

인덕션 집어등을 설치한 갈치채낚기 어선의 복원성능

정성재* · 박성욱¹ · 정명국² · 정금철³

남해수산연구소 자원환경과 연구원, ¹한국자치경제연구원 연구원, ²(주)에버드 부장, ³한국해양수산연수원 교수

Stability of hair-tail angling fishing boat according to the induction fishing lamp installation

Seongjae JEONG*, Seongwook PARK¹, Myongkok JEONG² and Geumcheol JEONG³

Researcher, Fisheries resource and environment Division, South Sea Fisheries Research Institute, NIFS, Jeollanam-do 59780, Korea

¹Researcher, Research Institute for Regional Govement & Economy Korea, Jeju 63139, Korea

²Director, AVERD Co., Ltd., Gyeonggi-do 10442, Korea

³Professor, Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology, Busan 49111, Korea

In this study, the stability of fishing boat inducing the change of fishing lamp in accordance with the installation of induction lamp in comparison with metal halide lamp was investigated. Inclining test for 8.55 ton class of hair-tail angling fishing boat was performed in order to find a GM and light weight. A stability calculation of the target fishing boat on the basis of KST-SHIP program was evaluated. The stability of the fishing boat with a metal halide lamp such as induction lamp according to the result obtained by the inclining test is slightly different, and the stability is not so much affected. Due to the induction lamp installation, the wind area increased by about 3.178 m². Before installing the induction fishing lamp, G₀M was found to be 0.209 at full load departure and 0.296 at departure from fishing ground. After installing the induction lamp, the full load departure condition is 0.178 and the fishing ground departure condition is 0.260. The G₀M value before and after installation of the induction fishing lamp shows a difference of about 3% at the full load departure condition. The value of the critical angle of inclination definition showed a difference of about 16%. Despite these differences, it is lower than the regulations; it was confirmed that there will be no significant difference unless it is in an overloaded state.

Keywords: Fishing boat, Stability, Inclining test, Induction fishing lamp, Metal halide fishing lamp

서론

우리나라 어선이 사용하는 휘발유와 경유 등 유류는 원유를 수입한 후 정유공장의 정제과정을 거쳐 수협을

통해 면세유로 공급된다. 어업인들이 면세유를 공급받는다 해도 국제유가 변동에 따라 어업용 유류가격은 오르내리며 조업채산성에 영향을 미친다. 또한 예전처럼

Received 2 December 2022; Revised 26 December 2022; Accepted 5 January 2023

*Corresponding author: denkmal@korea.kr, Tel: +82-61-690-8940, Fax: +82-61-686-1588

Copyright © 2023 The Korean Society of Fisheries and Ocean Technology

많이 잡히지 않는 물고기를 찾아내서 포획하기 위하여 먼 어장까지 이동하는 항해거리가 길어졌기에 조업경비 지출이 늘어나고 어업용 유류소비량도 증가하는 추세이다. 어선은 조업을 위해서 어장으로 이동하고, 조업 중에는 유압식 또는 전기식 조업장비 가동을 위하여 주엔진이나 보조엔진을 구동해야 하며, 조업이 끝나면 항구로 돌아와야 한다. 따라서 어선에 설치된 엔진의 구동을 멈출 수 없으며, 바다에서 조업 중인 어선은 많은 적든 지속적으로 일정량의 유류를 소비할 밖에 없다.

집어등을 사용하는 오징어나 갈치 등 채낚기 조업에 있어서 집어등을 밝히기 위한 에너지를 절감해 조업경비를 줄이고자 하는 다양한 연구가 수행되었다. 메탈할라이드 집어등으로 대표되는 재래식 집어등은 다양한 문제점에도 불구하고 가벼운 무게, 저렴한 설치비와 편리한 유지보수를 장점으로 가지고 있어 지금까지도 많은 어선이 사용하고 있다. 에너지 소비를 40% 이상 줄일 수 있는 LED집어등도 2000년대 초반 다양한 연구개발을 통해 어업현장에 등장하였고 메탈할라이드 집어등을 대체하는 훌륭한 대안으로 준비되어 있다(An et al., 2012; An et al., 2013; Bae et al., 2011). 현재 LED집어등은 고효율 유류절감장비 지원사업으로 보급이 진행되고 있음에도 다양한 이유로 인해 채낚기 어선에 대량으로 보급되지 못하고 있는 실정이다.

