

다목적 어업실습선 개발과 내항성능 시험 결과

류경진 · 박태선¹ · 김창우¹ · 박태건^{1*}

한국해양수산연수원 선박운영팀 교수, ¹한국해양수산연수원 교육운영팀 교수

A study on the development of multi-purpose fisheries training ship and result of seakeeping model test

Kyung-Jin RYU, Tae-Sun PARK¹, Chang-Woo KIM¹ and Tae-Geun PARK^{1*}

Professor, Ship Operation Team, Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology, Busan 49111, Korea

¹Professor, Education Operation Team, Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology, Busan 49111, Korea

According to the recent presentation by the Korean Maritime Safety Tribunal, about 70% of marine accident occurs from fishing vessel, and 90% of cause of entire marine accidents attributes to human error. As fishing vessels require basic operations, fishing operations, other additional operations and techniques such as fish handling, cultivating excellent marine officer to prevent marine accident and develop industry is very important. A fisheries training ship is still very difficult to satisfy the demand for diversity of fishery training and sense of realism of the industry. As the result of employment expectation by category of business survey targeting 266 marine industry high school graduates who hope to board fishing vessels for the last four years, tuna purse seine was the highest with 132 cadets (49.6%), followed by offshore large purse seine (65 cadets, 22.4%), and tuna long line (35 cadets, 13.2%). The Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology (KIMFT) has replaced old jigging and fish pot fishery training ships and proceeded developing and building multi-purpose fisheries training ships considering the demand of industry and the promotion of employment; however, the basic fishing method was set for a tuna purse seine. As a result of seakeeping model test, it can conduct the satisfiable operation at sea state 5, and survive at sea state 8.

Keywords : Fisheries training ship, On-board training, Seakeeping model test

서론

1965년 국내에서 건조된 부산수산대학의 백경호(389 tons)를 시작으로 우리나라 어업실습선의 건조 역사는 시작되고, 이후 70년대 중반까지 북태평양, 남태평양, 인도네시아, 인도양 등 새로운 어장의 개척과 후진 양성

은 원양산업 발전과 식량 공급 및 외화 획득의 초석을 다진 우리나라 어업실습선의 중요한 역사이다(Ryu et al. 2017). 이후 대부분의 어업실습선은 어선을 개조하여 사용되었으나, 1990년대 초반 아시아개발은행(Asian Development Bank)과 해외경제협력기금(Overseas

*Corresponding author: parktg@seaman.or.kr, Tel: +82-51-620-5813, Fax: +82-51-620-5845

Economic Cooperation Fund)의 차관으로 일부 실습선이 신조되어 대체되었다. 근래에는 노후 실습선을 대체하고자 2015년부터는 교육부 주관 국립대 실습선 공동 건조사업이 시작되었고, 동 사업에 포함되어 수산계 대학 어업실습선 3척이 건조되고 있으며, 별도의 사업으로 2척이 추가 건조되고 있다.

실습선에서의 승선실습은 이론과 실무를 조화롭게 겸비하도록 하며, 특수한 환경에서 부여된 직무수행에 필요한 해기 능력과 적응력을 기르는 목적으로, 예비 해기사들의 원활한 실무 적응과 가치관 적립에 중요한 단계이다(Sin et al., 2018). 또한, 전체 해양사고의 약 70%가 어선에서 발생하고, 사고 원인의 90%가 인적과실(Human error)에 기인한다는 결과가 발표되는 실정이며(Jung, 2018), 어선에서는 기본적인 선박 운항 이외에 어로작업, 어획물처리 작업 등의 추가적인 작업과 전문 기술이 필요하므로 해양사고 저감 및 산업 발전을 위하여 우수한 해기사 양성은 매우 중요하다.

