

실습선 가야호의 조종성능에 관한 연구

김민석[†] · 신형일 · 김종화 · 강일권
(부경대학교)

A Study on the Maneuverabilities of the T.S. Kaya

Min-Seok KIM[†] · Hyeong-Il SHIN · Jong-Hwa KIM · Il-Kwon KANG
[†] Pukyong National University

(Received October 20, 2008 / Accepted January 22, 2009)

Abstract

It is necessary for navigator to understand sufficiently maneuverabilities based on experiences and the data which were gotten from several tests of the ship when he maneuver his vessel. By the way most navigators used to rely on his experiences or feelings only maneuvering ship. But when he encounters situations he did not experience before he may be in difficulties. So navigator must get both experiences and data based on experimental results. In this paper author performs several tests such as turning test, Zig-zag test and spiral test to provide informations of maneuverabilities for navigators.

The obtained results are as follows:

There occurs almost no difference in size of the turning circle by the changes of ship's speeds. The scale of the turning circle was decreased exponentially when the rudder angle was increased. The maneuverabilities is better turning to starboard side than to port side. Maneuverabilities are more effective when the rudder is used to small angle than to large angle. As a result of spiral test course stability was comparatively seemed to be good.

Key words : Maneuverabilities, Turning test, Zigzag test, Spiral test

I. 서론

선박을 운항하는 조선자가 알아야 할 가장 중요한 것 중의 하나는 자선의 조종성능이다.

선박의 조종성능은 타각을 주었을 때 선체가 그리는 회두궤적인데 주로 전속으로 항행중에 최대타각을 주었을 때 생기는 궤적을 종거, 선회경 등으로 나누어 조종성능을 표현한다. 이처럼 선회권을 더욱 세분하여 나타낸 조종성능은 지금도 중요하게 사용되고 있으나 해상에서는 다양한

선형과 다양한 크기를 가진 선박들의 운항이 폭주한 지금은 선회권만으로 조종성능을 표현하기에는 부족하다. 특히 어선들이 밀집해서 조업하고 있는 어장이나 협수로, 항로, 항계부근, 항내에서 조선자는 자선의 선체운동을 정량적으로 파악해야 할 필요가 있으며 자선의 조종성능을 파악함에 있어서 경험과 감각 만에 의존하는 것은 조선당시의 주변 여건에 따라 큰 편차를 불러오기 때문에 경험해보지 못한 상황이 발생하면 조선자의 판단에 착오를 가져올 수 있다. 이처럼

[†] Corresponding author : 051-629-5994, minskim@pknu.ac.kr

여러 상황에서 선박간의 충돌회피동작이나 조선자의 의도대로 선박을 조선하기 위해서는 선회권에 의한 조종성능은 물론 일정타각을 주었을 때 일어나는 선체의 운동과정을 정량적으로 파악해 두어야 한다.

일반적으로 선박의 조종성능은 주로 전속과 최대타각에 의한 선회권의 크기에 의해 파악되고 있으나 필요에 따라서는 전속에 변화를 주어야 할 경우도 있고, 또 긴급한 경우가 아니면 선박의 안전을 고려하여 전타시에는 되도록 최대타각에 의한 선회를 하지 않는 것이 바람직하기 때문에 지금까지 전속과 최대타각으로 측정된 선회권에 의한 조종성능만으로는 자신의 조종성능을 파악하기에는 불충분하다.

또 조선자는 일반적인 항해, 협수로, 항로, 항계부근, 항내 접·이안 등에는 속력의 변화 타각의 대소 등에 따른 선회권의 크기, 신침로거리는 물론, 일정 타각을 주었을 때 선체운동의 추종성과 선회성, 침로의 안정성 등을 정량적으로 파악해 두어야 만 여러가지 상황에 필요한 선체의 조종을 효과적으로 대처할 수 있는 능력이 갖추어 질 것이다.

