

총톤수 360톤급 어업지도선의 선형개선 및 횡요감소장치 성능에 관한 실험적 연구

이귀주* · 좌순원* · 김경화**

*조선대학교 선박해양공학과

**조선대학교 선박해양공학과

An Experimental Study on Hull Form Development and Anti-Rolling Tank Performance of G/T 360ton Class Fishery Patrol Ship

KWI JOO LEE*, SOON WON JOA* AND KYOUNG HWA KIM**

*Dept. of Naval Architecture & Ocean Engineering, CHOSUN University, Gwangju, Korea

**Dept. of Naval Architecture & Ocean Engineering, CHOSUN University, Gwangju, Korea

KEY WORDS: Fishery Patrol Ship 어업지도선, Anti-Rolling Tank 횡요감소장치, Rolling Angle 횡요각도, Rolling Period 횡요주기, Rolling Amplitude 횡요진폭

ABSTRACT: Hull form development and Anti-rolling tank of G/T 360ton class fishery patrol ship was carried out in the CWC at Chosun university, cooperatively with WJFEL(The West Japan Fluid Engineering Laboratory). Same size of 15 knots class fishery patrol ship was selected as a parent form(Model number : CU-015), and modified fore and after body hull form under the slightly lengthened to be suitable for the operation at 20 knots. This paper investigated for a rolling performance and an effective using method when fishery patrol ship was equipped with anti-rolling tank. On several occasions of rolling test was made reference to design data of a similar ship. Although the hull form was highly constrained in being limited to modification of a parent hull form, significant wave resistance improvement was made.

1. 서 론

최근 국내 연근해 어선의 선속이 점차 고속화되고 있으나 이들 선박들의 어업지도 및 불법어업을 단속하기 위한 어업지도선의 선속은 어선의 선속 증가에 못 미치고 있다. 또한 일본의 어선들은 선속 20노트 이상의 성능을 갖고 있어 만약, 이들 어선이 우리해역에서 불법조업을 할 경우 기존의 어업지도선으로 이들을 단속하기가 매우 어려운 실정이다. 이러한 실제적 수요에 부응하여 조선대학교에서는 WJFEL과 공동으로 현재 운항중인 15노트급 선형을 모선으로 20노트 항주에 적합한 새로운 선형 개발 및 횡요감소장치 성능에 관한 연구를 하게 되었다.

본 논문에서는 선형이 고속화됨으로써 가장 기본적으로 검토되어야 할 기관의 크기 증대에 따른 기관 배치에 적합한 기관실 용적확보, 고속역에서의 운동성능 향상, 쇄파(Breaking Wave)현상 및 저항성능 개선 등의 연구를 수행하기 위해 이에 적합한

새로운 선형을 설계하고 비교 모형시험을 수행하여 그 결과를 분석하였다.

또한, 본 논문에서는 어업지도선의 횡요성능에 대하여 나선상태와 ART를 설치하였을 경우의 모형시험으로부터 감요수조의 횡요성능을 확인하고 효과적인 사용방법을 조사하기 위해 수행되었다.

2. 선형설계

개선선형은 구상선수 높이를 조절하고 수선면에서의 선수형상을 날씬하게 하여 15노트 이상의 고속역에서 발생하는 쇄파를 감소시키고, 선미형상을 U-형으로 변화시킴으로써 기관실 용적을 키우는 반면, L_{CB} 를 선미쪽으로 더 이동시켜 화물의 적재를 용이하게 했으며, 선형수정에 의한 트림 및 침하량을 개선하기 위하여 wedge를 부착하였다. 선미의 C_{WP} 를 증가시키고 선수의 입사각을 감소시킴으로써 선미는 운동성능 향상, 선수는 저항의 감소측면에서 선형개선을 시도하였다.

제1저자 이귀주 연락처: 광주시 동구 서석동 375

062-230-7075 kjalee@chosyn.ac.kr

3. ART 설계

본 연구에 이용된 횡요감소장치(Anti-Rolling Tank : ART)의 설계는 조선대학교와 일본의 The West Japan Fluid Engineering Laboratory(WJFEL)가 공동으로 수행하였으며, 이 설계에 근거하여 ART의 모형을 제작한 후 WJFEL의 해양수조에서 적정 해양파를 시뮬레이션 한 상태에서 나선상태, 벨브2개를 모두 개방한 상태, 벨브 1개씩 각각 개방한 상태 등 4가지 상태에 대한 모형시험을 수행하여 그 결과를 비교 분석하였다.