산업부문의 고효율 에너지 기자재 보급촉진에 관한 규정에 따라 시행되는 에너지절감용 등기구의 종류가 2016년부터 기존의 LED 등기구 제품뿐만 아니라 모든 고효율 인증제품을 사용할 수 있는 것으로 변경되었다. 이에 따라 가로등, 보안등, 터널등(지하차도) 용도로 주로 설치되었던 ‘무전극 형광램프용 등기구(인덕션 램프)’를 어업용 집어등으로 활용하기 위한 연구개발과 더불어 시제품으로 생산되었다. 급등하는 유류비에 부담을 느낀 채낚기 어선 선주들은 새로운 집어등의 성능에 주목하고 메탈할라이드 집어등을 부분적으로 유지한 채 인덕션 집어등을 설치하는 사례가 늘어나고 있다.

전자기 유도법칙에 의하여 점등이 되는 ‘인덕션 램프’는 벌브 내부에 필라멘트나 발광관이 장치된 기존의 램프와는 달리 가스가 봉입된 벌브 외부에 페라이트 코어가 장치된 구조이다. 인버터를 통해 페라이트 코어에 에너지를 공급하면 램프에 자계가 발생하여 봉입가스를 들뜨게 만들어 발광하는 원리를 이용한다. 인덕션 램프

의 주요한 특징은 기존 방전등 대비 약 35% 이상 절전이 가능하고, 긴 수명에 따른 유지보수가 불필요하며, 높은 연색성으로 자연색을 연출할 수 있다. 또한 즉시 점등 및 재 점등이 가능하고, 고주파 구동으로 깜빡임이 없어 눈의 피로가 감소할 뿐만 아니라 낮은 발열량 등이 장점으로 언급되고 있다(Jung, 2004; Hwang et al., 2001).

본 연구에서는 메탈할라이드 집어등을 인덕션 램프 집어등으로 교체하였을 때 어선의 조업안전에 큰 영향을 미치는 복원성이 어떻게 변화하고 복원성 규정을 만족하는지를 살펴보고자 한다.

재료 및 방법

본 연구에서 인덕션 램프 집어등(이하 인덕션 집어등)을 설치하여 복원성능을 확인한 어선은 제주도 한림항 선적의 조명호(8.55톤)이다. 조명호는 원래 메탈할라이드 집어등을 설치하여 조업하였으나, 인덕션 집어등을 추가로 설치하여 주로 갈치 채낚기 조업에 운용하고 있다. 어선의 주요치수 및 제원은 Table 1과 같고, 조명호에 인덕션 집어등을 설치한 이후의 모습은 Fig. 1과 같다.

Table 1. Principal dimension and character of fishing boat

Ship's name	Jo-Myeong
LBP (m)	12.65
B (m)	3.62
D (m)	1.13
Draft (m)	0.85
Displacement (ton)	26.00
Kind of ship	8.55 ton class hair-tail angling fishing boat
Port	Jeju Hallim



Fig. 1. Induction and metal halide fishing lamp installed fishing boat (Jo-Myeong).

집어등 배치와 제한

조명호에 설치된 집어등은 Fig. 2에 나타난 일반배치도에서 확인할 수 있다. 조명호에는 200 W 인덕션 집어등 34개, 1.5 kW 메탈할라이드 집어등 24개가 함께 설치되어 있다. 선주의 입장에서는 인덕션 집어등의 효과가 검증되지 않은 상태에서 모든 집어등을 교체하는 것은 위험부담이 매우 크다. 따라서 기존의 메탈할라이드 집어등 일부를 집어등으로 활용하여 조업실패 가능성을 줄이고, 인덕션 집어등으로 얻는 유류절감을 통해 조업경비 절감을 도모할 수 있는 선택이기도 하다.

일반적으로 메탈할라이드 집어등의 무게는 0.7 kg이며, 안정기는 2개의 등기구를 함께 사용하는 제품은 27~31 kg의 단위중량을 가지고 있다(본 논문에서는 30 kg으로 가정). 인덕션 집어등 200 W (Watt) 제품의 무게는 7 kg으로 메탈할라이드의 10배정도이다. 일반적으로

인덕션 200 W 규격의 집어등이 메탈할라이드 1.5 kW 1개를 대체한다. 시험선 조명호의 경우 인덕션 집어등 34개를 설치하였으므로 238 kg의 중량이 기존의 집어등 위치에 추가로 매달린 것으로 볼 수 있다. 집어등 안정기는 메탈할라이드와 인덕션 집어등 모두 선실이나 엔진룸 인근에 위치하고 있으므로 복원성에 미치는 영향은 미미하다. 다만 안정기의 중량에 있어서는 인덕션 집어등용 안정기가 가볍다. 두 집어등의 전체 중량차이는 인덕션 집어등과 안정기가 메탈할라이드의 그것보다 87.0 kg 적은 것으로 나타났다.