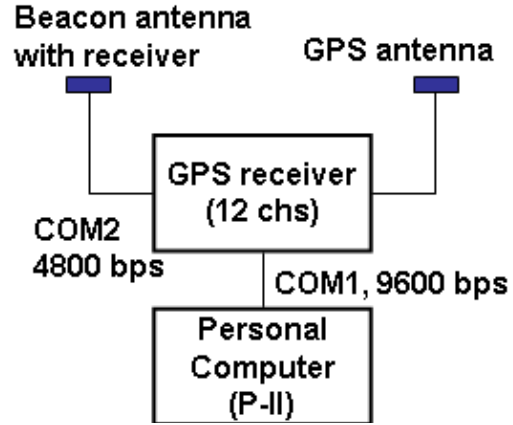
따라서 본 논문에서는 선회권에 의한 김 등의 조종성능과 선회권시험을 포함하여 보다 간편한 방법인 Z조종시험, Spiral 시험을 통하여 조종성능 해석의 이론적 배경과 함께 실선시험을 통하여 그 결과를 제시하고 이들 시험자료를 선박의 운항을 직접 담당하는 조선자들에게 한층 심화된 조선능력의 지식을 제공하고자 하였다(김 등, 2005).

II. 재료 및 방법

1. 실험장치의 구성

전속에 따른 선회권의 크기를 측정하기 위하여

본 실험에 사용한 DGPS 위치 데이터 수신시스템은 [Fig. 1]과 같고, GPS 수신기의 사양은 Table 1과 같으며, 비콘 수신기의 사양은 <Table 2>와 같다.



[Fig. 1] Configuration of the DGPS data acquisition system

DGPS 위치 데이터 수신시스템은 실시간 정밀 측량용으로 자주 사용되는 1주파용 12채널 GPS 수신기(Novatel Co, RT-20), 비콘 수신기(CSI Wireless Co SBA-1) 및 IBM 호환기종인 퍼스널 컴퓨터 (P-II, 233MHZ)로 구성하였다. 데이터 수신에 사용한 소프트웨어는 DGPS 수신기의 각종 기능을 설정할 때 사용하는 GPSolution(Novatel Co, Ver.2.2)이었다. GPSolution 소프트웨어 상의 통신기능을 이용하여 비콘 수신기에서 출력되는 위치보정 신호가 GPS수신기에서 인식될 수 있도록 적절한 명령을 입력하면, GPSolution 소프트웨어의 위치정보를 나타내는 창에서 GPS수신기의 모드가 Single에서 Differential로 바뀌고 이때부터 DGPS모드로 위치를 구하기 때문에 위치측정 정도가 약 1m인 상태에서 위치를 구할 수 있다.

<Table 1> Specifications of the GPS receiver and antenna

Item	Specifications
GPS receiver	Model RT-20
Frequency	L1, 1575.42 MHz (C/A Code)
Channels	12 independent tracking channel
Computed data updata rate	up to 10 solutions per second
Measured data updata rate	up to 20 data records per second
Position accuracy	
Standalone	15m CEP (SA off) GDOP < 2
RTK mode	20cm CEP nomial
Static mode	10cm RMS, 3 minutes, no multipath
GPS antenna for rover	Model 521
Gain and size	26±3dB and 5.6cm diameter

2. 측정방법

가. 선회권 시험

선회권 측정은 부경대학교 실습선 “가야호”를 이용하여 2004년 6월 29일 제주도 동남단 부근과 2004년 7월 28일 육지도 근해에서 실시하였으며, 실시한 장소는 [Fig. 2]와 같고, 실습선의 주요 요목은 <Table 3>과 같으며, 선회권 측정 중에 해상 상태는 <Table 4>와 같다.

풍향풍속은 실습선에 부착된 풍향풍속계로 선회권을 측정하기 전에 측정하였으며, 유향유속은 선회권 시험 후 정선상태에서 본선의 우현측 수면으로부터 5m 깊이에 전자유속계(ALEC, ACM210-D)를 내려 5분간의 순간 유향, 유속을 평균하였다.

