

선형개조 선망선의 조종성능

홍진근 · 강일권¹ · 정성재^{2*}

FNC Global, ¹부경대학교, ²국립수산과학원 시스템공학과

Maneuvering character of hull form renovated tuna purse seiner

Jin-Keun HONG, Il-Kwon KANG¹ and Seong-Jae JEONG^{2*}

FNC Global Co., Ltd., Wonyang Plaza 603, Amnam-Dong, Seo-Gu, Busan 602-833, Korea

¹Division of Marine Production System Management, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

²Fisheries System Engineering, National Fisheries R&D Institute, Busan 619-705, Korea

In an attempt to improve the maneuvering character of hull form renovated tuna purse seiner. A renovation was carried out on the 3 tuna purse seiner fishing vessel. To grasp the progress of maneuvering and resistance on ship B (730 ton class), new bulbous bow was only attached. The ship A (740 ton class) and C (600 ton class) were modified for new bulbous bow, enlarged slipway and rudder. And then the zigzag and the turning test were carried out. According to the turning test, the advance and the tactical diameter were improved very much for the modified ship. The sea trial was carried out for the original and modified ship A. It is showed that the results of sea trial corresponded with that of the tank test on the whole. In the result of the zigzag test on ship B, the turning ability was improved very much, but the yaw checking ability was deteriorated in just some degree. In the result of the zigzag test on ship C, the turning ability and yaw checking ability were remarkably improved. Ship C was greatly improved among the three ships for the maneuvering character of modified hull form.

Keywords : Ship Maneuverability, Tuna purse seiner, Zigzag test, Turning ability, Yaw checking ability

서론

다랑어 선망어업은 조업 중 조류에 의해 어구의 형상이 크게 바뀌는 경향이 있고, 또한 바람에 의해 선박과 그물과의 상대적인 위치가 달라지므로 조업 시간 경과에 따른 이들의 변화가 어획 성능에 큰 영향을 끼친다 (Kim et al., 2002).

다랑어 선망 어선의 투·양망 시에 작용하는 외력의 변화가 선체의 자세에 미치는 영향을 살펴보면, 우선

투망 시에는 투망이 시작됨과 동시에 선미에 적재되어 있는 스키프 (skiff boat)와 그물 중량의 경감으로 인해 선수트림이 증가하고, 선미트림이 감소하게 된다. 따라서 투망 후 일시적으로 선박의 조선이 원활하지 못한 상태가 발생한다. 즉, 선수트림이 일정한 각속도를 가지고 선회해야 하는 선박의 yawing으로 인하여 선회성이 저하되는 현상이 나타난다. 이와 함께 그물이 선미에서 휩쓸려 나가면서 그물이 선미를 잡아끌어 당기는

*Corresponding author: bimbess@hanmail.net, Tel.: +82-51-720-2591, Fax.: +82-51-720-2586

장력이 작용하고, 선수는 트림이 증가되는 상태이므로 원활한 투망 조선에 방해를 받게 된다. 투망 시에는 빠른 속력으로 이동하는 대상 어군을 신속히 그물에 가두어야 하기 때문에 전속으로 선회를 하게 되는데, 이때 발생하는 선미 와류로 인하여 파망사고가 일어나기도 한다.

양망 시에는 파워블록이 현측으로 그물을 끌어올리므로 그물에 의한 강한 장력이 발생하여 선박의 횡경사로 이어진다. 양망 시 그물의 중량에 어획물 무게가 더해져 발생하는 하중은 선체의 복원성에 미치는 영향이 크다. 때로는 조류의 영향으로 양망 현측의 반대쪽으로 그물이 휩쓸려 들어가는 현상이 발생하여 이것이 선박의 횡경사를 더욱 가중시키기도 한다. 따라서 다랑어 선망선은 투망 시에는 충분한 선속을 유지해야 하고, yawing의 발생이 적어야 하며, 선미 후류의 원활한 흐름이 이루어져야 조업 성능을 향상 시킬 수 있을 것이다. 또한, 선박의 안전이라는 측면에서는 양망 시 그물과 어획물의 하중을 충분히 감당할 수 있는 복원성을 갖추어야 된다. 이런 의미에서 현재 운항 중인 다랑어 선망선의 속력, 조종성 등을 고찰하여 그것의 적정 여부를 파악하고, 발전적으로 개선하고자 하는 노력은 우리나라의 선망어업을 위해 매우 중요한 것이라고 판단된다 (Hong et al., 2010).

이와 같은 이유로 본 연구에서는 원양 선망선을 대상으로 이루어진 선체 개조작업과 선체 개조로 인하여 나타나는 조종성능의 변화를 실선의 조종성능 시험을 통해 살펴보고자 한다. 실선의 조종성능 시험에서 나타난 결과를 각 선형의 특징에 따라 비교하여 개선의 정도를 규명하여 정량적인 지표로 나타내고자 하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 선박은 D사에서 운용하고 있는 700 톤급의 다랑어 선망선 Oriental Kim, Cosmos Kim 호와 600 톤급 Deolinda호 3 척이다 (이하 차례로 A선, B선 그리고 C선이라고 한다). 이들 선박들은 모두 미국에서 도입한 노후선으로 운용해 오는 동안 조업 특성에 부족한 선형상의 문제점들이 발견되어 선체의 중량을 연장하는 등의 보완 개조 작업을 통하여 지금까지 사용해 오고 있다.

이들 선박의 선형적인 특성은 선교 앞쪽 상갑판의 폭이 선미 쪽의 폭보다 매우 적은 형상이며, 이로 인하여

조타 시 지시타각에 비하여 선체의 초기 선회력이 지나치게 커지는 문제점을 가지고 있다. 또한 투망 시 skiff boat와 그물이 투하되고 나면, 무게 중심의 급격한 선수 편향으로 인하여 순간적으로 2 m 이상의 선수트림이 발생하게 되는데, 이때 상대적으로 선미트림이 감소되면서 조종성능에 지장을 초래하게 되어 조타가 원활하게 이루어지지 않는 경우가 발생한다 (Hong, 2012).