4. 모형시험

4.1 모형선

총톤수 360톤급 어업지도선의 모형선(모형선번호 : CU-015/016)과 ART를 마티카 목재와 아크릴을 사용하여 축척비 1/41.0로 제작하였으며 ART는 실선의 위치와 동일하게 모형선에 설치하였다.

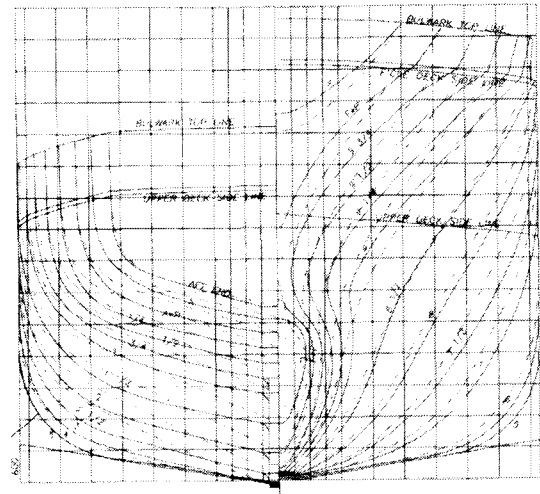
선형의 주요제원을 Table 1 및 2에 수록하였으며, 선형선도는 Fig.1에, ART의 개략도는 Fig. 2에 각각 수록하였다.

Table 1 Principal characteristics of CU-015/016 at full load condition

Particulars	Ship		Model	
	기본선형	개선선형	CU-015	CU-016
L_{BP} (m)	49.50	52.80	1.207	1.288
L_{WL} (m)	51.83	56.05	1.264	1.367
B (m)	8.3	8.3	0.202	0.202
D (m)	3.8	3.8	0.093	0.093
T (m)	3.0	3.0	0.073	0.073
S (m^2)	484.90	542.90	0.2885	0.3230
∇ (m^3)	657.02	769.33	0.0095	0.0112

Table 2 Principal characteristics of CU-015/016 at Ballast condition

Particulars	Ship		Model	
	기본선형	개선선형	CU-015	CU-016
L_{BP} (m)	49.50	52.80	1.207	1.288
L_{WL} (m)	51.80	56.35	1.263	1.374
B (m)	8.3	8.3	0.202	0.202
D (m)	3.8	3.8	0.093	0.093
T (m)	2.5	2.5	0.060	0.060
S (m^2)	415.4	472.3	0.2471	0.2810
∇ (m^3)	495.62	591.65	0.0072	0.0086



— CU-016(개선선형)
 - - - CU-015(기본선형)
Fig. 1 Comparison of body plan

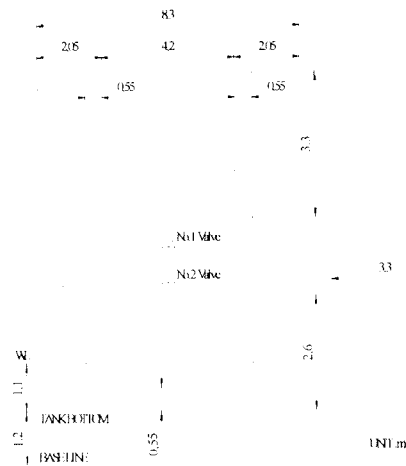


Fig. 2 Schematic diagram of ART

4.2. 나선상태 저항시험

선박은 고속역에서 선저에서 발생하는 양력으로 인하여 트림 및 침하량의 변화가 저속역보다 크게 발생하게 된다. 이로 인하여 모형시험시 고속역에서 선체자세의 변화가 실선과 동일하지 않으면 계측저항치의 신뢰도가 저하되므로 예인점(Towing point)의 위치가 매우 중요하게 된다. 이러한 영향을 최소화 하기 위하여 예인점을 두선형, 두조건 모두 LCG 및 KG로 하였다.

