티스트 설치 장소의 양 격벽에 고정 발라스를 적재하는 등의 구조변화로 선체의 중량과 그 중심이 달라졌다.

따라서, 건조 시의 조종 성능과는 다를 것으로 생각되어, 2000년 8월 5일과 2001년 5월 25일 2회에 걸쳐 제주항 북방 3마일 해상에서 조타에 의한 선회성 및 추종성 등 조종 성능을 부표 방위반법과 DGPS에 의한 이용한 결과를 비교 분석하여 기본적인 안전 운항에 필요한 조종성능을 확보하려고 하였다.

## 장치 및 방법

### 1. 시험선 및 실험해역

본 실험에 사용한 시험선은 선망 및 선미트를 겸용선인 제주대학교 실습선 아라호(G/T 990)를 이용하였으며, 그 제원은 Table. 1과 같고, 일반 배치도는 Fig. 1과 같다.

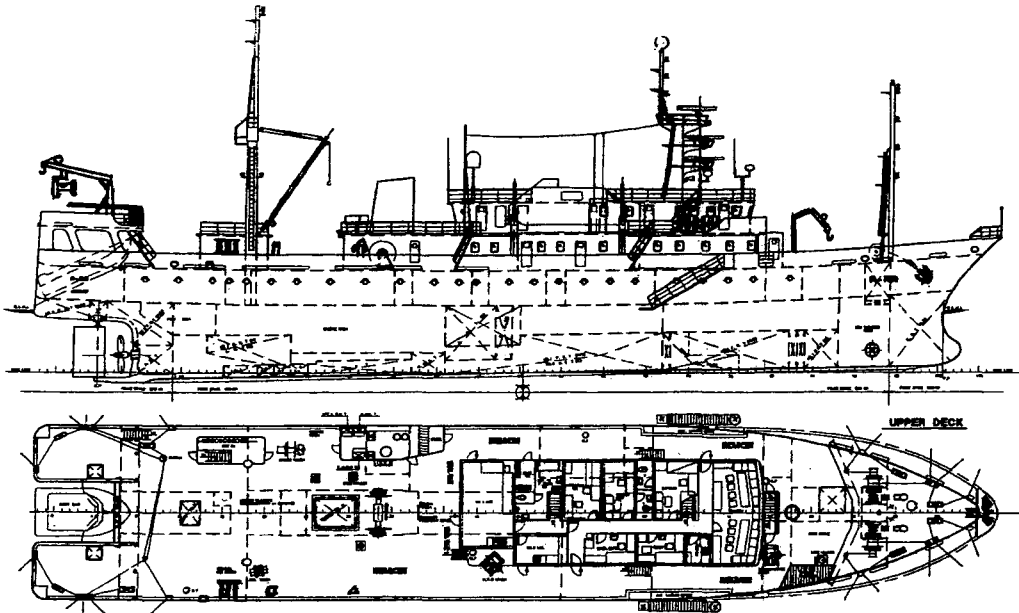
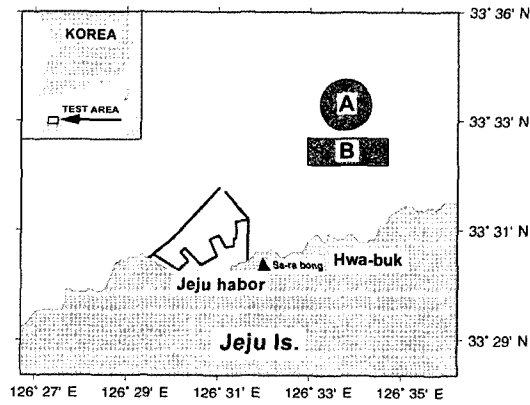


Fig. 1. Profile and upper deck plan of the experimental ship M.S. A-RA.

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
Breadth (MLD.)	12.40 m
Depth(MLD.) at UPP.DK	7.30 m
Full load draft	4.76 m
Gross tonnage	990 ton
International tonnage	1,348 ton
Main engine	2,600 ps
R.P.M/index	730/36
Ship's speed	13.00 knot
Ship's draft	fore 3.2 m after 4.6 m

그리고 시험선의 조종 성능을 파악하기 위하여 Fig. 2와 같이 제주항 동쪽 북방 3 마일 해상에서 2000년 8월 5일과 2001년 5월 25일 2회에 걸쳐 실시하였다.