따라서 메탈할라이드 집어등과 인덕션 집어등의 복원성능의 차이가 존재한다면 집어등과 안정기의 설치위치에서 그 이유를 찾을 수 있다. 집어등은 선체의 중량중심을 기준으로 최소한 1 m 이상의 높은 곳에 설치하므로, 복원성능을 나쁘게 만드는 요소로 작용한다. 그러나 안정기는 선실의 내부나 기관실에 위치하므로 어선의 안정성에 기여하는 측면이 있다. 안정기와 집어등의 중량을 합산하면 인덕션 집어등이 무게가 적으며, 집어등 단독으로 살펴보면 메탈할라이드 집어등이 인덕션 집어등 무게의 약 10%이다. 부분적으로 메탈할라이드 집어등을 제거 한 후 조명호에 새롭게 설치한 인덕션 집어등과 기존에 설치된 메탈할라이드 집어등과 안정기의 수량과 중량을 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Character of metal halide and induction lamp of Jo-Myeong

Spec. and item	Unit weight (kg)	Quantity (EA)	Weight (kg)	Total (kg)
Metal halide lamp	0.7	24	16.8	
Lamp ballast (1,500 W×2)	30.0	12	360.0	376.0
Induction lamp (inclusive JIG)	7.0	34	238.0	
Lamp ballast	1.5	34	51.0	289.0
Difference (Metal-Induction)	22.2	-	-	87.0

복원성 검사

선체길이가 24미터 미만인 연안어선은 사용승인을

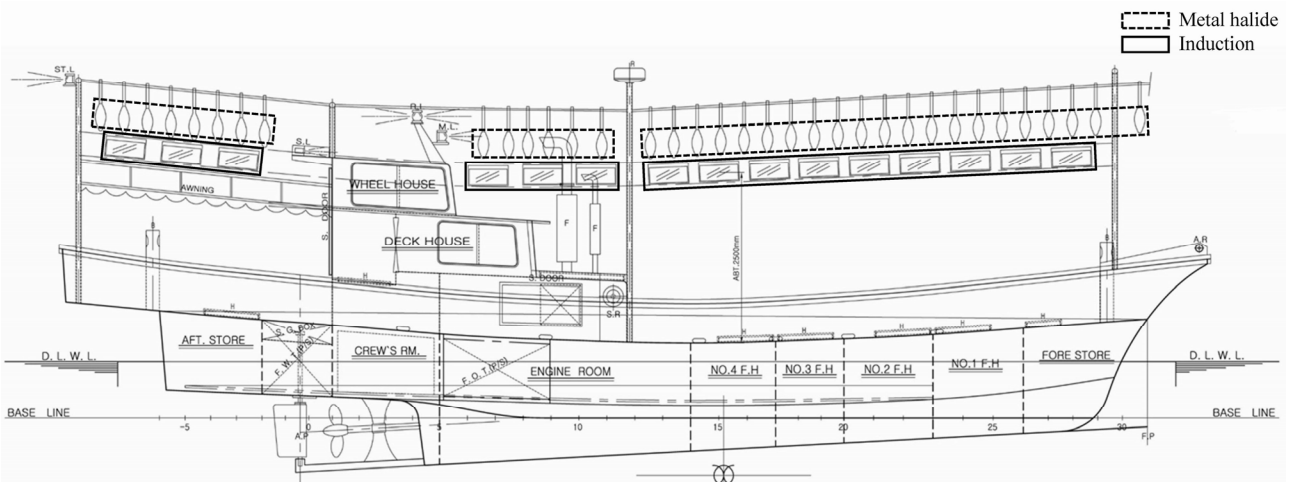


Fig. 2. Arrangement of fishing lamp of Jo-Myeong (induction and metal halide lamp combined).