뿐만 아니라 대부분의 초임 어선해기사들은 승선과 동시에 어로작업에 투입되므로 승선실습 중의 어구 어법의 이해와 어획물처리 등에 관한 어선 전문 해기 능력 향상 및 교육은 반드시 필요하다. 그러나 현재 국내에서 운항 중인 어업실습선은 특정 어법에 편중되어 있어, 어업 훈련의 다양성과 업계의 현장성 강화 요구를 충족하기에는 어려운 여건이다.

실습선 건조와 운항에는 많은 예산과 인력이 소요되고, 해기 인력 양성의 중요한 역할을 하므로 건조단계에서의 명확한 검증과 도입 후 효율적인 실습선 운항 및 실습생 훈련이 매우 중요하다. 따라서 강화되는 관련 어선원의 자격 및 훈련(STCW-F), 해상인명안전(SOLAS), 해양오염방지(MARPOL) 등의 국제협약을 충족하고, 산업 현장에서 요구하는 실습생의 현장성을 강화, 예비 해기사들의 다양한 취업선호도를 충족하는 다목적 어업실습선의 개발이 필요하고, 이에 따른 모형선 시험을 통한 개발 성능 검증이 필요하게 되었다.

다목적 어업실습선 설계에는 다양한 관련 법규와 항해 구역에 따른 적용 국제협약이 고려되어야 한다. 특히 안전설비 요건 강화, 거주시설 위치의 제한, 선원실의 설비요건 강화 및 필수 탑재 장비 증가는 설계 고려요소를 증폭시키고, 어업실습선에 필요한 어로 설비 및 관측 장비의 탑재로 인하여 실습선의 기본 제원의 증가와 이

에 따른 건조 후 운항 비용 상승은 불가피하게 되었다.

이와 관련된 연구로는 5,000톤급 해양실습선 개발에 관한 연구(Jeong et al., 2004), 소형어선의 선형설계에 대한 연구(Kim et al., 2017) 등의 타 선종에 관한 연구가 다수 있고, 상선 실습선의 내항성능평가(Jung et al., 2007), 컨테이너선형의 내항성능(Jang et al., 2003)에 관한 연구가 있으나 어업실습선의 선형 개발과 내항성능 시험에 관한 연구는 없다.

본 연구는 어선 승선을 희망하는 예비 해기사들의 취업선호도를 조사하여 다목적 어업실습선의 선형을 채택하기 위해 참고 자료로 활용하고, 선형 개발에 따른 설계 고려요소를 식별하여 효율적인 승선실습 교육과 실습의 다양성, 현장성을 충족하는 실습선 개발의 기초 자료를 제시하고자 한다. 또한, 새로이 개발된 선형의 모형시험을 통하여 내항성능 시험 결과를 분석하여 설계의 완결성과 해상상태에 따른 안락성을 검증하고, 건조 후 실습선의 운항 중 주의 및 고려 요소를 식별하여 제시하였다.

재료 및 방법

연구에 사용된 자료는 한국해양수산연수원이 해양수산부로부터 지원을 받은 노후어선실습선 대체 건조사업 진행 과정에서 다목적 어업실습선 선형 채택 및 설계 고려요소 식별을 위하여 수산계 해기사 지정교육기관의 실습선 현황을 파악하였고, 승선실습프로그램 수료생들의 취업선호도 조사 결과이다.

모형시험은 현대중공업 선박연구소 예인 수조에서 시행되었으며, 수조의 제원은 210 m × 14 m × 6 m이다. Fig. 1은 모형선의 내항성능 시험 장면이며, 모형선의 상하 운동, 종동요 및 부가 저항은 Acoustic wave prove, Lase distance sensor, Accelerometer 및 Load cell을 부착하여 계측항목을 계측하였고, 파고는 모형선 선수부에 있는 상대 파고계 및 예인 전차 상의 비디오카메라를 이용하여 목측으로 계측하였다. 내항성능의 해석은 주 파수 영역의 2차원 스트립법을 이용하여 해상 상태 4-8, 선속은 0, 10, 14, 15, 16 knots, 파도 만남 각은 0~180°(30° 간격)으로 수행되었다. 예인수조에서 수행 가능한 파고의 높이는 최대 2.5 m이므로 해상상태 5 이상의 상태는 파고 차이에 대한 비율을 보정한 결과로 해석하였으며, 해석 결과를 바탕으로 내항성능 평가 기준을 만족하는 업무 수행 및 생존 가능 범위를 확인하였다.