A : Turning circle test area B : Inertia test area  
Fig. 2. Location for measurement turning circle and inertia test of experimental ship.

2. 시험 방법

시험선의 선회권을 측정하기 위하여 사용한 측정장치는 항법용 위성으로부터 수신된 선박의 위치를 보정 수신할 수 있는 일본제 DGPS (JRC, JRL-7700)와 수신된 측위를 2초마다 입력 전산처리 할 수 있는 퍼스널 컴퓨터, 위치 자료를 X, Y

좌표로 출력할 수 있는 프린터 및 선수방위를 읽을 수 있는 자이로 콤파스 (C. PLATH)를 이용하였으며, 측위 시스템의 계통도는 Fig. 3과 같다.

2.1. 선회권 측정

선회 성능을 파악하기 위하여 선회권 측정을 실시하였는데, 본 연구에서는 신조선의 시운전 시험시에 측정된 선회권과 비교하기 위하여 당시의 선회권 측정방법인 부표 방위방법과 최근에 이용되고 있는 위성항법 장치인 DGPS (Differential Global Positioning System) 측정방법을 이용하여 Fig. 4와 같이 X, Y좌표에 선회권을 작도하고, 선회중거, 선회횡거, 선회경, 심거 등의 크기를 측정하였다.

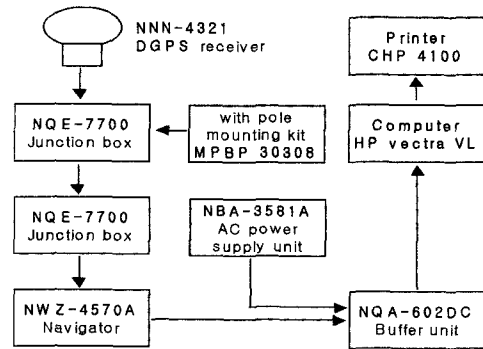
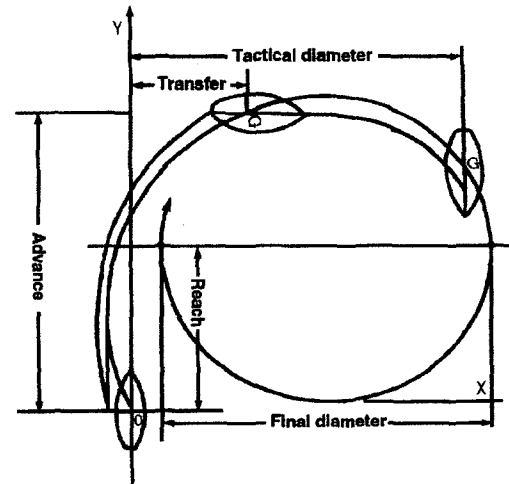


Fig. 3. Block diagram of DGPS system.



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

Fig. 4. Turning circle.

2.2. 조종성 시험

1) Z 시험

시험선을 일정한 침로 유지, 전속 전진시키면서 타를 소정의 각도 10°, 20°, 30° 에 이르도록 전타한 후 때 5초마다 주요 시점의 선수 방위와 회두각이 소정의 타각과 같아질 때의 시각, 주요 시점의 시간, 타각 등을 Fig. 5과 같이 작성하여 타각 10°, 20°, 30° 에 대한 Z시험을 실시하였다.

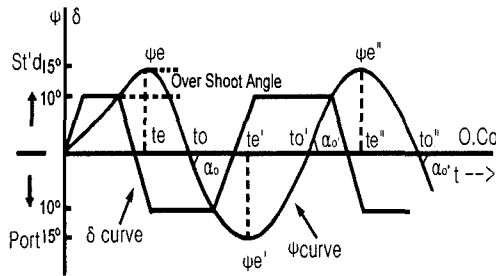


Fig. 5. Curve of Z test.