만재상태의 저항시험 결과를 주요 범위의 속도별로 비교해 보면 Table 3과 같다.

Table 3 Comparison of EHP(kw) at full load condition

속도 (노트)	기본선형 (B)	개선선형 (D)	(B-D)/B ×100 (%)
15	737.2	675.4	8.38
16	939.9	931.1	0.94
17	1397.6	1382.1	1.11
18	2222.1	2057.2	7.42
19	3166.9	2933.3	7.38
20	4112.4	4045.5	1.63

Table 3에서 볼 수 있는 바와 같이 개선선형이 기본선형보다 속도별로 EHP가 1 ~ 8% 정도 감소하였다.

또한, 경하상태에서의 저항시험 결과를 주요범위의 속도별로 비교해보면 다음 Table 4와 같다.

Table 4 Comparison of EHP(kw) at ballast condition

속도 (노트)	기본선형 (B)	개선선형 (D)	(B-D)/B ×100 (%)
15	606.9	516.1	14.96
16	810.6	765.1	5.61
17	1204.1	1100.9	8.57
18	1816.5	1584.5	12.77
19	2514.2	2181.9	13.22
20	3231.4	2896.1	10.38

상기 Table 4에서 볼 수 있는 바와 같이 개선선형의 유효마력이 기본선형의 유효마력보다 5~15% 정도 감소했다.

한편, 수식(1)에 의해 계산한 잉여저항계수를 만재상태는 Fig. 3-1에 경하상태는 Fig. 3-2에 각각 도시하였다.

$$C_R = C_{TM} - C_{FM} \quad (1)$$

여기서,

C_{FM} 은 ITTC-57 Line에 의한 마찰저항계수

Fig. 3-1 및 3-2에 보인 바와 같이 기본선형은 만재상태 및 경하상태 공히 속도별 잉여저항의 차이가 불규칙하게 변화 하였는데, 이는 속도변화에 따른 선수파의 불안정한 변화에 기인한 현상으로 사료된다.

Table 1 및 2에서 개선선형의 침수표면적이 증가했음에도 불구하고 EHP가 감소했음은 마찰저항에 비해 조파저항이 상대적으로 많이 감소했기 때문인 것으로 나타났다. 즉, 본 선형개선의 목적이 기존 어업지도선(선속 15노트 내외)을 고속화하는 것이므로 이때 상대적으로 조파저항이 크게 증가하게 되었으며 개선된 선수 형상이 이를 감소시키는데 기여한 것으로 평가된다.

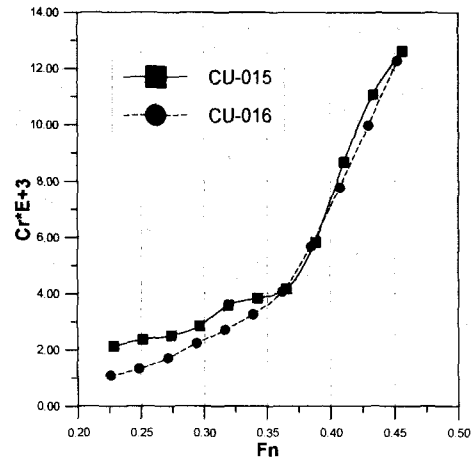


Fig. 3-1 Comparison of C_R at full load condition

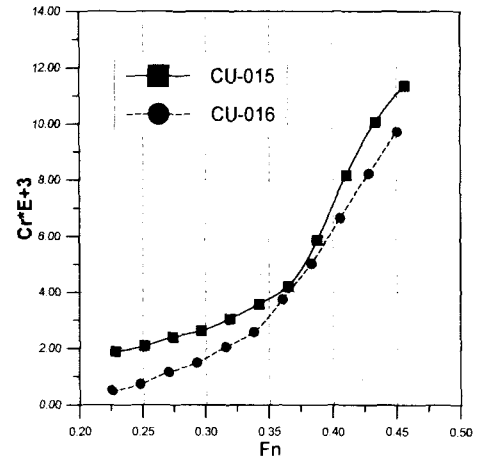


Fig. 3-2 Comparison of C_R at ballast condition

4.3. 파형관측시험

선형의 특성 변화에 따른 파형변화를 관찰하기 위한 파형관측 시험을 만재상태와 경하상태의 계획속도에서 수행하였으며 두 선형의 선수파형을 Fig. 4-1 및 4-2에 각각 도시하였다. Fig. 4-1 및 4-2에 보인 바와 같이 기본선형에 비해 개선선형의 쇄파 및 파형 저항이 현저히 감소했음을 알 수 있다.

