

LED집어등 설치에 따른 연안 채낚기 어선의 복원성능

정성재* · 안희춘¹

국립수산과학원 시스템공학과, ¹동해수산연구소 해역산업과

Stability of fishing vessel according to the LED luring lamp installation

Seong-Jae JEONG*, Heui-Chun AN¹

Fisheries System Engineering, National Fisheries R&D Institute, Busan, Korea

¹East Sea Fisheries Research Institute, Gangneung City, Gangwon 210-861, Korea

In this study, the stability of fishing vessels get some change in accordance with the installation of LED luring lamp in comparison with metal halide luring lamp were investigated. Inclining test for 9.77 ton class of squid jigging and hair-tail angling vessel was performed in order to make a stability evaluation. A performance analysis of the target vessels to the stability on the basis of KST-SHIP program was evaluated. The results were as follows in this study. The stability of the fishing vessel by a metal halide such as LED and the like according to the result obtained by the inclining test is a slightly present difference, and the stability is not affected. The fishing vessel with LED lamp installed satisfies all the stability criteria specified in law and IMO rule. Compared to the metal halide LED lamp the increase of the height of the center of gravity and the initial transverse metacenter was caused. Due to the LED installation, the somewhat wider wind area of the waterline, which appears as a result, does not lead to an actual increase in rolling period. But then it is necessary to be designed on that the LED lamp shape reduces wind pressure area. Because of LED lamp installation, the GM value of vessels is increasing faster rolling cycle so causes a decrease in the sense that the crew is aboard.

Keywords: Fishing vessel, Stability, Inclining test, LED luring lamp, Metal halide luring lamp.

서론

유류비의 급등에 따라 어업분야에서의 유류비 절감을 위하여 다양한 에너지 절감 연구가 활발하게 진행되고 있다. 어선의 선형과 추진기를 개량하여 유류비를 절감하려는 시도는 상대적으로 높은 투자비용으로 인하여 쉽게 추진되지 못하고 있으며 부분적으로 원양어선에서 도입되고 있다. 최근 연근해 오징어 채낚기 어선에 사용되는 메탈할라이드 집어등을 LED로 전환하

여 유류절감을 달성하고자 수랭식 및 공랭식 LED집어등을 채용하여 시험조업에서 상당부분 에너지 절감효과를 달성하고 있으며 집어등의 품질도 안정화되고 있는 실정이다 (An et al., 2013; An et al., 2012; Bae et al., 2011).

LED집어등은 메탈할라이드 집어등에 비해 발광다이오드를 대량으로 부착하여 제작하는 이유로 복잡한 구조를 가지고 있으며 발열이 심하고 발광소자를 집적하

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

는 형태로 무겁고 내구성이 취약하다는 단점을 가지고 있다. 10톤 이하의 연안어선 중 LED집어등을 설치하고 시험조업을 수행한 선장들의 의견을 종합하면 집어등으로 인하여 선체의 복원성능이 저하되므로 기존의 메탈할라이드 집어등에 비해 조업 시 선체의 안정성에 문제를 일으키는 것으로 조사되었다. 이 때문에 황천황해 및 조업 시의 복원성능을 보완하기 위하여 추가적으로 선측의 수선하부에 박스킬 (Box keel)을 부착하는 선체 개조를 고려해야 하므로 에너지 절감측면에서 절대적으로 유리한 LED집어등 설치를 기피하는 상황이 발생하고 있다.

소형 연안어선의 복원성능과 내항성 향상을 위한 최근에 수행된 많은 연구들은 주로 복원성능 향상을 목표로 하고 있다. 대형선망어선의 횡동요 감소에 대한 특성을 조사하고 대형 선망선의 복원성능 향상을 위하여 적용된 빌지킬과 스텐킬의 설치에 따른 선형의 복원성능의 차이를 분석하였다 (Ham et al., 2011; Kang et al., 2011). 또한 횡동요 감소를 위하여 선체에 직접적으로 설치되는 부가물인 빌지킬을 이용하여 성능을 개선시키는 연구도 수행되었다 (Kim et al., 2014). 횡동요를 제어하기 위하여 소형선박용으로 돛을 설치하여 복원성능을 향상시키는 연구결과를 도출하였다 (Choi and Ahn, 2009).

본 연구에서는 복원성 향상에 초점을 두기보다 에너

지 절감의 총아로 떠오르는 LED집어등의 어선어업 분야의 확산을 위해 반드시 극복해야 하는 선입견 (집어등 설치로 인한 어선의 복원성능이 감소된다는 주장)에 대하여 공학적으로 접근한 결과를 다루고 있다. 어업인들이 주장하는 바와 같이 메탈할라이드 집어등에서 LED집어등으로 바뀐 2척의 어선들을 대상으로 복원성능이 정량적으로 과연 어느 정도 감소 (증가)하는 것인지를 명확히 파악하고자 한다. 이를 위하여 LED집어등을 설치한 어선을 대상으로 선체의 중량중심을 파악하는 경사시험을 수행하여 GM의 변화량과 복원성 계산을 통하여 메탈할라이드 집어등을 설치했을 경우의 복원성능을 조사하여 비교하였다. 이를 통해 10톤급 연안 오징어 채낚기 어선의 복원성과 안전항해에 대하여 어업인들이 가지는 선입견을 불식시키기 위한 기초자료를 축적하였다. 더불어 복원성능 변화에 따른 연안어선의 조업안정성을 확보하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구의 복원성능 조사의 대상어선은 제주도 제주항에 선적을 둔 9.77톤급 남강호와 영덕 축산항에 선적을 둔 해양호 (9.77톤) 이다. 이들 어선은 LED집어등을 설치하여 오징어 채낚기 및 갈치 채낚기 시험조업을 하는 어선들이며, 이들 어선을 Fig. 1에 나타내었다. 또한 각 어선의 주요치수 및 제원을 Table 1에 보였다.