대상선의 문제점과 선형개조

대상선박을 분석한 결과 A선의 경우, 신조 이후에 선체의 중량을 연장한 선박으로 문제점으로는 조업 시 지나치게 선수트림이 발생하여 어획물을 만창으로 적재하는 것에 애로가 있을 뿐만 아니라, 선미후류로 인한 파망사고가 잦았다. B선도 선체를 연장한 선박으로 문제점으로는 A선과 마찬가지로 선수트림이 발생하지만, 후류로 인한 파망사고는 빈번하지 않았다. C선은 선체를 연장하지 않은 선박으로서 선체의 중량중심 (L.C.G)이 A선, B선 (A선: 선미쪽 (-)으로 -4.368 m, B선: -4.542 m)과는 달리 길이가 짧음에도 불구하고 지나치게 선미 쪽 (-4.625 m)으로 치우쳐 있다는 문제가 있다. 또한 C선은 수선면 형상이 선체 중심 (Midship)을 기준으로 선수 쪽 면적이 지나치게 작아 예비부력이 충분하지 않기 때문에 선수트림이 쉽게 발생한다. 따라서 어획물을 만창으로 적재하는 수준까지 조업을 지속하는 것이 불가능하므로 조업성능에 문제가 발생할 뿐만 아니라 선미후류로 인한 파망사고가 잦았다. 이러한 이유로 인하여 3 척의 선박에 대해 선형개선 작업을 하게 되었다. 개선 작업 항목과 상세한 시험 종류를 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Remodeling and test items of target ship for model test and sea trial

Test	Ship name	A		B		C	
	Condition	man	res	man	res	man	res
Model test	Original	○	○				
	Modified	Bulb	○	○			
		Stern	○	○			
		Rudder	○	○			
Sea trial	Original	○	○	○	○	○	○
	Modified	Bulb	○	○	○	○	○
		Stern	○	○		○	○
		Rudder	○	○		○	○

*Remark; man: maneuvering test, res: resistance test

A선에 대해서는 선수 bulb의 부착, 선미연장, 그리고 타의 면적을 증대시켜 선형을 개조하고, 개조 전·후 모형선을 제작하여 수조실험을 수행하였다. 또한, A선은 개조 전·후의 실선에 대하여 해상 시험을 시행하였으며, B선에 대해서는 선수 bulb만 개조하여, 개조 전·후의 선형에 대해 실선 시험만 시행하고, C선에 대해서는 선수 bulb의 부착과 선미연장을 하고, 또한 타면적을 증대하여, 개조 전·후의 실선에 대하여 해상시험을 시행하였다. 따라서 A선은 수조시험과 실선시험을 통해 매우 정밀한 시험이 이루어졌으나, B선과 C선은 A선과 유사선이며 그 시험 결과를 참고할 수 있으므로 본 연구에서는 시험을 실선으로 한정하였다.

Table 2는 대상선의 개조 전·후의 실선에 대한 선체 주요 요목을 나타낸 것이다.

Table 2. Principal dimensions of target ships

Description	A ship		B ship		C ship	
	original	modified	original	modified	original	modified
L.O.A (m)	75.59	76.77	75.10	75.10	68.28	69.46
L.B.P (m)	68.82	68.82	69.49	69.49	60.44	61.63
Breadth (m)	12.8	12.8	12.5	12.5	12.8	12.8
Depth (m)	8.14	8.14	8.23	8.23	8.06	8.06
Draft (m)	5.66	5.61	4.93	4.88	5.66	5.60
Gross tonnage	739	745	734	733	606	606
Main Engine (HP)	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600
Lengthening	○		○		×	

Table 3. IMO Maneuvering criteria

Test item	IMO criteria		
Condition	Deep water, Calm sea, Full load (even keel), Test speed		
Turning ability	Advance $< 4.5 L$, Tactical diameter $< 5 L$		
Initial turning ability	$< 2.5 L$		
Yaw checking & Course keeping ability	Test	1st over shoot angle	2nd over shoot angle
	10 °/10 ° zigzag test	$L/ V \leq 10 \text{ (sec)}$	$L/ V \leq 10 \text{ (sec)}$
		$\psi_1 \leq 10^\circ$	$\psi_1 \leq 25^\circ$
		$10 \text{ (sec)} \leq L/ V \leq 30 \text{ (sec)}$	$10 \text{ (sec)} \leq L/ V \leq 30 \text{ (sec)}$
		$\psi_1 \leq (5 + 0.5 L/ V)^\circ$	$\psi_1 \leq (17.5 + 0.75 L/ V)^\circ$
		$L/ V \geq 30 \text{ (sec)}$	$L/ V \geq 30 \text{ (sec)}$
		$\psi_1 \leq 20^\circ$	$\psi_1 \leq 40^\circ$
	20 °/20 ° zigzag test	$\psi_1 \leq 25^\circ$	-

A선과 C선은 A.P로부터 3 프레임 후방에 위치한 선미의 슬립웨이 (slipway)를 2 프레임 연장함에 따라 전장이 각각 1.18 m씩 증가했다. 수선간장은 A선과 B선은 변경이 없으며, C선은 1.19 m 증대되었다. A선과 B선은 선수의 수선면 하부에 신규로 설치된 구상선수가 수선간장 측정범위를 벗어나 있기 때문에 수선간장이 증가되지는 않았다. 그러나 A선은 신규 구상선수의 설치와 선미 연장으로 총톤수가 6 ton 증가하였다. B선의 경우에는 트윈데크 (tween deck)의 일부 개조로 인하여 총톤수가 감소하였고, C선의 경우에는 전장 및 수선간장의 변화에도 불구하고 구상선수의 설치로 인한 흘수 감소로 인하여 배수량 계산으로 도출된 개조 전·후의 총톤수에는 변화가 없었다.