위한 복원성 계산이 필수적이지 않지만, 본 연구의 목표인 복원성능 확인을 위하여 경사시험(inclining test)을 실시하였다. 경사시험에 대한 세부적인 사항은 LED 집어등 설치어선의 복원성을 살펴본 연구에서 참고할 수 있다(Jeong and An, 2014).

복원성능을 평가하는 도구인 복원성 계산 프로그램은 설계사무소 등에서 범용으로 사용하는 ‘KST-SHIP’을 이용하였다. 이 방법은 경사시험과 선체의 선도(lines)로부터 구해진 유체정력학적 배수량 계산표(hydrostatic table) 및 해수 유입각 계산표(sea water inlet table) 등을 기초자료로 하여 복원성을 평가하는 도구이다. 또한 KST-SHIP 프로그램은 선체의 경사각에 따른 GZ값 등을 계산할 뿐만 아니라 도표로 제공하는 기능도 가지고 있다.

대상선에 설치된 인덕션 집어등과 안정기처럼 추가 또는 제외되는 중량에 따라 달라지는 수치를 복원성 계산 프로그램에 입력하면 복원성능 결과를 알 수 있다. 경사시험에서 제외되거나 추가되는 중량물도 KST-SHIP 프로그램의 복원성능 평가를 위한 초기값으로 입력하였다.

어선 복원성 및 만재흡수선 기준 고시(MOF, 2013)에 따르면 복원성 시험 및 계산은 선박길이 24미터 이상인 어선이거나 최대승선인원 13인 이상인 낚시어선 등에 적용한다. 이 기준에 따른 복원성을 만족하려면 경하상태에서 경사시험에 의하여 찾을 수 있는 액체의 자유표면의 영향을 고려한 무게중심으로부터 횡메터센터 높이(G₀M)는 (1)에 나타난 계산식에 의한 값 이상으로 규정하고 있다.

$$G_0M = 0.04B + \alpha \frac{B}{D} - \beta \quad (m) \quad (1)$$

여기서,

α : 0.54(강선 및 F.R.P선, 목선은 0.28)

β : F/D 값에 따라 계산되며, Table 3에 표시한 값

B: 선체의 폭(m)

D: 선체의 깊이(m)

F: 건현(m)

F/D: Table 3에 제시된 값 사이에 있을 경우에는 보간법에 의하여 β 값 산정

Table 3에는 건현을 깊이로 나눈 F/D의 값으로부터

Table 3. Calculated β value from F/D

F/D	β	
	Steel/FRP ship	Wooden ship
0.21	1.051	0.484
0.22	1.058	0.490
0.23	1.063	0.496
0.24	1.068	0.501
0.25	1.073	0.506
0.26	1.076	0.511
0.27	1.080	0.513
0.28	1.084	0.516
0.29	1.087	0.518
0.30	1.090	0.521

계산되는 β 값을 나타내었고, 여기에 나타나지 않는 값은 보간법으로 β 를 구하여 사용한다. 본 연구에서 고찰하는 대상선이 복원성능을 만족하기 위해서는 초기 횡메터센터 높이 G₀M이 $0.04B + (\alpha \times B/D) - \beta$ 산식에서 도출된 값보다 커야 한다.

추가적으로 대상선의 복원성 판정에 있어 충족시켜야 할 조건은 한계경사각(α)의 복원정(G₀Z)이 경사우력정(M/W)보다 큰 값을 가져야한다는 것이다. 경사우력정은 계산식 (2)로 계산할 수 있다.

$$\frac{M}{W} = \frac{2.74(A \times H) + 0.214 \Sigma (7 - \frac{n}{a}) n \times b}{100 W} \quad (2)$$

여기서,

A: 어선의 흡수선 상부의 선체중단면의 투영면적(m²)

H: 투영면적에 있어서 흡수선 하부의 중심까지의 수직거리(m)

n: 각 낚시 승객의 수

a: 각 낚시 승객 탑재장소의 바닥면적(m²)

b: 각 낚시 승객 탑재장소에서 승객의 이동가능 평균 너비(m)

관련된 규정에 대한 설명은 참고문헌(MOF, 2013)으로 확인할 수 있으므로 여기서는 자세히 다루지 않고 복원성 평가를 위한 계산 결과를 보였다.

