

# 선수 스러스터가 선회성능에 미치는 영향에 관한 연구

양정훈 · 안영화 · 최찬문  
제주대학교 해양산업공학부

## A study on the influence of bow thruster for turning ability

Jeong-hun YANG, Young-wha AHN and Chan-moon CHOI

Faculty of maritime industrial engineering, cheju national university, Jeju-si, 690-756, Korea

It is indispensable to grasp the turning ability of a ship to operate her effectively. For this purpose, the author measured the turning ability of training ship, A-RA by use of bow thruster and stern rudder. The turning ability of this ship, in case of using both of stern rudder and bow thruster at the same time, caused by increase of steering angle provides more influence to the size of tactical diameter than it caused by the power of bow thruster. But the influence of bow thruster on the turning ability is available only within rudder angle  $5^{\circ} - 10^{\circ}$ , so it is possible to grasp that the effect of bow thruster is reduced as rudder angle become bigger. In case of the influence of bow thruster by her speed, the ability of bow thruster is very effective at low speed, but it is almost not available in normal turning speed. Therefore, the using both of stern rudder and bow thruster can be useful in case of low speed proceeding at entrance or departure of the narrow waterway or inside port which sea traffic is congest for collision avoidance.

Key word : Rudder, Turning circle, Bow thruster, DGPS, Gyro compass

### 서 론

최근 조선기술의 발달과 함께 선박의 대형화, 고속화와 더불어 해상교통량이 증가함에 따라 각종 해양사고의 발생률도 높아지고 있다. 따라서 국제해사기구 (IMO: International Maritime Organization)에서는 선체길이가 100m 이상인 대형 선박과 원유, 석유, LPG, LNG, 화학제품 등 위험물을 운반하는 특수 선박에 대한 조종성능의 잠정기준 A.751 안을 마련하게 되었으며, 또한 해양사고를 줄이려는 범국제적인 노력의 일

환으로 1993년 11월 제18차 IMO 총회에서는 선 조종의 조종성능에 대한 국제규정을 채택하게 되었다. 이러한 기준은 선박의 조종성능을 향상시킬 뿐만 아니라 해양사고를 미연에 방지하는데 그 목적이 있다.

이러한 추세에 따라서, 선박의 조종성능이 조 선소나 선박 운항자 및 정부 관계자의 관심 기술 분야로서 인식되게 되었으며, 선박의 초기 설계 단계에서부터 선박의 조종성능을 보장할 수 있는 기술 개발이 시급한 연구과제로 등장하게 되

\*Corresponding author : coolwater@cheju.ac.kr Tel : 82-64-754-3410 FAX : 82-64-756-3483

었다.

선박의 타는 보침성능과 선회성능을 주는 장치로서, 선미에 평판 형태의 구조물을 설치하여 프로펠러에 의한 추진기류 등 수류의 직압력을 이용하는 선미타의 형태가 대부분이며, 선속이 저하하게 되면 타력이 떨어지므로 이를 보완하여 선체를 회두시키기 위하여 스러스터(Thruster)를 설치하고 있다.

일반적으로 선박의 조종성능의 양부는 타에 의한 선회성능이나 추종성을 시험하여 결정된다. 그러나 타는 적절한 선속이 있어야만 선회 모멘트를 발휘할 수 있는 반면, 스러스터는 정지된 상태에서도 선체를 회두시킬 수 있으므로 좁은 항내에서 선박의 선회권을 최소화하기 위하여 타와 선수 및 선미 스러스터를 이용하고 있으며, 1970년도 이후에 건조되는 여객선과 화물선 뿐만 아니라 어선에서도 스러스터를 장착하고 있는 선박이 증가하고 있는 추세이다. 화물선은 접·이안시 도선사가 승선하여 조선을 돕기 위하여 대부분 예인선이 접선하게 된다. 그런데 스러스터가 장착된 선박인 경우는 예인선의 척수를 줄일 수가 있어서 운항비를 절약할 수 있을 뿐만 아니라 선망 어선에서는 선체가 그물 쪽으로 치우치는 것을 방지하는 역할을 하고 있다. 그러나 선박에 설치된 스러스터에 대하여 지금까지는 조선공학적인 측면에서 검토되었지만, 실제적으로 운항자가 스러스터와 선미타를 이용하면서 선회성능에 미치는 영향을 파악한 바는 거의 없다.