IMO 선박조종성 기준

해양사고의 방지를 위해 선박의 조종성능을 향상시키고, 기준 미달선의 건조를 억제할 목적으로 IMO (International Maritime Organization, 국제해사기구)에서는 선박 조종성 기준을 만들어 시행해 오고 있다. 여기서 기준으로 정하고 있는 항목은 선회성능, 초기선회성능, 변침 및 보침성능, 그리고 정지 성능이다.

Table. 3은 IMO 조종성 기준을 나타낸 것이다 (IMO 2002a; IMO 2002b).

결과 및 고찰

본 연구의 대상선인 원양 다랑어 선망선 3 척에 대하여 선박에 따라 새로운 선수 bulb의 신설, 선미부의 연장, 그리고 타 면적을 증대시켜, 기존선과 개조선의 실선시험을 수행한 결과는 다음과 같다. 특히 A선에 대해서는 저항성능 및 조종성능의 추정을 위하여 수조시험을 수행하였으며 (Jeong et al., 2008; Hong et al., 2011) 실선시험의 기초자료로 사용되었다.

A선의 실선시험

수조 시험을 통해 얻어진 A선의 구상형선수, 선미 연장, 그리고 타 면적 증대에 따른 저항의 감소와 조종성능의 향상의 정도를 실선 시험을 통해 확인하였다. 기존선의 실선 시험은 2009년 8월 24일 A선이 한국에 회항하여 상가 수리를 마치고 모항으로 회항할 때에 수행하였으며, 개조선은 개조 후 어장으로 향하기 직전에 수행하였다. 실선시험을 수행한 날은 평온한 날이었으며, 충분한 수심이 되는 해면에서 수행하였다. 이때 선속은 13.0 kt로 하였다. 선체 개조 전·후 실선의 선수부분에 대한 정면도 (body plan)를 Fig. 1에 나타내었고,

연장된 선미부분은 C선의 실선시험 결과를 설명한 Fig. 6에 나타내었다.

조종성 시험

Table 4는 A선의 실선에서 수행된 10° 및 20°지그재그 시험의 overshoot angle을 나타낸 것이다.

Table 4. Overshoot angle by zigzag test of ship A.

State	Test angle	1st overshoot angle	2nd overshoot angle
Original	10°	9.9°	11.5°
Modified		8.9°	12.3°
Original	20°	18.2°	21.3°
Modified		17.4°	19.4°

10°지그재그시험의 1st overshoot angle이 기존선과 개조선은 각각 9.9°, 8.9°를 나타내어 개조선이 11.2%의 향상 효과를 나타내었으나, 2nd overshoot angle에서는 각각 11.5°와 12.3°를 나타내어 오히려 7.0% 저하되었다.

20°지그재그시험의 1st overshoot angle은 기존선과 개조선에서 각각 18.2°, 17.4°를 나타내어 개조선이 4.4%의 향상 효과를, 2nd overshoot angle에서는 각각

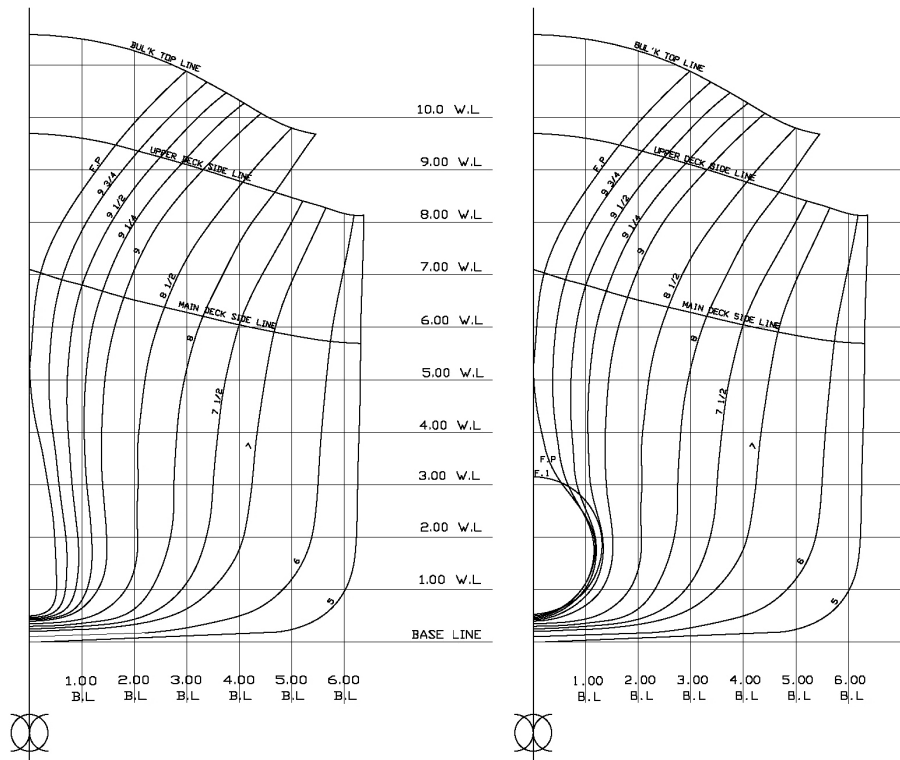


Fig. 1. Body plan of original (left) and modified hull (right) for ship A.

21.3°와 19.4°를 나타내어 개조선이 9.8%의 향상 효과를 나타내었다. 선회성과 추종성을 파악하기 위해 선회성지수 K와 추종성지수 T를 무차원화하여 K'와 T'로 나타내었다.