2) 조종성 지수 계산 방법

선박의 조종 성능은 조타에 의한 선회성과 추종성으로 그 양부를 판별하는 것으로, 본 연구에서는 시험선의 조종 성능의 양부를 판별하기 위하여 선회성지수 K 와 추종성지수 T를 다음 식에 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  $\psi$ : 측방향의 회두각속도
- $\delta$ : 타각
- $\delta_\gamma$ : 타각 오차
- $t$ : 초 단위 경과 시간
- $t_e, t_{e'}, t_{e''}$ :  $\psi$ 가 최대일 때의 시각

- $t_0, t_0', t_0''$ :  $\psi$ 가 0일 때의 시각
- $\psi_e, \psi_{e'}, \psi_{e''}$ :  $\psi$ 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  $\delta$ 곡선이 만드는 면적  $\psi$ 가 최대일 때의 시각

선박의 조종성지수 K 및 T는 선박의 크기, 선형, 배수상태, 타각, 속력 및 수심 등의 환경 조건에 대해서 다르므로 K 와 T를 다음과 같이 무차원 화하여 표시했다.

$$\begin{aligned} K' &= K \times (L/V), T' = T \times (V/L) \\ \text{단, } L &: \text{선박의 전장(m)} \\ V &: \text{선속(m/sec)} \end{aligned}$$

결과 및 고찰

1. 선회권에 의한 조종 성능

선회권 측정은 부표 방위반법에 의한 방법과 DGPS의 측정방법을 이용한 두 가지 방법으로 선회권을 측정하였다.

1.1. 부표 방위반법에 의한 선회권

타각 10°, 20°, 35° 일 때 부표 방위반법에 의하여 측정된 선회권의 제요소들은 Table 2와 같다.

Table 2에서 보는 바와 같이 타각 10°, 20° 일 때의 종거의 크기는 우현선회가 449m, 240m로서 수선간장의 7.48배, 4.0배이고 좌현 선회가 518m, 231m로서 수선간장의 8.63배, 3.85배로 각각 나타내어 동일하게 좌현선회 일 때에 69m, 9m 더 컸었다. 또한 선회경은 우현선회시 327m, 310m로서 수선간장의 5.45배, 3.85배이고, 좌현선회가 278m, 251m로서 수선간장의 4.63배, 4.18배로 좌현선회 일 때에 59m, 69m 정도 작았다.

최대 타각 35° 일 때의 종거의 크기는 좌·우현선회시 192m, 198m로서 수선간장의 3.20배, 3.30배이고, 좌현선회 일 때에 6m 작고, 선회경은 각각 188m, 194m로서 수선간장의 3.18배, 3.23배이며 좌현선회 경우 6m 정도 작았다. 그리고 선회권 측정시 경과시간에 따른 시험선의 선회 중

Table 2. The results of the measured turning circle of experimental ship

Item	starboard			port		
	10°	20°	35°	10°	20°	35°
Ra(°)	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

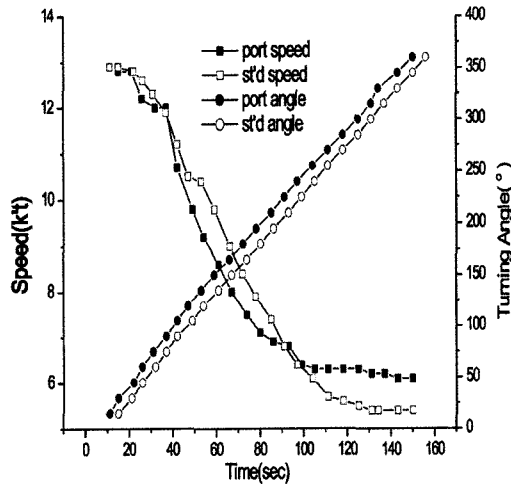


Fig. 6. Speeds and turning angle of the M.S. A-RA in the turning circle test.

속력과 선회각은 Fig. 6과 같으며, 속력이 13.0 kt로 전속 전진 중 최대 타각으로 전타한 후 좌·우현으로 선회했을 때 시간의 15 초경과 시부터 속력이 떨어져 선회각 180° 되었을 때 전속

이 7.8 kt였으며, 360°까지 선회시의 속력은 6.0 kt로 낮아졌다. 따라서 타각 35°에서 정상 선회 중의 속력을 6.0 kt로 보았을 때, 속력 저감률은 0.46이다. 그리고 360° 선회시의 경과시간은 우현 선회 인 경우에는 156초로 좌현선회 보다는 6초 길고, 좌·우현 평균 선회 각속도는 2.4°/sec, 2.3°/sec로 각 각 나타났다.