본 연구에서는, 선수 스러스터가 선회성능에 미치는 영향을 알아보기 위하여 제주대학교 어업실습선으로서 선수 스러스터를 장착한 아라호(G/T 990ton)를 이용하여, 2004년 5월 20일과 21일 양일간에 걸쳐 우리나라 남해안 여서도 근해에서 해상시험을 실시하여, 선미타와 선수 스러스터가 선회성능에 미치는 영향을 파악함으로써 실습선 아라호의 조종성능을 평가하였다.

## 장치 및 방법

### 시험선

시험에 사용한 실습선 아라호는 1993년도에 건조한 제주대학교 어업실습선으로서 그 제원은 Table 1과 같다.

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

Item	Specification
Kind of ship	Fishing vessel
Name of ship	M.S.A - RA
L.O.A	68.50m
Lpp	60.00m
M.L.D	12.40m
Depth	7.30m
Full load draft	4.76m
Gross tonnage	990ton
Main engine	2,600ps
RPM/pitch	730/36
Ship's draft	fore 3.2m after 4.6m

### 선수 스러스터(Bow thruster)

시험에 사용한 선수 스러스터는 프로펠러에 의해 선체를 횡방향으로 회두시키는 Ulstein 45 TV형으로써, 프로펠러 직경은 1,000mm, 추력은 약 3톤 정도이며, 그 제원과 배치도는 각각 Table 2, Fig. 1과 같다.

**Table 2. Principal particulars of the bow thruster**

Item	Specification
No. of set	1 set
Model	Ulstein 45 TV
TYPE	Electric motor driven, control pitch propeller complete with hydraulic power unit.
Propeller diameter	1,000mm
No. of propeller blades	4 blades
Propeller speed	566rpm
Reduction ratio	3.15 : 1
Driven motor	200kw electronic motor gravity tank 100Ltrs
Thruster power	3 Tons
Maker	ULSTEIN PROPELLER A/S

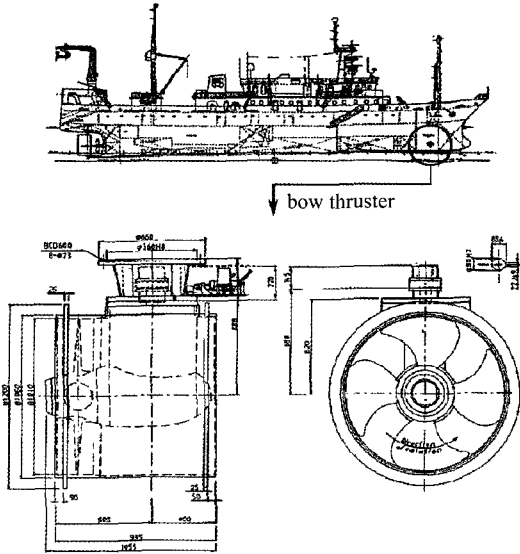


Fig. 1. Side view of the experimental ship M.S A - RA and bow thruster.

선회권 측정 및 분석

선미타와 선수 스러스터를 이용한 시험선의 선회성능을 비교·분석하기 위한 실선시험은 2004년 5월 20일과 21일 남해안 여서도 근해 (Lat. 33° 54' N, Long. 127° 00' E)에서 실시하였다. 이때 해상상태는 조류와 풍속이 약하고 파도가 거의 없는 정조시를 택하였다. 시험선의 선회권측정은 선미타만을 이용한 선회성능과 선미타와 선수 스러스터를 동시에 사용했을 때의 선회성능을 시험하였으며, 이때 동일한 조건에서의 선회성능을 알아보기 위하여 기관회전수 550rpm일 때 선속 10.0 - 10.5knot로 항진중 타각의 변화를 각각 좌·우현 10°, 20°, 30°로 놓고 선회했을 때 DGPS로부터 얻어지는 선위정보를 퍼스널컴퓨터로 처리·분석하였으며, 그 결과를 Fig. 2와 같이 나타내었다. 이때 사용한 DGPS(Navis - 3700D, Samsung), Echo Sounder (EK - 500, SIMRAD), 선체경사계(SSY0090P) 그리고 퍼스널컴퓨터의 구성은 Fig. 3과 같다.