Fig. 1. LED and metal halide luring lamp installed fishing vessel (a:Haeyang, b:Nangang)

Table 1. Principal dimension and Character of fishing vessel

Ship	LBP(m)	B(m)	D(m)	Draft(m)	Disp.(ton)	Kind of ship	Port
Haeyang	14.15	3.9	1.31	1.384	45.00	9.77ton class squid jigging vessel	Yeong-duk
Namgang	14.00	3.8	1.21	1.448	40.87	9.77ton class hair-tail angling vessel	Jeju

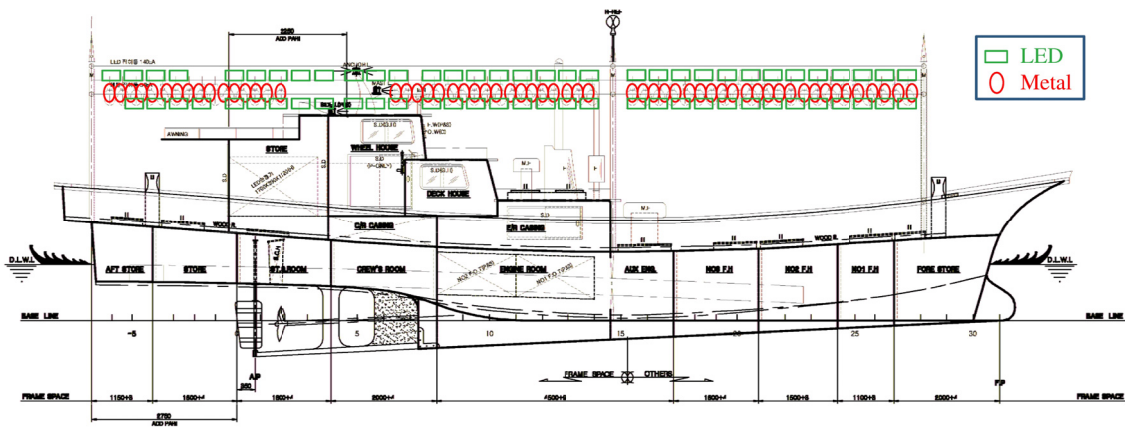


Fig. 2. Arrangement of luring lamp of Haeyang (LED and metal halide lamp combined).

집어등 배치와 제한

경상북도 축산항을 모항으로 근해 오징어 채낚기 조업을 하는 해양호의 집어등 배치를 Fig. 2의 일반배치도에 나타내었다. 해양호는 LED집어등과 메탈할라이드 집어등이 혼합 설치되어 조업을 하며 Fig. 2에 나타난 것처럼 LED 집어등은 양현에 각각 상하로 2개씩 설치되어 있다. 또한 메탈할라이드 집어등은 LED집어등을 설치하기 위한 지그의 중간에 위치하고 있다. 해양호에는 LED집어등이 140개, 메탈할라이드 집어등 54개가 설치되어 있다. 이들 어선은 LED집어등만 점등했을 때의 집어효율과 메탈할라이드 집어등만 점등했을 때의 효율을 비교하기 위하여 두 종류의 집어등을 혼합하여 설치한 후 시험조업을 수행하고 있다.

메탈할라이드 집어등의 단위중량은 0.7 kg이며, 안정기는 30 kg의 단위중량을 가지고 있다. 전체 집어등과 안정기의 합산중량은 997.8 kg으로 계측되었다. LED집어등은 해상시험용으로 별도 제작된 것으로 집어등에 필요한 안정기는 선실 내부에 고정하여 설치되었다. LED집어등 역시 별도로 설치된 지그로 메탈할라이드 집어등과 동일한 높이에서 운용되도록 제작되었다.

LED집어등은 설치지그를 포함하여 364 kg이며, LED 안정기는 189 kg이다. 메탈할라이드 집어등과 LED집어등의 결정적인 차이는 메탈할라이드 집어등 중량이 LED집어등에 비하여 대략 10%에 지나지 않는다는 것이다. 메탈할라이드 집어등이 설치되는 위치에 LED 집어등을 설치하여 대체한다면 326 kg의 중량이 집어등의 위치에 탑재되는 상황이 발생한다. 그러나 안정기의 중량을 살펴보면 LED집어등용 안정기가 상대적으로 가벼운 것으로 나타났다. 각 집어등의 전체적인 중량차이는 LED집어등과 안정기가 메탈할라이드에 비하여 444.8 kg 가벼운 것으로 파악되었다.