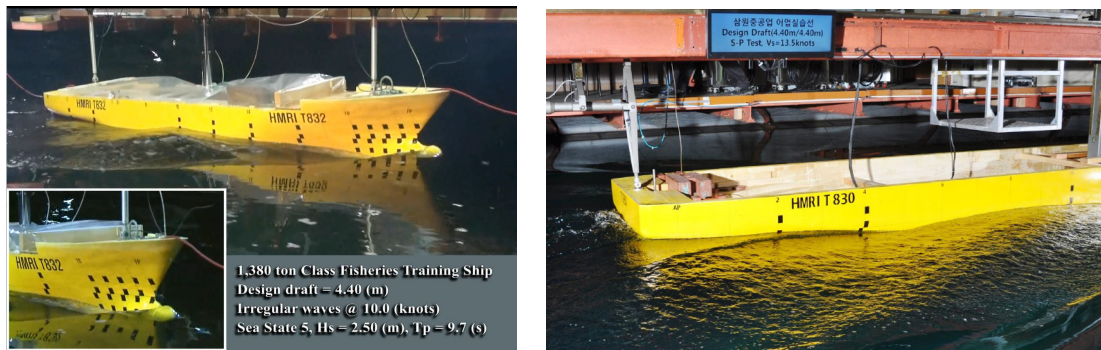


Fig. 1 Photo of seakeeping model test for multi-purpose training.

결과 및 고찰

어업실습선의 특징 및 설계 고려 요소

어업실습선은 일반적인 선박의 항해, 운항, 통신, 기관 운용 등의 실습교육 이외 어선 고유의 작업과 특성에 관한 실습이 추가되어야 한다. 즉, Jeong et al. (2004)이 제시한 상선실습선 설계 고려요소인 복원성 및 생존성 향상, 안락한 거주구역 및 편의구역, 운용의 편의성 및 이동성, 실습효과의 극대화뿐만 아니라, 어선의 어로작업과 어획물처리 방법 및 사용 어구 운용을 위한 실무능력 배양이 충분히 고려되어야 한다.

어업실습선은 어선법 제2조 1항에 따라 어선으로 정의되고, 동 법에 따라 정기적인 검사를 받아야 하며, 어선설비기준(해양수산부 고시)을 충족해야 한다. 어선설비기준에는 구멍, 소방, 계선, 양묘, 조타, 전기, 무선 설비 및 항해용구 뿐만 아니라, 선원의 거주제실 및 위생설비에 관련 사항이 규정되어있다. 다수의 인원이 승선하는 실습선의 경우 전통적인 어선 설계의 개념뿐만 아니라 여객선의 소화·구멍설비, 비상탈출로, 거주구역의 설계 요소가 추가되어야 하는 실정이다. 특히, 설계 시에는 거주제실이 계획만재흡수선의 아래쪽 1.8 m를 기준으로 위쪽으로만 설치되고(제114조), 선원실 등의 정원 계산(제121조), 선원실의 설비요건(제122조), 실습생 거주 시설(제123조), 진료실 및 욕실 설치(제126조, 제127조) 등과 같이 선원의 거주공간 규정을 충족하기 위해서는 다양한 요소가 고려되어야 하므로 설계에 어려움이 따른다.

또한 어업실습선이 국제항해에 종사할 경우, SOLAS(해상인명안전협약), MARPOL(해양오염방지협약) 및 특수목적선박의 국제안전규격을 제공하기 위하여 제정

된 특수목적선 코드(SPS Code; Special Purpose Ship Code), 기항국의 항만국 통제(PSC; Port State Control) 등 관련 국제협약을 충족해야 하므로, 급속도로 진화하고 변화는 국제 해사 환경을 고려해야 한다.