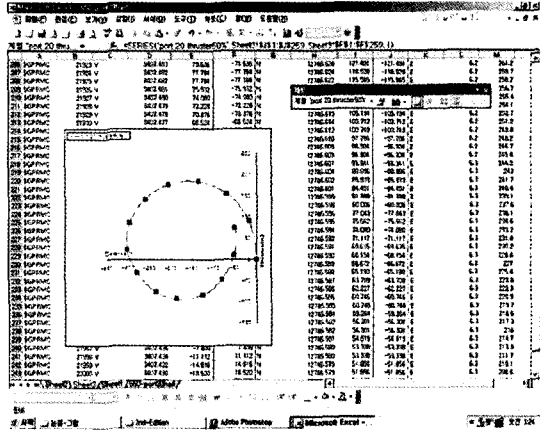


Fig. 2. Analysis program for turning circle.

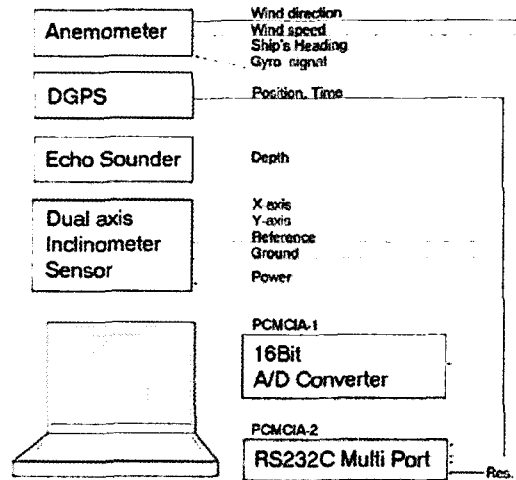


Fig. 3. Block diagram of measurement system.

결과 및 고찰

선미타를 이용한 선회성능

선미타만을 이용한 시험선의 선회성능을 알아보기 위하여 기관회전수 550rpm, 선속 10.0 - 10.5knot로 항진중 타각을 좌·우현 각각 10°, 20°, 30°로 놓고 선회시 DGPS로부터 얻은 선위정보로부터 분석한 선회권의 크기는 Fig. 4와 같다. 이때 시험선의 선회중거, 선회횡거, 선회경 및 최종선회경을 비교분석한 결과는 Table 3에 나타내었다.

여기서, 타각 10° 일 때 선회중거의 크기는 좌현선회시가 451.9m로서 수선간장의 7.5배, 우현선회시는 544.5m로서 수선간장의 9.1배, 선회횡거는 좌현선회시 368.9m로서 수선간장의 6.2배, 우현선회시 391.1m로서 수선간장의 6.5배, 선회경은 좌현선회시 603.0m로서 수선간장의 10.1배, 우현선회시 656.4m로서 수선간장의 10.9배가 되었으며, 최종선회경은 좌현선회시 483.0m로서 수선간장의 8.1배, 우현선회시 577.8m로서 수선간장의 9.6배로 나타났다.

또한, 타각 20° 일 때의 선회중거의 크기는 좌현선회시가 244.5m로서 수선간장의 4.1배, 우현선회시는 281.5m로서 수선간장의 4.7배이며, 선회횡거는 좌현선회시 213.4m로서 수선간장의 3.6배, 우현선회시 226.7m로서 수선간장의 3.8배, 선회경은 좌현선회시 309.7m로서 수선간장의 5.2배, 우현선회시 340.7m로서 수선간장의 5.7배, 최종선회경은 좌현선회시 368.9m로서 수

선간장의 6.2배, 우현선회시 253.4m로서 수선간장의 4.2배로 나타났다.