선회권 측정시 실습선의 속력은 엔진 RPM (revolution per minute)을 240으로 고정시킨 상태에서 피치를 조정하여 전진미속(Pitch: 40%, 선속: 6.0kts) 전속(Pitch: 90%, 13kts)으로 하였고, 타각은 10°, 20°, 30°로 하여 각각 좌선회, 우선회를 실시하였다.

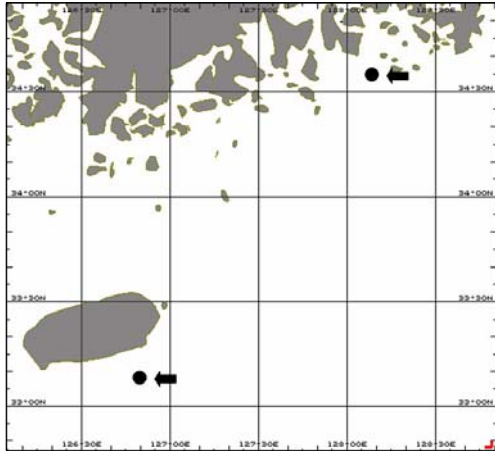
DGPS 위치 데이터 수신시스템의 GPS 안테나와 비콘 안테나는 선박의 컴퍼스 데크의 우현측 가장자리에 있는 핸드레일에 설치하였고, GPS수신기와 퍼스널 컴퓨터는 항해실습실에 설치하였다.

선회권 측정은 선박들의 통항과 바람과 조류의 영향이 거의 없고, DGPS기준국인 마라도와 거문도로부터 모두 50마일 이내의 해역을 선정하여

<Table 2> Specifications of the beacon receiver with antenna

Item	Specifications
Beacon receiver with antenna	Model SBA-1
Receiver channels	2 independent channels
Frequency range	283.5 to 325.0 kHz
Channel spacing	500 Hz
Cold/Warm start time	1 min/2 sec
Sensitivity	1.0 μV/m for 6 dB SNR at 200 bps
Dynamic range	100 dB
Correction output protocol	RTCM SC-104
Communications	RS-232C, 4800 bps
Dimensions	128 mm square × 84 mm high

실시하였으며, GPS수신기의 위치 데이터는 1sec 간격으로 퍼스널 컴퓨터에 저장하였다.



[Fig. 2] The trial sea area

<Table 3> Principal particulars of experimental ship

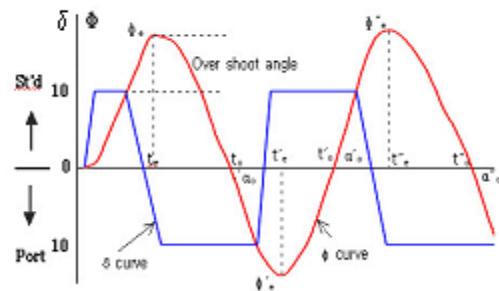
Item	Specifications
L.O.A	81.7m
L.B.P	72.5m
B.Md	13.2m
Draft	F. 3.6m A. 5.6m
Gross tonnage	1,737tons
Displacement tonnage	2,821.7tons
Rudder area	2.50×3.80m ²
Main Engine	2,960ps × 250rpm
Turning direction of propeller	Left handed
No. of blades	4
Max. Speed	14.8kts

<Table 4> Trial condition of the sea

Item	Specifications
Depth	100m
Wind direction	190~205°
Wind force	4 m/s
Current direction	20~30°
Current speed	0.3-0.4kts
Weather	Cloudy