10°지그재그시험 결과, 기존선의 선회성 지수 K'와 추종성 지수 T'는 각각 1.94와 2.87이며, 개조선의 경우는 각각 2.32와 2.94로써 선회성은 19.5% 향상되었고, 추종성은 2.4% 저하되었다. 또한 20°지그재그시험 결과, 기존선의 선회성 지수 K'와 추종성 지수 T'는 각각 2.03과 2.75이며, 개조선의 경우는 각각 2.30과 2.86%으로 선회성은 13.3% 향상되었고, 추종성은 3.6% 저하되었다. 따라서 기존선에 비해 개조선의 경우 선회성은 크게 향상되었으나, 추종성은 약간 저하되었음을 알 수 있다. 일반적으로 선회성과 추종성은 서로 상반되는 성질을 가지고 있으므로, 양자를 함께 향상시키는 것은 어려운 일이며, 여기서도 그러한 현상을 나타낸 것으로 판단된다.

선회시험

Fig. 2는 A선의 실선 선회시험을 나타낸 것으로, 이때의 선속은 모두 13.0 kt로 하였다. A선의 실선 선회시험을 수행한 결과, 기존선의 종거는 타각 20°에서 3.1L로 나타났으며, 선회경은 3.4L로 나타났다. 한편, 개조선에서 종거는 2.4L로 나타났으며, 선회경은 2.6L로 나타났다. 따라서 개조선의 종거는 29.2%, 선회경은 30.8% 감소하였다.

그리고 기존선과 개조선 모두 IMO 조종성 기준을 만족하고 있다.

B선의 실선시험

B선에 대해서는 선수 bulb만 개선이 이루어졌으며, 개선 전·후의 시험은 실선 시험으로 조종성시험과 선회성시험이 수행되었다. Fig. 3은 B선의 선수 선형 개선 전·후의 정면도이며, 이 그림에 나타난 것과 같이 기존선은 구상형선수가 아니고 경사형선수 (clipper stem)였다. 구상선수의 크기는 A선과 동일하게 직경 3 m, 길이 3.6 m로 설치되었다.

선형 개조 후의 B선의 선수흘수는 4.75 m에서 4.66 m로 9 cm 감소하였고, 선미흘수는 5.11 m에서 5.09 m로 2 cm 감소하여 선수가 상대적으로 7 cm 부상하였다.

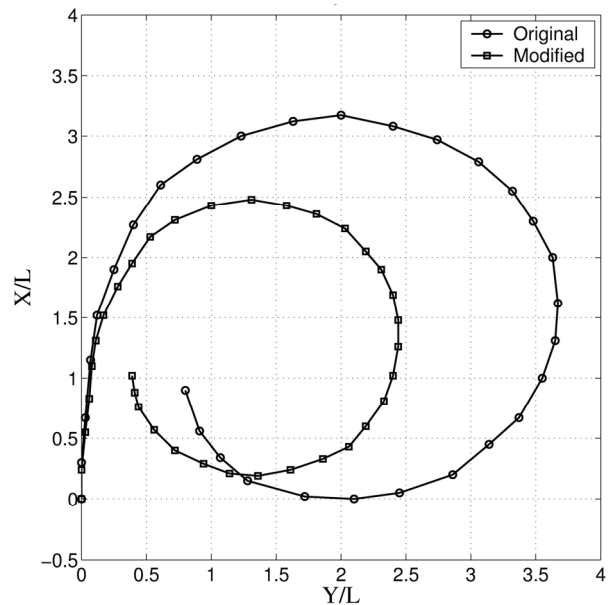


Fig. 2. 20° turning test of ship A at sea trial.

조종성 시험

B선의 실선 시험은 가능한 평온한 날씨와 조류가 빠르지 않은 날을 선택하여, 충분한 수심의 해면에서 수행하였다. 기존선에 대한 시험은 2009년 6월 26일에 실시되었고, 개조선의 시험은 2009년 8월 5일 이루어졌다. 선속은 모두 12.8 kt로 하였다.

Table 5는 실선에서 수행된 B선의 10° 및 20° 지그재그시험의 overshoot angle의 결과를 나타낸 것이다.

Table 5. Overshoot angle by zigzag test of ship B

State	Test angle	1st overshoot angle	2nd overshoot angle
Original	10°	8.2°	12.3°
Modified		6.2°	10.8°
Original	20°	17.3°	-
Modified		14.3°	-

10° 지그재그시험의 1st overshoot angle은 기존선과 개조선은 각각 8.2°, 6.2°를 나타내어 24%의 향상 효과를, 2nd overshoot angle은 각각 12.3°와 10.8°를 나타내어 12%의 향상 효과를 나타내었다.

20° 지그재그시험의 1st overshoot angle은 기존선과 개조선에서 각각 17.3°, 14.3°를 나타내어 17%의 향상 효과를 나타내었다.