그리고, 타각 30° 일 때 선회중거의 크기는 좌현선회시가 170.4m로서 수선간장의 2.8배, 우현선회시는 211.1m로서 수선간장의 3.5배, 선회횡거는 좌현선회시 190.8m로서 수선간장의 3.2배, 우현선회시 174.8m로서 수선간장의 2.9배, 선회경은 좌현선회시 219.3m로서 수선간장의 3.7배, 우현선회시 229.7m로서 수선간장의 3.8배, 최종선회경은 좌현선회시 296.3m로서 수선간장의 4.9배, 우현선회시 164.5m로 수선간장의 2.7배로 측정되었다.

이 시험에서 타각이 10°, 20°, 30° 일 때 시험선의 좌·우현의 선회중거 및 선회경을 비교하여 보면, 선회중거의 경우 좌현선회시가 우현선회시보다 각각 92.6m, 37.0m, 40.7m로 짧았다. 그리고 선회경도 좌현선회시가 우현선회시보다 각각 53.4m, 31.1m, 10.4m로 짧아서 시험선은 좌현선회시가 우현선회시보다 선회성능이 양호하게 나타났는데, 이것은 시험선의 추진기가 우선회추진기이기 때문이다.

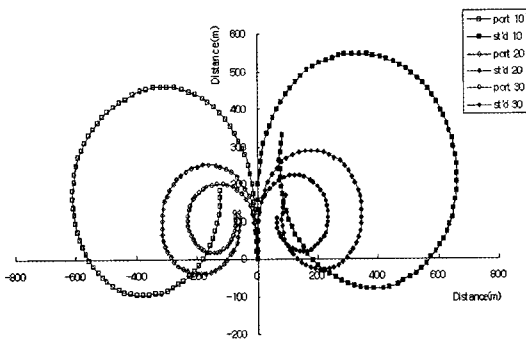


Fig. 4. DGPS information-based turning circle by maneuvering the ship to port and starboard in 550rpm.

선미타와 선수 스러스터를 동시에 사용했을 때의 선회성능

항행중 다른 선박과의 긴박한 충돌의 위험이 있을 때 회피동작으로서의 선회나 또는 좁은 항내에서의 접·이안시 보조장치로 사용되는 선수 스러스터를 타와 동시에 사용했을 때 시험선의 선회성능을 알아보기 위하여, 선미타만을 이

Table 3. Results of turn based on the positioning data by maneuvering the ship to port and starboard in 550rpm

ITEM	Rudder 10°		Rudder 20°		Rudder 30°	
	Port	Starboard	Port	Starboard	Port	Starboard
Ad(m)	451.9	544.5	244.5	281.5	170.4	211.1
Tr(m)	368.9	391.1	213.4	226.7	190.8	174.8
Td(m)	603.0	656.4	309.7	340.8	219.3	229.7
Fd(m)	483.0	577.8	368.9	253.4	296.3	164.5
Ad/Lpp	7.5	9.1	4.1	4.7	2.8	3.5
Td/Lpp	10.1	10.9	5.2	5.7	3.7	3.8

Ad: Advance, Tr: Transfer, Td: Tactical diameter, Fd: Final diameter

용한 선회시험과 마찬가지로 기관회전수 550rpm, 선속 10.0 - 10.5knot일 때 선수 스러스터의 추력을 각각 50%(84kW), 90%(146kW)로 하여 선미타와 선수 스러스터를 동시에 사용했을 때의 선회권의 크기와 선회경 등, 시험선의 선회성능을 비교·분석한 결과는 Fig. 5, 6, Table 4, 5와 같다.

Fig. 5, Table 4는 선수 스러스터의 추력을 50%(84kW)로 사용하여 선회할 때 선회중거, 선회횡거, 선회경 및 최종선회경을 나타낸 것이다. 타각 10° 일 때 선회중거의 크기는 좌현선회시가 340.8m로서 수선간장의 5.7배, 우현선회시는 357.4m로서 수선간장의 6.0배, 선회횡거는 좌현선회시 354.1m로서 수선간장의 5.9배, 우현선회시 357.1m로서 수선간장의 6.0배, 선회경은 좌현선회시 558.6m로서 수선간장의 9.3배, 우현선회

시 563.0m로서 수선간장의 9.4배, 최종선회경은 좌현선회시 450.4m로서 수선간장의 7.5배, 우현선회시 505.2m로서 수선간장의 8.4배로 측정되었다.