대상 어법 및 선형 결정

Table 1은 우리나라 어선해기사 양성 지정교육기관에서 보유하고 있는 어업실습선의 어법과 승선정원을 나타내고 있다. 10척의 실습선에 총 907명이 승선할 수 있고, 이 중 7척은 트롤 어법 시현이 가능하고, 3척은 채낚기 및 통발조업 실습선이다. 트롤과 선망(연근해)이 가능한 5번 실습선은 선망실습을 하지 않고, 트롤 실습선으로 대체 신조된 것으로 파악되었다.

예비 어선해기사의 승선희망 업종 동향을 파악하기 위하여 최근 4년간 한국해양수산연수원에서 해양수산부로부터 위탁받아 시행한 수산계 고교 공통프로그램 중 종합승선실습과정 수료생 266명의 취업희망 업종 조

Table 1. Status of fisheries training ships in Korea

T/S	Fishing method	Max. capacity (persons)
1	Trawl	152
2	Trawl	134
3	Trawl	112
4	Trawl	108
5	Trawl, Purse seine	102
6	-	58
7	Trawl	61
8	Trawl	54
9	Jigging, Pot	55
10	Jigging	71

Table 2. A job preference of fisheries high school students

	2014	2015	2016	2017	Total
Tuna Purse seine	32	38	32	30	132
Costal Purse seine	15	18	15	17	65
Tuna Long line	5	11	12	7	35
Deep sea trawl	4	4	11	5	24
Squid jigging	1	-	-	-	1
Other	2	4	2	1	9

사하였고, 결과는 Table 2와 같다. 수료생의 승선희망업종 조사 결과는 다랑어 선망이 132명(49.6%)으로 가장 높게 나타났고, 근해선망 65명(24.4%), 다랑어 연승 35명(13.2%), 원양 트롤 24명(9.0%)의 순으로 나타났으며, 특히 선망업종의 승선희망이 전체 74.1%로 매우 높았다. 동 승선실습과정은 전국 8개 수산계 고교 승선희학과 재학생 중 어선 승선희망자를 선발하여 3개월간 실습을 하는 과정으로, 수산계 지정교육기관 재학생의 승선업종 선호도 조사결과로 의미가 크다고 판단한다.

그러나 현재 우리나라 어업실습선 현황은 특정 어법에 편중되어 있고(Table 1), 어선 승선희망자의 선호도

와 일치하지 않는 실정이다. 2016년 말 기준 업종별 원양어선 등록 척수는 다랑어 연승 136척, 다랑어 선망 32척으로 전체 원양어선 255척 중 65.8%를 차지하고 있다(KOFA, 2017). 따라서 어업실습선 현황은 승선희망업종 선호도뿐만 아니라, 원양어선의 등록 척수 현황과도 상반되므로, 선호도를 반영하고, 다양한 어법의 훈련이 가능한 실습선의 건조가 필요한 시점이다.

정부에서는 2011년에 어선 건조 기술 축적 및 친환경 저탄소형 차세대 원양선망 어선 선형을 개발하였고, 동 선형을 바탕으로 2012년도부터 국내 조선소에서 원양 다랑어 선망 어선이 건조되고 있다. 따라서 한국해양수산연수원에서는 어업실습선 현황 및 업계의 요구를 반영하여 차세대 원양선망 어선 선형을 기초로 하여 다목적어업실습선 개발 및 건조를 추진하게 되었다.