결국 메탈할라이드 집어등과 LED집어등의 복원성능의 차이가 존재한다면 집어등과 안정기의 설치위치에서 그 이유를 찾을 수 있다. 집어등은 선체를 기준으로 볼때 상당히 높은 위치에 설치되어 있어, 복원성에 부정적으로 작용하지만 안정기는 선실의 내부나 기관실에 위치하므로 어선의 안정성에 기여하는 측면이 있다.

안정기와 집어등의 중량을 합산하면 LED집어등이 가벼운 것으로 파악되지만 집어등만을 고려한다면 앞에서 설명한 것처럼 메탈할라이드 집어등은 LED집어

등에 비하여 약 10%의 무게를 가질 뿐이다. 해양호에 설치된 메탈할라이드 집어등과 LED집어등에 대한 규격 및 중량을 Table 2에 상세하게 나타내었다.

제주시 제주항을 선적항으로 인근해 갈치 채낚기 조업을 하는 남강호의 집어등 배치를 Fig. 3에 나타내었다. 남강호 역시 LED집어등과 메탈할라이드 집어등이 함께 설치되어 있으며, LED집어등 102개, 메탈할라이드 집어등 40개가 설치되어 있다. 메탈할라이드 집어등과 안정기의 단위 중량은 해양호와 동일하게 각각 0.7 kg 및 30 kg이다. LED집어등 및 안정기도 동일한 회사의 제품이 설치되어 있으므로 중량은 각각 2.6 kg 및 1.35 kg으로 동일하다. 해양호에 비하여 LED집어등의 수량이 작기 때문에 전체중량의 차이는 225 kg이지만, 집어등의 중량은 238 kg의 차이를 보이고 있다. 남강호에 설치된 메탈할라이드 집어등과 LED집어등에 대한 규격과 중량을 Table 3에 나타내었다.

Table 2. Character of Metal halide and LED lamp of Haeyang

Spec. and item	Unit weight (kg)	Quantity (EA)	Weight (kg)	Total (kg)
Metal halide lamp	0.7	54	37.8	
Lamp ballast (MH 175cc)	30.0	32	960.0	997.8
LED(incl. JIG)	2.6	140	364.0	
Lamp ballast	1.4	140	189.0	553.0
Difference (Metal-LED)	26.7	-	-	444.8

Table 3. Character of Metal halide and LED lamp of Namgang

Spec. and item	Unit weight (kg)	Quantity (EA)	Weight (kg)	Total (kg)
Metal halide lamp	0.7	40	28.0	
Lamp ballast (MH 175cc)	30	20	600.0	628.0
LED(incl. JIG)	2.6	102	265.2	
Lamp ballast	1.4	102	137.7	402.9
Difference (Metal-LED)	26.7	-	-	225.1

경사시험

본 연구의 대상선들은 선체길이가 24미터 미만의 어선으로 법적으로는 복원성능 계산이 요구되지 않지만, 연구 목적을 위하여 경사시험 (Inclining test)을 실시한

후 복원성능을 조사하였다. 대상어선 2척의 초기횡메터 센터 높이를 구하고 경하상태의 배수량과 수직방향의 중심위치 (K.G) 및 종방향의 중심위치 (L.C.G)를 찾기 위하여 경사시험을 실시하였다.

해양호

해양호의 경사시험은 선적항인 경상북도 영덕군 축산항에서 2011년 11월 18일 실시하였으며, 날씨와 해상상태는 경사시험을 수행하기에 적합하였다. 사전에 선체 내부의 유동수와 중량물을 확인한 후 결과에 포함시켜 해석하였다. 경사시험에 사용한 이동중량물은 해수를 담아 실을 수 있는 드럼으로 0.3톤의 해수를 12번 프레임 (선체의 중앙으로부터 선수 쪽으로 1.625 m 위치)에서 좌우현으로 이동하여 선체의 경사시켰다. 선미에는 길이 3 m인 U-튜브를 선체의 중심으로부터 각각 1.5 m 씩 떨어진 거리에 설치하여 중량물의 이동에 따라 나타난 높이를 측정하여 경사각을 구하였다. Fig. 4에 선체의 폭방향으로 이동시킨 중량물과 거리를 나타내었고, 경사시험의 세부적인 사항을 Table 4에 나타내었다.

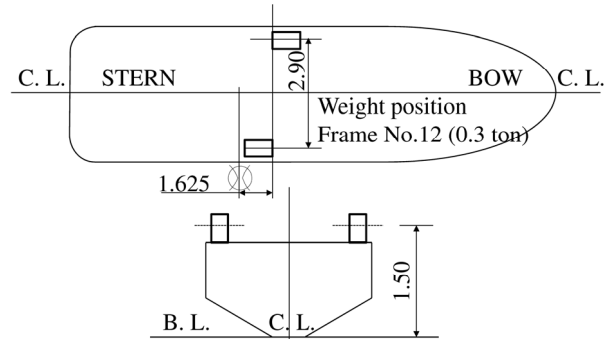


Fig. 4. Weight arrangement for Inclining test of Haeyang.