타각 20° 일 때의 선회중거의 크기는 좌현선회시가 177.8m로서 수선간장의 3.0배, 우현선회시는 196.3m로서 수선간장의 3.3배, 선회횡거는 좌현선회시 207.4m로서 수선간장의 3.5배, 우현선회시 216.3m로서 수선간장의 3.6배, 선회경은 좌현선회시 293.4m로서 수선간장의 4.9배, 우현선회시 311.1m로서 수선간장의 5.2배, 최종선회경은 좌현선회시 254.8m로서 수선간장의 4.3배 우현선회시 254.8m로 수선간장의 4.3배로 측정되었다.

그리고, 타각 30° 일 때의 선회중거의 크기는 좌현선회시가 140.8m로서 수선간장의 2.4배, 우

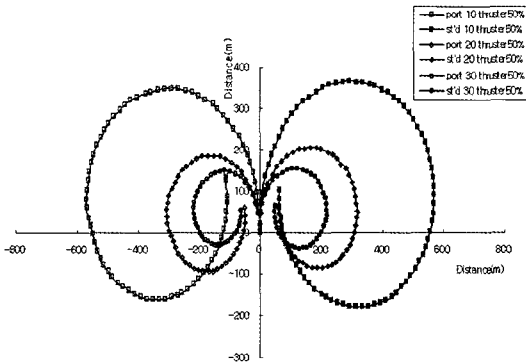


Fig. 5. DGPS information-based turning circle by maneuvering the ship to port and starboard with rudder and 50% power of bow thruster in 550rpm.

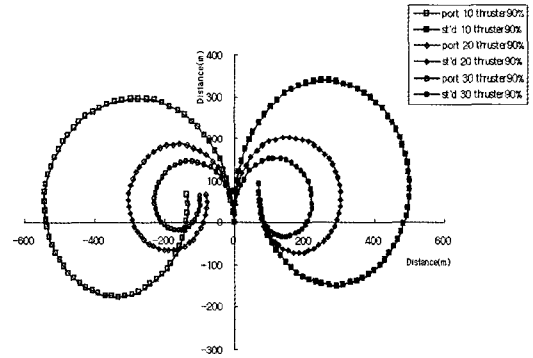


Fig. 6. DGPS information-based turning circle by maneuvering the ship to port and starboard with rudder and 90% power of bow thruster in 550rpm.

Table 4. Results of turn based on the positioning data by maneuvering the ship to port and starboard with rudder and 50% power of bow thruster in 550rpm

ITEM	Rudder 10°		Rudder 20°		Rudder 30°	
	Port	Starboard	Port	Starboard	Port	Starboard
Ad(m)	340.8	357.4	177.8	196.3	140.8	148.2
Tr(m)	354.1	357.1	207.4	216.3	158.5	155.6
Td(m)	558.6	563.0	293.4	311.1	210.4	210.4
Fd(m)	450.4	505.2	254.8	254.8	154.1	167.4
Ad/Lpp	5.7	6.0	3.0	3.3	2.4	2.5
Td/Lpp	9.3	9.4	4.9	5.2	3.5	3.5

Ad: Advance, Tr: Transfer, Td: Tactical diameter, Fd: Final diameter

**Table 5. Results of turn based on the positioning data by maneuvering the ship to port and starboard with rudder and 90% power of bow thruster in 550rpm**

ITEM	Rudder 10°		Rudder 20°		Rudder 30°	
	Port	Starboard	Port	Starboard	Port	Starboard
Ad(m)	288.9	329.7	177.8	196.3	137.1	142.6
Tr(m)	337.8	320.0	208.9	204.5	170.4	164.5
Td(m)	536.3	496.3	291.9	296.3	219.3	216.3
Fd(m)	407.4	431.2	222.2	232.6	128.9	146.7
Ad/Lpp	4.8	5.5	3.0	3.3	2.3	2.4
Td/Lpp	8.9	8.3	4.9	4.9	3.7	3.6