나. Z조종시험

시험선을 전속전진 시키면서 속력이 최대에 이르렀을 때 먼저 우현의 소정타각에 이르도록 조타함과 동시에 5초 간격으로 선수방위를 기록하고 선수침로가 원침에서 소정타각 만큼 변했을 때 반대로 좌현의 소정타각에 이르도록 조타하면서 Zigzag 운동을 수회 반복했다. 이렇게 Zigzag 운동을 하면서 타각 0°에서 소정의 타각에 이를 때까지 시간, 선수방위가 원침로에서 소정의 타각만큼 변했을 때의 시간, 다시 타를 반대 현으로 해서 타각이 소정의 타각에 이를 때까지의 시간, 침로가 원침로에서 반대 현으로 소정의 타각만큼 변했을 때의 시간 등 주요시점의 시간과 선수방위를 기록하고, 똑같은 동작을 타각이 10°, 20°, 30°일 때 좌우로 번갈아 가면서 시험을 하였다.



[Fig. 3] The curves of z test

이렇게 해서 얻은 자료로 다음 식에 의해 조종성지수 K 및 T를 계산하였다.

$$\left. \begin{aligned} \Phi_e &= K\delta_e + KA_e \\ \Phi'_e &= K\delta'_e + KA'_e \\ \Phi''_e &= K\delta''_e + KA''_e \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

$$\left. \begin{aligned} \Pi\alpha_0 &= K\delta_0 + KA_0 \\ \Pi\alpha'_0 &= K\delta'_0 + KA'_0 \\ \Pi\alpha''_0 &= K\delta''_0 + KA''_0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

다. spiral 시험

시험선을 전속전진 시키면서 속력이 최대에 이르렀을 때 먼저 우타각 10°에 이르도록 조타하면

서 선회를 시작한다. 회두각속도가 일정하게 되면 그때 선속과 각속도를 측정하고, 후에 같은 현으로 우타각 5°에 이르도록 조타하고 다시 회두각속도가 일정하게 되면 선속과 각속도를 측정한다. 이와 같이 회두각속도가 일정하게 되면 순차적으로 타각을 변화시켜 우현 3°, 2°, 1°, 타중앙, 좌 타각 1°, 2°를 취해서 좌선회가 시작될 때까지 같은 계측을 계속했고, 좌선회가 계속되면 그때의 각속도와 타각을 기록하고 같은 방법으로 좌타각 10°을 취하여 시험을 종료했다. 곧 이어 좌타각 10°를 취하여 같은 방법으로 계측을 하였다.

485.5m, 467m로, 전속일 때 18.5m 정도 작았고, 우선회할 때는 최대종거가 미속과 전속시에 각각 466.5m, 371.5m로, 그 차이가 전속일 때 95m나 작게 나타났다. 또 미속과 전속으로 좌선회할 때 최대횡거는 각각 678.5m, 752.5m로, 전속일 때 74m나 크게 나타났고, 우선회할 때는 각각 619.5m, 578m로, 미속일 때 41.5m 더 크게 나타났다.

타각을 20°로 하여 선회할 경우도 미속과 전속으로 좌선회할 때 최대종거는 각각 301.5m, 312.5m로, 미속과 전속일 때 차이는 11m로 차이가 작았으나, 우선회할 때는 최대종거가 각각 197m, 272.5m로, 그 차이가 전속일 때 75.5m나 크게 나타났다.

또 미속과 전속으로 좌선회할 때 최대횡거는 각각 484.5m, 483.5m로, 선속에 따른 차이는 없었으며, 우선회할 때는 각각 400.5m, 337m로, 미속일 때 최대횡거가 63.5m 크게 나타났다.

타각을 30°로 하여 미속과 전속으로 좌선회할 경우에도 최대종거는 각각 216.5m, 233m로, 미속과 전속일 때 차이는 16.5m로, 전속일 때가 미속일 때보다도 최대종거가 컸고, 우선회할 때는 최

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 선회권시험

가. 속력에 의한 선회권

본 실험에서 2회 측정된 자료를 이용하여 타각에 따른 최대종거와 최대횡거의 변화를 나타내면 <Table 5>와 같다.