Table 4. Inclining test condition of Haeyang

Date	2011. 11. 18.	Place	Chuksan port
Weather	Cloudy	Wind direc./veloc.	1.0m/sec, NE
Sea condition	Calm	Seawater density	1.025
Draft	Port (m)	Starboard (m)	Mean (m)
Fore draft (df)	0.650	0.680	0.665
Aft draft (da)	1.700	1.720	1.710
Weight spec./mass	Seawater/ 0.3 ton	Weight position	Frame. No. 12

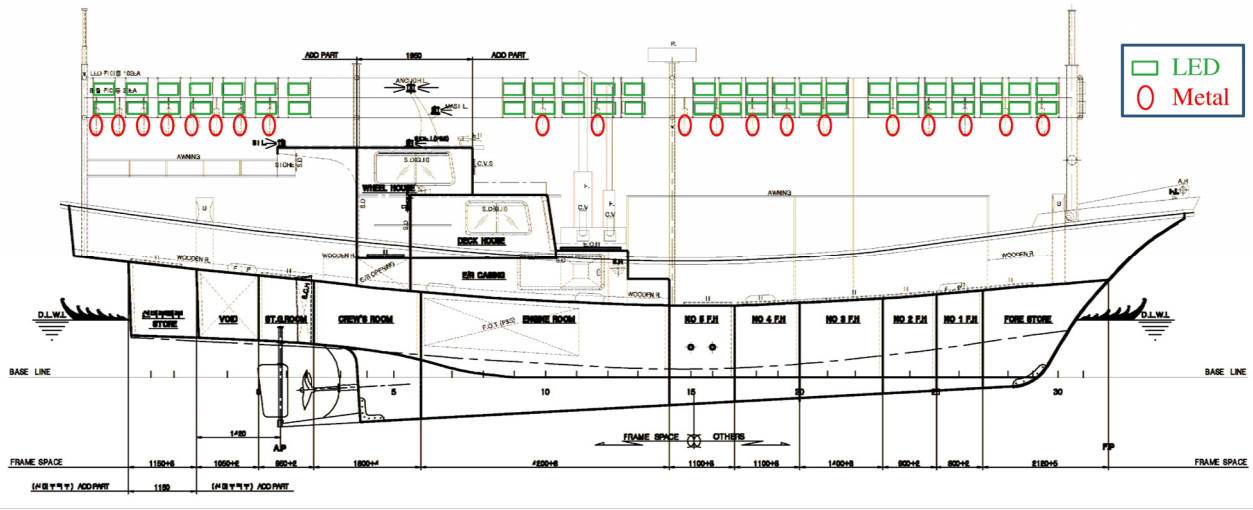


Fig. 3. Arrangement of luring lamp of Namgang (LED and metal halide lamp combined).

남강호

남강호의 경사시험은 제주시의 제주항내 제주수협 인근에서 2011년 11월 19일 실시하였으며, 흐린 날씨에 해상상태는 잔잔한 바다로 시험에 적합한 조건이었다. 해양호와 마찬가지로 경사시험에서 사용한 이동중량물은 해수를 담아 실을 수 있는 드럼으로 0.25톤의 해수를 16번 프레임 (선체의 중앙으로부터 선수 쪽으로 0.313 m 전방)에서 좌우현으로 3.4미터를 이동하여 선체의 경사시켰다. 선미에는 길이가 3.74 m인 U-튜브를 선체 중심으로부터 각각 1.87 m 씩 떨어진 거리에 설치하여 중량물의 이동에 따라 나타난 높이를 측정하여 경사각을 구하였다. Fig. 5에 중량물의 이동과 측정방법에 대하여 나타냈으며, 제주항에서 수행한 남강호의 경사시험과 관련하여 세부적인 사항은 Table 5에 나타내었다.

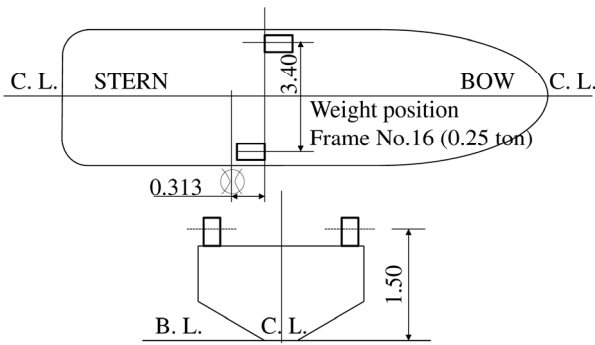


Fig. 5. Weight arrangement for Inclining test of Namgang.

Table 5. Inclining test condition of Namgang

Date	2011. 11. 19.	Place	Jeju port
Weather	Cloudy	Wind direc./veloc.	1.0m/sec, NE
sea condition	Calm	Seawater density	1.025
Draft	Port (m)	Starboard (m)	Mean (m)
Fore draft (df)	0.500	0.500	0.500
After draft (da)	1.800	1.800	1.800
Weight spec./mass	Seawater/ 0.25ton	Weight position	FR. No. 16

복원성능 계산

경사시험 결과의 적용

각 어선에 대하여 수행된 경사시험의 결과로부터 중량중심의 위치와 자유표면 효과를 제외한 초기형메터 센터높이 G_0M 을 파악할 수 있다. 어선의 복원성능 계산은 일반적으로 경하상태 (Light ship condition), 만재출항상태 (Full load departure condition), 어장발상태 (Departure from fishing ground condition), 만재입항상태 (Full load arrival condition) 및 부분만재입항상태 (Half load arrival condition) 5종의 재화조건으로 계산된다.