다목적 어업실습선의 유사 사례로는 필리핀의 1,156톤급 선망과 트롤 조업이 가능한 복합실습선과 인도네시아의 693톤급 선망과 연승 조업이 가능한 복합실습선이 있는 것으로 조사되어 관련 자료 수집 및 방안을 통하여 다목적 어업실습선 선형 개발 및 시연 어법 채택에

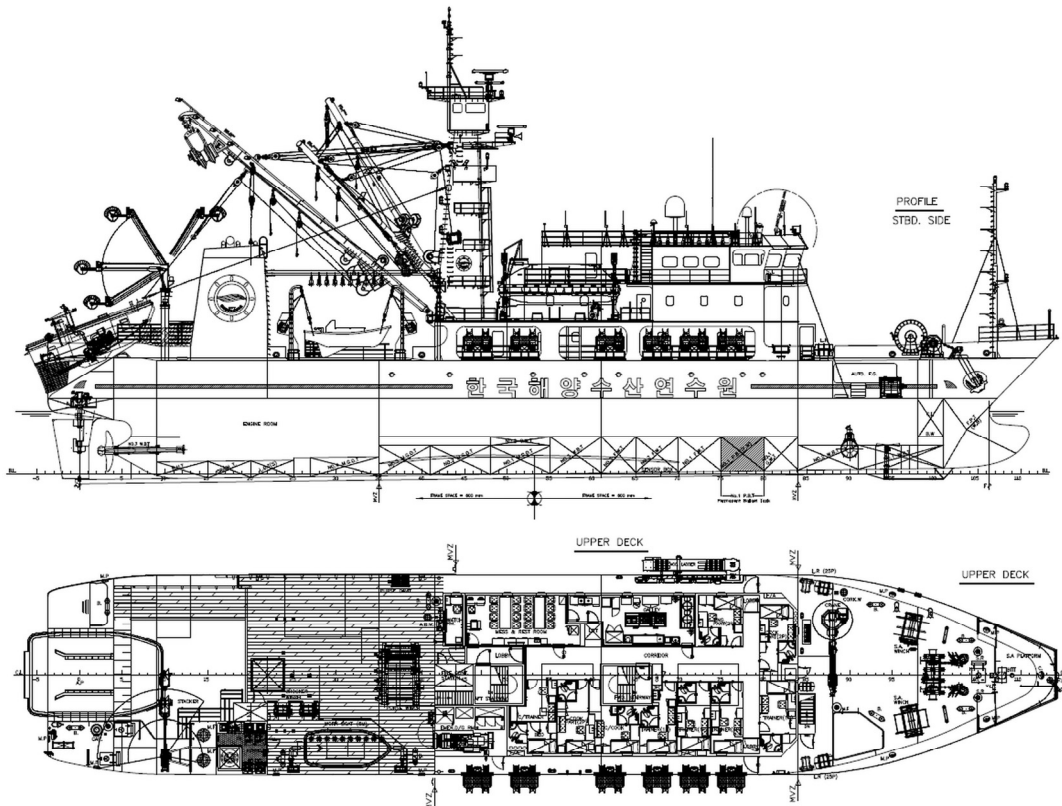


Fig. 2 Result of design that general arrangement for multi-purpose fisheries training ship.

참고하였다. 필리핀의 선망과 트롤 겸용 복합 실습선은 선미 갑판이 2개의 층으로 구성되어 하부 갑판에서는 트롤 작업, 상부 갑판에는 선망 작업이 이루어지게 되어 있으나, 선미부 갑판 층수의 증가에 따른噸수의 증가와 복원 성능 저하, 작업의 위험도를 고려하여 동 선형은 배제하기로 하였다. 인도네시아의 선망과 연승 복합 실습선은 스페인에서 건조되어 기본 선형은 원양다랑어 선망 선형을 유지하되, 선체의 우현 측에서는 연승 어법 실습이 가능하게 되어 있어서噸수 증가, 복원성 저하 등의 우려가 없었으며, 승선실습의 운용 및 효율성 측면에서 매우 양호하다고 판단되었다.

따라서 한국해양수산연수원에서는 선체의 복원성, 실습 작업의 안정성 등을 고려하여 선망과 연승 겸용 실습선 형태로 기본 선형을 결정하고, 선수부에 해묘(Sea anchor) 투양묘대 및 우현 중앙부에 채낚기 조상기를 배치하여 선망, 연승, 채낚기 실습이 가능한 다목적 어업 실습선을 Fig. 2와 같이 설계하였다.