경사시험

조명호의 경사시험은 선적항인 제주시 한림읍 한림항에서 2021년 6월 12일 실시하였다. 맑은 날씨에 북서풍 2.0 m/s로 바람이 불고 해상은 잔잔하여 경사시험을 수행하기에 최적의 조건을 보였다. 경사시험에서 이동이 가능한 중량물은 240 kg 해수통을 사용하였고 선체의 중앙에서 기선으로부터 1.33 m 높이의 좌우현 갑판을 따라 2.77 m를 이동시켜 선체를 경사시켰다. FR. 8의 위치에서 길이 1.62 m인 U-튜브를 선체 중심으로부터 양현에 설치하여 중량물의 이동에 따라 나타난 높이를 측정하여 경사각을 구하였다.

경사시험에 사용한 중량물의 이동거리와 무게중심의 변화를 알면 선체 무게중심의 이동거리를 구할 수 있고 이것으로부터 초기 횡메타센터 높이를 구할 수 있다. 여기서 $KG = KM - GM$ 의 산식으로부터 기선상에서 중심의 높이를 알 수 있다. Fig. 3에 선체의 폭방향으로 이동시킨 중량물과 거리를 보였고, 경사시험의 세부적인 사항을 Table 4에 나타내었다.

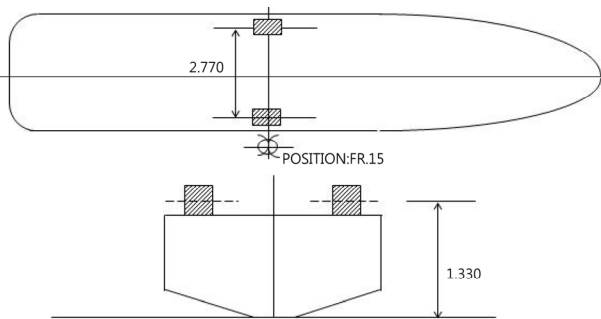


Fig. 3. Weight arrangement for inclining test of Jo-Myeong.

Table 4. Inclining test condition of Jo-Myeong

Date	2021. 6. 12.	
Place	Hallim port	
Weather	Sunny	
Wind direc./veloc.	NW, 2.0 m/sec	
Sea condition	Calm	
Seawater density	1.023	
Draft	Fore draft (df)	Aft. draft (da)
Port (m)	0.36	0.44
Starboard (m)	0.52	1.53
Mean (m)	0.44	1.48
Weight spec./mass	Seawater/0.24 ton	
Weight position	Frame. No. 15	

경사시험에서 측정한 결과를 이용하여 중량중심의 위치와 자유표면 효과를 제외한 초기메타센터 높이 G_0M 을 계산할 수 있다. 일반적으로 어선의 복원성능 계산은 경하(light ship), 만재출항(full load departure), 어장발(departure from fishing ground), 만재입항(full load arrival)으로 구분한 4가지 재화상태 조건(loading condition)으로 이루어진다.

본 연구에서도 선체와 기관에 법적으로 정해진 부속구 및 예비품을 합한 중량으로 계산한 경하상태, 연료유와 청수에 냉장을 위한 얼음과 소비품을 포함하여 모든 선원과 어구를 100% 적재하고 출항하는 만재출항상태, 연료유와 청수 등 소비품을 75% 소비에 어획물 100%를 적재한 어장발상태, 연료유와 청수 등 소비품을 90% 소비한 후 만재 어획물 100%를 적재하여 입항하는 만재입항상태의 4조건에 대한 복원성능을 조사하였으며 그 결과를 고찰하였다.

결과 및 고찰

복원성능 계산 및 평가

복원성능 조사를 위한 경사시험은 인덕선 집어등 설치 전·후 2회 실시하였다. 우선 조명호의 메탈할라이트 집어등 30개를 철거한 다음 경사시험으로 복원성능을 조사하였다. 이후 인덕선 집어등 34개를 설치한 이후 경사시험을 다시 수행하여 복원성능을 계산하였다.

인덕선 집어등 설치 이전의 복원성 판정은 기선으로부터 3.40 m에 위치한 메탈할라이트 집어등 6개와 기선으로부터 2.86 m 설치한 메탈할라이트 집어등 24개를 철거한 것을 전제로 하였다. 또한 이동중량물, 시험을 위한 계측원 및 작업원과 연료유 및 청수도 중량계산에서 제외하여 전산프로그램에 입력되었다. 인덕선 집어등을 설치 한 이후에는 인덕선 집어등 34개의 중량 238 kg이 높이 2.86 m에 설치된 것으로 계산하였다. 이러한 조건에 따라 Table 5에 조명호의 각 재화상태에 따른 인덕선 집어등 설치 전후의 G_0M 을 기준으로 하는 복원성 계산 결과를 나타내었다.