### 1.2. DGPS 측위에 의한 선회권

타각 10°, 20°, 35° 일 때 DGPS 측위를 이용하여 측정한 시험선의 선회권의 크기는 Fig. 8과 같으며, 이들 선회권으로부터 구한 선회중거, 선회횡거, 선회경, 심거등은 Table 3과 같다.

Table 3. The result of turning circle obtained from position of experimental ship measured by DGPS receiver

Item	starboard			port		
	10°	20°	35°	10°	20°	35°
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 3에서 보는 바와 같이 그 결과는 부표 방위방법에 의한 것과 큰 차이가 없었으며, 측정한 시험선의 선회 특성은 타각 10°, 20°, 35° 일 때 모두 Fig. 7에서 처럼 좌현선회 인 경우가 우현선회시의 선회경 보다 각각 31m, 17m, 4m 작아서 선회 성능은 좌현선회 쪽이 양호하다고 판단 된다.

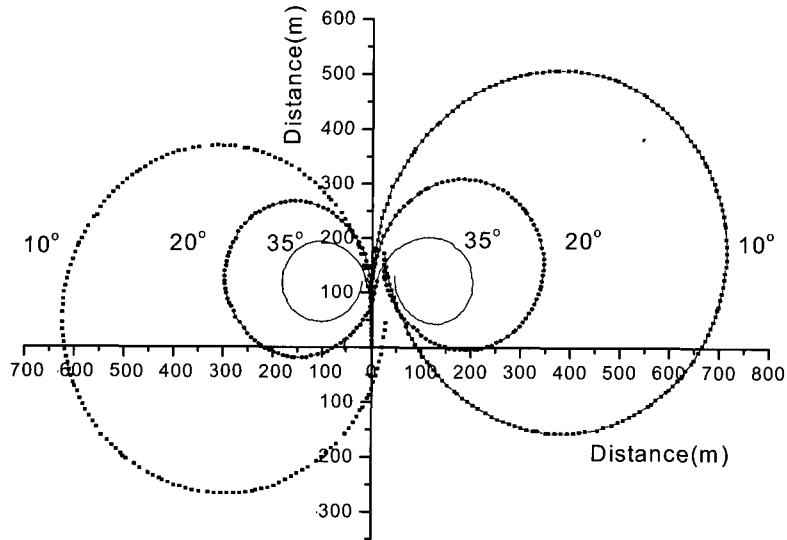


Fig. 7. Turning circle obtain from positions of experimental ship measured by DGPS receiver steering orders are starboard 10°, 20°, 35° and port 10°, 20°, 35° respectively.

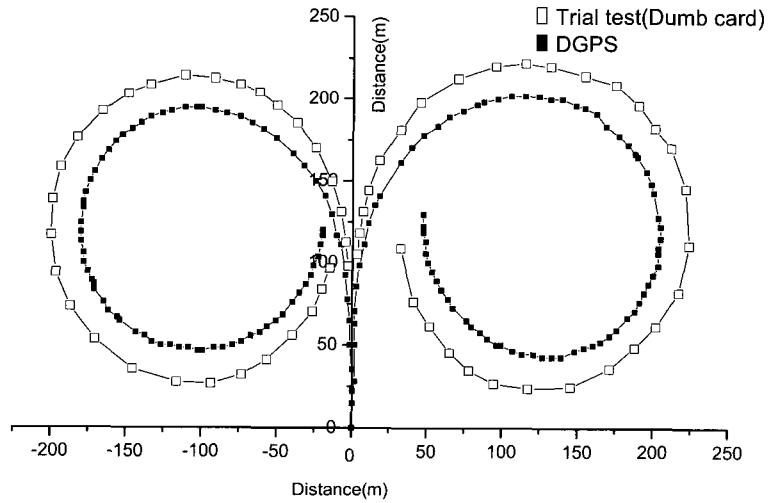


Fig. 8. Measurements of turning circle 35° by trial test, and DGPS test.