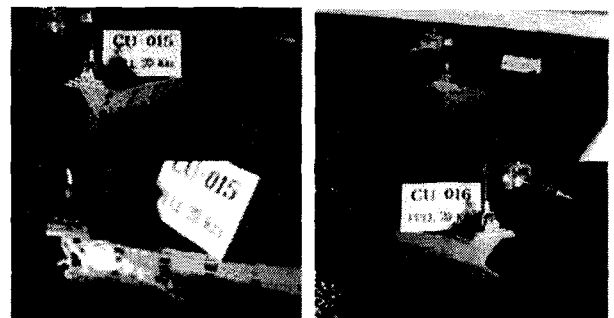


Fig. 4-1 Comparison of wave profile at full load condition

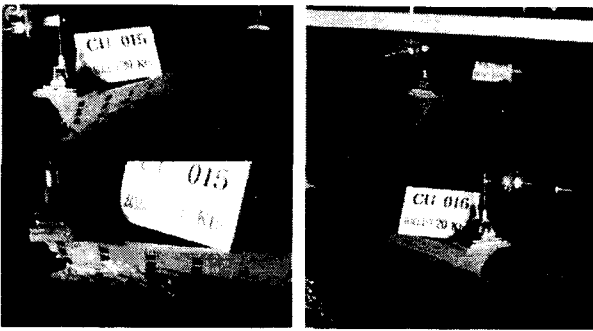


Fig. 4-2 Comparison of wave profile at ballast condition

4.4. 트림 및 침하량

두 선형의 항주시 트림 및 침하량의 변화를 연구하기 위해 속도별로 침하량을 선수 및 선미에서 측정하였으며, 그 결과를 식(2) 및 식(3)으로 무차원화 하여 Fig. 5-1 및 5-2에 각각 도시하였다.

$$S = \text{침하량} \times 2g/U^2 \quad (2)$$

$$t = (\Delta Z_{\text{stem}} - \Delta Z_{\text{Bow}}) \times 2g/U^2 \quad (3)$$

여기서, ΔZ_{stem} : 선미 침하량

ΔZ_{Bow} : 선수 침하량

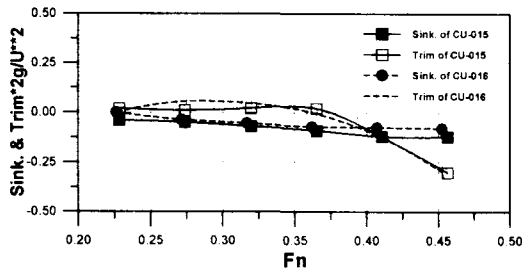


Fig. 5-1 Nondimensionalized trim and sinkage at full load condition

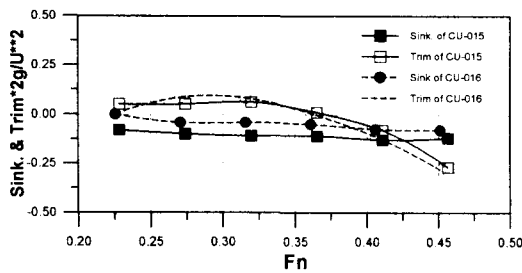


Fig. 5-2 Nondimensionalized trim and sinkage at ballast condition

4.5. 횡요시험

ART가 설치된 모형선의 만재상태에 대하여 앞서 언급한 ART를 작동하지 않은 경우와 ART를 작동한 3가지 경우의 작동 상태에 대한 횡요각도, 횡요주기, 횡요진폭 등이 측정되었다.

상기 4가지 경우에 대한 나선상태 및 ART 부착상태에 대한 횡요시험 결과를 Table 5~8에 정리 하였다.

Table 5는 ART를 작동하지 않은 경우에 대한 실험 측정치이고, Table 6는 두 개의 밸브를 모두 개방한 경우, Table 7와 8은 한 밸브는 개방하고 나머지 한 밸브는 폐쇄한 경우에 대한 실험 측정치이다.