내항성능 모형시험 및 해석

다목적 어선실습선의 선수부 선형은 조파저항 감소 효과를 위하여 구상선수(Bulbous bow)와 선박의 조종 및 선망 어로 실습의 편의를 위하여 선수추진기(Bow thruster)를 채택하였다. 또한 선미부 구조는 추진기의 배출류에 의한 선망과 연승 어구의 신출을 고려한 트랜섬으로 구성하였다. 설계 선박과 모형선의 주요 제원은 Table 3과 같고, 성능 시험을 위한 모형선은 축적비 15.95의 나무 재질로 제작되어 시험하였고, 건조 후 국내 총噸수는 1,520噸으로 추정되었다.

다목적 어업실습선의 내항성능 모형시험은 현대중공업 선박연구소의 예인 수조에서 수행되었고, 시험을 통하여 설계 선박의 종동요, 수직/수평 가속도, 선속 감소,

Table 3. Principal dimensions of ship at design draft (model scale: 1/15.95)

Designation	Unit	Ship	Model
L.B.P	m/mm	63.8	4000
Breadth	m/mm	14.0	878
Depth	m/mm	8.0	502
Draft	m/mm	4.40	276
Displacement volume	m ³ /m ³	2309.5	0.569
Transverse metacentric height	m/mm	2.21	139

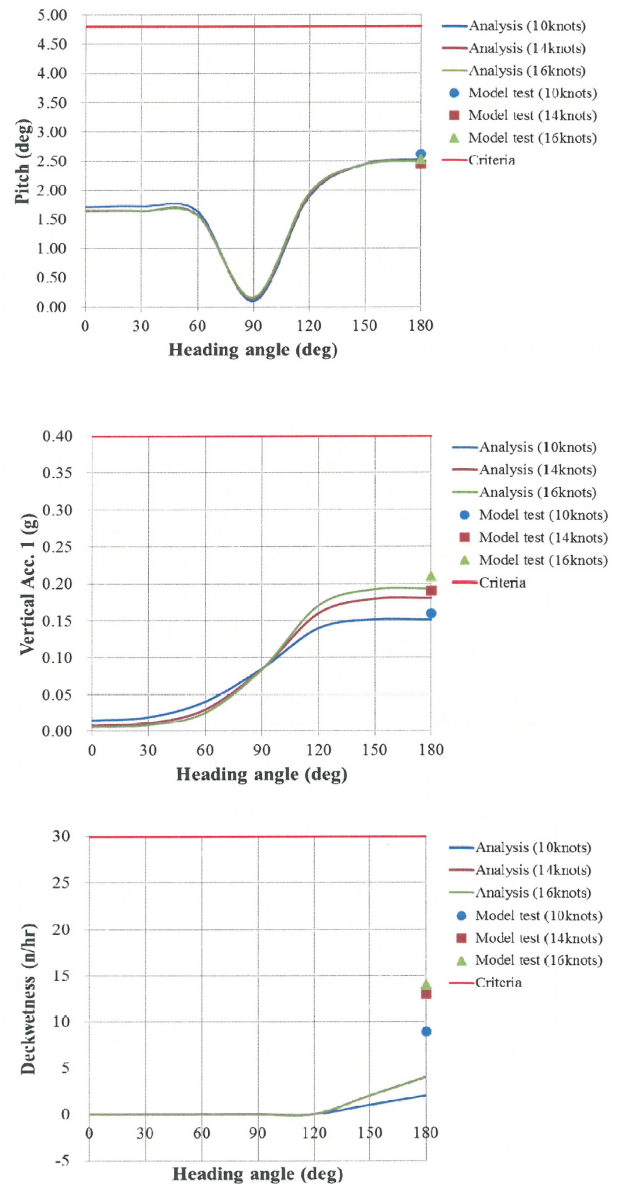


Fig. 3 Comparison results between analysis and model test at sea state 4.