1.4. 선회권 측정결과의 비교

신조 시운전시 부표 방위반법에 의한 방법으로 최대 타각 35°에서 선회권의 크기와 DGPS 측위를 이용한 선회권의 크기를 비교해 본 결과는 Fig. 8과 같으며, DGPS측위에 의한 선회권의 크기에서 선회중거는 195m, DGPS 측위는 196m로

거의 같았으며 좌현 선회시는 신조 시운전시 215m, DGPS 측위는 194m로 DGPS 측위가 신조 시운전시 선회중거보다 작았다. 그리고 선회횡거는 시운전시는 우현선회시가 74m, 좌현선회시가 66m, 그리고 DGPS 측위는 우현선회시가 101m, 좌현선회시가 91m로 DGPS에 의한 선회중

거가 신조시운전시 선회중거리보다 우현은 27m, 좌현은 25m 컸다. 또한, 선회경이 크기는 신조 시운전시는 우현선회시가 217m, 좌현선회시가 206m, 그리고 DGPS 측위에의 선회경의 크기는 우현이 194m, 좌현이 190m로, 신조시운전시 선회경보다 좌, 우현 각 각 16m, 23m 작았다.

측정 비교 결과에서 건조 후 7년이 경과 후 DGPS 측위로 측정한 선회중거리의 크기는 신조 시운전 시 선회중거리보다 우현선회시는 거의 같았으나, 좌현 선회시는 21m 작았으며, 또한 선회횡거는 신조 시운전 때보다 DGPS 측위가 우현은 27m, 좌현은 25m 길었음을 알 수 있으며, 또한 선회경의 크기는 신조 시운전시의 선회경의 크기보다, DGPS에 의한 선회경의 크기가 우현선회시는 23m, 좌현선회시는 16m 작았음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 시험선이 건조 후 수차에 걸쳐 조타실 갑판의 연장 및 개조와 선미 겔로스 상에 약 18ton 정도의 선망 그물을 적재하였으며, 또한 선수 스러스트 설치 장소의 양쪽 격벽에 고정 발

라스트를 약 13ton 부착함으로 인해서 선체의 중량과 그 중심이 달라졌기 때문에 건조 당시보다 선회권이 작았다고 생각된다. 그리고 선회 성능을 선회경의 크기로 볼 때, 선회 중거는 자선길이의 3.5-4배(大串, 1958)로 선회경과 거의 같다고 하였는데, 시험선은 3.23 - 3.26배로 약간 작았으며, 선회경은(本田, 1986) 자선 길이의 3배 정도라고 한 것에 비해 3.16 - 3.23배, 또한 선회시의 속력 저감률도 일반적으로 화물선에서는 0.25-0.5인데(杉原, 1967) 비해 시험선은 0.46으로 거의 비슷하였으며, 선회 각속도는 2.3° - 2.4° /sec였다.

## 2. Z시험에 의한 조종성능

### 2.1. Z 시험

조타에 의한 시험선의 추종성을 알아보기 위해 타각 10°, 20°, 30° 일 때 Z시험을 실시한 결과 Fig. 5에서 나타난 바와 같이 각 시점에 대한 선수방위 및 주요시점의 시간은 Table 4와 같으