Table 5 Results Of Rolling test without ART

No.	1	2	3	4	5	6
λ/L	0.6	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
λ (m)	0.773	1.030	1.159	1.2878	1.417	1.545
T (sec)	0.704	0.813	0.862	0.909	0.953	1.995
H_w^{*1} (m)	0.026	0.034	0.039	0.043	0.047	0.052
H_w^{*2} (m)	0.031	0.036	0.044	0.047	0.052	0.059
θ_w^{*3} (°)	14.4	12.6	13.7	13.1	13.2	13.7

No.	7	8	9	10	11	12	13
λ/L	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0
λ (m)	1.932	2.5756	3.219	3.8634	5.1512	6.439	7.7268
T (sec)	1.113	1.285	1.437	1.57	1.82	2.03	2.27
H_w^{*1} (m)	0.064	0.086	0.107	0.129	0.171	0.215	0.258
H_w^{*2} (m)	0.069	0.088	0.108	0.106	0.097	0.106	0.127
θ_w^{*3} (°)	12.9	12.3	12.1	9.9	6.8	5.9	5.9

*(1) : Aimed HW

(2) : Measured HW

(3) : $\theta_w(\circ) = HW/\lambda \times 360$

Table 6 Results Of Rolling test with ART (both valve open)

No.	6	7	8	9	10
λ/L	1.2	1.5	2.0	2.5	3.0
$\lambda(m)$	1.545	1.932	2.5756	3.219	3.8634
T(sec)	0.995	1.113	1.285	1.437	1.57
HW(m)	0.052	0.064	0.086	0.107	0.125
HW(m)	0.059	0.067	0.088	0.106	0.122
θ_w	13.7	12.5	12.3	11.9	11.4
$\theta \approx \theta_w$	30	27	24	20	16.7
	2.19	2.16	1.95	1.68	1.46

Table 7 Results Of Rolling test with ART (No 1 only valve open)

No.	1	2	3	4	5
λ/L	0.6	0.8	0.9	1.0	1.1
$\lambda(m)$	0.773	1.030	1.159	1.2878	1.417
T(sec)	0.704	0.813	0.862	0.909	0.953
HW(m)	0.026	0.034	0.039	0.043	0.047
HW(m)	0.030	0.036	0.042	0.045	0.052
$\theta_w(\circ)$	14.0	12.6	13.0	12.6	13.2
$\theta \approx \theta_w$	5	10	16	23	27
	0.36	0.79	1.23	1.83	2.05

No.	6	7	8	9	10
λ/L	1.2	1.5	2.0	2.5	3.0
$\lambda(m)$	1.545	1.932	2.5756	3.219	3.8634
T(sec)	0.995	1.113	1.285	1.437	1.57
HW(m)	0.052	0.064	0.086	0.107	0.125
HW(m)	0.058	0.069	0.092	0.103	0.131
$\theta W(^\circ)$	13.5	12.9	12.9	11.5	12.2
$\theta \approx \theta W$	31	29	25	22	17.3
	2.30	2.25	1.94	1.91	1.42

Table 8 Results Of Rolling test with ART (only No2 value open)

No.	1	2	3	4	5
λ/L	0.6	0.8	0.9	1.0	1.1
$\lambda(m)$	0.773	1.030	1.159	1.2878	1.417
T(sec)	0.704	0.813	0.862	0.909	0.953
HW(m)	0.026	0.034	0.039	0.043	0.047
HW(m)			0.042	0.044	0.050
$\theta W(^\circ)$			13.0	12.3	12.7
$\theta \approx \theta W$			16	21	29
			1.23	1.71	2.28

No.	6	7	8	9	10
λ/L	1.2	1.5	2.0	2.5	3.0
$\lambda(m)$	1.545	1.932	2.5756	3.219	3.8634
T(sec)	0.995	1.113	1.285	1.437	1.57
HW(m)	0.052	0.064	0.086	0.107	0.125
HW(m)					
$\theta W(^\circ)$					
$\theta \approx \theta W$					

4. 모형시험 결과의 분석

Table 3 및 4에 보인 바와 같이 개선선형(CU-016)은 기본선형(CU-015)에 비하여 만재상태에서 평균 5%정도, 경하상태에서는 평균 10%정도 저항성능이 개선되었다.