Table 4. Sea state table of world meteorological organization

Sea state	Wave height (m)	Descriptive terms
0	0	Calm (glassy)
1	0 ~ 0.1	Calm (rippled)
2	0.1 ~ 0.5	Smooth (wavelets)
3	0.5 ~ 1.25	Slight
4	1.25 ~ 2.5	Moderate
5	2.5 ~ 4	Rough
6	4 ~ 6	Very rough
7	6 ~ 9	High
8	9 ~ 14	Very high
9	over 14	Phenomenal

Table 5. Criteria of speed and power trials on ITTC

Code	Item	Criteria by sea state	
		5~6	7~8
C1	Roll (deg)	8.0	30.0
C2	Pitch (deg)	4.8	8.0
C8	Lateral Acc. (g)	0.2	0.4
C9	Deck wetness (n/hr)	30	50
C10	Slamming (n/hr)	20	50

시험 결과, 해상 상태 5에서는 13 knot 이상으로 항주하며 선수부로 풍량을 받을 때, 갑판침수 기준치 30회를 초과하였으나, 선속의 줄이거나 파도와의 만남 각을 변경하면 정상적인 업무 수행이 가능한 것으로 나타났다. 해상 상태 6과 7에서는 8 knot의 선속으로 본선의 정횡(Abeam) 전방에서 파도 만남 각이 생성되면, 갑판침수 기준치가 초과 되므로, 해상 상태가 6 이상일 때는 저속으로 선미 추파를 받으면서 항해 또는 피항하는 것이 효과적일 것으로 분석된다. 덧붙여 해상 상태 8에서는 갑판침수, 종동요, 슬래밍(Slamming)의 기준이 초과되고, 선미 방향에서 파도 만남 각이 형성되어 항해를 하더라도 종동요의 기준이 초과되므로, 해상상태 6 이하에서 적극적으로 피항하고, 해상상태 6 이상에서는 가급적 운항을 지양해야 할 것으로 판단된다.

Table 5에 나타나는 기준값은 강제사항이 아니라 권고 사항이므로 일부 기준치 초과에 대한 문제는 없다. 다만 기준에 초과하는 영역에서의 선박 운동 특성을 미리 숙지하여 내항성능 기준을 초과하는 영역을 제외한 선속 및 파도 만남 각으로 운항 및 조선하는 것이 필요하다.

결론

본 연구는 수산계 고교의 어선 승선희망 실습생의 취업선호도와 실습의 다양성, 현장성 강화를 위하여 다목적 어업실습선의 선형 채택에 필요한 관련 자료를 조사 및 분석하였다. 채택된 선형을 검증하고, 모형선을 제작하여 해상 상태에 따른 내항성능 시험 결과를 분석하였다. 승선실습은 실무 적응과 해기사로서의 가치관 확립에 중요한 과정으로 특히, 어선의 초임 해기사는 선박의 기본적 운항 및 기관술을 익히기 전에 대부분 어로 작업에 투입되므로, 실습과정에서 어구와 어법 및 어획물 처리에 관련된 해기 능력 배양은 필수적이다.

현재 국내에 운항 중인 어업실습선은 실습이 가능한 어법이 특정 어법에 편중되어 있고, 다양한 어법에 대한 훈련은 어려운 여건이다. 한국해양수산연수원에서 시행하는 수산계 고교 종합승선실습 프로그램 수료생 266명의 취업선호도 조사 결과 약 74% (197명)가 선망 어선, 13% (35명)가 연승 어선에 취업을 희망하는 것으로 조사되어, 선망과 연승 어법의 실습이 가능한 실습선 도입 필요성을 확인하였다. 다목적 어업실습선 선형 채택을 위한 유사 실습선 건조 사례를 조사하였다. 필리핀의 선망과 트롤 조업이 가능한 복합실습선 관련 자료를 검토하고, 인도네시아의 선망과 연승 조업이 가능한 실습선을 직접 방문 조사한 결과와 선박의 안정성과 교육 효과를 고려하여, 우리나라에서 2011년도에 개발된 친환경 저탄소형 차세대 원양선망어선의 선형을 기본으로, 연승과 채낚기 실습이 가능한 형태의 선형을 채택하여 설계하였다.