<Table 5>에서 타각이 10°, 선속을 미속과 전속으로 나누어 좌선회할 때 최대종거는 각각

<Table 5> Variation of maximum advance and transfer according to speed and rudder angle

(unit: m)

Rudder Angle	Speed	Turning Side	Max.Advance			Max.Transfer		
			Trial 1	Trial 2	Average	Trial 1	Trial 2	Average
10°	Slow	Port	517	454	485.5	780	577	678.5
		Stb'd	653	280	466.5	646	593	619.5
	Full	Port	453	481	467.0	904	601	752.5
		Stb'd	407	336	371.5	593	563	578.0
20°	Slow	Port	372	231	301.5	568	401	484.5
		Stb'd	181	214	197.5	364	437	400.5
	Full	Port	281	344	312.5	561	406	483.5
		Stb'd	284	261	272.5	331	343	337.0
30°	Slow	Port	259	174	216.5	366	247	306.5
		Stb'd	125	167	146.0	227	323	275.0
	Full	Port	222	244	233.0	376	266	321.0
		Stb'd	231	194	212.5	224	256	240.0

대종거가 각각 146m, 212.5m로, 전속일 때 66.5m로 크게 나타났다. 또 미속과 전속으로 좌선회할 때 최대횡거는 각각 306.5m, 321m로, 전속일 때가 14.5m 큰 것으로 나타났고, 우선회할 때는 각각 275m, 240m로, 미속일 때 최대횡거가 35m 크게 나타났다. 이처럼 미속과 전속으로 나누어 동일한 조건에서 타각을 10°, 20°, 30°로 해서 좌우현으로 선회시험을 해본 결과 전속에 의한 선회권의 크기를 구분하기 어려워서 Froude number가 0.3 이하일 경우 선회경은 전속의 영향을 크게 받지 않는다는 金의 결과와 일치함을 알 수 있다 (김진건, 1999).

한편 일반적으로 single screw 선박의 경우, screw 회전방향과 같은 방향으로 선회할 때가 선회권이 크다고 하는 경우와 그 반대의 경우를 보고하여 서로 주장을 달리하고 있으나, 확실한 이론적 근거를 세운 것은 아니며 가야호의 경우 screw propeller가 좌선회 CPP propeller이므로 본 실험의 경우 志波久光, 岩井聰, 本田啓二輔, 合田政次 등의 결과와 일치함을 알 수 있다(志波久光, 1971; 岩井聰, 1982; 本田啓二輔, 1982; 合田政次, 1992; 沓名景義, 1953; 大串雅信, 1990).

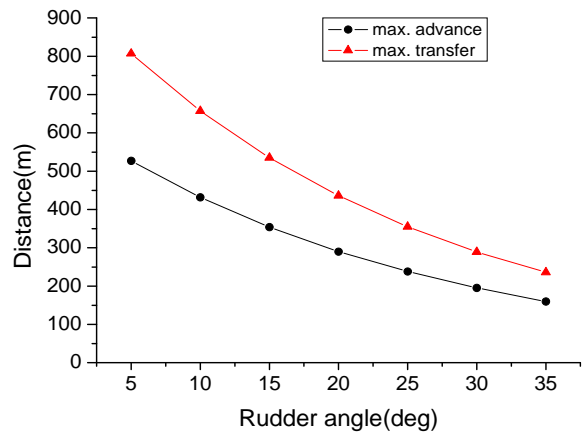
나. 타각에 의한 최대종거 및 최대횡거

<Table 5>의 자료를 이용하여 타각(x)이 10°, 20°, 30° 일 때의 최대종거(y)와 최대횡거(y1)에 대하여 상관식을 구한 결과는 식 (3) 및 (4)와 같다.

$$y = 643.6e^{-0.037x} \dots\dots\dots (3)$$

$$y1 = 991.4e^{-0.041x} \dots\dots\dots (4)$$

이들 식 (1), (2)의 상관계수도 각각 -0.988, -0.999로 상관도가 매우 높은 것으로 나타났으며, (1)과 (2)식에 의해 타각이 5°, 15°, 25°, 35° 일 때의 최대종거와 최대횡거를 구하여 [Fig. 4]에 나타내어 선박의 운항자들에게 타각에 따른 선회권의 크기를 파악하는데 도움이 되도록 하였다.