이러한 개선은 다음의 원인에 기인한 것으로 판단된다.

1) 개선선형 주위의 흐름이 기본선형보다 박리, 와류, 쇄파현상 등이 적게 발생하여 형상저항 감소요인이 됨.

2) 선형변화에 따른 선저 유속의 변화로 인한 침하량이 Fig. 5-1 및 5-2에 보인 바와 같이 기본선형보다 개선선형이 상대적으로 작게 발생 함.

또한, 경하상태가 만재상태보다 저항의 감소폭이 큰 것은 선형의 변화율이 선저로 갈수록 크기때문인 것으로 추측된다.

또한, 횡요시험으로부터 주요 특성치를 각각의 조건별로 Table 9~12에 비교하였다. 또한 Fig.6 및 7에 각각 도시하였다.

Table 9 Comparison of θ/θ_w (Bare hull)

λ/L	0.6	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
W/WS	1.4205	1.2300	1.1601	1.1001	1.0493	1.0050
θ/θ_w	0.42	0.95	1.31	1.83	2.42	2.83

λ/L	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0
W/WS	0.8985	0.7782	0.6959	0.6369	0.5495	0.4926	0.4405
θ/θ_w	2.84	2.28	2.07	1.59	1.28	1.39	1.25

Table 10 Comparison of θ/θ_w (Both value open)

λ/L	0.6	0.8	0.9	1.0	1.1
W/WS	1.4205	1.2300	1.1601	1.1001	1.0493
θ/θ_w	0.40	1.04	1.23	1.67	2.05

λ/L	1.2	1.5	2.0	2.5	3.0
W/WS	1.0050	0.8985	0.7782	0.6959	0.6369
θ/θ_w	2.19	2.16	1.95	1.68	1.46

Table 11 Comparison of θ/θ_w (Only No1 value open)

λ/L	0.6	0.8	0.9	1.0	1.1
W/WS	1.4205	1.2300	1.1601	1.1001	1.0493
θ/θ_w	0.36	0.79	1.23	1.83	2.05

λ/L	1.2	1.5	2.0	2.5	3.0
W/WS	1.0050	0.8985	0.7782	0.6959	0.6369
θ/θ_w	2.30	2.25	2.03	1.77	1.42

Table 12 Comparison of θ/θ_w (Only No2 value open)

λ/L	0.6	0.8	0.9	1.0	1.1
W/WS	-	-	1.1601	1.1001	1.0493
θ/θ_w	-	-	1.23	1.71	2.28

λ/L	1.2	1.5	2.0	2.5	3.0
W/WS	1.0050	0.8985	0.7782	0.6959	-
θ/θ_w	2.34	2.30	2.18	1.85	-