Ad: Advance, Tr: Transfer, Td: Tactical diameter, Fd: Final diameter

현선회시는 148.2m로서 수선헤간장 2.5배, 선회 횡거는 좌현선회시 158.5m로서 수선헤간장 2.6배, 우현선회시 155.6m로서 수선헤간장 2.6배, 선회경은 좌현선회시 210.4m로서 수선헤간장 3.5배, 우현선회시 210.4m로서 수선헤간장 3.5배, 최종선회경은 좌현선회시 154.1m로서 수선헤간장 2.6배, 우현선회시 167.4m로 수선헤간장 2.8배로 나타났다.

이상의 결과에서 선수 스텔러스터의 추력을 50%(84kW)로 하고, 타각 10°, 20°, 30° 일 때의 선회종거는 좌현선회시가 우현선회시 보다 각각 16.6m, 18.5m, 7.4m 짧았으며, 선회경의 경우는 좌현선회시가 우현선회시 보다 각각 4.4m, 17.8m 짧았으나, 30° 경우에는 큰 차이를 보이지 않았다.

이 결과를 선미타만을 사용한 선회시와 비교하였을 때, 선회종거 및 선회경의 크기는 타각 10°, 20°, 30° 일 때, 선회종거는 좌현선회시가 각각 111.1m, 66.7m, 29.6m 짧았고, 우현선회시는 각각 187.1m, 85.2m, 62.9m로 짧았으며, 선회경은 좌현선회시 각각 44.4m, 16.3m, 8.9m 짧았으며, 우현선회시 각각 93.4m, 29.7m, 19.2m 짧게 나타나고 있어서 선수 스텔러스터와 선미타를 동시에 사용했을 때가 선미타만을 사용했을 때보다 선회종거 및 선회경의 크기가 감소함을 알 수 있었다.

Fig. 6, Table 5는 선수 스텔러스터의 추력을 90%(146kW)로 사용하여 선회할 때 선회종거,

선회횡거, 선회경 및 최종선회경을 비교한 것이다. 타각 10° 일 때 선회종거의 크기는 좌현선회시가 288.9m로서 수선헤간장 4.8배, 우현선회시는 329.7m로서 수선헤간장 5.5배, 선회횡거는 좌현선회시 337.8m로서 수선헤간장 5.6배, 우현선회시 320.0m로서 수선헤간장 5.3배, 선회경은 좌현선회시 536.3m로서 수선헤간장 8.9배, 우현선회시 496.3m로서 수선헤간장 8.3배, 최종선회경은 좌현선회시 407.4m로서 수선헤간장 6.8배, 우현선회시 431.2m로서 수선헤간장 7.2배로 측정되었다.

그리고, 타각 20° 일 때의 선회종거의 크기는 좌현선회시가 177.8m로서 수선헤간장 3.0배, 우현선회시는 196.3m로서 수선헤간장 3.3배, 선회횡거는 좌현선회시 208.9m로서 수선헤간장 3.5배, 우현선회시 204.5m로서 수선헤간장 3.4배, 선회경은 좌현선회시 291.9m로서 수선헤간장 4.9배, 우현선회시 296.3m로서 수선헤간장 4.9배, 최종선회경은 좌현선회시 222.2m로서, 수선헤간장 3.7배 우현선회시 232.6m로 수선헤간장 3.9배로 측정되었으며, 타각 30° 일 때의 선회종거의 크기는 좌현선회시가 137.1m로서 수선헤간장 2.3배, 우현선회시는 142.6m로서 수선헤간장 2.4배, 선회횡거는 좌현선회시 170.4m로서 수선헤간장 2.8배, 우현선회시 164.5m로서 수선헤간장 2.7배, 선회경은 좌현선회시 219.3m로서 수선헤간장 3.6배, 우현선회시 216.3m로서 수선헤간장 3.6배, 최종선회경은 좌현선회시 128.9m로

서 수선간장의 2.2배, 우현선회시 146.7m로 수선간장의 2.4배로 측정되었다.