본 연구에서는 선체와 기관 등에 법정속구 및 예비품을 합한 중량인 경하상태, 연료유와 청수 및 얼음 등 소비품 및 선원과 어구를 100% 적재하고 출항하는 만재출항상태와 연료유와 청수 등 소비품 90%소비에 만재

어획물 100%를 적재하고 입항하는 만재입항상태의 3종에 대하여 복원성을 조사하였다.

집어등과 같은 조업장비와 중량물을 탑재하고 있더라도 그것들에 대한 정확한 중량과 선체에 설치된 위치를 알고 있다면 경사시험 결과로부터 재화조건의 변경이 가능하다. 즉 변경되는 중량을 가감하면 각각의 재화조건에 따른 증감량을 경사시험에 반영한 계산을 통해 복원성을 거의 정확하게 추정할 수 있다. 이러한 방법으로 통상 선박에서 짐을 싣는 방법에 대한 적화매뉴얼 (Loading manual)을 계산하여 구비하게 된다.

본 연구의 대상선은 LED집어등 및 안정기뿐만 아니라 메탈할라이트 집어등과 안정기도 동시에 설치되어 있다. 경사시험 실시이전 각각의 집어등과 안정기가 설치된 위치를 기선 (Base Line)과 센터라인 (Center line) 같은 선체의 기준선으로부터 정확하게 계측하였다. 또한 경사시험에서 제외되어야 하는 각종 중량물들은 사전에 철거하였다. 선체중량에 포함되어야 하거나 시험을 위해 철거가 불가능한 이동중량물, 경사측정을 위한 계측원, 작업인원 및 연료유 탱크에 적재된 연료유는 중량을 계측하여 경사시험 결과에 산입 후 결과를 보정하였다.

복원성계산 프로그램

선박안전기술공단이 보급한 복원성계산을 위한 프로그램인 ‘KST-SHIP’은 선체의 기본적인 제원과 경사시험의 결과에서 얻어진 중량중심 및 선체의 선도 (Lines)로 부터 구해진 배수량테이블 (Hydrostatic table) 등을 기초로 하여 복원성을 평가하는 도구이다. 각 재화상태에 따라 증감되는 중량을 고려하여 복원성 규정을 만족하는지 평가하고 다양한 선종과 재화조건에 대한 복원성 계산방법의 표준화를 위한 목적으로 사용되고 있다. KST-SHIP은 선체의 주요 치수와 각종 입력값으로부터 유체정력학적 계산결과인 배수량표를 이용하여 복원성 평가의 척도가 되는 복원정 GZ와 트림 (Trim) 상태 등을 계산하고 결과를 도표로 제공하는 프로그램이다.

LED집어등과 안정기 같은 추가되거나 제외되는 중량에 따라 변화되는 선체의 각종 주요계수들을 복원성 계산 프로그램에 입력 후 계산을 수행하면 복원성 결과를 확인할 수 있다. 경사시험에서 재화조건에 따라 제외되거나 추가되는 중량물들은 경사시험 결과를 얻

을 때 우선적으로 반영되며, 복원성 평가를 위한 KST-SHIP 프로그램에는 이미 보정된 경사시험의 결과치가 입력되는 방식으로 대상선의 복원성에 대한 계산을 할 수 있다.

복원성 기준

선박길이 40미터 미만인 어선의 복원성은 선박복원성기준 (MOF, 2013) 제5장 어선의 복원성 기준을 따른다. 경하상태에서 경사시험에 의하여 찾을 수 있는 액체의 자유표면의 영향을 고려한 무게중심으로부터 횡메터센터 높이 (G₀M)는 (1)에 나타난 계산식에 의한 값이상이 될 것을 요구하고 있다.

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

여기서,

α : 0.54 (강선 및 F.R.P선)

β : F/D 값에 따라 계산되며, Table 6에 표시한 값
 B : 선체의 가장 넓은 부분의 늑골 외면에서 다른 외면까지의 너비(m)

D : 배의 중앙에서 용골 상면에서 상갑판양의 현측 상면까지의 깊이(m)

F : 건현을 표시하며 D 상단으로부터 배수량에 대한 등흘수선까지 수직거리(m)

F/D : Table 6에 제시된 값 사이에 있을 경우에는 보간법에 의하여 β 값을 산정

Table 6. 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

Table 6에는 견현을 깊이로 나눈 값인 F/D의 값으로부터 계산되는 β 값을 나타내었고, 여기에 나타나지 않는 값은 제시된 값들을 이용하여 보간법으로 β 를 구하여 사용한다. 본 연구의 대상선이 복원성능을 만족하기 위해서 초기형미터센터높이 G_0M 이 $0.04B + (\alpha \times B/D) - \beta$ 산식에서 계산된 값보다 커야 된다.