Table 5에서 확인할 수 있는 것과 같이 경하, 만재출항, 어장발 및 만재입항상태의 4가지 경우의 G_0M 을 (1)로 나타내었으며, $0.04B + (\alpha \times B/D) - \beta$ 의 값을 (2)로 표시하였다. 각 재화상태에서 LED집어등을 설치하여 조업할 경우와 메탈할라이트 집어등이 설치되었을 경우

Table 5. Stability evaluation of Jo-Myeong according to G_0M

Designation / Kind of lamp	Induction	Metal halide	Induction	Metal halide	Induction	Metal halide	Induction	Metal halide
Condition	Light ship	Light ship	Full load departure	Full load departure	Fishing ground departure	Fishing ground departure	Full load arrival	Full load arrival
Displacement (ton)	18.436	18.226	26.007	25.797	23.302	23.092	22.482	22.272
Draft(deq.) (m)	1.017	1.012	1.178	1.173	1.120	1.116	1.103	1.099
KMT (m)	2.819	2.844	2.223	2.234	2.385	2.400	2.443	2.459
KG (m)	1.310	1.282	1.223	1.202	1.300	1.277	1.328	1.305
GM (m)	1.509	1.562	1.000	1.032	1.086	1.122	1.115	1.122
(1) G_0M (m)	1.509	1.562	0.958	0.989	1.040	1.076	1.068	1.106
0.04B	0.145	0.145	0.145	0.145	0.145	0.145	0.145	0.145
$\alpha \times B/D$	1.730	1.730	1.730	1.730	1.730	1.730	1.730	1.730
F	0.589	0.594	0.428	0.433	0.486	0.490	0.503	0.507
F/D	0.521	0.526	0.379	0.383	0.430	0.434	0.445	0.449
β	1.095	1.095	1.095	1.095	1.095	1.095	1.095	1.095
(2) $0.04B+(\alpha \times B/D)-\beta$	0.780	0.780	0.780	0.780	0.780	0.780	0.780	0.780
(1)-(2)	0.729	0.782	0.178	0.209	0.260	0.296	0.288	0.326

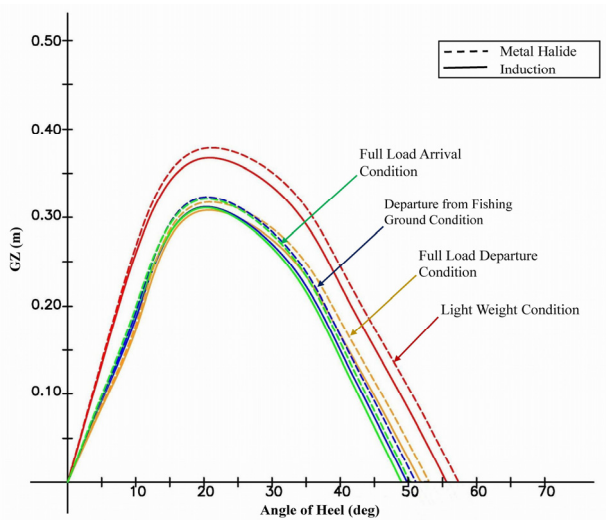


Fig. 4. Comparison of righting arm (GZ) curve of Jo-Myeong according to loading conditions.

의 복원성능 만족여부는 Table 5 아래쪽에 계산된 (1)-(2)의 값에서 알 수 있다. 모든 재화상태에서 G_0M 의 값이 $0.04B+(\alpha \times B/D)-\beta$ 계산결과 보다 크게 나타나므로 복원성능이 충분하게 만족되는 것으로 평가되었다.

조명호의 복원성을 KST-SHIP 프로그램으로 계산한 후 각 재화상태별 정적복원력 곡선을 인덕션과 메탈할라이드 집어등으로 분리하여 Fig. 4에 나타내었다. 점선은 메탈할라이드 집어등을 설치했을 때의 복원력 곡선

이며, 인덕션 집어등은 실선으로 나타내었다. 또한 4종의 재화상태는 색상으로 구분하여 나타내었다.