그리고, 선수 스텔러스터의 추력을 90%(146kW)로 하였을 때 시험선의 선회특성은 타각 10°, 20°, 30° 일 때의 선회종거와 선회경은 좌현선회시가 우현선회시보다 선회종거는 각각 40.8m, 18.5m, 5.5m 짧았으며, 선회경은 각각 8.9m, 4.9m, 3.7m 짧았다.

또한, 선미타만을 이용한 선회시와 비교하였을 때 선회종거 및 선회경의 크기는 타각 10°, 20°, 30° 일 때 선회종거는 좌현선회시가 각각 163.0m, 66.7m, 33.4m 짧았으며, 우현선회시는 각각 214.8m, 85.2m, 68.5m로 짧았으며, 선회경은 좌현선회시가 10° 일 때 66.7m, 20° 일 때는 17.8m 짧았으나 30° 일 때는 그 크기가 거의 같게 나타났으며 우현선회시는 각각 160.1m, 44.5m, 13.3m 짧게 나타났다.

이상의 결과에서 기관회전수 550rpm, 선속 10.0 - 10.5knot로 항진중 좌현선회시인 경우 선미타와 선수 스텔러스터의 추력을 각각 50%, 90%로 하였을 때의 선회종거는 Fig. 7과 같고, 그 회귀식은 다음과 같다.

선미타만을 이용했을 때,  
 $y = -14.075x + 570.43 \quad (R^2 = 0.93),$

선수 스텔러스터의 추력을 50%로 했을 때,  
 $y = -10x + 419.8 \quad (R^2 = 0.88),$

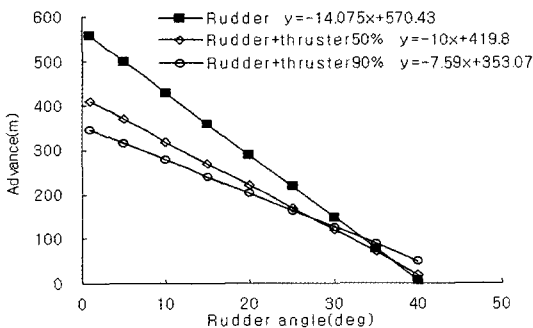


Fig. 7. Regression-based correlation between rudder angle and advance.

선수 스텔러스터의 추력을 90%로 했을 때,  
 $y = -7.59x + 353.7 \quad (R^2 = 0.93)$ 이다.

위 식을 이용하여 시험선의 선회 시뮬레이션을 한 결과 좌현선회시 선회종거의 크기를 약 280m로 가정하였을 때, 선미타만 사용하면, 타각을 19° - 20° 정도 주어야 하지만, 선미타와 선수 스텔러스터를 동시에 사용했을 때는 타각을 10° - 14°만 주어도 동일한 선회종거를 얻을 수 있었다. 그러나, 대각도 타각에서는 선수 스텔러스터는 타효에 의해 그 효능이 상쇄되고 있음을 알 수 있다. 따라서 좁은 수역에서의 소각도 선회시는 선미타만을 이용한 선회시보다 선수 스텔러스터를 동시에 사용한 선회가 보다 효율적임을 알 수 있었다.

## 결론

선수 스텔러스터가 선회성능에 미치는 영향을 알아보기 위하여 제주대학교 실습선 아라호 (G/T 990ton)를 이용하여 2004년 5월 20일과 21일, 우리나라 남해안 여서도 근해에서 실선실험을 실시하였다. 선미타와 선수 스텔러스터를 이용하여 선회성능을 시험한 결과는, 선미타만을 이용한 선회성능은 기관회전수 550rpm, 선속 10.0knot로 항진중 타각을 각각 10°, 20°, 30°로 하였을 때 시험선의 선회종거 및 선회경은 좌현선회시가 우현선회시보다 선회종거는 각각 92.6m, 37.0m, 40.7m 짧았으며, 선회경 또한 좌현선회시가 우현선회시보다 각각 53.4m, 31.1m, 10.4m 짧게 나타났다. 그리고 선미타와 선수 스텔러스터를 동시에 사용하였을 때의 선회성능을 시험하기 위하여 추력을 50%(84kW)로 하였을 때, 선회종거는 좌현선회시가 우현선회시보다 각각 16.6m, 18.5m, 7.4m 짧았으며, 선회경은 타각 10°, 20°인 경우에 각각 4.4m, 17.8m 짧았으나, 30°인 경우는 좌·우현선회시 모두 동일한 경향을 보였으며, 추력을 90%(146kW)로 하였을 때 선회종거는 좌현선회시가 우현선회보다