[Fig. 4] Variation of the maximum advance and transfer according to each rudder angle

2. Z조종시험

Z시험의 결과를 계산하여 K와 T로 <Table 6>에 나타내었다.

<Table 6> Calculated maneuvering indices K, T of the T.S. Kaya

	10°Z	20°Z	30°Z
K	0.110	0.088	0.068
T	13.8	10.6	6.3

<Table 6>에서 K는 선회성지수로 선회성의 양부를 나타내는 지수로 K값이 클수록 선회각속도는 크고 선회성이 좋다. T는 추종성지수로 조타에 대한 응답의 빠른 정도를 나타내는데 T값이 작을수록 조타운동에 대한 선체의 응답이 빠르다. K값이 클수록 T값이 작을수록 선회성과 추종성이 좋으나 K와 T는 서로 상반된 관계로 하나가 양호한 방향을 가지면 다른 하나는 반드시 나쁜 방향을 가지게 되어있다. <Table 6>에서 30도의 대타각을 사용하면 10도의 소타각을 사용할 때보다도 선회성은 나쁘나 추종성은 양호함을 알 수 있다. 조종성지수 K, T의 값은 선박의 크기, 배수량, 선형, 타각, 전속, 수심, 해상상태 등에 의해 달라지므로 野本은 다음과 같이 K, T 값을

무차원화 하여 표시하고 있다.

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

단, L : 선체의 길이(m), V: 선속(m/sec)

<Table 6>의 K, T값을 상기 식에 의해 무차원화 하여 <Table 7>에 나타내었다.

일반적으로 10°Z의 시험에서 얻은 K', T'값이 <Table 8>정도면 보통의 조종성능을 갖는다고 한다.

<Table 8>의 어선과 가야호를 비교해 보면 가야호의 K'가 1.402, T'가 0.857이므로 어선으로서

<Table 7> Calculated maneuvering indices K', T' of the T.S. Kaya

	10°Z	20°Z	30°Z
K'	1.346	1.075	0.8308
T'	1.129	0.874	0.5183

조종성능이 양호함을 알 수 있다. 가야호의 경우 선회성은 10°Z에서, 추종성은 30°Z에서 좋은 것으로 나타났다.

한편 Z시험에서 5초 간격으로 선수방위의 변

<Table 8> Maneuvering indices of ships divided into classes

Ship class	Cargo ship	Oil tanker	Fishing boat	Patrol boat
M.	L=100 ~ 160m	L=150 ~ 250m	L=60m	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 9> measured values from Z test of T.S. Kaya