B선에 해당되는 IMO 규정상의 overshoot angle은

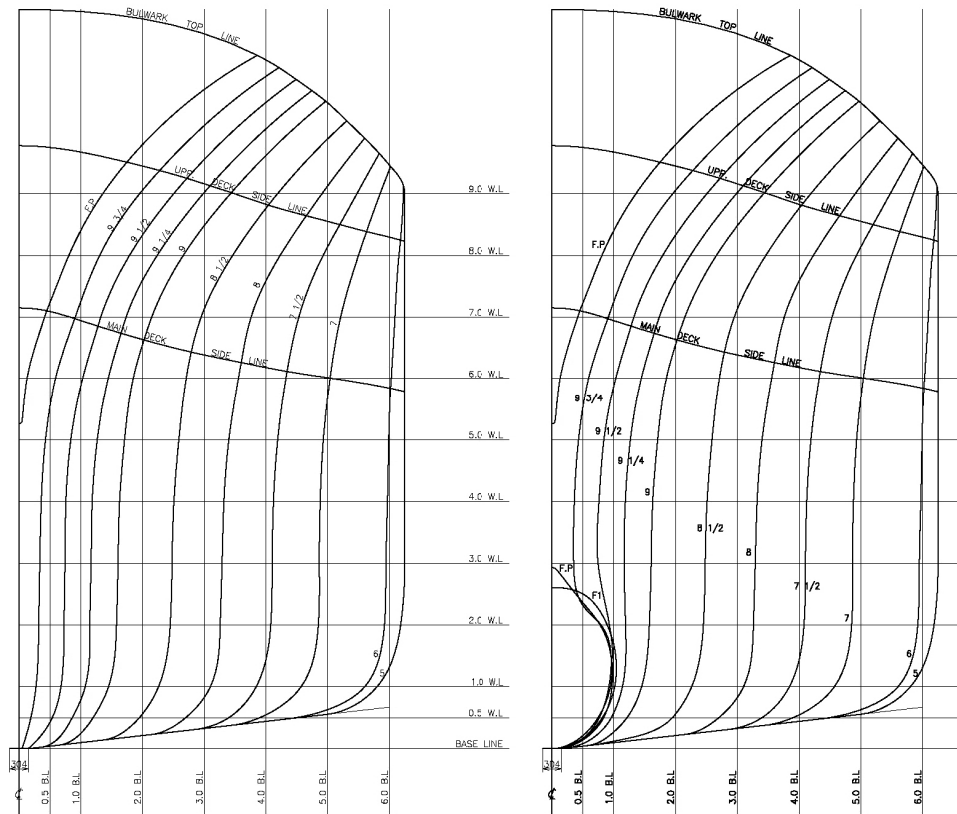


Fig. 3. Body plan of original (left) and modified (right) ship B.

10° 지그재그시험의 1st overshoot angle은 10° 미만, 2nd overshoot angle은 25° 미만이고, 20° 지그재그시험의 1st overshoot angle은 25°미만이므로, B선은 선형 개선 전에 이미 이 규정을 만족하고 있으나, 선형 개선에 따라 초기 침로 안정성이 향상되어 충분한 여유치를 확보하게 되었다.

10° 지그재그시험 결과, 무차원화된 기준선의 선회성 지수 K'와 추종성 지수 T'는 각각 2.12와 2.08이며, 개조선의 경우는 각각 2.76과 2.26으로써 선회성은 30% 향상되었으나, 추종성은 8.7% 저하되었다. 또한 20° 지그재그시험 결과, 기준선의 선회성 지수 K'와 추종성 지수 T'는 각각 1.84와 1.43이며, 개조선의 경우는 각각 2.13과 1.50로서 선회성은 15.7% 향상되었고, 추종성은 4.9% 저하되었다. 따라서 기준선에 비해 개조선의 경우 선회성은 크게 개선되었으나, 추종성은 오히려 소폭 저하되었다는 것을 알 수 있다. 그러나 선회성과 추종성의 성질은 어느 한쪽이 개선되면 다른 쪽은 나빠지는

특성을 가지고 있으므로, 동시에 향상되는 것은 드물며, B선의 경우에는 전체적으로 보아 조종성이 향상되었다고 볼 수 있다.

선회시험

Table 6과 Fig. 4는 실선으로 수행한 B선의 선회시험 결과를 우선회와 좌선회로 구분하여 나타낸 것이다. 이때의 타각은 35°, 선속은 12.8 kt로 하였다.

선회시험을 수행한 결과, 기준선과 개조선의 종거는 우현 선회시 각각 2.8L과 2.7L로 나타났으며, 좌현 선회 시에는 각각 2.7L과 2.4L로 나타나 각각 6%, 11% 감소한 것으로 나타났다.

기준선과 개조선의 선회경은 우현 선회시 각각 3.3L과 2.8L로 나타났으며, 좌현 선회 시에는 각각 3.5L과 3.1L로 나타나 각각 15%, 12% 감소한 것으로 나타났다.

따라서 선형 변경에 따라 B선은 종거와 선회경이 평균적으로 각각 8%, 13% 감소하여 조종성이 크게 향상

된 것으로 판단된다. 또한 개조 전·후 모두 종거와 선회 경은 IMO 조종성 기준을 충분히 만족하고 있음을 알 수 있다.

Table 6. Comparison of results by turning test for ship B

State	Direction	Advance	Tactical diameter
Original	Stb'd	2.8L	3.3L
Modified		2.7L	2.8L
Original	Port	2.7L	3.5L
Modified		2.4L	3.1L

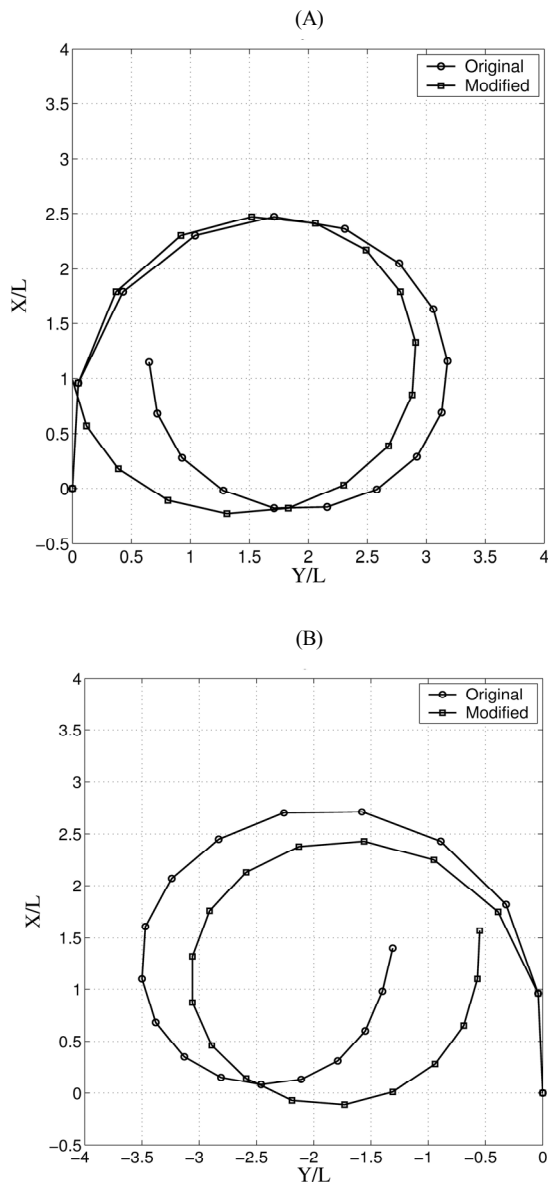


Fig. 4. Results of turning test for ship B at sea trial (A: Stb'd, B: Port).