40.8m, 18.5m, 5.5m 짧았으며, 선회경은 좌현선회시가 각각 8.9m, 4.9m, 3.7m 짧아서 선미타만을 사용한 선회시와 마찬가지로 좌현선회시가 우현선회시보다 선회성능이 양호하게 나타났다. 선미타와 선수 스러스터를 동시에 사용한 선회성능은 스러스터의 출력에 의한 선회효과보다 조타각의 증가에 따른 선회효과가 선회경의 크기에 더 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었으며, 선수 스러스터가 선회성능에 미치는 영향은 타각의 5° - 10° 정도로서, 타각이 대각도가 될수록 선수 스러스터의 영향은 타효에 의해 점차 상쇄됨을 알 수 있었다. 또한, 선수 스러스터가 선박의 선회성능에 미치는 영향은 전속 대각도 선회시 보다 저속 소각도 선회시가, 그리고 선회각이 180° 이상되는 정상선회시 보다 초기선회시 전체의 회두에 미치는 영향이 더 크게 나타났다. 따라서 조선해역이 한정된 협수로나 항내에서의 피항조선 및 입출항 조선시는 선미타만을 이용한 선회보다 선미타와 스러스터를 동시에 사용하여 조선하는 것이 보다 효율적인 조선 방법임을 알 수 있었다.

### 참고문헌

Ahn, Y.H., J.G. Kim, H.K. Jeong, K.S. Lee and B.S. Park, 1998. Seamanship - Chapter of ship manoeuvring - . Uuilbook Co., 19 - 20.  
 Bae, S.J., K.R. Rhee, M.S. Seoh, 1993, A study on the marine accident of fishing boat and its preventive plan. Bulletin of Gunsan national fisheries junior

college, 28(1), 165 - 174.  
 Fujino, M., 1977. On the effectiveness of side thrusters. Journal of SNAK, 14(2), 11 - 25.  
 Fujishige, Y., K. Yokoi, K. Kawabata and T. Sasaki, 1997. Tests on side thruster of Wakashiomaru IV. NAVIGATION, 132, 51 - 58.  
 IMO, 1993. Interim standards for ship manoeuvrability. Resolution A.751(18).  
 Jeong, G.H, J.Y. Ahn and Y.H. Ahn, 1987. The maneuverabilites of the M.S. Cheju401, side trawler. Cheju National University Journal, 25, 45 - 50.  
 Kang, C.G., 1993. IMO' s ship manoeuvrability standards. Bulletin of the Society of Naval Architects of Korea, 30(2), 79 - 85.  
 Lee, D.S., 1996. Measurement of ship' s maneuverabilities using integrated navigation system and GPS. Journal of Korean Navigation and Port Research, 20(1), 11 - 26.  
 Park, M.H., 2001. A study on the maneuverabilities of the training ship M.S A - RA. Cheju University, Korea, 1 - 9.  
 Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1971. Principle of naval architecture. Lim, S.J., Daehan Printing & Publishing Co., 759 - 765.  
 Sohn, K.H. and Y.M. Kim, 2001. The effects of rudder size on characteristics of fluid flow around ship' s stern in manoeuvring motion. Research Institute of Marine Science and Technology, 25(1), 110 - 117.  
 Yoon, J.D., 1997. Ship manoeuvrability and experiment(Maneuver). Saejong Publishing Co., 31 - 32.

2006년 4월 5일 접수

2006년 5월 10일 수리