Table 4. 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

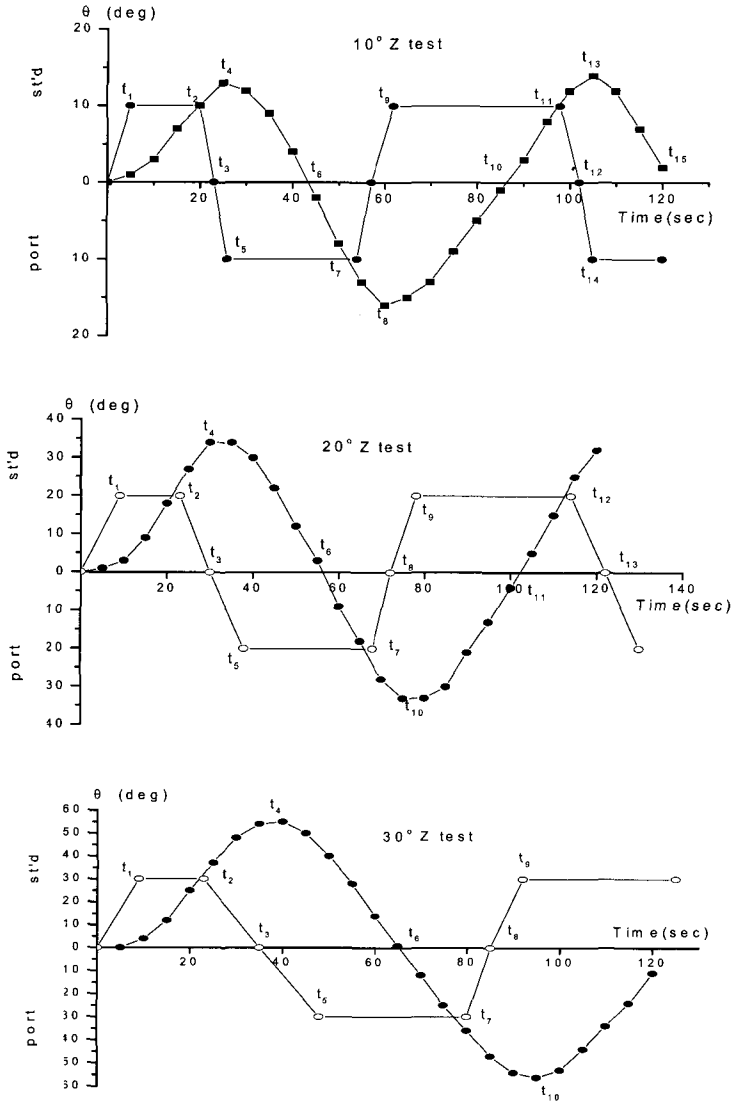


Fig. 9. Z test curves of the M.S. A-RA.

며, 이것을 Z시험 곡선으로 나타내면 Fig. 9와 같다.

2.2. 조종성 지수 K 및 T  
 조종성능을 파악하기 위하여 Z시험 결과로부터 산출한 조종성지수 K 및 T는 Table 5와 같고, 이것을 무 차원화한 결과는 Table 6과 같다.

Table 5. The calculated K and T of the experimental ship

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



Table 6. The Calculated maneuvering Indices K' and T' of the experimental ship

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

Table 6은 시험선의 10°, 20°, 30° Z시험에서 선회성지수 K' 와 추종성지수 T' 의 값을 나타낸 것으로서 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 양호했다. 또한, 추종성지수 T' 의 값은 10° 일때는 0.33, 20° Z시험일때는 1.45, 30° Z시험일때는 0.14로서 추종성지수 T' 의 값이 작게 나타나고 있어서 추종성 역시 대각도 조타일 때가 양호하게 나타났다.

Fig. 9에서 보는 바와 같이 소정의 타각으로 전타했을 때 과행각(overshoot angle)은 좌현전타했을때가 각각 4°, 11°, 25° 이며 우현전타했을때는 6°, 13°, 26° 로서 시험선의 조종성능은 우현전타 했을때가 좌전타 했을 때보다 조종성능이 약간 나쁜 것으로 나타났다.

이상으로 시험선 아라호는 선회성지수 및 추종성지수로 볼 때 동형의 다른 선종과 비교해보면, 선회성지수 K' 의 값은 다른 어선의 값과 거의 비슷하나 추종성지수 T' 의 값은 다른 어선의 값보다 작아서 추종성이 양호하다는 것을 알수 있다.

Table 4은 시험선의 10°, 20°, 30° Z시험에서 선회성 지수 K' 값과 추종성 지수 T' 값을 나타낸 것이다. 선회성 지수 K' 값은 30° 에서 제일 커서 선회성이 제일 양호함을 알 수 있고, 추종성 지수 T' 값도 30° 에서 작아서 추종성이 양호함을 알 수 있다. 또한 10° Z시험에서 구한 K' 및 T' 의 값을 기준으로 이미 조사된 다른 선박과 비교는 Table 7과 같으며, K' 는 다른 선박의 값보다 조금 크고 T' 는 매우 작은 편이여서, 선회성보다는 추종성이 더 좋은 것으로 나타났다. 그리고 10° Z 시험시 조타에 의한 1조작간의 항주 거리로 볼 때 일반적으로 선체 길이의 5~11배의 범위가 되면 조종성능이 양호한 것으로 알려져 있다.

Table 7. The comparison between indices of the experimental ship and the other ships at 10° Z test

Name of ship	G/T (ton)	K	T	K'	T'
Saebada	2275	0.066	13	0.528	1.625
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
A-RA	990	0.120	1.74	1.240	0.330
GalMaeGi	350	0.13	1.85	1.25	0.20

### 요 약

본 연구에서는 제주대학교 실습선 아라호(G/T : 990tons)의 조종 성능을 파악하기 위하여 2000년 8월과 2001년 5월에 2회에 걸쳐 제주항 북방 3마일 해상에서 조타에 의한 선회성과 추종성 등의 조종성능을 실시한 결과는 다음과 같다.