결과 및 고찰

해양호의 복원성

해양호에 LED집어등과 메탈할라이드 집어등을 각각 설치했을 경우의 복원성능을 경하상태, 만재출항상태 및 만재입항상태에 대하여 평가하였다. LED집어등을 설치했을 경우의 복원성 판정을 위해서는 기선으로부터 4.31 m에 위치한 메탈할라이드 집어등 54개와 기선으로부터 2.6미터에 위치한 메탈할라이드 안정기 32개를 철거하는 것을 전제로 한다.

해양호의 LED집어등과 메탈할라이드 집어등을 혼합하여 설치하고 이동중량물, 선미계측원 및 계측장치, 작업원, 연료유 중량을 철거하여 얻은 경하상태의 경사 시험 결과는 배수량 32.811 ton, 종방향의 중량중심 L.C.G +1.391 m (선수 +), 수직방향의 중량중심 K.G 1.443 m로 나타났다. 이를 기초로 경하상태에서 LED 집어등만을 탑재하는 것으로 계산 후 해석할 경우에는 메탈할라이드 집어등과 안정기의 중량인 4.510 ton을 제외하면 배수량 31.813 ton, L.C.G +1.231 m, K.G 1.405 m를 얻는다. 동일한 방법으로 LED집어등과 안정기의 중량을 제외하고 메탈할라이드 집어등에 대하

여 계산하면 경하상태의 배수량 32.258 ton, L.C.G +1.375 m, K.G 1.404 m가 된다.

이렇게 얻어진 결과를 복원성능을 평가하는 전산프로그램에 입력 후 계산을 수행하였다. Table 7에 해양호의 각 재화상태에 대한 복원성능을 평가하고 복원성 기준 계산식에 대입하여 계산한 결과를 나타내었다. Table 7에서 알 수 있는 바와 같이 경하상태, 만재출항상태 및 만재입항상태의 3가지 경우의 G_0M 을 (1)로 나타내었으며, $0.04B + (\alpha \times B/D) - \beta$ 의 값을 (2)로 표시하였다. Table 7의 하단에 계산된 (1)-(2)의 값에서 알 수 있듯이 각 재화상태에서 LED집어등을 설치하여 조업할 경우와 메탈할라이드 집어등이 설치되었을 경우를 비교한 결과 모든 재화상태에서 G_0M 의 값이 $0.04B + (\alpha \times B/D) - \beta$ 계산결과와 보다 크게 나타나므로 복원성능이 충분하게 만족되는 것으로 평가되었다.

해양호에 대하여 재화상태에 따라 복원성평가 프로그램에서 계산된 정적복원력 곡선을 LED집어등과 메탈할라이드 집어등으로 분리하여 결과를 Fig. 6에 나타내었다. LED집어등을 설치하였을 때 경하상태의 경우 GM기준 판정법에 따른 복원성능을 만족하기 위하여 요구되는 G_0M 은 0.548이며, 계산된 G_0M 이 1.709이므로 복원성능을 만족하는 것으로 평가되었고 해수유입각은 49.8° 이다. 최대복원정인 GZ_{max} 의 값은 LED는 22.3° 와 메탈할라이드는 22.5° 에서 나타나는 것으로 각각 계산되어 큰 차이는 없었다. 해양호의 경우 메탈할라이드 집어등을 철거하고 LED집어등을 설치할 경우에 발생하는 변화는 배수량과 흘수가 각각 0.445 ton, 0.007 m 감소하고 KG는 0.001 m 증가하는 것으로 나타났다.

Table 7. Stability evaluation of Haeyang with LED and metal halide luring lamp

Designation/ Kind of lamp	LED	Metal halide	LED	Metal halide	LED	Metal halide
Condition	Light ship		Full load departure		Fishing ground departure	
Displacement(ton)	31.813	32.258	39.133	39.578	45.004	45.449
Draft(deq.)(m)	1.176	1.183	1.290	1.297	1.384	1.391
K.M.T(m)	3.114	3.080	2.608	2.575	2.261	2.239
K.G(m)	1.405	1.404	1.423	1.422	1.335	1.335
G.M(m)	1.709	1.676	1.185	1.153	0.926	0.904
$G_0M(m):(1)$	1.709	1.676	1.179	1.147	0.920	0.898
β	1.095	1.095	1.085	1.083	1.052	1.048
$0.04B+(\alpha \times B/D)-\beta :(2)$	0.669	0.669	0.679	0.681	0.712	0.716
(1)-(2)	1.040	1.007	0.500	0.466	0.208	0.182

미소한 차이가 있으나 복원력의 변화도 거의 없으며 복원성의 차이가 거의 없는 것으로 파악되었다. 이 결과로부터 집어등의 종류와 상관없이 어획물을 적하하고 출입항, 운항 또는 해상에서 조업할 경우 복원성능에는 아무런 영향을 끼치지 않는다는 것이 확인되었다. Fig. 6에 해양호의 만재출항상태 및 만재입항상태에 대한 정적복원력 곡선을 LED집어등과 메탈할라이드 집어등으로 구분하여 나타내었다.