선박의 내항성능은 해상 상태에 따라 임무를 달성 능력과 안락성 및 작업 능률을 판단하는 기준이 된다. 그러므로 새로이 개발되는 선박에서는 모형선을 이용하여 성능을 검증하는 과정이 필요하다. 모형선을 이용한 다목적 어업실습선의 내항성능 시험 결과, 해상 상태 5(파고 2.5~4 m)에서는 정상적인 업무 수행이 가능하고, 그 이상의 해상 상태에서는 선속을 줄이거나 파도와의 만남 각 조정이 필요한 것으로 나타났다. 특히 해상 상태 8(파고 9 m 이상)에서는 갑판침수, 종동요, 슬래밍의 기준이 초과하므로 정상적으로 운항할 수 없는 결과 값이 나타났다. 많은 인원이 승선하는 실습선의 경우, 안정성과 승선원의 승선감이 중요하므로 해상 상태에 따라 조기 피항하거나 침로를 변경하여 파도와의 만남 각을 조절하여 운항하는 것이 실습의 효과 증대 및 승선원 멀미 발생을 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다.

다목적 어업실습선의 도입으로 예비 어선해기사들의 실무적용력이 향상될 것으로 기대하고, 이것은 승선 초기 실무 적용력을 높이고, 어선해기사의 승선유지율 향상에도 이바지할 것으로 생각된다. 또한 그동안 국내에서 시행하기 어려웠던 선망과 연승 어업의 어법, 어구 개량과 개선에 관련 현장 연구를 수행할 수 있고, 해양관측 장비 탑재로 연근해 수역의 어장환경 자료 수집으로 관련 학계와 산업 발전에 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

References

- Hyundai Heavy Industries (HHI). 2017. Test and analysis of seakeeping performance by multi-purpose fisheries training ship, 1-60.
- Jang TS, Yoon DH, Hong SY, Park KD and Song MJ. 2003. A study on seakeeping of container ships. *Journal of the Society of Naval Architects of Korea* 40(3), 16-21.
- Jeong SH, Shin YK, Park MK and Chun HW. 2004. Development of a G/T 5,000 class marine training ship. *Journal of Ocean Engineering and Technology* 18(3), 50-55.
- Jung CH. 2018. A study on the improvement of safety by accidents analysis of fishing vessels. *Journal of Fisheries and Marine Sciences Education* 30(1), 176-186. (DOI: 10.13000/JFMSE.2018.02.30.1.176)
- Jung CH, Lee HK and Lee YS. 2007. A study on the ship's performance of T.S. HANABADA (I). *Journal of Navigation and Port Research* 31(10), 905-910.
- Kim IS, Go DG and Park DW. 2017. A study on hull form design for small fishing vessels. *Journal of the Korean Society of Marine Engineering* 41(4), 316-322. (DOI:10.5916/jkosme.2017.41.4.3.16)
- Korea Overseas Fisheries Association (KOFA). 2017. Statistical year book of overseas fisheries. Samchang Printing Office, 100-246.
- Ryu KJ, Lee YW, Kim SJ, Park TG, Park TS, Jo HJ and Kim HS. 2017. Application of SPS Code and analysis on status of Port State Control in Korea fishery training ship. *Journal of Fisheries and Marine Sciences Education* 29(3), 711-718. (DOI:10.13000/JFMSE.2017.29.3.711)
- Sin HS, Im MH and Lee CY. 2018. A basic study on the stress of on-board training for cadet in shipping company. *Journal of Fisheries and Marine Sciences Education*, 30(6), 2231-2240. (DOI: 10.13000/JFMSE.2018.12.30.6.2231)

2019. 01. 14 Received

2019. 02. 11 Revised

2019. 02. 17 Accepted