인덕션 집어등을 설치하였을 때 경하상태의 경우 G_0M 기준으로 판정법에 따른 복원성능을 만족하기 위하여 요구되는 G_0M 은 0.780이며, 계산으로 도출된 G_0M 이 1.509이므로 복원성능을 만족하는 것으로 평가되었다. 최대복원정인 GZ_{max} 의 값은 인덕션집어등 21.8°, 메탈할라이드 22.0°로 나타나 집어등의 변경에 따른 차이는 거의 없었다. 조명호의 경우 메탈할라이드 집어등을 철거하고 인덕션 집어등을 설치할 경우에 발생하는 차이점은 배수량 약 0.21 ton 증가, 흘수 0.005 m 증가, KG는 0.028 m 증가하는 것으로 나타났다. 미소한 차이가 있으나 복원력의 변화도 거의 없으며 복원성능 차이도 거의 없는 것으로 나타났다. 복원성 판정을 위한 추가적인 규정인 경사우력정과 한계경사각을 이용하여 계산한 결과를 Table 6에 나타내었다. Table 6에는 경하상태, 만재출항상태, 어장발상태 및 만재입항상태의 4가지 경우의 각 재화상태별 한계경사각(critical angle of inclination)을 (3)으로 나타내었으며, 경사우력정(centroid of couple of forces for inclination) 값을 (4)로 표시하였다. Table 6의 하단에 계산된 (4)-(3)의 값에서 파악할 수 있듯이 각 재화상태에서 모든 값이 양(+)의 값을 나타내었다. 따라서 한계경사각에 있어서 복원정은 경사우력정 이상으로 나타나 복원성능을 만족시키고 있다.

Table 6. Stability evaluation of Jo-Myeong according to critical angle of inclination

Designation / Kind of lamp	Induction	Metal halide	Induction	Metal halide	Induction	Metal halide	Induction	Metal halide	
Condition	Light ship		Full load departure		Fishing ground departure		Full load arrival		
Displacement (ton)	18.436	18.226	26.007	25.797	23.302	23.092	22.482	22.272	
Draft(deg.) (m)	1.017	1.012	1.178	1.173	1.120	1.116	1.103	1.099	
KG ₀ (m)	1.310	1.282	1.265	1.245	1.346	1.323	1.375	1.352	
G ₀ M (m)	1.509	1.562	0.958	0.989	1.040	1.076	1.068	1.106	
Centroid of couple of forces for inclination	A (m ²)	34.151	30.965	31.870	28.683	32.683	29.496	32.930	29.743
	H (m)	1.945	1.678	1.961	1.685	1.955	1.682	1.953	1.681
	(1)2.74A×H (m ³)	182.001	142.368	171.242	132.427	175.073	135.938	176.216	136.994
	(2)0.214×7×n×b	-	-	27.114	27.114	27.114	27.114	27.114	27.114
	(3)(1)+(2)/100W	0.099	0.078	0.076	0.062	0.087	0.071	0.090	0.074
Sea water inflow angle (deg)	69.60	69.80	46.70	47.30	54.90	55.50	57.50	58.10	
Critical angle of inclination	Submerged angle (deg)	17.70	17.90	13.00	13.10	14.70	14.90	15.20	15.40
	β (deg)	17.70	17.90	13.00	13.10	14.70	14.90	15.20	15.40
	Angle of inclination α (deg)	14.40	14.50	10.50	10.60	11.90	12.00	12.30	12.40
	(4)GZα (m)	0.330	0.341	0.182	0.189	0.219	0.229	0.231	0.241
	(4)-(3)	0.231	0.263	0.106	0.127	0.132	0.158	0.141	0.167

고 찰

경사시험을 토대로 한 복원성 계산 결과에 따르면 인덕션 집어등 설치에 따른 조명호의 복원성능은 메탈할라이드 집어등에 비하여 불리하지만 복원성에는 큰 차이가 없다. 인덕션 집어등을 설치한 조명호는 어선 복원성기준의 G₀M을 만족하였다. 또한 풍압면적을 고려하여 낚시어선에 적용되는 복원정과 경사우력정으로 판별하는 복원성 기준도 만족하였다. 인덕션 집어등 설치 이전의 G₀M은 만재 출항시에는 0.209, 만재 어장발은 0.296으로 나타났으며 인덕션 집어등을 설치한 이후에는 만재출항 0.178, 만재 어장발에서는 0.260으로 G₀M이 다소 낮아지기는 하였으나 복원성 규정은 만족하고 있다.