남강호의 복원성

남강호의 경우에도 해양호와 마찬가지로 경하상태, 만재출항상태 및 만재입항상태의 3가지 경우에 대하여 복원성능을 평가하였다. 남강호의 경사시험 결과로부터 경하상태에서 LED집어등만을 탑재한 것으로 해석해보면 배수량 25.637 ton, L.C.G +2.294 m, K.G 1.209 m를 얻는다. 동일한 방법으로 LED집어등과 안정기의 중량을 제외하고 메탈할라이드 집어등에 대하여 계산하면 경하상태의 배수량 25.862 ton, L.C.G +2.373 m, K.G 1.208 m가 된다. 이를 복원성 계산프로그램의 입력값으로 사용하였다.

Table 8에 남강호에 대한 각 재화상태의 복원성능을 평가하고 판정한 결과를 나타내었다. LED 집어등을 설치하였을 때 경하상태에서는 GM기준 판정법에 따른 복원성능을 만족하기 위하여 요구되는 G_0M 은 0.671이고, 계산된 G_0M 은 1.510으로 복원성능을 만족하는 것으로 평가되었다. Table 8에 나타낸 것처럼 경하상태, 만재출항상태 및 만재입항상태에서 계산된 (1)-(2)의 값에서 알 수 있는 바와 같이 각 재화상태에서 LED집어등을 설치하여 조업할 경우와 메탈할라이드 집어등이 설치되었을 경우를 비교하면 모든 재화상태에서 복원성능이 충분하게 만족되는 것으로 평가되었다.

남강호의 복원성계산으로부터 정적복원력 곡선을 LED집어등과 메탈할라이드 집어등으로 분리하여 나타낸 결과는 Fig. 7에 보였다. 복원력의 소실각은 약 60°로 평가되었고, GZ_{max} 의 값은 LED는 21.5°와 메탈할라이드는 21.2°에서 나타나는 것으로 계산되어 큰 차이는 없었다. 남강호의 경우 메탈할라이드 등을 철거하고 LED등을 설치할 경우에 발생하는 차이점은 배수량은 약 0.225 ton이, 흘수는 0.005 m 감소하며 KG는 0.001 m 증가하는 것으로 확인되었다. 미소한 차이만 있으므로 각각의 집어등의 종류에 따른 복원력의 변화는 거의

없는 것으로 파악되었다. 남강호의 복원성능 계산에서도 출된 결과 어획물을 적하하고 출입항, 운항 또는 해상에서 조업할 경우 어떤 집어등을 사용하더라도 그 차이가 거의 없으므로 복원성능에 영향을 미치지 않는다는 것이 확인되었다.

Fig. 6과 Fig. 7에서 확인할 수 있는 바와 같이 두 어선의 경우에 각 재화상태별 복원정 곡선에서는 LED

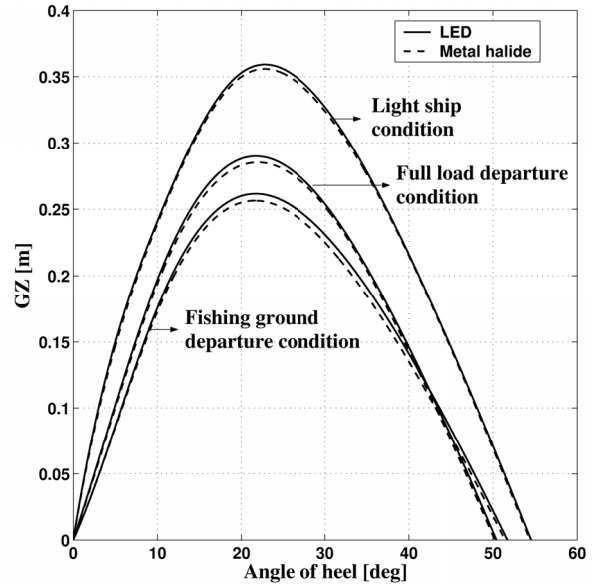


Fig. 6. GZ curve of Haeyang in 3 loading condition.

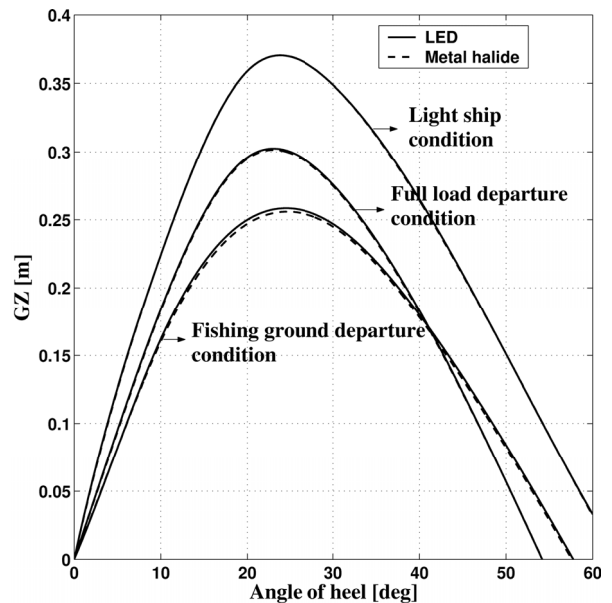


Fig. 7. GZ curve of Namgang in 3 loading condition.