C선의 실선시험

C선은 bulb의 개선과 선미 연장, 그리고 타면적의 증대가 이루어졌으며, 개선 전·후의 시험은 실선 시험으로 조종성시험과 선회성시험이 수행되었다. 타의 면적이 크면 클수록 타효가 크지만, 타로 인한 저항의 증가, 전타로 인한 전진력 체감률, 관리상의 문제 등도 고려해야 하므로 무조건 타를 크게 할 수는 없다 (Yun, 2002).

Fig. 5는 C선의 선수 선형 개선 전·후의 정면도이며, 이 그림에 나타난 것과 같이 기존선은 구상형 선수가 아니고 경사형 선수 (clipper stem)로 취급될 수 있는 소형의 구상선수가 설치되어 있었다.

A선과 C선의 타면적은 당초 7.2 m²에서 8.2 m²로 키웠다. 증대된 타의 면적은 실선기준으로 1.1 m²이며, 이것으로 인해 타에 미치는 직압력은 A선의 경우 11.6 톤으로, 기존선의 타가 가지는 직압력 10.1 톤에 비하여 15.3% 증가되었다. 이것은 조종성능 향상에 크게 기여한 것으로 판단되고 이로 인하여 C선의 타면적비는 기존선의 1/48에서 1/42로 변경되었다.

Fig. 6은 C선의 선미 연장 부위를 나타낸 것이다. 개조된 C선은 A.P로부터 후방 선미의 -3~5번 frame까지 2 frame (1.2 m)이 연장되었으며, 선형개조 후의 C선의 선수흘수는 4.96 m에서 4.88 m로 0.08 m 감소하였고, 선미흘수는 6.35 m에서 6.31 m로 0.04 m 감소하였다.

조종성 시험

C선의 실선 시험은 기존선과 개조선 모두 평온한 날씨를 선택하여 (2009년 7월 10일과 2009년 9월 13일)에서 수행하였으며, 선속은 14.0 kt로 하였다. 당시 수심은 123 m, 선수미 흘수는 기존선은 각각 4.96 m, 6.35 m이며, 개조선은 각각 4.88 m, 6.31 m였다.

Table 7은 실선에서 수행된 10° 및 20° 지그재그시험의 overshoot angle을 나타낸 것이다.

10°지그재그시험에서 1st overshoot angle은 기존선과 개조선에서 각각 12.1°, 10.3°를 나타내어 15% 감소하였으며, 2nd overshoot angle에서는 각각 21.5°와 19.1°를 나타내어 12%의 향상 효과를 나타내었다.

20°지그재그시험에서 1st overshoot angle은 기존선과 개조선 각각 22.4°, 19.3°를 나타내어 14%의 감소를 나타내었다.

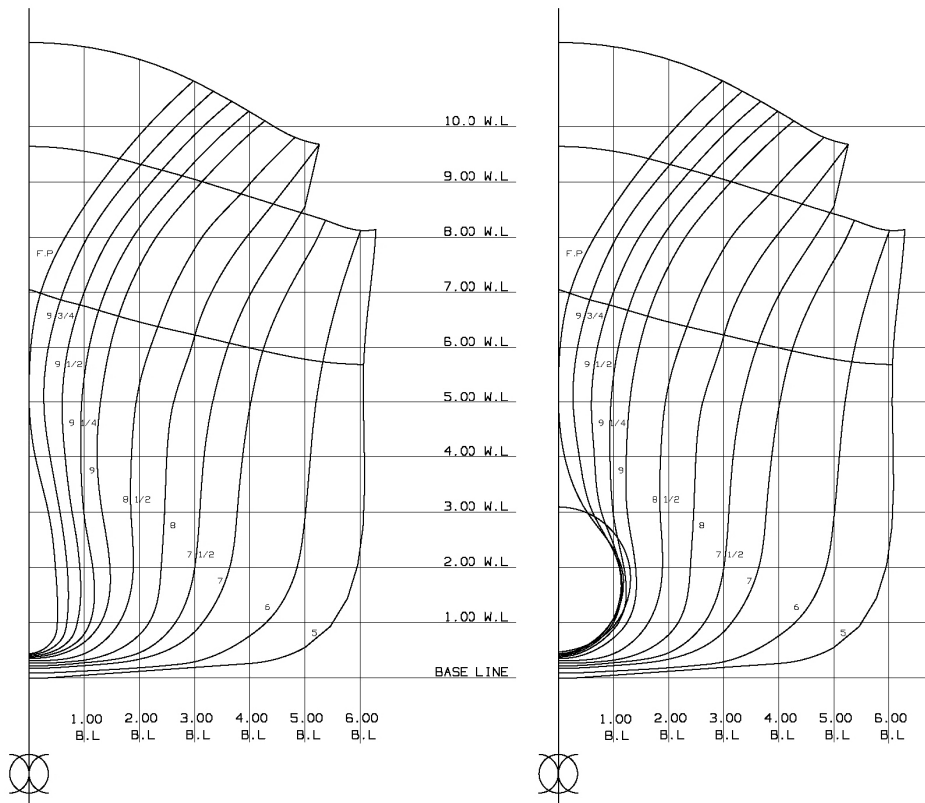


Fig. 5. Body plan of original (left) and modified (right) of ship C.