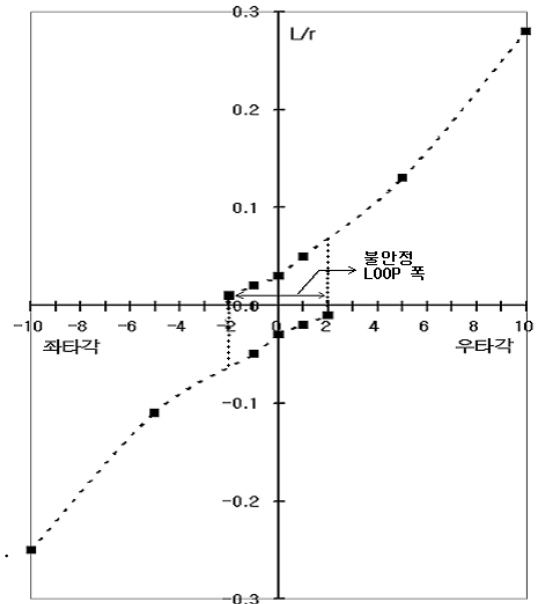
	t	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60				
	10°Z	s.h	211	215	219	223	227	227	226	223	219	214	210	205			
	t	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120				
	s.h	200	197	196	198	210	206	211	217	223	227	228	227				
	t	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180				
	s.h	225	222	218	215	211	206	201	198	196	198	201	205				
	p.t.p	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	t11	t12	t13	t14	t15	t16
	t.i	3	20	23	27	30	55	65	70	72	80	109	119	120	122	126	160
	t <th>5</th> <th>10</th> <th>15</th> <th>20</th> <th>25</th> <th>30</th> <th>35</th> <th>40</th> <th>45</th> <th>50</th> <th>55</th> <th>60</th>	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60				
	20°Z	s.h	210	214	220	229	237	243	244	241	237	231	222	214			
	t	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120				
	s.h	206	198	190	183	178	176	179	184	191	200	209	217				
	t	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180				
	s.h	225	234	240	244	243	239	235	230	223	217	210	203				
	p.t.p	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	t11	t12	t13	t14	t15	t16
	t.i	7	21	28	35	67	80	87	94	95	123	135	141	147	148	180	197
	t <th>5</th> <th>10</th> <th>15</th> <th>20</th> <th>25</th> <th>30</th> <th>35</th> <th>40</th> <th>45</th> <th>50</th> <th>55</th> <th>60</th>	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60				
	30°Z	s.h	210	214	222	233	245	254	260	262	257	250	240	230			
	t	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120				
	s.h	220	210	201	191	180	171	165	161	162	166	173	182				
	t	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180				
	s.h	193	203	213	224	235	245	253	258	260	257	252	245				
	p.t.p	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	t11	t12	t13	t14	t15	t16
	t.i	11	24	35	45	46	79	97	107	115	118	146	162	173	180	183	213

화와 주요시점의 시간을 <Table 9>에 나타내었다. Table 9에서 10°Z, 20°Z, 30°Z일 때 overshoot angle을 보면 각각 6°, 14.5°, 23.5°로 가야호와 선형이 같고 크기가 비슷한 새바다호의 6.5°, 13°, 20°와 비슷했다. IMO 기준에 의하면 10°Zigzag에서는 첫 번째 overshoot angle이 10°, 두 번째 overshoot angle이 25°이고, 20°Zigzag에서는 첫 번째 overshoot angle이 25°이므로 가야호의 경우 모두 IMO 기준을 만족시키고 있다. 10°Z에서 1조작간의 시간이 109초로 항주거리는 선체길이의 8.9배로서 조종성 표준거리인 5~11배 이내가 되어 대체적으로 조종성능이 양호한 것으로 나타났다.

3. Spiral 시험

항행 중에 긴급한 경우가 아니면 조선헌 때는 적은 타각을 주로 많이 사용하여 조선헌하기 때문에 작은 타각을 사용했을 경우 침로안정성의 정도를 파악하기 위해 선박을 전속전진하면서 일정 침로에 정침시킨 후에 먼저 우현 10°의 선회를 시작하고 선회운동이 일정하게 되면 그때의 선속과 각속도를 측정하고 타각의 변화를 주어 같은 방향으로 선회를 시켜 똑같은 방법으로 선속과 선회각속도를 측정하여 그 결과를 [Fig. 5]에 나타내었다

[Fig. 5]에서 타각을 10°, 5°, 3°, 2°, 1°로 변화를 주어 순차적으로 우선회할 경우 선체길이에 대한 정상선회반경은 각각 0.25, 0.13, 0.08, 0.05 이었고 타중양, 반대타각 1°, 2°일 때 각각 0.03, 0.02, 0.01이었다. 같은 방법으로 좌선회 할 경우도 0.25, 0.11, 0.07, 0.05, 0.03, 0.02, 0.01로 좌우 현이 거의 같았는데 타 중양을 중심으로 좌우 2° 범위 내에서는 조류나 바람방향에 따라서 침로불안정의 loop를 보이고 있는데 이 정도의 loop폭은 조종성능에 전혀 문제가 되지 않기 때문에 침로의 안정성은 좋은 것으로 나타났다.