Table 8. Stability evaluation of Namgang with LED and metal halide luring lamp

Designation/ Kind of lamp	LED		Metal Halide		LED		Metal Halide	
	Light ship		Full load departure		Fishing ground departure			
Displacement(ton)	25.637	25.862	32.051	32.276	40.865	41.090		
Draft(deq.)(m)	1.174	1.179	1.291	1.295	1.448	1.542		
K.M.T(m)	2.719	2.710	2.373	2.364	2.091	2.086		
K.G(m)	1.209	1.208	1.278	1.277	1.150	1.150		
G.M(m)	1.510	1.502	1.096	1.087	0.941	0.936		
G ₀ M(m):(1)	1.510	1.502	1.089	1.080	0.935	0.931		
β	1.095	1.092	1.093	1.092	1.027	1.023		
0.04B+($\alpha \times B/D$)- β :(2)	0.753	0.753	0.755	0.756	0.821	0.825		
(1)-(2)	0.757	0.749	0.334	0.324	0.114	0.106		

집어등과 메탈할라이드 집어등의 복원성능 계산결과에서 도출된 GM이 증가한 만큼 복원정도 비례하여 증가되었다는 것을 알 수 있다.

결론

본 연구에서는 LED집어등 설치로 인한 어선의 복원성능이 기존의 메탈할라이드 집어등과 비교하여 어떤 변화를 가져오는지 조사하였다. 연안에서 조업하는 9.77톤급 오징어 채낚기어선과 갈치 채낚기어선을 대상선으로 LED집어등과 메탈할라이드 집어등이 설치되었을 경우의 중량중심의 이동과 차이를 파악하기 위하여 경사시험을 실시하였다. 경사시험으로부터 얻어진 각 어선의 중량중심 차이를 이용하여 복원성에 대한 계산을 수행하고 각 어선별로 집어등의 종류에 따른 계산결과를 고찰하였다.

본 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 경사시험으로 얻은 기초자료를 토대로 복원성 계산을 통해 도출된 결과에 따르면 LED집어등에 의한 선박의 GM은 메탈할라이드 집어등에 비하여 약간 커지지만 복원성능에는 큰 영향을 미치지 않는다.
- LED집어등을 설치한 연안어선은 선박법에서 규정한 복원성 판정기준 및 IMO 판정기준을 모두 만족한다. 메탈할라이드 집어등과 비교하여 LED집어등의 중량이 무겁기 때문에 초기횡메터센터 높이 및 중량중심의 상승을 초래한다.

- LED집어등의 설치로 인하여 수선상부의 풍압면적이 다소 넓어지지만 이는 실제적인 횡동요 증가로 이어지는 결과로 나타나지는 않는 것으로 파악되었다. 그러나 가능한 집어등의 형상이 풍압면적을 줄이는 방향으로 설계하는 것이 바람직하다.
- LED집어등 설치어선의 GM값이 메탈할라이드 집어등 설치어선 보다 높으므로 횡요주기가 빨라져 선원들이 체감하는 승선감의 저하를 유발시킨다. 따라서 어업인들이 체감하는 선박의 안정성 저하는 GM값 증가에 따른 동요주기의 영향으로 판단된다.

향후 LED집어등이 메탈할라이드 집어등과 혼용되지 않고 단독으로 설치된다면 현재 시험선의 선실에 설치된 안정기가 상갑판의 하부로 이동하게 되어 중량중심을 낮추는 효과가 있기에 어업인들이 느끼는 안정성 감소에 대한 느낌은 상당부분 해소될 것으로 판단된다. 더불어 LED집어등과 메탈할라이드등의 혼용에 따른 풍하중의 영향을 엄밀하게 해석하여 최적의 LED 집어등 형상을 구현하기 위한 연구가 필요한 것으로 여겨진다.

사사

본 연구는 국립수산물확원 (채낚기용 고효율 집어시스템 기술개발, RP-2014-FE-02)의 지원으로 수행되었습니다. 해상시험을 적극적으로 협조해주신 박장하, 윤차현 선장님께 감사의 말씀을 전합니다.

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. (DOI: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(4), 395-403.(DOI: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. (DOI:10.3796/KSFT.2011.47.2.079)
- Choi CM and Ahn JY. 2009. Influence of Sail on the Reduced Rolling Motion of Small Ship. *J Fish Mar Sci Edu* 21(1), 68-77.
- Ham SJ, Kang IK, Kim HS, Jo HJ and Kim JC. 2011. Stability of the offshore large purseiner in Korea. *J Kor Soc Fish Tech* 47(3), 241-247.(DOI:10.3796/KSFT.2011.47.3.241)
- Kang IK, Kim HS, Jo HJ, Kim JC and Ham SJ. 2011. Roll reduction characteristics of the offshore large purseiner in Korea. *J Kor Soc Fish Tech* 47(3), 248-256.(DOI:10.3796/KSFT.2011.47.3.248)
- MOF(Ministry of ocean and fisheries). 2013. Stability Criteria of ship (Rule No. 2013-076). 17-20, 29-31.
-
2014. 11.11 Received
2014. 11.24 1st Revised
2014. 11.26 2nd Revised
2014. 11.28 Accepted