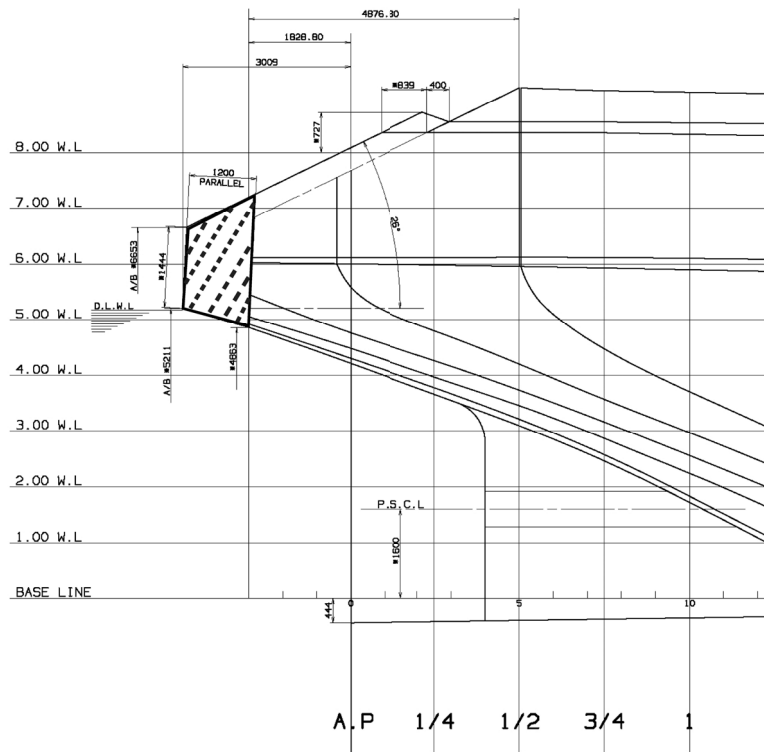


Fig. 6. Extended stern of ship C.

Table 7. Results of zigzag test for ship C.

State	Test angle	1st overshoot angle	2nd overshoot angle
Original	10°	12.1°	21.5°
Modified		10.3°	19.1°
Original	20°	22.4°	-
Modified		19.3°	-

C선에 해당되는 IMO 규정상의 overshoot angle은 B선과 마찬가지로 C선은 이 규정을 만족하고 있다. 그러나 기존선의 경우에는 10°지그재그시험의 2nd overshoot angle은 21.5°이고, 20°지그재그시험의 1st overshoot angle은 22.4°로서 이 규정의 하한에 거의 접근하고 있으므로, 여유가 별로 없는 수치이다. 따라서 선형 개선에 의한 C선의 침로안정성 향상 효과는 매우 크다고 할 수 있다.

10°지그재그시험 결과, 무차원화된 기존선의 선회성 지수, K'와 추종성 지수 T'는 각각 2.13과 3.70이며, 개조선의 경우는 각각 2.40과 3.36으로써 선회성은 11.3% 향상되었고, 추종성은 10.1% 향상되었다.

20°지그재그시험 결과, 기존선의 선회성 지수, K'와 추종성 지수 T'는 각각 2.12와 3.18이며, 개조선의 경우는 각각 2.31과 2.81로써 선회성은 10.1% 향상되었고, 추종성은 13.2% 개선되었다.

지그재그 시험에서 C선은 기존선에 비해 선회성과 추종성 모두 향상된 결과로 보였는데, 이것은 통상적으로 선회성과 추종성이 서로 상반되는 성질을 갖고 있다는 견해와는 다른 결과이다.

선회성 시험

Table 8과 Fig. 7은 실선으로 수행한 C선의 선회시험 결과를 나타낸 것이다. 선회성 시험은 지그재그시험과 같은 날 우회전에 한하여 수행하였으며, 이때 타각은 35°로 하였고, 선속은 14.0 kt였다.

선회시험을 수행한 결과, 기존선과 개조선의 종거는 각각 4.2L과 3.1L로 나타나, 27% 감소 효과를 나타내었고, 선회경은 각각 4.7L과 3.4L로 나타나 28% 감소 효과를 나타내었다.

기존선의 경우에는 종거와 선회경 모두 IMO 규정을 만족하긴 하지만, 이 값의 하한에 거의 접근하고 있어 침로 안정성이 매우 부족하다고 볼 수 있다. 그러나 선

형 개선에 의해 그 값을 대폭 감소시켜 침로 안정성을 크게 향상시켰다고 할 수 있다.

C선의 타면적 확대는 타의 직압력을 12.5% 증대시켰으며, 이것이 조종성 향상에 큰 영향을 미친 것으로 판단된다.

Table 8. Results of turning test for ship C.

State	Test angle	Advance	Tactical diameter
Original	35°	4.2L	4.7L
Modified		3.1L	3.4L

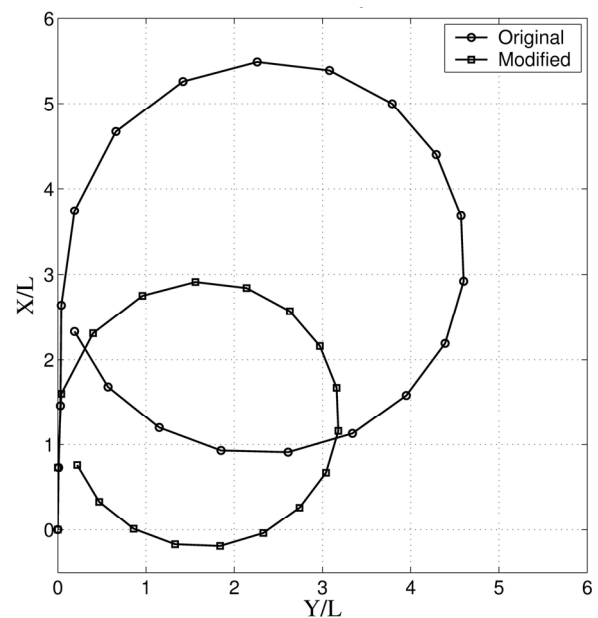


Fig. 7. 35° turning test result of ship C at sea trial.