인덕션 집어등을 설치하였을 때 풍압면적은 약 3.178 m² 증가하는 것으로 나타났다. 한계경사각에 있어서 복원정과 경사우력정의 차이는 인덕션 집어등 설치 전에는 만재출항 0.127, 만재 어장발 0.158로 나타났다. 설치 이후에는 만재출항 0.106, 만재어장발 0.132로 나타나 결과값은 약간 낮아졌지만 복원성 기준을 충족시키는 것으로 나타났다.

인덕션 집어등 설치 전·후 조명호의 G₀M값은 만재출

항시 약 3% (0.031/0.989×100) 차이를 보이며, 복원정-경사우력정의 값은 16% (0.021/0.127×100) 정도의 차이를 보이거나 설치 전후의 값이 복원성 규정에서 제시하는 기준보다 여유가 있으므로 과적상태가 아니라면 큰 차이가 없을 것으로 판단된다.

결 론

본 연구에서는 어선의 메탈할라이드 집어등을 에너지 절감형 인덕션 집어등으로 교체하였을 경우의 복원성능 만족여부를 조사하였다. 8.55톤급 갈치 채낚기어선을 대상으로 메탈할라이드 집어등 설치한 경우와 30개의 집어등을 인덕션 집어등으로 교체 설치하여 복원성 계산을 수행하였고 집어등의 종류에 따라 그 결과를 고찰하였다.

인덕션 집어등을 설치하였을 경우 G₀M 조건의 복원성 판정기준을 만족하였고, 풍압면적을 고려하는 복원정과 경사우력정 판정기준도 만족하는 것으로 나타났다. 인덕션 집어등 설치 시 대상선의 G₀M 값은 만재출항 조건에서 메탈할라이드 집어등에 비하여 약 3% 차이를 나타내었고, 복원정-경사우력정 값은 16% 정도 불리

한 것으로 나타났다. 그러나 집어등 교체 설치 전후의 값이 복원성 판정 기준보다 충분한 여유가 있으므로 과적상태가 아니라면 큰 차이가 없을 것으로 판단된다.

본 연구에서 제시한 인덕션 집어등도 어획성능은 유지하면서도 동급어선 대비 유류비는 약 40% 이상 절감되는 것으로 나타났으며, 어선의 복원성능 기준도 만족하므로 새로운 집어등으로 사용하는 것에는 문제가 없을 것으로 보인다.

향후 인덕션 집어등과 메탈할라이드 집어등을 설치한 어선의 조업자료와 유류사용량 등에 대한 분석을 통해 어획성능 확인과 풍압면적의 증가에 따른 어선의 거동 분석에 대한 추가적인 연구가 필요한 것으로 여겨진다.

사 사

본 논문은 2022년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원 해양산업수요 기술개발사업(20210100-1)의 지원을 받아 수행되었으며, 본 논문을 사려 깊게 검토하여 주신 심사위원님들과 편집위원님께 감사드립니다.

References

An HC, Bae BS, Lee KH, Park SW and Bae JH. 2012. Operating performance of hair-tail angling vessel using the LED and metal halide fishing lamp combination. J

Kor Soc Fish Tech 48, 337-345. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2012.48.4.337>.

An HC, Bae JH, Bae BS and Park JM. 2013. Operating performance of squid jigging vessel using the LED and metal halide fishing lamp combination. J Kor Soc Fish Tech 49, 395-403. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2013.49.4.395>.

Bae BS, An HC, Kwon KJ, Park SW, Park CD and Lee KH. 2011. Design and performance estimation of fish-luring system using the water cooling typed LED lamp. J Kor Soc Fish Tech 47, 79-87. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2011.47.2.079>.

Hwang MK, Lee JC, Park DH. 2001. Technology trend and prospect of electrodeless lamp. Proceedings of the KIIEE Autumn Annual Conference (11.1), 23-26.

Jeong SJ, An HC. 2014. Stability of fishing vessel according to th LED luring lamp installation. J Kor Soc Fish Tech 50, 623-632. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2014.50.4.623>.

Jung JC. 2004. The principles of electrodeless fluorescent lamp system & product application example. Proceedings of the KIEE Conference (5.28-5.29), 28-31.

MOF (Ministry of Oceans and Fisheries). 2013. Stability & Full load draft line criteria of fishing boat (MOF Public Notification No. 2013-164), 7-10.