[Fig. 5] Spiral test

IV. 결론

가야호의 조종성능과악하기 위하여 선회권시험, Zigzag 시험, Spiral 시험을 통하여 얻은 결과는 다음과 같다.

1. 미속과 전속에 의한 선회시 최대중거는 각각 302m, 311m이고, 최대횡거는 각각 460m 452m로서, 전속에 의한 선회권의 크기는 거의 비슷하였다.
2. 타각이 10°, 20°, 30° 일 때 최대중거는 각각 447m, 271m, 202m이었고, 최대횡거는 각각 657m, 426m, 285m로서, 타각(x)이 커짐에 따라 최대중거(y)와 최대횡거(y1)는 지수함수적으로 작아졌고 다음과 같은 상관식을 구했다.

$$y = 643.6e^{-0.037x}$$

$$y1 = 991.4e^{-0.041x}$$

3. 좌·우선회시 선회권의 크기는 항상 screw의 회전과 같은 방향인 좌선회할 때 선회권의 크기가 커서 우선회할 때 선회성능이 좋음을 알 수

있었다.

4. 최대종거에 대한 최대횡거의 평균치는 좌선회의 경우 1.48, 우선회의 경우 1.52로 최대횡거가 향상 컸다.

5. 타각 10°, 20°, 30°Z 시험에서 선회성지수 K'는 각각 1.402, 1.075, 0.831이고, 추종성지수 T'는 0.857, 0.874, 0.518로서 선회성은 타각이 10°일 때가, 추종성은 30°일 때가 좋은 것으로 나타나서 대체적으로 대타각보다 소타각을 사용하는 것이 조종성이 좋았다.

6. overshoot angle은 10°, 20°, 30°Z에서 각각 6°, 14.5°, 23.5°로 IMO기준을 만족하고 있다.

7. 10°Z에서 1조작간의 시간이 109초로 항주거리는 선체길이의 8.9배로서 조종성 표준거리인 5~11배 이내가 되어 대체적으로 조종성능이 양호한 것으로 나타났다.

8. spiral 시험에 의하면 타 중앙을 중심으로 좌우 2°사이에는 침로 불안정 loop폭이 형성되고 있으나 이 정도의 불안정 loop폭은 실제 조종시에는 문제가 없는 것으로 사료된다.

참고 문헌

- 김민석·신현옥·강경미·김민선(2005). 타각과 선속에 따른 선회권의 변화, 한국어업기술학회지 41(2), 156~164.
- 金鎭乾(1999). 船舶運用學(操縱論), 有一文化社, 24~27.
- 志波久光(1971). 舵와旋回, 成山堂, 28~41.
- 岩井聰(1982). 操船論, 海文堂, 11~50.
- 本田啓二輔(1982). 基本運用術, 海文堂, 99~106.
- 合田政次·久野俊行·重根 重勝(1992). GPSを用いての旋回圏の測定, 日本航海學會航海 114號, 32~37.
- 合田政次·久野俊行·重根 重勝(1992). GPSを用いての旋回圏の測定-II, -小型船舶の旋回圏-, 日本航海學會航海 121號, 36~39.
- 杳名景義(1953). 船舶運用術, 成山堂, 149~157.
- 大串雅信(1990). 理論船舶工學, 海文堂, 251~257.
- 増島宏明·花房元顯·河内尙·佐藤志朗·菊岡仁(1991). GPS 利用にのついて -旋回實驗の結果報告-, 日本航海學會航海 109號, 8~16.
- 花房元顯·宮崎博(1995). GPS單獨測位による小型丹艇操縱性能試驗結果, 日本航海學會航海 126號, 航海 126號, 12~20.