결론

본 연구는 현재 조업 중인 우리나라의 다량어 선망선 3 척을 대상으로 새로운 구상선수의 설치, 선미의 연장, 그리고 타면적의 증대를 통한 선형 개선이 조종성능의 향상에 어느 정도의 영향을 끼치는지 모형시험과 실선 시험을 통하여 정량적으로 고찰하여 조사하였다.

A선은 새로운 구상선수 설치와 선미 연장을 시행하였고 타 면적을 1.1 m² 증대시킨 선박으로 수조 실험과 실선 실험을 모두 수행하였다. B선은 선형상의 문제점이 크지 않아 선형 개선은 구상선수를 설치하였고, 실선에 대해서만 시험을 수행하였다. C선의 선형 개선은 구상선수 설치, 선미 연장과 타 면적을 A선과 마찬가지로

로 15.7% 증대시켰으며 시험은 실선에 한정하였다.

구상선수의 설치는 모든 대상선에 적용되었으며 선수파로 인한 조파저항과 쇄파저항을 감소시켜 선박의 항해선속 증대뿐만 아니라 조종성능 향상에도 기여하는 것으로 나타났다. 조파저항의 감소에 따라 개선 전 후 각 선박의 선속은 항해속도 기준으로 동일한 RPM에서 0.4~0.6 kt 증가되는 결과를 얻었다. 또한 모든 대상선의 1st overshoot angle이 최소 약 8%에서 최대 21%까지 감소되어 초기 선회성이 향상되었으며, 무차원화된 선회성 지수로 계산된 선회성도 각 선형별로 최소 약 10%에서 최대 23%까지 향상되는 결과를 보였다. 초기 선회성의 향상으로 인한 조종성능의 개선에도 불구하고 추종성은 모든 선박에서 소폭 저하되었고, 이것은 구상선수 설치에 따른 것으로 판단된다.

선미의 연장은 A선과 C선에 대하여 선미후류를 개선하여 파망사고를 예방하고 타의 효과를 증가시키기 위하여 수행되었다. 이를 통해 조종성능의 개선뿐만 아니라 실선조업에 있어서 사고예방을 달성할 수 있다. 선미연장에 따른 직접적인 효과는 실선시험을 통해 검증되지 않았고 추후 조업을 통해 확인할 수 있을 것으로 판단된다.

타의 면적은 조타기기가 허용하는 한계를 고려하여 기존선 대비 1.1 m²를 키워 약 15% 면적을 증대시켰으며, 타에 작용하는 직압력 상승을 통해 조종성능을 개선하는 효과를 얻을 수 있었다. 지그재그 시험을 통하여 확인 할 수 있는 바와 같이 대상선의 1st overshoot angle과 2nd overshoot angle이 향상되어 초기선회성이 개선되는 결과를 얻었다. 실선의 선회시험에서는 A선의 경우에는 수조 시험과 실선 시험이 대체로 잘 일치되는 것으로 나타났으며, 종거와 선회경이 모두 약 30% 감소하여 개선효과가 높았으며, C선의 경우는 종거와 선회경이 각각 27%와 28% 감소하였다. 특히 C선은 선형 개선과 타의 면적 증대에 따라 조종성이 크게 향상됨으로써, 기존선의 각종 조종성 수치가 IMO 규정의 하한에 근접한 문제가 개선되어 여유 있게 규정을 만족시키게 되었다. 또한 C선의 선속은 선형을 개선한 이후 선속은 0.4 kt 증가에 그쳐 저항성능 측면에서 고찰한다면 대상선 중에서 가장 낮은 개선효과를 나타내었지만, 조종성 향상이라는 면에서는 개선 효과가 가장

큰 것으로 판단된다. 그것은 개조된 C선이 비연장선으로 선체의 길이가 짧은 이유로 타 면적 비율이 다른 선박보다 상대적으로 높아 타 직압력의 증가가 조종성 지수의 향상에 더 많은 영향을 끼친 것이 그 원인으로 보여진다.

이상과 같이 대상선 모두 개조선은 기존선이 가지고 있었던 선회성능과 변침성능 등 조종성능의 문제를 크게 개선하였고, 일부 부족하였던 IMO 조종성 기준을 충분히 만족시키게 되었다.

향후 실선의 조업과 어획성능에 대한 장기간의 고찰을 통해 조업성능 개선을 위한 선형개선의 효과를 보다 면밀하게 파악하고 조업성능에 미치는 영향을 조사할 필요가 있다.

References

- Hong JK. 2012. Improvement of fishing efficiency for the tuna purse seiner by the remodeling of the hull form. Ph.D. Thesis. Pukyong National University, Korea, 11-12.
- Hong JK, Kang IK, Kim HS and Jeong SJ. 2010. Redesigning nozzle propeller of trawl vessel for improving towing speed. J Kor Soc Fish Tech 46(4), 476-486. (DOI:10.3796/KSFT.2010.46.4.476)
- Hong JK, Kang IK and Jeong SJ. 2011. Remodelling of tuna purse seiner for improving fishing performance. J Kor Soc Fish Technol 47(4), 435-442. (DOI:10.3796/KSFT.2011.47.4.435)
- IMO (International Maritime Organization). 2002a. Resolution. Standards for Ship Maneuverability. MSC 137(76), 1-6.
- IMO (International Maritime Organization). 2002b. Explanatory Notes to the Standards for Ship Maneuverability. MSC/Circ 1053, 1-21.
- Jeong SJ, Hong JK, Choi JD and Kim SH. 2008. Model test report of tuna purse seiner. ORK. Technical report, National Fisheries R&D Research Institute, 4-7.
- Kim HY, Lee CW, Cha BJ, Kim HS and Kwon BK. 2002. Dynamic simulation of a purse seiner net behavior for hydrodynamic analysis. Kor Soc Fish Tech 38(2), 172.
- Yun JD. 2002. Theory and practice of ship maneuvering. Sejong Publication Co Ltd, 33-50.

2014. 10.29 Received

2015. 1.9 Revised

2015. 2.10 Accepted