1. 부표 방위반법으로 측정된 선회권의 크기에서 선회종거는 우현선회시가 198m, 좌현선회시가 192m로서 좌현선회시가 우현선회시보다 6m 작았으며, 또한, 선회경의 크기는 우현선회시가 194m, 좌현선회시가 188m로서 좌현선회시가 우현선회시 보다 6m 작았다.
2. DGPS 측위에 의한 선회권의 크기에서 선회종거는 우현선회시가 196m, 좌현선회시가 194m로서 좌현선회시가 우현선회시보다 2m 작았다. 또한, 선회경의 크기는 우현선회시가 194m, 좌현선회시 190m로서 좌현선회시가 우현선회시 보다 4m 작았다.
3. 신조 시운전시 부표 방위반법에 의해 측정된 선회권의 크기와 2001년 5월에 DGPS 측위에 의하여 측정된 선회권의 크기를 비교해 본 결과, 선회종거는 DGPS 측위에 의한 선회권이 신조시운전시 선회종거보다 우현선회시가 1m 컸으며, 좌현선회시가 21m 작았다. 또한, 선회경의 크기는 우현선회시 16m, 좌현선회시 23m 작았다.

4. 선속 13k't로 전속 전진중 타각 35° 로 좌현 또는 우현으로 전타 했을 때 선회각 180° 에서 선속이 7.8k't이고 360° 선회시는 6.0k't가 되었으며, 소요 시간은 좌현선회시가 150초, 우현선회시가 156sec로 좌현선회시가 우현선회시보다 6초 짧았으며, 선회평균 각속도는 좌현선회시가 2.4 °/sec, 우현선회시가 2.3 °/sec였다.
  5. 타각 10° , 20° , 30° Z시험에서 선회성지수 K와 추종성지수 T는 각 각 선회성지수는 1.24, 1.45, 1.65였으며, 추종성지수는 각 각 0.33, 0.20, 0.14가 되어 30° 인 경우가 10° , 20° Z시험에서 보다 선회성지수 K는 크고, 추종성지수 T는 작아서 대각도 조타일 때가 소각도 조타일 때 보다 조종성능이 양호하였다.
- 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의 旋回圈測定, 韓國 漁業技術學會誌31(1), 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 シソポシウム, 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 126, 12~18.
- 정호순 · 김기윤 · 김민석(1998) : 實習船 갈매기2号의 操縱性能에 關한 研究, 韓國漁業技術學會誌 34(4), 366~371.
- 鄭公妍 · 安長榮 · 安瑛化(1989) : 實習船 濟州 402号의 操縱性能에 關한 研究, 漁業漁業技術學會誌 25(2), 72~74.
- 鄭公妍 · 安長榮 · 安瑛化(1987) : 舷側式트로울漁船 濟州 401号의 操縱性能에 關한 研究, 濟州大學論文集 5, 45~50.
- 강용균 · 이문진(1996) : GPS수신기를 이용한 DGPS의 정밀측위, 한국지형공간학회지 논문집 3(2), 15~18.
- 金基允(1978) : 선체 운동학적으로 본 충돌 회피 동작에 관한 연구, 漁業漁業技術學會誌 14(2), 104~105.
- 金基允(1979) : 새바다호의 操縱性能에 關한 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 關한 研究, 漁業漁業技術學會誌 18(2), 77~80.
- 橋本進 · 矢吹英雄(昭和63年) : 操船の基礎, 海文堂, 16~19.
- 이덕수(1996) : 종합항법 장치 및 GPS를 이용한 실선 시운전 선박 조종성능의 계측, 한국항해학회지 20(1), 11~13.
- 吳正喆(1983) : Z試驗에 의한 旋回圈의 作圖法에 關한 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), 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, 72~75.
- 野本謙作(1964) : 船の操縱性, 日本造船學會 操縱性シソポシウム, 8~22.
- 柳在春 · 金基允 · 金鍾華(1986) : PAL試驗과 Z試驗에 의한 釜山 403号의 操縱性能에 關한 研究, 韓國漁業技術學會誌 22(2), 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.