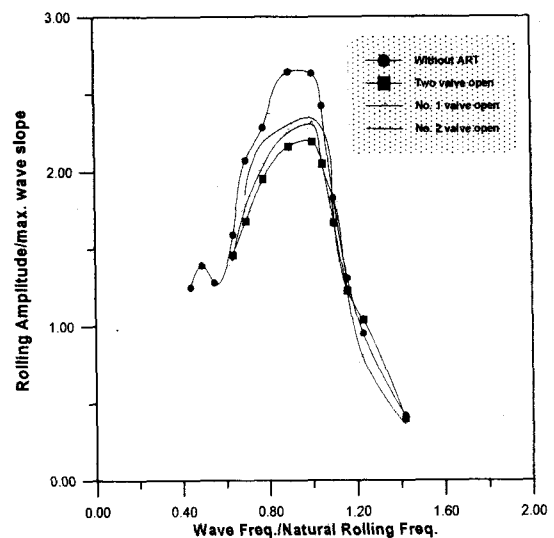


Fig. 6 W/W_s Vs θ/θ_w

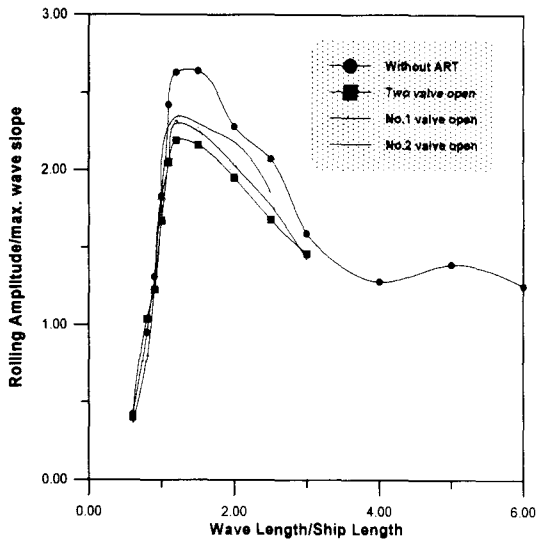


Fig. 7 λ/L Vs θ/θ_w

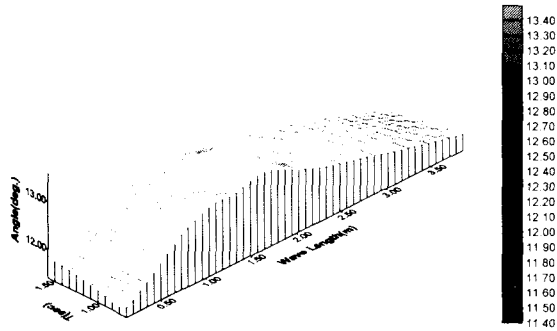


Fig. 8 Three dimensional expression on λ - T - θ (Both values open)

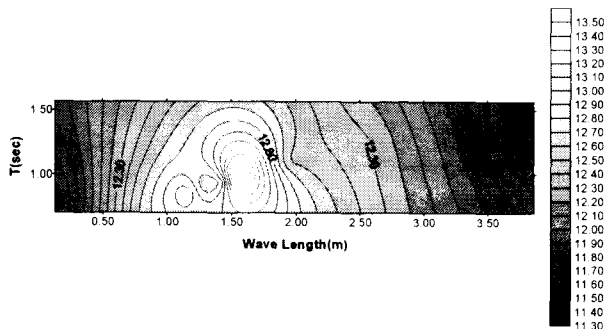


Fig. 9 Equi-Angle Drawing (both values open)

Fig. 6 및 Fig. 7 종합하여 도시한 바와 같이 나선상태에 비해 ART를 설치한 경우는 필요가 최대 약 30% 정도 감소하는 것으로

나타났으며, Fig.8 및 Fig. 9으로부터는 본선에서 가장 큰 횡요를 유발할 수 있는 파장, 파주기 등 해상조건을 유추해 볼 수 있다.

5. 결론

이상의 연구내용을 종합하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 기존선보다 높은 구상선수 및 얇은 선수부가 고속어업지도선에 적합하며, 이러한 선수선형은 동급의 선박에서 문제시 되는 쇄파현상을 최소화하고 선측파형을 개선하여 조파저항이 감소하는 것으로 판명되었다.

2) 개선선형은 경제성이나 승선감 측면에서 16.0~17.0노트가 가장 이상적인 운항속도로 평가된다.

3) ART로 인한 30% 정도의 감요효과를 확인하였으며, 감요효과를 증가시키기 위해서는 다음의 내용이 검토될 수 있을 것이다.

- ① ART의 용량 증대
- ② ART의 위치를 상 방향으로 이동
- ③ 연결 덕트부에 가로판 및 밸브를 설치하여 탱크내부 물의 이동주기를 조절

그러나 상기 ①항은 검토결과 배치상 공간의 여유가 없는 이유로, 그리고 ②항은 갑판에서의 작업이나 이동에 불편을 초래하게 되므로 제한을 받게 되며, ③항은 전자감응장치 등을 근거로 설계 설치하면 효과가 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

홍성완 외(1989), "G/T 20톤급 연안 어선의 표준선형 개발", 과학기술처 특정연구 보고서
 이귀주 외 (1997). "총톤수 360톤급 어업지도선의 횡요감소장치 성능에 대한 연구", 조선대학교 연구보고서.
 Doust, D. J. and Sc. M.(1960), "Trawler Forms with Bulbous Bows", BSRA Technical Memorandum No. 118
 Kristinsson, G. E. and Doust, D. J.(1968), "Stern Trawler Designs", Marin Technology